

**HỌC VIỆN NÔNG NGHIỆP VIỆT NAM**

**NGÔ THỊ DUNG**

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA KỸ THUẬT  
TƯỚI NHỎ GIỌT ĐẾN SINH TRƯỞNG VÀ NĂNG SUẤT  
CÀ CHUA TRỒNG TRÊN ĐẤT PHÙ SA SÔNG HỒNG**

Chuyên ngành:	Kỹ thuật Tài nguyên nước
Mã số:	62 58 02 12
Người hướng dẫn khoa học:	1. PGS.TS. Hoàng Thái Đại 2. PGS.TS. Nguyễn Văn Dung

**NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC NÔNG NGHIỆP - 2017**



## LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi, các kết quả nghiên cứu được trình bày trong luận án là trung thực, khách quan và chưa từng dùng bảo vệ để lấy bất kỳ học vị nào.

Tôi xin cam đoan rằng mọi sự giúp đỡ cho việc thực hiện luận án đã được cảm ơn, các thông tin trích dẫn trong luận án này đều được chỉ rõ nguồn gốc.

*Hà Nội, ngày      tháng      năm 2017*

**Tác giả luận án**

**Ngô Thị Dung**

## LỜI CẢM ƠN

Trong suốt quá trình nghiên cứu và hoàn thành luận án, tôi đã nhận được sự quan tâm, giúp đỡ của nhiều tập thể và cá nhân.

Nhân dịp này tôi xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành tới Ban Giám đốc, Ban Quản lý đào tạo, Khoa Quản lý đất đai, Bộ môn Tài nguyên nước - Học viện Nông nghiệp Việt Nam đã tạo mọi điều kiện trong suốt quá trình thực hiện đề tài và hoàn thành luận án.

Đặc biệt tôi xin được bày tỏ lòng kính trọng và biết ơn sâu sắc thầy giáo PGS.TS. Hoàng Thái Đại, PGS.TS. Nguyễn Văn Dung đã tận tình hướng dẫn, dành nhiều công sức, thời gian và tạo điều kiện trong suốt quá trình học tập và thực hiện đề tài.

Tôi xin được gửi lời cảm ơn sâu sắc tới thầy giáo ThS. Lê Đức Vĩnh-Hội Toán học Việt Nam đã tận tình chỉ bảo, giúp đỡ trong suốt quá trình nghiên cứu.

Tôi xin được gửi lời cảm ơn tới hộ gia đình ông Nguyễn Huy Tư, xã Cổ Bi, huyện Gia Lâm, Hà Nội đã tạo điều kiện giúp đỡ và phối hợp trong thời gian triển khai mô hình.

Tôi xin chân thành cảm ơn gia đình, người thân, các anh chị em, các đồng nghiệp, bạn bè trong và ngoài cơ quan-những người đã giúp đỡ, động viên khuyến khích tôi hoàn thành luận án này.

*Hà Nội, ngày      tháng      năm 2017*

**Tác giả luận án**

**Ngô Thị Dung**

# MỤC LỤC

	<b>Trang</b>
Lời cam đoan .....	i
Lời cảm ơn .....	ii
Danh mục chữ viết tắt .....	v
Danh mục bảng .....	vii
Danh mục hình, sơ đồ và ảnh.....	ix
Trích yếu luận án .....	xi
Thesis abstract.....	xiii
<b>Phần 1. Mở đầu .....</b>	<b>1</b>
1.1. Tính cấp thiết của đề tài .....	1
1.2. Mục tiêu của đề tài .....	3
1.3. Phạm vi nghiên cứu.....	3
1.3.1. Đất thí nghiệm, kỹ thuật tưới .....	3
1.3.2. Thời gian nghiên cứu .....	3
1.3.3. Địa điểm nghiên cứu .....	4
1.4. Những đóng góp mới của đề tài .....	4
1.5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài .....	4
1.5.1. Ý nghĩa khoa học .....	4
1.5.2. Ý nghĩa thực tiễn.....	4
<b>Phần 2. Tổng quan các vấn đề nghiên cứu .....</b>	<b>5</b>
2.1. Tổng quan về khu vực nghiên cứu.....	5
2.1.1. Đặc điểm khí hậu vùng đồng bằng sông Hồng .....	5
2.1.2. Đặc điểm khí hậu thành phố Hà Nội.....	6
2.1.3. Đặc điểm đất đai vùng đồng bằng sông Hồng .....	9
2.2. Tình hình sản xuất cà chua trên thế giới và Việt Nam.....	10
2.2.1. Tình hình sản xuất cà chua trên thế giới .....	10
2.2.2. Tình hình sản xuất cà chua Việt Nam .....	13
2.2.3. Các phương pháp tưới nước cho cây cà chua trên thế giới và Việt Nam .....	20
2.3. Tưới hiện đại tiết kiệm nước .....	23
2.3.1. Khái niệm tưới tiết kiệm nước .....	24
2.3.2. Các phương pháp tưới hiện đại tiết kiệm nước .....	25
2.4. Tình hình nghiên cứu, áp dụng và hiệu quả tưới tiết kiệm nước cho cây trồng cạn trên thế giới và ở Việt Nam.....	29
2.4.1. Trên thế giới .....	29
2.4.2. Ở Việt Nam .....	34
2.5. Tổng quan về mô hình truyền âm .....	36

<b>Phần 3. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu.....</b>	<b>44</b>
3.1. Vật liệu nghiên cứu .....	44
3.1.1. Giống cà chua .....	44
3.1.2. Dây nhỏ giọt .....	44
3.1.3. Đất phù sa .....	44
3.2. Nội dung nghiên cứu .....	45
3.3. Phương pháp nghiên cứu .....	45
3.3.1. Phương pháp thu thập số liệu .....	45
3.3.2. Phương pháp xác định đặc tính lý, hóa đất và mực nước ngầm tại địa điểm thí nghiệm.....	46
3.3.3. Phương pháp xác định độ sâu tầng đất cần làm ẩm.....	47
3.3.4. Phương pháp xác định áp lực nước, lưu lượng nhỏ giọt thích hợp và miền thấm trong đất do tưới nhỏ giọt (Thí nghiệm 1).....	47
3.3.5. Phương pháp xây dựng mô hình toán về lan truyền ẩm trong đất do tưới nhỏ giọt .....	48
3.3.6. Phương pháp xác định lan truyền ẩm trong đất do tưới nhỏ giọt trong phòng thí nghiệm (Thí nghiệm 2).....	49
3.3.7. Phương pháp bố trí thí nghiệm và mô hình trồng cà chua ngoài đồng ruộng .....	49
3.3.8. Phương pháp xây dựng mô hình toán do tưới nhỏ giọt cho cà chua sản xuất ngoài đồng ruộng .....	57
3.3.9. Phương pháp ứng dụng mô hình toán để dự báo thời điểm tưới, tính số lần tưới và lượng nước tưới nhỏ giọt cho cà chua.....	58
3.3.10. Phương pháp đánh giá hiệu quả sử dụng nước .....	58
3.3.11. Phương pháp đánh giá hiệu quả kinh tế sản xuất cà chua.....	58
3.3.12. Phương pháp xử lý số liệu.....	59
<b>Phần 4. Kết quả và thảo luận .....</b>	<b>60</b>
4.1. Thực trạng sản xuất cà chua tại một số tỉnh đồng bằng sông Hồng.....	60
4.1.1. Thời vụ và giống cà chua .....	60
4.1.2. Nguồn nước và phương pháp tưới nước trong sản xuất cà chua vùng đồng bằng sông Hồng.....	62
4.1.3. Hiệu quả kinh tế của cây cà chua vụ Đông năm 2013 ở một số vùng trồng chính của đồng bằng sông Hồng.....	64
4.2. Một số đặc tính lý, hóa đất và độ sâu mực nước ngầm khu vực thí nghiệm .....	66
4.2.1. Đặc tính lý, hóa đất thí nghiệm .....	66
4.2.2. Độ sâu mực nước ngầm.....	68
4.3. Áp lực nước, lưu lượng nhỏ giọt và miền thấm trong đất do tưới nhỏ giọt .....	70
4.3.1. Độ sâu tầng đất cần làm ẩm.....	70

4.3.2.	Áp lực nước, lưu lượng nhỏ giọt thích hợp và miền thấm trong đất do tưới nhỏ giọt.....	70
4.3.3.	Miền thấm trong đất do tưới nhỏ giọt.....	71
4.4.	Mô hình toán về lan truyền ẩm trong đất do tưới nhỏ giọt.....	72
4.4.1.	Mô hình toán về lan truyền ẩm do tưới nhỏ giọt trên khối đất trong phòng thí nghiệm.....	72
4.4.2.	Mô hình toán về lan truyền ẩm do tưới nhỏ giọt cho cà chua ngoài đồng ruộng.....	80
4.5.	Ứng dụng mô hình toán để dự báo thời điểm tưới, tính toán số lần tưới và lượng nước tưới nhỏ giọt cho cây cà chua vụ đông 2015.....	93
4.5.1.	Kiểm chứng mô hình toán với diễn biến độ ẩm đất do tưới nhỏ giọt cho cây cà chua vụ Đông 2015.....	93
4.5.2.	Kết quả ứng dụng mô hình toán để dự báo thời điểm tưới và lượng nước tưới cho cà chua vụ Đông 2015.....	97
4.6.	Ảnh hưởng của kỹ thuật tưới nhỏ giọt đến năng suất, hiệu quả sản xuất cà chua vụ đông trên đất phù sa sông Hồng vùng Gia Lâm Hà Nội.....	98
4.6.1.	Ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt đến thời gian sinh trưởng cây cà chua.....	98
4.6.2.	Ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt đến chiều cao cây cà chua.....	103
4.6.3.	Ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt đến một số chỉ tiêu sinh lý của cà chua.....	105
4.6.4.	Ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt đến mức độ nhiễm một số bệnh hại cây cà chua.....	108
4.6.5.	Ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt đến tỷ lệ đậu quả cây cà chua.....	110
4.6.6.	Ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt đến các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất cà chua.....	111
4.6.7.	Ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt đến một số chỉ tiêu chất lượng quả cà chua.....	113
4.6.8.	Ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt đến hiệu quả sử dụng nước của cà chua.....	114
4.6.9.	Hiệu quả kinh tế sản xuất cà chua vụ Đông trong mô hình trình diễn.....	117
4.6.10.	Đề xuất chế độ tưới nhỏ giọt thích hợp cho cà chua vụ Đông trồng trên đất phù sa trung tính ít chua đồng bằng sông Hồng.....	119
	<b>Phần 5. Kết luận và kiến nghị.....</b>	<b>120</b>
5.1.	Kết luận.....	120
5.2.	Kiến nghị.....	121
	Danh mục công trình đã công bố liên quan đến luận án.....	122
	Tài liệu tham khảo.....	123
	Danh mục phụ lục.....	130

## DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT

<b>Chữ viết tắt</b>	<b>Nghĩa tiếng Việt</b>
AVRDC	Trung tâm nghiên cứu và phát triển rau châu Á (Asian Vegetable Research and Development Center)
CPTG	Chi phí trung gian
CT	Công thức
ĐBSH	Đồng bằng sông Hồng
FAO	Tổ chức lương thực và nông nghiệp liên hợp quốc (Food and Agriculture Organization of the United Nations)
GTSX	Giá trị sản xuất
HQĐV	Hiệu quả đồng vốn
HQSDN	Hiệu quả sử dụng nước
KH&CN	Khoa học và công nghệ
KHKT	Khoa học kỹ thuật
KLTB	Khối lượng trung bình
NSCT	Năng suất cá thể
NSLT	Năng suất lý thuyết
NSTT	Năng suất thực thu
TCN	Tiêu chuẩn ngành
TLĐK	Trọng lượng đất khô
TNHH	Thu nhập hỗn hợp

## DANH MỤC BẢNG

<b>TT</b>	<b>Tên bảng</b>	<b>Trang</b>
2.1	Một số yếu tố khí hậu của thành phố Hà Nội (Số liệu trung bình trong giai đoạn 1996-2016).....	6
2.2	Diện tích, năng suất, sản lượng cà chua của thế giới giai đoạn 2010-2014.....	11
2.3	Diện tích cà chua của Việt Nam giai đoạn 2012-2016.....	13
2.4	Năng suất cà chua của Việt Nam giai đoạn 2012-2016.....	14
2.5	Diện tích cà chua của các tỉnh đồng bằng sông Hồng giai đoạn 2012-2016.....	16
2.6	Năng suất cà chua của các tỉnh đồng bằng sông Hồng giai đoạn 2012-2016.....	19
3.1	Lượng phân bón cho cà chua.....	54
4.1	Tỷ lệ các hộ trồng cà chua ở các thời vụ khác nhau (n=30 hộ/tỉnh).....	60
4.2	Nguồn nước tưới và phương pháp tưới tại một số địa phương vùng đồng bằng sông Hồng.....	63
4.3	Hiệu quả kinh tế sản xuất cà chua vụ Đông tại một số tỉnh vùng đồng bằng sông Hồng vụ Đông năm 2013.....	65
4.4	Đặc tính vật lý đất.....	67
4.5	Đặc tính hóa học đất.....	68
4.6	Độ sâu mực nước ngầm trong thời gian thí nghiệm tại khu vực nghiên cứu (m).....	69
4.7	Kết quả thực nghiệm xác định áp lực nước và lưu lượng vòi nhỏ giọt.....	71
4.8	Độ ẩm đất trước tưới trong thí nghiệm 2 (%).....	74
4.9	Độ ẩm đất ngay sau khi kết thúc tưới trong thí nghiệm 2(%).....	76
4.10	Độ ẩm đất 1 ngày sau khi tưới trong thí nghiệm 2 (%).....	77
4.11	Độ ẩm đất 2 ngày sau khi tưới trong thí nghiệm 2(%).....	77
4.12	Độ ẩm đất 3 ngày sau khi tưới trong thí nghiệm 2 (%).....	78
4.13	Độ ẩm đất trước tưới nhỏ giọt trong thí nghiệm 3(%).....	81

4.14	Độ ẩm đất ngay sau khi tưới trong thí nghiệm 3(%).....	82
4.15	Độ ẩm đất một ngày sau khi tưới trong thí nghiệm 3(%).....	83
4.16	Độ ẩm đất hai ngày sau khi tưới trong thí nghiệm 3(%).....	85
4.17	Độ ẩm đất ba ngày sau khi tưới trong thí nghiệm 3(%).....	86
4.18	Độ ẩm đất sau khi mưa (%).....	88
4.19	Thời gian sinh trưởng cây cà chua trong vụ Đông 2014 và vụ Đông 2015.....	99
4.20	Chiều cao cây cà chua trong vụ Đông 2014 và vụ Đông 2015.....	104
4.21	Chỉ số diện tích lá cây cà chua trong vụ Đông 2014 và vụ Đông 2015.....	105
4.22	Chỉ số SPAD của cà chua trong vụ Đông 2014 và vụ Đông 2015.....	106
4.23	Hàm lượng chất khô trong cây cà chua trong vụ Đông 2014 và vụ Đông 2015.....	108
4.24	Mức độ nhiễm một số bệnh hại cà chua trong vụ Đông 2014 và vụ Đông 2015.....	109
4.25	Tỷ lệ đậu quả cà chua trong vụ Đông 2014 và vụ Đông 2015.....	110
4.26	Các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất cà chua hai vụ Đông 2014 và vụ Đông 2015.....	111
4.27	Một số chỉ tiêu chất lượng quả cà chua trong vụ Đông 2014 và vụ Đông 2015.....	113
4.28	Tổng lượng nước tưới và hiệu quả sử dụng nước của cà chua trong vụ Đông năm 2014 và vụ Đông 2015.....	115
4.29	Hiệu quả kinh tế sản xuất cà chua vụ Đông năm 2015 trong mô hình trình diễn tại xã Cổ Bi, Gia Lâm, Hà Nội.....	118

## DANH MỤC HÌNH, SƠ ĐỒ, ẢNH

<b>TT</b>	<b>Tên hình, sơ đồ, ảnh</b>	<b>Trang</b>
2.1	Diện tích cà chua 10 nước đứng đầu thế giới năm 2014 .....	12
2.2	Năng suất cà chua 10 nước đứng đầu thế giới năm 2014 .....	12
2.3	Tưới rãnh .....	21
2.4	Tưới phun mưa thủ công và áp lực .....	22
2.5	Tưới nhỏ giọt cho cà chua .....	23
2.6	Tưới phun mưa.....	26
2.7	Tưới nhỏ giọt .....	27
2.8	Hệ thống tưới nhỏ giọt .....	28
4.1	Lấy mẫu đất xác định dung trọng .....	67
4.2	Miền thấm trong đất do tưới nhỏ giọt.....	72
4.3	Độ ẩm đất thực đo và tính toán trước khi tưới cho khối đất tại vị trí cách điểm tưới 5cm .....	79
4.4	Độ ẩm đất thực đo và tính toán trước khi tưới cho cà chua tại vị trí cách điểm tưới 5cm .....	81
4.5	Độ ẩm đất thực đo và tính toán ngay sau khi tưới cho cà chua tại vị trí cách điểm tưới 5cm.....	83
4.6	Độ ẩm đất thực đo và tính toán sau khi mưa tại vị trí cách điểm tưới 5cm.....	88
4.7	Diễn biến độ ẩm đất thực đo và độ ẩm đất dự báo theo mô hình toán trong vụ Đông năm 2014.....	92
4.8	Diễn biến lượng nước tưới thực và lượng nước tưới dự báo theo mô hình toán trong vụ Đông năm 2014 .....	92
4.9	Độ ẩm đất thực đo và tính toán trước khi tưới tại vị trí cách điểm tưới 5cm trong thí nghiệm 3 .....	94
4.10	Độ ẩm đất thực đo và tính toán ngay sau khi kết thúc tưới tại vị trí cách điểm tưới 5cm trong mô hình tại Cổ Bi.....	95
4.11	Độ ẩm đất thực đo và tính toán sau khi kết thúc tưới một ngày tại vị trí cách điểm tưới 5cm trong mô hình tại Cổ Bi .....	95

4.12	Độ ẩm đất thực đo và độ ẩm tính toán sau khi kết thúc tưới ba ngày tại vị trí cách điểm tưới 5cm trong mô hình tại Cổ Bi .....	96
4.13	Cà chua bắt đầu ra hoa .....	100
4.14	Cà chua bắt đầu đậu quả.....	101
4.15	Cà chua bắt đầu chín .....	102
4.16	Tưới nhỏ giọt cho cà chua .....	114
4.17	Tưới rãnh cho cà chua .....	115
4.18	Tổng lượng nước tưới vụ Đông 2014 và 2015.....	116
3.1	Vị trí khu vực bố trí thí nghiệm và mô hình.....	50
3.2	Bố trí công thức thí nghiệm và hệ thống tưới tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam.....	52

## TRÍCH YẾU LUẬN ÁN

**Tên tác giả:** Ngô Thị Dung

**Tên Luận án:** Nghiên cứu ảnh hưởng của kỹ thuật tưới nhỏ giọt đến sinh trưởng và năng suất cà chua trồng trên đất phù sa sông Hồng

**Chuyên ngành:** Kỹ thuật Tài nguyên nước      **Mã số:** 62 58 02 12

**Tên cơ sở đào tạo:** Học viện Nông nghiệp Việt Nam

### Mục đích nghiên cứu

Đề xuất chế độ tưới nhỏ giọt thích hợp nhằm nâng cao năng suất, hiệu quả sử dụng nước và hiệu quả kinh tế sản xuất cà chua vụ Đông trên đất phù sa trung tính ít chua đồng bằng sông Hồng.

### Phương pháp nghiên cứu

- Thu thập số liệu thứ cấp: Thu thập các thông tin, số liệu về điều kiện khí hậu và thực trạng sản xuất cà chua.

- Thu thập số liệu sơ cấp: Điều tra, phỏng vấn trực tiếp người dân theo phương pháp điều tra nhanh nông thôn bằng phiếu điều tra nông hộ đã thiết kế sẵn tại 6 tỉnh thuộc vùng đồng bằng sông Hồng, mỗi tỉnh điều tra 30 hộ dân. Các hộ điều tra phỏng vấn đều tham gia sản xuất cà chua với diện tích từ 360m<sup>2</sup> trở lên và có điều kiện kinh tế từ mức trung bình khá.

- Xây dựng mô hình toán về lan truyền ẩm trong đất do tưới nhỏ giọt: Từ kết quả độ ẩm thực đo, phân tích xu hướng chuyển động của nước trong đất, sử dụng lý thuyết toán học và phương pháp toán thống kê xây dựng phương trình tổng quát của mô hình toán. Sử dụng hàm Regression trong Excel xác định các hệ số trong phương trình hàm độ ẩm và kiểm chứng các hàm xây dựng được.

- Bố trí các thí nghiệm tưới nhỏ giọt trong phòng và sản xuất cà chua ngoài đồng ruộng.

### Kết quả chính và kết luận

1) Vụ Đông là vụ sản xuất cà chua chính của đồng bằng sông Hồng (83,3-96,7%). Nguồn cung cấp nước tưới chủ yếu là giếng khoan (76,7-100%) và phương pháp tưới phổ biến là tưới rãnh (90-100%). Phương pháp tưới nhỏ giọt chưa được áp dụng với sản xuất cà chua ngoài đồng ruộng. Đất thí nghiệm là đất phù sa trung tính ít chua. Mực nước ngầm nằm sâu (> 1,75m).

2) Độ sâu tầng đất cần làm ẩm 0-30cm và bộ rễ cà chua tập trung dày đặc ở tầng đất 0-20cm. Áp lực nước 0,16atm và lưu lượng nhỏ giọt 0,43 lít/giờ phù hợp để đảm

bảo cung cấp nước cho tầng đất chứa bộ rễ tích cực của cây cà chua. Miền thấm trong đất theo chiều sâu là 25cm và chiều rộng là 20cm.

3) Phương trình tổng quát của mô hình toán về lan truyền ẩm trong đất được xác định cho giới hạn tưới 70-100% độ ẩm tối đa đồng ruộng ở điều kiện ngoài đồng ruộng là:  $F(x, y) = k(x_0-x)^a(y_0-y)^b + a(x_0-x)^b(y_0-y)^c$ , do mưa là:  $f(y) = ay^b$  và theo thời gian là  $f(t) = a(t+1)^b$ . Kết quả kiểm chứng các hàm xác định độ ẩm cho kết quả sai số so với các mẫu đối chứng đều nhỏ hơn 10%.

4) Ứng dụng mô hình toán với giới hạn tưới 70-100% độ ẩm tối đa đồng ruộng đã dự báo được: Tổng số lần tưới/vụ là 11 lần. Lượng nước có tính đến tỷ lệ diện tích cấp nước do tưới nhỏ giọt ( $a_{hm} = 52,3\%$ ) dao động trong khoảng 193,5-197,7 m<sup>3</sup>/ha/lần tưới (vụ Đông 2014) và 198,7-201,4 m<sup>3</sup>/ha/lần tưới (vụ Đông 2015).

5) Các thí nghiệm về tưới nhỏ giọt cho cà chua trong hai vụ Đông năm 2014 và năm 2015 cho thấy công thức CT4 tưới nhỏ giọt với giới hạn tưới 70-100% độ ẩm tối đa đồng ruộng cho kết quả tốt nhất: chiều cao cây ở thời điểm 10 tuần sau trồng đạt 111,4cm tăng 15,8cm (vụ Đông 2014) và 116,1cm tăng 16,5cm (vụ Đông 2015); tỷ lệ đậu quả đạt 71,3% tăng 10,8% (vụ Đông 2014) và 63,8% tăng 8,1% (vụ Đông 2015); năng suất thực thu đạt 60,3 tấn/ha tăng 10,4 tấn/ha (vụ Đông 2014) và 53,1 tấn/ha tăng 9,7 tấn/ha (vụ Đông 2015); hiệu quả sử dụng nước đạt 30,6 kg/m<sup>3</sup> tăng 17,4 kg/m<sup>3</sup> (vụ Đông 2014) và 30,5 kg/m<sup>3</sup> tăng 16,2 kg/m<sup>3</sup> (vụ Đông 2015) và tiết kiệm 47,7% (vụ Đông 2014) và 42,8% (vụ Đông 2015) lượng nước tưới so với tưới rãnh. Tưới nhỏ giọt cho cà chua đem lại hiệu quả kinh tế cao hơn: Thu nhập hỗn hợp đạt 274,08 triệu đồng/ha (tăng 51,8 triệu đồng/ha), giá trị ngày công đạt 391,54 nghìn đồng/công, cao hơn 125 nghìn đồng/công do giảm được 135 công lao động/ha/vụ so với tưới rãnh.

Chế độ tưới nhỏ giọt được đề xuất cho cà chua vụ Đông trồng trên đất phù sa trung tính ít chua đồng bằng sông Hồng vùng Gia Lâm, Hà Nội là: Số lần tưới trong cả vụ 10 lần, mức tưới mỗi lần 198,7 m<sup>3</sup>/ha (tương ứng với 6,2 lít/cây/lần tưới), tổng lượng nước tưới trong một vụ 1.987 m<sup>3</sup>/ha. Sử dụng áp lực nước tưới là 0,16atm, loại dây nhỏ giọt đường kính 6mm, khoảng cách giữa hai vòi nhỏ giọt là 40cm.

## THESIS ABSTRACT

**PhD candidate:** Ngo Thi Dung

**Thesis title:** Study on the effect of drip irrigation technique on tomato growth and yield in the Red River alluvial soil.

**Major:** Water resources engineering      **Code:** 62 58 02 12

**Educational organization:** Vietnam National University of Agriculture (VNUA).

### Research Objectives

Propose appropriate drip irrigation regime to improve winter tomato's yield, water use efficiency and economic efficiency in neutral to light acid alluvial soil of the Red River Delta.

### Materials and Methods

- Collect secondary data: the information and data of climate conditions and current tomato production.

- Collect primary data: survey, interview farmers with Rapid Rural Appraisal (RRA) method by pre-designed household surveys in 6 Red River Delta provinces, survey 30 households per province. All of interviewed households grow tomato with an area of 360 m<sup>2</sup> or more and have medium to good economic conditions.

- Build a mathematical model for soil moisture spreading in drip irrigation: From the results of actual measured soil moisture, analyze the trends of water movement in soil, using mathematical theory and statistical mathematical methods to build general equation of the mathematical model. Use the Regression function in Excel to determine the coefficients of the soil moisture function equation and to verify the developed functions.

- Layout drip irrigation experiments in the lab and in tomato field.

### Main findings and conclusions

- 1) Winter was the major tomato cropping season in Red river delta (83.3-96.7%). The main water supply was from ground water (76.7-100.0%) and the main irrigation method was furrow irrigation. Drip irrigation has not been applied to tomato production in the field. The soil under experiments was neutral to light acid alluvial soil. Ground water table was deep (>1.75m)

- 2) Soil depth need to be moist was from 0-30cm and tomato roots concentrated in 0-20cm soil layer. Appropriate water pressure and drip flow to ensure water supply to tomato active root zone was 0.16atm and 0.43 liters per hour. The water penetrated into the soil by drip irrigation with the depth of 25cm and the width of 20cm.

- 3) General equation of mathematical model for soil moisture spreading was determined for the irrigation limit of 70-100% of field capacity in the field conditions

is:  $F(x, y) = k(x_0-x)^a(y_0-y)^b + a(x_0-x)^b(y_0-y)^c$ . The function to determine soil moisture due to rainfall was:  $f(y) = ay^b$  and according to time  $f(t) = a(t+1)^b$ . Verification results of moisture determination functions returned errors of less than 10%, compared to the control samples.

4) The application of the mathematical model predicted the time of irrigation, which determines the number of irrigations and the irrigation water amount for tomato. With the irrigation limit of 70 -100% of field capacity, it is estimated that the total number of irrigations/crop is 11. The amount of water, taking into account the proportion of drip irrigation area ( $a_{hn} = 52.3\%$ ) ranged between 193.5-197.7  $m^3/ha/irrigation$  (winter season, 2014) and 198.7-201.4  $m^3/ha/irrigation$  (winter season, 2015).

5) Drip irrigation experiments for winter tomato in 2014 and 2015 showed that treatment CT4, drip irrigation with the limit of 70-100% of field capacity had best result: plant height at 10 weeks after planting was 111.4cm, increased by 15.8cm (winter, 2014) and 116.1cm, increased by 16.5cm (winter, 2015); The fruit rate was 71.3%, up 10.8% (winter, 2014) and 63.8%, up 8.1% (winter, 2015). The actual yield was 60.3 tons/ha, increased by 10.4 tons/ha (winter, 2014) and 53.1 tons/ha, increased by 9.7 tons/ha (winter, 2015). Water use efficiency was of 30.6  $kg/m^3$ , increased by 17.4  $kg/m^3$  (winter, 2014) and 30.5  $kg/m^3$ , increased by 16.2  $kg/m^3$  (winter, 2015) and water irrigation amount was saved 47.7% (winter, 2014) and 42.8% (winter, 2015), compared to furrow irrigation. Drip irrigation for tomato returned higher economic efficiency: mix income reached VND 274.08 million /ha, up VND 51.8 million/ha, value of working day was VND 391.54 thousands/day, increased by 125 thousands VND/day due to the reduction of 135 labors/ha/crop, compared to furrow irrigation.

Drip irrigation regime was proposed for winter tomato grown on neutral to light acid alluvial soil in Red River Delta, Gia Lam district, Hanoi as follows: number of irrigation for whole cropping season is 10, irrigation water amount is 198.7  $m^3/ha$  for each application, (equivalent to 6.2 liters/plant/irrigation), total irrigation water amount in a cropping season was 1,987  $m^3/ha$ . It should apply water pressure of 0.16atm, drip tube of 6mm in diameter, the distance between two drip openings is 40cm.

## PHẦN 1. MỞ ĐẦU

### 1.1. TÍNH CẤP THIẾT CỦA ĐỀ TÀI

Trong sản xuất nông nghiệp, nước có vai trò vô cùng quan trọng. Theo FAO, tưới nước là yếu tố quyết định hàng đầu, là nhu cầu thiết yếu, đóng vai trò điều tiết chất dinh dưỡng, độ thoáng khí, vi sinh vật trong đất, ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất và chất lượng sản phẩm. Một số kết quả nghiên cứu về tưới nước cho thấy cây trồng được tưới thì năng suất sẽ tăng lên. Năng suất khoai tây được tưới nước tăng từ 65-74% so với không tưới (Nguyễn Thị Hằng Nga và Lê Thị Nguyên, 2004); năng suất củ cải được tưới nước tăng 69,8% so với không tưới; năng suất đậu tương tăng từ 2,9 tấn/ha (không tưới) lên 4,9 tấn/ha (có tưới) (Babovic *et al.*, 2006); năng suất cây lạc vụ xuân vùng đồi núi phía Bắc có tưới nước có thể tăng lên 43% so với không tưới (Trần Hùng và cs., 2011); cà chua được tưới nước năng suất tăng 51,7% so với không tưới (Helyes *et al.*, 2012). Theo Reddy *et al.* (2015), năng suất cà chua được tưới tăng từ 15,5-76,1% so với không tưới.

Tuy nhiên, trong bối cảnh hiện nay nhu cầu dùng nước của các ngành kinh tế ngày càng gia tăng, mà nguồn nước đang phải đối mặt với tình trạng suy kiệt (Schaible and Aillery, 2012) thì mục tiêu của tưới nước không những để đạt sản lượng cao trên đơn vị diện tích mà còn phải thu được hiệu ích kinh tế tối ưu, tiết kiệm lượng nước tưới, góp phần bảo vệ tài nguyên nước và ứng phó với biến đổi khí hậu. Với sản xuất nông nghiệp, áp dụng tưới tiết kiệm nước là giải pháp góp phần giải quyết vấn đề khan hiếm nước.

Những năm gần đây, ở Việt Nam các nghiên cứu về áp dụng công nghệ tưới hiện đại tiết kiệm nước cho cây trồng đã được chú trọng và bước đầu cho thấy hiệu quả của công nghệ tưới này. Theo Nguyễn Thị Hằng Nga và Lê Thị Nguyên (2004), tưới nhỏ giọt cho cây khoai tây vụ Đông trên đất phù sa sông Hồng đã tiết kiệm được 24,5% lượng nước tưới và tăng năng suất gần 6% so với tưới rãnh. Tưới nhỏ giọt cho cây bưởi tiết kiệm được 40% lượng nước tưới, tăng năng suất 8% so với tưới rãnh (Trần Chí Trung, 2010). Theo báo cáo của Tổng cục Thủy lợi, một số cây chủ lực có lợi thế và có thị trường như cà phê, hồ tiêu, thanh long, mía ở Việt Nam áp dụng công nghệ này kết hợp tưới phân có thể gia tăng năng suất 10-40%, giảm chi phí công chăm sóc và tiết kiệm nước so với tưới

truyền thống 20-40%. Các kết quả trên cho thấy việc nghiên cứu áp dụng phương pháp tưới hiện đại tiết kiệm nước cho cây trồng là yêu cầu cần thiết và cần tiếp tục đẩy mạnh trên diện rộng các giải pháp tưới tiên tiến, tiết kiệm nước cho các cây trồng cạn để góp phần thực hiện mục tiêu phát triển nền nông nghiệp chủ động tưới, tiêu theo hướng hiện đại trong đề án “Tái cơ cấu ngành Thủy lợi” (Trần Chí Trung, 2017).

Ở Việt Nam, trong số các cây trồng cạn, cà chua là cây rau ăn quả quý, lành mạnh, giá trị dinh dưỡng cao, đã và đang được phát triển mạnh trong những năm gần đây. Quả cà chua có chứa nhiều axit hữu cơ là nguồn cung cấp các chất chống oxy hóa như vitamin C, lycopen (Lin and Lai, 1989). Với nhiều tác dụng nên cà chua được sử dụng như một thực phẩm phổ biến hàng ngày (Tiwari and Choudhury, 1993). Ngoài ra, quả cà chua còn là dược liệu trong y học vì có tác dụng kháng khuẩn, chống độc, ngăn ngừa hình thành gốc tự do gây ung thư, giảm nguy cơ mắc bệnh tim mạch, làm đẹp da, chữa mụn trứng cá,... (Vũ Tuyên Hoàng và cs., 1990; AVRDC, 2008). Cà chua còn là cây trồng mang lại hiệu quả kinh tế cao, là mặt hàng có tiềm năng xuất khẩu. Chính vì vậy cà chua được trồng ở khắp các vùng miền, trong đó vùng đồng bằng sông Hồng là một trong những vùng có diện tích trồng cà chua lớn nhất cả nước.

Đồng bằng sông Hồng là vùng kinh tế có tầm quan trọng đặc biệt trong phân công lao động của cả nước, vị trí địa lý và điều kiện tự nhiên thuận lợi, tài nguyên thiên nhiên phong phú và đa dạng, dân cư đông đúc, mật độ dân trí cao. Đất phù sa sông Hồng khá màu mỡ thích hợp cho cây cà chua phát triển và vụ Đông là vụ sản xuất cà chua chính của vùng. Tuy nhiên những năm vừa qua về mùa khô tình trạng hạn hán ở đồng bằng sông Hồng đã xảy ra nghiêm trọng theo chiều hướng hết sức bất lợi (Nguyễn Thị Kim Dung và Đào Kim Lư, 2010). Vấn đề cấp nước tưới trong nông nghiệp của vùng ngày càng căng thẳng, đặc biệt trong điều kiện thời tiết khô, lạnh vào vụ Đông. Do vậy nghiên cứu áp dụng kỹ thuật tưới nhỏ giọt cho cà chua vụ Đông sẽ rất thiết thực. Song song với nghiên cứu tưới nhỏ giọt cho cà chua thì nghiên cứu lan truyền ẩm trong đất do tưới nhỏ giọt có ý nghĩa về kỹ thuật rất lớn. Kết quả này sẽ góp phần dự báo diễn biến độ ẩm đất, thời điểm tưới của cây trồng. Từ đó sẽ đề xuất một chế độ tưới hợp lý tiết kiệm lượng nước tưới, công lao động, nâng cao năng suất và hiệu quả sử dụng nước đồng thời cải tiến kỹ thuật canh tác truyền thống, đẩy mạnh áp dụng tiến bộ khoa học kỹ thuật vào sản xuất.

## **1.2. MỤC TIÊU CỦA ĐỀ TÀI**

Đề xuất chế độ tưới nhỏ giọt thích hợp nhằm nâng cao năng suất, hiệu quả sử dụng nước và hiệu quả kinh tế sản xuất cà chua vụ Đông trên đất phù sa trung tính ít chua đồng bằng sông Hồng.

## **1.3. PHẠM VI NGHIÊN CỨU**

### **1.3.1. Đất thí nghiệm, kỹ thuật tưới**

Đồng bằng sông Hồng có 4 loại đất là đất phù sa trung tính ít chua, đất phù sa chua, đất phù sa gley và đất phù sa có tầng đóm rỉ (Hội Khoa học đất Việt Nam, 2000). Trong 4 loại đất này cây cà chua được trồng nhiều nhất trên loại đất phù sa trung tính ít chua (đây cũng là loại đất có nhiều tính chất phù hợp với yêu cầu sinh thái của cà chua). Trong phạm vi nghiên cứu của đề tài, chọn loại đất phù sa trung tính ít chua để thực hiện các thí nghiệm.

Cây cà chua là loại cây “chân ướt đầu khô”, yêu cầu độ ẩm đất cao nhưng không thích hợp với mưa nhiều do vậy kỹ thuật tưới nhỏ giọt thích hợp nhất (Tạ Thu Cúc, 2005). Kỹ thuật tưới nhỏ giọt là kỹ thuật tưới hiện đại tiết kiệm nước nhất, có thể cung cấp nước và chất dinh dưỡng với liều lượng và thời gian thích hợp cho cây trồng. Với kỹ thuật tưới này có thể giải quyết bài toán thiếu nước tưới trong những thời điểm khan hiếm nước (vụ Đông). Ngoài ra, kỹ thuật tưới nhỏ giọt cho cây cà chua chưa được chú trọng nghiên cứu trong điều kiện sản xuất trên đồng ruộng.

### **1.3.2. Thời gian nghiên cứu**

Thời gian nghiên cứu luận án: Từ 10/2013-10/2016.

Năm 2014, điều tra thực trạng sản xuất cà chua vùng đồng bằng sông Hồng.

Thời vụ thực hiện thí nghiệm sản xuất ngoài đồng ruộng: Chọn thời vụ trồng cà chua thí nghiệm là vụ Đông, đây là vụ chính của cây cà chua, điều kiện khí hậu thời điểm này thuận lợi cho sinh trưởng và phát triển của cây. Tuy nhiên vụ Đông thời tiết hanh khô, nguồn nước tưới khan hiếm nên áp dụng tưới nhỏ giọt sẽ có ý nghĩa thiết thực để tiết kiệm nước tưới và tăng năng suất cây trồng.

Thời gian tiến hành thí nghiệm đồng ruộng: Vụ Đông năm 2014 và vụ Đông năm 2015.

### **1.3.3. Địa điểm nghiên cứu**

Điều tra thực trạng sản xuất cà chua được thực hiện tại 6 tỉnh sản xuất cà chua chính của vùng ĐBSH là Hải Dương, Hải Phòng, Nam Định, Hà Nội, Bắc Ninh và Hưng Yên.

Thí nghiệm, mô hình được thực hiện tại huyện Gia Lâm, Hà Nội. Đây là huyện có truyền thống phát triển rau màu, người dân có trình độ thâm canh cao. Các thí nghiệm bố trí tại khu thí nghiệm đồng ruộng của Học viện Nông nghiệp Việt Nam (thuộc thị trấn Trâu Quỳ); mô hình trình diễn được bố trí tại xã Cổ Bi.

## **1.4. NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA ĐỀ TÀI**

- Xây dựng mô hình toán về lan truyền ẩm do tưới nhỏ giọt trên đất phù sa trung tính ít chua đồng bằng sông Hồng vùng Gia Lâm, Hà Nội.

- Xây dựng chế độ tưới nhỏ giọt thích hợp cho cây cà chua vụ Đông trồng trên đất phù sa trung tính ít chua đồng bằng sông Hồng vùng Gia Lâm, Hà Nội.

## **1.5. Ý NGHĨA KHOA HỌC VÀ THỰC TIỄN CỦA ĐỀ TÀI**

### **1.5.1. Ý nghĩa khoa học**

- Xác định cơ chế quá trình lan truyền ẩm do tưới nhỏ giọt bằng mô hình toán.
- Góp phần bổ sung cơ sở khoa học để xây dựng chế độ tưới nhỏ giọt thích hợp cho cây cà chua vụ Đông.

### **1.5.2. Ý nghĩa thực tiễn**

- Kết quả nghiên cứu của đề tài đã xác định được ảnh hưởng của kỹ thuật tưới nhỏ giọt đến sinh trưởng, năng suất, hiệu quả sử dụng nước và hiệu quả kinh tế trong sản xuất cà chua vụ Đông trên đất phù sa trung tính ít chua Gia Lâm, Hà Nội.

- Kết quả nghiên cứu của đề tài đã xác định được chế độ tưới nhỏ giọt thích hợp cho cây cà chua vụ Đông trồng trên đất phù sa trung tính ít chua Gia Lâm, Hà Nội.

## PHẦN 2. TỔNG QUAN CÁC VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

### 2.1. TỔNG QUAN VỀ KHU VỰC NGHIÊN CỨU

#### 2.1.1. Đặc điểm khí hậu vùng đồng bằng sông Hồng

Theo Tổng cục Thống kê (2016), số liệu thống kê về đơn vị hành chính, khí hậu vùng ĐBSH như sau:

Vùng ĐBSH nằm ở phía Bắc Việt Nam gồm 11 tỉnh, thành phố là: Hà Nội, Hải Phòng, Vĩnh Phúc, Hải Dương, Bắc Ninh, Hưng Yên, Nam Định, Thái Bình, Hà Nam, Ninh Bình, Quảng Ninh.

Khí hậu của vùng mang tính chất khí hậu nhiệt đới gió mùa, chịu ảnh hưởng rất mạnh của hai hướng gió chính là gió mùa Đông Bắc và gió mùa Đông Nam và được phân thành 4 mùa rõ rệt (Xuân, Hạ, Thu, Đông). Nhiệt độ không khí trung bình năm là 23,5°C, lượng bức xạ cao vào khoảng 115 kcal/cm<sup>2</sup>/năm, từ tháng V đến tháng X mặt đất có thể thu nhận từ 10-15 kcal/cm<sup>2</sup>, từ tháng XI đến tháng IV lượng bức xạ khoảng từ 7-9 kcal/cm<sup>2</sup>/tháng. Cán cân bức xạ ngay cả những tháng mùa đông đều dương, tổng số giờ nắng đạt tới 1.400-1.600 giờ.

Lượng mưa trung bình trong năm khoảng 1.500-2.000mm, lượng mưa phân bố theo mùa; mùa mưa từ tháng V đến tháng X lượng mưa chiếm trên 85% tổng lượng mưa cả năm, mùa khô từ tháng XI đến tháng IV năm sau, lượng mưa ít chiếm khoảng 15% lượng mưa cả năm.

Độ ẩm trung bình các tháng trong năm chênh lệch không lớn, tháng có độ ẩm cao nhất và tháng có độ ẩm thấp nhất chênh nhau 12%. Độ ẩm trung bình tối đa là 92%, độ ẩm trung bình tối thiểu là 80%. Độ ẩm trung bình tháng dưới 85% chỉ chiếm 35%.

Nhìn chung khí hậu vùng ĐBSH thuộc miền khí hậu nhiệt đới gió mùa, nóng, ẩm, mưa nhiều và được phân hoá theo mùa, sự chênh lệch nhiệt độ giữa các mùa và các tháng trong năm tương đối lớn, lượng bức xạ và tổng số giờ nắng trong năm tương đối cao; mưa phân bố theo mùa, lượng mưa tập trung vào mùa hạ, độ ẩm không khí trung bình rất cao, đây là điều kiện thuận lợi cho cây trồng, vật nuôi sinh trưởng, phát triển quanh năm. Tuy nhiên do sự phân bố không đều

trong năm đã gây trở ngại cho sản xuất và đời sống con người, đặc biệt là tình hình hạn hán xảy ra trong vùng.

### 2.1.2. Đặc điểm khí hậu thành phố Hà Nội

Yếu tố khí hậu có ảnh hưởng rất lớn đến quá trình bốc thoát hơi nước từ đó ảnh hưởng tới diễn biến độ ẩm đất, lượng nước cần, thời điểm tưới của cây trồng. Để đánh giá điều kiện khí hậu trong thời gian nghiên cứu tại khu vực bố trí thí nghiệm, tác giả tiến hành thu thập một số chỉ tiêu khí hậu trong giai đoạn từ năm 1996 đến năm 2016. So sánh số liệu trong thời gian thí nghiệm vụ Đông 2014, 2015 (từ tháng 9 năm trước đến tháng 2 năm sau) với các giá trị trung bình trong 20 năm từ 1996 đến 2016. Các số liệu đo tại trạm khí tượng Hà Đông, Hà Nội.

Theo số liệu của Trạm khí tượng Hà Đông (1996-2016) trong giai đoạn 1996-2016, tác giả thống kê được số liệu về nhiệt độ, mưa, độ ẩm, giờ nắng bình quân tháng trung bình trong 20 năm từ 1996-2016 thể hiện trong bảng 2.1 và số liệu trong giai đoạn thực hiện thí nghiệm từ năm 2014 đến năm 2016 trình bày trong phụ lục 1.1.

**Bảng 2.1. Một số yếu tố khí hậu của thành phố Hà Nội**  
(Số liệu trung bình trong giai đoạn 1996-2016)

Tháng	Nhiệt độ <sup>0</sup> C	Mưa (mm)	Độ ẩm (%)	Giờ nắng (giờ)
1	17,3	19,0	82	63,1
2	18,2	19,4	85	45,2
3	20,6	53,3	87	36,5
4	24,2	70,1	88	88,7
5	27,2	184,2	85	152,6
6	29,2	235,5	82	164,8
7	29,5	309,0	84	168,3
8	28,2	313,0	87	153,4
9	27,1	195,9	86	144,1
10	25,4	138,0	82	125,1
11	22,1	50,7	79	139,6
12	17,6	21,9	79	84,9

Nguồn: Trạm khí tượng Hà Đông (1996-2016)

### **2.1.2.1. Nhiệt độ**

Nhiệt độ trung bình tháng trong một năm có sự thay đổi theo xu thế tăng dần từ đầu năm đến giữa năm rồi lại giảm dần vào cuối năm. Nhiệt độ trung bình tháng cao nhất trong năm là các tháng 6, 7, 8 và thấp nhất là các tháng 1, 12.

Số liệu phụ lục 1.1 cho thấy, nhìn chung nhiệt độ trung bình hàng tháng trong các năm 2014, 2015 phần lớn đều cao hơn nhiệt độ trung bình nhiều năm đến  $1^{\circ}\text{C}$ , riêng tháng 11/2015 có nhiệt độ trung bình cao hơn  $1,7^{\circ}\text{C}$  so với năm 2014 và cao hơn trung bình nhiều năm  $2,3^{\circ}\text{C}$ . Tổng số nhiệt độ trong thời gian thí nghiệm vụ Đông (từ tháng 9 đến tháng 2 năm sau) năm 2014 là  $3.968^{\circ}\text{C}$ , năm 2015 là  $3.973,8^{\circ}\text{C}$  và trung bình nhiều năm là  $3.854,9^{\circ}\text{C}$  (Trạm khí tượng Hà Đông, 1996-2016). Như vậy tổng số nhiệt độ trong vụ của cả 2 năm thí nghiệm đều cao hơn tổng số nhiệt độ trong vụ Đông trung bình nhiều năm. Vụ Đông năm 2014 cao hơn  $113,1^{\circ}\text{C}$  và vụ Đông năm 2015 cao hơn  $118,9^{\circ}\text{C}$ . Với xu hướng tổng nhiệt độ trong vụ của năm sau cao hơn năm trước và cao hơn trung bình nhiều năm và nếu lượng mưa thấp, bốc hơi cao sẽ dẫn đến hiện tượng thiếu nước nghiêm trọng gây ảnh hưởng đến sinh trưởng và phát triển cho cây trồng vụ Đông.

### **2.1.2.2. Lượng mưa**

Tổng lượng mưa vụ Đông năm 2014 là 443,7mm, năm 2015 là 591,8mm và trung bình nhiều năm là 444,9mm. Vụ Đông 2014 có tổng lượng mưa tương tự như trung bình nhiều năm, còn năm 2015 có lượng mưa trong vụ cao hơn năm 2014 (148,1mm) và cao hơn trung bình nhiều năm (146,9mm) (phụ lục 1.1).

Sự phân bố lượng mưa tháng trong các năm cho thấy, tổng lượng mưa tháng trung bình nhiều năm đúng theo quy luật lượng mưa tập trung chủ yếu trong mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 10, mưa lớn nhất là tháng 7 (309mm), tháng 8 (313mm) và sự chênh lệch giữa đỉnh mưa cao nhất so với các tháng không quá lớn. Tuy nhiên năm 2014, mưa sớm hơn bắt đầu từ tháng 4, lượng mưa đạt 219,9mm. Lượng mưa trong các tháng mùa mưa năm 2014 có sự chênh lệch rất lớn, đỉnh mưa cao nhất là tháng 8 với lượng mưa đạt 415,9mm cao hơn rất nhiều so với các tháng còn lại (tháng 7 là 222,2mm). Trong khi đó năm 2015 mưa đến muộn hơn, tháng 6 mới bắt đầu mưa lớn đạt 257,7mm, lượng mưa chủ yếu tập trung vào tháng 6, 8, 9 và sự phân bố mưa giữa các tháng trong mùa mưa không quá lớn, đỉnh mưa lớn nhất vào tháng 8, đạt 287,3mm (Trạm khí tượng Hà Đông, 1996-2016).

Xét lượng mưa tháng trong vụ Đông thì vụ Đông năm 2014 có lượng mưa tháng tương tự lượng mưa tháng trong vụ Đông trung bình nhiều năm. Còn vụ Đông năm 2015, lượng mưa tháng có sự chênh lệch khá lớn, đặc biệt là tháng 11 năm 2015 có lượng mưa cao hơn nhiều so với tháng 11 năm 2014 và tháng 11 trung bình nhiều năm (100,3mm so với 35,1mm và 50,7mm), với lượng mưa lớn vào thời gian này đã gây ảnh hưởng đến sinh trưởng và năng suất cây trồng.

### **2.1.2.3. Độ ẩm không khí**

Độ ẩm không khí trung bình tháng của trung bình nhiều năm có sự biến động không lớn, hơn kém nhau 9%, phần lớn các tháng đạt trên 80%, có 2 tháng đạt 79%, cao nhất vào tháng 4 đạt 88% và thấp nhất vào tháng 11, 12 đạt 79% (bảng 2.1). Trong các năm thí nghiệm, độ ẩm không khí thay đổi theo xu hướng tăng dần từ đầu năm và đạt lớn nhất vào tháng 3. So với trung bình nhiều năm thì độ ẩm không khí trung bình trong hai năm 2014, 2015 có sự biến động lớn. Năm 2014, độ ẩm không khí biến động lớn hơn cả, đạt cao nhất 92% vào tháng 3 và thấp nhất 71% vào tháng 12, chênh lệch độ ẩm tới 21%. Năm 2015, tháng 3 đạt cao nhất là 90% và thấp nhất là 76% vào tháng 10, chênh lệch độ ẩm 14% (phụ lục 1.1).

Xét trong vụ Đông, năm 2014, 2015 độ ẩm không khí trung bình tháng trong vụ tương tự nhau (79,5%) và thấp hơn so với vụ Đông trung bình nhiều năm (82,2%) (Trạm khí tượng Hà Đông, 1996-2016).

### **2.1.2.4. Số giờ nắng**

Tổng số giờ nắng trong vụ Đông của các năm nghiên cứu như sau: Vụ Đông năm 2014 là 620,2 giờ, vụ Đông năm 2015 là 554,9 giờ và vụ Đông trung bình nhiều năm là 602 giờ (phụ lục 1.1). Như vậy tổng số giờ nắng của hai năm thí nghiệm rất khác nhau và có chênh lệch so với trung bình nhiều năm. Năm 2014 số giờ nắng cao hơn khoảng 65 giờ so với năm 2015 và 18 giờ so với trung bình nhiều năm.

Tuy nhiên, khi xét tổng số giờ nắng qua từng tháng trong năm và trung bình nhiều năm cũng có sự biến động rất khác nhau. Tổng số giờ nắng theo từng tháng của trung bình nhiều năm không biến động quá lớn, nắng nhiều dài đều trong các tháng mùa hè và mùa thu từ tháng tháng 5 đến tháng 11.

Đỉnh cao nhất vào tháng 7 đạt 168,3 giờ không quá khác biệt so với các tháng nắng nhiều còn lại. So với trung bình nhiều năm thì tổng số giờ nắng năm

2014 và 2015 có sự biến động mạnh mẽ. Tổng số giờ nắng cao nhất đạt 227,1 giờ (tháng 6 năm 2014) và 224,9 giờ (tháng 5 năm 2015), chênh lệch nhiều so với các tháng khác. Xét các tháng trong vụ Đông, tháng 10 và 11 có sự biến động khác nhau rõ rệt giữa hai năm thí nghiệm và trung bình nhiều năm. Tổng số giờ nắng tháng 10, 11 của trung bình nhiều năm đạt mức trung bình nằm giữa hai năm 2014 và 2015. Trong tháng 10, tổng số giờ nắng năm 2014 thấp nhất 92,2 giờ trong khi đó năm 2015 lớn hơn nhiều đạt đỉnh 153,9 giờ. Tuy nhiên tháng 11 thì ngược lại, tổng số giờ nắng năm 2014 gần gấp đôi so với năm 2015 (182,9 giờ so với 92,4 giờ).

Qua đánh giá, phân tích một số yếu tố khí hậu trong hai năm thí nghiệm nhận thấy: So với trung bình nhiều năm thì diễn biến khí hậu trong thời gian thí nghiệm không có yếu tố bất thường và không nằm ngoài quy luật diễn biến thời tiết trong nhiều năm gần đây. Tuy nhiên so sánh giữa hai năm 2014 và 2015 thì diễn biến của các yếu tố khí hậu trong vụ Đông năm 2014 tương tự với quy luật nhiều năm hơn và thuận lợi, phù hợp cho sinh trưởng và năng suất cây trồng. Còn vụ Đông năm 2015, đặc biệt là tháng 11 năm 2015 có sự biến động về nhiệt độ và lượng mưa, trong tháng này nhiệt độ trung bình và tổng lượng mưa lớn gây khó khăn cho sản xuất cây vụ Đông.

### **2.1.3. Đặc điểm đất đai vùng đồng bằng sông Hồng**

Đất đai nông nghiệp là nguồn tài nguyên cơ bản của vùng do phù sa của hệ thống sông Hồng và sông Thái Bình bồi đắp.

Hệ thống sông Hồng có đặc điểm: Thủy chế thất thường, có năm lũ lớn có năm lũ nhỏ nên đất phù sa sông Hồng có sự biến động lớn về thành phần cơ giới trên bề mặt cũng như theo chiều sâu phẫu diện. Đất phù sa sông Hồng có thành phần cơ giới dao động chủ yếu từ thịt nhẹ đến thịt trung bình do đó phù hợp với rất nhiều loại cây trồng.

#### **2.1.3.1. Diện tích và phân bố**

Diện tích khoảng 919.800ha (bao gồm cả lưu vực sông Hồng và sông Thái Bình). Phân bố tập trung chủ yếu ở các tỉnh đồng bằng Bắc Bộ như Phú Thọ, Vĩnh Phúc, Hà Tây, Hà Nội, Hưng Yên, Hải Dương, Hà Nam, Nam Định, Thái Bình, Hải Phòng... Vùng đất này nằm gọn trong vùng châu thổ Bắc Bộ kẹp giữa hai dãy núi Tây Bắc và Đông Bắc, phía Đông mở ra biển, phía Nam ngăn cách với đồng bằng Thanh Hóa bởi một dãy đồi núi thấp (Lê Thái Bạt và Phạm Quang Khánh, 2015).

### **2.1.3.2. Phân loại nhóm đất phù sa**

Đất phù sa sông Hồng bao gồm 4 loại:

Đất phù sa trung tính ít chua (P) Eutric Fluvisols (Fle)

Đất phù sa chua (Pc) Dystric Fluvisols (Fld)

Đất phù sa glây (Pg) Gleyic Fluvisols (Flg)

Đất phù sa có tầng đóm ri (Pr) Cambic Fluvisols (Flb)

Trong 4 loại đất trên thì đất phù sa trung tính ít chua (Eutric Fluvisols-FLe) có diện tích 313.400ha (chiếm 34%). Loại đất này phân bố chủ yếu ở vùng trung tâm châu thổ sông Hồng. Đây là loại đất có độ phì cao, hàm lượng hữu cơ trong đất từ trung bình đến khá, đất có thành phần cơ giới từ cát pha đến thịt, độ bão hòa bazơ và canxi, magie trao đổi cao. Đặc biệt lân dễ tiêu rất giàu (Lê Thái Bạt và Phạm Quang Khánh, 2015).

Đất phù sa trung tính ít chua là loại đất có tiềm năng sử dụng đa dạng có thể trồng được 2 hoặc 3 vụ/năm với nhiều loại cây trồng như: Lúa, ngô, đậu đỗ, khoai tây, khoai lang, các loại rau vụ đông (cà chua, bắp cải,...) hoặc trồng các cây ăn quả dài ngày... đều cho năng suất, sản lượng cao. Biện pháp cơ bản để sử dụng đơn vị đất này một cách bền vững, có hiệu quả là phải biết kết hợp tưới tiêu hợp lý, bón phân cân đối và bảo vệ đất khỏi ô nhiễm do quá trình đô thị hóa và công nghiệp hóa (Trần Văn Chính và cs., 2006).

## **2.2. TÌNH HÌNH SẢN XUẤT CÀ CHUA TRÊN THẾ GIỚI VÀ VIỆT NAM**

### **2.2.1. Tình hình sản xuất cà chua trên thế giới**

Cây cà chua có nguồn gốc từ Trung và Nam Châu Mỹ, được phát hiện vào thế kỷ XVI. Cà chua là loại rau ăn quả quý, bổ dưỡng, lành mạnh, có giá trị kinh tế, giá trị dinh dưỡng cao, có tác dụng lớn về y học được nhiều người ưa thích. Mặc dù có lịch sử phát triển tương đối muộn song hiện nay cà chua là một loại rau ưu tiên có chiều hướng phát triển mạnh cả về lượng và chất, trở thành một trong những cây trồng chính trong ngành sản xuất rau của nhiều nước trên thế giới và được trồng ở khắp các châu lục. Kết quả thống kê các số liệu về diện tích, năng suất, sản lượng cà chua giai đoạn 2010-2014 từ FAO (2017) được trình bày trong bảng 2.2.

Diện tích cà chua trên thế giới trong những năm gần đây tăng lên, trong giai đoạn từ năm 2010 đến 2014, diện tích cà chua đạt lớn nhất là 5.023 nghìn ha vào

năm 2014, tăng 480 nghìn ha so với năm 2010. Năm 2013, diện tích cà chua có giảm đi so với năm 2012 nhưng vẫn cao hơn so với các năm 2010 và 2011. Năng suất cà chua trung bình của thế giới không có sự biến động lớn trong giai đoạn này, xung quanh khoảng từ 33-34 tấn/ha, năm 2013 đạt năng suất cao hơn cả là 34,54 tấn/ha. Mặc dù năng suất không chênh lệch nhiều giữa các năm nhưng cùng với sự gia tăng của diện tích thì sản lượng cà chua của thế giới tăng lên rõ rệt từ 152,08 triệu tấn (năm 2010) lên đến 170,75 triệu tấn (năm 2014).

**Bảng 2.2. Diện tích, năng suất, sản lượng cà chua của thế giới giai đoạn 2010-2014**

Năm	Diện tích (nghìn ha)	Năng suất (tấn/ha)	Sản lượng (triệu tấn)
2010	4.543,17	33,48	152,08
2011	4.722,43	33,50	158,21
2012	4.970,12	32,57	161,86
2013	4.762,46	34,54	164,49
2014	5.023,81	33,99	170,75

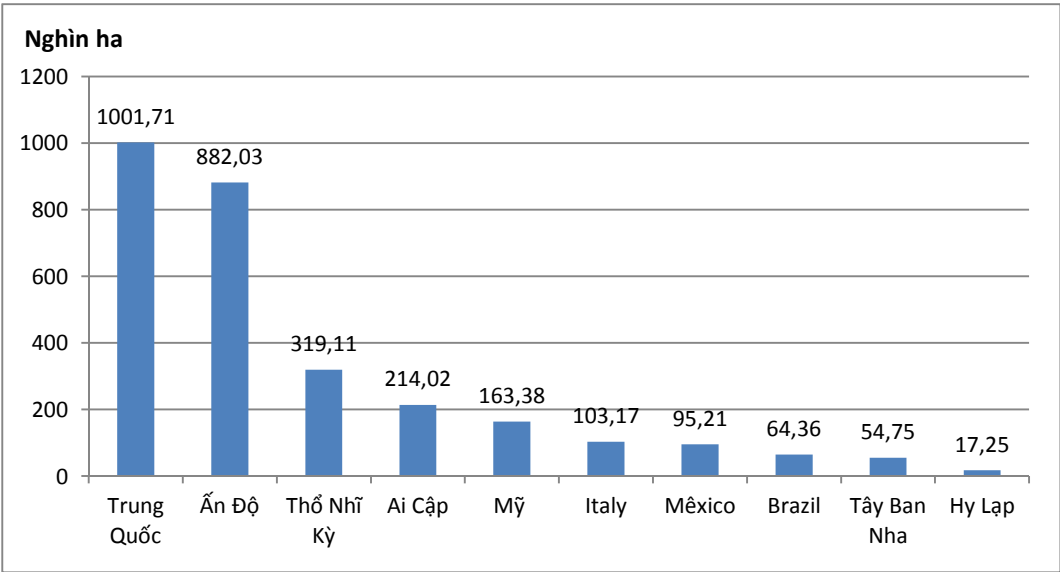
Nguồn: FAO (2017)

Cà chua được trồng ở khắp các châu lục trên thế giới, diện tích trồng cà chua ở các châu lục rất khác nhau (Phụ lục 1.2). Châu Á có diện tích trồng cà chua lớn nhất chiếm 56,5% tổng diện tích của thế giới, đứng thứ hai là châu Phi, tiếp đến là châu Âu và châu Mỹ có diện tích cà chua xấp xỉ nhau, cuối cùng là châu Úc có diện tích cà chua rất nhỏ (chỉ khoảng 0,7%). Tuy có diện tích cà chua rất nhỏ nhưng châu Úc dẫn đầu về năng suất so với các châu lục khác đạt 69,28 tấn/ha gấp 2,04 lần năng suất trung bình của thế giới, châu Phi có năng suất thấp nhất chỉ bằng 46,65% so với năng suất trung bình của thế giới.

Diện tích, năng suất cà chua của 10 nước đứng đầu thế giới năm 2014 được thể hiện trong hình 2.1 và 2.2.

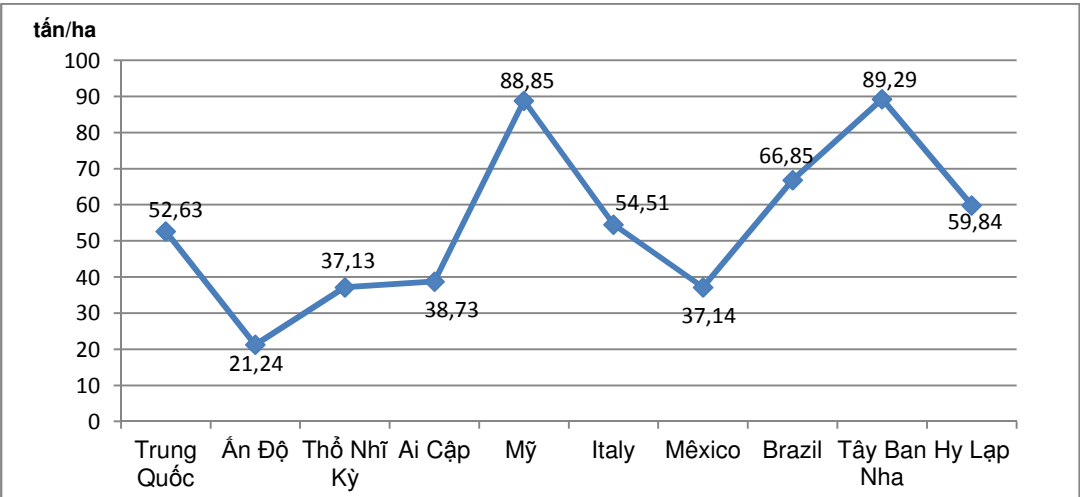
Trong số các quốc gia có diện tích cà chua lớn trên thế giới thì Trung Quốc có diện tích cà chua lớn nhất tiếp đến là Ấn Độ, Thổ Nhĩ Kỳ, Ai Cập, Mỹ,... Diện tích không tỉ lệ với năng suất cà chua, với diện tích trồng rất lớn nhưng năng suất cà chua của Ấn Độ tương đối thấp, thấp hơn năng suất trung bình của thế giới và đạt 21,24 tấn/ha (hình 2.2). Các nước dẫn đầu về năng suất là Tây Ban Nha (89,29 tấn/ha), Mỹ (88,85 tấn/ha), Brazil (66,85 tấn/ha), Hy Lạp (59,84

tấn/ha) cao hơn từ 1,76 đến 2,63 lần so với năng suất trung bình của thế giới. Điều này là do các quốc gia phát triển có trình độ khoa học kỹ thuật cao, có cơ sở hạ tầng và điều kiện để ứng dụng các công nghệ kỹ thuật cao, điều kiện canh tác sản xuất trong nhà kính, nhà lưới, chủ động trong sản xuất sẽ đạt được năng suất cao, còn các quốc gia có trình độ khoa học kỹ thuật hạn chế, chưa có điều kiện để ứng dụng vào sản xuất, điều kiện canh tác chủ yếu trên đồng ruộng, phụ thuộc vào thiên nhiên thì năng suất sẽ đạt thấp hơn.



**Hình 2.1. Diện tích cà chua 10 nước đứng đầu thế giới năm 2014**

Nguồn: FAO (2017)



**Hình 2.2. Năng suất cà chua 10 nước đứng đầu thế giới năm 2014**

Nguồn: FAO (2017)

## 2.2.2. Tình hình sản xuất cà chua Việt Nam

### 2.2.2.1. Ở Việt Nam

Ở nước ta cây cà chua mới được trồng khoảng trên 100 năm, lịch sử phát triển còn rất non trẻ so với thế giới, nhưng với điều kiện thời tiết thuận lợi thích hợp để phát triển cây cà chua đồng thời đem lại hiệu quả kinh tế cao nên hiện nay cà chua đã được trồng ở hầu hết các tỉnh, thành với nhiều vụ trong năm (Lê Thị Thủy, 2012).

Số liệu thống kê diện tích, năng suất cà chua của Việt Nam trong giai đoạn 2012-2016 được trình bày trong các bảng 2.3, 2.4.

**Bảng 2.3. Diện tích cà chua của Việt Nam giai đoạn 2012-2016**

Đơn vị tính: 1.000ha

Địa phương	Năm				
	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Cả nước</b>	<b>25,87</b>	<b>25,48</b>	<b>25,66</b>	<b>23,85</b>	<b>23,88</b>
<b>Miền Bắc</b>	<b>11,04</b>	<b>10,95</b>	<b>11,04</b>	<b>10,93</b>	<b>11,26</b>
Đồng bằng sông Hồng	7,25	6,91	7,12	7,04	7,27
Trung du và MN phía Bắc	1,98	2,26	2,34	2,34	2,56
Bắc Trung Bộ	1,81	1,78	1,58	1,55	1,43
<b>Miền Nam</b>	<b>14,83</b>	<b>14,54</b>	<b>14,62</b>	<b>12,92</b>	<b>12,61</b>
Duyên hải Nam Trung bộ	1,57	1,18	1,16	0,91	0,92
Tây Nguyên	9,72	10,40	10,27	9,28	9,22
Đông Nam Bộ	0,26	0,17	0,17	0,16	0,12
ĐB sông Cửu Long	3,28	2,78	3,03	2,58	2,35

Nguồn: Tổng cục Thống kê (2017)

Diện tích trồng cà chua của cả nước có giảm trong hai năm gần đây là do diện tích trồng của miền Nam giảm xuống còn ở miền Bắc diện tích trồng cà chua không thay đổi, tương đối ổn định. Ở miền Nam, sản xuất cà chua ở khắp các vùng nhưng tập trung chủ yếu ở khu vực Tây Nguyên chiếm khoảng 70% diện tích trong đó phân bố chủ yếu ở tỉnh Lâm Đồng. Tỉnh Lâm Đồng có diện tích trồng cà chua lớn nhất cả nước, trong 5 năm gần đây thì năm 2013 trồng nhiều nhất đạt 9,3 nghìn

ha tương đương với 36,5% diện tích cà chua của cả nước, từ năm 2013 đến nay diện tích có xu hướng giảm dần (Tổng cục Thống kê, 2017).

**Bảng 2.4. Năng suất cà chua của Việt Nam giai đoạn 2012-2016**

Đơn vị tính: tấn/ha

Địa phương	Năm				
	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Cả nước</b>	<b>27,64</b>	<b>28,70</b>	<b>29,45</b>	<b>31,17</b>	<b>29,97</b>
<b>Miền Bắc</b>	<b>22,03</b>	<b>20,90</b>	<b>21,46</b>	<b>21,93</b>	<b>21,98</b>
Đồng bằng sông Hồng	25,26	25,09	25,55	26,23	26,20
Trung du và MN phía Bắc	16,37	16,43	16,08	15,77	16,31
Bắc Trung Bộ	15,25	10,36	10,96	11,76	10,73
<b>Miền Nam</b>	<b>31,82</b>	<b>34,58</b>	<b>35,49</b>	<b>38,99</b>	<b>37,10</b>
Duyên hải Nam Trung bộ	10,36	10,96	10,85	11,07	11,48
Tây Nguyên	40,37	41,85	43,35	47,87	45,03
Đông Nam Bộ	11,97	12,60	13,68	14,31	13,87
ĐB sông Cửu Long	18,32	18,84	19,46	18,39	17,24
Lâm Đồng	44,76	45,19	47,03	52,85	50,21

Nguồn: Tổng cục Thống kê (2017)

Tuy diện tích có giảm đi nhưng năng suất cà chua trung bình cả nước lại có chiều hướng tăng nhẹ trong những năm gần đây, đạt 31,17 tấn/ha năm 2015 tăng 3,5 tấn/ha so với năm 2012 (bảng 2.4), mặc dù cao hơn một số nước trong khu vực nhưng vẫn thấp hơn so với năng suất trung bình của thế giới. Năng suất cà chua cũng không đồng đều ở hai miền, miền Bắc có năng suất trung bình thấp hơn so với miền Nam từ 10 đến 17 tấn/ha. Trong cùng một miền thì năng suất cà chua ở các vùng cũng có sự chênh lệch khá lớn. Khu vực Tây Nguyên có năng suất cao nhất ở miền Nam và cũng cao nhất cả nước đạt từ 40,37 đến 47,87 tấn/ha cao gấp 2,5 đến 4 lần so với các tỉnh thuộc khu vực duyên hải Nam Trung Bộ, Đông Nam bộ và đồng bằng sông Cửu Long. Sở dĩ khu vực này có năng suất cao nhất cả nước là do năng suất cà chua của tỉnh Lâm Đồng, năm 2015 đạt 52,85 tấn/ha gấp 1,7 lần năng suất trung bình của cả nước. Có sự chênh lệch về năng suất cà chua vì Lâm Đồng có lợi thế điều kiện khí hậu rất mát mẻ thích hợp cho phát triển cây cà chua

quanh năm đồng thời đây cũng là địa phương có khả năng ứng dụng các tiến bộ khoa học kỹ thuật công nghệ mới vào sản xuất như kỹ thuật sản xuất, ghép cây giống cà chua trên gốc cà tím, kỹ thuật sản xuất trong nhà kính.

Miền Bắc, cà chua được trồng ở cả ba vùng đồng bằng, trung du và miền núi nhưng tập trung chủ yếu tại khu vực đồng bằng sông Hồng, chiếm khoảng 64%, năng suất cà chua ở khu vực này cũng đạt cao nhất miền Bắc song vẫn thấp hơn khoảng từ 2,4 đến 4,9 tấn/ha so với năng suất trung bình của cả nước...

Khí hậu miền Bắc có sự chênh lệch cao về nhiệt độ giữa mùa đông và mùa hè mà cây cà chua thích hợp với khí hậu lạnh nên chủ yếu được trồng vào vụ Đông. Đặc điểm khí hậu thời điểm này khô, lạnh và độ ẩm thấp nên việc sản xuất gặp một số khó khăn như sâu bệnh, nguồn nước tưới. Với các biện pháp canh tác truyền thống vẫn được áp dụng phổ biến hiện nay ở khu vực này như tưới nước, bón phân,... nên năng suất cà chua còn thấp, chưa phát huy được thế mạnh và tiềm năng của vùng. Những năm gần đây do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, thời tiết diễn biến bất thường nguồn nước ngày càng cạn kiệt, vấn đề đảm bảo cung cấp nước tưới cho cây trồng trong vụ Đông trở nên khó khăn hơn. Vì vậy để đảm bảo duy trì và mở rộng diện tích trồng đồng thời tăng năng suất thì việc thay đổi biện pháp canh tác, tăng cường áp dụng khoa học công nghệ vào sản xuất như áp dụng công nghệ tưới tiết kiệm nước cho cây trồng nói chung và cà chua nói riêng là rất thiết thực.

#### **2.2.2.2. Vùng đồng bằng sông Hồng**

Đồng bằng sông Hồng có tài nguyên thiên nhiên khá đa dạng, đặc biệt là đất đai được phù sa của hai hệ thống sông Hồng và sông Thái Bình bồi đắp nên khá màu mỡ, là nơi có nhiều khả năng để sản xuất lương thực, thực phẩm. Điều kiện khí hậu và thủy văn thuận lợi cho việc thâm canh tăng vụ trong sản xuất nông nghiệp. Những năm gần đây, theo quy hoạch của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn về chuyển đổi cơ cấu cây trồng vùng Đồng bằng sông Hồng, tập trung chuyển đổi mô hình 2 lúa sang trồng các loại rau, hoa, màu; mô hình 1 lúa chuyển sang trồng rau màu, mô hình trồng lúa sang lúa-cá và tăng diện tích cây màu vụ Đông trên đất trồng lúa, đặc biệt là chuyển đổi đất lúa kém hiệu quả sang cây màu. Sản xuất rau màu vụ Đông của vùng ĐBSH đứng hai trong cả nước, trong đó cây cà chua là một trong số các cây rau vụ Đông được phát triển nhiều của vùng.

*a. Diện tích cà chua vùng đồng bằng sông Hồng giai đoạn 2012-2016*

Cà chua được trồng ở khắp 11 tỉnh, thành của khu vực đồng bằng sông Hồng. Diện tích trồng cà chua của vùng đứng thứ hai trong cả nước (sau khu vực Tây Nguyên) chiếm khoảng 27% đến 30% diện tích của cả nước (Tổng cục Thống kê, 2017). Số liệu thống kê của Tổng cục thống kê về diện tích trồng cà chua trong giai đoạn 2012-2016 của vùng được thể hiện trong bảng 2.5.

**Bảng 2.5. Diện tích cà chua của các tỉnh đồng bằng sông Hồng  
giai đoạn 2012-2016**

Đơn vị tính: ha

<b>3</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
<b>Đồng bằng sông Hồng</b>	<b>7.247,43</b>	<b>6.906,44</b>	<b>7.121,57</b>	<b>7.037,98</b>	<b>7.270,30</b>
Nam Định	1.444,00	1.164,00	1.231,00	1.324,00	1.465,00
Hà Nội	1.174,43	1.225,98	1.159,20	1.161,82	1.272,32
Hải Dương	1.000,00	1.008,00	1.067,00	988,00	1.007,00
Hải Phòng	1259,40	971,20	872,83	800,92	808,89
Hưng Yên	615,80	627,76	826,98	734,76	661,39
Thái Bình	565,00	570,00	522,00	558,00	582,99
Vĩnh Phúc	257,20	305,00	370,30	405,40	393,60
Ninh Bình	219,20	242,10	244,30	344,20	362,30
Bắc Ninh	371,80	399,90	401,96	296,24	333,71
Quảng Ninh	223,10	262,40	274,50	277,44	280,40
Hà Nam	117,50	130,10	151,50	147,20	102,70

Nguồn: Tổng cục Thống kê (2017)

Các tỉnh có diện tích sản xuất cà chua lớn của vùng là Nam Định, Hà Nội, Hải Dương, Hải Phòng. Với lợi thế có điều kiện thuận lợi về đất đai, khí hậu, chính sách hỗ trợ và thị trường tiêu thụ nên tại các địa phương này đã hình thành vùng chuyên canh trồng cà chua.

Nhiều năm gần đây, nhờ có liên kết “4 nhà” trong sản xuất, tỉnh Nam Định đã ban hành chính sách hỗ trợ để phát triển cây trồng mới nói chung và chính

sách khuyến khích nông dân trồng các loại cây vụ Đông phục vụ xuất khẩu nói riêng. Đồng thời tỉnh tổ chức cho các doanh nghiệp gặp gỡ với nông dân để thoả thuận, ký kết hợp đồng trồng và tiêu thụ sản phẩm cây vụ Đông. Tỉnh còn vận động các ngân hàng thương mại tạo điều kiện thuận lợi cho nông dân và các doanh nghiệp vay vốn đầu tư, mở rộng diện tích, chế biến rau màu xuất khẩu. Tỉnh chỉ đạo các địa phương đưa các giống lúa thích hợp vào gieo cấy trong vụ mùa để thu hoạch sớm, dành thời vụ cho sản xuất cây vụ Đông để tạo sản phẩm xuất khẩu. Lợi nhuận do cây cà chua mang lại cao hơn nhiều so với lúa, đạt từ 65-70 triệu đồng/ha/vụ (Agroinfo, 2007). Nhờ sự chỉ đạo và hỗ trợ của tỉnh đã tạo động lực thúc đẩy phát triển cây rau màu trong đó có cây cà chua nên Nam Định có diện tích trồng cà chua lớn nhất, chiếm 20% diện tích của vùng ĐBSH (năm 2016).

Cũng giống như Nam Định, các tỉnh, thành Hà Nội, Hải Phòng, Hải Dương là những địa phương đi đầu việc mở rộng và thâm canh cây vụ Đông, thực hiện hiệu quả chuyển đổi cơ cấu cây trồng. Tại Hải Dương để khuyến khích mở rộng sản xuất chuyên canh các loại cây trồng có quy mô lớn, vụ Đông 2010 Hải Dương có chính sách hỗ trợ 50% giá giống cho các loại cây gieo trồng tập trung với diện tích từ 10 ha trở lên. Mục đích là tạo ra những vùng chuyên canh có khối lượng sản phẩm hàng hóa lớn, thuận lợi cho việc thu gom, tiêu thụ sản phẩm và các khâu dịch vụ kỹ thuật trong canh tác, bảo vệ và thu hoạch cây trồng. Nhiều loại cây trồng có giá trị kinh tế cao như cà chua, cải bắp, súp lơ, ớt, dưa hấu, cà rốt... đã bước đầu hình thành các vùng sản xuất với quy mô lớn (Trần Hưng, 2010).

Sản xuất cà chua ở Hải Phòng có điều kiện rất thuận lợi là có nguồn thu mua sản phẩm tại chỗ và ổn định, với công suất 240 tấn/ngày, nhà máy chế biến cà chua Hải Phòng đã thu mua hầu hết lượng cà chua sản xuất trong tỉnh đồng thời còn thu mua của các tỉnh khác như Hải Dương, Hưng Yên, Nam Định.

Hà Nội là thủ đô của cả nước, tập trung đông dân cư là nguồn tiêu thụ lượng nông sản lớn của vùng đồng thời còn có chợ nông sản lớn cung cấp các loại rau, củ, quả cho khắp các tỉnh thành của Việt Nam. Đây chính là điều kiện rất thuận lợi tạo đầu ra cho các sản phẩm thể mạnh của thành phố Hà Nội cũng như các tỉnh của vùng ĐBSH.

Như vậy với các điều kiện và thế mạnh trên hiện nay cây cà chua được phát triển mạnh ở vùng ĐBSH và tập trung chủ yếu ở các tỉnh thành Hà Nội, Nam Định, Hải Dương, Hải Phòng.

Các địa phương khác trong vùng như Hà Nam, Quảng Ninh, Ninh Bình có diện tích trồng cà chua tương đối thấp. Mặc dù cũng có điều kiện phát triển cây rau màu xong cà chua không phải là cây thế mạnh. Tại các địa phương này các cây rau màu được sản xuất nhiều là rau muống, cải các loại, dưa chuột như Hà Nam cây cải các loại là 1.386ha, dưa chuột là 916ha; ở Ninh Bình rau muống 1.215ha, cải các loại 2.165ha; ở Quảng Ninh rau muống 1.259ha, cải các loại 2.778ha (Tổng cục Thống kê, 2017).

Diện tích trồng cà chua của vùng ĐBSH trong những năm qua không ổn định, có sự tăng giảm không đều trong các năm. Năm 2012 có diện tích khá lớn đạt 7.247,43ha sau đó giảm mạnh (340ha) trong năm 2013, rồi lại tăng giảm với chiều hướng năm trước tăng thì năm sau giảm và ngược lại. Một trong những nguyên nhân của vấn đề tăng giảm diện tích này chính là tình trạng tái diễn thường xuyên trong sản xuất nông nghiệp "mất mùa được giá, được mùa mất giá". Vấn đề về giá cả và thị trường tiêu thụ đã tác động mạnh mẽ đến tâm lý "trồng - chặt" của người sản xuất. Nguyên nhân thứ 2 là do ảnh hưởng của điều kiện thời tiết, năm 2013 thời tiết diễn biến không thuận lợi, ảnh hưởng của mưa, bão liên tiếp kéo dài gây ngập úng nhiều diện tích hoa màu vì vậy diện tích cà chua của vùng ĐBSH đã giảm mạnh (Cục Thống kê thành phố Hà Nội, 2013).

#### *b. Năng suất cà chua vùng đồng bằng sông Hồng giai đoạn 2012-2016*

Số liệu thống kê của Tổng cục Thống kê về năng suất cà chua trong giai đoạn 2012-2016 của vùng được thể hiện trong bảng 2.6.

Nhìn chung năng suất cà chua của vùng đồng bằng sông Hồng khá cao, đứng thứ hai so với cả nước và có xu hướng tăng lên trong những năm gần đây, trong 5 năm, năng suất đã tăng lên gần 1 tấn/ha. Sở dĩ như vậy là do người sản xuất đã quan tâm, chú trọng đầu tư nhiều hơn cho cây cà chua. Với giá trị kinh tế mà cây cà chua đem lại, hiện nay nhiều địa phương chủ động tích cực hướng dẫn người dân trong việc chọn giống, loại phân bón, tăng cường các biện pháp kỹ thuật khác như tưới nước, chăm sóc nhằm phát triển cây cà chua theo hướng sản xuất hàng hóa để cung cấp cho thị trường. Ngoài ra, thì yếu tố điều kiện thời tiết cũng ảnh hưởng lớn đến năng suất cây cà chua.

Tuy nhiên, năng suất cà chua trong vùng không đồng đều ở các tỉnh, thành. Tính trung bình trong 5 năm, nhóm có năng suất cao trong khoảng từ 20 tấn/ha trở lên gồm Hà Nội, Vĩnh Phúc, Bắc Ninh, Hải Dương, Hải Phòng, Hưng Yên

Thái Bình, Hà Nam và Nam Định. Trong đó các tỉnh có năng suất cao hơn cả là Hà Nội, Vĩnh Phúc, Bắc Ninh, Hải Dương, Hải Phòng, Hưng Yên. Đây là các địa phương có trình độ thâm canh cao trong vùng, với mục tiêu sản xuất cà chua không chỉ đáp ứng nhu cầu tiêu thụ nội bộ trong tỉnh mà còn cung cấp cho thị trường nên người sản xuất đã chú trọng đầu tư cả vốn và công lao động. Theo kết quả điều tra nông hộ trong năm 2014 tại 6 tỉnh thành thì mức độ đầu tư phân bón của Bắc Ninh, Hà Nội, Hải Phòng và Hưng Yên đều cao hơn so với tiêu chuẩn ngành 10 TCN 219:2006. Cùng với đầu tư về phân bón, các địa phương này cũng rất chú trọng đến chăm sóc cây trồng đặc biệt là tưới nước, để chủ động tưới tiêu và đảm bảo chất lượng nước tưới phần lớn các hộ dân đã khoan giếng, đầu tư máy bơm kịp thời cung cấp nước tưới cho cây.

**Bảng 2.6. Năng suất cà chua của các tỉnh đồng bằng sông Hồng giai đoạn 2012-2016**

Đơn vị tính: tấn/ha

Địa phương	Năm				
	2012	2013	2014	2015	2016
Đồng bằng sông Hồng	25,26	25,09	25,55	26,23	26,20
Nam Định	20,25	19,81	20,60	24,99	26,15
Hà Nội	24,86	26,08	29,28	29,72	28,70
Hải Dương	26,09	25,34	25,11	25,09	25,07
Hải Phòng	32,07	31,07	28,24	28,37	28,51
Hưng Yên	28,73	28,04	27,41	28,58	27,42
Thái Bình	24,45	23,79	23,92	24,01	24,07
Vĩnh Phúc	39,84	25,10	30,12	29,48	29,98
Ninh Bình	13,59	13,93	15,01	15,38	16,42
Bắc Ninh	33,06	35,62	36,04	36,11	34,93
Quảng Ninh	12,37	12,87	12,98	13,28	12,02
Hà Nam	20,51	20,68	21,03	23,36	23,49

Nguồn: Tổng cục Thống kê (2017)

Nhóm có năng suất thấp nhất là Quảng Ninh (12,7 tấn/ha) và Ninh Bình (14,9 tấn/ha). Cây cà chua không phải là cây thế mạnh ưu tiên phát triển của các

tỉnh này đồng thời việc sản xuất chủ yếu để tiêu thụ tại chỗ nên cũng chưa thật sự được chú trọng đầu tư. Vì vậy năng suất trung bình đạt được khá thấp khoảng 40-60% so với năng suất trung bình của vùng.

### *c. Sản lượng cà chua vùng đồng bằng sông Hồng giai đoạn 2012-2016*

Sản lượng của cây trồng phụ thuộc vào diện tích và năng suất. Khi một trong hai yếu tố thay đổi thì sản lượng cũng thay đổi theo. Số liệu thống kê của Tổng cục Thống kê về sản lượng cà chua trong giai đoạn 2012-2016 của vùng được thể hiện trong phụ lục 1.3.

Trong giai đoạn 2012-2016, sản lượng cà chua cũng tăng lên đáng kể, mặc dù biến động này không tăng đều theo từng năm. Kết quả này là do xu hướng năng suất tăng lên mặc dù diện tích có tăng giảm không ổn định. Năm 2013, do diện tích và năng suất đều giảm mạnh nên dẫn tới sản lượng cà chua đạt thấp nhất. So sánh sản lượng cà chua năm 2016, tỉnh Nam Định mặc dù năng suất thấp hơn nhiều so với các tỉnh khác nhưng vì có diện tích trồng lớn nhất nên đạt sản lượng cao nhất. Còn Bắc Ninh có năng suất cao nhất nhưng diện tích trồng lại nhỏ do vậy sản lượng cà chua đạt được chỉ bằng 30% so với Nam Định.

### **2.2.3. Các phương pháp tưới nước cho cây cà chua trên thế giới và Việt Nam**

Khi tưới nước cho cây trồng phải đảm bảo đưa vào ruộng đúng lượng nước yêu cầu, phân phối đều trong khu tưới, điều hoà được các yếu tố dinh dưỡng ở trong đất để thoả mãn không những nhu cầu nước mà cả những điều kiện sinh sống khác cho cây trồng. Vì vậy, sử dụng bất cứ phương pháp tưới nào cũng phải đáp ứng được các yêu cầu sau:

- Phân phối lượng nước đã quy định thấm đều trong ruộng, không gây nên tình trạng chỗ quá thừa, chỗ quá thiếu độ ẩm.
- Có hệ số sử dụng nước hữu ích cao, ít tiêu hao vì rò rỉ, thấm lậu và bốc hơi.
- Có thể kết hợp được với các biện pháp canh tác khác trên đồng ruộng để phát huy hơn nữa hiệu lực của phân bón, làm cỏ, xới xáo... và từng bước phát triển lên cơ giới hoá, tự động hoá.
- Đảm bảo nâng cao hiệu suất công tác tưới và các công tác khác trên đồng ruộng, không gây ảnh hưởng xấu cho đất đai và cây trồng.
- Các công trình phục vụ công tác tưới phải dễ quản lý, ít tốn đất đai và không trở ngại cho công tác cơ giới hoá trên đồng ruộng.

Với cây trồng cạn nói chung và cây cà chua nói riêng thì tưới nước nhằm đảm bảo đủ độ ẩm trong tầng đất canh tác của cây trồng. Căn cứ vào phương thức dẫn nước có các phương pháp tưới nước đang được sử dụng trong sản xuất cà chua trên thế giới và ở Việt Nam bao gồm: Phương pháp tưới rãnh, tưới phun mưa và tưới nhỏ giọt (Viện nghiên cứu rau quả, 2002).

Tưới rãnh là phương pháp tưới phổ biến nhất trong sản xuất cà chua. Tưới rãnh được thực hiện bằng cách sử dụng hệ thống rãnh trên đồng ruộng để đưa nước tưới. Nước trong rãnh được thấm qua hai bên của rãnh cung cấp nước tưới cho cây trồng. Phương pháp tưới này thích hợp cho cây trồng theo hàng như cà chua với độ dốc mặt đất không lớn hơn 2,5%. Ưu điểm của tưới rãnh là đơn giản, dễ thực hiện và đòi hỏi chi phí đầu tư không cao. Tuy nhiên có nhược điểm là tốn nhiều nước, hiệu quả sử dụng nước thấp.

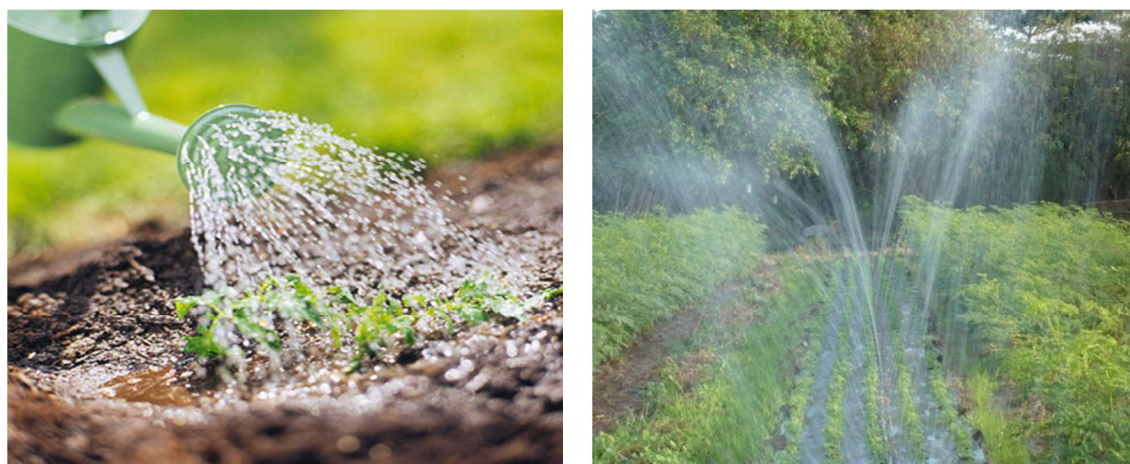


**Hình 2.3. Tưới rãnh**

Nguồn: Hải Yến (2008)

Tưới phun mưa là phương pháp tưới cung cấp nước cho cây trồng dưới dạng phun hoặc phun mưa nhân tạo. Hình thức tưới phun mưa gồm hai dạng là phun mưa thủ công và phun mưa có sử dụng thiết bị tạo áp lực. Phun mưa thủ

công sử dụng thùng tưới để tưới phun mưa. Miệng vòi của thùng tưới được châm lỗ, kích thước của các lỗ này khác nhau tùy thuộc vào giai đoạn sinh trưởng của cây. Khi cây mới trồng thì lỗ vòi nhỏ nhất và kích thước lỗ vòi tăng dần khi cây phát triển lên. Với cây trưởng thành, sử dụng vòi đặc biệt có khả năng phân bố nước nhanh không gây hại cho cây trồng. Các lỗ vòi dễ dàng gỡ ra khỏi thùng để làm vệ sinh, tránh gây tắc vòi. Hình thức này có ưu điểm dễ thực hiện, đơn giản và không tốn kém nhưng có yêu cầu là khu vực được tưới bố trí thuận lợi để vận chuyển nước từ nguồn vào tận luống nhằm rút ngắn khoảng cách đi lại trong khi tưới. Đồng thời tưới phun mưa thủ công đòi hỏi nhiều công lao động do đó với diện tích sản xuất lớn, nguồn lao động thủ công ít nên lựa chọn tưới phun mưa áp lực. Tưới phun mưa áp lực sử dụng các thiết bị và yêu cầu áp lực nước cao, chi phí đầu tư ban đầu lớn, tổn thất nước cao do bốc hơi kéo dài và phụ thuộc vào tốc độ gió.



**Hình 2.4. Tưới phun mưa thủ công và áp lực**

Tưới nhỏ giọt là phương pháp tưới hiện đại tiết kiệm nước nhất. Với ưu điểm đó nên nhiều quốc gia trên thế giới đã lựa chọn sử dụng phương pháp tưới này vào sản xuất nông nghiệp trong bối cảnh nguồn nước ngày càng khan hiếm và đặc biệt trong xu thế sản xuất nông nghiệp công nghệ cao như Anh, Mỹ, Israel, Australia, Italia, Brazil, Trung Quốc, Ấn Độ (Dairyvietnam, 2014). Ở Việt Nam, công nghệ tưới nhỏ giọt được tiếp cận từ những năm 1980 nhưng mới chỉ áp dụng cho một số cây chủ lực có giá trị kinh tế cao như cây công nghiệp, cây ăn quả. Trong sản xuất cây cà chua, phương pháp tưới nhỏ giọt được áp dụng ở một số mô hình trong nhà kính, nhà lưới. Đối với sản xuất cà chua đại trà ngoài

đồng ruộng thì phương pháp này chưa được sử dụng phổ biến vì tưới nhỏ giọt đòi hỏi chi phí đầu tư lớn, yêu cầu chất lượng nước tưới cao.



**Hình 2.5. Tưới nhỏ giọt cho cà chua**

### **2.3. TƯỚI HIỆN ĐẠI TIẾT KIỆM NƯỚC**

Do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu làm cho thời tiết diễn biến bất thường, hạn hán kéo dài, nước trên các sông, hồ, ao, giếng... cạn kiệt không đáp ứng nhu cầu cấp nước cho sản xuất và dân sinh. Vào mùa khô hạn, nhu cầu sử dụng nước tăng cao đặc biệt là sản xuất nông nghiệp. Do vậy, xu hướng phát triển thủy lợi của nhiều nước hiện nay là khai thác tốt hệ thống các công trình hiện có, tăng cường các phương pháp, kỹ thuật tưới theo chiều sâu để nâng cao hiệu quả kinh tế thông qua việc tăng hiệu quả sử dụng nước. Một trong những biện pháp quan trọng nhằm nâng cao hiệu quả kinh tế tưới nước cho các loại cây trồng là việc lựa chọn và áp dụng phương pháp, kỹ thuật tưới thích hợp vì các kỹ thuật tưới tại mặt ruộng đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp, phân bố nước trực tiếp đến cây trồng và quyết định lượng nước tổn thất mặt ruộng nhiều hay ít. Với các phương pháp, kỹ thuật tưới thông thường (tưới truyền thống) hiện nay thì lượng nước tổn thất còn rất lớn (Phạm Ngọc Dũng và cs., 2005).

Mục đích cơ bản của tưới nước là cung cấp đủ và kịp thời nước tưới vào trong đất để đảm bảo cho cây trồng sinh trưởng, phát triển tốt nhất. Với các kỹ thuật tưới đã được phổ biến cho cây trồng cận trước đây thường là không duy trì

được độ ẩm theo yêu cầu thích hợp mà phạm vi thay đổi độ ẩm trong đất khá lớn, cao hoặc thấp hơn so với độ ẩm thích hợp, gây bất lợi cho quá trình sinh trưởng, phát triển của cây trồng. Đối với các vùng khí hậu khô hạn, hoặc bán khô hạn, chỉ có tưới nước mới có thể duy trì được sự phát triển nông nghiệp, vấn đề nước tưới ở đây cũng trở nên cấp thiết hơn ở bất cứ nơi nào khác. Kỹ thuật tưới tiết kiệm nước là kỹ thuật tưới cung cấp nước hiệu quả nhất, góp phần tăng năng suất và sản lượng cây trồng một cách đáng kể. Vì vậy, yêu cầu phát triển công nghệ tưới tiết kiệm nước là rất cần thiết, sẽ mở ra triển vọng to lớn trong việc phát triển cây công nghiệp, cây ăn quả, rau màu và các loại cây có giá trị kinh tế cao, đặc biệt trên các vùng khan hiếm nước ở Việt Nam (Lê Sâm và cs., 2007).

### **2.3.1. Khái niệm tưới tiết kiệm nước**

Như chúng ta đã biết một trong những nhược điểm của tưới truyền thống là vấn đề lãng phí nước, gây đóng váng, xói mòn đất, do tưới một lúc quá nhiều nước, hoặc là nước ngấm không kịp tạo thành dòng chảy mặt, hoặc là đất ngấm quá lớn, đưa nước và chất dinh dưỡng cây trồng xuống sâu khỏi tầng rễ cây, lãng phí. Công nghệ tưới tiết kiệm nước là tưới vừa đúng với nhu cầu nước của cây trồng, không có lượng nước thừa cũng như tổn thất trong quá trình tưới. Nhờ kết cấu đơn giản và vận hành tiện lợi nên tưới tiết kiệm nước có thể tăng được số lần tưới lên tùy ý và giảm khối lượng nước tưới mỗi lần.

Kỹ thuật tưới tiết kiệm nước-tên quốc tế còn được gọi là tưới cục bộ (Localized Irrigation System) hoặc được gọi là hệ thống tưới ít nước (Low Volume Irrigation System) được đặc trưng bởi sự cung cấp thường xuyên một khối lượng nước hạn chế được kiểm soát để tưới cho một bộ phận tầng đất canh tác-vùng hoạt động hữu hiệu của bộ rễ cây-nhằm sử dụng tối ưu lượng nước tưới. Sau hơn 20 năm nghiên cứu và sau nhiều cố gắng cải tiến, hoàn thiện kỹ thuật tưới tiết kiệm nước, đã kết luận rằng hoàn toàn có thể thay thế được các kỹ thuật tưới cổ truyền. Khi được thiết kế và quản lý thích hợp, kỹ thuật tưới tiết kiệm nước sẽ đạt được hiệu quả rất to lớn về phương diện cấp nước, phân phối nước và rất lý tưởng trong việc kết hợp cung cấp chất dinh dưỡng cho cây trồng cũng như việc cơ giới hoá, tự động hoá các khâu tưới nước và chăm sóc (Lê Sâm, 2005).

Phương pháp tưới hiện đại tiết kiệm nước là phương pháp sử dụng thiết bị tiên tiến cấp nước tưới theo nhu cầu của cây trồng kịp thời và hiệu quả nhất (Trần Hùng và cs., 2013). Các thiết bị tưới là thành phần đặc trưng nhất của hệ thống

tưới. Do vậy, căn cứ vào đặc tính của thiết bị tưới và hình thức phân phối nước từ thiết bị tưới mà tưới tiết kiệm nước có thể được phân chia ra 2 loại: Tưới nhỏ giọt, tưới phun mưa.

### **2.3.2. Các phương pháp tưới hiện đại tiết kiệm nước**

#### **2.3.2.1. Tưới phun mưa**

Tưới phun mưa là phương pháp sử dụng một hệ thống thiết bị để phân phối nước tưới dưới dạng mưa rơi trên mặt đất (Trần Hùng và cs., 2013).

Tưới phun mưa đạt được những ưu điểm sau:

Có thể tưới được trên đất có độ dốc tương đối lớn mà không cần san phẳng đất, hiệu suất lao động trong công tác tưới cao;

Có tác dụng tốt đối với sinh lí cây trồng vì rửa sạch bụi, hạ thấp nhiệt độ mặt lá, làm tăng cường quá trình đồng hoá của cây;

Tưới phun mưa làm thay đổi điều kiện tiểu khí hậu đồng ruộng như nhiệt độ, độ ẩm thúc đẩy quá trình ra rễ nâng cao tỷ lệ sống của nhiều giống vô tính;

Làm ẩm đất đồng đều nhưng tiết kiệm được một nửa lượng nước tưới so với phương pháp tưới trên mặt đất;

Có thể dùng tiêu chuẩn tưới nhỏ để tưới mát trong những ngày nóng bức, làm giảm nhiệt độ và làm tăng độ ẩm không khí gần mặt đất dẫn đến giảm bớt bốc hơi bề mặt đất, tạo điều kiện thuận lợi cho sự sinh trưởng của cây trồng;

Giảm bớt diện tích xây dựng mương tưới, có thể dùng ống dẫn nước di động thay thế cho việc xây dựng hệ thống tưới trên đồng ruộng, không gây trở ngại cho cơ giới hoá trên đồng ruộng;

Tưới phun mưa chỉ đạt được những ưu điểm trên khi kỹ thuật phun mưa tốt, chủ yếu là cường độ gây mưa (độ sâu lớp nước mưa rơi trong 1 đơn vị thời gian, mm/ph) và đường kính hạt mưa.

Cường độ mưa thích hợp trên đất nặng thấm nước kém là 0,1-0,2mm/phút, đất thịt trung bình 0,2-0,3mm/phút, đất thịt nhẹ là 0,5-0,8mm/phút. Cường độ mưa lớn thì độ sâu thấm nước càng giảm và sớm xuất hiện dòng chảy trên mặt đất. Định mức tưới càng lớn thì cường độ mưa phải nhỏ.

Đường kính hạt mưa có ảnh hưởng đến chất lượng gây mưa. Đường kính hạt mưa không nên lớn hơn 1mm và trọng lượng không quá 0,5mg. Đường kính

hạt mưa lớn làm tổn thương các bộ phận non của cây, làm đất bị phân tán, rửa trôi và xuất hiện dòng chảy trên mặt đất dẫn đến tiêu chuẩn tưới phải bé, thời gian tưới phải rút ngắn lại.



**Hình 2.6. Tưới phun mưa**

Nguồn: Trần Hùng và cs. (2013)

### **2.3.2.2. Tưới nhỏ giọt**

#### **a. Đặc điểm và phân loại tưới nhỏ giọt**

Tưới nhỏ giọt là hình thức đưa nước trực tiếp đến vùng gốc và rễ cây trồng dưới dạng từng giọt nước thông qua thiết bị tạo giọt (Trần Hùng và cs., 2013).

Tưới nhỏ giọt là phương thức tưới đặc biệt, khác với các phương pháp tưới truyền thống hoặc tưới phun là chỉ làm ẩm phần đất quanh khu vực rễ cây vì vậy tưới nhỏ giọt còn được gọi là tưới cục bộ.

Đặc điểm của tưới nhỏ giọt là lưu lượng tưới nhỏ, thời gian một lần tưới kéo dài, chu kỳ tưới ngắn, áp suất tưới nhỏ, có thể khống chế lượng nước tương đối chính xác, đưa nước và chất dinh dưỡng đến vùng đất quanh rễ cây.

\* Theo phương thức cấp nước có thể phân thành 4 loại

#### **Tưới nhỏ giọt (Drip Irrigation)**

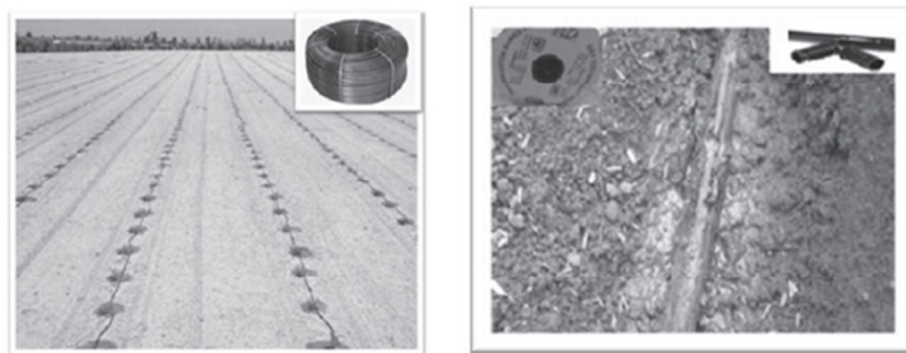
Tưới nhỏ giọt là hình thức tưới mà vòi lắp trên dây tưới. Từng giọt phân bố chậm và đồng đều cho vùng đất xung quanh bộ rễ cây. Do lưu lượng nước nhỏ, nước ngấm dần vào vùng rễ cây, ngoài vùng đất dưới vòi được tưới, các phần khác không được cung cấp nước. Nước thấm và khuếch tán xung quanh vùng rễ nhờ lực trương mao quản.

### *Tưới nhỏ giọt dưới mặt đất (Subsurface Drip Irrigation)*

Với hình thức tưới này, toàn bộ đường ống tưới và vòi nhỏ giọt được chôn dưới mặt đất. Hình thức này khắc phục được nhược điểm là đường ống dễ bị lão hoá, đường ống không bị hư hại, tiện cho việc hoạt động ở mặt ruộng. Khác với tưới ngầm là nước chỉ ngấm ướt bộ phận đất gần rễ vì vậy còn gọi là tưới nhỏ giọt gần.

### *Vi tưới (Micro spray, micro Jet Irrigation, micro sprinkle)*

Vi tưới là tưới phun sương hoặc phun mưa cường độ thấp. Loại tưới này dùng vòi phun nhỏ để làm ẩm lá cây hoặc vùng đất gần gốc cây, gọi đơn giản là phun nhỏ. Tưới phun nhỏ là có thể tăng lượng nước trong đất và nâng cao độ ẩm không khí gây tác dụng điều tiết vùng tiểu khí hậu. Do áp lực công tác phun nhỏ, lưu lượng nhỏ chỉ làm ẩm ướt bộ phận trong vườn cây ăn quả.



**Hình 2.7. Tưới nhỏ giọt**

Nguồn: Trần Hùng và cs. (2013)

### *Tưới sủi bọt (Bubble Irrigation)*

Đây là phương thức tưới mà nước sẽ ngấm vào trong đất từ các ống sủi bọt chôn trong đất nối với hệ thống đường ống tưới. Lưu lượng tưới của phương pháp này lớn hơn ở tưới phun nhỏ. Để ngăn ngừa sinh ra dòng chảy mặt đất người ta đục các lỗ trữ nước xung quanh ống sủi bọt. Phương pháp này thích hợp với vườn cây ăn quả và cây tạo rừng.

\* Theo cách bố trí dây nhỏ giọt phân thành 2 kiểu

Dây nhỏ giọt đặt trên mặt đất: Dễ kiểm soát và điều chỉnh vị trí vòi, lắp đặt đơn giản tốn ít công, nhưng có nhược điểm là làm vướn đi lại và dễ bị lão hóa do phơi dưới ánh mặt trời.

Dây nhỏ giọt chôn dưới đất: Sử dụng được bền hơn nhưng tốn công đào-đặt-lấp, hay bị tắc nghẽn và khó sửa chữa.

### *b. Cấu tạo hệ thống tưới nhỏ giọt*

Hệ thống tưới nhỏ giọt thường bao gồm: Nguồn nước, thiết bị đầu hệ thống, hệ thống đường ống và vòi nhỏ giọt.

*Nguồn nước:* Có thể là sông, hồ, giếng khoan. Chất lượng nước phải thoả mãn yêu cầu của tưới nhỏ giọt.

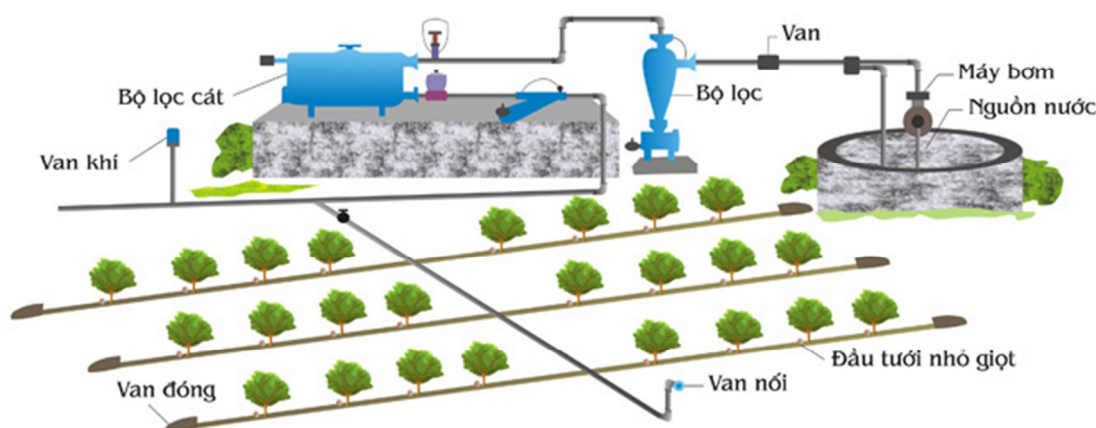
Để sử dụng có hiệu quả nguồn nước, cần phải xây dựng công trình dẫn, trữ, xử lý nước và bơm nước. Đây gọi là công trình nguồn nước.

#### *Hệ thống thiết bị đầu hệ thống:*

Thiết bị đầu hệ thống gồm máy bơm, động cơ, van khống chế, thiết bị lọc nước, hoà phân, đo nước và thiết bị bảo dưỡng. Thiết bị đầu hệ thống làm nhiệm vụ điều tiết, khống chế của hệ thống.

#### *Hệ thống ống dẫn và phân phối:*

Gồm ống chính, ống nhánh, ống tưới làm nhiệm vụ dẫn và phân phối nước, được chôn dưới mặt đất ở một độ sâu nhất định. Do quy mô khu tưới mà số cấp đường ống khác nhau.



**Hình 2.8. Hệ thống tưới nhỏ giọt**

Nguồn: Khuyết danh (2016)

#### *Phân loại hệ thống tưới nhỏ giọt:*

Hệ thống tưới nhỏ giọt cố định trên mặt đất: Trong thời gian tưới, ống tưới và vòi nhỏ giọt để cố định.

Hệ thống tưới cố định dưới mặt đất.

Hệ thống tưới nhỏ giọt di động: Ống tưới và vòi nhỏ giọt di động từ vị trí này đến vị trí khác trong thời gian tưới.

Hệ thống tưới nhỏ giọt gián đoạn: Nguyên lý là cách một khoảng thời gian tưới một lần. Lưu lượng loại này gấp 4-10 lần so với loại thông thường.

### *c. Ưu nhược điểm của phương pháp tưới nhỏ giọt*

Ưu điểm:

- Tiết kiệm nước, hạn chế bốc hơi nước, hạn chế cỏ dại;
- Chủ động công tác tưới, tiết kiệm thời gian lao động (khi hệ thống được lắp đặt thiết bị điều khiển);
- Có thể kết hợp được với các biện pháp canh tác khác để tăng hiệu quả sử dụng nước và phân bón;
- Tiết kiệm năng lượng, nước tưới phân bố đều, tăng năng suất cây trồng, tiết kiệm công lao động;
- Có tính thích nghi cao đối với đất đai và địa hình, có thể lợi dụng tốt nhất tài nguyên nước trong những điều kiện nhất định.

Nhược điểm:

- Vòi nhỏ giọt và đường ống tưới dễ bị tắc;
- Có thể gây nên hiện tượng tích lũy muối;
- Có thể làm hạn chế sự phát triển của bộ rễ cây;
- Chi phí cho đầu tư ban đầu cao.

## **2.4. TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU, ÁP DỤNG VÀ HIỆU QUẢ TƯỚI TIẾT KIỆM NƯỚC CHO CÂY TRỒNG CẠN TRÊN THẾ GIỚI VÀ Ở VIỆT NAM**

### **2.4.1. Trên thế giới**

Nghiên cứu, áp dụng tưới hiện đại tiết kiệm nước là xu hướng chung của Quốc tế với mục tiêu khắc phục những hạn chế của tưới truyền thống như tưới tràn, tưới rãnh: Tốn nước, chưa chủ động cấp nước cho cây trồng theo từng thời kỳ sinh trưởng ở mức độ chính xác cao, chiếm nhiều đất canh tác,... Tưới phun mưa, tưới nhỏ giọt là một trong số những lựa chọn hàng đầu trong việc thúc đẩy phát triển thủy lợi của nhiều nước tiên tiến trên thế giới.

Theo tổng hợp của Dairyvietnam (2014), tưới tiết kiệm nước đã được áp dụng ở khắp các quốc gia trên thế giới, cụ thể như sau:

Tưới tiết kiệm nước được nghiên cứu và áp dụng đầu tiên trên thế giới vào năm 1940 tại Anh được áp dụng trong nhà kính.

Ở Mỹ, nhiều nghiên cứu về tưới tiết kiệm nước đã được tiến hành nhiều nơi mà cụ thể là các hệ thống tưới nhỏ giọt được áp dụng có hiệu quả cho hơn 600ha cam quýt ở vùng ven sông của bang California từ những năm 1957-1965. Trong thập kỷ 70, ở bang Louisiana đã nghiên cứu phổ biến áp dụng thành công kỹ thuật tưới nhỏ giọt kết hợp bón phân, phun thuốc trừ sâu cho cây hồ đào làm tăng năng suất, đạt hiệu quả kinh tế cao. Vào đầu những năm 80, nhiều thực nghiệm về tưới nhỏ giọt cho bông đã được thực hiện ở California, Arizona đã làm tăng năng suất bông một cách đáng kể đồng thời giảm lượng nước tưới và phân bón cần thiết. Cuối năm 1984, 34.800ha trên tổng số 45.400ha mía ở Hawaii đã được chuyển sang tưới nhỏ giọt. Tỷ lệ sử dụng hệ thống cơ giới tiết kiệm nước tăng mạnh chiếm trên 56,5% tổng diện tích được tưới.

Israel là một trong những quốc gia nổi tiếng trên thế giới trong việc nghiên cứu, áp dụng thành công và có nhiều đóng góp quan trọng trong việc áp dụng kỹ thuật tưới nhỏ giọt. Tổng diện tích đất nông nghiệp 518 nghìn ha, diện tích có tưới 155 nghìn ha, 90% các hệ thống tưới được sử dụng kỹ thuật tưới nhỏ giọt. Khoảng 24.000ha cây bông (chiếm 40% diện tích trồng bông) đã được tưới bằng kỹ thuật tưới nhỏ giọt. Nhiều trang trại tại Israel đã sử dụng các thiết bị thí nghiệm tại đồng ruộng để điều hành hệ thống tưới nhỏ giọt rất có hiệu quả. Hiện nay Israel là quốc gia hàng đầu thế giới trong việc nghiên cứu chế tạo, áp dụng và xuất khẩu công nghệ tưới tiết kiệm nước, đặc biệt là công nghệ tưới nhỏ giọt.

Australia cũng là nước ứng dụng phổ biến kỹ thuật tưới nhỏ giọt. Gần 5.853ha trồng nho được tưới bằng kỹ thuật này. Các vụ nông nghiệp và các cơ quan khác của Australia đã có nhiều đóng góp trong việc nghiên cứu chế tạo thiết bị tưới tiết kiệm nước cho nho và cây trồng khác.

Tại Italia mà tiêu biểu là vùng trồng cam quýt phía đảo Sicily từ những năm 1964 đã được tưới hoàn toàn bằng các hệ thống tưới nhỏ giọt và đạt được hiệu quả cao. Đây là một vùng khô hạn và khan hiếm nước.

Brazil là nước đứng thứ nhất trên thế giới về sản xuất cà phê, thứ ba về hạt tiêu, thứ bảy về hạt điều, có diện tích tưới 3,5 triệu ha. Các giải pháp tưới ngập

chiếm 42%, tưới rãnh 6%, tưới phun mưa 45%, tưới nhỏ giọt 7%. Brazil cũng là nước sử dụng công nghệ tưới hiện đại tiết kiệm nước đạt tới 52% tổng diện tích đất được tưới.

Trung Quốc là nước có diện tích được tưới rất lớn 53,8 triệu ha, chiếm 41% diện tích đất canh tác, trong đó sử dụng công nghệ tưới phun mưa, nhỏ giọt chiếm trên 30% tổng diện tích được tưới, khoảng 16,7 triệu ha. Từ những năm 70, Trung Quốc đã nghiên cứu thí nghiệm kỹ thuật tưới nhỏ giọt. Sau gần 30 năm nghiên cứu cải tiến đã đưa ra được mô hình kỹ thuật tưới nhỏ giọt Yên Sơn phù hợp với điều kiện của đất nước họ, kỹ thuật đó có tên là “kỹ thuật tưới nhỏ giọt Yên Sơn”.

Tại Hungary, các hệ thống tưới nhỏ giọt được bắt đầu sử dụng phổ biến từ năm 1968. Các trường đại học, các cơ sở nghiên cứu thủy lợi ở đất nước này đã có nhiều đóng góp quan trọng trong việc cải tiến và chế tạo thiết bị chuyên biệt phù hợp với điều kiện tự nhiên của Hungary. Không lâu sau khi đưa vào sử dụng hệ thống tưới nhỏ giọt cho trên 50ha của hợp tác xã nông nghiệp Micsurin vào năm 1973 đạt hiệu quả cao, hệ thống trên qui mô 600ha cũng được sử dụng công nghệ này. Hiện nay diện tích các loại cây trồng được tưới nhỏ giọt ở Hungary đã trên 10.000ha.

Ấn Độ có 62,4 triệu ha đất được tưới (chiếm 34% diện tích đất nông nghiệp), là nước có sản lượng điều và hồ tiêu thứ 2, cà phê thứ bảy thế giới. Trong nước sử dụng nhiều giải pháp tưới, trong đó có áp dụng tưới nhỏ giọt như dự án tưới nhỏ giọt Danske.

Trong những năm gần đây, nghiên cứu tưới hiện đại tiết kiệm nước cho cây trồng cạn đã được nhiều tác giả trên thế giới thực hiện và cho thấy được hiệu quả của công nghệ tưới này. Có thể kể một số nghiên cứu sau đây:

Shrivastava *et al.* (1994) nghiên cứu ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt và che phủ đất đến năng suất cà chua trồng trên đất nặng vùng Tây Ấn Độ. Thí nghiệm được bố trí với 2 phương pháp tưới nhỏ giọt và tưới mặt kết hợp với 2 loại che phủ bằng nilon đen và bã mía. Với công thức tưới nhỏ giọt được thiết kế với 3 mức tưới 0,4, 0,6 và 0,8 lượng nước cần tính theo công thức Pan (PE). Kết quả cho thấy công thức tưới nhỏ giọt kết hợp che phủ bằng bã mía ở mức tưới 0,4PE cho năng suất cao nhất 51 tấn/ha và tiết kiệm được 44% lượng nước tưới.

Onder *et al.* (2005) nghiên cứu ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt đến năng suất và các yếu tố cấu thành năng suất cây khoai tây ở vùng phía Đông Địa Trung Hải

của Thổ Nhĩ Kỳ. Thí nghiệm được tiến hành trong 2 vụ xuân 2000, 2002 với hai công thức tưới nhỏ giọt trên bề mặt, dưới mặt đất và 4 mức tưới 100, 66, 33% lượng nước tưới và không tưới. Các tác giả chỉ ra rằng phương pháp tưới và mức tưới ảnh hưởng đến năng suất, kết quả thí nghiệm năm 2000 cho thấy phương pháp tưới nhỏ giọt trên bề mặt cho năng suất cao nhất ở mức tưới 100% là 28,19 tấn/ha trong khi phương pháp tưới nhỏ giọt dưới mặt đất là 27,37 tấn/ha; năm 2002, phương pháp tưới nhỏ giọt trên bề mặt cho năng suất cao nhất lại ở mức tưới 66% là 38,13 tấn/ha và phương pháp tưới nhỏ giọt dưới mặt đất là 35,24 tấn/ha.

Ismail *et al.* (2007) nghiên cứu ảnh hưởng của chu kỳ tưới và thời điểm tưới nhỏ giọt đến năng suất cà chua trong nhà kính tại Ishigaki, Nhật Bản. Thí nghiệm thực hiện với hai chu kỳ tưới 1 ngày và 3 ngày, tưới tại 3 thời điểm là 8 giờ sáng, 14 giờ chiều và 20 giờ tối. Kết quả thí nghiệm cho thấy chu kỳ tưới 3 ngày cho năng suất cao nhất là 70 tấn/ha, trong khi chu kỳ tưới 1 ngày là 63 tấn/ha. Hiệu quả của thời điểm tưới thay đổi theo chu kỳ tưới. Đối với chu kỳ tưới 3 ngày, tưới vào buổi sáng sớm hơn buổi chiều và tưới đêm. Năng suất trung bình cho tưới vào buổi sáng sớm tăng 15% và 14% so với tưới vào buổi chiều và ban đêm. Đối với chu kỳ tưới 1 ngày vào ban đêm đã tăng sản lượng lên 11% và 3% so với tưới vào buổi sáng sớm và buổi chiều tương ứng. Cùng lượng nước, thời điểm tưới vào buổi sáng sớm với chu kỳ tưới 3 ngày làm tăng năng suất cà chua lên 11-20% so với chu kỳ tưới 1 ngày.

Liu *et al.* (2009) nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ ẩm do tưới nhỏ giọt đến năng suất cà chua trồng trong nhà kính. Theo các tác giả chế độ ẩm ở các giai đoạn sinh trưởng khác nhau đến kích thước quả, số lượng quả, tỷ lệ đậu quả và năng suất cà chua do tưới nhỏ giọt trồng trong nhà kính. Duy trì độ ẩm từ 50 - 55% độ ẩm tối đa đồng ruộng trong giai đoạn cây con sẽ làm tăng số lượng quả nhưng lại giảm kích thước quả, giảm tỷ lệ đậu quả và cà chua chín muộn. Duy trì độ ẩm đất cao hơn 80% hoặc thấp hơn 65% ở giai đoạn quả lớn sẽ giảm năng suất và giảm số lượng quả. Năng suất và số quả sẽ cao hơn nếu duy trì độ ẩm đất từ 70-75% độ ẩm tối đa đồng ruộng trong giai đoạn ra hoa và đậu quả.

Zhai *et al.* (2010) nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ tưới nhỏ giọt đến năng suất và hiệu quả sử dụng nước của cà chua được trồng trong nhà kính ở tỉnh Giang Tô, Trung Quốc. Trong nghiên cứu này cà chua được trồng trong chậu, được tưới nhỏ giọt với 3 chu kỳ tưới 2, 3, 4 ngày và 3 mức tưới 1,8, 1,5, 1,2dm.

Năng suất cà chua cao nhất ở thí nghiệm với chu kỳ tưới 3 ngày và lượng nước tưới 1,5dm còn thấp nhất ở thí nghiệm với chu kỳ tưới 4 ngày và lượng nước tưới 1,2dm.

Panigrahi *et al.* (2010) nghiên cứu ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt và tưới rãnh đến năng suất và hiệu quả sử dụng nước của cà chua trồng trên đất cát ở Trạm Xúc tiến Nghiên cứu và Chuyển giao công nghệ khu vực, Chiplima, Orissa, Ấn Độ trong ba năm 2002, 2003 và 2004. Thí nghiệm được thực hiện với 3 công thức tưới nhỏ giọt với 3 mức tưới 100%, 80%, 60% lượng nước cần (ETc) và một công thức tưới rãnh. Kết quả của nghiên cứu này đã chỉ ra rằng tưới nhỏ giọt tiết kiệm lượng nước tưới từ 17,9-36,6% so với tưới rãnh. Công thức tưới nhỏ giọt 100% ETc đem lại năng suất và hiệu quả sử dụng nước cao nhất và so với tưới rãnh năng suất tăng 15,4%, hiệu quả sử dụng nước tăng 27,3%.

Shrivastava *et al.* (2011) nghiên cứu ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt đến phân bố độ ẩm đất và năng suất cà chua ở Jawaharlal Nehru Krishi Vishwa Vidyalaya, Jabalpur, Ấn Độ. Các tác giả đã tiến hành thí nghiệm tưới nhỏ giọt cho cà chua với bốn mức tưới 0,6, 0,8, 1,0 và 1,2 lần lượng nước cần (ETc) và hai kiểu trồng cây là trồng hàng 2 và hàng 4. Năng suất cao nhất ở mô hình trồng hàng 4 với mức tưới 1,0 lần lượng nước cần.

Pau *et al.* (2013) nghiên cứu ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt và tưới bề mặt đến năng suất, hiệu quả sử dụng nước và hiệu quả kinh tế của cây ớt trồng ở vùng duyên hải phía Đông Ấn Độ.

Biswas *et al.* (2015) nghiên cứu ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt và che phủ đất đến năng suất, hiệu quả sử dụng nước và hiệu quả kinh tế của cà chua, thí nghiệm được thực hiện ở Viện nghiên cứu Nông nghiệp Bangladesh. Thí nghiệm được bố trí với 3 mức tưới nhỏ giọt 100%, 75%, 50% lượng nước cần và 2 loại che phủ đất là nilon đen và rơm rạ. Công thức tưới nhỏ giọt với mức tưới 50% lượng nước cần kết hợp với che phủ đất cho năng suất cao nhất 81,12 tấn/ha (che phủ bằng nilon), 79,49 tấn/ha (che phủ bằng rơm rạ).

Deshmukh *et al.* (2016) nghiên cứu ảnh hưởng của tưới phân nhỏ giọt đến năng suất và hiệu quả sử dụng nước của cà chua tại Chhindwara (MP), Ấn Độ. Thí nghiệm được thực hiện với 3 mức tưới nhỏ giọt 1; 0,8; 0,5 lượng nước cần (ETc) và công thức đối chứng là tưới rãnh. Kết quả thí nghiệm cho thấy các công thức tưới nhỏ giọt đều cho năng suất cao hơn so với tưới rãnh từ 33% đến 42%.

### 2.4.2. Ở Việt Nam

Tưới tiết kiệm nước cho các loại cây trồng đã trở nên phổ biến trong điều kiện mới về kinh tế và xã hội ở Việt Nam. Từ những năm 80 của thế kỷ trước, Viện Khoa học Thủy lợi là cơ quan tiên phong nghiên cứu ứng dụng các công nghệ hiện đại phục vụ phát triển nông nghiệp nước ta. Hiệu quả của các đề tài nghiên cứu đã được khẳng định ở nhiều địa phương, đối với nhiều cây trồng trong cả nước. Khởi đầu là việc thiết kế, lắp đặt các hệ thống phun mưa, nhỏ giọt với sự giúp đỡ của các hãng và chuyên gia Israel ở Tân Cương-Thái Nguyên, công ty Mía đường Lam Sơn-Thanh Hóa, Trung tâm cây ăn quả tại Long Định-Tiền Giang. Hệ thống tưới hiện đại do Chính phủ Israel tặng và lắp đặt tại trường Cao đẳng kỹ thuật nông nghiệp Hà Tây là một mô hình hoàn chỉnh của kỹ thuật tưới tiên tiến này. Ngoài ra còn một số hệ thống nhỏ khác được lắp đặt tại Tuyên Quang, Đà Lạt, thành phố Hồ Chí Minh.

Hệ thống tưới tiết kiệm nước ở mức thấp, đơn giản hơn là tưới trực tiếp vào tận gốc cây trồng (nhờ đường ống dẫn áp lực thấp-vòi nước mềm do công nhân điều khiển) đã được Trường Đại học Thủy lợi thiết kế, xây dựng áp dụng thử nghiệm trên quy mô khá rộng (hơn 200ha) vào các năm 1993 đến năm 1995 tại khu dự án khoa học công nghệ “phát triển hệ sinh thái nông nghiệp Phủ Quỳ-Nghệ An” trên đồi núi canh tác cây ăn quả (cam, quýt) rất khó khăn về nguồn nước, đất đai thoái hóa. Ứng dụng và phát triển kết quả từ hệ thống tưới gốc dự án Phủ Quỳ-Nghệ An, một số cơ sở và nghiên cứu khác đã xây dựng tiếp hệ thống tưới loại này để tưới cho các cây ăn quả, cây công nghiệp như Trung tâm nghiên cứu cây ăn quả Phủ Quỳ-Nghệ An, một số nông trại canh tác cà phê ở Đắk Lắk, Lâm Đồng, Sơn La,... và một số tưới gốc cho các vườn ươm cây rừng ở Vĩnh Phú, Lâm Đồng, Đắk Lắk, Gia Lai,...

Năm 1994-1995, Trung tâm Thủy nông Bắc Bộ (nay là Viện nước Tưới tiêu và Môi trường) thực hiện dự án nghiên cứu tưới ẩm cho cây công nghiệp và cây ăn quả dọc đường 6 Sơn La thuộc chương trình phát triển miền núi của Bộ Khoa học và công nghệ, đã xây dựng mô hình tưới nhỏ giọt và tưới phun mưa lưu lượng nhỏ cho cây cà phê, mận, nhãn tại huyện Mai Sơn (Nguyễn Thế Quảng, 1994). Năm 1998, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam đã thực hiện đề tài cấp Nhà nước mã số 08-09 nghiên cứu ứng dụng các giải pháp công nghệ tưới tiên tiến tiết kiệm nước cho các vùng khan hiếm nước (Lê Sâm, 1998). Kết quả là đã tiến hành chuyển giao KHCN áp dụng thực nghiệm tưới tiết kiệm nước tại các

vườn cây công nghiệp (chè, cà phê, hồ tiêu, điều), cây ăn quả (nho, nhãn), các vườn trồng hoa, vườn ươm cây giống, rau màu xuất khẩu tại các tỉnh Lâm Đồng, Ninh Thuận, Bình Thuận, Quảng Trị, Nghệ An...

Tại Bình Thuận, công nghệ tưới nhỏ giọt cũng áp dụng từ thập niên 90, đầu tiên là Trung tâm giống cây trồng áp dụng cho 1,5ha giống cây lâm nghiệp bằng hệ thống tưới phun mưa. Năm 2004, công ty Rạng Đông đã đầu tư xây dựng hệ thống tưới phun mưa, nhỏ giọt cho khu đồi rừng có tổng diện tích 500ha tại khu đồi cát ven biển Mũi Né.

Gần đây các đề tài, dự án nghiên cứu ứng dụng về lĩnh vực tưới tiết kiệm nước được thực hiện và đã đạt được kết quả nhất định:

Đề tài nghiên cứu ứng dụng công nghệ tưới tiết kiệm nước cho cây nho và thanh long ở vùng khô hạn Nam Trung Bộ theo công nghệ Israel năm 2006-2008 do Nguyễn Quang Trung thực hiện, đề tài đã xây dựng 02 mô hình tiết kiệm nước bằng hình thức tưới nhỏ giọt cho cây nho ở tỉnh Ninh Thuận và cây thanh long ở tỉnh Bình Thuận (Nguyễn Quang Trung, 2006).

Đề tài nghiên cứu chế độ, kỹ thuật và thiết bị tưới cho cây chè phục vụ sản xuất hàng hóa tập trung ở phía Bắc, năm 2007-2009 do Hà Văn Thái thực hiện đã xây dựng mô hình tưới tiết kiệm nước kết hợp giữa tưới phun mưa áp lực thấp với tưới nhỏ giọt tại công ty chè Văn Hưng-Yên Bái (Hà Văn Thái, 2007).

Trần Thái Hùng (2008), thực nghiệm nghiên cứu chế độ tưới nhỏ giọt thích hợp cho cây cà chua tại khu tưới tiết kiệm nước (trong nhà lưới) Đại học Hồ Hải, thành phố Nam Kinh, Trung Quốc. Các công thức thí nghiệm được thiết lập với 3 mức tưới (nhiều, trung bình, ít) và 3 chu kỳ tưới khác nhau (2, 3, 4 ngày). Năng suất cà chua đạt cao nhất ở công thức với mức nước trung bình kết hợp với chu kỳ 3 ngày tưới và chế độ tưới nhỏ giọt thích hợp đã được thiết lập dựa trên công thức này.

Trần Chí Trung (2010), ứng dụng tưới nhỏ giọt cho cây bưởi vùng ven đô thành phố Hà Nội đã tiết kiệm được 40% lượng nước tưới và năng suất tăng 8% so với tưới rãnh thông thường.

Trần Hùng và Dương Thị Bích Vân (2012), ứng dụng công nghệ tưới tiết kiệm nước cho cây dược liệu vùng trung du miền núi phía Bắc, kết quả thực nghiệm cho thấy với điều kiện vùng núi phía Bắc, áp dụng tiết kiệm nước cho cây ngưu tất đã làm tăng năng suất cây trồng, với tưới phun mưa tăng 12,5%, tưới nhỏ giọt tăng 25% so với đối chứng.

Như vậy, nghiên cứu và áp dụng tưới hiện đại tiết kiệm nước cho cây trồng được rất nhiều cơ quan và các nhà khoa học ở Việt Nam quan tâm. Tuy nhiên, các nghiên cứu này mới chỉ tập trung chủ yếu vào một số nhóm cây trồng đặc thù và cây có giá trị kinh tế như cây ăn quả, cây công nghiệp và cây dược liệu.

## 2.5. TỔNG QUAN VỀ MÔ HÌNH TRUYỀN ẨM

Với cây trồng cạn, tưới nước để giữ ẩm cho đất và lượng nước tưới phụ thuộc vào độ ẩm đất của cây trồng. Nhu cầu tưới cho cây cần đảm bảo độ ẩm trong tầng đất canh tác được duy trì theo công thức tưới (Phạm Ngọc Hải và cs., 2007).

Việc xác định nhu cầu tưới cho cây trồng là một quá trình phức tạp dựa trên diễn biến độ ẩm đất, khả năng bốc hơi, nhu cầu nước, điều kiện khí hậu, đặc tính cây trồng... trong đó diễn biến độ ẩm trong tầng đất canh tác là yếu tố quan trọng và phương pháp tưới, lưu lượng tưới có ảnh hưởng rất lớn đến quá trình thấm, phân bố độ ẩm trong đất cũng như sinh trưởng và năng suất cây trồng. Khi tưới quá trình thấm ngang và thấm sâu phụ thuộc vào lưu lượng tưới (Shrivastava *et al.*, 2011), đối với tưới nhỏ giọt quá trình trên bị ảnh hưởng bởi khoảng cách giữa vòi tưới (Badr and Abuarab, 2013).

Dự báo được sự lan truyền ẩm trong đất do tưới là rất cần thiết để đưa ra chế độ tưới hợp lý nhằm tiết kiệm lượng nước tưới, nâng cao năng suất cây trồng.

Đã có nhiều nghiên cứu về chuyển động của nước trong đất không bão hòa và các nghiên cứu này đều dựa trên phương trình cơ bản Richard.

Phương trình Richard là phương trình vi phân đạo hàm riêng mô tả chuyển động của nước trong môi trường đất chưa bão hòa nước. Phương trình này biểu diễn mối quan hệ giữa độ ẩm đất với thời gian và vị trí của điểm đang xét trong hệ tọa độ xyz. Phương trình Richard có dạng sau:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -\left(\frac{\partial}{\partial x}\left(K(h)\frac{\partial H}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(K(h)\frac{\partial H}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(K(h)\frac{\partial H}{\partial z}\right)\right) \quad (2.1)$$

Trong đó:

$\theta$  là độ ẩm đất (tính theo % thể tích đất) tại điểm có tọa độ (x,y,z);

K là độ dẫn thủy lực không bão hòa (unsaturated hydraulic conductivity, trước đây có tác giả gọi là hệ số thấm không bão hòa, phụ thuộc vào thời gian và vị trí điểm đang xét);

H là cột nước thủy lực; t là thời điểm đang xét.

Bùi Công Quang (1987), nghiên cứu mô hình truyền ẩm trên đất bazan Tây Nguyên để giải quyết các vấn đề về nước dưới đất, tác giả đã sử dụng dạng tổng quát của mô hình truyền ẩm là:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \text{Div} (D \text{ grad} \theta + K) \quad (2.2)$$

Trong đó:

$\theta$ : độ ẩm của đất;

D: Hệ số khuếch tán mao dẫn;

K: Hệ số truyền dẫn trọng lực.

Hệ số khuếch tán mao dẫn D biểu thị sự truyền ẩm dưới dạng khuếch tán, hệ số truyền dẫn trọng lực đặc trưng cho tính dẫn ẩm của đất dưới tác dụng của trọng lực. D và K phụ thuộc vào tính chất đất và độ ẩm của đất.

Có nhiều phương pháp để giải phương trình trong mô hình truyền ẩm tổng quát ở trên như phương pháp giải tích, phương pháp số, phương pháp sai phân hữu hạn. Trong nghiên cứu này, tác giả đã sử dụng phương pháp sai phân hữu hạn, đưa ra lược đồ sai phân trong trường hợp truyền ẩm theo phương thẳng đứng là hệ đại số tuyến tính có ma trận hệ số dạng 3 đường chéo và sử dụng phương pháp khử đuôi để giải. Tuy nhiên, để giải được hệ đại số trên cần phải tìm được các thông số của mô hình đó là D, K. Với hai thực nghiệm: 1) Nghiên cứu sự chuyển động nước trong các mẫu đất với mục đích theo dõi sự thay đổi ẩm tại các tại các mặt cắt của mẫu đất khi truyền ẩm với các phương khác nhau; 2) Nghiên cứu chuyển động của nước theo phương thẳng đứng với điều kiện cấp nước dưới dạng mưa nhân tạo. Dựa trên số liệu thực nghiệm theo dõi được, sử dụng phương pháp thử sai và phương pháp tối ưu các thông số, tác giả đã đưa ra các hàm xác định D và K trên đất bazan là:

$$D = A \cdot \exp (1,4(\theta-0,71)) \quad (2.3)$$

$$K = 0,09 \exp (\theta-0,71) \quad (2.4)$$

Trong đó: A là hằng số phụ thuộc vào loại đất

+ Đất mặt xốp, nhiều mùn, được bảo vệ: A = 1.500

+ Đất ở các tầng sâu, đồng nhất: A = 1.300

+ Đất thoái hóa, kết vón, ít mùn: A = 1.000.

Như vậy, mục tiêu cuối cùng là đưa mô hình truyền ẩm về dạng phương trình vi phân độ ẩm đất theo thời gian  $t$ . Tuy nhiên việc giải phương trình này tương đối phức tạp và kết quả phụ thuộc vào tính chất đất và độ ẩm đất. Mô hình truyền ẩm cũng chỉ dừng lại với thực nghiệm nghiên cứu theo dõi độ ẩm đất do tưới phun mưa. Với kết quả của mô hình truyền ẩm, đã xác định chế độ tưới cho cà phê ở Tây Nguyên với kỹ thuật tưới phun mưa.

Nguyễn Thu Hiền (1994) đã phát triển một mô hình truyền ẩm trong vùng đất không bão hòa một cách tổng quát cho cây trồng cạn với điều kiện biên trên và biên dưới thay đổi. Phương trình truyền ẩm một chiều theo phương thẳng đứng được biểu diễn dưới dạng cột nước:

$$C \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial k \frac{\partial}{\partial z} (-h + z)}{\partial z} - E \quad (2.5)$$

Trong đó:  $C = \frac{d\theta}{dh}$

$\theta$ : độ ẩm của đất;

$h$ : cột nước áp suất mao dẫn  $h = h(\theta)$ ;

$k$ : hệ số thấm không ổn định  $k = k(\theta)$ ;

$E$ : bốc thoát hơi nước.

Để giải phương trình trên tác giả dùng sơ đồ sai phân trung tâm với  $n$  nút kết hợp với điều kiện biên trên và biên dưới sẽ có hệ phương trình  $n$  ẩn số và tuyến tính hóa bằng phương pháp lặp Picard. Các giá trị  $k$  và  $C$  được tính toán theo  $h$ , xong việc tính toán rất phức tạp, lặp lại nhiều lần đến khi thỏa mãn điều kiện sai số cho phép. Đồng thời mô hình này còn có nhược điểm là phương trình truyền ẩm một chiều, chưa xét tới phương pháp tưới cụ thể, đặc điểm bộ rễ cũng như mật độ cây trồng.

Đàm Xuân Hoàn (1994), nghiên cứu sử dụng mô hình mô phỏng độ ẩm đất của Feddes đưa ra năm 1988 với các thông số vật lý của nước, mưa, nhu cầu nước của cây trồng với phương trình vi phân từng phần về chuyển động nước trong đất là:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[ D(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial z} - K(\theta) \right] - S(Z, \theta) \quad (2.6)$$

Trong đó:

$\theta$ : Độ ẩm của đất theo thể tích;

Z: Tọa độ thẳng đứng hướng xuống mang dấu dương;

t: Thời gian;

$K(\theta)$ : Độ dẫn nước của đất;

$D(\theta)$ : Hàm số khuếch tán nước trong đất;

$S(Z, \theta)$ : Tốc độ hút nước của rễ.

Để giải phương trình trên, tác giả đã sử dụng phương pháp số đưa về phương trình tuyến tính và giải trên máy tính theo sơ đồ khối của phương pháp lặp độ ẩm đất. Tuy nhiên độ ẩm đất chỉ được theo dõi theo độ sâu. Kết quả mô phỏng độ ẩm đất theo mô hình có sai khác từ 7-10% so với giá trị độ ẩm thực tế đo được.

Nguyễn Quang Kim (1999) sử dụng mô hình mô phỏng độ ẩm đất của Feddes, giải mô hình bằng phương pháp sai phân hữu hạn. Mô hình này có kể đến các yếu tố ảnh hưởng đến sự vận động ẩm trong đất như loại đất, chiều sâu nước ngầm, cường độ bốc thoát hơi nước, mật độ và cấu trúc bộ rễ, tán lá. Mô hình đã được ứng dụng để mô phỏng sự vận động ẩm trên một số loại đất của Nhật Bản. Song mô hình mới chỉ mô phỏng độ ẩm theo chiều sâu và chưa có ứng dụng vào điều kiện đất, cây trồng, khí hậu ở Việt Nam.

Nguyễn Tất Cảnh (2000) dùng mô hình mô phỏng độ ẩm đất của Feddes (1988) liên kết với mô hình sinh trưởng cây trồng, mô hình thời tiết khí hậu để mô phỏng diễn biến độ ẩm đất trên hai loại đất là đất bạc màu Đông Anh và đất phù sa sông Hồng Gia Lâm, tính toán cân bằng nước và ứng dụng các mô hình để chuẩn đoán chế độ tưới cho cây ngô và đậu tương. Tuy nhiên cũng có hạn chế là các mô hình được thực hiện dựa trên một số điều kiện ràng buộc về nông nghiệp.

Nghiên cứu mô hình truyền ẩm trong vùng đất không bão hòa do tưới nhỏ giọt, nhiều mô hình số đã được phát triển. Đối với phương pháp giải tích, mô hình đơn giản dạng bán cầu cho thấm không bão hòa dạng ổn định do vòi tưới nhỏ giọt dạng đường/điểm được sử dụng dựa trên giả thiết miền thấm dạng bán cầu và nghiệm tuyến tính. Mô hình này được phát triển bởi Bresler *et al.* (1971), Warrick (1974) and Philip (1971). Nhưng mô hình trên có những tồn tại là giả định dòng chảy ổn định và quan hệ lũy thừa giữa áp lực nước và hệ số thấm. Healy và Warrick (1988) đã thành công trong mô hình thấm không bão hòa trong đất do tưới nhỏ giọt bằng ứng dụng phương pháp sai phân hữu hạn cho phương

trình Richard biến thể không đơn vị, song ứng dụng vẫn còn phức tạp bởi kết quả tính toán ở dạng độ ẩm không đơn vị. Nhóm tác giả của Aristotle University of Thessaloniki năm 2001 đã ứng dụng phương pháp thể tích hữu hạn cho đất không đồng nhất nhưng chỉ giới hạn cho bài toán một chiều. Vũ Chí Công và Bùi Quốc Lập (2012), sử dụng phương pháp thể tích hữu hạn mô hình hóa sự phát triển miền thấm trong đất theo thời gian dưới tác dụng của vòi nhỏ giọt dạng điểm. Mô hình thấm dựa trên phương trình Richard kết hợp với định luật Darcy cho dòng thấm không bão hòa trong đất đồng nhất cho hệ tọa độ trụ. Độ ẩm trong đất được xác định nhanh chóng dựa trên những ưu điểm của phương pháp thể tích hữu hạn. Để kiểm chứng kết quả tính toán, các tác giả đã tiến hành thực nghiệm theo dõi miền thấm theo chiều sâu và chiều rộng do tưới nhỏ giọt với các lưu lượng khác nhau trên khối đất nhân tạo với kích thước 50 x 50 x 50cm với cùng dung trọng và độ ẩm ban đầu của hai loại đất thịt pha cát và cát mịn. Đối với cả hai loại đất, chiều rộng và chiều sâu thấm của mô hình có xu hướng phù hợp với kết quả thí nghiệm. Phương pháp thể tích hữu hạn có ưu điểm là kích thước miền thấm và giá trị độ ẩm trong miền được xác định một cách trực tiếp và nhanh chóng, sai số của độ ẩm tính toán không đáng kể. Tuy nhiên mô hình chỉ được áp dụng với các điều kiện đơn giản như độ ẩm ban đầu đồng nhất, đất đồng nhất và không kể đến bốc hơi, rễ cây và chỉ một số loại đất được kiểm chứng.

Nghiên cứu về chuyển động của nước trong đất, nghiên cứu mô hình mô phỏng động thái độ ẩm đất để dự báo nhu cầu tưới của cây. Rochester and Busch (1972), xây dựng mô hình xác định thời gian tưới và lượng nước tưới cho bông. Trong mô hình này các tác giả chỉ quan tâm tới dữ liệu đầu vào là lượng mưa và bốc hơi. Witney *et al.* (1982), nghiên cứu mô hình mô phỏng độ ẩm đất hàng ngày trong tầng đất 0-30cm dựa trên các dữ liệu về khí tượng, đất, bốc thoát hơi nước, sự cân bằng giữa lượng mưa và dòng chảy. Kết quả dự báo độ ẩm đất và giá trị thực nghiệm khá tương đồng với giả định cấu trúc đất là đồng nhất.

Bailey and Spackman (1996), nghiên cứu mô hình dự đoán mức độ bốc hơi của một cây trồng tham chiếu và sử dụng mô hình này để mô hình hóa tán cây và phát triển rễ cho tất cả các loại cây trồng. Dự báo sự thay đổi độ ẩm đất, sử dụng mô hình để lập kế hoạch tưới tiêu và nghiên cứu sử dụng nước của cây trồng.

Azhar *et al.* (2011), mô hình mô phỏng độ ẩm đất đơn giản để quản lý nước tưới. Mô hình bao gồm các cơ chế mô phỏng sự di chuyển độ ẩm của đất,

sự phát triển của rễ và sự bốc hơi. Mô hình chỉ yêu cầu một vài tham số đầu vào sẵn có. Mô hình này đã được đánh giá thông qua một nghiên cứu điển hình được thực hiện tại một trang trại ở Goulburn trong khu vực tưới ở Victoria (Úc). Các kết quả mô phỏng độ ẩm đất cho thấy hiệu quả của mô hình và cho thấy mô hình phát triển khá thành công trong các vấn đề quản lý nước và tiết kiệm nước đáng kể.

**Nhận xét:** Qua đánh giá tổng quan về điều kiện khí hậu khu vực nghiên cứu, tình hình nghiên cứu, ứng dụng các phương pháp tưới hiện đại tiết kiệm nước trong trồng trọt và tổng quan về mô hình truyền ẩm cho thấy một số vấn đề:

*Thứ nhất:* ĐBSH thuộc khí hậu nhiệt đới gió mùa, nóng ẩm, mưa nhiều, phù hợp để phát triển cây cà chua. Tuy nhiên, lượng mưa phân bố không đồng đều dẫn đến tình trạng khan hiếm nước vào mùa khô (vụ Đông).

*Thứ hai:* Về tình hình nghiên cứu, ứng dụng phương pháp tưới hiện đại tiết kiệm nước cho cây trồng được nhiều quốc gia và nhiều nhà nghiên cứu trên thế giới cũng như trong nước quan tâm. Với diện tích được tưới bằng phương pháp tưới hiện đại ngày càng tăng cho thấy xu hướng áp dụng tiến bộ khoa học kỹ thuật vào sản xuất nông nghiệp là tất yếu trong bối cảnh nguồn nước ngày càng khan hiếm và xã hội ngày càng phát triển. Hiệu quả đem lại từ tưới hiện đại tiết kiệm nước là rất lớn, giảm được lượng nước tưới, năng suất tăng lên và hiệu quả sử dụng nước tưới cao hơn so với các phương pháp tưới truyền thống. Tuy nhiên, các nghiên cứu ở Việt Nam về tưới hiện đại tiết kiệm nước (cụ thể là tưới nhỏ giọt) cho cây trồng cạn chủ yếu tập trung vào các cây công nghiệp, cây ăn quả chưa có nhiều nghiên cứu cho cây rau. Nhất là loại rau có giá trị về dinh dưỡng và kinh tế như cây cà chua. Đây là loại cây ưa lạnh và được trồng chính vào vụ Đông của vùng đất phù sa sông Hồng, giai đoạn sinh trưởng và phát triển mạnh của cây cà chua vào đúng thời điểm căng thẳng về nước tưới. Nghiên cứu đề xuất được chế độ tưới nhỏ giọt thích hợp cho cây cà chua đem lại năng suất cao, tăng hiệu quả sử dụng nước sẽ có ý nghĩa thực tiễn quan trọng trong sản xuất.

*Thứ ba:* Song song với việc nghiên cứu áp dụng phương pháp tưới hiện đại tiết kiệm nước cho cây trồng cạn để đề xuất một chế độ tưới hợp lý thì nghiên cứu mô hình truyền ẩm trong đất là rất cần thiết nhằm dự báo được thời điểm tưới, lượng nước tưới duy trì độ ẩm thích hợp trong tầng đất chứa bộ rễ cây trồng

tạo điều kiện thuận lợi cho cây trồng sinh trưởng và nâng cao năng suất. Đã có nhiều nghiên cứu về chuyển động của nước trong đất, mô hình mô phỏng động thái độ ẩm đất với các phương pháp giải phương trình tổng quát dựa trên các điều kiện thực nghiệm khác nhau từ đó chẩn đoán nhu cầu tưới của cây trồng. Tuy nhiên các mô hình, nghiên cứu đó còn có hạn chế là mới chỉ dừng lại ở bài toán một chiều, mô hình dựa trên cây trồng tham chiếu, sử dụng các giả định, tập trung vào một số các dữ liệu đầu vào nhất định... mà chưa xét đến ảnh hưởng, tác động tổng hợp của phương pháp tưới cụ thể, lưu lượng tưới, mật độ cây đến động thái độ ẩm đất. Các phương trình tổng quát của mô hình truyền ẩm là phương trình vi phân đạo hàm riêng dựa trên phương trình cơ bản Richard. Giải phương trình này có thể sử dụng các phương pháp số, phương pháp giải tích, phương pháp sai phân hữu hạn, phương pháp thể tích hữu hạn. Mỗi phương pháp đều có những ưu và nhược điểm khác nhau nhưng nhìn chung đều cần có các điều kiện về yêu cầu dữ liệu đầu vào, nhiều giả thiết và nhiều thực nghiệm để xác định các đại lượng trong phương trình. Mục tiêu của giải phương trình tổng quát là mô phỏng diễn biến độ ẩm đất dựa trên các điều kiện ban đầu và kiểm chứng bằng số liệu thực nghiệm của từng loại đất.

Trên cơ sở nghiên cứu tổng quan mô hình truyền ẩm cũng như phương pháp giải phương trình tổng quát của mô hình đã được các nhà khoa học trên thế giới và ở Việt Nam nghiên cứu và phát triển, chúng tôi nhận thấy nếu xây dựng được phương trình tổng quát của mô hình truyền ẩm mà cách giải phương trình này đơn giản, không yêu cầu các điều kiện ban đầu cũng như các giả định, thực nghiệm và kết quả của phương trình mô phỏng được diễn biến độ ẩm đất theo cả chiều rộng, chiều sâu có tính đến ảnh hưởng của phương pháp tưới, lưu lượng tưới, mật độ cây trồng cũng như sự phân bố bộ rễ cây trồng sẽ có ý nghĩa về mặt khoa học và kỹ thuật rất lớn nhằm ứng dụng để đưa ra chế độ tưới thích hợp cho cây trồng. Nhu cầu nước của cây trồng chịu ảnh hưởng của yếu tố khí hậu như mưa, nhiệt độ, gió, giờ nắng, độ ẩm không khí,... Mỗi yếu tố này có mức ảnh hưởng khác nhau song sự ảnh hưởng này cuối cùng đều dẫn đến sự thay đổi độ ẩm đất.

Với định hướng đó kết hợp cách tiếp cận nghiên cứu khoa học hiện đại sử dụng toán học với mục đích là sử dụng lý thuyết toán học như đại số, thống kê, phương pháp phân tích, quy nạp để xây dựng phương trình, tìm ra các quy luật của đối tượng nghiên cứu và sử dụng toán thống kê để xử lý các thông tin dưới dạng

con số rời rạc thu thập được từ thực nghiệm làm cho kết quả nghiên cứu trở nên chính xác và đảm bảo độ tin cậy. Đồng thời kết hợp với sự phát triển của công nghệ thông tin, phần mềm Excel trong máy tính đã chứng minh được vai trò hữu ích trong giải quyết các phương trình toán học và phân tích hồi quy, tương quan.

Trong nghiên cứu này, tác giả đã sử dụng lý thuyết toán học và phương pháp toán thống kê để xây dựng phương trình tổng quát trong mô hình truyền âm, giải phương trình bằng các phép biến đổi và phân tích hồi quy bằng hàm Regression trong Excel để tìm ra các hệ số trong phương trình dựa trên các số liệu độ ẩm đất xác định bằng thực nghiệm.

## **PHẦN 3. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### **3.1. VẬT LIỆU NGHIÊN CỨU**

#### **3.1.1. Giống cà chua**

Giống cà chua được chọn để nghiên cứu trong đề tài là giống cà chua Savior có nguồn gốc từ Thái Lan. Đây là giống cà chua có tính kháng cao với bệnh vàng xoắn lá, bệnh sương mai, bệnh đốm lá, có khả năng sinh trưởng tốt, phát triển khoẻ. Thời gian sinh trưởng khoảng 140-150 ngày. Tiềm năng năng suất của giống từ 3-4 kg/cây, khối lượng trung bình quả có thể đạt khoảng 90 g/quả. Yêu cầu ngoại cảnh của cà chua Savior cũng tương tự các giống cà chua khác đó là ưa sáng, có thể phát triển, sinh trưởng trong phạm vi nhiệt độ từ 15-35<sup>0</sup>C. Nhiệt độ thích hợp ban ngày từ 22-25<sup>0</sup>C, ban đêm từ 15-18<sup>0</sup>C (Tạ Thu Cúc, 2005). Cà chua trồng hàng đôi, khoảng cách hàng cách hàng 60cm, cây cách cây 40cm. Độ ẩm đất phù hợp để cây cà chua sinh trưởng và phát triển từ 60-80% độ ẩm tối đa đồng ruộng, tuy nhiên thích hợp nhất là thường xuyên giữ độ ẩm đất từ 70-75% (Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 2006). Savior là giống cà chua sinh trưởng bán hữu hạn, quả có dạng tròn dẹt, khi chín quả cứng đặc thịt, nếu để chín tại ruộng quả ít bị dập nát và rất được thị trường ưa chuộng. Trong những năm gần đây, giống Savior được trồng nhiều ở các địa phương có diện tích trồng cà chua lớn của đồng bằng sông Hồng (số liệu điều tra, 2014).

#### **3.1.2. Dây nhỏ giọt**

Trong nghiên cứu này tác giả lựa chọn dây nhỏ giọt theo khuyến cáo của nhà sản xuất là loại dây nhỏ giọt đường kính 6mm, dây tưới nhỏ giọt được rải trên mặt đất, dọc theo hàng cây, các vòi nhỏ giọt cách gốc cây khoảng 0-1cm, khoảng cách giữa các vòi nhỏ giọt là 40cm.

#### **3.1.3. Đất phù sa**

Đất bố trí thí nghiệm và triển khai mô hình trình diễn là đất phù sa sông Hồng, trung tính, ít chua, không được bồi hàng năm huyện Gia Lâm thành phố Hà Nội. Đây là loại đất thích hợp với nhiều loại cây trồng như cây lương thực, cây rau màu trong đó có cà chua.

## **3.2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU**

Điều tra thực trạng sản xuất cà chua tại 6 tỉnh vùng đồng bằng sông Hồng.

Xác định các đặc tính lý, hóa đất và độ sâu mực nước ngầm khu vực Gia Lâm, Hà Nội.

Xác định áp lực nước, lưu lượng nhỏ giọt và miền thấm trong đất do tưới nhỏ giọt.

Xây dựng mô hình toán về lan truyền ẩm trong đất do tưới nhỏ giọt.

Ứng dụng mô hình toán để dự báo thời điểm tưới, tính toán số lần tưới và lượng nước tưới nhỏ giọt cho cà chua trong hai vụ Đông 2014, 2015.

Đánh giá ảnh hưởng của kỹ thuật tưới nhỏ giọt đến sinh trưởng, năng suất, hiệu quả sử dụng nước, hiệu quả kinh tế của cây cà chua và đề xuất chế độ tưới nhỏ giọt thích hợp cho cây cà chua vụ Đông trên đất phù sa trung tính ít chua đồng bằng sông Hồng vùng Gia Lâm, Hà Nội.

## **3.3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### **3.3.1. Phương pháp thu thập số liệu**

\* Thu thập thông tin, số liệu thứ cấp

Điều tra, thu thập các tài liệu, số liệu về thực trạng sản xuất cà chua tại khu vực đồng bằng sông Hồng từ các phòng, ban ngành liên quan như Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, Tổng cục Thống kê,...

Thu thập các số liệu khí tượng: Thành phố Hà Nội có 5 trạm khí tượng gồm trạm Láng (Láng Thượng, Đống Đa), trạm Ba Vì (Tản Lĩnh, Ba Vì), trạm Sơn Tây (Quang Trung, Sơn Tây), trạm Hà Đông (Ba La, Hà Đông) và trạm Hoài Đức (Nhôn, Hoài Đức). Trong nhiều năm gần đây, do phát triển cơ sở hạ tầng của quận Đống Đa, nhiều nhà cao tầng được xây dựng gần khu vực trạm khí tượng Láng nên đã ảnh hưởng tới việc quan trắc các số liệu khí tượng, nhiều số liệu không được quan trắc liên tục. Do vậy để đảm bảo đủ số liệu khí tượng phục vụ nghiên cứu, tác giả đã thu thập các số liệu khí tượng của trạm khí tượng Hà Đông đặt tại Ba La, Hà Đông, Hà Nội. Đây là trạm khí tượng gần nhất với khu vực bố trí thí nghiệm so với các trạm khí tượng khác của Hà Nội. Các số liệu thu thập trong giai đoạn từ năm 1996 đến 2016 bao gồm:

- + Nhiệt độ không khí ( $^{\circ}\text{C}$ );
- + Lượng mưa (mm);
- + Độ ẩm không khí (%);
- + Số giờ nắng (giờ).
- \* Thu thập số liệu sơ cấp

Điều tra, phỏng vấn trực tiếp người dân theo phương pháp điều tra nhanh nông thôn bằng phiếu điều tra nông hộ với bộ câu hỏi soạn sẵn về tình hình sản xuất cà chua (mẫu phiếu có trong phụ lục số 10). Điều tra tại 6 tỉnh thuộc đồng bằng sông Hồng là Hải Dương (huyện Nam Sách), Hải Phòng (thị xã Đồ Sơn), Nam Định (huyện Nghĩa Hưng), thành phố Hà Nội (huyện Gia Lâm), Bắc Ninh (huyện Yên Phong), Hưng Yên (huyện Văn Giang).

Số lượng phiếu: Mỗi huyện điều tra ngẫu nhiên 30 hộ dân có sản xuất cà chua với quy mô diện tích từ  $360\text{m}^2$  trở lên.

### **3.3.2. Phương pháp xác định đặc tính lý, hóa đất và mực nước ngầm tại địa điểm thí nghiệm**

Xác định thành phần cơ giới đất bằng phương pháp ống hút Robinson:

Xác định dung trọng của đất: Bằng ống trụ;

Xác định  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  của đất: Sử dụng  $\text{pH}$  meter đo trực tiếp trong huyền phù với tỷ lệ đất: dung dịch KCl là 1:2,5;

OC xác định bằng phương pháp Walkley-Black;

N thủy phân: Định lượng N bằng phương pháp Tiurin và Kononova;

Lân dễ tiêu: Định lượng bằng phương pháp Oniani;

Kali dễ tiêu xác định bằng phương pháp Amon axetat ( $\text{pH}=7$ ). Định lượng kali trên quang kế ngọn lửa;

Theo dõi độ sâu mực nước ngầm trong các giếng khoan bằng thước đo mực nước ngầm mã hiệu 32513 Eijkelkamp, Hà Lan (ảnh 1, phụ lục 11);

Độ sâu mực nước ngầm (m) được tính theo chiều thẳng đứng từ bề mặt đất đến bề mặt nước trong giếng;

Thời điểm theo dõi là trước và sau khi mưa, trước và sau khi bơm nước tưới. Giá trị được tính trung bình trong các lần theo dõi trong một tháng;

Xác định độ ẩm đất: Độ ẩm đất tính theo % trọng lượng đất khô (%TLĐK), xác định bằng phương pháp cân, sấy:

Độ ẩm cây héo ( $\beta_{ch}$ ): Xác định bằng phương pháp trồng cây trong chậu vai ở điều kiện nhà màn có mái che (ảnh 2, phụ lục 11). Khi cây trồng bắt đầu bén rễ hồi xanh thì ngưng tưới và để đến khi cây héo không phục hồi. Độ ẩm của đất lúc đó chính là độ ẩm cây héo;

Độ ẩm tối đa đồng ruộng ( $\beta_{dr}$ );

Lấy mẫu đất bằng ống dung trọng, ngâm mẫu trong nước đến khi bão hòa. Sau đó nhắc ra khoảng (1-2) giờ đến khi không còn nước nhỏ xuống. Độ ẩm đất ở thời điểm này tương ứng với độ ẩm tối đa đồng ruộng. Xác định độ ẩm bằng phương pháp sấy (nhiệt độ  $105^{\circ}\text{C}$ ) (ảnh 3, phụ lục 11).

### **3.3.3. Phương pháp xác định độ sâu tầng đất cần làm ẩm**

Dựa vào sự phân bố bộ rễ cây cà chua để xác định độ sâu tầng đất cần làm ẩm:

Đào một mặt cắt cách gốc 10cm ở thời kỳ đậu quả để quan sát sự phân bố rễ cây.

Độ sâu tính từ mặt đất đến tầng đất tập trung chủ yếu bộ rễ cây cà chua chính là độ sâu tầng đất cần làm ẩm.

### **3.3.4. Phương pháp xác định áp lực nước, lưu lượng nhỏ giọt thích hợp và miền thấm trong đất do tưới nhỏ giọt (Thí nghiệm 1)**

Từ kết quả xác định độ sâu tầng đất cần làm ẩm hay tầng đất chứa bộ rễ cây cà chua từ 0-30cm và tập trung chủ yếu ở độ sâu 0-20cm. Tác giả bố trí thí nghiệm 1 trên 03 khối đất kích thước 50 x 50 x 50cm để xác định giới hạn thấm trong khoảng 0-25cm theo phương ngang (tính từ điểm nhỏ giọt) với các mức áp lực khác nhau và giữ nguyên trạng thái tự nhiên để không làm thay đổi kết cấu đất (ảnh 4, phụ lục 11).

Thiết kế hệ thống nhỏ giọt với 3 mức áp lực nước là 0,14atm; 0,16atm; 0,18atm. Xác định các mức lưu lượng tương ứng với các mức áp lực nước bằng cách dùng ống đong 20 ml, bấm thời gian nhỏ giọt được lượng nước này và đếm số giọt nhỏ trong một phút. Thực nghiệm được lặp đi lặp lại và đã xác định 03 mức lưu lượng nhỏ giọt tương ứng là 0,31; 0,43 và 0,67 lít/giờ.

Tính toán lượng nước cần cung cấp cho khối đất để độ ẩm đất từ độ ẩm ban đầu đến độ ẩm tối đa đồng ruộng:

$$M = 10^4 \cdot h \cdot d \cdot (\beta_{dr} - \beta_0) \text{ (m}^3/\text{ha)} \quad (3.1)$$

Trong đó:

h: Chiều sâu lớp đất cần làm ẩm (m);

d: Dung trọng đất (tấn/m<sup>3</sup>);

$\beta_{dr}$ : Độ ẩm tối đa đồng ruộng (%TLĐK);

$\beta_0$ : Độ ẩm trước khi tưới (%TLĐK).

Bố trí tưới nhỏ giọt cho các khối đất, mỗi khối đất có một vòi nhỏ giọt đặt ở trung tâm.

Quan sát quá trình tưới nước và theo dõi độ ẩm trên khối đất theo cả chiều rộng và chiều sâu tính từ giữa khối. Cứ 60 phút theo dõi độ ẩm một lần ở 4 vị trí tính từ điểm nhỏ giọt, các vị trí cách nhau 5cm và mỗi vị trí xác định độ ẩm ở 6 độ sâu 0-5cm, 5-10cm, 10-15cm, 15-20cm, 20-25cm, 25-30cm

So sánh giá trị độ ẩm đất giữa lần đo sau với lần đo trước và độ ẩm trước khi tưới tại các vị trí và độ sâu tương ứng để xác định sự phát triển miền thấm theo thời gian tưới trên từng khối đất với áp lực nước và lưu lượng nhỏ giọt tương ứng.

### **3.3.5. Phương pháp xây dựng mô hình toán về lan truyền ẩm trong đất do tưới nhỏ giọt**

Theo dõi độ ẩm đất, phân tích diễn biến độ ẩm đất.

Từ kết quả thực nghiệm độ ẩm đất đo được và trên cơ sở phân tích về xu hướng chuyển động của nước trong đất, sử dụng phương pháp toán học xây dựng dạng phương trình tổng quát của mô hình truyền ẩm.

Sử dụng phương pháp toán thống kê, thực hiện các phép biến đổi trong toán học và hàm Regression trong Excel phân tích hồi qui với các số liệu thực nghiệm đo được để giải phương trình xác định được các hệ số trong phương trình tổng quát, xây dựng được hàm xác định độ ẩm tương ứng với số liệu thực nghiệm.

Kiểm chứng hàm độ ẩm đã xây dựng được với số liệu thực nghiệm tại điểm theo dõi độ ẩm khác với điểm xây dựng mô hình nhưng cùng thời điểm quan trắc.

Căn cứ vào kết quả kiểm chứng xây dựng được hàm xác định độ ẩm tương ứng với từng số liệu thực nghiệm cụ thể trong mô hình truyền ẩm.

### **3.3.6. Phương pháp xác định lan truyền ẩm trong đất do tưới nhỏ giọt trong phòng thí nghiệm (Thí nghiệm 2)**

Với áp lực nước 0,16atm, lưu lượng vòi nhỏ giọt 0,43 lít/giờ sau khi kết thúc tưới, miền thấm theo chiều rộng là 20cm và chiều sâu 24,3cm. Do vậy, thí nghiệm 2 được thực hiện trên 03 khối đất có kích thước 40 x 40 x 40cm, kích thước khối đất phù hợp với khoảng cách giữa hai vòi tưới nhỏ giọt (40cm), các khối đất cùng loại với đất trong thí nghiệm 1. Đặt 3 khối đất trong phòng, bảo quản để tránh nước bay hơi hoặc xâm nhập (ảnh 5, phụ lục 11).

Tính toán lượng nước cần cung cấp cho khối đất để độ ẩm đất từ độ ẩm ban đầu đến độ ẩm tối đa đồng ruộng theo công thức 3.1.

$$M = 10^4 \cdot h \cdot d \cdot (\beta_{dr} - \beta_0) \text{ (m}^3\text{/ha)}$$

Trong đó:

h: Chiều sâu lớp đất cần làm ẩm (m);

d: Dung trọng đất (tấn/m<sup>3</sup>);

$\beta_{dr}$ : Độ ẩm tối đa đồng ruộng (%TLĐK);

$\beta_0$ : Độ ẩm trước khi tưới (%TLĐK).

Bố trí tưới nhỏ giọt cho các khối đất, mỗi khối đất có một vòi nhỏ giọt đặt ở trung tâm với áp lực nước và lưu lượng nhỏ giọt đã xác định được ở thí nghiệm 1, theo dõi độ ẩm trên các khối đất ở các vị trí, tính từ điểm tưới các vị trí cách nhau 5cm và ở các độ sâu 0-5cm, 5-10cm, 10-15cm, 15-20cm, 20-25cm tại các thời điểm quan trắc khác nhau. Số liệu thực nghiệm đo được ở khối 1 và 2 được tính trung bình và sử dụng xây dựng hàm độ ẩm còn số liệu thực nghiệm đo được ở khối 3 để kiểm chứng hàm độ ẩm.

Từ kết quả độ ẩm đất đo được thực hiện các bước trong trình tự xây dựng mô hình toán (mục 3.3.5) để xác định các hàm độ ẩm đất trong mô hình.

### **3.3.7. Phương pháp bố trí thí nghiệm và mô hình trồng cà chua ngoài đồng ruộng**

#### **3.3.7.1. Thí nghiệm tưới nhỏ giọt cho cà chua ngoài đồng ruộng tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam (Thí nghiệm 3)**

Thí nghiệm thực hiện trong vụ Đông năm 2014 và vụ Đông năm 2015 với mục đích:

### VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG



Sơ đồ 3.1. Vị trí khu vực bố trí thí nghiệm và mô hình

Ghi chú: \* Vị trí nghiên cứu

- Xác định hệ số trong hàm độ ẩm của mô hình toán do tưới nhỏ giọt cho cây cà chua vụ Đông;

- Ứng dụng mô hình toán để dự báo thời điểm tưới và tính toán số lần tưới, lượng nước tưới cho cây cà chua vụ Đông;

- Đánh giá ảnh hưởng của kỹ thuật tưới nhỏ giọt đến sinh trưởng, năng suất, hiệu quả sử dụng nước cà chua vụ Đông;

- Đề xuất chế độ tưới nhỏ giọt cho cà chua vụ Đông.

Theo nghiên cứu của Tạ Thu Cúc (2005) và Tiêu chuẩn ngành 10 TCN 219:2006 cho thấy độ ẩm đất đảm bảo cho cây cà chua sinh trưởng, phát triển là từ 60-80% và duy trì thường xuyên trong khoảng 70-75% độ ẩm tối đa đồng ruộng. Với cây trồng cạn ngoài đồng ruộng, lượng tưới nước cần cung cấp để độ ẩm đất từ độ ẩm trước khi tưới đạt đến độ ẩm tối đa đồng ruộng. Căn cứ vào các kết quả quan trắc độ ẩm đất trong các thực nghiệm tưới nhỏ giọt đã thực hiện và các nghiên cứu đã công bố, tác giả xây dựng công thức thí nghiệm tưới nhỏ giọt với giới hạn dưới 60-80% độ ẩm tối đa đồng ruộng và giới hạn trên là 100% độ ẩm tối đa đồng ruộng. Các công thức tưới nhỏ giọt gồm 3 giới hạn tưới (60-100)%; (70-100)%; (80-100)% độ ẩm tối đa đồng ruộng ( $\beta_{dr}$ ). Đồng thời so sánh với phương pháp tưới truyền thống của dân là tưới rãnh và không tưới (chỉ sử dụng nước mưa). Như vậy, thí nghiệm sẽ bao gồm 5 công thức, một nhân tố bố trí theo khối ngẫu nhiên đầy đủ với 3 lần nhắc lại, tổng cộng có 15 ô thí nghiệm.

Mỗi ô thí nghiệm có diện tích  $6m^2$  (6m x 1m), lên luống cao 20cm, chiều rộng rãnh tưới 30cm. Giữa các công thức thí nghiệm được ngăn cách bởi bờ ngăn có chiều cao 20cm, chiều rộng 20cm.

Các công thức thí nghiệm (CT) như sau:

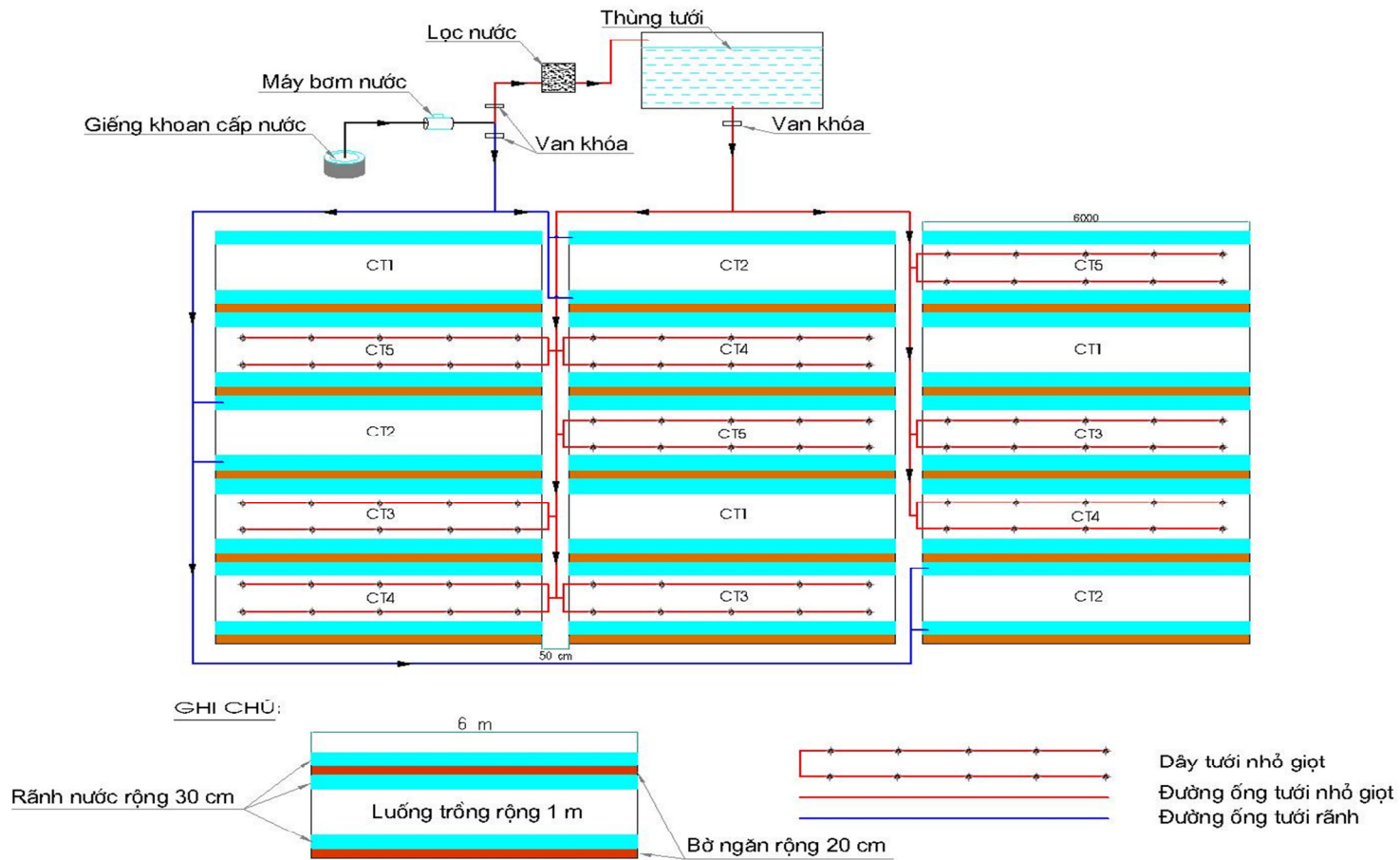
- CT1: Không tưới;

- CT2: Tưới rãnh;

- CT3: Tưới nhỏ giọt với giới hạn tưới (60-100)%  $\beta_{dr}$ ;

- CT4: Tưới nhỏ giọt với giới hạn tưới (70-100)%  $\beta_{dr}$ ;

- CT5: Tưới nhỏ giọt với giới hạn tưới (80-100)%  $\beta_{dr}$ .



Sơ đồ 3.2. Bố trí công thức thí nghiệm và hệ thống tưới tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam

### **3.3.7.2. Mô hình trình diễn tại Cổ Bi**

Mô hình trình diễn được thực hiện nhằm mục đích kiểm chứng, ứng dụng mô hình toán để dự báo độ ẩm đất, thời điểm tưới đồng thời đánh giá hiệu quả kinh tế sản xuất cà chua.

Mô hình có diện tích 400m<sup>2</sup> được chia làm hai phần, một tưới rãnh và một phần tưới nhỏ giọt. Mỗi phần được chia thành 6 luống, mỗi luống dài 24m, rộng 1m, lên luống cao 20cm, chiều rộng rãnh 30cm. Công thức tưới nhỏ giọt bố trí tại mô hình là công thức tưới nhỏ giọt có sinh trưởng và năng suất cao nhất trong các công thức tưới nhỏ giọt thí nghiệm trong vụ Đông 2014.

### **3.3.7.3. Quy trình kỹ thuật**

Áp dụng theo tiêu chuẩn ngành 10 TCN 219:2006 kết hợp với quy trình thâm canh tại địa điểm thí nghiệm và mô hình:

Ngày trồng: 10/10/2014 và 10/10/2015;

Giống cây: giống cà chua Savior;

Mật độ, khoảng cách trồng: Mỗi luống được trồng hai hàng, hàng cách hàng 60cm, cây cách cây 40cm. Mật độ 3,2 vạn cây/ha.

Bón phân: Các công thức thí nghiệm trên một nền phân bón, cách bón phân và lượng bón thực hiện theo quy trình kỹ thuật cho 1ha là: 02 tấn phân vi sinh sông Gianh (20 tấn phân hữu cơ) + 100kg N + 80kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 120kg K<sub>2</sub>O.

Cách bón: Bón lót toàn bộ phân hữu cơ + toàn bộ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 1/3 N + 1/3 K<sub>2</sub>O. Lượng N và K<sub>2</sub>O còn lại chia đều bón thúc vào 3 lần xới vun. Loại phân thương phẩm sử dụng là phân đạm ure, supe lân và kali clorua.

Với các công thức tưới nhỏ giọt, phân bón được hòa vào nước để tưới.

Chăm sóc: Xới vun kết hợp bón thúc 3 lần như sau:

Lần 1: Sau trồng 25-30 ngày;

Lần 2: Sau trồng 50-60 ngày;

Lần 3: Sau trồng 70-80 ngày.

Cắm giàn, buộc cây: Giàn cắm kiểu chữ A sau xới vun lần 1, buộc cây lên giàn bằng dây mềm.

Tưới nước: Tưới nước cho cây trồng theo độ ẩm đất.

Với công thức tưới rãnh (CT2): lượng nước tưới được tính toán với công thức tưới (70-100)% β<sub>đr</sub>.

Với các công thức tưới nhỏ giọt (CT3,4,5): Lượng nước tưới được tính toán với công thức tưới tương ứng.

Phòng trừ sâu bệnh hại: Theo dõi, phát hiện và phòng trừ sâu bệnh theo hướng dẫn chung của ngành Bảo vệ thực vật.

Thu hoạch: Thu hoạch khi quả bắt đầu chín (quả chuyển màu đỏ).

**Bảng 3.1. Lượng phân bón cho cà chua**

Loại phân	Lượng bón (kg/ha)	Bón lót (%)	Bón thúc (%)		
			Lần 1	Lần 2	Lần 3
Phân vi sinh sông Gianh	2.000	100			
N	100	31	23	23	23
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	80	100			
K <sub>2</sub> O	120	31	23	23	23

#### 3.3.7.4. Các chỉ tiêu theo dõi

Theo dõi lượng nước tưới, số lần tưới và thời gian tưới ở mỗi công thức thí nghiệm tưới.

Với công thức tưới rãnh:

Lưu lượng lấy vào đầu rãnh tưới là 0,5 lít/giây, ống tưới có đường kính 5cm

Mức tưới cho mỗi ô thí nghiệm tính theo công thức:

$$W = a.l.h.d.(\beta_{dr}.\beta_0) \text{ (m}^3\text{/ô thí nghiệm)} \quad (3.2)$$

Trong đó:

a: Khoảng cách giữa hai rãnh tưới (m);

l: Chiều dài rãnh tưới (m);

h: Chiều sâu lớp đất cần làm ẩm (m);

d: Dung trọng đất (tấn/m<sup>3</sup>);

$\beta_{dr}$ : Độ ẩm tối đa đồng ruộng;

$\beta_0$ : Độ ẩm trước khi tưới.

+ Thời gian tưới để thực hiện hết mức tưới cho một rãnh theo công thức

$$t = W.1000/3600.q \text{ (giờ)} \quad (3.3)$$

Trong đó: W: Mức tưới (m<sup>3</sup>/ô thí nghiệm); q: Lưu lượng tưới (l/s).

Với công thức tưới nhỏ giọt:

Sử dụng các ống tưới PE, đường kính ống chính 25mm, đường kính ống nhánh 6mm, dây nhỏ giọt được đặt sát gốc cây, vị trí các vòi nhỏ giọt cách nhau 40cm. Lượng nước tưới mỗi lần:

$$M = h.d.(\beta_{dr} - \beta_0) \text{ (mm)} \quad (3.4)$$

Trong đó:

h: Chiều sâu lớp đất cần làm ẩm (mm);

d: Dung trọng đất (tấn/m<sup>3</sup>);

$\beta_{dr}$ : Độ ẩm tối đa đồng ruộng (%TLĐK);

$\beta_0$ : Độ ẩm trước khi tưới (%TLĐK).

Với tưới nhỏ giọt, lượng nước tưới mỗi lần trên một đơn vị diện tích như sau:

$$M = 10.a_{nn}.h.d.(\beta_{dr} - \beta_0) \text{ (m}^3\text{/ha)} \quad (3.5)$$

Trong đó:  $a_{nn}$  là tỷ lệ diện tích cấp nước của cây trồng

Theo Bùi Hiếu (1994), tỷ lệ diện tích cấp nước của cây trồng do tưới nhỏ giọt được tính như sau:

$$a_{nn} = n.a_{hi}/(b_1.b_2) \quad (3.6)$$

Trong đó:

n: Số vòi nhỏ giọt cho một cây;

$a_{hi}$ : Diện tích làm ẩm của một vòi nhỏ giọt (m<sup>2</sup>);

$b_1$ : Khoảng cách giữa các cây (m);

$b_2$ : Khoảng cách giữa các hàng cây (m).

#### a. Theo dõi độ ẩm đất

Trên cơ sở quan sát bộ rễ cây cà chua phân bố tập trung ở tầng đất 0-30cm và các rễ phụ chủ yếu ở độ sâu 0-20cm, do đó tiến hành theo dõi độ ẩm đất ở độ sâu này và chia ra làm các lớp đất: 0-5cm, 5-10cm, 10-15cm, 15-20cm, 20-25cm. Thời điểm theo dõi là trước khi tưới, ngay sau khi kết thúc tưới và sau khi kết thúc tưới theo dõi 1 ngày/lần.

Mẫu đất được lấy bằng khoan tay với 3 lần nhắc lại, độ ẩm đất được tính theo % trọng lượng đất khô.

Với công thức tưới nhỏ giọt giới hạn tưới (70-100)%  $\beta_{dr}$ , số liệu độ ẩm đất dùng để xác định các hệ số trong phương trình tổng quát của mô hình toán nên sẽ quan trắc thêm độ ẩm theo chiều rộng ở các vị trí tính từ điểm nhỏ giọt sang hai bên, mỗi vị trí cách nhau 5cm. Các số liệu độ ẩm được quan trắc ở hai điểm tưới nhỏ giọt, trong đó số liệu ở một điểm nhỏ giọt dùng để xác định các hệ số xây dựng hàm độ ẩm, số liệu của điểm nhỏ giọt còn lại làm số liệu đối chứng để kiểm chứng mô hình.

#### *b. Theo dõi sinh trưởng, năng suất, chất lượng cà chua*

##### *Chỉ tiêu sinh trưởng phát triển:*

Theo dõi 5 cây/ô thí nghiệm, kết quả của các chỉ tiêu được lấy trung bình của ba lần nhắc lại:

Chiều cao cây (cm): Tính từ mặt đất đến đỉnh sinh trưởng của cây, theo dõi 7 ngày/lần;

Thời gian qua các giai đoạn sinh trưởng (ngày);

Thời gian từ trồng đến xuất hiện hoa: Khi có 70% số cây trong ô thí nghiệm nở hoa ở chùm đầu tiên;

Thời gian từ trồng đến đậu quả: Khi có 70% số cây trong ô thí nghiệm đậu quả ở chùm đầu tiên;

Thời gian từ trồng đến thu quả đợt đầu: Khi có 30% số cây trong ô thí nghiệm có quả chín ở chùm đầu tiên;

Thời gian từ trồng đến khi kết thúc thu hoạch (thu quả đợt cuối).

##### *Một số chỉ tiêu sinh lý:*

Diện tích lá và chỉ số diện tích lá (LAI) ( $m^2$  lá/  $m^2$  đất):

$$LAI = \text{Diện tích lá/cây} \times \text{Số cây}/m^2$$

Chỉ số hàm lượng diệp lục trong lá (SPAD): Được đo bằng máy Minolta 502 (Nhật Bản), đo 3 lá/cây gồm lá ngọn, lá giữa và lá gốc rồi lấy trung bình

Hàm lượng chất khô (%): Lấy mẫu ở 3 thời kỳ (trước ra hoa, ra hoa rộ và trước thu quả đợt đầu), cân khối lượng tươi, sấy đến khối lượng không đổi rồi cân khối lượng khô.

##### *Các yếu tố cấu thành năng suất:*

Số chùm hoa/cây (chùm);

Số hoa/cây (hoa);

Số quả/cây (quả): Tổng số quả thu được/tổng số cây cho thu hoạch;

Tỷ lệ đậu quả (%);

Tỷ lệ đậu quả = (Số quả/cây)/(Số hoa/cây) x 100%;

Khối lượng trung bình quả/cây (gam): Tổng khối lượng quả /tổng số quả.

Năng suất cá thể (NSCT) (g/cây):

Năng suất cá thể = Số quả/cây x Khối lượng trung bình quả/cây.

Năng suất lý thuyết (NSLT) (tấn/ha):

Năng suất lý thuyết = Năng suất cá thể x mật độ trồng/ha.

Năng suất thực thu (NSTT) (tấn/ha):

Năng suất thực thu = Khối lượng quả thực thu/diện tích thí nghiệm.

*Một số chỉ tiêu về chất lượng quả cà chua:*

Hàm lượng vitamin C (mg/100g chất tươi): phương pháp chiết bằng axitaxetic.

Độ Brix (%): Đo bằng máy đo ATAGO PR-301α

Hàm lượng (NO<sub>3</sub>)<sup>-</sup> trong quả (mg/kg): Chiết bằng nước nóng, công phá theo phương pháp Kjeldahl.

*c. Theo dõi tình hình nhiễm một số bệnh hại chính trên cây cà chua*

Bệnh sương mai (mốc sương): Đánh giá theo thang điểm trong Tiêu chuẩn ngành 10TCN 219:2006 của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn.

Không bệnh: 1;

Có < 20% diện tích thân lá nhiễm bệnh: 3;

Có 20-50% diện tích thân lá nhiễm bệnh: 5;

Có >50-75% diện tích thân lá nhiễm bệnh: 7;

Có >75-100% diện tích thân lá nhiễm bệnh: 9;

Bệnh xoắn vàng lá, héo xanh vi khuẩn: Đếm số cây có triệu chứng bệnh, tính tỷ lệ % cây bệnh.

### **3.3.8. Phương pháp xây dựng mô hình toán do tưới nhỏ giọt cho cà chua sản xuất ngoài đồng ruộng**

Trong phạm vi của luận án, tác giả lựa chọn một công thức tưới nhỏ giọt để theo dõi độ ẩm đất, cung cấp số liệu thực nghiệm để giải phương

trình tổng quát của mô hình truyền ẩm. Dựa trên kết quả nghiên cứu trong thí nghiệm 1 và 2, đồng thời kế thừa kết quả nghiên cứu của các nhà khoa học về độ ẩm đất và năng suất cà chua, trong nghiên cứu này sử dụng số liệu theo dõi độ ẩm đất ở công thức tưới nhỏ giọt với giới hạn tưới (70-100)% độ ẩm tối đa đồng ruộng ( $\beta_{dr}$ ) trong thí nghiệm vụ Đông 2014 (thí nghiệm 3) để tìm các hệ số trong hàm xác định độ ẩm của mô hình toán về lan truyền ẩm ngoài đồng ruộng.

Các bước thực hiện xây dựng hàm xác định độ ẩm đất trong mô hình được thực hiện theo trình tự như mục 3.3.5.

### **3.3.9. Phương pháp ứng dụng mô hình toán để dự báo thời điểm tưới, tính số lần tưới và lượng nước tưới nhỏ giọt cho cà chua**

Sử dụng các hàm xác định độ ẩm đất của mô hình toán để dự báo diễn biến độ ẩm đất.

Dự báo thời điểm tưới từ phương trình hàm xác định độ ẩm đất với độ ẩm giới hạn phải tưới.

So sánh độ ẩm đất dự báo với giới hạn tưới để xác định thời điểm tưới.

Tính toán lượng nước tưới mỗi lần dựa trên độ ẩm dự báo tại thời điểm tưới và độ ẩm tối đa đồng ruộng.

### **3.3.10. Phương pháp đánh giá hiệu quả sử dụng nước**

Hiệu quả sử dụng nước (HQSDN) là khối lượng sản phẩm thu được trên một đơn vị lượng nước tưới. Theo Semiz and Yurtseven (2010), Tya and Othman (2014) hiệu quả sử dụng nước được xác định như sau:

$$HQSDN = NSTT/W \quad (3.7)$$

Trong đó:

NSTT là năng suất thực thu (tấn/ha);

W là tổng lượng nước tưới ( $m^3/ha$ ).

### **3.3.11. Phương pháp đánh giá hiệu quả kinh tế sản xuất cà chua**

Theo Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (2008), đánh giá hiệu quả kinh tế dựa trên một số chỉ tiêu sau:

Giá trị sản xuất (GTSX) là giá trị toàn bộ sản phẩm thu được trên 1 ha đất/vụ:

$$GTSX = NS \times C \quad (3.8)$$

Trong đó:

NS năng suất;

C là giá bán

Chi phí trung gian (CPTG) là toàn bộ chi phí vật chất (giống, phân bón, thuốc bảo vệ thực vật, khấu hao thiết bị tưới, nhiên liệu phục vụ tưới) và chi phí khác trên một ha đất/vụ.

Thu nhập hỗn hợp (TNHH) là sản phẩm xã hội được tạo thêm trong thời kỳ sản xuất đó (không tính công lao động gia đình).

$$GTGT = GTSX - CPTG \quad (3.9)$$

Giá trị ngày công lao động = TNHH/công lao động;

Hiệu quả đồng vốn (HQĐV) = TNHH/CPTG.

### **3.3.12. Phương pháp xử lý số liệu**

Số liệu sinh trưởng, năng suất cây cà chua được xử lý thống kê bằng phương pháp phân tích phương sai (ANOVA) theo chương trình STAR-Statistical Tool for Agricultural Research 5.0. Mô hình phân tích phương sai là thí nghiệm một nhân tố bố trí theo khối ngẫu nhiên đầy đủ với 3 lần nhắc lại. Yếu tố thí nghiệm là các công thức tưới. Phương pháp so sánh cặp đôi LSD.

Các số liệu độ ẩm đất được xử lý bằng phần mềm Excel và sử dụng hàm Regression trong Excel để phân tích hồi quy xác định các hệ số trong mô hình toán, xác định hệ số hồi quy và hệ số tương quan.

## PHẦN 4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 4.1. THỰC TRẠNG SẢN XUẤT CÀ CHUA TẠI MỘT SỐ TỈNH ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG

#### 4.1.1. Thời vụ và giống cà chua

Với ưu thế về điều kiện khí hậu nên cây cà chua được trồng ở vùng ĐBSH với nhiều thời vụ khác nhau. Từ số liệu điều tra ở 6 tỉnh (với 180 hộ nông dân trồng cà chua) cho thấy, người dân canh tác cà chua chủ yếu trong 4 thời vụ chính là vụ Hè-Thu (ngày trồng 10/7-30/7), vụ Thu-Đông (ngày trồng 15/8-10/9), vụ Đông (ngày trồng 20/9-10/10) và vụ Xuân-Hè (ngày trồng 1/3-20/3).

Các giống cà chua sử dụng là những giống bán hữu hạn hoặc hữu hạn với các đặc tính dễ đậu quả, dễ canh tác như Magic, Gandeva, Savior, VL2000, VL3500, Tre Việt, Montavi, Mongan, VNS 585,... trong đó giống Savior được trồng nhiều và phổ biến.

Kết quả điều tra về tỷ lệ số hộ trồng cà chua trong các thời vụ khác nhau được trình bày trong bảng 4.1.

**Bảng 4.1. Tỷ lệ các hộ trồng cà chua ở các thời vụ khác nhau (n = 30 hộ/tỉnh)**

Đơn vị tính: %

Địa phương	Vụ Hè-Thu	Vụ Thu-Đông	Vụ Đông	Vụ Xuân-Hè
Hà Nội	16,7	46,7	86,7	23,3
Hải Phòng	23,3	53,3	93,3	26,7
Hải Dương	26,7	60,0	96,7	33,3
Nam Định	30,0	56,7	96,7	36,7
Bắc Ninh	20,0	40,0	86,7	40,0
Hưng Yên	20,0	46,7	83,3	26,7

Ghi chú: Vụ Hè-Thu từ tháng 6 đến tháng 10, vụ Thu-Đông từ tháng 8 đến tháng 12, vụ Đông từ tháng 9 đến tháng 2, vụ Xuân-Hè từ tháng 3 đến tháng 7.

Ở hầu hết các địa phương của ĐBSH sản xuất cà chua tập trung chủ yếu trong vụ Đông khoảng từ 83,3-96,7% số hộ điều tra, nhiều nhất là Nam Định, Hải Dương (96,7%) và Hải Phòng (93,3%). Kết quả phỏng vấn điều tra tại các

điểm chuyên canh trồng cà chua chính của các tỉnh này được biết cà chua vụ Đông được trồng nhiều trên đất hai lúa, sau khi kết thúc lúa mùa. Vì vụ Đông là vụ sản xuất rau màu, các cây trồng ưa lạnh chính thời điểm gieo trồng từ cuối tháng 9 và thời vụ kéo dài đến khoảng tháng 2 năm sau. Điều kiện thời tiết như nhiệt độ, độ ẩm, lượng mưa phù hợp với cây ưa lạnh đặc biệt là cây cà chua. Sản xuất cà chua trong vụ này thường dễ làm, ít sâu bệnh và năng suất cao.

Tuy nhiên, việc sản xuất cà chua vụ Đông cũng gặp điều kiện không thuận lợi đó là thời gian từ cuối tháng 11 đến hết tháng 12 là thời điểm ra hoa, đậu quả chính của cà chua, cây cần rất nhiều nước để sinh trưởng và phát triển mà đây cũng là thời điểm căng thẳng về nước tưới ở khu vực ĐBSH vì lượng mưa trong thời gian này thường rất ít thậm chí là không có mưa. Hơn thế nữa do tập trung phát triển sản xuất đồng loạt cùng thời điểm nên việc lấy nước tưới lại càng khó khăn hơn. Theo Tạ Thu Cúc (2007) cung cấp đủ lượng nước tưới và kịp thời để duy trì độ ẩm phù hợp cho cây cà chua trong giai đoạn này là rất cần thiết vì có ảnh hưởng rõ rệt đến sinh trưởng và năng suất cà chua.

Trước đây cà chua chỉ được trồng vào chính vụ (vụ Đông), hiện nay do nhu cầu của thị trường quanh năm và cà chua trái vụ được giá cao hơn nên nhiều nơi đã thâm canh tăng vụ. Mặc dù cây lúa vẫn là cây lương thực chính và thường được trồng hai vụ trong một năm. Nhưng gần đây do hiệu quả của cây lúa thấp nhiều địa phương đã được quy hoạch chuyển đổi cơ cấu cây trồng, chuyển đổi đất lúa kém hiệu quả sang cây màu. Cây cà chua được lựa chọn thay cho cây lúa, tuy điều kiện sản xuất không thuận lợi nhưng giá bán cao hơn từ 2-3 lần so với chính vụ (số liệu điều tra, 2014) nên được nhiều nơi sản xuất như Bắc Ninh, Nam Định.

Vụ Thu-Đông là lựa chọn thứ hai trong sản xuất cà chua, thời điểm bắt đầu vụ này thường vào trung tuần tháng 8 sau khi thu hoạch xong lúa mùa sớm. Giai đoạn đầu vụ mưa lớn, nhiệt độ cao cây bị ngập úng, hay bị bệnh và hỏng, sản xuất vụ này gặp nhiều rủi ro hơn so với chính vụ nên số hộ trồng ít hơn, chiếm khoảng 40-60%.

Vụ Hè-Thu có số hộ sản xuất cà chua thấp nhất. Nguyên nhân là do vụ Hè-Thu ở ĐBSH thường bắt đầu gieo trồng vào trung tuần tháng 7, thời gian này thời tiết miền Bắc đang là mùa mưa, nhiệt độ cao, mưa lớn không thích hợp cho cây cà chua sinh trưởng và phát triển, đồng thời còn thuận lợi cho một số loại bệnh vi khuẩn như héo xanh vi khuẩn, héo vàng,... phát triển nên năng suất cà chua thường không cao (Tạ Thu Cúc, 2007). Hải Dương và Nam Định có số hộ

trồng nhiều nhất 26,7 và 30%, còn các tỉnh khác chỉ khoảng 20% và được trồng chủ yếu trên đất chuyên màu. Hiệu quả kinh tế của vụ này rất thấp do chi phí cao mà năng suất chỉ đạt khoảng 40-50% so với năng suất của vụ Đông (số liệu điều tra, 2014). Qua phỏng vấn các hộ dân cho biết, việc sản xuất cà chua vụ Hè-Thu chủ yếu để phục vụ cho nhu cầu của gia đình.

#### **4.1.2. Nguồn nước và phương pháp tưới nước trong sản xuất cà chua vùng đồng bằng sông Hồng**

Kết quả điều tra về nguồn nước tưới và phương pháp tưới trong sản xuất cà chua tại một số địa phương có diện tích lớn ở ĐBSH được trình bày trong bảng 4.2. Hầu hết các vùng trồng cà chua với diện tích lớn của đồng bằng sông Hồng lấy nước ngầm từ các giếng khoan để tưới, chỉ riêng có vùng Yên Phong, Bắc Ninh nguồn nước tưới được lấy từ nước mặt ở sông Cầu và sông Cà Lồ. Điển hình như ở Đồ Sơn, Hải Phòng thì 30/30 số hộ phỏng vấn đều lấy nước từ giếng khoan để tưới, ở khu vực điều tra mỗi hộ gia đình đều tự khoan một giếng ở ngay đầu khu ruộng để chủ động cung cấp nước tưới cho cây rau màu. Kết quả phỏng vấn nông hộ cho biết, khi vào thời điểm chính vụ đồng loạt các hộ gia đình đều sản xuất thì nguồn nước mặt không cung cấp đủ. Đối với các hộ gia đình xa nguồn nước tưới thì thời gian chuyển dẫn nước từ đầu nguồn tới mặt ruộng khá lâu nên việc cung cấp nước không kịp thời ảnh hưởng rất lớn đến sinh trưởng, phát triển của cây trồng. Ở các địa phương khác như Hải Dương, Nam Định, Hà Nội, Hưng Yên có một số hộ trong số các hộ phỏng vấn có lấy được nước mặt để tưới, các hộ gia đình này ở gần với sông, ao, kênh. Tuy nhiên cũng có một số hộ cho biết có thể lấy được nước mặt để tưới nhưng chất lượng nước không đảm bảo nên đã sử dụng nước giếng thay cho nước từ ao, sông. Việc khai thác nước ngầm để tưới đã trở nên phổ biến ở nhiều địa phương, xong qua khảo sát một số giếng khoan ở Gia Lâm, Hà Nội cho thấy mực nước trong giếng vào mùa khô thường nằm sâu > 5m, đối với các giếng khoan nông (độ sâu < 30m) vào những thời điểm tưới nhiều đồng loạt thì lưu lượng nước không đủ cung cấp để tưới. Quan trọng hơn cả là để có được nước tưới thì người dân cũng phải đầu tư máy bơm, đường ống dẫn nước, nhiên liệu chạy máy và công lao động.

Kết quả điều tra về phương pháp tưới nước cho cây rau màu nói chung và cây cà chua nói riêng tại các địa phương này cho thấy, việc tưới nước cho cây cà chua được thực hiện chủ yếu bằng cách tưới truyền thống. Một số hộ sản xuất với diện tích nhỏ (<400m<sup>2</sup>) thường tưới nước bằng gáo tưới vào gốc cây trồng, có

một hộ trong số các hộ điều tra tại Nam Định có đầu tư hệ thống phun mưa để tưới cho cà chua. Còn lại trên 90% các hộ ở tất cả các địa phương sử dụng phương pháp tưới rãnh. Đây là phương pháp tưới truyền thống đã được sử dụng từ rất lâu trong sản xuất đại trà trên đồng ruộng của bà con nông dân ở khắp các địa phương trong cả nước. Việc tưới nước cho cây trồng chủ yếu dựa trên kinh nghiệm và tập quán của từng vùng, hiện tại ở hầu hết các địa phương đều chưa áp dụng các kỹ thuật tưới nước trong sản xuất. Qua điều tra nông hộ cho biết, thông thường với phương pháp tưới rãnh khoảng từ 5 đến 7 ngày tưới một lần, tùy điều kiện thời tiết trung bình mỗi vụ tưới từ 14 đến 16 lần, lượng nước tưới mỗi lần khoảng từ 350-400 m<sup>3</sup>/ha. Để thực hiện tưới nước cho cà chua trong một vụ cần từ 110-140 công/ha.

**Bảng 4.2. Nguồn nước tưới và phương pháp tưới tại một số địa phương vùng đồng bằng sông Hồng**

Đơn vị tính: %

Địa phương	Nguồn nước tưới		Phương pháp tưới			
	Nước ao sông kênh	Giếng khoan	Tưới rãnh	Tưới phun mưa	Tưới nhỏ giọt	Phương pháp khác
Hà Nội	23,3	76,7	93,3	0	0	6,7
Hải Phòng	0	100,0	100,0	0	0	0
Hải Dương	20,0	80,0	93,3	0	0	6,7
Nam Định	13,3	86,7	96,7	3,3	0	0
Bắc Ninh	96,7	3,3	93,3	0	0	6,7
Hưng Yên	16,7	83,3	90,0	0	0	10,0

Ở hầu hết các tỉnh điều tra, phỏng vấn, đối với sản xuất cây rau màu thì lực lượng lao động chính là phụ nữ và người lớn tuổi khoảng từ 78-85% (số liệu điều tra 2014), các biện pháp kỹ thuật chưa được tập huấn và tiếp cận. Do vậy các công đoạn trong sản xuất còn chưa được đầu tư và đáp ứng kịp thời như chăm sóc, bón phân, tưới nước vì thiếu lao động và kỹ thuật canh tác nên dẫn tới năng suất còn thấp chưa tương xứng với tiềm năng của vùng.

#### **4.1.3. Hiệu quả kinh tế của cây cà chua vụ Đông năm 2013 ở một số vùng trồng chính của đồng bằng sông Hồng**

Kết quả tính hiệu quả kinh tế của cây cà chua tại 6 tỉnh có diện tích trồng nhiều của ĐBSH dựa trên các số liệu điều tra vụ Đông năm 2013 (năng suất cà chua, giá bán và giá cả một số vật tư trong phụ lục 9) được trình bày trong bảng 4.3.

Thu nhập hỗn hợp (TNHH) phụ thuộc vào giá trị sản xuất (GTSX) và chi phí trung gian (CPTG), GTSX càng lớn, CPTG càng nhỏ thì TNHH càng lớn và ngược lại. TNHH của cây cà chua vụ Đông 2013 tại các địa phương đạt từ 138,75 triệu đồng/ha đến 185 triệu đồng/ha. Thủ đô Hà Nội là trung tâm kinh tế-xã hội lớn nhất miền Bắc, tập trung đông dân cư, đời sống cao nên giá cả của nhiều mặt hàng đều cao hơn, cà chua bán được giá cao hơn so với các địa phương khác từ 300-1.100 đồng/kg (số liệu điều tra, 2014). Do vậy mặc dù chi phí trung gian của Hà Nội cũng tương đối cao so với một số tỉnh khác nhưng GTSX cây cà chua đem lại là cao nhất nên TNHH của cây cà chua ở Hà Nội lớn nhất. Đứng thứ hai trong số các tỉnh điều tra về TNHH là Bắc Ninh. Một trong những lợi thế của Bắc Ninh là cửa ngõ của thủ đô Hà Nội, có điều kiện thuận lợi để phát triển giao thông, mạng lưới giao thông của tỉnh bao gồm đường sắt, đường bộ, đường thủy. Điều này đã thúc đẩy thông thương buôn bán giữa Bắc Ninh với các tỉnh như Lạng Sơn, Hà Nội,... do vậy việc tiêu thụ các mặt hàng nông sản rất mạnh và giá thành cũng cao hơn. Kết quả điều tra 2014, giá bán cà chua trung bình khá cao dao động 6.100-6.200 đồng/kg, do đó GTSX đem lại lớn. Không những thế CPTG cho sản xuất cà chua ở đây lại thấp nhất, mặc dù mức đầu tư phân bón cao hơn so với các địa phương khác trong vùng nhưng nhờ có nguồn nước mặt để tưới dồi dào, việc lấy nước chủ động và thuận tiện không phải đầu tư thiết bị, nhiên liệu để tưới do đó đã giảm được phần chi phí này.

Các tỉnh Nam Định, Hải Dương do điều kiện địa lý xa trung tâm, thị trường tiêu thụ hẹp, các sản phẩm nông sản chủ yếu bán cho các thương lái thu mua tại ruộng, giá cả thấp chỉ khoảng 5.000-5.200 đồng/kg (số liệu điều tra năm 2014) nên GTSX thu được thấp hơn cùng với năng suất không cao dẫn đến TNHH của cây cà chua ở Hải Dương thấp nhất trong số các tỉnh điều tra.

Giá trị ngày công được tính toán dựa trên TNHH và số công lao động. Hà Nội, Bắc Ninh là những địa phương có trình độ thâm canh cao, sản xuất nông

nghiệp thương mại hóa nên đầu tư vào cây trồng cao hơn so với các tỉnh khác nhất là công chăm sóc, kết quả của quá trình đầu tư vào sản xuất là TNHH cao hơn nhưng số công lao động cũng nhiều hơn. Điều này dẫn tới giá trị ngày công của Hà Nội và Bắc Ninh cũng không chênh lệch nhiều so với Hải Phòng, tỉnh có TNHH thấp hơn hẳn nhưng số ngày công lại nhỏ nhất. Như vậy, để tăng giá trị ngày công lao động, ngoài tăng TNHH thông qua tăng năng suất và giá thành sản phẩm thì giảm số công lao động là rất cần thiết.

**Bảng 4.3. Hiệu quả kinh tế sản xuất cà chua vụ Đông tại một số tỉnh vùng đồng bằng sông Hồng vụ Đông năm 2013**

Địa phương	GTSX	CPTG	TNHH	Số công lao động (công)	Giá trị ngày công (1000 đ)	HQĐV (lần)
	(triệu đồng/ha)					
Hà Nội	251,06	66,03	185,02	739	250,41	2,80
Bắc Ninh	234,53	57,49	177,04	726	243,82	3,08
Hung Yên	221,26	60,51	160,75	703	228,74	2,66
Nam Định	223,19	67,27	155,93	676	230,60	2,32
Hải Phòng	218,44	66,53	151,90	610	248,95	2,28
Hải Dương	200,84	62,09	138,75	698	198,69	2,23

Hiệu quả đồng vốn là tỷ lệ giữa TNHH và CPTG, Bắc Ninh có HQĐV cao nhất vì CPTG cho sản xuất cà chua ở tỉnh này thấp nhất trong khi TNHH lại rất cao. Còn Hải Dương do TNHH đạt thấp nhất trong khi số công lao động và CPTG tương đối cao nên giá trị ngày công và HQĐV thấp nhất. Tuy nhiên HQĐV do cây cà chua đem lại ở 6 tỉnh thành điều tra đều từ 2 đến 3 lần, điều này có nghĩa là TNHH thu được gấp 2 đến 3 lần so với đồng vốn bỏ ra để đầu tư sản xuất cà chua.

Như vậy việc mở rộng phát triển sản xuất cây cà chua tại các tỉnh thành vùng ĐBSH bước đầu cho thấy hiệu quả của chuyển đổi cơ cấu trồng, phù hợp với điều kiện thực tế tại các địa phương và đem lại giá trị kinh tế cao cho người dân.

**Nhận xét:** Qua đánh giá thực trạng sản xuất cà chua tại một số địa phương của ĐBSH có một số nhận xét:

Trong những năm gần đây, cây cà chua được ưu tiên phát triển ở đồng bằng sông Hồng, giống cà chua được trồng phổ biến là giống Savior và vụ Đông là vụ sản xuất chính. Thực tế cho thấy, hiện nay cây cà chua đem lại thu nhập cho người dân trong vùng với giá trị một ngày công trung bình từ 200.000-250.000 đồng/công.

Tuy nhiên, do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, nhiệt độ trung bình có xu hướng ngày càng tăng, nguồn nước ngày càng khan hiếm, tình trạng hạn hán ở vùng ĐBSH diễn ra ngày càng căng thẳng. Vấn đề cung cấp nước của vùng gặp nhiều khó khăn, đặc biệt là cung cấp nước tưới vào những thời điểm mùa khô, vụ Đông khi lượng mưa nhỏ và ảnh hưởng nghiêm trọng đến sản xuất nông nghiệp của vùng. Giải pháp đặt ra là sử dụng nước tiết kiệm trong mọi hoạt động, nhất là trong nông nghiệp vì nhu cầu của ngành là cao nhất.

Trong sản xuất rau màu ở các địa phương hiện nay đã có sự đầu tư về giống, phân bón, thuốc bảo vệ thực vật nhưng việc áp dụng tiến bộ khoa học kỹ thuật còn rất hạn chế đặc biệt là kỹ thuật tưới. Hầu hết các hộ dân vẫn sử dụng cách tưới rãnh truyền thống, phương pháp tưới này có nhược điểm là tốn nước và cần nhiều công lao động do đó không phù hợp với thực tế hiện nay khi lực lượng lao động trong nông nghiệp ngày càng giảm đi. Kết quả phỏng vấn, thăm dò ý kiến của người dân các địa phương về mong muốn tăng cường áp dụng kỹ thuật tiên tiến vào sản xuất cho thấy hầu hết các hộ dân đều cho rằng việc áp dụng tiến bộ khoa học vào sản xuất là rất cần thiết. Thay đổi phương pháp canh tác truyền thống trong đó có phương pháp tưới nước nhằm giảm được công lao động, giải quyết được bài toán thiếu nước tưới trong những thời điểm khan hiếm nước và nâng cao hiệu quả sử dụng nước tưới là yêu cầu bức thiết đặt ra.

## **4.2. MỘT SỐ ĐẶC TÍNH LÝ, HÓA ĐẤT VÀ ĐỘ SÂU MỰC NƯỚC NGẦM KHU VỰC THÍ NGHIỆM**

### **4.2.1. Đặc tính lý, hóa đất thí nghiệm**

Phân tích, xác định các đặc tính lý, hóa đất thí nghiệm ở tầng đất 0-30cm.

#### **\* Đặc tính vật lý**

Kết quả phân tích đặc tính vật lý của đất thí nghiệm tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam và mô hình tại xã Cổ Bi, huyện Gia Lâm, Hà Nội được trình bày trong bảng 4.4.



Hình 4.1. Lấy mẫu đất xác định dung trọng

Bảng 4.4. Đặc tính vật lý đất

Địa điểm	Dung trọng (g/cm <sup>3</sup> )	Độ ẩm tối đa đồng ruộng (% TLĐK)	Độ ẩm cây héo (% TLĐK)	Thành phần cấp hạt (%)		
				Sét	Limon	Cát
Học viện Nông nghiệp Việt Nam	1,30	32,24	12,16	5,7	40,3	54,0
Cổ Bi	1,35	31,41	11,63	8,9	37,9	53,2

Ghi chú: TLĐK là trọng lượng đất khô.

Cả hai loại đất đều có thành phần cơ giới thịt pha cát, dung trọng từ 1,3-1,35 g/cm<sup>3</sup>. Độ ẩm tối đa đồng ruộng dao động trong khoảng từ 31,41-32,24%. Sự sai khác giữa hai loại đất ở các chỉ tiêu không đáng kể. Đất có thành phần cơ giới và các tính chất vật lý phù hợp với đất phù sa trung tính điển hình.

**\* Đặc tính hóa học**

Đất thí nghiệm được phân tích các tính chất hóa học cơ bản như pH, OC, NPK để tiêu, số liệu được thể hiện cụ thể trong bảng 4.5.

**Bảng 4.5. Đặc tính hóa học đất**

Địa điểm	pH <sub>KCl</sub>	OC (%)	Thành phần dễ tiêu (mg/100g đất)		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Học viện Nông nghiệp Việt Nam	7,0	1,92	8,05	33,24	5,53
Cổ Bi	7,4	1,53	5,49	64,61	7,67

Kết quả phân tích cho thấy, đất khu vực thí nghiệm là đất phù sa trung tính thuộc vùng đất phù sa trung tính ít chua, hàm lượng hữu cơ và đạm thủy phân trong đất ở mức trung bình, hàm lượng lân dễ tiêu ở mức giàu, kali dễ tiêu nghèo.

#### 4.2.2. Độ sâu mực nước ngầm

Độ sâu mực nước ngầm có ảnh hưởng tới khả năng cung cấp nước ngầm cho cây trồng và diễn biến độ ẩm đất trong tầng rễ cây trồng. Để đánh giá mức độ ảnh hưởng này tác giả đã tiến hành theo dõi độ sâu mực nước ngầm trong các giếng khoan ở xung quanh khu vực thí nghiệm và mô hình trong thời gian thực hiện. Kết quả đo được trình bày trong bảng 4.6.

Giá trị max là giá trị trung bình của các lần đo sau khi bơm nước tưới và không mưa, còn giá trị min là giá trị trung bình của các lần đo sau khi mưa và không bơm nước để tưới.

Độ sâu mực nước ngầm đo được tại điểm bố trí thí nghiệm và mô hình trong các tháng có sự chênh lệch. Nhìn chung, mực nước ngầm nằm sâu nhất trong các tháng 12, 1, 2, đây là các tháng cuối của mùa khô, lượng mưa nhỏ đồng thời trong khoảng thời gian này lượng nước cần cung cấp để tưới cho cây trồng cũng nhiều nhất. Các tháng đầu vụ Đông (tháng 9, 10) do lượng nước ngầm xuống từ lượng mưa trong các tháng 7, 8 cùng với lượng mưa tương đối lớn và hơn thế nữa giai đoạn này mới bắt đầu vụ sản xuất, cây trồng cần ít nước chưa phải tưới nên mực nước ngầm nằm nông nhất.

Tại cùng một địa điểm thí nghiệm ở Học viện Nông nghiệp, độ sâu mực nước ngầm trong hai vụ Đông 2014 và 2015 có sự khác biệt rõ rệt. Vụ Đông năm 2014, mực nước ngầm sâu nhất là 5,25m vào tháng 12, trong khi đó mực nước ngầm nằm sâu nhất trong vụ Đông năm 2015 lại rơi vào tháng 2 với độ sâu 5,2m.

Qua quan sát, theo dõi cho thấy nguyên nhân chủ yếu có sự sai khác này là do ảnh hưởng của mưa và lượng nước cần tưới cho cây trồng. Tháng 11, 12 năm 2014 có lượng mưa thấp nhất (18,6mm), lượng nước bổ sung vào tầng nước ngầm gần như không có mà lượng nước bơm để tưới nhiều. Tháng 11 và tháng 1 của vụ Đông năm 2015 có lượng mưa lớn (100 và 90mm), cây trồng ít phải tưới còn tháng 2 thì hầu như không mưa (4,7mm) nên lượng nước cung cấp để tưới cho cây trồng nhiều hơn dẫn đến tình trạng mực nước ngầm xuống sâu. Trong cả hai vụ Đông, mực nước ngầm nằm nông nhất vào tháng 9, tuy nhiên chênh lệch giữa hai vụ là khá lớn (0,9m), điều này cũng do ảnh hưởng của lượng mưa. Sự chênh lệch mực nước ngầm trong cùng một tháng của hai vụ Đông cũng thể hiện rõ rệt và nguyên nhân chủ yếu của hiện tượng này là lượng mưa khác nhau.

**Bảng 4.6. Độ sâu mực nước ngầm trong thời gian thí nghiệm tại khu vực nghiên cứu (m)**

Tháng	Học viện Nông nghiệp Việt Nam				Cổ Bi	
	Vụ Đông năm 2014		Vụ Đông năm 2015		Vụ Đông năm 2015	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
9	3,55	2,80	3,20	1,90	3,10	1,75
10	3,92	2,50	3,65	2,10	3,70	2,00
11	4,12	3,90	3,60	2,10	3,55	2,15
12	5,25	4,90	4,50	4,00	4,35	4,10
1	5,10	4,70	4,85	4,30	4,95	4,20
2	4,95	4,80	5,20	5,00	5,25	5,00
3	4,50	4,10	5,10	4,70	5,20	4,60

Cùng vụ Đông 2015 mực nước ngầm ở hai địa điểm thí nghiệm và mô hình có sự sai khác không đáng kể. Điều này cho thấy, trên cùng một loại đất yếu tổ ảnh hưởng và chi phối chính đến độ sâu mực nước ngầm là mưa và lượng nước sử dụng.

Trong hai năm nghiên cứu ở cả hai địa điểm thí nghiệm và triển khai mô hình đều có mực nước ngầm lớn hơn 1,75m. Theo Hanks and Ashcroft (1980), bộ rễ cây trồng ít có khả năng lấy được nước từ nước ngầm khi độ sâu

mực nước ngầm lớn hơn 0,8m. Như vậy, trên đất phù sa sông Hồng tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam và Cổ Bi cây trồng không có khả năng lấy nước từ nước ngầm và mực nước ngầm không ảnh hưởng tới diễn biến độ ẩm đất trong tầng đất chứa bộ rễ cây cà chua.

### **4.3. ÁP LỰC NƯỚC, LƯU LƯỢNG NHỎ GIỌT VÀ MIỀN THẨM TRONG ĐẤT DO TƯỚI NHỎ GIỌT**

#### **4.3.1. Độ sâu tầng đất cần làm ẩm**

Với tưới nhỏ giọt, lượng nước tưới cần cung cấp để duy trì độ ẩm thích hợp trong tầng đất chứa bộ rễ cây trồng. Xác định sự phân bố bộ rễ cây cà chua là cơ sở để xác định tầng đất cần làm ẩm.

Theo Tạ Thu Cúc (2005), hệ rễ cây cà chua thuộc loại rễ chùm, ăn sâu trung bình, rễ phụ cấp 2 phân bố dày đặc trong thời gian sinh trưởng mạnh, phân bố chủ yếu trong tầng đất từ 0-30cm. Độ ẩm đất có ảnh hưởng rõ tới sự phát triển của hệ rễ cây cà chua, rễ cây phát triển tốt nhất ở độ ẩm 70-80%.

Thực nghiệm quan sát bộ rễ cây cà chua trong thời kỳ phát triển quả-thời kỳ phát triển mạnh của cây cà chua cho thấy bộ rễ cây cà chua phân bố ở độ sâu 0-30cm, các rễ phụ tập trung dày đặc ở độ sâu 0-20cm. Do vậy, nếu nước và chất dinh dưỡng cung cấp chủ yếu trong tầng đất này sẽ giúp cây trồng có khả năng hút được nhiều nước và dinh dưỡng nhất. Từ kết quả thực nghiệm xác định được độ sâu tầng đất cần làm ẩm hay tầng đất hữu hiệu chứa bộ rễ cây cà chua chủ yếu ở độ sâu 0-30cm, tập trung nhiều nhất ở độ sâu 0-20cm.

#### **4.3.2. Áp lực nước, lưu lượng nhỏ giọt thích hợp và miền thẩm trong đất do tưới nhỏ giọt**

Để nâng cao hiệu quả của tưới nhỏ giọt, xác định áp lực nước và lưu lượng nhỏ giọt phù hợp với tầng đất chứa bộ rễ cây cà chua là rất cần thiết. Kết quả quan sát tưới nhỏ giọt với cùng một lượng nước nhưng với các áp lực nước khác nhau trên đất phù sa được thể hiện trong bảng 4.7.

Kết quả thực nghiệm cho thấy với áp lực nước 0,16atm và lưu lượng nhỏ giọt 0,43 (lít/giờ) sau khi kết thúc tưới có độ lan truyền ẩm theo phương ngang khoảng 18-20cm (phù hợp với khoảng cách giữa hai vòi nhỏ giọt 40cm), lượng nước tưới tập trung chủ yếu ở độ sâu 0-20cm, vùng chứa bộ rễ tích cực của cây cà chua do đó sẽ giúp cây hấp thụ nước và dinh dưỡng tốt nhất.

### 4.3.3. Miền thấm trong đất do tưới nhỏ giọt

Kết quả thực nghiệm xác định áp lực và lưu lượng nhỏ giọt thích hợp cho tầng đất chứa bộ rễ cây cà chua 0-30cm, số liệu theo dõi độ ẩm trên khối đất tưới nhỏ giọt với áp lực 0,16atm trong thời gian từ khi bắt đầu đến khi kết thúc tưới nhỏ giọt trình bày trong phụ lục 2. Trên cơ sở các nghiên cứu này, tác giả nghiên cứu động thái độ ẩm đất nhằm xác định miền thấm trong đất do tưới nhỏ giọt theo cả chiều rộng và chiều sâu, từ đó có cơ sở xác định diện tích làm ẩm của một vòi nhỏ giọt.

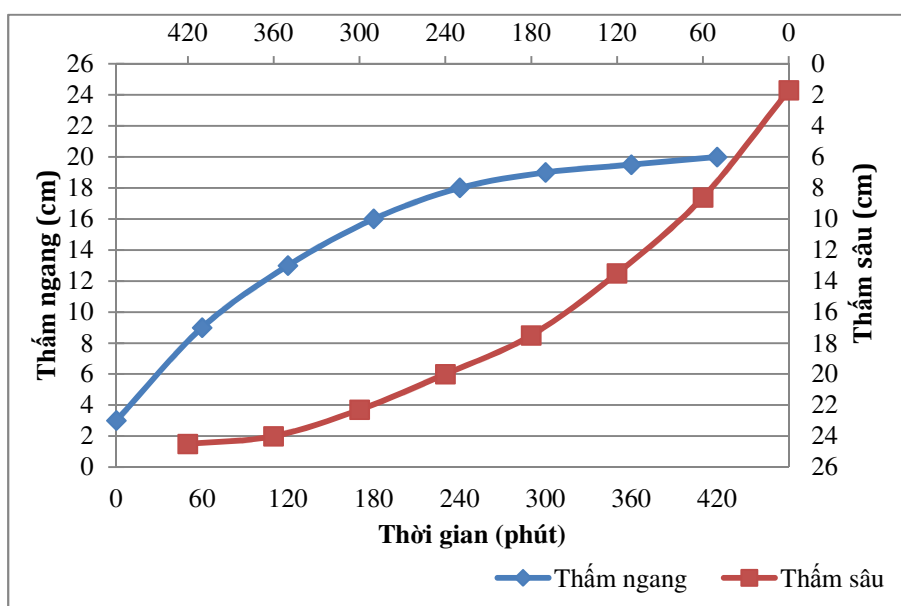
**Bảng 4.7. Kết quả thực nghiệm xác định áp lực nước và lưu lượng vòi nhỏ giọt**

TT	Áp lực nước (atm)	Lưu lượng (lít/giờ)	Thời gian tưới (giờ)	Kết quả
1	0,14	0,31	9,03	Tốc độ nhỏ giọt chậm, thời gian tưới kéo dài, độ lan truyền ẩm hẹp và nông, theo phương ngang rất hẹp (từ 5-7cm tính từ điểm nhỏ giọt), theo phương thẳng đứng chủ yếu tập trung ở độ sâu 0-10cm
2	0,16	0,43	6,51	Độ lan truyền ẩm tương đối đồng đều theo cả hai phương, khoảng từ 18-20cm tính từ điểm nhỏ giọt sang ngang và lượng nước phân bố chủ yếu ở độ sâu 0-20cm, sau khi kết thúc tưới nước chảy xuống độ sâu 25cm
3	0,18	0,67	4,18	Tốc độ nhỏ giọt khá nhanh, thời gian tưới rút ngắn, độ lan truyền ẩm theo phương ngang tương đối rộng (khoảng 23-25cm tính từ điểm nhỏ giọt), nước thấm sâu nhanh, lượng nước tưới chủ yếu tập trung ở độ sâu 25-30cm

Kết quả xác định miền thấm theo chiều rộng (thấm ngang) và chiều sâu (thấm sâu) trong đất do tưới nhỏ giọt với áp lực nước 0,16atm và lưu lượng nhỏ giọt 0,43 lít/giờ được thể hiện trong hình 4.2.

Sự phát triển miền thấm theo chiều sâu và chiều ngang trong thực nghiệm đều theo quy luật thấm chung gồm hai giai đoạn. Các giai đoạn này phụ thuộc

vào áp lực nước, lưu lượng tưới và tính chất của đất. Với đất thí nghiệm là đất phù sa trung tính ít chua đồng bằng sông Hồng vùng Gia Lâm, Hà Nội, áp lực nước và lưu lượng nhỏ giọt như trong thực nghiệm, giai đoạn khi bắt đầu tưới nước thấm nhanh chiều sâu thấm đạt đến độ sâu khoảng 22cm trong thời gian 300 phút, giai đoạn sau nước thấm chậm hơn đến khi kết thúc tưới (120 phút sau) độ sâu thấm tăng thêm khoảng 2,3cm. Quá trình thấm ngang theo chiều rộng cũng tăng nhanh trong giai đoạn đầu, sau 240 phút nước thấm ngang ở bán kính 18cm và tăng thêm khoảng 2cm trong thời gian 180 phút.



**Hình 4.2. Miền thấm trong đất do tưới nhỏ giọt**

Như vậy, thí nghiệm tưới nhỏ giọt trên đất phù sa trung tính ít chua với áp lực nước 0,16atm và lưu nhỏ giọt 0,43 lít/giờ cho thấy: Sau khi kết thúc tưới (420 phút) thì nước thấm xuống độ sâu 24,3cm và thấm theo chiều rộng là 20cm. Kích thước của miền thấm phù hợp với tầng đất chứa bộ rễ tích cực của cây cà chua.

#### **4.4. MÔ HÌNH TOÁN VỀ LAN TRUYỀN ẨM TRONG ĐẤT DO TƯỚI NHỎ GIỌT**

##### **4.4.1. Mô hình toán về lan truyền ẩm do tưới nhỏ giọt trên khối đất trong phòng thí nghiệm**

Trước khi tưới, độ ẩm khối đất tự nhiên theo phương ngang là không thay đổi, chỉ phụ thuộc vào độ sâu tầng đất. Khi tưới, độ ẩm đất sẽ thay đổi theo cả

chiều rộng và chiều sâu. Quá trình thấm ngang và thấm sâu phụ thuộc vào lưu lượng tưới (Shrivastava *et al.*, 2011). Trong điều kiện thực nghiệm với áp lực nước 0,16atm, lưu lượng nhỏ giọt 0,43 lít/giờ trên cơ sở phân tích diễn biến độ ẩm đo được xây dựng dạng tổng quát của mô hình truyền ẩm như sau:

$$F(x;y) = f(x;y) + g(y) \quad (4.1)$$

Trong đó:

y: Là độ sâu tầng đất;

x: Là khoảng cách từ vị trí xác định độ ẩm tới trục thẳng đứng tại vị trí tưới;

g(y): Hàm xác định độ ẩm trước khi tưới tại vị trí M(x;y);

f(x;y): Hàm xác định độ ẩm tăng thêm tại vị trí M(x;y) sau một thời gian tưới (tại thời điểm đo);

F(x;y): Hàm xác định độ ẩm tại vị trí M(x;y) sau một thời gian tưới (tại thời điểm đo).

*Xác định hàm g(y):*

Từ các số liệu thực nghiệm đo được, phân tích diễn biến độ ẩm đất trước khi tưới, sử dụng lý thuyết toán xác định được quy luật của hàm g(y) có dạng như sau:

$$g(y) = a(y-1,5)^b \quad (4.2)$$

Trong đó:

a, b: Là các hằng số phụ thuộc vào giá trị độ ẩm đất tại thời điểm đo;

1,5: Là hằng số để khi xác định độ ẩm tại trung điểm của lớp đất 0-5cm (ở điểm giữa của các lớp 0-5cm, y = 2,5cm) thì g(y) = a(2,5-1,5)<sup>b</sup> = a.

*Xác định hàm f(x;y):*

Hàm f(x;y) sẽ giảm khi x tăng, y tăng và f(x;y) = 0 khi x ≥ x<sub>0</sub> hoặc y ≥ y<sub>0</sub>, khi một trong hai biến tăng tới mức tới hạn nó sẽ triệt tiêu, khi đó độ ẩm đất tại vị trí M(x;y) bằng độ ẩm tự nhiên của đất trước khi tưới

Trong đó:

x<sub>0</sub>, y<sub>0</sub>: Là mức lan tỏa độ ẩm tối đa theo chiều ngang và chiều sâu.

Trên cơ sở phân tích diễn biến độ ẩm đất giữa các thời điểm quan trắc độ ẩm, sử dụng lý thuyết toán xác định được quy luật của hàm f(x;y) có dạng như sau:

$$f(x;y) = k(x_0-x)^\alpha(y_0-y)^\beta \text{ khi } 0 \leq x \leq x_0; 0 \leq y \leq y_0 \quad (4.3)$$

$$f(x;y) = 0 \text{ khi } x > x_0; y > y_0$$

Trong đó: k,  $\alpha$ ,  $\beta$  là các hằng số dương phụ thuộc vào tính chất đất thí nghiệm.

Xác định phương trình tổng quát hàm  $F(x;y)$  của mô hình truyền ẩm:

Phương trình  $F(x;y)$  trong miền  $0 \leq x \leq x_0; 0 \leq y \leq y_0$  có dạng:

$$F(x;y) = k(x_0-x)^\alpha(y_0-y)^\beta + a(y-1,5)^b \quad (4.4)$$

Để giải phương trình  $F(x;y)$  cần xác định các hệ số  $k; \alpha; \beta; a; b$  dựa vào các số liệu thực nghiệm.

#### 4.4.1.1. Xác định hàm độ ẩm trước tưới $g(y)$

Hàm số  $g(y)$  có dạng  $g(y) = a(y-1,5)^b$

Để xác định a; b dựa vào kết quả quan trắc độ ẩm đất trước khi tưới.

**Bảng 4.8. Độ ẩm đất trước tưới trong thí nghiệm 2 (%)**

Độ sâu (cm)	Khoảng cách tính từ điểm tưới (cm)				
	0	5	10	15	20
0-5	24,98	24,98	24,90	25,00	24,96
5-10	28,87	28,89	28,85	28,88	28,91
10-15	29,05	29,13	29,08	29,05	29,12
15-20	29,67	29,66	29,59	29,57	29,56
20-25	29,68	29,63	29,61	29,59	29,56

Theo độ sâu độ ẩm đất tăng dần tại điểm tưới từ 24,98 đến 29,68%, theo chiều ngang độ ẩm đất biến động ít từ 24,96 đến 25%. Từ kết quả trên, sử dụng hàm Regression trong Excel xác định được các hệ số của hàm độ ẩm trước khi tưới phụ thuộc vào điều kiện thời tiết khí hậu, đặc tính đất đã xây dựng được hàm xác định độ ẩm để dự đoán độ ẩm đất trước khi tưới:

$$g(y) = 25,282030(y-1,5)^{0,057362} \quad (4.5)$$

Với hệ số tương quan  $R = 0,966073$ , hệ số xác định hồi quy  $R^2 = 0,933298$ . Hệ số xác định hồi quy lớn hơn 0,5. Kết quả phân tích hồi qui được trình bày trong phần a, phụ lục 3.1.

#### 4.4.1.2. Xác định hàm độ ẩm tăng thêm $f(x;y)$ và hàm độ ẩm $F(x;y)$

Khi được tưới, độ ẩm đất sẽ tăng thêm so với trước khi tưới cả về độ sâu tầng đất và chiều rộng, trên cơ sở phương trình này, căn cứ vào mật độ cây trồng, tính chất đất có thể dự đoán được thời gian tưới hiệu quả với áp lực nước và lưu lượng nhỏ giọt cụ thể.

Với chu kỳ theo dõi độ ẩm đất 1 ngày/lần, phân tích số liệu thực nghiệm độ ẩm đất đo được nhận thấy 3 ngày sau khi kết thúc tưới nhỏ giọt trên khối đất, giá trị độ ẩm đất theo cả chiều rộng và chiều sâu không thay đổi nhiều so với thời điểm trước khi tưới. Điều này có nghĩa là quá trình tưới nhỏ giọt đã kết thúc một chu kỳ tưới, cần thực hiện chu kỳ tưới tiếp theo. Do vậy, trong nghiên cứu này sẽ xác định các hệ số của phương trình tổng quát trong mô hình truyền ẩm dựa trên số liệu theo dõi độ ẩm đất của một chu kỳ tưới.

Dạng tổng quát của hàm độ ẩm tăng thêm  $f(x;y)$  có dạng như sau:

$$f(x;y) = k(x_0-x)^\alpha(y_0-y)^\beta \text{ khi } 0 \leq x \leq x_0; 0 \leq y \leq y_0$$

$$f(x;y) = 0 \text{ khi } x > x_0; y > y_0$$

Hàm độ ẩm tăng thêm  $f(x, y)$  xác định trong các trường hợp ngay sau khi kết thúc tưới, sau khi tưới 1 ngày, 2 ngày, 3 ngày.

Để tìm các hệ số  $k, \alpha, \beta$  ta cần thực hiện phép biến đổi sau:

Từ hàm  $f(x;y) = k(x_0-x)^\alpha(y_0-y)^\beta$  thực hiện phép lấy logarit cả hai vế ta được:

$$\ln[f(x;y)] = \ln k + \alpha \ln(x_0-x) + \beta \ln(y_0-y)$$

Đặt  $z = \ln[f(x;y)]; u = \ln(x_0-x); v = \ln(y_0-y); \ln k = c$

$z = c + \alpha u + \beta v$  đây là hàm tuyến tính của  $z$  với hai biến  $u, v$

Để tìm  $c, \alpha, \beta$  thực hiện các bước sau:

+ Xác định các hằng số  $x_0, y_0$ : Từ số liệu theo dõi độ ẩm đất trong thí nghiệm 2 cho thấy sau khi kết thúc một đợt tưới nhỏ giọt, nước chỉ ngấm đến độ sâu và chiều ngang tối đa là 25cm do vậy xác định được độ lan truyền ẩm tối đa theo chiều ngang và chiều sâu là  $x_0 = y_0 = 25\text{cm}$ ;

+ Tìm lượng ẩm tăng thêm  $f(x;y)$  tại vị trí  $M(x;y)$ ;

+ Tìm các giá trị tương ứng  $z = \ln[f(x;y)]; u = \ln(x_0-x); v = \ln(y_0-y)$ ;

+ Sử dụng hàm Regression trong Excel tìm  $c, \alpha, \beta$  trong các trường hợp quan trắc độ ẩm đất.

a. Ngay sau khi kết thúc tưới nhỏ giọt

Ngay sau khi kết thúc tưới độ ẩm đất ở tầng đất mặt (0-5cm) cao hơn các tầng phía dưới, tại điểm tưới độ ẩm đất ở tầng mặt là 32,84%, tầng 20-25cm là 29,73% và càng xa điểm tưới thì độ ẩm đất càng giảm tương tự 32,84% và 27,23% (bảng 4.9).

**Bảng 4.9. Độ ẩm đất ngay sau khi kết thúc tưới trong thí nghiệm 2 (%)**

Độ sâu (cm)	Khoảng cách tính từ điểm tưới (cm)				
	0	5	10	15	20
0-5	32,84	32,41	29,77	28,57	27,23
5-10	32,31	32,26	29,64	29,49	29,08
10-15	30,78	30,72	29,53	29,38	29,33
15-20	30,23	30,15	29,65	29,59	29,48
20-25	29,73	29,69	29,63	29,60	29,57

Căn cứ vào diễn biến độ ẩm cũng như thực hiện phép biến đổi và sử dụng hàm Regression đã xác định được hàm độ ẩm tăng thêm  $f(x,y)$  tại vị trí  $M(x,y)$  với hệ số xác định hồi qui  $R^2 = 0,946491$  khá cao (phần b, phụ lục 3.1).

$$f(x,y) = 8,991810 \cdot 10^{-5} (25-x)^{1,240306} (25-y)^{2,311185}$$

Hàm xác định độ ẩm đất  $F(x, y)$  ngay khi kết thúc tưới là:

$$F(x,y) = 8,991810 \cdot 10^{-5} (25-x)^{1,240306} (25-y)^{2,311185} + 25,282030 (y-1,5)^{0,057362} \quad (4.6)$$

b. Sau khi kết thúc tưới nhỏ giọt 1 ngày

Sau khi kết thúc tưới 1 ngày, độ ẩm đất có xu hướng tăng ở tầng 5-10cm (32,14%) và tầng 10-15cm (31,98%), còn lại tầng mặt do tác động của điều kiện khí hậu nước đã bay hơi nên độ ẩm chỉ đạt 30,48% (bảng 4.10). Trong khi tầng 3 và tầng 4 độ ẩm đất không có sự thay đổi nhiều so với trước khi tưới. Sau khi thực hiện phép biến đổi và sử dụng hàm Regression xác định được hàm xác định độ ẩm tăng thêm  $f(x, y)$  với hệ số xác định hồi qui  $R^2 = 0,925598$  (phần c, phụ lục 3.1), hàm hồi quy tuyến tính chấp nhận tốt.

$$f(x, y) = 0,000332 (25-x)^{1,268971} (25-y)^{1,831896}$$

Hàm xác định độ ẩm đất  $F(x,y)$  sau khi kết thúc tưới một ngày:

$$F(x,y) = 0,000332 (25-x)^{1,268971} (25-y)^{1,831896} + 25,282030 (y-1,5)^{0,057362} \quad (4.7)$$

**Bảng 4.10. Độ ẩm đất 1 ngày sau khi tưới trong thí nghiệm 2 (%)**

Độ sâu (cm)	Khoảng cách tính từ điểm tưới (cm)				
	0	5	10	15	20
0-5	30,48	30,42	28,04	27,12	25,82
5-10	32,14	32,01	29,12	29,09	29,00
10-15	31,98	31,85	30,02	29,58	29,41
15-20	30,85	30,26	30,21	30,05	29,66
20-25	29,74	29,72	29,64	29,60	29,57

c. Sau khi kết thúc tưới nhỏ giọt 2 ngày

Độ ẩm đất sau khi kết thúc 2 ngày tưới, điều kiện khí hậu đã ảnh tới cả 3 tầng (tầng 0-5cm và tầng 5-10cm thậm chí cả tầng 10-15cm) do quá trình bay hơi của tầng mặt cũng như ảnh hưởng bởi tác động của tầng đất dưới. Khi thực hiện phép biến đổi và sử dụng hàm Regression xác định được hàm xác định độ ẩm tăng thêm  $f(x, y)$  với hệ số hồi qui  $R^2 = 0,559009$  (phần d, phụ lục 3.1).

$$f(x, y) = 0,002111(25-x)^{1,315452} (25-y)^{0,940766}$$

Hàm xác định độ ẩm đất  $F(x,y)$  sau khi kết thúc tưới hai ngày:

$$F(x,y) = 0,002111(25-x)^{1,315452} (25-y)^{0,940766} + 25,282030(y-1,5)^{0,057362} \quad (4.8)$$

**Bảng 4.11. Độ ẩm đất 2 ngày sau khi tưới trong thí nghiệm 2 (%)**

Độ sâu (cm)	Khoảng cách tính từ điểm tưới (cm)				
	0	5	10	15	20
0-5	27,11	27,09	26,73	26,33	25,12
5-10	29,02	29,01	28,95	28,93	28,90
10-15	29,18	29,14	29,10	29,07	29,04
15-20	30,22	30,08	29,98	29,76	29,65
20-25	29,77	29,73	29,67	29,61	29,58

d. Sau khi kết thúc tưới nhỏ giọt 3 ngày

Sau khi kết thúc 03 ngày tưới, độ ẩm đất ở tầng đất mặt giảm rất nhanh, tại điểm tưới độ ẩm chỉ còn 25,01% so với độ ẩm sau khi kết thúc tưới là 32,84% (bảng 4.9). Thực hiện phép biến đổi và sử dụng hàm Regression để xác định hệ

số của hàm độ ẩm tăng thêm  $f(x, y)$  với hệ số hồi qui  $R^2 = 0,217065$  (phần e, phụ lục 3.1). Với kết quả R thu được quá thấp, hàm hồi quy tuyến tính sẽ cho dự báo không chuẩn xác.

**Bảng 4.12. Độ ẩm đất 3 ngày sau khi tưới trong thí nghiệm 2 (%)**

Độ sâu (cm)	Khoảng cách tính từ điểm tưới (cm)				
	0	5	10	15	20
0-5	25,01	24,98	24,95	24,95	24,95
5-10	29,02	29,01	28,95	28,93	28,90
10-15	29,18	29,14	29,10	29,07	29,04
15-20	30,22	30,08	29,98	29,76	29,65
20-25	29,77	29,73	29,67	29,61	29,58

Hàm  $f(x, y)$  xác định được là

$$f(x, y) = 0,019181(25-x)^{0,755575} (25-y)^{-0,131680}$$

Hàm xác định độ ẩm đất  $F(x;y)$  sau khi kết thúc tưới ba ngày:

$$F(x;y) = 0,019181(25-x)^{0,755575} (25-y)^{-0,131680} + 25,282030(y-1,5)^{0,05736} \quad (4.9)$$

Từ bảng kết quả số liệu quan trắc độ ẩm đất sau 3 ngày tưới cho thấy kết quả đo được so với kết quả độ ẩm trước tưới xấp xỉ nhau, điều này có nghĩa là sau 3 ngày độ ẩm đất trở lại trạng thái ban đầu, cần phải thực hiện đợt tưới tiếp theo.

#### 4.4.1.3. Kiểm chứng các mô hình

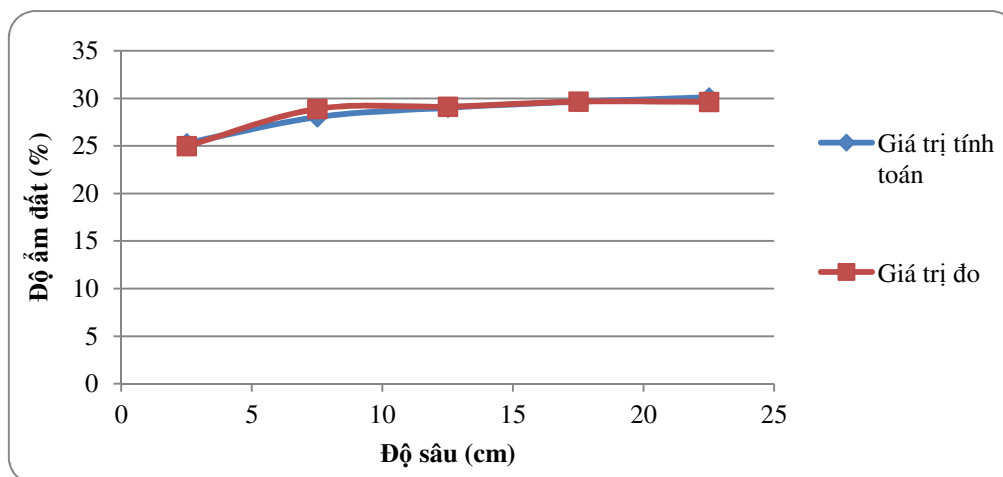
Khi xây dựng các hàm xác định độ ẩm trong mô hình chỉ sử dụng số liệu thực nghiệm đo được về phía phải của khối đất 1 và 2. Số liệu thực nghiệm đo được ở khối đất 3, lấy phía bên trái để kiểm chứng tính khách quan của từng mô hình.

##### a. Hàm độ ẩm trước khi tưới $g(y)$

Sử dụng hàm  $g(y)$  đánh giá sai số giữa giá trị tính toán của hàm  $g(y)$  và giá trị mẫu đối chứng thực đo tại các điểm xác định độ ẩm (các giá trị độ ẩm đất phía trái khối đất 3). Kết quả kiểm chứng tại tất cả các vị trí với các độ sâu khác nhau được trình bày trong phụ lục 3.2. Đồng thời biểu thị kết quả so sánh độ ẩm thực đo và độ ẩm tính toán tại một vị trí đại diện (vị trí cách điểm nhỏ giọt 5cm) thể

hiện trên hình 4.3. Sai số tương đối (tỷ lệ f) không có mẫu nào quá 5%, đường biểu diễn độ ẩm đất theo độ sâu tại vị trí cách điểm nhỏ giọt 5cm giữa thực đo và tính toán rất gần nhau, có nghĩa là giá trị thực đo và giá trị tính toán có sự sai khác không đáng kể.

Điều này cho thấy sử dụng hàm  $g(y) = 25,282030(y-1,5)^{0,057362}$  để xác định độ ẩm tự nhiên của đất trước khi tưới là rất tốt.



**Hình 4.3. Độ ẩm đất thực đo và tính toán trước khi tưới cho khối đất tại vị trí cách điểm tưới 5cm**

*b. Hàm xác định độ ẩm ngay sau khi tưới và sau khi tưới một ngày  $F(x;y)$*

Kiểm chứng mức độ sai số giữa giá trị tương ứng của hàm xác định độ ẩm  $F(x;y)$  tại vị trí  $M(x;y)$  với các giá trị mẫu đối chứng chính là đánh giá tổng sai số tại vị trí này của hàm độ ẩm tăng thêm  $f(x;y)$  so với giá trị độ ẩm tăng thêm đo được tại thực nghiệm và sai số giữa giá trị tương ứng của hàm độ ẩm trước tưới  $g(y)$  so với giá trị độ ẩm tại  $M(x;y)$  của mẫu đối chứng. Kết quả kiểm chứng được trình bày trong phụ lục 3.3, 3.4 cho thấy sai số giữa giá trị của mô hình và số liệu đối chứng (tỷ lệ f) đa số đều nhỏ hơn 10% (23/25 mẫu). Vì vậy có thể sử dụng hàm  $F(x;y)$  để xác định độ ẩm của đất ngay sau khi kết thúc tưới và sau tưới một ngày.

*c. Hàm xác định độ ẩm sau khi tưới hai và ba ngày*

Hàm xác định độ ẩm sau khi tưới hai và ba ngày có hệ số hồi qui tương đối thấp (<0,3) vì vậy kết quả dự báo có độ tin cậy thấp. Để có thể kiểm chứng dạng hàm xác định độ ẩm trong hai trường hợp này cần tiếp tục nghiên cứu thêm với thí nghiệm trên đồng ruộng để đưa ra kết luận cụ thể.

#### 4.4.2. Mô hình toán về lan truyền ẩm do tưới nhỏ giọt cho cà chua ngoài đồng ruộng

Nối tiếp từ kết quả bước đầu xây dựng mô hình toán trong phòng thí nghiệm, tác giả tiếp tục nghiên cứu và ứng dụng mô hình trên vào thí nghiệm trên đồng ruộng với mục đích tìm được các hệ số của phương trình tổng quát trong mô hình truyền ẩm đất theo chiều sâu và chiều ngang với lưu lượng tưới và mật độ cây trồng. Thí nghiệm được thực hiện trong vụ Đông năm 2014 tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam, số liệu thực nghiệm để xác định các hệ số trong hàm xác định độ ẩm dựa vào kết quả quan trắc ở công thức thí nghiệm tưới nhỏ giọt với giới hạn tưới 70-100% độ ẩm tối đa đồng ruộng.

Trong phòng thí nghiệm, do đất là đồng nhất nên độ ẩm chỉ phụ thuộc vào độ sâu của đất ( $y$ ), hàm xác định độ ẩm có dạng  $g(y) = a(y-1,5)^b$

Tuy nhiên khi ứng dụng vào thí nghiệm trên đồng ruộng thì độ ẩm phụ thuộc vào việc hút nước từ rễ của cây nên hàm xác định độ ẩm không chỉ phụ thuộc vào độ sâu ( $y$ ) mà còn phụ thuộc theo phương ngang ( $x$ ) tính từ điểm xác định độ ẩm tới trục thẳng đứng đi qua thân cây. Do đó hàm xác định độ ẩm trước khi tưới nhỏ giọt  $f_a(x,y)$  có dạng sau:

$$f_a(x, y) = a(x_0 - x)^b (y_0 - y)^c \quad (4.10)$$

Trong đó:

$x_0, y_0$ : Là khoảng cách tối đa về chiều ngang và chiều sâu của điểm lấy mẫu. Do khoảng cách giữa hai hàng là 60cm, giữa hai cây là 40cm và căn cứ vào giá trị độ ẩm tại các vị trí lấy mẫu xác định được  $x_0 = y_0 = 25\text{cm}$ ;

$y$ : Là độ sâu tầng đất;

$x$ : Là khoảng cách từ vị trí xác định độ ẩm tới trục thẳng đứng tại vị trí tưới.

##### 4.4.2.1. Xác định hàm độ ẩm trước khi tưới

Để tìm các hệ số  $a, b$  và  $c$  sử dụng các số liệu độ ẩm phía bên phải của điểm theo dõi thứ nhất. Các số liệu phía bên trái của điểm theo dõi thứ 2 dùng để kiểm chứng độ chính xác của mô hình.

Từ kết quả theo dõi độ ẩm đất ở bảng 4.13, sử dụng hàm Regression trong Excel, kết quả phân tích hồi qui được trình bày trong phần a, phụ lục 4.1, xác định được:

$$\ln(f_a(x, y)) = 3,127449 + 0,010086\ln(25-x) - 0,018850\ln(25-y)$$

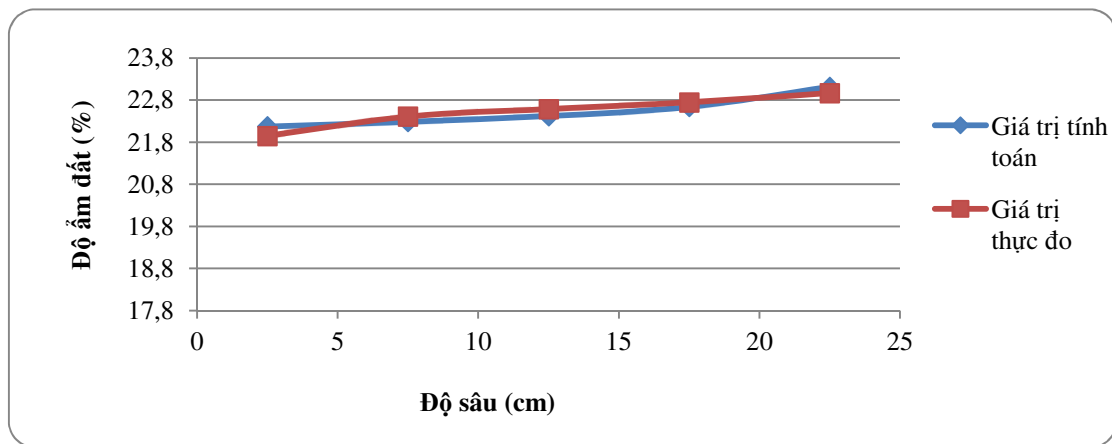
$$\text{Từ đó suy ra: } f_a(x, y) = 22,815710(25-x)^{0,010086} (25-y)^{-0,018850} \quad (4.11)$$

Với hệ số tương quan  $R = 0,901511$ , hệ số xác định hồi quy  $R^2 = 0,812722$

Sử dụng hàm  $f_a(x, y) = 22,815710(25-x)^{0,010086} (25-y)^{-0,018850}$  để kiểm tra các mẫu đối chứng (số liệu thực nghiệm bên trái của điểm theo dõi thứ hai). Kết quả được trình bày trong phụ lục 4.2 và hình 4.4. Các sai số ở tất cả các vị trí và các độ sâu đều nhỏ hơn 1,5%, đường biểu diễn độ ẩm đất tại vị trí 5cm khá gần nhau. Như vậy hàm  $f_a(x, y)$  xác định độ ẩm trước khi tưới là rất tốt.

**Bảng 4.13. Độ ẩm đất trước tưới nhỏ giọt trong thí nghiệm 3 (%)**

Độ sâu (cm)	Khoảng cách tính từ điểm tưới (cm)				
	0	5	10	15	20
0-5	22,03	21,95	21,81	21,74	21,58
5-10	22,42	22,40	22,31	22,18	22,06
10-15	22,62	22,58	22,49	22,42	22,27
15-20	22,89	22,76	22,68	22,60	22,52
20-25	23,02	22,96	22,89	22,82	22,74



**Hình 4.4. Độ ẩm đất thực đo và tính toán trước khi tưới cho cà chua tại vị trí cách điểm tưới 5cm**

#### 4.4.2.2. Xác định hàm độ ẩm ngay sau khi tưới

Khi được tưới, độ ẩm đất sẽ tăng thêm so với trước khi tưới cả về chiều sâu tầng đất và chiều rộng

Gọi  $Z_a$  là độ ẩm đo được tại vị trí có tọa độ  $(x, y)$  trước khi tưới;

Gọi  $Z_0$  là độ ẩm đo được tại vị trí có tọa độ  $(x, y)$  ngay sau khi tưới.

Đặt  $g_0(x, y)$  là hàm xác định lượng ẩm bổ sung vào đất ngay sau khi tưới nhỏ giọt. Hàm  $g_0(x, y)$  có dạng sau:

$$g_0(x, y) = a.(25-x)^b(25-y)^c$$

**Bảng 4.14. Độ ẩm đất ngay sau khi tưới trong thí nghiệm 3 (%)**

Độ sâu (cm)	Khoảng cách tính từ điểm tưới (cm)				
	0	5	10	15	20
0-5	30,29	29,98	29,77	28,96	28,23
5-10	30,05	29,79	29,51	28,63	28,10
10-15	26,37	26,04	25,89	25,65	25,36
15-20	23,09	23,00	22,87	22,78	22,53
20-25	23,02	22,96	22,89	22,82	22,74

Ngay sau khi kết thúc tưới độ ẩm đất tăng nhanh ở độ sâu 0-10cm, tại điểm tưới ở tầng mặt (0-5cm) là 30,29% và càng xa điểm tưới thì độ ẩm đất càng giảm vị trí ngoài cùng độ ẩm là 28,23%, còn ở các độ sâu 15-25cm tại nhiều vị trí độ ẩm của đất trước và sau khi tưới chênh nhau không đáng kể xung quanh giá trị độ ẩm 23%, đó là do khi tưới nhỏ giọt sự lan truyền ẩm chỉ tập trung ở tầng đất 0-15cm. Căn cứ vào diễn biến độ ẩm đất lập hàm hồi quy tuyến tính của  $\ln(Z_0 - Z_a + 1)$  theo  $\ln(25-x)$  và  $\ln(25-y)$ , sử dụng hàm Regression trong Excel xác định được các hệ số  $a$ ,  $b$  và  $c$ . Kết quả phân tích hồi quy được trình bày trong phần b, phụ lục 4.1.

$$\ln g_0(x, y) = -1,545650 + 0,090333\ln(25-x) + 1,087100\ln(25-y)$$

Từ đây suy ra:  $g_0(x, y) = 0,213175(25-x)^{0,090333}(25-y)^{1,087100}$

Với hệ số tương quan  $R = 0,911825$ , hệ số xác định hồi quy  $R^2 = 0,831425$

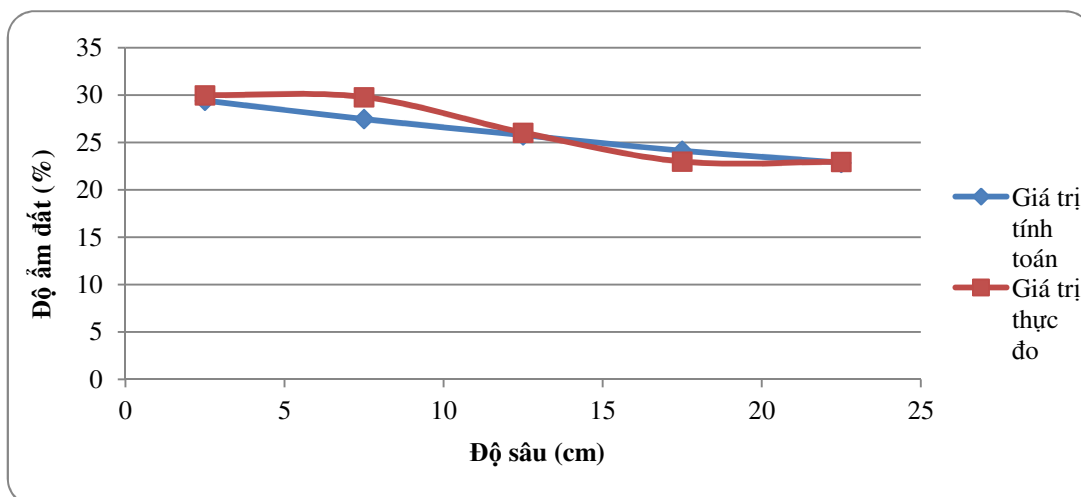
Gọi  $F_0(x, y)$  là hàm xác định độ ẩm của đất ngay sau khi tưới ta có:

$$F_0(x, y) = f_a(x, y) + g_0(x, y) - 1$$

$$F_0(x, y) = \frac{22,815710(25-x)^{0,010086} \cdot (25-y)^{-0,018850n} + 0,213175}{(25-x)^{0,090333}(25-y)^{1,087100} - 1} \quad (4.12)$$

Sử dụng các số liệu đối chứng để kiểm chứng hàm  $F_0(x, y)$ , kết quả kiểm chứng tại tất cả các vị trí và các độ sâu được trình bày ở phụ lục 4.3. Kết quả cho

thấy có ba mẫu sai số trên 7% dưới 8%, các mẫu còn lại đều có sai số dưới 5%. Hình 4.5 biểu diễn độ ẩm đất tính toán và thực đo theo độ sâu tại vị trí cách điểm tưới 5cm, đường biểu diễn các giá trị độ ẩm thực đo và độ ẩm tính toán chưa thật gần nhau. Tuy nhiên với sự sai khác này thì hàm xác định độ ẩm có thể chấp nhận được.



**Hình 4.5. Độ ẩm đất thực đo và tính toán ngay sau khi tưới cho cà chua tại vị trí cách điểm tưới 5cm**

#### 4.4.2.3. Xác định hàm độ ẩm sau khi tưới một ngày

Gọi  $Z_a$  là độ ẩm đo được tại vị trí có tọa độ  $(x, y)$  trước khi tưới;

Gọi  $Z_1$  là độ ẩm đo được tại vị trí có tọa độ  $(x, y)$  sau khi tưới một ngày;

Đặt  $g_1(x, y)$  là hàm xác định sự chênh lệch giữa độ ẩm sau khi tưới một ngày với độ ẩm trước khi tưới nhỏ giọt. Hàm  $g_1(x, y)$  có dạng sau:

$$g_1(x, y) = a.(25 - x)^b(25 - y)^c$$

**Bảng 4.15. Độ ẩm đất một ngày sau khi tưới trong thí nghiệm 3 (%)**

Độ sâu (cm)	Khoảng cách tính từ điểm tưới (cm)				
	0	5	10	15	20
0-5	26,88	26,73	26,54	26,28	26,07
5-10	27,12	27,01	26,87	26,59	26,31
10-15	27,53	27,32	27,16	26,88	26,58
15-20	23,95	23,76	23,47	23,01	22,85
20-25	23,02	22,96	22,89	22,82	22,74

Số liệu từ bảng 4.15 cho thấy, so với độ ẩm đất khi vừa kết thúc tưới, độ ẩm đất ở độ sâu 0-10cm giảm xuống còn ở độ sâu 10-20cm độ ẩm đất có xu hướng tăng nhưng không đáng kể.

Tại gốc cây, ở độ sâu 10-15cm độ ẩm đất tăng từ 26,37% lên 27,53%, ở độ sâu 15-20cm độ ẩm tăng từ 23,09% lên 23,95%, ở các vị trí khác cũng tương tự. Do vậy để tìm các hệ số a, b và c lập hàm hồi quy tuyến tính của  $\ln(Z_1 - Z_a + 1)$  theo  $\ln(25-x)$  và  $\ln(25-y)$ , sử dụng hàm Regression trong Excel. Kết quả phân tích hồi quy được trình bày trong phần c, phụ lục 4.1.

$$\ln g_1(x, y) = -1,12986 + 0,091318\ln(25-x) + 0,890315\ln(25-y)$$

$$\text{Từ đây suy ra: } g_1(x, y) = 0,323079(25-x)^{0,091318}(25-y)^{0,890315}$$

Với hệ số tương quan  $R = 0,937792$ , hệ số xác định hồi quy  $R^2 = 0,879454$

Gọi  $F_1(x,y)$  là hàm xác định độ ẩm của đất sau khi tưới một ngày, ta có:

$$\begin{aligned} F_1(x,y) &= f_a(x, y) + g_1(x, y) - 1 \\ F_1(x,y) &= 22,815710(25-x)^{0,010086} (25-y)^{-0,018850} \\ &+ 0,323079(25-x)^{0,091318}(25-y)^{0,890315} - 1 \quad (4.13) \end{aligned}$$

Sử dụng các số liệu đối chứng để kiểm chứng giá trị độ ẩm. Kết quả kiểm chứng tại tất cả các vị trí và độ sâu được trình bày trong phụ lục 4.4. Kết quả kiểm chứng cũng tương tự như trong trường hợp ngay sau khi tưới, có ba mẫu sai số trên 7% dưới 8%, các mẫu còn lại đều có sai số dưới 5%. Như vậy, hàm xác định độ ẩm có thể chấp nhận được.

#### **4.4.2.4. Xác định hàm độ ẩm sau khi tưới hai ngày**

Gọi  $Z_1$  là độ ẩm đo được tại vị trí có tọa độ  $(x, y)$  sau khi tưới một ngày.

Gọi  $Z_2$  là độ ẩm đo được tại vị trí có tọa độ  $(x, y)$  sau khi tưới hai ngày.

Đặt  $g_2(x, y)$  hàm xác định sự chênh lệch giữa độ ẩm sau khi tưới một ngày với sau khi tưới hai ngày. Hàm  $g_2(x, y)$  có dạng sau:

$$g_2(x, y) = a.(25-x)^b(25-y)^c$$

Sau khi tưới hai ngày độ ẩm đất ở các độ sâu đều giảm xuống và trong cùng một tầng độ ẩm của đất ở các vị trí chênh nhau không đáng kể. Ví dụ tầng 10-15cm đất có độ ẩm cao nhất ở vị trí sát cây 25,16% tiếp theo là 25%, 24,79%, 24,56%, 24,24%. Ở các tầng khác chênh lệch độ ẩm cũng tương tự.

Do vậy để tìm các hệ số a, b và c lập hàm hồi quy tuyến tính của  $\ln(Z_1 - Z_2 + 1)$  theo  $\ln(25-x)$  và  $\ln(25-y)$ , sử dụng hàm Regression trong Excel xác định được các hệ số a, b và c. Kết quả phân tích hồi qui được trình bày trong phần d, phụ lục 4.1.

**Bảng 4.16. Độ ẩm đất hai ngày sau khi tưới trong thí nghiệm 3 (%)**

Độ sâu (cm)	Khoảng cách tính từ điểm tưới (cm)				
	0	5	10	15	20
0-5	24,76	24,59	24,27	24,02	23,79
5-10	24,92	24,78	24,45	24,21	24,00
10-15	25,16	25,00	24,79	24,56	24,24
15-20	23,27	23,11	22,96	22,84	22,68
20-25	23,02	22,96	22,89	22,82	22,74

$$\ln g_2(x, y) = -0,723 + 0,042317 \ln(25-x) + 0,612153 \ln(25-y)$$

Từ đây suy ra:  $g_2(x, y) = 0,485292 (25-x)^{0,042317} (25-y)^{0,612153}$

Với hệ số tương quan  $R = 0,923398$ , hệ số xác định hồi quy  $R^2 = 0,852663$

Gọi  $F_2(x, y)$  là hàm xác định độ ẩm của đất sau khi tưới hai ngày ta có:

$$\begin{aligned} F_2(x, y) &= f_1(x, y) - g_2(x, y) + 1 \\ F_2(x, y) &= 22,815710(25-x)^{0,010086}(25-y)^{-0,018850} \\ &\quad + 0,323079(25-x)^{0,091318}(25-y)^{0,890315} \\ &\quad - 0,485292 (25-x)^{0,042317}(25-y)^{0,612153} \end{aligned} \quad (4.14)$$

Sử dụng các số liệu đối chứng để kiểm chứng giá trị độ ẩm. Kết quả kiểm chứng tại tất cả các vị trí và độ sâu được trình bày trong phụ lục 4.5. Sai số giữa giá trị độ ẩm thực đo và độ ẩm tính toán đều nhỏ hơn 5%. Như vậy hàm xác định độ ẩm là chấp nhận được.

#### 4.4.2.5. Xác định hàm độ ẩm sau khi tưới ba ngày

Gọi  $Z_3$  là độ ẩm đo được tại vị trí có tọa độ (x, y) sau khi tưới ba ngày.

Gọi  $Z_2$  là độ ẩm đo được tại vị trí có tọa độ (x, y) sau khi tưới hai ngày.

Đặt  $g_3(x, y)$  hàm xác định sự chênh lệch giữa độ ẩm sau khi tưới hai ngày với sau khi tưới ba ngày. Hàm  $g_3(x, y)$  có dạng sau:

$$g_3(x, y) = a.(25-x)^b(25-y)^c$$

Độ ẩm đất giảm nhanh sau khi tưới ba ngày, nhất là ở tầng mặt (0-5cm) độ ẩm giảm từ 24,76% xuống 22,16% ở vị trí sát gốc cây, các vị trí khác cũng tương tự. Đồng thời độ ẩm ở các vị trí khác nhau trong cùng một tầng chênh nhau không đáng kể như tầng 2 (5-10cm). Do vậy để tìm các hệ số a, b và c lập hàm hồi quy tuyến tính của  $\ln(Z_2-Z_3 + 1)$  theo  $\ln(25-x)$  và  $\ln(25-y)$ , sử dụng hàm Regression trong Excel xác định được các hệ số a, b và c. Kết quả phân tích hồi qui được trình bày trong phần e, phụ lục 4.1.

**Bảng 4.17. Độ ẩm đất ba ngày sau khi tưới trong thí nghiệm 3 (%)**

Độ sâu (cm)	Khoảng cách tính từ điểm tưới (cm)				
	0	5	10	15	20
0-5	22,16	22,16	21,86	21,76	21,60
5-10	22,63	22,63	22,37	22,20	22,09
10-15	22,74	22,74	22,53	22,46	22,30
15-20	22,97	22,97	22,69	22,63	22,55
20-25	23,03	22,98	22,89	22,84	22,76

$$\ln g_3(x, y) = -0,913990 + 0,075750 \ln(25-x) + 0,640025 \ln(25-y)$$

Từ đây suy ra:

$$g_3(x, y) = 0,400922(25-x)^{0,075750}(25-y)^{0,640025}$$

Với hệ số tương quan  $R = 0,924410$ , hệ số xác định hồi quy  $R^2 = 0,854535$ .

Gọi  $F_3(x, y)$  là hàm xác định độ ẩm của đất sau khi tưới ba ngày ta có:

$$\begin{aligned} F_3(x, y) &= f_2(x, y) - g_3(x, y) + 1 \\ F_3(x, y) &= 22,815710(25-x)^{0,010086}(25-y)^{-0,018850} \\ &+ 0,323079(25-x)^{0,091318}(25-y)^{0,890315} \\ &- 0,485292(25-x)^{0,042317}(25-y)^{0,612153} \\ &- 0,400922(25-x)^{0,075750}(25-y)^{0,640025} + 1 \end{aligned} \quad (4.15)$$

Sử dụng các số liệu đối chứng để kiểm chứng giá trị độ ẩm. Kết quả kiểm chứng độ ẩm đất tại tất cả các vị trí và các độ sâu được trình bày trong phụ lục 4.6. Sai số giữa giá trị độ ẩm thực đo và độ ẩm tính toán đều nhỏ hơn 3%. Như vậy hàm xác định độ ẩm rất tốt.

Các giá trị độ ẩm sau 3 ngày tưới (bảng 4.17) xấp xỉ với độ ẩm ban đầu trước khi tưới (bảng 4.13), điều này có nghĩa là sau 3 ngày độ ẩm đất trở lại trạng thái ban đầu, cần phải thực hiện đợt tưới tiếp theo.

#### **4.4.2.6. Mô hình toán về lan truyền ẩm trong đất khi có mưa**

Với thí nghiệm trên đồng ruộng, độ ẩm đất phụ thuộc vào cả phương ngang và chiều sâu. Tuy nhiên khi có mưa thì toàn bộ mặt ruộng đều được cung cấp nước, khi đó độ ẩm đất phụ thuộc chủ yếu vào độ sâu tầng đất. Diễn biến độ ẩm đất tùy thuộc vào lượng mưa rơi. Qua theo dõi độ ẩm đất sau khi mưa nhận thấy, những trận mưa với lượng mưa nhỏ hơn 5mm thì độ ẩm đất tại các độ sâu biến động nhỏ và không đáng kể, với những trận mưa từ 5mm đến 10mm đã ảnh hưởng đến độ ẩm đất, lượng nước tưới nhưng không quá lớn, còn khi mưa với cường độ trên 10mm đã ảnh hưởng lớn đến độ ẩm đất và thay đổi lịch trình tưới so với dự kiến trước khi mưa. Điều này cũng tương tự với kết quả nghiên cứu của Trần Hùng và cs. (2013), theo các tác giả khi lượng mưa nhỏ hơn 10mm tưới bình thường, khi lượng mưa từ 10-20mm sẽ giảm 50% lượng nước tưới và khi lượng mưa lớn hơn 20mm sẽ không cần phải tưới.

Trên cơ sở phân tích diễn biến các giá trị độ ẩm đất theo dõi được qua các trận mưa xây dựng được dạng tổng quát của hàm xác định độ ẩm đất sau mưa như sau:  $f(y) = ay^b$ .

Trong đó:

a, b: Là các hệ số phụ thuộc vào giá trị độ ẩm đất thực đo;

y: Là độ sâu tầng đất.

Để tìm các hệ số a, b dựa vào số liệu độ ẩm thực đo sau trận mưa ngày 23/10/2014 với lượng mưa đo được là 41,7mm, với lượng mưa này đã làm độ ẩm trung bình của tầng đất 0-25cm tăng từ 24,35% lên 33,16%. Số liệu độ ẩm được quan trắc ở hai điểm, một điểm để xác định các hệ số của hàm độ ẩm, còn một điểm dùng để kiểm chứng.

Sau khi mưa, độ ẩm đất ở các vị trí theo phương ngang gần như nhau, còn theo độ sâu có sự chênh lệch không đáng kể. Sử dụng hàm Regression trong Excel, kết quả phân tích hồi qui được trình bày trong phần a, phụ lục 5.1, xác định được:  $\ln(f(y)) = 3,492060 + 0,003615\ln(y)$ .

Từ đó suy ra:

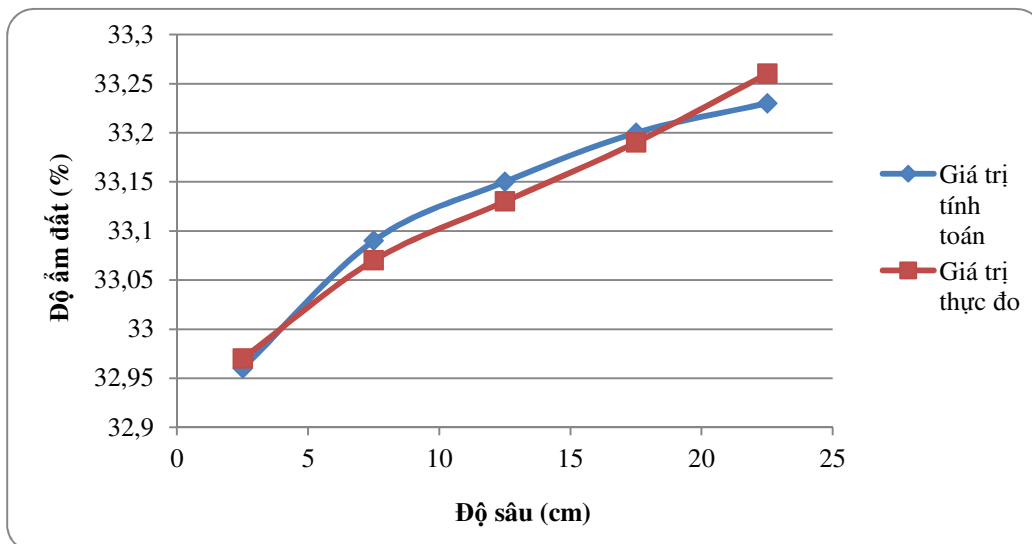
$$f(y) = 32,853551y^{0,003615} \quad (4.16)$$

Với hệ số tương quan  $R = 0,981254$ , hệ số xác định hồi quy  $R^2 = 0,962860$ .

**Bảng 4.18. Độ ẩm đất sau khi mưa (%)**

Độ sâu (cm)	Khoảng cách tính từ điểm tưới (cm)				
	0	5	10	15	20
0-5	32,98	32,96	32,97	32,98	32,99
5-10	33,07	33,08	33,06	33,07	33,09
10-15	33,14	33,12	33,13	33,15	33,14
15-20	33,20	33,21	33,22	33,21	33,20
20-25	33,25	33,23	33,24	33,23	33,24

Sử dụng hàm  $f(y) = 32,853551y^{0,003615}$  để kiểm tra các mẫu đối chứng. Kết quả kiểm chứng được trình bày trong phụ lục 5.2 và kết quả so sánh độ ẩm đất tính toán và độ ẩm đất thực đo tại vị trí cách điểm nhỏ giọt 5cm được thể hiện trên hình 4.6. Kết quả cho thấy sai số đều nhỏ hơn 1%, đường biểu diễn độ ẩm đất tại vị trí này rất gần nhau. Như vậy hàm  $f(y)$  xác định độ ẩm sau khi mưa là rất tốt.



**Hình 4.6. Độ ẩm đất thực đo và tính toán sau khi mưa tại vị trí cách điểm tưới 5cm**

#### 4.4.2.7. Mô hình toán về lan truyền ẩm trong đất theo thời gian

Ngoài các kết quả mô hình toán về lan truyền ẩm trong đất do tưới nhỏ giọt, do mưa để dự báo được diễn biến độ ẩm trong tầng đất canh tác theo chiều sâu và chiều rộng để khuyến cáo chế độ tưới hợp lý với lưu lượng tưới và lượng nước tưới đảm bảo độ ẩm đất được duy trì trong tầng đất chứa bộ rễ tích cực của cây cà chua đã xây dựng được thì việc xây dựng mô hình toán về lan truyền ẩm trong đất theo thời gian sẽ dự báo được thời điểm tưới giúp cung cấp nước kịp thời đảm bảo cây trồng sinh trưởng và phát triển tốt.

Để xây dựng mô hình toán xác định độ ẩm đất theo thời gian, tác giả đã tiến hành theo dõi diễn biến độ ẩm đất trung bình trong tầng đất canh tác theo từng ngày trong vụ Đông 2014. Kết quả theo dõi độ ẩm đất được trình bày trong phụ lục 5.5.

Với những ngày có mưa lớn (lớn hơn 10mm), ngay trước khi tưới và sau khi tưới từ 1 đến 3 ngày đã xây dựng được dạng hàm xác định độ ẩm đất (ở các phần trên). Do đó ở phần này sẽ xác định hàm độ ẩm dựa trên cơ sở phân tích diễn biến các giá trị độ ẩm đất trung bình theo dõi được trong giai đoạn không có mưa lớn và không tưới, với các số liệu đó xây dựng được dạng hàm xác định độ ẩm đất theo thời gian như sau:

$$f(t) = a(t+1)^b \quad (4.17)$$

Trong đó: a, b là các hệ số phụ thuộc vào giá trị độ ẩm đất thực đo.

Xác định hệ số a, b tác giả sử dụng số liệu độ ẩm đất thực đo trong hai giai đoạn sau khi mưa lớn (> 10mm) và giai đoạn không có mưa (hoặc mưa nhỏ hơn 10mm).

##### a. Hàm xác định độ ẩm đất theo thời gian trong giai đoạn sau khi mưa lớn

Theo số liệu theo dõi trong phụ lục 5.5, ngày 29/10/2014 xảy ra trận mưa lớn với lượng mưa 48,1mm. Để xác định hệ số a, b trong trường hợp này, tác giả sử dụng số liệu theo dõi độ ẩm đất từ ngày 30/10 đến ngày 6/11.

Từ các số liệu độ ẩm, sử dụng hàm Regression trong Excel với kết quả phân tích hồi quy được trình bày trong phần b, phụ lục 5.1, xác định được:

$$f(t) = 34,345084(t+1)^{-0,022820} \quad (4.18)$$

Với hệ số tương quan  $R = 0,908637$ , hệ số xác định hồi quy  $R^2 = 0,825562$ .

Sử dụng hàm  $f(t)$  để kiểm tra các mẫu đối chứng. Kết quả được trình bày trong phụ lục 5.3 cho thấy sai số đều nhỏ hơn 1%, như vậy hàm  $f(t)$  xác định độ ẩm theo thời gian trong giai đoạn này là rất tốt.

*b. Hàm xác định độ ẩm đất theo thời gian trong giai đoạn không có mưa lớn (hoặc mưa nhỏ hơn 10mm)*

Từ số liệu theo dõi trong phụ lục 5.5, ngày 16/11/2014 xảy ra trận mưa với lượng mưa 10,1mm do vậy để xác định hệ số  $a$ ,  $b$  trong trường hợp này, chúng tôi sử dụng số liệu theo dõi độ ẩm đất từ ngày 17/11 đến ngày 6/12 (trước khi phải tưới lần thứ nhất).

Từ các số liệu độ ẩm, sử dụng hàm Regression trong Excel với kết quả phân tích hồi qui được trình bày trong phần c, phụ lục 5.1, xác định được:

$$f(t) = 34,557664(t+1)^{-0,121659} \quad (4.19)$$

Với hệ số tương quan  $R = 0,925731$ , hệ số xác định hồi quy  $R^2 = 0,856977$ .

Sử dụng hàm  $f(t)$  để kiểm tra các mẫu đối chứng. Kết quả được trình bày trong phụ lục 5.4. Kết quả cho thấy phần lớn sai số đều nhỏ hơn 5%, có 3 mẫu sai số trên 5% như vậy hàm  $f(t)$  xác định độ ẩm theo thời gian trong giai đoạn này là chấp nhận được.

#### **4.4.2.8. Kết quả dự báo diễn biến độ ẩm đất, thời điểm tưới và xác định lượng nước tưới theo mô hình toán do tưới nhỏ giọt cho cà chua vụ Đông 2014**

Với các hàm xác định độ ẩm đất do tưới nhỏ giọt cho cà chua xây dựng được từ số liệu thực nghiệm quan trắc trong công thức tưới nhỏ giọt với giới hạn (70-100) % độ ẩm tối đa đồng ruộng, ứng dụng để dự báo diễn biến độ ẩm đất hàng ngày trong suốt thời gian sinh trưởng của cây cà chua. Trên cơ sở giá trị độ ẩm dự báo để xác định thời điểm tưới, số lần tưới trong vụ và tính toán mức tưới mỗi lần.

*Dự báo độ ẩm đất:*

Trong quá trình sinh trưởng của cây cà chua, diễn biến độ ẩm đất phụ thuộc vào lượng mưa và lượng nước tưới. Để dự báo được độ ẩm trong cả vụ, chia thành các thời đoạn khác nhau tương ứng với các hàm xác định độ ẩm đã xây dựng được, cụ thể như sau:

Với những ngày có mưa lớn (lượng mưa > 10mm) sử dụng hàm  $f(y) = ay^b$  dự báo độ ẩm đất. Ví dụ, ngày 29/10/2014 xảy ra trận mưa lớn với lượng mưa

48,1mm, độ ẩm dự báo được từ hàm  $f(y)$  là 33,61% (là giá trị trung bình của các giá trị độ ẩm ở độ sâu quan trắc).

Giai đoạn sau khi mưa lớn: được tính từ sau ngày xảy ra mưa lớn đến trước ngày có trận mưa lớn tiếp theo hoặc có tưới và giai đoạn không có mưa (hoặc mưa nhỏ hơn 10mm) sử dụng hàm  $f(t) = a(t+1)^b$ .

Ví dụ, ngày 30/10/2014 sau khi xảy ra trận mưa lớn vào ngày 29/10/2014, độ ẩm dự báo được từ hàm  $f(t)$  với  $t = 1$  là 34,32%; ngày 31/10/2014 với  $t = 2$  thì độ ẩm dự báo là 34,24%.

Khi có tưới sử dụng các hàm xác định độ ẩm do tưới để dự báo độ ẩm đất: hàm dự báo sau tưới 1, 2, 3 ngày. Giá trị độ ẩm ngày là giá trị độ ẩm trung bình của các vị trí và độ sâu dự báo được.

*Xác định thời điểm tưới:*

Khi giá trị độ ẩm đất dự báo bằng hoặc gần bằng 70% độ ẩm tối đa đồng ruộng thì sẽ phải tưới. Vì vậy để tìm khoảng thời gian tính từ ngày theo dõi đến ngày cần tưới tác giả sử dụng hàm xác định độ ẩm đất theo thời gian  $f(t) = a(t+1)^b$  và giải phương trình với một vế chính là giá trị độ ẩm đất phải tưới.

Ví dụ, ngày 18/11/2014, độ ẩm đất dự báo được từ hàm  $f(t)$  là 32,56%, hàm  $f(t)$  trong giai đoạn này là  $f(t) = 32,557664(t+1)^{-0,121659}$

Độ ẩm tối đa đồng ruộng 32,24%, độ ẩm phải tưới là 22,56% (70% độ ẩm tối đa đồng ruộng).

Ta có phương trình mũ:

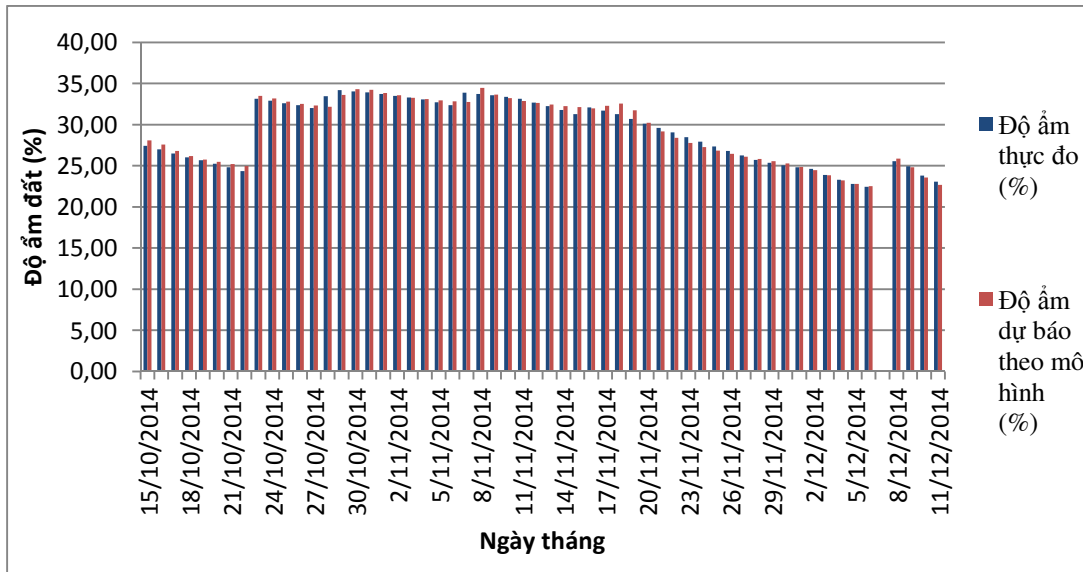
$$32,557664(t+1)^{-0,121659} = 22,56$$

Giải phương trình trên bằng cách logarit 2 vế của phương trình và tìm được  $t = 19$  ngày.

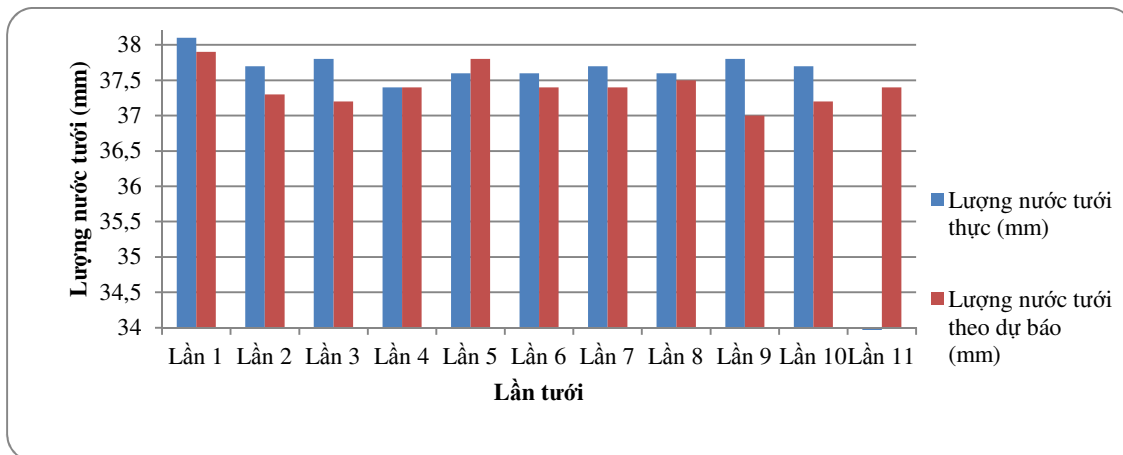
Như vậy, với giá trị độ ẩm đất dự báo là 32,56% vào ngày 18/11/2014 thì sau 19 ngày tiếp theo sẽ phải tưới. Tuy nhiên nếu trong khoảng thời gian này có xảy ra mưa thì quy luật bị thay đổi và phải dự báo lại thời điểm tưới dựa vào độ ẩm dự đoán được của trận mưa đó.

*Xác định lượng nước tưới mỗi lần:*

Lượng nước tưới mỗi lần là lượng nước cần cung cấp để độ ẩm đất từ độ ẩm ban đầu trước khi tưới đạt đến độ ẩm tối đa đồng ruộng.



**Hình 4.7. Diễn biến độ ẩm đất thực đo và độ ẩm đất dự báo theo mô hình toán trong vụ Đông năm 2014**



**Hình 4.8. Diễn biến lượng nước tưới thực và lượng nước tưới dự báo theo mô hình toán trong vụ Đông năm 2014**

Kết quả dự báo độ ẩm đất, thời điểm tưới và lượng nước tưới cho cà chua được trình bày trong phụ lục 6. Diễn biến độ ẩm đất dự báo và thực đo có sự sai khác không đáng kể. Số lần tưới, thời điểm tưới và lượng nước tưới do dự báo và thực tế có sự sai khác. Chênh lệch về thời điểm tưới do dự báo và thực tế từ 1 đến 2 ngày dẫn đến số lần tưới khác nhau, số lần tưới theo dự báo trong cả vụ là 11 lần, tuy nhiên số lần tưới thực là 10 lần. Theo dự báo, độ ẩm đất trung bình ngày 6/2/2015 ở ngưỡng xấp xỉ 70% độ ẩm tối đa nên kế hoạch sẽ phải tưới nước lần thứ 11. Tuy nhiên, thực tế thời điểm này vào cuối vụ diễn biến độ ẩm đất thay

đổi không quá nhiều, độ ẩm thực tế đo được lớn hơn ngưỡng độ ẩm phải tưới (> 70% độ ẩm tối đa) nên không thực hiện lần tưới này. Lượng nước tưới mỗi lần dự báo từ 37,0-37,8mm, chênh lệch không quá lớn từ 0,1mm đến 0,8mm song số lần tưới do dự báo nhiều hơn một lần nên tổng lượng nước tưới thực trong cả vụ thấp hơn khoảng 8,4% so với dự báo (377mm so với 411,5mm). Khi tính đến tỷ lệ diện tích cấp nước do tưới nhỏ giọt thì lượng nước tưới mỗi lần dao động trong khoảng 19,35-19,77mm (193,5-197,7 m<sup>3</sup>/ha).

#### **4.5. ỨNG DỤNG MÔ HÌNH TOÁN ĐỀ DỰ BÁO THỜI ĐIỂM TƯỚI, TÍNH TOÁN SỐ LẦN TƯỚI VÀ LƯỢNG NƯỚC TƯỚI NHỎ GIỌT CHO CÂY CÀ CHUA VỤ ĐÔNG 2015**

Với kết quả hàm xác định độ ẩm đất do tưới nhỏ giọt xây dựng được trong thí nghiệm vụ Đông năm 2014 tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam và kiểm chứng mô hình này là tốt và chấp nhận được, tác giả tiếp tục ứng dụng mô hình toán vào tưới nhỏ giọt cho cây cà chua trong thí nghiệm lặp lại tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam và mô hình tại một hộ gia đình xã Cổ Bi, huyện Gia Lâm, Hà Nội vào vụ Đông 2015. Đặc điểm đất đai, mùa vụ và điều kiện khí hậu của xã Cổ Bi tương tự như Học viện Nông nghiệp Việt Nam, thị trấn Trâu Quỳ.

##### **4.5.1. Kiểm chứng mô hình toán với diễn biến độ ẩm đất do tưới nhỏ giọt cho cây cà chua vụ Đông 2015**

Để ứng dụng mô hình toán, trước tiên kiểm chứng sự phù hợp của mô hình toán đã xây dựng được trong thí nghiệm vụ Đông năm 2014 tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam với diễn biến độ ẩm đất đo được trong thí nghiệm và mô hình trình diễn vụ Đông 2015.

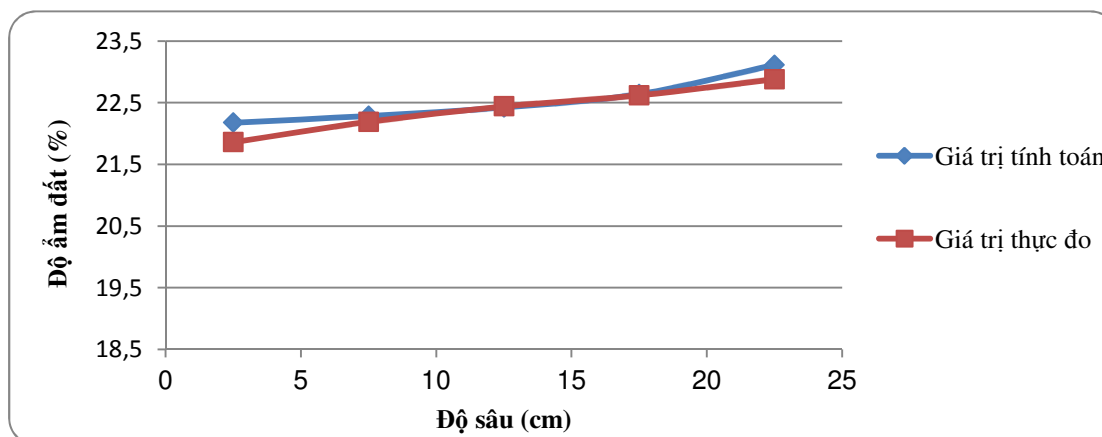
Tiến hành theo dõi độ ẩm đất tại thí nghiệm và mô hình tưới nhỏ giọt cho cà chua trong các thời điểm trước khi tưới, ngay sau khi kết thúc tưới, sau khi kết thúc tưới một ngày, hai ngày và ba ngày tại các vị trí và độ sâu khác nhau. Kiểm chứng diễn biến độ ẩm đất đo được trong vụ Đông 2015 với các hàm xác định độ ẩm.

*Hàm xác định độ ẩm trước tưới:*

Hàm độ ẩm trước tưới có dạng:

$$f_a(x,y) = 22,81571(25-x)^{0,010086}(25-y)^{-0,01885} \quad (4.20)$$

Đánh giá giá trị độ ẩm đất tính toán với giá trị độ ẩm đất thực đo tại thí nghiệm và mô hình trong thời điểm trước tưới. Kết quả được trình bày trong phụ lục 7.1 và kết quả so sánh độ ẩm đất tính toán và độ ẩm đất thực đo tại vị trí cách điểm nhỏ giọt 5cm được thể hiện trên hình 4.9.



**Hình 4.9. Độ ẩm đất thực đo và tính toán trước khi tưới tại vị trí cách điểm tưới 5cm trong thí nghiệm 3**

Kết quả cho thấy với thí nghiệm tại Học viện sai số đều nhỏ hơn 5%, đường biểu diễn độ ẩm đất tại vị trí này rất gần nhau. Với mô hình tại Cổ Bi các sai số đều nhỏ hơn 4%. Như vậy hàm xác định độ ẩm trước khi tưới ứng dụng vào thí nghiệm và mô hình là khá tốt.

*Hàm xác định độ ẩm ngay sau khi kết thúc tưới:*

Hàm xác định độ ẩm đất có dạng:

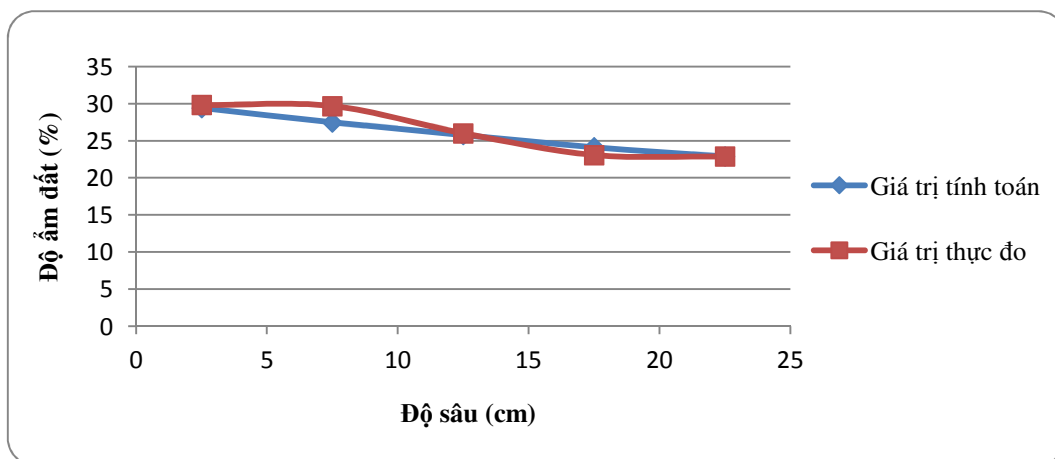
$$f_0(x, y) = 22,81571 \cdot (25-x)^{0,010086} \cdot (25-y)^{-0,01885} + 0,213175 (25-x)^{0,090333} (25-y)^{1,0871} - 1 \quad (4.21)$$

Kiểm chứng giữa giá trị độ ẩm thực đo tại thí nghiệm và mô hình với giá trị tính toán, kết quả được trình bày trong phụ lục 7.2. Kết quả cho thấy các mẫu đều có sai số dưới 5%. Hình 4.10 biểu diễn độ ẩm đất tính toán và thực đo tại vị trí cách điểm tưới 5cm, hai đường biểu diễn độ ẩm đất khá gần nhau, hàm xác định độ ẩm đất khá tốt.

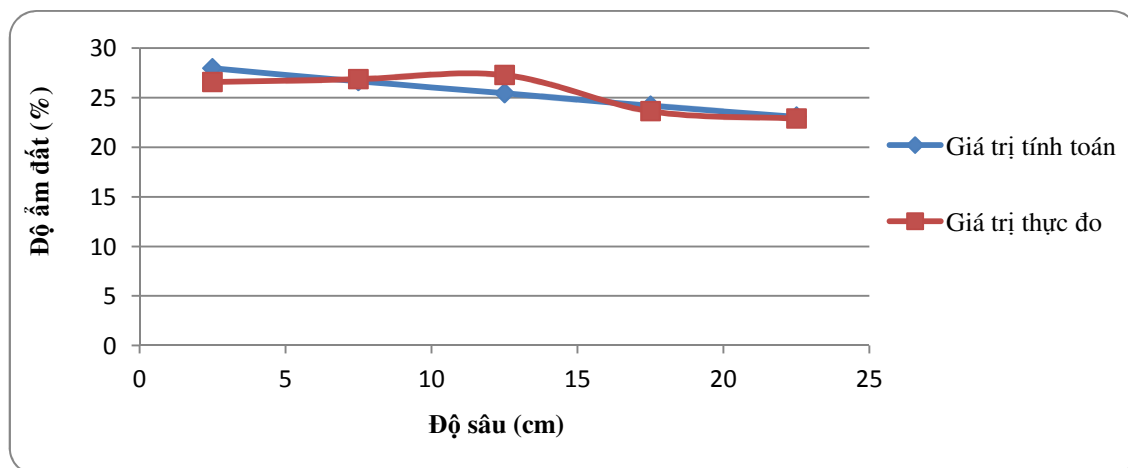
*Hàm xác định độ ẩm sau khi kết thúc tưới một ngày:*

$$f_1(x, y) = 22,81571(25-x)^{0,010086} (25-y)^{-0,01885} + 0,323079(25-x)^{0,091318} (25-y)^{0,890315} - 1 \quad (4.22)$$

Sử dụng các số liệu độ ẩm đất thực đo tại thí nghiệm và mô hình để kiểm chứng hàm xác định độ ẩm. Kết quả được trình bày trong phụ lục 7.3 cho thấy với thí nghiệm tại Học viện có 9 mẫu, với mô hình tại Cổ Bi có 8 mẫu sai số từ 5% đến 8%, các mẫu còn lại đều có sai số dưới 5%. Hàm xác định độ ẩm trong trường hợp này có thể chấp nhận được.



**Hình 4.10. Độ ẩm đất thực đo và tính toán ngay sau khi kết thúc tưới tại vị trí cách điểm tưới 5cm trong mô hình tại Cổ Bi**



**Hình 4.11. Độ ẩm đất thực đo và tính toán sau khi kết thúc tưới một ngày tại vị trí cách điểm tưới 5cm trong mô hình tại Cổ Bi**

Hàm xác định độ ẩm sau khi kết thúc tưới hai ngày

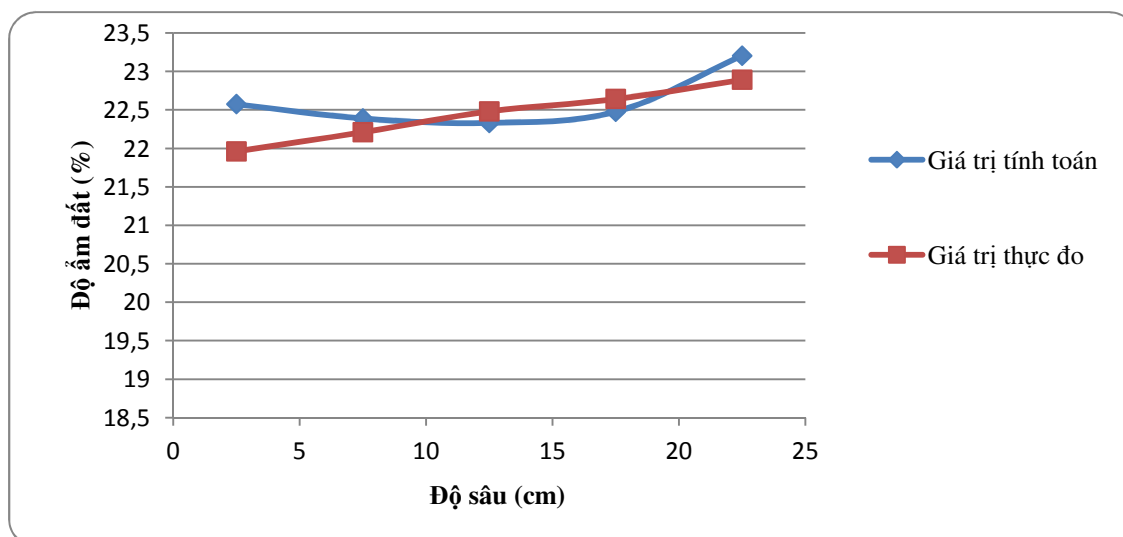
$$\begin{aligned}
 f_2(x, y) = & 22,81571(25-x)^{0,010086} (25-y)^{-0,01885} \\
 & + 0,323079(25-x)^{0,091318} (25-y)^{0,890315} \\
 & - 0,485292 (25-x)^{0,042317} (25-y)^{0,612153}
 \end{aligned} \quad (4.23)$$

Kết quả kiểm chứng độ ẩm đất thực đo tại mô hình với giá trị độ ẩm đất tính toán từ mô hình được trình bày trong phụ lục 7.4. Kết quả cho thấy thí nghiệm tại Học viện có 4 mẫu sai số từ 5% đến 6%, mô hình tại Cổ Bi có 5 mẫu sai số từ 5% đến 8%, các mẫu còn lại sai số đều nhỏ hơn 5%. Như vậy hàm xác định độ ẩm là chấp nhận được.

*Hàm xác định độ ẩm sau khi kết thúc tưới ba ngày*

$$\begin{aligned}
 f_3(x, y) = & 22,81571(25-x)^{0,010086} (25-y)^{-0,01885} \\
 & + 0,323079(25-x)^{0,091318} (25-y)^{0,890315} \\
 & - 0,485292 (25-x)^{0,042317} (25-y)^{0,612153} \\
 & - 0,400922(25-x)^{0,07575} (25-y)^{0,640025} + 1 \quad (4.24)
 \end{aligned}$$

Kết quả kiểm chứng giá trị độ ẩm đất thực đo tại thí nghiệm và mô hình với giá trị độ ẩm tính toán bằng hàm xác định độ ẩm được trình bày trong phụ lục 7.5. Kết quả cho thấy với mô hình tại Cổ Bi các mẫu đều có sai số nhỏ hơn 4%, với thí nghiệm tại Học viện sai số đều nhỏ hơn 5% và đường biểu diễn độ ẩm đất tính toán và độ ẩm đất thực đo tại vị trí cách điểm nhỏ giọt 5cm khá gần nhau (hình 4.12). Hàm xác định độ ẩm khá tốt.



**Hình 4.12. Độ ẩm đất thực đo và độ ẩm tính toán sau khi kết thúc tưới ba ngày tại vị trí cách điểm tưới 5cm trong mô hình tại Cổ Bi**

**Nhận xét:** Qua kết quả kiểm chứng giá trị độ ẩm đất tính toán từ hàm xác định độ ẩm đất do tưới nhỏ giọt cho cây cà chua xây dựng được trong thí nghiệm vụ Đông 2014 tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam với giá trị độ ẩm đất thực đo

trong thí nghiệm và mô hình vụ Đông 2015 cho thấy sai số giữa thực đo và tính toán trong hầu hết các mẫu đều nhỏ hơn 5%, có 26 mẫu (trong tổng số 250 mẫu) có sai số từ 5% đến 8%. Với thí nghiệm trên đồng ruộng thì các sai số này đều chấp nhận được. Như vậy, mô hình toán xây dựng được trong vụ Đông 2014 tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam hoàn toàn có thể ứng dụng được để xác định diễn biến độ ẩm đất, dự báo được thời điểm tưới và lượng nước tưới cho cây cà chua trong thí nghiệm và mô hình vụ Đông 2015.

#### **4.5.2. Kết quả ứng dụng mô hình toán để dự báo thời điểm tưới và lượng nước tưới cho cà chua vụ Đông 2015**

Sử dụng các hàm xác định độ ẩm đất đã kiểm chứng để dự báo độ ẩm đất, thời điểm tưới từ đó tính toán số lần tưới và lượng nước tưới cho cà chua vụ Đông năm 2015. Cách dự báo cũng thực hiện tương tự như trong vụ Đông 2014. Kết quả được trình bày trong phụ lục 7.6. Số lần tưới dự báo trong cả vụ là 11 lần, lượng nước tưới mỗi lần từ 38-38,5mm, khi tính đến tỷ lệ diện tích cấp nước do tưới nhỏ giọt lượng nước tưới mỗi lần dao động trong khoảng 19,87-20,14mm (198,7-201,4 m<sup>3</sup>/ha). So sánh kết quả dự báo với số liệu thực đo thì số lần tưới, thời điểm tưới và lượng nước tưới có sự chênh lệch. Số lần tưới thực tế trong cả vụ Đông 2015 ở cả hai địa điểm Học viện và Cổ Bi đều là 9 lần ít hơn so với dự báo 2 lần. Theo dự báo, lần tưới thứ 10 vào ngày 17/1/2016 và lần tưới thứ 11 vào ngày 22/1/2016 nhưng thực tế điều kiện thời tiết trong khoảng thời gian này ở khu vực Hà Nội nhiệt độ hạ thấp, mưa phùn nhỏ (dưới 10mm) liên tục trong nhiều ngày do vậy độ ẩm đất trung bình ngày thay đổi không quá nhiều, độ ẩm thực tế đo được lớn hơn ngưỡng độ ẩm phải tưới (> 70% độ ẩm tối đa) nên không thực hiện hai lần tưới này.

Thời điểm tưới do dự báo và thực tế chênh lệch từ 1 đến 3 ngày. Lần tưới thứ nhất dự báo vào ngày 31/10/2015, tuy nhiên ngày hôm đó có mưa với lượng mưa 11,9mm do vậy lịch tưới đã lùi lại đến ngày 3/11/2015 mới phải tưới. Các lần tưới sau chênh nhau 1 đến 2 ngày. Nguyên nhân có sự chênh lệch về thời điểm tưới là do ảnh hưởng của mưa đến diễn biến độ ẩm đất thực tế và dự báo.

Lượng nước trong một lần tưới do dự báo và tưới thực chênh lệch không quá lớn từ 0,1mm đến 0,7mm nhưng do số lần tưới dự báo nhiều hơn hai lần nên

tổng lượng nước tưới do dự báo cao hơn khoảng 18,8% (khoảng 79mm) so với tổng lượng nước tưới thực.

**Nhận xét:** Từ kết quả ứng dụng mô hình toán vào dự báo thời điểm tưới và tính toán số lần tưới, lượng nước tưới nhỏ giọt cho cà chua trong hai vụ Đông 2014, 2015 cho thấy do ảnh hưởng của điều kiện thời tiết, khí hậu đặc biệt là lượng mưa nên kết quả dự báo có sự chênh lệch so với thực tế. Song sự sai khác này là không lớn và phù hợp với điều kiện ngoại cảnh trên đồng ruộng. Như vậy, các hàm xác định độ ẩm đất trong các mô hình toán đã xây được là phù hợp và có thể ứng dụng để dự báo diễn biến độ ẩm đất, thời điểm tưới từ đó đề xuất chế độ tưới nhỏ giọt cho cà chua vụ Đông trồng trên đất phù sa trung tính ít chua đồng bằng sông Hồng vùng Gia Lâm, Hà Nội.

#### **4.6. ẢNH HƯỞNG CỦA KỸ THUẬT TƯỚI NHỎ GIỌT ĐẾN NĂNG SUẤT, HIỆU QUẢ SẢN XUẤT CÀ CHUA VỤ ĐÔNG TRÊN ĐẤT PHÙ SA SÔNG HỒNG VÙNG GIA LÂM HÀ NỘI**

Để có cơ sở khoa học khẳng định ưu điểm của tưới nhỏ giọt và hiệu quả kinh tế do tưới nhỏ giọt cho cây cà chua tác giả đánh giá ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt đến sinh trưởng, năng suất và hiệu quả sử dụng nước của cây cà chua vụ Đông trồng trên đất phù sa trung tính ít chua vùng Gia Lâm, Hà Nội. Đồng thời so sánh với phương pháp tưới nước truyền thống (tưới rãnh) và không tưới (sử dụng nước mưa). Từ đó khuyến cáo phương pháp tưới phù hợp, tiết kiệm nước và đem lại năng suất cao nhất trong sản xuất cà chua vụ Đông đồng thời góp phần hoàn thiện cơ sở lý luận về tưới nhỏ giọt cho cây cà chua.

Sau đây là kết quả nghiên cứu trong hai vụ Đông 2014 và 2015.

##### **4.6.1. Ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt đến thời gian sinh trưởng cây cà chua**

Thời gian sinh trưởng qua các giai đoạn khác nhau của cây trồng có ý nghĩa rất lớn với người sản xuất nông nghiệp. Nắm vững được thời gian sinh trưởng của cây trồng sẽ chủ động đưa ra các biện pháp gieo trồng, chăm sóc, bố trí thời vụ hợp lý tạo điều kiện cho cây phát triển tốt theo hướng có lợi, hạn chế những ảnh hưởng xấu do các điều kiện bất thuận gây ra. Từ đó tăng năng suất cây trồng trên một đơn vị diện tích. Mọi loại cây trồng đều phải trải qua những giai đoạn sinh trưởng, phát triển để hoàn thành chu kỳ sống. Qua mỗi giai đoạn đều chịu ảnh hưởng của một số yếu tố như điều kiện ngoại cảnh (đất đai, khí hậu, kỹ thuật canh tác,...) và yếu tố nội tại (bản chất di truyền giống).

Quá trình sinh trưởng của cây cà chua lần lượt trải qua các thời kì sinh trưởng khác nhau. Tốc độ sinh trưởng của thời kì trước ảnh hưởng đến các thời kì sau. Vì vậy, việc xác định thời gian sinh trưởng là quan trọng nhằm bổ sung kịp thời và hợp lý lượng nước tưới cho cây.

**Bảng 4.19. Thời gian sinh trưởng cây cà chua trong vụ Đông 2014 và vụ Đông 2015**

Công thức	Thời gian tính từ khi trồng (ngày)							
	Xuất hiện hoa		Đậu quả		Thu quả đợt đầu		Thu quả đợt cuối	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
CT1	35	30	44	42	95	90	153	141
CT2	34	32	45	43	101	95	156	146
CT3	34	31	45	42	101	96	162	152
CT4	35	32	46	42	104	98	167	158
CT5	33	31	44	42	100	94	162	153

#### ***Thời gian từ trồng đến xuất hiện hoa***

Đây là một trong những thời kỳ quan trọng trong quá trình sinh trưởng và phát triển của cây, nó là giai đoạn đánh dấu sự chuyển tiếp từ thời kỳ sinh trưởng sinh dưỡng sang thời kỳ sinh trưởng sinh thực. Thời gian từ trồng đến ra hoa phụ thuộc vào đặc tính di truyền của mỗi giống, điều kiện môi trường và chế độ chăm sóc.

Đối với cây trồng ngắn ngày nói chung và cà chua nói riêng chỉ cần tích lũy một lượng nhiệt nhất định thì cây sẽ ra hoa. Nếu nhiệt độ càng cao thì thời gian trồng đến ra hoa càng rút ngắn và ngược lại. Do vậy nếu nhiệt độ quá cao cây chưa kịp phát triển hoàn thiện và tích lũy đủ lượng chất nhất định mà ra hoa thì sẽ xảy ra hiện tượng rụng hoa, hoa nhỏ, quá trình thụ phấn thụ tinh gặp khó khăn, số lượng hoa ít, dễ bị sâu bệnh (Kuo *et al.*, 1998).

Trong hai vụ Đông 2014, 2015, thời gian từ trồng đến ra hoa khoảng từ 30 đến 35 ngày, sự sai khác giữa các công thức thí nghiệm không đáng kể. Như vậy, tưới nước không ảnh hưởng nhiều tới giai đoạn sinh trưởng đầu tiên của cây cà chua. Tuy nhiên, vụ Đông 2015 cây cà chua ra hoa sớm hơn so với vụ Đông 2014 từ 2-5 ngày, đó là do ảnh hưởng của nhiệt độ, tháng 10, 11 năm 2015 có nhiệt độ trung bình cao hơn so với năm 2014 khoảng 2<sup>0</sup>C đã rút ngắn thời gian từ trồng đến xuất hiện hoa của cây.



**Hình 4.13. Cà chua bắt đầu ra hoa**

#### ***Thời gian từ trồng đến đậu quả***

Đây là khoảng thời gian có ý nghĩa quyết định đến năng suất cuối cùng của cây. Thời gian từ trồng đến đậu quả phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: Điều kiện ngoại cảnh, điều kiện chăm sóc nhưng chủ yếu phụ thuộc vào đặc điểm di truyền của từng giống. Theo Kuo *et al.* (1998), sự thụ phấn có thể kéo dài trước khi hoa nở cho đến 3-4 ngày sau khi hoa nở. Trong điều kiện thuận lợi thì sau thụ phấn 2-3 ngày sẽ xảy ra quá trình thụ tinh và bầu noãn sẽ hình thành quả non. Thời gian từ trồng đến ra hoa và từ trồng đến đậu quả có tương quan chặt chẽ với nhau, tổ hợp nào ra hoa sớm thì đậu quả sớm và ngược lại. Vụ Đông năm 2015 cây cà chua ra hoa sớm hơn nên đậu quả cũng sớm hơn so với vụ Đông 2014 từ 2-4 ngày. Thời gian đậu quả trong các công thức thí nghiệm chênh lệch rất nhỏ chỉ từ 1-2 ngày, tưới nước và phương pháp tưới nước thực sự ảnh hưởng không đáng kể đến thời gian sinh trưởng từ trồng đến đậu quả.

#### ***Thời gian từ trồng đến thu quả đợt đầu***

Được xác định từ khi trồng đến khi 30% số cây trong ô thí nghiệm có quả chín ở chùm thứ nhất. Sau khi quá trình thụ phấn thụ tinh hoàn thành, bầu noãn phát triển thành quả. Giai đoạn này thân lá tập trung chất dinh dưỡng vào nuôi

quả và kích thước, trọng lượng quả tăng dần. Sau khi quả đạt được kích thước tối đa trong quả xảy ra các quá trình biến đổi sinh lý, sinh hóa dẫn đến những biến đổi hình thái và quả bắt đầu chín. Ở cà chua có quá trình chín sinh lý và chín hình thái diễn ra đồng thời.



**Hình 4.14. Cà chua bắt đầu đậu quả**

Theo Kuo *et al.* (1998) sau khi đậu quả nếu gặp điều kiện thuận lợi quả sẽ phát triển nhanh tới khi đạt kích thước tối đa trong khoảng nửa thời gian từ ra hoa đến chín hoàn toàn. Thời gian sau chủ yếu tích lũy bột và đường vào quả, hình thành Pectin ở thịt quả. Thời gian từ trồng đến bắt đầu chín là đặc trưng của giống và chịu ảnh hưởng của điều kiện ngoại cảnh. Nhiệt độ cao thì quá trình này bị rút ngắn và đồng thời cây bị bệnh cũng sẽ chín sớm hơn cây bình thường.

Trong giai đoạn này, tưới nước có ảnh hưởng rõ rệt đến sinh trưởng của cây cà chua, đã làm cà chua chín muộn hơn từ 5 đến 9 ngày so với không tưới nước. Trong cả hai vụ Đông 2014 và 2015, các công thức có tưới nước đều làm cà chua chín muộn hơn tuy nhiên công thức tưới nhỏ giọt (70-100)%  $\beta_{\text{đr}}$  (CT4) làm cà chua chín muộn nhất.



**Hình 4.15. Cà chua bắt đầu chín**

***Thời gian từ trồng đến thu quả đợt cuối (tổng thời gian sinh trưởng)***

Thời gian sinh trưởng của cà chua ở cả hai vụ cho thấy, với tưới nhỏ giọt thời gian sinh trưởng của cà chua có kéo dài hơn so với tưới rãnh khoảng 6-12 ngày. Điều này có thể được giải thích đó là do khi tưới nhỏ giọt, nước và chất dinh dưỡng được ngấm từ từ vào tầng đất quanh gốc cây trồng, thời gian cung cấp chất dinh dưỡng và nước cho cây kéo dài hơn, độ ẩm đất phân bố đồng đều hơn (Phạm Ngọc Hải và cs., 2007). Tuy nhiên, thời gian kéo dài này vào cuối vụ, cà chua thu hoạch được chất lượng không cao, số lượng ít và không làm tăng năng suất cà chua. Do đó không cần thiết kéo dài thời gian sinh trưởng nếu ảnh hưởng tới vụ sau.

So sánh thời gian sinh trưởng của cà chua trong hai năm cho thấy, các giai đoạn sinh trưởng của cà chua trong hai vụ Đông có sự chênh lệch rõ rệt. Mặc dù cùng một loại giống, được trồng vào cùng một thời điểm (ngày 10/10) xong thời điểm xuất hiện hoa trong vụ Đông 2015 sớm hơn 2-5 ngày từ đó kéo theo các giai đoạn sinh trưởng sau cũng sớm hơn. Do phát triển nhanh và tập trung trong giai đoạn đầu nên vụ Đông 2015 cà chua chín sớm hơn và thời gian sinh trưởng ngắn hơn so với vụ Đông 2014. Nguyên nhân là do vụ Đông 2015 nóng kéo dài, thời tiết rét muộn, nhiệt độ trung bình các tháng 10, 11, 12 cao hơn so với năm

2014 và trung bình nhiều năm nên giai đoạn đầu cây phát triển nhanh hơn, quả chín sớm hơn. Điều này hoàn toàn phù hợp với nhận định của Kuo *et al.* (1998) về đặc điểm sinh lý của cây cà chua trong các giai đoạn sinh trưởng dưới tác động của điều kiện thời tiết.

#### **4.6.2. Ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt đến chiều cao cây cà chua**

Chiều cao của cây được tính từ gốc tới đỉnh sinh trưởng của cây, theo dõi từ khi trồng đến khi cây ngừng sinh trưởng. Chiều cao cây là yếu tố di truyền đặc trưng của mỗi giống đồng thời nó cũng chịu tác động mạnh mẽ của các yếu tố ngoại cảnh (ánh sáng, nhiệt độ, nước, phân bón, biện pháp kỹ thuật chăm sóc...). Chiều cao cây là yếu tố quan trọng để xác định loại hình sinh trưởng của cây. Thông qua chiều cao cây biết được loại hình sinh trưởng của cây từ đó có được những biện pháp kỹ thuật chăm sóc hợp lý (làm giàn, tía cành...) để cây có thể phát huy tối đa tiềm năng sẵn có của giống. Mặt khác người sản xuất có thể thông qua chiều cao cây để biết cách hạn chế những ảnh hưởng xấu của thời tiết, các yếu tố ngoại cảnh.

Kết quả theo dõi chiều cao cây được trình bày trong bảng 4.20. Tưới nước có ảnh hưởng rõ rệt đến chiều cao cây qua các giai đoạn so với không tưới. Đó là vì nước có vai trò rất quan trọng đối với cây trồng, nước tham gia vào quá trình trao đổi chất, hòa tan chất dinh dưỡng, giúp rễ cây có thể hút các chất dinh dưỡng một cách dễ dàng, đồng thời còn giúp vận chuyển các chất từ rễ lên nuôi cây tạo điều kiện thuận lợi cho cây trồng sinh trưởng và phát triển. Nước còn đảm bảo cho cây trồng có hình dáng và cấu trúc nhất định (Hoàng Minh Tấn và cs., 2006). Chiều cao cây cà chua ở các công thức có tưới tăng nhanh từ tuần thứ 4 sau trồng đạt từ 32-35cm (vụ Đông 2014) và từ 33,9-39,4cm (vụ Đông 2015) so với thời điểm tuần thứ 3 sau trồng thì chiều cao cây tăng được từ 10,0-12,6 cm/tuần. Trong khi đó, công thức không tưới tốc độ tăng trưởng chiều cao ở tuần này chỉ khoảng 8,6 cm/tuần (vụ Đông 2014) và 8,0 cm/tuần (vụ Đông 2015). Chiều cao cây tăng mạnh nhất ở tuần 6, 7 sau trồng. Ở giai đoạn 10 tuần sau trồng, chiều cao cây ở các công thức có tưới đều cao hơn so với không tưới từ 6,4cm (89,2cm so với 95,6cm, vụ Đông 2014) đến 26,3cm (89,2cm so với 111,4cm, vụ Đông 2014). Kết quả này cũng tương tự như các nghiên cứu của Imtiyaz *et al.* (2000); Singh *et al.* (2009).

Tưới nhỏ giọt có ảnh hưởng khác nhau đến chiều cao cây ở các giai đoạn theo dõi so với tưới rãnh, sự khác nhau này thể hiện rõ ở giai đoạn 10 tuần sau

trồng. Vụ Đông 2014, các công thức tưới nhỏ giọt (CT3, CT4, CT5) đạt chiều cao từ 99,8-111,4cm trong khi tưới rãnh chỉ đạt 95,6cm, độ chênh lệch chiều cao cây ở các công thức tưới nhỏ giọt so với tưới rãnh từ 4,2-15,8cm. Vụ Đông 2015 cũng có xu hướng như vậy, với sự chênh lệch từ 3,6-16,5cm. Kết quả này cũng tương tự như nghiên cứu của Reddy *et al.* (2015).

**Bảng 4.20. Chiều cao cây cà chua trong vụ Đông 2014 và vụ Đông 2015**

Đơn vị tính: cm

Công thức	Tuần sau trồng							
	3	4	5	6	7	8	9	10
Vụ Đông 2014								
CT1	20,4	29,0	36,9	55,2	70,0	78,5	84,8	89,2
CT2	21,0	33,6	42,2	61,8	79,4	85,5	92,2	95,6
CT3	21,5	32,0	42,8	62,3	81,0	86,2	93,2	99,8
CT4	23,9	35,0	46,8	66,4	85,1	94,4	102,1	111,4
CT5	22,3	33,5	43,2	63,9	81,5	88,9	95,1	101,3
LSD <sub>0,05</sub>	2,26	3,77	5,78	6,96	9,37	9,59	10,26	13,16
CV(%)	5,49	6,13	7,24	5,97	6,27	5,88	5,83	7,03
Vụ Đông 2015								
CT1	22,0	30,0	39,6	57,9	74,6	81,5	85,9	89,8
CT2	23,9	33,9	45,8	64,9	83,4	91,2	95,6	99,6
CT3	25,3	35,1	46,1	66,1	84,4	93,6	98,3	103,1
CT4	27,3	39,4	51,5	72,0	92,5	100,6	109,6	116,1
CT5	26,0	36,7	49,0	67,3	87,4	96,4	103,5	108,4
LSD <sub>0,05</sub>	3,38	4,98	7,27	8,52	10,88	11,86	14,46	16,18
CV(%)	7,22	7,55	8,32	6,87	6,84	6,80	7,79	8,31

Tuy nhiên trong cùng phương pháp tưới nhỏ giọt, các công thức tưới nhỏ giọt với giới hạn khác nhau cũng ảnh hưởng khác nhau đến chiều cao cây. Ở tất cả các tuần theo dõi chiều cao cây ở công thức tưới nhỏ giọt với giới hạn  $(70-100)\% \beta_{dr}$  (CT4) đều cao hơn so với các công thức tưới nhỏ giọt với giới hạn  $(60-100)\% \beta_{dr}$  (CT3) và  $(80-100)\% \beta_{dr}$  (CT5). Chiều cao cây lớn nhất ở công thức

CT4 là 111,4cm (2014) và 116,1cm (năm 2015) trong giai đoạn 10 tuần sau trồng cao hơn 15,8cm (2014) và 16,5cm (năm 2015) so với tưới rãnh.

Trong hai vụ Đông thí nghiệm, chiều cao cây trong cùng giai đoạn theo dõi ở các công thức là khác nhau, vụ Đông 2015 có chiều cao cây lớn, tốc độ tăng trưởng trong các giai đoạn đầu (3, 4, 5 tuần sau trồng) nhanh hơn so với vụ Đông 2014. Điều này là do ảnh hưởng của yếu tố khí tượng là mưa nhiều, thời tiết ẩm vào đầu vụ Đông 2015 (tháng 11/2015) nên thuận lợi cho cây phát triển.

#### 4.6.3. Ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt đến một số chỉ tiêu sinh lý của cà chua

##### 4.6.3.1. Ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt đến chỉ số diện tích lá cây cà chua

Diện tích lá ảnh hưởng đến khả năng quang hợp của cây, qua đó ảnh hưởng đến chất khô tích lũy và năng suất sau này. Tuy nhiên diện tích lá cũng chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố: Độ ẩm, nhiệt độ, ánh sáng, mật độ trồng, giống, phân bón. Trong các yếu tố trên thì độ ẩm là một yếu tố khá quan trọng làm ảnh hưởng đến diện tích lá. Kết quả theo dõi chỉ số diện tích lá của cà chua thể hiện ở bảng 4.21.

**Bảng 4.21. Chỉ số diện tích lá cây cà chua trong vụ Đông 2014 và vụ Đông 2015**

Đơn vị tính: m<sup>2</sup> lá/m<sup>2</sup> đất

Thời kì Công thức	Trước ra hoa		Ra hoa rộ		Trước thu quả đợt đầu	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015
CT1	0,18	0,20	0,46	0,50	0,68	0,67
CT2	0,21	0,25	0,67	0,70	0,97	0,95
CT3	0,23	0,26	0,70	0,73	1,04	1,01
CT4	0,25	0,29	0,81	0,85	1,15	1,12
CT5	0,22	0,25	0,75	0,78	1,07	1,03

Chỉ số diện tích lá của cây cà chua tăng dần qua các thời kì sinh trưởng và đạt cao nhất ở thời điểm trước thu quả đợt đầu. Chỉ số diện tích lá của các công thức có sự sai khác nhau. Các công thức có tưới nước, cây cà chua sinh trưởng mạnh hơn, bộ lá phát triển nhanh nên chỉ số diện tích lá cao hơn so với công thức không tưới. Tuy nhiên trong thời kì trước ra hoa sự sai khác này là không đáng kể dao động trong khoảng từ 0,03 đến 0,07. Đến các thời kì sau chỉ số diện tích lá

có sự phân hóa rõ rệt giữa không tưới và có tưới. Ở thời kì ra hoa rộ, sự chênh lệch từ 0,21 đến 0,35, còn thời kì trước thu quả đợt đầu từ 0,28 đến 0,45.

Chỉ số diện tích lá ở các công thức có tưới cũng có sự sai khác nhau với xu hướng là công thức tưới nhỏ giọt cao hơn so với công thức tưới rãnh, đạt cao nhất là ở công thức CT4, ở thời kì trước thu quả đợt đầu là 1,15 (vụ Đông 2014) và 1,12 (vụ Đông 2015), tuy nhiên sự sai khác này ở tất cả các thời kì theo dõi đều không đáng kể.

So sánh hai vụ Đông 2014, 2015 cho thấy chỉ số diện tích lá của cây cà chua có sự thay đổi không giống nhau. Ở giai đoạn trước ra hoa, ra hoa rộ thì chỉ số này ở tất cả các công thức thí nghiệm trong vụ Đông 2015 đều cao hơn so với vụ Đông 2014, xong đến giai đoạn trước thu quả đợt đầu lại thấp hơn. Điều này có thể lý giải là do ảnh hưởng của lượng mưa, nhiệt độ trong đầu vụ Đông của hai năm có sự khác nhau. Giai đoạn đầu của vụ Đông 2015 cây cà chua phát triển mạnh hơn.

#### 4.6.3.2. Ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt đến chỉ số SPAD cây cà chua

Diệp lục là sắc tố quang hợp có ở tất cả các phần xanh của cây. Diệp lục tham gia vào quá trình quang hợp, nhờ đó mà cây trồng có khả năng tổng hợp vật chất hữu cơ nhờ năng lượng ánh sáng mặt trời. Hàm lượng diệp lục trong cây nhiều hay ít phụ thuộc vào giống, điều kiện ngoại cảnh và kỹ thuật chăm sóc nhất là cung cấp đủ nước cho cây. Nếu hàm lượng diệp lục trong lá cao chứng tỏ cây có khả năng quang hợp tốt đồng nghĩa với sinh trưởng, phát triển tốt, có khả năng chống chịu được các điều kiện bất thuận của môi trường và cho năng suất cao.

**Bảng 4.22. Chỉ số SPAD của cà chua trong vụ Đông 2014 và vụ Đông 2015**

Thời kì Công thức	Trước ra hoa		Ra hoa rộ		Trước thu quả đợt đầu	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015
CT1	35,6	36,8	42,1	43,7	29,0	28,6
CT2	45,4	46,4	51,4	52,0	36,5	36,7
CT3	47,2	47,7	52,1	52,9	37,4	37,2
CT4	48,2	48,5	52,7	53,1	38,0	37,6
CT5	47,5	47,9	52,0	52,3	37,6	37,4

Chỉ số SPAD là một chỉ tiêu đánh giá hàm lượng diệp lục trong lá cây. Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của phương pháp tưới đến chỉ số SPAD được trình bày ở bảng 4.22 trong 3 thời kì trước ra hoa, ra hoa rộ, trước thu quả đợt đầu.

Nhìn chung trong 3 thời kì theo dõi chỉ số SPAD của cà chua trong cả 2 vụ đều đạt cao nhất ở giai đoạn trước ra hoa rộ. Giai đoạn này tốc độ phát triển của cây mạnh nhất, cây cà chua cần nhiều dinh dưỡng, diệp lục trong lá cây đã làm tăng khả năng quang hợp, tổng hợp các chất để chuyển sang giai đoạn mới là hình thành quả. Giai đoạn trước thu quả đợt đầu có chỉ số SPAD thấp nhất, đó là do trong giai đoạn từ đậu quả đến bắt đầu chín, các chất dinh dưỡng trong cây tập trung chủ yếu để phát triển quả, bộ lá cây mặc dù vẫn tăng về số lượng nhưng phần lớn lá ở phía dưới gốc và gần giữa chuyển sang màu vàng, thậm chí là héo úa.

Trong hai vụ Đông chỉ số SPAD không có sự sai khác ở các giai đoạn theo dõi, tuy nhiên giữa các công thức trong cùng một vụ lại có sự sai khác đáng kể. Kết quả ở bảng 4.22 cho thấy tưới nước làm tăng chỉ số diệp lục trong lá. Ở công thức không tưới chỉ số SPAD chỉ khoảng 74-84% so với các công thức được tưới nước. Kết quả đo được cũng trùng hợp với các quan sát trên đồng ruộng, trong suốt quá trình theo dõi thí nghiệm nhận thấy màu sắc của cây cà chua ở công thức không tưới đều khác so với công thức có tưới. Trong những giai đoạn đầu từ khi bén rễ hồi xanh đến khi đậu quả, màu xanh của thân lá đều nhạt hơn so với có tưới, còn từ khi thu quả đợt đầu cho đến cuối vụ gần như toàn bộ cây chuyển sang màu vàng nhạt, tỷ lệ lá có màu xanh chiếm rất ít tập trung ở phía ngọn, lá mềm, mỏng và héo hơn so với có tưới.

So sánh ở các công thức có tưới thì chỉ số SPAD ở công thức tưới nhỏ giọt có cao hơn so với tưới rãnh, tuy nhiên sự sai khác này không nhiều, công thức tưới nhỏ giọt 70-100%  $\beta_{dr}$  (CT4) đạt cao nhất ở thời kì ra hoa rộ là 52,7 (vụ Đông 2014) và 53,1 (vụ Đông 2015).

#### ***4.6.3.3. Ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt đến hàm lượng chất khô cây cà chua***

Quá trình tích lũy chất khô của cây có từ khi bắt đầu sinh trưởng. Cây tổng hợp nên chất khô từ hút chất dinh dưỡng trong đất và quang hợp. Lượng chất khô cây tích lũy được là sản phẩm của quá trình quang hợp và trao đổi chất. Tích lũy chất khô là biểu hiện của khả năng sinh trưởng, phát triển tạo ra năng suất sinh vật học, làm cơ sở tạo năng suất thu hoạch sau này. Kết quả theo dõi hàm lượng chất khô của cây cà chua trong 3 thời kì được thể hiện ở bảng 4.23.

Hàm lượng chất khô tích lũy của cây cà chua tăng dần trong 3 thời kì theo dõi, thời kì trước thu quả đợt đầu đạt được khối lượng chất khô cao nhất.

Số liệu theo dõi trong cả 2 vụ Đông cho thấy, tưới nước ảnh hưởng tới khả năng tích lũy chất khô của cây cà chua. Ở cả 3 thời kì, tưới nước làm tăng khối lượng chất khô từ 1-3,5% so với không tưới. Công thức tưới nhỏ giọt có khối lượng chất khô cao hơn so với công thức tưới rãnh trong cả 3 thời kì, sự chênh lệch này ngày càng tăng, trong thời kì trước thu quả đợt đầu các công thức tưới nhỏ giọt cao hơn từ 1-3%. Điều này là do ưu điểm của tưới nhỏ giọt, các chất dinh dưỡng được cung cấp từ từ, thời gian cung cấp kéo dài nên cây trồng có điều kiện phát triển ở các giai đoạn sau cao hơn so với tưới rãnh. Công thức tưới nhỏ giọt 70-100%  $\beta_{dr}$  (CT4) đạt cao nhất ở thời kì trước thu quả đợt đầu là 16,8% (vụ Đông 2014) và 16,3% (vụ Đông 2015).

**Bảng 4.23. Hàm lượng chất khô trong cây cà chua trong vụ Đông 2014 và vụ Đông 2015**

Đơn vị tính: %

Thời kì Công thức	Trước ra hoa		Ra hoa rộ		Trước thu quả đợt đầu	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015
CT1	11,2	11,4	12,3	12,1	12,5	12,8
CT2	12,8	13,0	13,1	12,8	13,9	13,5
CT3	13,2	13,4	13,8	13,4	14,8	14,6
CT4	14,1	14,6	15,3	14,8	16,8	16,3
CT5	13,5	13,6	14,0	13,7	14,6	14,2

#### 4.6.4. Ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt đến mức độ nhiễm một số bệnh hại cây cà chua

Sâu bệnh hại cũng là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng tới năng suất cây trồng nói chung và cà chua nói riêng. Mức độ nhiễm bệnh phụ thuộc vào khả năng chống chịu của giống, nguồn bệnh, biện pháp chăm sóc, điều kiện thời tiết. Một số bệnh thường gặp trên cây cà chua như: Bệnh sương mai, bệnh xoăn vàng lá, héo xanh vi khuẩn,... Bệnh xoăn vàng lá, héo xanh vi khuẩn do virus, vi khuẩn gây ra. Bệnh sương mai là bệnh gây hại phổ biến trên cây cà chua, bệnh hại có

thể làm giảm năng suất đến 40-70%, bệnh nặng có thể làm thất thu năng suất hoàn toàn. Bệnh sương mai thích hợp với điều kiện thời tiết ẩm độ cao, trời âm u, có nhiều sương mù, nhiệt độ không khí khoảng từ 18-22<sup>0</sup>C, trong đó có khoảng thời gian nhiệt độ xuống thấp 12-15<sup>0</sup>C. Ở Việt Nam, bệnh này phát sinh quanh năm tuy nhiên vụ Đông có điều kiện thời tiết thích hợp cho phát sinh bệnh và gây hại hơn.

Kết quả theo dõi tình hình bệnh hại cà chua được trình bày trong bảng 4.24.

**Bảng 4.24. Mức độ nhiễm một số bệnh hại cà chua trong vụ Đông 2014 và vụ Đông 2015**

Công thức	Bệnh sương mai (điểm)		Bệnh xoăn vàng lá (%)		Bệnh héo xanh vi khuẩn (%)	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015
CT1	3	5	3,6	6,0	2,4	4,8
CT2	1	3	2,4	3,6	3,6	6,0
CT3	1	3	1,2	3,6	0,0	1,2
CT4	1	3	0,0	1,2	0,0	1,2
CT5	1	3	1,2	2,4	1,2	1,2

Bảng trên cho thấy, 3 loại hại chính trên cây cà chua xuất hiện ở hầu hết các công thức thí nghiệm trong hai vụ, mức độ nhiễm bệnh ở vụ Đông 2015 cao hơn so với năm 2014 nguyên nhân là do điều kiện thời tiết năm 2015 bất thuận, đầu vụ mưa nhiều, độ ẩm cao còn cuối vụ rét đậm đã tạo điều kiện thuận lợi cho các bệnh này phát triển. Trong các công thức thí nghiệm, nhìn chung công thức không tưới có tỉ lệ bệnh cao hơn so với có tưới, tuy nhiên riêng bệnh héo xanh vi khuẩn thì tỷ lệ mắc bệnh cao nhất là công thức tưới rãnh, cao hơn so với công thức không tưới và tưới nhỏ giọt trong hai vụ Đông lần lượt là 1,2-2,4% và 1,2-4,8%. Tưới nhỏ giọt giảm tỷ lệ nhiễm bệnh héo xanh vi khuẩn từ 2,4-4,8% so với tưới rãnh. Bệnh héo xanh vi khuẩn do vi khuẩn gây ra, vi khuẩn này tồn tại trong đất do tồn dư của thực vật vụ trước để lại, có khả năng lây lan bệnh rất nhanh nhất là trong điều kiện có nước. Khi đưa nước vào các rãnh tưới đã tạo môi trường cho vi khuẩn lây lan và phát triển. Còn với tưới nhỏ giọt, nước chỉ cung cấp vào gốc cây trồng, không tạo lớp nước trên bề mặt, không có sự di chuyển nước từ nơi này sang nơi khác nên đã hạn chế được sự lây lan của vi khuẩn gây

bệnh. Ngoài ra, cỏ dại xung quanh cây cà chua cũng là nơi chứa một số các bệnh hại đồng thời là nguồn lan truyền bệnh từ cây này sang cây khác, song tưới nhỏ giọt có ưu điểm là hạn chế cỏ dại nên nguồn gây bệnh này cũng giảm hẳn so với tưới rãnh. Đây chính là ưu điểm nổi bật của tưới nhỏ giọt trong hạn chế bệnh hại cà chua so với tưới rãnh.

#### 4.6.5. Ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt đến tỷ lệ đậu quả cà chua

Kết quả tỷ lệ đậu quả của cây cà chua được thể hiện trong bảng 4.25.

**Bảng 4.25. Tỷ lệ đậu quả cà chua trong vụ Đông 2014 và vụ Đông 2015**

CT	Số chùm hoa/cây (chùm)		Số hoa/cây (hoa)		Số quả/cây (quả)		Tỷ lệ đậu quả (%)	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
CT1	7,9	6,6	40,6	38,4	23,1	18,9	56,9	49,6
CT2	8,8	7,8	45,2	45,2	27,3	25,1	60,5	55,7
CT3	9,7	8,4	47,4	47,8	29,1	27,5	61,4	57,5
CT4	11,7	10,4	52,3	53,0	37,3	33,8	71,3	63,8
CT5	10,6	9,0	47,9	48,6	30,7	28,2	64,6	58,0
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	<i>1,57</i>	<i>1,54</i>	<i>7,05</i>	<i>8,67</i>	<i>5,41</i>	<i>4,26</i>	<i>8,86</i>	<i>7,67</i>
<i>CV(%)</i>	<i>8,55</i>	<i>9,68</i>	<i>8,02</i>	<i>9,88</i>	<i>9,76</i>	<i>8,49</i>	<i>7,48</i>	<i>7,16</i>

Tưới nước và phương pháp tưới không ảnh hưởng nhiều đến số chùm hoa nhưng ảnh hưởng rõ rệt đến số hoa, số quả trên cây do đó làm tăng tỷ lệ đậu quả. Tỷ lệ đậu quả tăng từ 3,6-14,4% so với không tưới. Các công thức tưới nhỏ giọt có ảnh hưởng tích cực, tăng tỷ lệ đậu quả cà chua cao hơn so với công thức tưới rãnh. Vụ Đông 2014, tỷ lệ đậu quả ở các công thức tưới nhỏ giọt đạt 61,4-71,3%, tăng từ 0,9-10,8% và vụ Đông 2015 đạt 57,5-63,8%, tăng từ 1,8-8,1%. Trong đó, công thức tưới nhỏ giọt ở giới hạn độ ẩm (70-100)%  $\beta_{dr}$  có tỷ lệ đậu quả cao nhất 71,3% (năm 2014) và 63,8% (năm 2015). Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Liu *et al.* (2009), theo các tác giả giới hạn độ ẩm đất do tưới nhỏ giọt khác nhau sẽ ảnh hưởng đến tỷ lệ đậu quả cà chua.

Vụ Đông năm 2014 có điều kiện thời tiết thuận lợi thích hợp cho các giai đoạn ra hoa, đậu quả của cây cà chua trong khi đó vụ Đông 2015 vào giai đoạn

đậu quả rộ gặp trận rét đậm, rét hại (đầu tháng 01/2016) kèm theo mưa nhiều đã ảnh hưởng tới khả năng đậu quả, mặc dù số lượng hoa nhiều xấp xỉ với số hoa của vụ Đông 2014 nhưng tỷ lệ đậu quả lại thấp hơn từ 3,9-7,5%.

#### 4.6.6. Ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt đến các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất cà chua

Năng suất của giống là một chỉ tiêu tổng hợp, phụ thuộc vào các yếu tố cấu thành năng suất như khối lượng trung bình quả, số quả trên cây. Số liệu về các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất cà chua vụ Đông 2014 và vụ Đông 2015 được trình bày trong bảng 4.26.

Tưới nước có ảnh hưởng tích cực đến khối lượng trung bình một quả. Ở công thức không tưới khối lượng trung bình một quả thấp hơn so với các công thức có tưới nước khá lớn từ 6,3-15,7 g/quả. Tuy nhiên, khối lượng trung bình một quả của các phương pháp tưới khác nhau có sự chênh lệch không đồng đều.

Tưới nhỏ giọt với giới hạn (70-100)%  $\beta_{dr}$  có khối lượng trung bình một quả lớn nhất đạt 75,1 g/quả, trong khi đó các công thức có tưới còn lại CT2, CT3, CT5 lại cho kết quả xấp xỉ nhau.

**Bảng 4.26. Các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất cà chua hai vụ Đông 2014 và vụ Đông 2015**

Công thức	Số quả/cây		KLTB quả (g/quả)		NSCT (g/cây)		NSLT (tấn/ha)		NSTT (tấn/ha)	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
CT1	23,1	18,9	59,4	57,9	1377,9 <sup>c</sup>	1098,1 <sup>c</sup>	44,1	35,1	36,1 <sup>c</sup>	31,6 <sup>c</sup>
CT2	27,3	25,1	65,7	64,1	1775,7 <sup>bc</sup>	1599,2 <sup>b</sup>	56,8	51,2	49,9 <sup>b</sup>	43,4 <sup>b</sup>
CT3	29,1	27,5	66,9	66,0	1949,0 <sup>b</sup>	1818,3 <sup>b</sup>	62,4	58,2	51,6 <sup>ab</sup>	47,6 <sup>ab</sup>
CT4	37,3	33,8	75,1	73,4	2788,2 <sup>a</sup>	2470,8 <sup>a</sup>	89,2	79,1	60,3 <sup>a</sup>	53,1 <sup>a</sup>
CT5	30,7	28,2	67,3	67,3	2066,1 <sup>b</sup>	1898,9 <sup>a</sup>	66,1	60,8	53,0 <sup>ab</sup>	48,4 <sup>ab</sup>
<i>LSD<sub>0,05</sub></i>	5,41	4,26	9,11	9,21	433,08	383,81	13,86	12,28	9,92	9,25
<i>CV (%)</i>	9,76	8,49	7,24	7,44	11,55	11,47	11,55	11,47	10,50	10,96

Ghi chú: KLTB: Khối lượng trung bình; NSCT: Năng suất cá thể; NSLT: Năng suất lý thuyết; NSTT: Năng suất thực thu;

Các chữ cái giống nhau trong cùng một cột biểu thị sự sai khác không có ý nghĩa, các chữ khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự sai khác có ý nghĩa.

Năng suất cà chua ở các công thức tưới nhỏ giọt cao hơn so với công thức tưới rãnh và cao hơn hẳn so với không tưới. Sự sai khác về năng suất giữa các công thức thí nghiệm có tưới và không tưới là có ý nghĩa ở độ tin cậy 95%.

Công thức tưới rãnh có năng suất thấp nhất trong các công thức có tưới. Năng suất cá thể đạt 1.775,7 g/cây, thấp hơn từ 8,9-36,3% (vụ Đông 2014) và đạt 1.599,2 g/cây, thấp hơn từ 12-35,3% (vụ Đông 2015) so với các công thức tưới nhỏ giọt. Một số kết quả nghiên cứu trước đây cũng cho kết quả tương tự, năng suất cà chua do tưới rãnh thấp hơn từ 40% (Bafna *et al.*, 1993; Raina *et al.*, 1999) đến 52% (Reddy *et al.*, 2015) so với tưới nhỏ giọt. So sánh năng suất cà chua thực thu trong hai công thức CT4 và CT2 trong hai vụ Đông 2014 và 2015 cho thấy, công thức CT4 đạt 60,3 tấn/ha tăng 10,4 tấn/ha (vụ Đông 2014) và 53,1 tấn/ha tăng 9,7 tấn/ha (vụ Đông 2015) so với tưới rãnh CT2 mặc dù cùng giới hạn tưới (70-100)%  $\beta_{đr}$ .

Trong các công thức tưới nhỏ giọt, công thức CT4 tưới nhỏ giọt với giới hạn (70-100)%  $\beta_{đr}$  đạt năng suất cao nhất. Năng suất cá thể đạt 2.788,2 g/cây (năm 2014) và 2.470,8 g/cây (năm 2015), tiếp theo là công thức (80-100)%  $\beta_{đr}$  (CT5) với năng suất 2.066,1 g/cây (năm 2014) và 1.898,9 g/cây (năm 2015) và công thức tưới nhỏ giọt (60-100)%  $\beta_{đr}$  (CT3) có năng suất cá thể đạt thấp nhất so với hai công thức nhỏ giọt trên (1.949,0 g/cây, năm 2014 và 1.818,3 g/cây, năm 2015). Với giới hạn tưới (70-100)%  $\beta_{đr}$  sau khi kết thúc tưới, độ ẩm trung bình của tầng đất chứa bộ rễ cây cà chua đạt từ 70-79% độ ẩm tối đa đồng ruộng và duy trì đến đợt tưới tiếp theo. Do vậy công thức CT4 đem lại năng suất cao nhất. Kết quả này cũng tương đồng với kết quả nghiên cứu của Liu *et al.* (2009), theo các tác giả với phương pháp tưới nhỏ giọt nếu duy trì độ ẩm đất từ 80% trở lên hoặc từ 65% trở xuống ở giai đoạn quả lớn sẽ làm giảm năng suất cà chua. Năng suất sẽ cao hơn nếu duy trì độ ẩm đất từ 70-75% độ ẩm tối đa đồng ruộng trong giai đoạn ra hoa và đậu quả.

Theo số liệu điều tra về năng suất cà chua tại một số tỉnh đồng bằng sông Hồng (phụ lục 9), với quy trình thâm canh của địa phương, sử dụng phương pháp tưới rãnh, năng suất trung bình đạt được từ 36,7-43,5 tấn/ha. So sánh với thí nghiệm cho thấy, năng suất cà chua do tưới rãnh trong thí nghiệm tương đương năng suất do người dân sản xuất. Tuy nhiên, năng suất cà chua do tưới nhỏ giọt trong thí nghiệm cao hơn hẳn, năng suất trong công thức CT4 cao hơn từ 16,8-23,6 tấn/ha (năm 2014) và 9,6-16,4 tấn/ha (năm 2015) so với năng suất do tưới rãnh tại các địa phương.

#### 4.6.7. Ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt đến một số chỉ tiêu chất lượng quả cà chua

Để xác định chất lượng của quả cà chua chín, tiến hành phân tích, đo một số chỉ tiêu: vitamin C, hàm lượng  $\text{NO}_3^-$ , độ Brix. Vitamin C được gọi là axit ascorbic, chỉ với một số lượng nhỏ nhưng rất cần thiết cho sự sinh trưởng phát triển bình thường của cơ thể sống. Vitamin C trong quả cà chua có tác dụng chữa bệnh và làm đẹp da, góp phần làm tăng sức đề kháng cho cơ thể. Hàm lượng  $\text{NO}_3^-$  tích lũy trong quả cũng là một trong những chỉ tiêu đánh giá chất lượng rau quả sạch (Đỗ Thị Trường, 2010). Độ Brix là hàm lượng các chất hữu cơ hòa tan trong dịch quả. Quả có độ Brix cao sẽ làm tăng độ ngọt và hàm lượng chất khô. Độ Brix là đặc trưng di truyền của giống nhưng bị ảnh hưởng nhiều bởi điều kiện môi trường và chế độ canh tác (phân bón, nước tưới...). Kết quả phân tích các chỉ tiêu trên được trình bày trong bảng 4.27.

Các chỉ tiêu đánh giá chất lượng quả cà chua ở tất cả các công thức trong hai năm có sự chênh lệch nhẹ. Chỉ tiêu về hàm lượng nitrat gần như nhau và các giá trị này đều thấp hơn nhiều so với tiêu chuẩn của Tổ chức Y tế thế giới WHO (150 mg/kg sản phẩm). Hàm lượng vitamin C và độ Brix trong quả cà chua thu hoạch ở các công thức có tưới cao hơn so với không tưới nhưng không nhiều. Sự sai khác này phù hợp với thực tế trên đồng ruộng, các công thức không tưới cây cà chua sinh trưởng kém hơn, khả năng cung cấp các dưỡng chất nuôi cây và tạo quả thấp dẫn tới chất lượng quả sẽ kém hơn so với các công thức có tưới nước.

**Bảng 4.27. Một số chỉ tiêu chất lượng quả cà chua trong vụ Đông 2014 và vụ Đông 2015**

Chỉ tiêu / Công thức	Hàm lượng vitamin C (mg/100g)		Độ Brix (%)		Hàm lượng $\text{NO}_3^-$ (mg/kg)	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015
CT1	7,1	6,4	3,5	3,2	10,9	10,6
CT2	8,0	7,2	4,1	3,8	10,2	10,3
CT3	8,9	8,4	4,4	4,0	9,9	10,0
CT4	9,7	9,0	5,1	4,6	9,5	9,4
CT5	9,1	8,3	4,3	4,0	10,1	9,8

#### 4.6.8. Ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt đến hiệu quả sử dụng nước của cà chua

Đối với tưới nhỏ giọt, nước được đưa trực tiếp đến tầng đất chứa bộ rễ cây trồng vì vậy khi tính toán lượng nước tưới cho một đơn vị diện tích cần tính đến tỷ lệ diện tích cấp nước của vòi nhỏ giọt.

Trong nghiên cứu này, thí nghiệm được bố trí mỗi cây một vòi nhỏ giọt ( $n=1$ ), khoảng cách giữa các cây ( $b_1$ ) là 40cm và khoảng cách giữa các hàng cây ( $b_2$ ) là 60cm (hình 4.16). Từ kết quả thí nghiệm xác định miền thấm theo chiều rộng và chiều sâu do tưới nhỏ giọt với áp lực nước 0,16atm, lưu lượng nhỏ giọt 0,43 lít/giờ, bán kính miền thấm theo chiều rộng là 20cm. Do vậy xác định được tỷ lệ diện tích cấp nước của cây cà chua do tưới nhỏ giọt là  $a_{hn} = 52,3\%$ .



**Hình 4.16. Tưới nhỏ giọt cho cà chua**

Với tưới rãnh, mức tưới được tính cho mỗi ô thí nghiệm, do vậy khi tính lượng nước tưới cho một đơn vị diện tích sẽ phải kể đến số lượng ô thí nghiệm. Tổng số ô thí nghiệm trên một đơn vị diện tích phụ thuộc vào kích thước một ô thí nghiệm. Với cách bố trí thí nghiệm trong nghiên cứu, diện tích một ô thí nghiệm kể cả rãnh tưới là  $7,8m^2$  ( $1,3 \times 6m$ ), tổng số ô thí nghiệm có cùng kích thước trên 1ha sẽ là .1282 ô. Lượng nước tưới cho 1ha sẽ được tính bằng lượng nước tưới/ô thí nghiệm nhân với tổng số ô thí nghiệm/ha.



**Hình 4.17. Tưới rãnh cho cà chua**

Kết quả bảng 4.28 là tổng lượng nước tưới cho cây cà chua do các công thức tưới khác nhau và hiệu quả sử dụng nước của cà chua trước và sau khi tính đến tỷ lệ diện tích cấp nước và số ô thí nghiệm/ha.

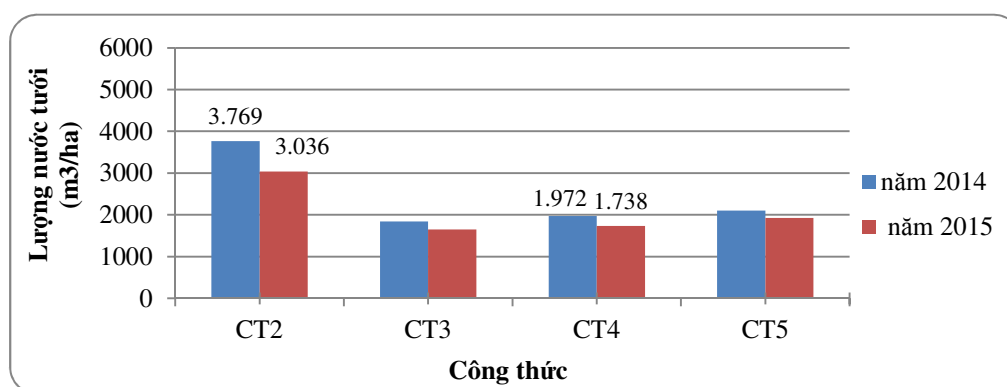
**Bảng 4.28. Tổng lượng nước tưới và hiệu quả sử dụng nước của cà chua trong vụ Đông năm 2014 và vụ Đông 2015**

Công thức	NSTT (tấn/ha)		Tổng lượng nước tưới (m <sup>3</sup> /ha)		Hiệu quả sử dụng nước (kg/m <sup>3</sup> )		Tổng lượng nước tưới (m <sup>3</sup> /ha)		Hiệu quả sử dụng nước (kg/m <sup>3</sup> )	
			Trước khi tính tỷ lệ diện tích cấp nước và số ô thí nghiệm/ha		Sau khi tính tỷ lệ diện tích cấp nước và số ô thí nghiệm/ha					
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
CT1	36,1	31,6								
CT2	49,8	43,4	4.900	3.944	10,2	11,0	3.769	3.036	13,2	14,3
CT3	51,6	47,6	3.521	3.162	14,7	15,1	1.841	1.654	28,0	28,8
CT4	60,3	53,1	3.770	3.330	16,0	15,9	1.972	1.738	30,6	30,5
CT5	53,0	48,4	4.016	3.682	13,2	13,1	2.100	1.926	25,2	25,1

Kết quả thí nghiệm đã chứng tỏ được ưu điểm vượt trội của tưới nhỏ giọt, lượng nước tưới nhỏ giọt chỉ đảm bảo duy trì độ ẩm trong tầng đất chứa vùng rễ tích cực của cây cà chua, với tỷ lệ diện tích cấp nước 52,3% thì lượng nước tưới

nhỏ giọt đã giảm hẳn so với tưới rãnh, tiết kiệm khoảng từ 44,3-51,1% (vụ Đông 2014) và từ 36,6-45,5% (vụ Đông 2015).

Hiệu quả sử dụng nước ở các công thức tưới nhỏ giọt đều cao hơn so với công thức tưới rãnh, lượng nước tưới ít hơn nhưng đem lại năng suất cao hơn. Kết quả này tương tự với kết quả của Semiz and Yurtseven (2010); Reddy *et al.* (2015). Các công thức tưới nhỏ giọt có hiệu quả sử dụng nước cao hơn so với công thức tưới rãnh. Vụ Đông 2014, sau khi tính tỷ lệ diện tích cấp nước và số ô thí nghiệm/ha, hiệu quả sử dụng nước ở các công thức tưới nhỏ giọt đạt từ 28-30,6 kg/m<sup>3</sup>, cao hơn so với công thức tưới rãnh từ 12-17,4 kg/m<sup>3</sup>. Kết quả này cũng tương tự trong vụ Đông 2015, với mức chênh lệch hiệu quả sử dụng nước từ 10,8-16,2 kg/m<sup>3</sup>.



**Hình 4.18. Tổng lượng nước tưới vụ Đông 2014 và 2015**

Tưới nhỏ giọt với các giới hạn độ ẩm khác nhau có hiệu quả sử dụng nước cũng khác nhau, trong đó tưới nhỏ giọt với giới hạn (70-100)%  $\beta_{đr}$  (CT4) có hiệu quả sử dụng nước cao nhất với lượng nước tưới trung bình, công thức CT5 (80-100)%  $\beta_{đr}$  yêu cầu lượng nước tưới lớn nhất nhưng hiệu quả sử dụng nước lại thấp nhất. Điều này được lý giải là do sự phụ thuộc của hiệu quả sử dụng nước vào năng suất và lượng nước tưới, năng suất càng cao thì hiệu quả sử dụng nước càng lớn. Kết quả này cũng đã kiểm chứng được giới hạn độ ẩm đất phù hợp nhất cho phát triển bộ rễ và sinh trưởng của cây cà chua. So sánh công thức tưới rãnh (CT2) với công thức tưới nhỏ giọt (70-100)%  $\beta_{đr}$  (CT4), mặc dù cùng duy trì độ ẩm đất 70%  $\beta_{đr}$  trong suốt quá trình sinh trưởng nhưng tưới nhỏ giọt tiết kiệm được 47,7% (vụ Đông 2014) và 42,8% (vụ Đông 2015) so với tưới rãnh và hiệu quả sử dụng nước cao hơn 17,4 kg/m<sup>3</sup> (vụ Đông 2014); 16,2 kg/m<sup>3</sup> (vụ Đông 2015).

So sánh hai vụ Đông năm 2014 và 2015, vụ Đông năm 2015 có tổng lượng nước tưới ở các công thức thí nghiệm đều thấp hơn so với vụ Đông năm 2014 (hình 4.18). Nguyên nhân là do tổng lượng mưa trong vụ Đông 2015 cao hơn vụ Đông 2014 nên số lần tưới ít hơn dẫn đến lượng nước tưới ít hơn. Mặc dù có sự chênh lệch về tổng lượng nước tưới nhưng hiệu quả sử dụng nước của cây cà chua trong hai năm thí nghiệm tương tự nhau ở tất cả các thức tưới. Sở dĩ như vậy là vì điều kiện khí hậu trong đầu vụ Đông 2015 không thích hợp cho đậu quả của cây cà chua, nhiệt độ cao vào đúng thời điểm ra hoa làm hạt phấn bị khô, tỷ lệ hạt hữu dục thấp đã ảnh hưởng lớn đến tỉ lệ đậu quả (Kuo *et al.*, 1998; Tạ Thu Cúc, 2007). Còn vào gần cuối vụ Đông 2015 (tháng 1/2016) nhiệt độ quá thấp, xảy ra rét đậm, rét hại nên gây ra hiện tượng rụng hoa, quả, quả nhỏ, tăng trưởng chậm dẫn đến khối lượng trung bình quả thấp hơn vì vậy năng suất cà chua vụ này giảm thấp hơn so với vụ Đông 2014.

#### **4.6.9. Hiệu quả kinh tế sản xuất cà chua vụ Đông trong mô hình trình diễn**

Từ kết quả thí nghiệm trong vụ Đông 2014 tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam, qua đánh giá sinh trưởng, năng suất cà chua thấy rằng độ ẩm đất do tưới nhỏ giọt với giới hạn (70-100)%  $\beta_{dr}$  đem lại sinh trưởng, năng suất và hiệu quả sử dụng nước cao nhất trong số các giới hạn tưới nhỏ giọt khác. Do vậy, lựa chọn công thức tưới nhỏ giọt với giới hạn (70-100)%  $\beta_{dr}$  để thực hiện mô hình trình diễn. Mô hình tưới cho cây cà chua có diện tích 400 m<sup>2</sup> tại một hộ gia đình ở thôn Vàng xã Cổ Bi huyện Gia Lâm, Hà Nội. Trong đó 200m<sup>2</sup> được bố trí tưới nhỏ giọt với giới hạn (70-100)%  $\beta_{dr}$  và 200m<sup>2</sup> được tưới bằng phương pháp tưới rãnh truyền thống. Khu ruộng mô hình đều có chung về tính chất đất, điều kiện khí hậu và nguồn nước tưới là nước giếng khoan. Kết quả mô hình trình diễn, cà chua tưới nhỏ giọt đạt năng suất 52,5 tấn/ha và tưới rãnh đạt 42,9 tấn/ha.

Hệ thống tưới nhỏ giọt cho cây cà chua được thiết kế với áp lực nước 0,16atm, lưu lượng nhỏ giọt 0,43 lít/giờ, dây nhỏ giọt đường kính 6mm và khoảng cách giữa hai vòi nhỏ giọt 40cm. Các thiết bị phục vụ tưới đã được tính khấu hao trong chi phí, chi phí đầu tư thiết bị trong một năm được tính trung bình của tổng vốn đầu tư ban đầu mua thiết bị chia cho tổng số năm tính khấu hao. Số năm khấu hao được tính dựa trên thời hạn sử dụng do nhà sản xuất khuyến cáo cho mỗi loại thiết bị. Giá cả một số vật tư, thời hạn sử dụng và giá bán cà chua trong phụ lục 9.

Kết quả tính toán hiệu quả kinh tế của cây cà chua tại mô hình được trình bày trong bảng 4.29.

Hiệu quả đồng vốn của cây cà chua trong mô hình ở cả hai ruộng tưới nhỏ giọt và tưới rãnh không chênh lệch nhiều. Tuy nhiên các chỉ tiêu đánh giá khác lại có sự chênh lệch rõ rệt. Cây cà chua được tưới nhỏ giọt đem lại giá trị sản xuất (GTSX) 347,03 triệu đồng, cao hơn so với tưới rãnh 63,53 triệu/ha đó là do tưới nhỏ giọt đem lại năng suất cao hơn.

**Bảng 4.29. Hiệu quả kinh tế sản xuất cà chua vụ Đông năm 2015 trong mô hình trình diễn tại xã Cổ Bi, Gia Lâm, Hà Nội**

Công thức	GTSX	CPTG	TNHH	Số công lao động (công/ha)	Giá trị ngày công	HQĐV (lần)
	(triệu đồng/ha)				(1.000 đồng)	
Tưới rãnh	283,50	61,21	222,28	835	266,21	3,63
Tưới nhỏ giọt	347,03	72,95	274,08	700	391,54	3,76

Do có chi phí đầu tư thiết bị tưới nên thí nghiệm tưới nhỏ giọt có chi phí trung gian (CPTG) cao hơn so với tưới rãnh 11,74 triệu/ha (tương đương 19%). Từ đó dẫn tới thu nhập hỗn hợp (TNHH) của thí nghiệm tưới rãnh thấp hơn so với thí nghiệm tưới nhỏ giọt khoảng 51,8 triệu/ha. Với ưu điểm của tưới nhỏ giọt thì việc bón phân và tưới nước cho cây trồng hoàn toàn tự động nên giảm được công lao động, số công lao động trong cả vụ cho một ha cà chua được tưới nhỏ giọt giảm so với tưới rãnh khoảng 135 công. Thu nhập hỗn hợp nhỏ hơn, số công lao động lại nhiều hơn nên giá trị ngày công của mô hình cà chua tưới nước bằng phương pháp tưới rãnh đạt thấp hơn so với phương pháp tưới nhỏ giọt khoảng 125 nghìn đồng/công.

Như vậy, kết quả so sánh hiệu quả kinh tế của mô hình trồng cà chua do tưới nhỏ giọt và tưới rãnh cho thấy cây cà chua đem lại hiệu quả đồng vốn là rất cao (trên 3,6 lần) và không sai khác nhiều trong cả hai phương pháp tưới. Mặc dù mô hình tưới nhỏ giọt đòi hỏi chi phí đầu tư cho sản xuất cao hơn song vẫn đem lại thu nhập lớn hơn và đặc biệt là giảm được số công lao động, tăng giá trị ngày công. Điều này có ý nghĩa rất lớn đối với người lao động và mô hình này thích hợp cho các vùng sản xuất với quy mô lớn trong khi nguồn lao động thủ công lại hạn chế.

#### **4.6.10. Đề xuất chế độ tưới nhỏ giọt thích hợp cho cà chua vụ Đông trồng trên đất phù sa trung tính ít chua đồng bằng sông Hồng**

Các kết quả thực nghiệm trong quá trình nghiên cứu đã chỉ ra tưới nhỏ giọt với áp lực nước 0,16atm, lưu lượng nhỏ giọt 0,43 lít/giờ sẽ đảm bảo cung cấp nước tốt nhất cho tầng đất chứa bộ rễ tích cực của cây cà chua vụ Đông trồng trên đất phù sa trung tính ít chua. Độ ẩm thích hợp cho sự phát triển của bộ rễ cây cà chua là 70-80%. Với công thức tưới nhỏ giọt ở giới hạn tưới 70-100% độ ẩm tối đa đồng ruộng cây cà chua phát triển tốt nhất, ít bị nhiễm bệnh, đạt năng suất và hiệu quả sử dụng nước cao nhất. Vì thế công thức CT4 trong thí nghiệm 3 sẽ được lựa chọn để đề xuất chế độ tưới cho cây cà chua bằng kỹ thuật tưới nhỏ giọt.

Kết quả xây dựng mô hình toán về lan truyền ẩm dựa trên các số liệu độ ẩm theo dõi ở công thức CT4 và kết quả dự báo thời điểm tưới, tính toán số lần tưới, lượng nước tưới mỗi lần cho công thức này đồng thời đối chiếu với số liệu thực tế ngoài đồng ruộng trong hai vụ Đông 2014, 2015 để thiết lập chế độ tưới. Theo kết quả dự báo và kết quả thực nghiệm trong hai vụ Đông 2014 và 2015 số lần tưới dự báo 11 lần, số lần tưới thực 10 lần (vụ Đông 2014) và 9 lần (vụ Đông 2015), lượng nước tưới mỗi lần 37,0-37,8mm (vụ Đông 2014) và 38,0-38,5mm (vụ Đông 2015), chênh lệch không đáng kể giữa số liệu dự báo và thực đo (0,1-0,8mm). Số liệu trung bình giữa kết quả dự báo và kết quả thực nghiệm được sử dụng để đề xuất chế độ tưới nhỏ giọt, cụ thể: số lần tưới trong cả vụ là 10 lần, lượng nước tưới trung bình mỗi lần 38mm. Với tỷ lệ diện tích cấp nước là 52,3% lượng nước tưới trung bình mỗi lần là 19,87mm (198,7 m<sup>3</sup>/ha). Từ mật độ cây cà chua 32.000 cây/ha, tính được lượng nước tưới mỗi lần cho một cây cà chua là 6,2 lít/cây.

Chế độ tưới nhỏ giọt thích hợp cho cà chua vụ Đông trồng trên đất phù sa trung tính ít chua đồng bằng sông Hồng vùng Gia Lâm, Hà Nội như sau:

- 1) Số lần tưới trong cả vụ 10 lần;
- 2) Mức tưới mỗi lần 198,7m<sup>3</sup>/ha (tương ứng với 6,2 lít/cây/lần tưới);
- 3) Tổng lượng nước tưới trong một vụ 1.987 m<sup>3</sup>/ha;
- 4) Sử dụng áp lực nước tưới là 0,16atm, loại dây nhỏ giọt đường kính 6mm, khoảng cách giữa hai vòi nhỏ giọt là 40cm.

## PHẦN 5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 5.1. KẾT LUẬN

Trong bối cảnh nguồn nước ngày càng khan hiếm, ứng dụng tưới tiết kiệm nước trong sản xuất nông nghiệp là một trong số các giải pháp thiết thực nhằm tiết kiệm nước góp phần ứng phó với biến đổi khí hậu. Xuất phát từ thực trạng đó, tác giả đã tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của tưới nhỏ giọt đến sinh trưởng, năng suất cây cà chua. Qua quá trình điều tra thực trạng sản xuất cà chua tại một số tỉnh trồng cà chua chính của đồng bằng sông Hồng và triển khai nghiên cứu trong thời gian từ 10/2013 đến 10/2016, tác giả đưa ra một số kết luận sau:

1) Vụ Đông là vụ sản xuất cà chua chính của đồng bằng sông Hồng (83,3-96,7%). Nguồn cung cấp nước tưới chủ yếu là giếng khoan (76,7-100%) và phương pháp tưới phổ biến là tưới rãnh (90-100%). Phương pháp tưới nhỏ giọt chưa được áp dụng với sản xuất cà chua ngoài đồng ruộng. Đất thí nghiệm là đất phù sa trung tính ít chua. Mực nước ngầm nằm sâu (> 1,75m).

2) Độ sâu tầng đất cần làm ẩm 0-30cm và bộ rễ cà chua tập trung dày đặc ở tầng đất 0-20cm. Áp lực nước 0,16atm và lưu lượng nhỏ giọt 0,43 lít/giờ phù hợp để đảm bảo cung cấp nước cho tầng đất chứa bộ rễ tích cực của cây cà chua. Miền thấm trong đất theo chiều sâu là 25cm và chiều rộng là 20cm.

3) Phương trình tổng quát của mô hình toán về lan truyền ẩm trong đất được xác định cho giới hạn tưới 70-100% độ ẩm tối đa đồng ruộng ở điều kiện ngoài đồng ruộng là:  $F(x, y) = k(x_0-x)^a(y_0-y)^b + a(x_0-x)^b(y_0-y)^c$ , do mưa là:  $f(y) = ay^b$  và theo thời gian là  $f(t) = a(t+1)^b$ . Kết quả kiểm chứng các hàm xác định độ ẩm cho kết quả sai số so với các mẫu đối chứng đều nhỏ hơn 10%.

4) Ứng dụng mô hình toán với giới hạn tưới 70-100% độ ẩm tối đa đồng ruộng đã dự báo được: Tổng số lần tưới/vụ là 11 lần. Lượng nước có tính đến tỷ lệ diện tích cấp nước do tưới nhỏ giọt ( $a_{nn}=52,3\%$ ) dao động trong khoảng 193,5-197,7 m<sup>3</sup>/ha/lần tưới (vụ Đông 2014) và 198,7-201,4 m<sup>3</sup>/ha/lần tưới (vụ Đông 2015).

5) Các thí nghiệm về tưới nhỏ giọt cho cà chua trong hai vụ Đông năm 2014 và năm 2015 cho thấy công thức CT4 tưới nhỏ giọt với giới hạn tưới 70-100% độ ẩm tối đa đồng ruộng cho kết quả tốt nhất: Chiều cao cây ở thời điểm 10 tuần sau

trồng đạt 111,4cm tăng 15,8cm (vụ Đông 2014) và 116,1cm tăng 16,5cm (vụ Đông 2015); tỷ lệ đậu quả đạt 71,3% tăng 10,8% (vụ Đông 2014) và 63,8% tăng 8,1% (vụ Đông 2015); năng suất thực thu đạt 60,3 tấn/ha tăng 10,4 tấn/ha (vụ Đông 2014) và 53,1 tấn/ha tăng 9,7 tấn/ha (vụ Đông 2015); hiệu quả sử dụng nước đạt 30,6 kg/m<sup>3</sup> tăng 17,4 kg/m<sup>3</sup> (vụ Đông 2014) và 30,5 kg/m<sup>3</sup> tăng 16,2 kg/m<sup>3</sup> (vụ Đông 2015), tiết kiệm 47,7% (vụ Đông 2014) và 42,8% (vụ Đông 2015) lượng nước tưới so với tưới rãnh. Tưới nhỏ giọt cho cà chua đem lại hiệu quả kinh tế cao hơn: Thu nhập hỗn hợp đạt 274,08 triệu đồng/ha (tăng 51,8 triệu đồng/ha), giá trị ngày công đạt 391,54 nghìn đồng/công, cao hơn 125 nghìn đồng/công do giảm được 135 công lao động/ha/vụ so với tưới rãnh.

Chế độ tưới nhỏ giọt được đề xuất cho cà chua vụ Đông trồng trên đất phù sa trung tính ít chua đồng bằng sông Hồng vùng Gia Lâm, Hà Nội là: Số lần tưới trong cả vụ 10 lần, mức tưới mỗi lần 198,7 m<sup>3</sup>/ha (tương ứng với 6,2 lít/cây/lần tưới), tổng lượng nước tưới trong một vụ 1.987 m<sup>3</sup>/ha. Sử dụng áp lực nước tưới là 0,16atm, loại dây nhỏ giọt đường kính 6mm, khoảng cách giữa hai vòi nhỏ giọt là 40cm.

## **5.2. KIẾN NGHỊ**

Tiếp tục mở rộng nghiên cứu và bổ sung thêm một số yếu tố phụ thuộc trong mô hình toán về lan truyền ẩm do tưới nhỏ giọt cho cây cà chua như thời gian, khí hậu, loại đất phù sa khác nhau của vùng đồng bằng sông Hồng.

Ứng dụng, nghiên cứu triển khai mô hình toán về lan truyền ẩm trong đất cho các vùng đất khác có sản xuất cà chua tại Việt Nam.

Mở rộng nghiên cứu về khả năng ứng dụng tưới nhỏ giọt cho cây cà chua trồng ở các khu vực có khí hậu khô hạn của Việt Nam.

**DANH MỤC CÔNG TRÌNH**  
**ĐÃ CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN**

1. Ngo Thi Dung, Nguyen Van Dung, Hoang Thai Dai and Le Duc Vinh (2015). Developing a mathematical model to measures the spreading of soil moisture under drip irrigation. Proceedings of 8<sup>th</sup> Asian crop science association conference (ACSAC8). Agriculture University Press. pp. 82-92.
2. Ngo Thi Dung, Nguyen Van Dung, Hoang Thai Dai and Le Duc Vinh (2015). Mathematical formula to model soil moisture of a tomato field under drip irrigation in the Red River delta. International symposium between Vietnam and Japan, 21st November, 2015. Agriculture University Press. pp. 166-181.
3. Ngo Thi Dung, Nguyen Van Dzung and Hoang Thai Dai (2016). Effects of irrigation methods on the growth, yield and water use efficiency of tomatoes in Red River delta alluvial soil. Vietnam Journal of Agricultural Sciences. Vol. 14 (10). pp. 1540-1548.
4. Ngô Thị Dung, Nguyễn Văn Dung, Hoàng Thái Đại và Nguyễn Thị Giang (2017). Ứng dụng mô hình toán về lan truyền ẩm để xác định chế độ tưới nhỏ giọt cho cà chua vụ Đông vùng Gia Lâm, Hà Nội. Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam. 15 (4). tr. 490- 499.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

### Tiếng Việt:

1. Agroinfo (2007). Nam Định: Phát triển diện tích cây rau màu vụ Đông tạo nguồn hàng xuất khẩu. Truy cập ngày 10/2/2017 tại [http://agro.gov.vn/news/tID1924\\_Nam-Dinh-Phat-trien-dien-tich-cay-rau-mau-vu-dong-tao-nguon-hang-xuat-khau.html](http://agro.gov.vn/news/tID1924_Nam-Dinh-Phat-trien-dien-tich-cay-rau-mau-vu-dong-tao-nguon-hang-xuat-khau.html).
2. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (2006). Tiêu chuẩn ngành 10 TCN 219:2006, ban hành kèm theo Quyết định số 1698 QĐ/BNN-KHCN, ngày 12 tháng 06 năm 2006.
3. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (2008). Cẩm nang sử dụng đất nông nghiệp, tập 2, Phân hạng đánh giá đất đai. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
4. Bùi Công Quang (1987). Nghiên cứu mô hình truyền ẩm và ứng dụng trên đất bazan Tây Nguyên. Luận án phó tiến sĩ, Trường Đại học Thủy lợi.
5. Bùi Hiếu (1994). Kỹ thuật tưới cho một số cây lương thực và hoa màu. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
6. Cục Thống kê thành phố Hà Nội (2013). Báo cáo Tình hình kinh tế-xã hội tháng 12 năm 2013.
7. Dairyvietnam (2014). Sự phát triển của công nghệ tưới tiết kiệm nước. Truy cập ngày 12/4/2014 tại <http://www.dairyvietnam.com/vn/He-thong-tuoi-va-He-thong-tuoi-phan/Su-phat-trien-cua-cong-nghe-tuoi-tiet-kiem-nuoc.html>
8. Đàm Xuân Hoàn (1994). Nghiên cứu khả năng giữ ẩm cung cấp nước của đất và nhu cầu tưới của ngô trong vụ Đông xuân trên đất phù sa sông Hồng vùng Gia Lâm, Hà Nội. Luận án Phó tiến sĩ, Trường Đại học Nông nghiệp I.
9. Đỗ Thị Trường (2010). Thử nghiệm ảnh hưởng một số môi trường dinh dưỡng đến sinh trưởng, phát triển, năng suất và phẩm chất của cà chua bằng kỹ thuật thủy canh tại Đà Nẵng. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng. 5 (40). tr. 183-190.
10. Hà Văn Thái (2007). Nghiên cứu chế độ, kỹ thuật và thiết bị tưới phù hợp cho cây chè phục vụ sản xuất hàng hóa tập trung ở phía Bắc. Viện Nước Tưới tiêu và Môi trường. Đề tài cấp Bộ.
11. Hải Yến (2008). Quảng Ngãi: Trồng cà chua ghép trên gốc cà tím. Truy cập ngày 23/3/2017 tại <http://nongnghiep.vn/quang-ngai-trong-ca-chua-ghep-tren-goc-ca-tim-post8407.html>

12. Hoàng Minh Tấn, Nguyễn Quang Thạch và Vũ Quang Sáng (2006). Sinh lý thực vật. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
13. Hội Khoa học đất Việt Nam (2000). Đất Việt Nam. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
14. Khuyết danh (2016). Ứng dụng hệ thống tưới nước nhỏ giọt thông minh. Truy cập ngày 15/8/2016 tại <http://www.nhavuontaignia.com/ung-dung-he-thong-tuoi-nuoc-nho-giot-thong-minh-268.html>.
15. Lê Thái Bạt và Phạm Quang Khánh (2015). Quỹ đất Việt Nam, các loại đất chính và sử dụng trong nông nghiệp. Hội thảo Quốc gia, Đất Việt Nam, Hiện trạng sử dụng và thách thức. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
16. Lê Thị Thủy (2012). Nghiên cứu góp phần phát triển công nghệ hạt giống cà chua lai F1. Luận án tiến sĩ, Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội.
17. Lê Sâm (1998). Nghiên cứu ứng dụng các giải pháp công nghệ tưới tiên tiến tiết kiệm nước cho các vùng khan hiếm nước. Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam. Đề tài cấp nhà nước KHCN.08.09.
18. Lê Sâm (2005). Kỹ thuật tưới tiết kiệm nước. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Thành phố Hồ Chí Minh.
19. Lê Sâm, Nguyễn Văn Lân và Nguyễn Đình Vượng (2007). Công nghệ, kỹ thuật tưới tiết kiệm nước cho những vùng khan hiếm nước ở Việt Nam. Hội đập lớn và phát triển nguồn nước Việt Nam. Truy cập ngày 03/10/2015 tại <http://www.vncold.vn/Modules/CMS/Upload/10/KhoaHocCongNghe/CongNgheKyThuatTuoiTietKiemNuoc.pdf>.
20. Nguyễn Tất Cảnh (2000). Nghiên cứu mô hình mô phỏng động thái độ ẩm đất và chẩn đoán nhu cầu tưới cho ngô và đậu tương trên đất bạc màu Đông Anh và phù sa sông Hồng Gia Lâm. Luận án tiến sĩ, Trường Đại học Nông nghiệp I.
21. Nguyễn Thế Quảng (1994). Nghiên cứu tưới ẩm cho cây công nghiệp và cây ăn quả dọc đường 6 Sơn La. Trung tâm Thủy nông Bắc Bộ (nay là Viện Nước Tưới tiêu và Môi trường). Dự án thuộc chương trình phát triển miền núi của Bộ Khoa học và Công nghệ.
22. Nguyễn Thị Hằng Nga và Lê Thị Nguyên (2004). Nghiên cứu ảnh hưởng của phương pháp tưới rãnh và tưới nhỏ giọt đến sự phân bố độ ẩm đất và năng suất khoai tây vụ Đông trên đất phù sa sông Hồng không được bồi hàng năm vùng Từ Liêm-Hà Nội. Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy Lợi và Môi trường. (4). tr. 10-17.
23. Nguyễn Thị Kim Dung và Đào Kim Lư (2010). Hạn hán ở đồng bằng sông Hồng và một số giải pháp phòng chống. Tạp chí Các khoa học về trái đất. 32 (3). tr. 226-230.
24. Nguyễn Thu Hiền (1994). Mô hình truyền ẩm trong vùng đất không bão hòa. Báo cáo hội nghị Khoa học năm 1994. Trường Đại học Thủy lợi. tr. 145-150.

25. Nguyễn Quang Kim (1999). Mô phỏng sự vận động ẩm trong đất chưa bão hòa và vấn đề xác định lượng cấp nước của đất tầng sâu và nước ngầm cho cây trồng. Báo cáo Hội nghị Khoa học lần thứ XI-Kỷ niệm 40 năm thành lập Trường Đại học Thủy lợi. tr. 80-86.
26. Nguyễn Quang Trung (2006). Nghiên cứu ứng dụng công nghệ tưới tiết kiệm nước cho cây nho và thanh long ở vùng khô hạn Nam Trung Bộ theo công nghệ Israel. Viện Nước Tưới tiêu và Môi trường. Đề tài cấp bộ.
27. Phạm Ngọc Dũng, Nguyễn Văn Dung và Nguyễn Đức Quý (2005). Quản lý nguồn nước. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
28. Phạm Ngọc Hải, Tống Đức Khang, Bùi Hiếu và Phạm Việt Hòa (2007). Quy hoạch và thiết kế hệ thống thủy lợi. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
29. Trạm khí tượng Hà Đông (1996-2016). Số liệu khí tượng thành phố Hà Nội giai đoạn 1996-2016.
30. Tạ Thu Cúc (2005). Kỹ thuật trồng rau. Nhà xuất bản Hà Nội, Hà Nội.
31. Tạ Thu Cúc (2007). Kỹ thuật trồng cà chua. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
32. Tổng cục Thống kê (2016). Số liệu thống kê về đơn vị hành chính, khí hậu vùng đồng bằng sông Hồng.
33. Tổng cục thống kê (2017). Số liệu thống kê diện tích, năng suất và sản lượng cà chua giai đoạn 2012-2016.
34. Trần Chí Trung (2010). Hiệu quả kinh tế khi ứng dụng công nghệ tưới nhỏ giọt cho cây bưởi. Viện Khoa học Thủy Lợi Việt Nam. Truy cập ngày 03/11/2016 tại [http://www.vawr.org.vn/index.aspx?aac=CLICK&aid=ARTICLE\\_DETAIL&ari=734&lang=1&menu=khoa-hoc-cong-nghe&mid=995&parentmid=982&pid=8&storeid=0&title=hieu-qua-kinh-te-khi-ung-dung-cong-nghe-tuoi-nho-giot-cho-cay-buoi](http://www.vawr.org.vn/index.aspx?aac=CLICK&aid=ARTICLE_DETAIL&ari=734&lang=1&menu=khoa-hoc-cong-nghe&mid=995&parentmid=982&pid=8&storeid=0&title=hieu-qua-kinh-te-khi-ung-dung-cong-nghe-tuoi-nho-giot-cho-cay-buoi).
35. Trần Chí Trung (2017). Ứng dụng công nghệ tưới tiên tiến trong phát triển nông nghiệp, nông thôn Việt Nam. Trung tâm PIM, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam. Truy cập ngày 14/3/2017 tại <http://www.pim.vn/Web/Content.aspx?distid=841>.
36. Trần Hùng, Hà Văn Thái và Bùi Đức Hà (2011). Kết quả nghiên cứu chế độ tưới cho cây lạc vụ xuân vùng đồi núi phía Bắc. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi. (3). tr. 76-82.
37. Trần Hùng và Dương Thị Bích Vân (2012). Ứng dụng công nghệ tưới tiết kiệm nước cho cây dược liệu vùng trung du miền núi phía Bắc, một hướng đi tiềm năng. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi. (8). tr. 55-57.
38. Trần Hùng, Đinh Văn Linh, Nguyễn Việt An và Đặng Vinh Quang (2013). Sổ tay hướng dẫn Quy trình công nghệ tưới tiết kiệm nước cho cây trồng cạn tập I. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

39. Trần Hưng (2010). Hải Dương mở rộng quy mô sản xuất cây vụ Đông. Truy cập ngày 10/2/2017 tại <http://www.baomoi.com/hai-duong-mo-rong-quy-mo-san-xuat-cay-vu-dong/c/3821817.epi>.
40. Trần Thái Hùng (2008). Nghiên cứu chế độ tưới nhỏ giọt thích hợp cho cây cà chua. Tuyển tập kết quả khoa học và công nghệ năm 2008. Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam. tr. 173-185.
41. Trần Văn Chính, Cao Việt Hà, Đỗ Nguyên Hải, Hoàng Văn Mùa, Nguyễn Hữu Thành và Nguyễn Xuân Thành (2006). Thổ nhưỡng học. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
42. Viện nghiên cứu rau quả (2002). Cẩm nang trồng rau. Bản dịch tiếng Việt do Trần Văn Lài và Lê Thị Hà dịch từ cuốn Vegetable Production Training Manual do Trung tâm Nghiên cứu và Phát triển Rau Châu Á phát hành. Nhà xuất bản Mũi Cà Mau, Cà Mau.
43. Vũ Chí Công và Bùi Quốc Lập (2012). Ứng dụng phương pháp thể tích hữu hạn cho mô hình thấm không bão hòa trong môi trường đất do vòi tưới nhỏ giọt. Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường. (38). tr. 31-38.
44. Vũ Tuyên Hoàng, Chu Thị Ngọc Viên và Lê Thanh Thuận (1990). Kết quả chọn tạo giống cà chua 214. Tạp chí Nông nghiệp và Công nghiệp thực phẩm, Hà Nội. (3). tr. 147-150.

#### **Tiếng Anh:**

45. AVRDC (2008). The first AVRDC tomato yellow leaf curl virus resistant, fresh market tomato hybrid release in Taiwan. AVRDC report 2005. AVRDC Publication No 08-702, Shanhua, Taiwan. pp. 111.
46. Azhar A. H, B. Perera and G. Nabi (2011). A Simple Soil Moisture Simulation Model to Address Irrigation Water Management Issues. Journal of engineering & technology. Vol. 30 (20). pp. 193-206.
47. Babovic J., S. Milic, L. Maksimovic and M. V. Radojevic (2006). Irrigation management in field crops production. Options Mediterraneennes Series A. (80). pp. 199-203.
48. Badr A. E. and M.E. Abuarab (2013). Soil moisture distribution patterns under surface and subsurface drip irrigation systems in sandy soil using neutron scattering technique. Irrigation Science. Vol. 31 (3). pp. 317-332.
49. Bafna A. M., S. Y. Daftardar, K. K. Khade, P. V. Patel and R. S. Dhotre (1993). Utilization of nitrogen and water by tomato underdrip irrigation system. J. Water Manage 1(1). pp. 1-5.
50. Bailey R.J. and E. Spackman (1996). A model for estimating soil moisture changes as an aid to irrigation scheduling and crop water-use studies:

- I. Operational details and description. *Soil Use and Management*. Vol. 12 (3). pp. 122-128.
51. Biswas S. K., A. R. Akanda, M. S. Rahman and M. A. Hossain (2015). Effect of drip irrigation and mulching on yield, water-use efficiency and economics of tomato. *Plant Soil and Environment (Impact Factor: 1.23)*. 03/2015. 61(3). pp. 97-102.
  52. Bresler E., J. Heller, N. Diner, A. Brandt and D. Goldberg (1971). Infiltration from a trickle source, II. Experimental data and theoretical predictions. *Soil Sci. Soc. Am. Pro.* 35. pp. 683-689.
  53. Deshmukh G., M. K. Hardaha, Kumar Soni, S. K. Ahirwar, S. Pannase, S. L. Alawa and S. D. Sawarkar (2016). Effect of drip fertigation on water use efficiency and yield of tomato. *Plant Archives*. Vol. 16 (1). pp. 71-74.
  54. FAO (2017). Data on area harvested, yield and production quantity of tomato in the period 2010-2014. Retrieved on 01 February 2017 at <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
  55. Habiyaemye C., V. Barth, K. Highet and K. Murphy (2014). Effect of irrigation on plant height, heading, maturity and seed yield of 20 diverse millet varieties. Department of Crop and Soil Sciences, Washington State University.
  56. Hanks R. J. and G. L. Ashcroft (1980). *Applied soil physics*. Publisher: Springer US. Berlin Heidelberg New York.
  57. Healy R. W. and A. W. Warrick (1988). A generalized solution to infiltration from a surface point source. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52. pp. 1245-1251.
  58. Helyes L., A. Lugas and Z. Pék (2012). Effect of irrigation on processing tomato yield and antioxidant components. *Turk J Agric For* 36 (2012). pp. 702-709.
  59. Imtiyaz M., N. P. Mgadla, B. Chepete and E.O. Mothobi (2000). Yield and economic returns of vegetable crops under varying irrigation. *Irrigation Sci.* 19. pp. 87-93.
  60. Ismail S. M., K. Ozawa and N. A. Khondaker (2007). Effect of irrigation frequency and timing on tomato yield, soil water dynamics and water use efficiency under drip irrigation. Eleventh International Water Technology Conference, IWTC11 2007 Sharm El-Sheikh, Egypt. pp. 69-84
  61. Kuo O. G., R. T. Opera and J. T. Chen (1998). Guides for tomato production in the tropics and subtropics. Asian Vegetable research and Development center, Unpublished technical Bullention No. pp. 1-73.
  62. Lin C. Y. and S. H. Lai (1989). Production and utilization of pepper and tomato in Taiwan, China. *Tomato and pepper production in the tropics*, AVRDC, Tainan, Taiwan. pp. 422-428.
  63. Liu H., A. W. Duan, J. S. Sun and Y. Y. Liang (2009). Effects of soil moisture regime on greenhouse tomato yield and its formation under drip irrigation. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*, 2009 Nov.; 20(11):2. pp. 699-704.

64. Mahadeen A. Y., O. E. Mohawesh, K. Al-Absi and W. Al-Shareef (2011). Effect of irrigation regimes on water use efficiency and tomato yield (*Lycopersicon esculentum* Mill) grown in an arid environment. *Archives of Agronomy and Soil Science*. Vol. 57 (1). pp. 105-114.
65. Ondera S., M. E. Caliskanb, D. Ondera and S. Caliskanb (2005). Different irrigation methods and water stress effects on potato yield and yield components. *Agricultural Water Management* 73 (2005). pp. 73-86.
66. PanigrahiB., D.P. Roy and S. N. Panda (2010). Water use and yield response of tomato as influenced by drip and furrow irrigation. *International Agricultural Engineering Journal*. Vol. 19 (1). pp. 19-30.
67. Pau J. C., J. N. Mishra, P. L. Pradhan and B. Panigrahi (2013). Effect of drip and surface irrigation on yield, water-use-efficiency and economics of capsicum (*capsicum annum* l). Grown under mulch and non mulch conditions in eastern coastal India. *European Journl of Sustainable Development*. Vol. 2 (1). pp. 99-108.
68. Philip J. R. (1971). General theorem on steady infiltration from a surface sources with application to point and line source. *Soil Sci. Soc. Am. Pro.* 35. pp. 867-871.
69. Raina J. N., B. C. Thakur and M. L. Verma (1999). Effect of drip irrigation and polyethylene mulch on yield, quality and water-use efficiency of tomato. *Indian J. Agric. Sci.* 69. pp. 430-433.
70. Reddy S. G. V., D. V. Patil, B. Srihari Rao and B. Nagendaprasad (2015). Effect of different types of irrigation and growing method on growth, yield and water-use efficiency of tomato. *The Bioscan*. 10(1), 2015. pp. 243-246.
71. Rochester E. W. and C. D. Busch (1972). An irrigation scheduling model which incorporates rainfall predictions. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*. Vol. 8 (3). pp. 608-613.
72. Sani B. M., K. O. Oluwasemire and H. I. Mohammed (2008). Effect of irrigation and plant density on the growth, yield and water use efficiency of early maize in the Nigerian Savanna. Vol. 2 (2). *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*.
73. Schaible G. D. and M. P. Aillery (2012). Water conservation in irrigated agriculture: Trends and challenges in the face of emerging demands. *Economic information, Bulletin number 99*.
74. Semiz D. G. and E. Yurtseven (2010). Salinity Distrubution, Water Use Efficiency and Yield Response of Grafted and Ungrafted Tomato (*Lycopersicon esculentum*) Under Furrow and Drip Irrigation with Moderately Saline Water in Central Anatolian Condition\*. *GOÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi*. 27 (2). pp. 101-111.
75. Shrivastava P. K., M. M. Parikh, N. G. Sawani and S. Raman (1994). Effect of drip irrigation and mulching on tomato yield. *Agricultural Water Management*. Vol. 25 (2). April 1994. pp. 179-184.

76. Shrivastava P., G. S. Rajput and S. Nayak (2011). Soil moisture distribution as influenced by drip irrigation supply and planting pattern in heavy soils of Madhya Pradesh. *Journal of Agricultural Technology*. Vol. 7 (4). pp. 1177-1186.
77. Singh R., S. Kumar, D. D. Nangare and M. S. Meena (2009). Drip irrigation and black polyethylene mulch influence on growth, yield and water-use efficiency of tomato. *African J. Agricultural Research*. Vol. 4 (12). pp. 1427-1430.
78. Tiwari R. N. and B. Choudhury (1993). *Solanaceous Crops. Vegetable Crop*, Naya prokash publisher, India. pp. 224-267.
79. Tya T. S. K. and M. K. Othman (2014). Effect of irrigation water depth on tomato yield, water charge and net returns at Geriyo Irrigation Project, Yola, Nigeria. *International Journal of Agricultural Policy and Research*. Vol. 2 (4). pp. 178-184.
80. Zhai Y. M., X. H. Shao, W. G. Xing, Y. Wang, T. T. Hung and H. L. Xu (2010). Effects of drip irrigation regimes on tomato fruit yield and water use efficiency. *Journal: Food, Agriculture and Environment (JFAE)*. Vol. 8 (3&4). pp. 709-713.
81. Warrick A. W. (1974). Time dependent linearized infiltration I. Point sources. *Soil Science Society of America Journal*. Vol. 38 (3). pp. 383-386.
82. Witney B. D., K. E. Oskoui and R. B. Speirs (1982). A simulation model for predicting soil moisture status. *Soil and Tillage Research*. Vol. 2 (1). pp. 67-80.

## DANH MỤC PHỤ LỤC

Phụ lục 1. Số liệu khí tượng khu vực thí nghiệm từ 2014-2016 và số liệu về diện tích, năng suất, sản lượng cà chua.....	131
Phụ lục 2. Kết quả theo dõi độ ẩm đất do tưới nhỏ giọt với áp lực nước 0,16atm .....	133
Phụ lục 3. Kết quả phân tích hồi quy và kiểm chứng mô hình toán trong phòng thí nghiệm (thí nghiệm 2) .....	136
Phụ lục 4. Kết quả phân tích hồi qui và kiểm chứng mô hình toán do tưới nhỏ giọt cho cà chua vụ Đông 2014 tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam (thí nghiệm 3).....	142
Phụ lục 5. Kết quả phân tích hồi qui, kiểm chứng mô hình toán khi có mưa lớn và mô hình toán theo thời gian trong các giai đoạn không có mưa, không tưới. Số liệu theo dõi độ ẩm đất trung bình ngày vụ Đông 2014 .....	150
Phụ lục 6. Kết quả dự báo độ ẩm đất, thời điểm tưới và lượng nước tưới cho cà chua vụ Đông 2014 .....	155
Phụ lục 7. Kiểm chứng mô hình toán với diễn biến độ ẩm đất do tưới nhỏ giọt trong thí nghiệm và mô hình vụ Đông 2015 .....	159
Phụ lục 8. Kết quả xử lý thống kê sinh học các số liệu sinh trưởng, năng suất cà chua.....	168
Phụ lục 9. Giá cả một số vật tư sản xuất nông nghiệp và hàng hóa nông sản trên địa bàn điều tra năm 2014 và tại Gia Lâm, Hà Nội năm 2016 .....	209
Phụ lục 10. Mẫu phiếu điều tra nông hộ.....	211
Phụ lục 11. Một số hình ảnh thí nghiệm và mô hình.....	215

**PHỤ LỤC 1. Số liệu khí tượng khu vực thí nghiệm từ 2014-2016 và số liệu về diện tích, năng suất, sản lượng cà chua**

**Phụ lục 1.1. Số liệu khí tượng khu vực thí nghiệm từ 2014-2016**

Tháng	Mưa (mm)	Nhiệt độ <sup>0</sup> C	Độ ẩm (%)	Giờ nắng (giờ)	Năm 2014				
1	3,7	17	77	62,6					
2	21,7	17	83	64,7					
3	125,1	19,8	92	25,7					
4	219,9	25	91	78,8					
5	116,8	28,6	81	145,7					
6	121,9	29,7	81	227,1					
7	222,2	29,2	83	216,6					
8	415,9	28,5	83	155,2					
9	193,2	28,5	80	135,5					
10	146,7	26,4	78	92,2					
11	35,1	22,7	82	182,9					
12	18,6	17,1	71	53,1					
Tháng	Năm 2015								
1	29,7	17,7	81	111,1					
2	20,4	19,1	85	45,4					
3	72,7	21,6	90	33,3					
4	24,8	24,9	82	122,8					
5	95,3	30	80	224,9					
6	257,7	30,5	76	212,3					
7	131,6	29,7	77	145,9					
8	287,3	29,5	81	186,8					
9	247,2	28,2	85	125,9					
10	112,4	26,6	76	153,9					
11	100,3	24,4	81	92,4					
12	37,2	18,5	78	48,1					
Tháng	Năm 2016								
1	90	17,1	84	41,3					
2	4,7	16,7	73	93,3					
3	24,8	20,1	85	20,4					
4	111,1	25,3	86	62,0					
5	413,2	28,4	81	142,4					
6	73,8	31	78	238,4					
7	310,1	30,1	73	175,0					
8	540,5	28,8	82	150,7					
9	118,4	28,6	81	116,4					
10	39,9	27,6	76	157,0					
11	12	23	81	118,8					
12	24,1	17,9	72	129,8					

**Phụ lục 1.2. Diện tích, năng suất, sản lượng cà chua  
của các châu lục năm 2014**

Châu lục	Diện tích (nghìn ha)	Năng suất (tấn/ha)	Sản lượng (triệu tấn)
Thế giới	5.023,81	33,99	170,75
Châu Á	2.836,26	35,84	101,64
Châu Âu	498,79	45,58	22,73
Châu Mỹ	470,37	57,13	26,87
Châu Phi	1.214,23	15,86	19,25
Châu Úc	3,58	69,28	0,25

**Phụ lục 1.3. Sản lượng cà chua của các tỉnh đồng bằng sông Hồng  
giai đoạn 2012-2016**

Đơn vị tính: tấn

Địa phương	Năm				
	2012	2013	2014	2015	2016
Đồng bằng sông Hồng	183.097,19	173.250,69	181.942,53	184.587,53	190.477,49
Nam Định	29.247,00	23.061,00	25.362,00	33.086,00	38.303,00
Hà Nội	29.197,81	31.968,19	33.935,73	34.528,22	36.510,07
Hải Dương	26.089,00	25.543,00	26.790,12	24.786,69	25.247,09
Hải Phòng	40.393,26	30.178,03	24.645,12	22.721,63	23.065,22
Hưng Yên	17.692,00	17.601,00	22.666,70	21.000,00	18.133,00
Thái Bình	13.816,40	13.561,50	12.484,00	13.398,40	14.032,62
Vĩnh Phúc	6.220,50	7.654,60	11.153,10	11.951,00	11.799,50
Ninh Bình	2.979,52	3.372,67	3.667,25	5.293,39	5.949,47
Bắc Ninh	12.290,70	14.244,20	14.488,60	10.698,40	11.655,52
Quảng Ninh	2.760,80	3.376,30	3.563,80	3.685,20	3.369,30
Hà Nam	2.410,20	2.690,20	3.186,10	3.438,60	2.412,70

**PHỤ LỤC 2. Kết quả theo dõi độ ẩm đất do tưới nhỏ giọt với áp lực nước 0,16atm**

***Độ ẩm đất trước khi tưới (%)***

Độ sâu (cm)	Khoảng cách tính từ điểm tưới (cm)			
	5	10	15	20
0-5	23,16	23,08	23,11	23,10
5-10	25,38	25,31	25,34	25,40
10-15	25,82	25,87	25,86	25,84
15-20	26,33	26,28	26,31	26,32
20-25	26,67	26,57	26,62	26,61
25-30	26,81	26,78	26,78	26,77

***Độ ẩm đất sau 60 phút tưới (%)***

Độ sâu (cm)	Khoảng cách tính từ điểm tưới (cm)			
	5	10	15	20
0-5	24,31	23,45	23,11	23,10
5-10	25,38	25,31	25,34	25,40
10-15	25,82	25,87	25,86	25,84
15-20	26,33	26,28	26,31	26,32
20-25	26,67	26,57	26,62	26,61
25-30	26,81	26,78	26,78	26,77

***Độ ẩm đất sau 120 phút tưới (%)***

Độ sâu (cm)	Khoảng cách tính từ điểm tưới (cm)			
	5	10	15	20
0-5	25,42	24,14	23,15	23,10
5-10	25,97	25,43	25,35	25,40
10-15	25,82	25,87	25,86	25,84
15-20	26,33	26,28	26,31	26,32
20-25	26,67	26,57	26,62	26,61
25-30	26,81	26,78	26,78	26,77

***Độ ẩm đất sau 180 phút tưới (%)***

Độ sâu (cm)	Khoảng cách tính từ điểm tưới (cm)			
	5	10	15	20
0-5	26,72	25,07	23,62	23,21
5-10	26,35	25,51	25,39	25,40
10-15	25,93	25,87	25,86	25,84
15-20	26,33	26,28	26,31	26,32
20-25	26,67	26,57	26,62	26,61
25-30	26,81	26,78	26,78	26,77

***Độ ẩm đất sau 240 phút tưới (%)***

Độ sâu (cm)	Khoảng cách tính từ điểm tưới (cm)			
	5	10	15	20
0-5	27,58	25,91	23,95	23,55
5-10	27,02	25,65	25,53	25,48
10-15	26,81	25,87	25,90	25,84
15-20	26,37	26,28	26,31	26,32
20-25	26,67	26,57	26,62	26,61
25-30	26,81	26,78	26,78	26,77

***Độ ẩm đất sau 300 phút tưới (%)***

Độ sâu (cm)	Khoảng cách tính từ điểm tưới (cm)			
	5	10	15	20
0-5	28,62	26,77	24,82	23,97
5-10	27,89	25,94	25,68	25,56
10-15	26,97	25,92	25,92	25,86
15-20	26,46	26,41	26,33	26,34
20-25	26,69	26,57	26,62	26,61
25-30	26,81	26,78	26,78	26,77

***Độ ẩm đất sau 360 phút tưới (%)***

Độ sâu (cm)	Khoảng cách tính từ điểm tưới (cm)			
	5	10	15	20
0-5	29,47	27,16	25,63	24,11
5-10	29,01	26,15	25,75	25,63
10-15	27,23	26,13	26,04	25,91
15-20	26,83	26,54	26,43	26,39
20-25	26,73	26,59	26,62	26,61
25-30	26,81	26,78	26,78	26,77

***Độ ẩm đất sau 420 phút tưới (%)***

Độ sâu (cm)	Khoảng cách tính từ điểm tưới (cm)			
	5	10	15	20
0-5	30,39	28,02	26,11	24,46
5-10	29,97	26,36	25,98	25,80
10-15	28,28	26,65	26,10	25,93
15-20	26,91	26,59	26,48	26,39
20-25	26,76	26,63	26,62	26,61
25-30	26,81	26,78	26,78	26,77

## PHỤ LỤC 3. Kết quả phân tích hồi quy và kiểm chứng mô hình toán trong phòng thí nghiệm (thí nghiệm 2)

### Phụ lục 3.1. Kết quả phân tích hồi quy xây dựng mô hình toán trong phòng thí nghiệm

#### a. Trước khi tưới

##### SUMMARY OUTPUT

###### Regression Statistics

Multiple R	0,966073
R Square	0,933298
Adjusted R Square	0,932021
Standard Error	0,017214
Observations	25

###### ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0,097799	0,097799	330,04846	3,88649E-15
Residual	23	0,006815	0,000296		
Total	24	0,104614			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	3,229968	0,007222	447,242248	0,000000	3,215028	3,244908
ln(y-1,5)	0,057362	0,003172	18,167236	0,000000	0,051067	0,064191

#### b. Ngay sau khi kết thúc tưới

##### SUMMARY OUTPUT

###### Regression Statistics

Multiple R	0,972878
R Square	0,946491
Adjusted R Square	0,886690
Standard Error	0,736918
Observations	25

###### ANOVA

	<i>Df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	2	103,075180	51,537590	94,904184	1,51801E-11
Residual	22	11,947071	0,543049		
Total	24	115,022251			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	-9,316612	0,807773	-12,742879	0,000000	-11,968579	-8,618139
ln(25-x)	1,240306	0,259288	5,729686	0,000009	0,947908	2,023369
ln(25-y)	2,311185	0,189520	12,529129	0,000000	1,981475	2,767554

**c. Sau khi tưới một ngày**

## SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>						
Multiple R	0,962080					
R Square	0,925598					
Adjusted R Square	0,838082					
Standard Error	0,752408					
Observations	25					
<i>ANOVA</i>						
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>	
Regression	2	71,457531	35,728766	63,111813	7,70119E-10	
Residual	22	12,454607	0,566119			
Total	24	83,912139				
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	-8,001977	0,824753	-10,744592	0,000000	-10,572067	-7,151201
ln(25-x)	1,268971	0,264738	5,556342	0,000014	0,921943	2,020010
ln(25-y)	1,831896	0,193503	9,764768	0,000000	1,488213	2,290815

**d. Sau khi tưới hai ngày**

## SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>						
Multiple R	0,747669					
R Square	0,559009					
Adjusted R Square	0,496865					
Standard Error	1,188583					
Observations	25					
<i>ANOVA</i>						
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>	
Regression	2	36,308480	18,154240	12,850474	0,000201	
Residual	22	31,080044	1,412729			
Total	24	67,388524				
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	-6,160593	1,302866	-5,538262	0,000014	-9,917590	-4,513634
ln(25-x)	1,315452	0,418208	3,408890	0,002517	0,558315	2,292936
ln(25-y)	0,940766	0,305678	3,752388	0,001101	0,513085	1,780959

**e. Sau khi tưới ba ngày**

## SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,465902
R Square	0,217065

Adjusted R Square 0,071501  
 Standard Error 1,177059  
 Observations 25

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>	
Regression	2	5,331518	2,665759	1,924085	0,169794	
Residual	22	30,480312	1,385469			
Total	24	35,811830				

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	-3,953835	1,290234	-3,073246	0,005562	-6,640989	-1,289425
ln(25-x)	0,755575	0,414154	1,698197	0,103572	-0,155587	1,562216
ln(25-y)	-0,131681	0,302714	-0,981985	0,336784	-0,925052	0,330530

**Phụ lục 3.2. Kiểm chứng hàm xác định độ ẩm trước tưới  $g(y)$**

x	y	Zt	sai số 1	sai số	tỷ lệ f
0	2,5	24,98	0,0120185	1,01209101	0,04051605
0	7,5	28,87	0,0299301	0,97051338	0,03361667
0	12,5	29,05	0,0013764	0,99862453	0,03437606
0	17,5	29,67	0,0010012	0,9989993	0,03367035
0	22,5	29,68	0,0142604	1,01436264	0,03417664
5	2,5	24,98	0,0120185	1,01209101	0,04051605
5	7,5	28,89	0,0306226	0,96984152	0,03357015
5	12,5	29,13	0,0041265	0,995882	0,0341875
5	17,5	29,63	0,0003478	1,00034793	0,03376132
5	22,5	29,66	0,0149345	1,01504664	0,03422275
10	2,5	24,9	0,0152262	1,01534271	0,04077682
10	7,5	28,85	0,0292371	0,97118618	0,0336633
10	12,5	29,08	0,0024086	0,99759431	0,03430517
10	17,5	29,49	0,0050840	1,00509696	0,03408264
10	22,5	29,61	0,0166217	1,01676066	0,03433842
15	2,5	25	0,0112181	1,01128134	0,04045125
15	7,5	28,88	0,0302764	0,97017733	0,0335934
15	12,5	29,05	0,0013764	0,99862453	0,03437606
15	17,5	29,47	0,0057624	1,00577907	0,03412891
15	22,5	29,59	0,0172974	1,0174479	0,03438486
20	2,5	24,96	0,0128194	1,01290198	0,04058101
20	7,5	28,91	0,0313146	0,96917058	0,03352371
20	12,5	29,12	0,0037832	0,99622399	0,03421099
20	17,5	29,36	0,0095020	1,00954732	0,03438513
20	22,5	29,56	0,0183118	1,01848049	0,03445469

Ghi chú:

Zt là độ ẩm trước khi tưới đo được tại mẫu đất đối chứng;

Sai số 1 là sai số giữa  $\ln g(y)$  và  $\ln(Zt)$ ;

Sai số là sai số tuyệt đối giữa  $g(y)$  và Zt;

Tỷ lệ f là sai số tương đối giữa  $g(y)$  và Zt.

**Phụ lục 3.3. Kiểm chứng hàm độ ẩm ngay sau khi kết thúc tưới**

x	y	Z0t	sai số 0	sai số 1	sai số tổng	tỷ lệ f
0	2,5	32,84	1,01209101	0,82703755	1,83912855	0,056002697
0	7,5	32,31	0,97051338	1,05714928	2,02766267	0,062756505
0	12,5	30,78	0,99862453	0,9658725	1,96449703	0,063823815
0	17,5	30,23	0,9989993	0,91631433	1,91531363	0,063358043
0	22,5	29,73	1,01436264	0,81011604	1,82447869	0,061368271
5	2,5	32,41	1,01209101	0,66336872	1,67545972	0,051695764
5	7,5	32,26	0,96984152	0,81820266	1,78804418	0,055426044
5	12,5	30,72	0,99588200	0,79682841	1,79271041	0,058356459
5	17,5	30,15	1,00034793	0,7482129	1,74856083	0,057995384
5	22,5	29,69	1,01504664	1,02374551	2,03879215	0,068669321
10	2,5	29,77	1,01534271	0,70834522	1,72368792	0,057900165
10	7,5	29,64	0,97118618	1,49599867	2,46718485	0,083238355
10	12,5	29,53	0,99759431	1,9705141	2,96810841	0,100511629
10	17,5	29,65	1,00509696	1,70191818	2,70701514	0,091298993
10	22,5	29,63	1,01676066	1,07476471	2,09152537	0,070588099
15	2,5	28,57	1,01128134	0,58437004	1,59565138	0,055850591
15	7,5	29,49	0,97017733	1,91325701	2,88343435	0,097776682
15	12,5	29,38	0,99862453	1,62502614	2,62365067	0,089300568
15	17,5	29,59	1,00577907	1,37233344	2,37811251	0,08036879
15	22,5	29,6	1,0174479	1,29994693	2,31739483	0,078290366
20	2,5	27,23	1,01290198	0,38899378	1,40189576	0,051483502
20	7,5	29,08	0,96917058	2,9058058	3,87497637	0,133252282
20	12,5	29,33	0,99622399	1,0808548	2,07707879	0,070817552

Ghi chú:

Z0t là độ ẩm ngay sau khi kết thúc tưới đo được tại mẫu đất đối chứng;

Sai số 0 là sai số giữa  $\ln f(x,y)$  và  $\ln(Z0t-Zt)$ ;

Sai số 1 là sai số tuyệt đối do  $g(y)$  gây ra;

Sai số tổng là sai số tuyệt đối do  $F(x,y)$  gây ra;

Tỷ lệ f là sai số tương đối giữa mô hình và giá trị thực nghiệm đối chứng

**Phụ lục 3.4. Kiểm chứng hàm độ ẩm sau khi kết thúc tưới một ngày**

x	y	Z1t	sai số 0	sai số 1	sai số tổng	tỷ lệ f
0	2,5	30,48	1,01209101	1,07764472	2,08973573	0,068560883
0	7,5	32,14	0,97051338	1,14380289	2,11431627	0,065784576
0	12,5	31,98	0,99862453	0,68919575	1,68782028	0,05277737
0	17,5	30,85	0,9989993	0,6713181	1,6703174	0,05414319
0	22,5	29,74	1,01436264	1,76453869	2,77890133	0,093439856
5	2,5	30,42	1,01209101	0,82083697	1,83292797	0,060254042
5	7,5	32,01	0,96984152	0,9031541	1,87299562	0,058512828
5	12,5	31,85	0,995882	0,55931803	1,55520003	0,048828886
5	17,5	30,26	1,00034793	0,94729954	1,94764747	0,064363763
5	22,5	29,72	1,01504664	1,32937864	2,34442527	0,078883758
10	2,5	28,04	1,01534271	0,98712955	2,00247226	0,071414845
10	7,5	29,82	0,97118618	2,01647441	2,98766059	0,100189825
10	12,5	30,02	0,99759431	1,12343477	2,12102909	0,070653867
10	17,5	30,21	1,00509696	0,66816571	1,67326266	0,055387708
10	22,5	29,64	1,01676066	1,8455537	2,86231437	0,096569311
15	2,5	27,12	1,01128134	0,87397989	1,88526123	0,069515532
15	7,5	29,29	0,97017733	2,85176735	3,82194469	0,130486333
15	12,5	29,58	0,99862453	1,1910592	2,18968373	0,074025819
15	17,5	29,2	1,00577907	0,5159031	1,52168217	0,052112403
15	22,5	29,41	1,0174479	0,47280646	1,49025436	0,050671688
20	2,5	29,66	1,01290198	0,89396465	1,90686663	0,064290851
20	7,5	29,57	0,96917058	1,67294417	2,64211475	0,089351192

Ghi chú:

Z1t là độ ẩm sau khi kết thúc tưới một ngày đo được tại mẫu đất đối chứng

Sai số 0 là sai số giữa  $\ln f(x,y)$  và  $\ln(Z1t-Zt)$ ;

Sai số 1 là sai số tuyệt đối do  $g(y)$  gây ra;

Sai số tổng là sai số tuyệt đối do  $F(x,y)$  gây ra;

Tỷ lệ f là sai số tương đối giữa mô hình và giá trị thực nghiệm đối chứng.

**PHỤ LỤC 4. Kết quả phân tích hồi qui và kiểm chứng mô hình toán do tưới nhỏ giọt cho cà chua vụ Đông 2014 tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam (thí nghiệm 3)**

**Phụ lục 4.1. Kết quả phân tích hồi qui xây dựng mô hình toán do tưới nhỏ giọt cho cà chua**

a. Trước khi tưới

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0,901511
R Square	0,812722
Adjusted R Square	0,795696
Standard Error	0,008039
Observations	25

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	2	0,006170	0,003085	47,736112	9,939E-09
Residual	22	0,001422	0,000065		
Total	24	0,007592			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
Intercept	3,127449	0,008815	354,777317	0,000000	3,109168	3,145731
ln(25-x)	0,010086	0,002829	3,565755	0,001728	0,004220	0,015953
ln(25-y)	-0,018850	0,002072	-9,097121	0,000000	-0,023147	-0,014552

b. Ngay sau khi kết thúc tưới

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0,911825
R Square	0,831425
Adjusted R Square	0,816100
Standard Error	0,405665

Observations 25

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	2	17,856085	8,928043	54,252712	3,12417E-09
Residual	22	3,620408	0,164564		
Total	24	21,476493			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
Intercept	-1,545642	0,444820	-3,474761	0,002150	-2,468141	-0,623142
ln(25-x)	0,090333	0,142735	0,632872	0,533341	-0,205681	0,386347
ln(25-y)	1,087100	0,104555	10,397351	0,000000	0,870265	1,303935

c. Sau khi tưới 1 ngày

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics

Multiple R	0,937792
R Square	0,879454
Adjusted R Square	0,868495
Standard Error	0,273433
Observations	25

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	2	12,000074	6,000037	80,251278	7,81072E-11
Residual	22	1,644844	0,074766		
Total	24	13,644918			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
Intercept	-1,129858	0,299825	-3,768394	0,001059	-1,751656	-0,508059
ln(25-x)	0,091318	0,096209	0,949170	0,352845	-0,108206	0,290843
ln(25-y)	0,890315	0,070474	12,633354	0,000000	0,744171	1,036481

d. Sau khi tưới 2 ngày

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics

Multiple R	0,923398
------------	----------

R Square	0,852663
Adjusted R Square	0,839269
Standard Error	0,210762
Observations	25

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	2	5,655525	2,827763	63,658946	7,10263E-10
Residual	22	0,977251	0,044421		
Total	24	6,632777			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
Intercept	-0,723004	0,231104	-3,128473	0,004888	-1,202285	-0,243723
ln(25-x)	0,042317	0,074157	0,570632	0,574032	-0,111477	0,196110
ln(25-y)	0,612153	0,054321	11,269085	0,000000	0,499497	0,724808

e. Sau khi tưới 3 ngày

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics

Multiple R	0,924410
R Square	0,854535
Adjusted R Square	0,841311
Standard Error	0,219254
Observations	25

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	2	6,212799	3,106399	64,619372	6,171E-10
Residual	22	1,057590	0,048072		
Total	24	7,270389			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
Intercept	-0,913989	0,240416	-3,801693	0,000977	-1,412581	-0,415396
ln(25-x)	0,075750	0,077145	0,981912	0,336819	-0,084240	0,235740
ln(25-y)	0,640025	0,056510	11,325837	0,000000	0,522830	0,757220

**Phụ lục 4.2. Kiểm chứng hàm xác định độ ẩm trước tưới vụ Đông 2014**

x	y	Giá trị tính toán	Giá trị thực đo	Sai số tương đối
0	2,5	22,22496	22,03	0,00885
0	7,5	22,33533	22,45	0,005108
0	12,5	22,47257	22,62	0,006518
0	17,5	22,69001	22,89	0,008737
0	22,5	23,16479	23,02	0,006290
5	2,5	22,17499	21,95	0,010250
5	7,5	22,28512	22,41	0,005573
5	12,5	22,42205	22,59	0,007435
5	17,5	22,63900	22,75	0,004879
5	22,5	23,11271	22,97	0,006213
10	2,5	22,11074	21,82	0,013325
10	7,5	22,22055	22,31	0,004009
10	12,5	22,35709	22,49	0,005910
10	17,5	22,57341	22,68	0,004700
10	22,5	23,04575	22,88	0,007244
15	2,5	22,02051	21,75	0,012437
15	7,5	22,12987	22,18	0,002260
15	12,5	22,26584	22,43	0,007319
15	17,5	22,48128	22,6	0,005253
15	22,5	22,95170	22,83	0,005330
20	2,5	21,86710	21,56	0,014244
20	7,5	21,97569	22,07	0,004273
20	12,5	22,11073	22,28	0,007598
20	17,5	22,32466	22,51	0,008234
20	22,5	22,79180	22,75	0,001837

**Phụ lục 4.3. Kiểm chứng hàm độ ẩm ngay  
sau khi kết thúc tưới vụ Đông 2014**

x	y	Giá trị tính toán	Giá trị thực đo	Sai số tương đối
0	2,5	29,63825	30,09	0,015013
0	7,5	27,65783	30,05	0,079606
0	12,5	25,91336	26,37	0,017317
0	17,5	24,23853	23,09	0,049741
0	22,5	22,93678	23,02	0,003615
5	2,5	29,42041	30,00	0,01932
5	7,5	27,48145	29,8	0,077804
5	12,5	25,77422	26,05	0,010587
5	17,5	24,13666	23,00	0,04942
5	22,5	22,86930	22,97	0,004384
10	2,5	29,14465	29,76	0,020677
10	7,5	27,25794	29,50	0,076002
10	12,5	25,59762	25,88	0,010911
10	17,5	24,00700	22,87	0,049716
10	22,5	22,78292	22,88	0,004243
15	2,5	28,76549	28,97	0,007059
15	7,5	26,95013	28,64	0,059004
15	12,5	25,35387	25,66	0,01193
15	17,5	23,82735	22,79	0,045518
15	22,5	22,66236	22,83	0,007343
20	2,5	28,14202	28,24	0,00347
20	7,5	26,44271	28,10	0,058978
20	12,5	24,95064	25,37	0,01653
20	17,5	23,52835	22,54	0,043849
20	22,5	22,45933	22,75	0,012777

**Phụ lục 4.4. Kiểm chứng hàm độ ẩm sau khi kết thúc tưới  
một ngày vụ Đông 2014**

x	y	Giá trị tính toán	Giá trị thực đo	Sai số tương đối
0	2,5	28,15677	26,88	0,047499
0	7,5	26,82099	27,12	0,011026
0	12,5	25,58002	27,53	0,070831
0	17,5	24,29649	23,95	0,014467
0	22,5	23,14487	23,02	0,005424
5	2,5	27,96699	26,74	0,045886
5	7,5	26,66012	27,00	0,012588
5	12,5	25,44665	27,31	0,068230
5	17,5	24,1929	23,75	0,018649
5	22,5	23,07302	22,97	0,004485
10	2,5	27,72663	26,55	0,044318
10	7,5	26,45619	26,86	0,015034
10	12,5	25,27733	27,15	0,068975
10	17,5	24,06109	23,46	0,025622
10	22,5	22,98116	22,88	0,004421
15	2,5	27,39591	26,28	0,042462
15	7,5	26,17519	26,60	0,015970
15	12,5	25,04359	26,87	0,067972
15	17,5	23,87854	23,00	0,038197
15	22,5	22,8531	22,83	0,001012
20	2,5	26,85147	26,08	0,029581
20	7,5	25,71157	26,32	0,023117
20	12,5	24,65676	26,58	0,072357
20	17,5	23,57488	22,86	0,031272
20	22,5	22,63792	22,75	0,004927

**Phụ lục 4.5. Kiểm chứng hàm độ ẩm sau khi kết thúc tưới  
hai ngày vụ Đông 2014**

x	y	Giá trị tính toán	Giá trị thực đo	Sai số tương đối
0	2,5	25,41826	24,74	0,027416
0	7,5	24,63804	24,92	0,011315
0	12,5	23,97126	25,16	0,047247
0	17,5	23,38827	23,27	0,005082
0	22,5	23,17088	23,02	0,006554
5	2,5	25,26349	24,58	0,027807
5	7,5	24,50698	24,78	0,011018
5	12,5	23,86233	25,01	0,045889
5	17,5	23,30256	23,12	0,007896
5	22,5	23,10815	22,97	0,006014
10	2,5	25,06779	24,26	0,033297
10	7,5	24,34107	24,46	0,004862
10	12,5	23,72417	24,75	0,041448
10	17,5	23,19354	22,95	0,010612
10	22,5	23,02792	22,88	0,006465
15	2,5	24,7991	24,01	0,032866
15	7,5	24,11289	24,20	0,0036
15	12,5	23,53371	24,57	0,042177
15	17,5	23,04265	22,83	0,009314
15	22,5	22,91603	22,83	0,003768
20	2,5	24,35827	23,78	0,024317
20	7,5	23,73747	24,01	0,011351
20	12,5	23,21919	24,25	0,042508
20	17,5	22,79188	22,67	0,005376
20	22,5	22,72784	22,75	0,000974

**Phụ lục 4.6. Kiểm chứng hàm độ ẩm sau khi kết thúc tưới  
ba ngày vụ Đông 2014**

x	y	Giá trị tính toán	Giá trị thực đo	Sai số tương đối
0	2,5	22,66522	22,16	0,022799
0	7,5	22,46603	22,63	0,007246
0	12,5	22,39492	22,74	0,015175
0	17,5	22,53040	22,97	0,019138
0	22,5	23,25118	23,03	0,009604
5	2,5	22,57335	22,00	0,026061
5	7,5	22,38815	22,51	0,005413
5	12,5	22,32917	22,66	0,014600
5	17,5	22,47583	22,77	0,012919
5	22,5	23,20387	22,98	0,009742
10	2,5	22,4572	21,86	0,027319
10	7,5	22,28947	22,36	0,003154
10	12,5	22,24562	22,54	0,01306
10	17,5	22,40619	22,70	0,012943
10	22,5	23,14313	22,89	0,011059
15	2,5	22,29772	21,77	0,024241
15	7,5	22,15358	22,21	0,002540
15	12,5	22,13013	22,46	0,014687
15	17,5	22,30936	22,64	0,014604
15	22,5	23,05800	22,83	0,009987
20	2,5	22,03598	21,60	0,020184
20	7,5	21,92954	22,10	0,007713
20	12,5	21,93855	22,31	0,016649
20	17,5	22,14725	22,56	0,018296
20	22,5	22,91370	22,75	0,007196

*Ghi chú:*

Giá trị tính toán là giá trị độ ẩm được tính toán theo hàm xác định độ ẩm

Giá trị thực đo là giá trị độ ẩm thực đo tại vị trí đối chứng

Sai số là sai số tương đối giữa giá trị tính toán với giá trị thực đo.

**PHỤ LỤC 5. Kết quả phân tích hồi qui, kiểm chứng mô hình toán khi có mưa lớn và mô hình toán theo thời gian trong các giai đoạn không có mưa, không tưới. Số liệu theo dõi độ ẩm đất trung bình ngày vụ Đông 2014**

**Phụ lục 5.1. Kết quả phân tích hồi qui xây dựng mô hình toán khi có mưa lớn và mô hình toán theo thời gian trong các giai đoạn sau khi mưa, không có mưa, không tưới**

***a. Mô hình khi có mưa lớn***

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>						
Multiple R	0,981254					
R Square	0,962860					
Adjusted R Square	0,961245					
Standard Error	0,000576					
Observations	25					

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0,000198	0,000198	596,274283	0,000000
Residual	23	0,000008	0,000000		
Total	24	0,000205			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	3,492060	0,000358	9765,810019	0,000000	3,491320	3,492800
Lny	0,003615	0,000148	24,418728	0,000000	0,003309	0,003922

***b. Mô hình theo thời gian giai đoạn sau khi mưa***

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,908637
R Square	0,825621
Adjusted R Square	0,796558

Standard Error	0,007968
Observations	8

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0,001804	0,001804	28,407876	0,001778
Residual	6	0,000381	0,000063		
Total	7	0,002184			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	3,536459	0,006336	558,138467	0,000000	3,520955	3,551963
ln(t+1)	-0,022820	0,004282	-5,329904	0,001778	-0,033297	-0,012344

### ***c. Mô hình theo thời gian giai đoạn không có mưa và không tưới***

#### SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,925731
R Square	0,856977
Adjusted R Square	0,848038
Standard Error	0,041079
Observations	18

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0,161777	0,161777	95,870392	0,000000
Residual	16	0,026999	0,001687		
Total	17	0,188776			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	3,542629	0,026925	131,576281	0,000000	3,485552	3,599707
ln(t+1)	-0,121659	0,012425	-9,791343	0,000000	-0,148000	-0,095319

**Phụ lục 5.2. Kiểm chứng hàm độ ẩm khi có mưa**

X	y	Giá trị tính toán	Giá trị thực đo	Sai số tương đối
0	2,5	32,962555	32,98	0,000529
0	7,5	33,093726	33,07	0,000717
0	12,5	33,154894	33,14	0,000449
0	17,5	33,195247	33,20	0,000143
0	22,5	33,225418	33,25	0,000739
5	2,5	32,962555	32,97	0,000226
5	7,5	33,093726	33,07	0,000717
5	12,5	33,154894	33,13	0,000751
5	17,5	33,195247	33,19	0,000158
5	22,5	33,225418	33,26	0,001040
10	2,5	32,962555	32,97	0,000226
10	7,5	33,093726	33,08	0,000415
10	12,5	33,154894	33,14	0,000449
10	17,5	33,195247	33,21	0,000444
10	22,5	33,225418	33,23	0,000138
15	2,5	32,962555	32,98	0,000529
15	7,5	33,093726	33,07	0,000717
15	12,5	33,154894	33,14	0,000449
15	17,5	33,195247	33,20	0,000143
15	22,5	33,225418	33,25	0,000739
20	2,5	32,962555	32,98	0,000529
20	7,5	33,093726	33,07	0,000717
20	12,5	33,154894	33,14	0,000449
20	17,5	33,195247	33,20	0,000143
20	22,5	33,225418	33,25	0,000739

**Phụ lục 5.3. Kiểm chứng hàm độ ẩm theo thời gian giai đoạn sau khi mưa**

t (ngày)	Giá trị tính toán	Giá trị thực đo	Sai số tương đối
0	34,345084	34,04	0,008963
1	33,806101	33,91	0,003064
2	33,494745	33,72	0,006680
3	33,275575	33,51	0,006996
4	33,106562	33,30	0,005809
5	32,969106	33,05	0,002448
6	32,853334	32,71	0,004382
7	32,753376	32,37	0,011844

**Phụ lục 5.4. Kiểm chứng hàm độ ẩm  
theo thời gian giai đoạn không mưa và không tưới**

t (ngày)	Giá trị tính toán	Giá trị thực đo	Sai số tương đối
0	34,557664	31,72	0,089460
1	31,762989	31,27	0,015766
2	30,234186	30,71	0,015494
3	29,194320	30,12	0,030733
4	28,412430	29,61	0,040445
5	27,789151	29,05	0,043403
6	27,272854	28,49	0,042722
7	26,833378	27,93	0,039263
8	26,451615	27,35	0,032848
9	26,114720	26,82	0,026297
10	25,813660	26,25	0,016622
11	25,541845	25,71	0,006540
12	25,294328	25,19	0,004142
13	25,067302	24,63	0,017755
14	24,857777	24,11	0,031015
15	24,663366	23,87	0,033237
16	24,482130	23,31	0,050284
17	24,312475	22,8	0,066337

**Phụ lục 5.5. Độ ẩm đất trung bình ngày trong vụ Đông 2014**

Ngày tháng	Độ ẩm (%)	Lượng mưa ngày (mm)	Ngày tháng	Độ ẩm (%)	Lượng mưa ngày (mm)
15/10/2014	27,42		10/11	33,37	
16/10	26,98		11/11	33,16	
17/10	26,49		12/11	32,69	
18/10	26,03		13/11	32,25	
19/10	25,67		14/11	31,80	
20/10	25,23		15/11	31,28	
21/10	24,82		16/11	32,09	10,1
22/10	24,35		17/11	31,72	
23/10	33,16	41,7	18/11	31,27	
24/10	32,93		19/11	30,71	
25/10	32,62		20/11	30,12	
26/10	32,38		21/11	29,61	
27/10	32,00		22/11	29,05	
28/10	33,45	21,1	23/11	28,49	
29/10	34,19	48,1	24/11	27,93	
30/10	34,05		25/11	27,35	
31/10	33,91		26/11	26,82	
1/11/2014	33,72		27/11	26,25	
2/11	33,51		28/11	25,71	
3/11	33,30		29/11	25,36	
4/11	33,05		30/11	25,04	
5/11	32,71		2/12	24,81	4,1
6/11	32,37	3,8	3/12	24,63	0,2
7/11	33,89	18,9	4/12	23,87	1,5
8/11	33,74	1,6	5/12	23,31	
9/11	33,58	1,8	6/12	22,80	

**PHỤ LỤC 6. Kết quả dự báo độ ẩm đất, thời điểm tưới và lượng nước tưới cho cà chua vụ Đông 2014**

Ngày theo dõi	Độ ẩm thực đo (%)	Độ ẩm dự báo theo mô hình (%)	Dự báo thời gian đến thời điểm cần tưới	Lượng mưa ngày (mm)	Lượng nước tưới thực (mm)	Lượng nước tưới theo dự báo(mm)	
15/10/2014	27,42	28,09	11 ngày				
16/10/2014	26,98	27,58					
17/10/2014	26,49	26,79					
18/10/2014	26,03	26,18					
19/10/2014	25,67	25,77					
20/10/2014	25,23	25,47					
21/10/2014	24,82	25,19					
22/10/2014	24,35	24,97					
23/10/2014	33,16	33,48			41,7		
24/10/2014	32,93	33,17		20 ngày			
25/10/2014	32,62	32,79					
26/10/2014	32,38	32,52					
27/10/2014	32,00	32,32					
28/10/2014	33,45	32,17			21,1		
29/10/2014	34,19	33,61		48,1			
30/10/2014	34,05	34,32					
31/10/2014	33,91	34,24	25 ngày				
1/11/2014	33,72	33,85					
2/11/2014	33,51	33,59					
3/11/2014	33,30	33,28					
4/11/2014	33,05	33,11					
5/11/2014	32,71	32,97					
6/11/2014	32,37	32,85			3,8		
7/11/2014	33,89	32,75			18,9		
8/11/2014	33,74	34,48			1,6		
9/11/2014	33,58	33,67	23 ngày	1,8			

10/11/2014	33,37	33,21			
11/11/2014	33,16	32,89			
12/11/2014	32,69	32,64			
13/11/2014	32,25	32,44			
14/11/2014	31,80	32,27			
15/11/2014	31,28	32,13			
16/11/2014	32,09	31,99		10,1	
17/11/2014	32,37	32,28			
18/11/2014	31,87	32,56	19 ngày		
19/11/2014	31,21	31,76			
20/11/2014	30,52	30,23			
21/11/2014	29,71	29,39			
22/11/2014	29,05	28,41			
23/11/2014	28,49	27,79			
24/11/2014	27,93	27,27			
25/11/2014	27,35	26,83			
26/11/2014	26,82	26,45			
27/11/2014	26,25	26,11			
28/11/2014	25,71	25,81			
29/11/2014	25,36	25,54			
30/11/2014	25,04	25,29			
1/12/2014	24,81	24,87		4,1	
2/12/2014	24,63	24,46		0,2	
3/12/2014	23,87	23,86		1,5	
4/12/2014	23,31	23,21			
5/12/2014	22,80	22,81			
6/12/2014	22,46	22,52			
7/12/2014	Tưới lần 1	Tưới lần 1		38,1	37,9
8/12/2014	25,57	25,86	4 ngày		
9/12/2014	24,93	24,81		2,4	
10/12/2014	23,82	23,59			

11/12/2014	23,08	22,68			
12/12/2014	22,56	Tưới lần 2			37,3
13/12/2014	Tưới lần 2	25,88	4 ngày	37,7	
14/12/2014	25,5	24,94			
15/12/2014	24,9	23,61			
16/12/2014	23,69	22,71			
17/12/2014	22,54	Tưới lần 3			37,2
18/12/2014	Tưới lần 3	25,82	4 ngày	37,8	
19/12/2014	25,61	24,85			
20/12/2014	24,96	23,55			
21/12/2014	23,87	22,66			
22/12/2014	22,64	Tưới lần 4			37,4
23/12/2014	Tưới lần 4	25,63	4 ngày	37,4	
24/12/2014	25,53	24,77			
25/12/2014	24,89	23,49			
26/12/2014	23,74	22,56		2,4	
27/12/2014	22,61	Tưới lần 5			37,8
28/12/2014	Tưới lần 5	25,72	4 ngày	37,6	
29/12/2014	25,61	24,87			
30/12/2014	24,85	23,56			
31/12/2014	23,78	22,64			
1/1/2015	22,59	Tưới lần 6			37,4
2/1/2015	Tưới lần 6	25,63	4 ngày	37,6	
3/1/2015	25,6	24,85			
4/1/2015	24,92	23,87			
5/1/2015	23,79	22,66			
6/1/2015	22,56	Tưới lần 7			37,4
7/1/2015	Tưới lần 7	25,68	4 ngày	37,7	
8/1/2015	25,76	24,88		1,8	
9/1/2015	25,55	23,73		7,4	
10/1/2015	28,11	22,76		14,2	

11/1/2015	28,05	27,98	11 ngày	2,1		
12/1/2015	27,58	27,83				
13/1/2015	26,89	27,25				
14/1/2015	26,25	26,63				
15/1/2015	25,71	26,01				
16/1/2015	25,07	25,43				
17/1/2015	24,56	24,85				
18/1/2015	23,97	24,22				
19/1/2015	23,31	23,64				
20/1/2015	22,97	22,92				
21/1/2015	22,59	22,62				
22/1/2015	Tưới lần 8	Tưới lần 8			37,6	37,5
23/1/2015	25,67	25,68	4 ngày			
24/1/2015	24,86	24,88				
25/1/2015	23,97	23,73				
26/1/2015	23,03	22,62				
27/1/2015	22,53	Tưới lần 9				37,0
28/1/2015	Tưới lần 9	25,82	4 ngày		37,8	
29/1/2015	26,01	24,97				
30/1/2015	25,28	23,81				
31/1/2015	24,21	22,69				
1/2/2015	23,19	Tưới lần 10				37,2
2/2/2015	22,56	25,75	4 ngày			
3/2/2015	Tưới lần 10	24,81		1,8	37,7	
4/2/2015	25,53	23,68				
5/2/2015	24,82	22,64				
6/2/2015	23,99	Tưới lần 11				37,4
7/2/2015	23,27	25,68	4 ngày			
8/2/2015	22,82	24,97				
<b>Tổng</b>	<b>10 lần</b>	<b>11 lần</b>		<b>185,0</b>	<b>377,0</b>	<b>411,5</b>

**PHỤ LỤC 7. Kiểm chứng mô hình toán với diễn biến độ ẩm đất do tưới nhỏ giọt trong thí nghiệm và mô hình vụ Đông 2015**

**Phụ lục 7.1. Kiểm chứng hàm độ ẩm trước khi tưới tại thí nghiệm và mô hình vụ Đông 2015**

x	y	Giá trị tính toán	Thí nghiệm tại Học viện		Mô hình tại CỎ Bi	
			Giá trị thực đo	Sai số	Giá trị thực đo	Sai số
0	2,5	22,22	21,34	0,0415	21,85	0,0172
0	7,5	22,34	21,59	0,0345	21,99	0,0157
0	12,5	22,47	21,94	0,0243	22,16	0,0141
0	17,5	22,69	22,22	0,0212	22,24	0,0202
0	22,5	23,16	22,46	0,0314	22,48	0,0305
5	2,5	22,17	21,30	0,0411	21,78	0,0181
5	7,5	22,29	21,50	0,0365	21,94	0,0157
5	12,5	22,42	21,86	0,0257	22,08	0,0155
5	17,5	22,64	22,14	0,0225	22,18	0,0207
5	22,5	23,11	22,39	0,0323	22,41	0,0314
10	2,5	22,11	21,17	0,0444	21,66	0,0208
10	7,5	22,22	21,41	0,0379	21,85	0,0170
10	12,5	22,36	21,78	0,0265	21,99	0,0167
10	17,5	22,57	22,09	0,0219	22,11	0,0210
10	22,5	23,05	22,33	0,0321	22,36	0,0307
15	2,5	22,02	21,09	0,0441	21,57	0,0209
15	7,5	22,13	21,32	0,0380	21,73	0,0184
15	12,5	22,27	21,69	0,0265	21,91	0,0162
15	17,5	22,48	22,00	0,0219	22,03	0,0205
15	22,5	22,95	22,26	0,0311	22,29	0,0297
20	2,5	21,87	20,99	0,0418	21,41	0,0213
20	7,5	21,98	21,21	0,0361	21,67	0,0141
20	12,5	22,11	21,60	0,0236	21,83	0,0129
20	17,5	22,32	21,89	0,0199	21,92	0,0185
20	22,5	22,79	22,11	0,0308	22,14	0,0294

**Phụ lục 7.2. Kiểm chứng hàm độ ẩm ngay sau khi kết thúc tưới  
tại thí nghiệm và mô hình vụ Đông 2015**

x	y	Giá trị tính toán	Thí nghiệm tại Học viện		Mô hình tại Cổ Bi	
			Giá trị thực đo	Sai số	Giá trị thực đo	Sai số
0	2,5	29,64	29,02	0,0213	29,11	0,0181
0	7,5	27,66	27,91	0,0090	27,94	0,0101
0	12,5	25,91	26,23	0,0121	26,26	0,0132
0	17,5	24,24	23,22	0,0439	23,27	0,0416
0	22,5	22,94	22,46	0,0212	22,48	0,0203
5	2,5	29,42	28,82	0,0208	28,93	0,0170
5	7,5	27,48	27,68	0,0072	27,72	0,0086
5	12,5	25,77	26,01	0,0091	26,07	0,0113
5	17,5	24,14	23,14	0,0431	23,18	0,0413
5	22,5	22,87	22,39	0,0214	22,41	0,0205
10	2,5	29,14	28,48	0,0233	28,62	0,0183
10	7,5	27,26	27,33	0,0026	27,38	0,0045
10	12,5	25,60	25,71	0,0044	25,83	0,0090
10	17,5	24,01	23,09	0,0397	23,11	0,0388
10	22,5	22,78	22,33	0,0203	22,36	0,0189
15	2,5	28,77	27,92	0,0303	28,13	0,0226
15	7,5	26,95	26,89	0,0022	26,94	0,0004
15	12,5	25,35	25,59	0,0092	25,62	0,0104
15	17,5	23,83	23,00	0,0360	23,03	0,0346
15	22,5	22,66	22,26	0,0181	22,29	0,0167
20	2,5	28,14	27,44	0,0256	27,57	0,0207
20	7,5	26,44	26,43	0,0005	26,51	0,0025
20	12,5	24,95	25,16	0,0083	25,23	0,0111
20	17,5	23,53	22,89	0,0279	22,92	0,0265
20	22,5	22,46	22,11	0,0158	22,14	0,0144

**Phụ lục 7.3. Kiểm chứng hàm độ ẩm sau khi kết thúc tưới một ngày  
tại thí nghiệm và mô hình vụ Đông 2015**

x	y	Giá trị tính toán	Thí nghiệm tại Học viện		Mô hình tại Cổ Bi	
			Giá trị thực đo	Sai số	Giá trị thực đo	Sai số
0	2,5	28,16	26,05	0,0809	26,16	0,0763
0	7,5	26,82	25,23	0,0631	25,54	0,0502
0	12,5	25,58	25,96	0,0146	26,17	0,0225
0	17,5	24,30	23,47	0,0352	23,47	0,0352
0	22,5	23,14	22,92	0,0098	22,48	0,0296
5	2,5	27,97	25,88	0,0806	25,95	0,0777
5	7,5	26,66	25,07	0,0634	25,28	0,0546
5	12,5	25,45	25,78	0,0129	25,89	0,0171
5	17,5	24,19	23,33	0,0370	23,33	0,0370
5	22,5	23,07	22,88	0,0084	22,41	0,0296
10	2,5	27,73	25,73	0,0776	25,81	0,0743
10	7,5	26,46	24,94	0,0608	25,16	0,0515
10	12,5	25,28	25,58	0,0118	25,71	0,0168
10	17,5	24,06	23,18	0,0380	23,18	0,0380
10	22,5	22,98	22,82	0,0071	22,36	0,0278
15	2,5	27,40	25,64	0,0685	25,76	0,0635
15	7,5	26,18	24,72	0,0589	24,93	0,0499
15	12,5	25,04	25,36	0,0125	25,52	0,0187
15	17,5	23,88	22,83	0,0459	22,83	0,0459
15	22,5	22,85	22,78	0,0032	22,29	0,0253
20	2,5	26,85	25,46	0,0547	25,55	0,0509
20	7,5	25,71	24,56	0,0469	24,77	0,0380
20	12,5	24,66	24,97	0,0125	25,21	0,0219
20	17,5	23,57	22,62	0,0422	22,62	0,0422
20	22,5	22,64	22,77	0,0058	22,14	0,0225

**Phụ lục 7.4. Kiểm chứng hàm độ ẩm sau khi kết thúc tưới hai ngày  
tại thí nghiệm và mô hình vụ Đông 2015**

x	y	Giá trị tính toán	Thí nghiệm tại Học viện		Mô hình tại Cổ Bi	
			Giá trị thực đo	Sai số	Giá trị thực đo	Sai số
0	2,5	25,42	24,08	0,0556	23,75	0,0702
0	7,5	24,64	23,65	0,0418	24,05	0,0245
0	12,5	23,97	23,83	0,0059	24,31	0,0139
0	17,5	23,39	22,75	0,0281	23,01	0,0164
0	22,5	23,17	22,92	0,0109	22,48	0,0307
5	2,5	25,26	24,05	0,0505	23,64	0,0687
5	7,5	24,51	23,51	0,0424	23,95	0,0233
5	12,5	23,86	23,66	0,0086	24,19	0,0135
5	17,5	23,30	22,69	0,0270	22,83	0,0207
5	22,5	23,11	22,88	0,0100	22,41	0,0312
10	2,5	25,07	23,98	0,0454	23,47	0,0681
10	7,5	24,34	23,34	0,0429	23,71	0,0266
10	12,5	23,72	23,41	0,0134	23,97	0,0103
10	17,5	23,19	22,62	0,0254	22,75	0,0195
10	22,5	23,03	22,82	0,0091	22,36	0,0299
15	2,5	24,80	23,19	0,0694	23,13	0,0722
15	7,5	24,11	24,07	0,0018	23,54	0,0243
15	12,5	23,53	23,30	0,0100	23,75	0,0091
15	17,5	23,04	22,59	0,0200	22,68	0,0160
15	22,5	22,92	22,78	0,0060	22,29	0,0281
20	2,5	24,36	23,01	0,0586	22,86	0,0655
20	7,5	23,74	22,86	0,0384	23,16	0,0249
20	12,5	23,22	23,11	0,0047	23,46	0,0103
20	17,5	22,79	22,57	0,0098	22,59	0,0089
20	22,5	22,73	22,77	0,0019	22,14	0,0266

**Phụ lục 7.5. Kiểm chứng hàm độ ẩm sau khi kết thúc tưới ba ngày  
tại thí nghiệm và mô hình vụ Đông 2015**

x	y	Giá trị tính toán	Thí nghiệm tại Học viện		Mô hình tại Cổ Bi	
			Giá trị thực đo	Sai số	Giá trị thực đo	Sai số
0	2,5	22,67	21,61	0,0488	21,91	0,0345
0	7,5	22,47	21,86	0,0277	22,01	0,0207
0	12,5	22,39	22,18	0,0097	22,18	0,0097
0	17,5	22,53	22,22	0,0140	22,25	0,0126
0	22,5	23,25	22,46	0,0352	22,48	0,0343
5	2,5	22,57	21,53	0,0485	21,80	0,0355
5	7,5	22,39	21,73	0,0303	21,96	0,0195
5	12,5	22,33	22,07	0,0117	22,11	0,0099
5	17,5	22,48	22,14	0,0152	22,15	0,0147
5	22,5	23,20	22,39	0,0363	22,41	0,0354
10	2,5	22,46	21,41	0,0489	21,68	0,0358
10	7,5	22,29	21,67	0,0286	21,87	0,0192
10	12,5	22,25	21,95	0,0135	22,03	0,0098
10	17,5	22,41	22,09	0,0143	22,08	0,0148
10	22,5	23,14	22,33	0,0364	22,36	0,0350
15	2,5	22,30	21,32	0,0459	21,61	0,0318
15	7,5	22,15	21,54	0,0285	21,76	0,0181
15	12,5	22,13	21,88	0,0114	21,94	0,0087
15	17,5	22,31	22,00	0,0141	22,05	0,0118
15	22,5	23,06	22,26	0,0358	22,29	0,0345
20	2,5	22,04	21,25	0,0370	21,43	0,0283
20	7,5	21,93	21,44	0,0228	21,69	0,0110
20	12,5	21,94	21,79	0,0068	21,87	0,0031
20	17,5	22,15	21,89	0,0118	21,91	0,0108
20	22,5	22,91	22,11	0,0364	22,14	0,0349

**Phụ lục 7.6. Kết quả ứng dụng mô hình toán để dự báo thời điểm tưới  
và lượng nước tưới cho cà chua vụ Đông 2015 tại Học viện và Cổ Bi**

Ngày theo dõi	Độ ẩm thực đo (%)		Độ ẩm dự báo theo mô hình (%)	Dự báo thời gian đến thời điểm cần tưới	Lượng mưa ngày (mm)	Lượng nước tưới thực (mm)		Lượng nước tưới theo dự báo(mm)
	Học viện	Cổ Bi				Học viện	Cổ Bi	
15/10/2015	32,19	32,41	31,98	16 ngày				
16/10/2015	31,67	31,8	31,36					
17/10/2015	31,05	31,18	30,85					
18/10/2015	30,36	30,49	30,21					
19/10/2015	29,75	29,82	29,47					
20/10/2015	29,04	29,15	28,89					
21/10/2015	28,48	28,53	28,17					
22/10/2015	27,78	27,84	27,23					
23/10/2015	27,01	27,09	26,78					
24/10/2015	26,22	26,33	25,86					
25/10/2015	25,43	25,56	24,99					
26/10/2015	24,75	24,88	24,37					
27/10/2015	24,05	24,11	23,95					
28/10/2015	23,38	23,47	23,29					
29/10/2015	22,77	22,82	22,85					
30/10/2015	22,03	22,16	21,91					
31/10/2015	23,18	23,29	Tưới 1		11,9			38,5
1/11/2015	22,34	22,71	25,67	6 ngày	0,4			
2/11/2015	21,81	22,02	24,85					
3/11/2015	Tưới 1	Tưới 1	24,14			38,3	38,0	
4/11/2015	25,01	25,08	23,64		2,6			
5/11/2015	24,13	24,13	22,71					
6/11/2015	23,04	23,16	21,89					
7/11/2015	21,92	22,04	Tưới 2		3,0			38,5

8/11/2015	Tuổi 2	Tuổi2	25,13		2,0	37,8	37,9
9/11/2015			26,67		26,74	26,85	9,2
10/11/2015			27,03		27,10	27,18	7,3
11/11/2015			26,75	9 ngày	26,78	26,89	1,3
12/11/2015			26,11		26,19	26,32	
13/11/2015			25,78		25,83	25,91	4,0
14/11/2015			25,25		25,29	25,42	0,2
15/11/2015			24,71		24,76	24,86	
16/11/2015			23,89		23,95	24,14	
17/11/2015			23,23		23,28	23,54	
18/11/2015			22,57		22,61	22,68	
19/11/2015			21,82		22,01	21,93	
20/11/2015	Tuổi 3	Tuổi 3	Tuổi 3				38,2 38,0 38,4
21/11/2015			32,56	19 ngày	32,84	33,01	38,1
22/11/2015			32,14		32,31	32,68	0,8
23/11/2015			31,78		31,71	31,97	1,8
24/11/2015			31,12		31,09	31,26	0,7
25/11/2015			33,45		33,67	33,89	27,8
26/11/2015			33,17		33,16	33,28	1,1
27/11/2015			32,73		32,41	32,54	
28/11/2015			32,25		31,87	31,92	
29/11/2015			31,52		31,18	31,35	
30/11/2015			30,92		30,62	30,71	
1/12/2015			30,28		30,03	30,26	
2/12/2015			29,66		29,65	29,81	
3/12/2015			29,08		29,11	29,22	
4/12/2015			29,47		29,53	29,49	8,2
5/12/2015			31,17	13 ngày	31,21	31,32	11,1
6/12/2015			30,93		30,82	30,75	
7/12/2015			30,02		30,16	30,14	
8/12/2015			29,11		29,38	29,37	0,1

9/12/2015	28,25	28,52	28,51		0,7		
10/12/2015	27,37	27,78	27,64				
11/12/2015	26,41	26,81	26,73		0,9		
12/12/2015	25,56	25,99	25,85				
13/12/2015	24,47	24,94	24,83				
14/12/2015	23,55	23,89	23,98				
15/12/2015	22,61	22,92	23,15				
16/12/2015	21,82	21,98	22,44				
17/12/2015	Tuổi 4	Tuổi 4	21,91			38,2	38,1
18/12/2015	25,06	25,19	Tuổi 4				38,5
19/12/2015	24,15	24,25	25,16	4 ngày			
20/12/2015	23,08	23,18	24,21				
21/12/2015	21,95	22,01	23,17				
22/12/2015	Tuổi 5	Tuổi 5	21,93		7,1	37,7	38,0
23/12/2015	25,59	25,68	Tuổi 5				38,4
24/12/2015	24,61	24,73	25,14	4 ngày			
25/12/2015	23,78	23,88	24,19				
26/12/2015	22,81	22,81	23,11		5,2		
27/12/2015	22,95	22,87	21,92				
28/12/2015	22,12	22,03	Tuổi 6				38,4
29/12/2015	21,81	Tuổi 6	25,19	4 ngày	3,4		38,0
30/12/2015	Tuổi 6	25,35	24,22		0,5	38,3	
31/12/2015	25,21	24,46	23,19				
1/1/2016	24,13	23,58	22,01				
2/1/2016	23,06	22,61	Tuổi 7				38,0
3/1/2016	21,91	21,91	25,25	4 ngày			
4/1/2016	Tuổi 7	Tuổi 7	24,18			37,9	38,5
5/1/2016	25,19	25,22	23,07				
6/1/2016	24,12	24,12	21,98				
7/1/2016	23,04	23,04	Tuổi 8				38,2
8/1/2016	21,92	21,99	25,24	4 ngày			

9/1/2016	Tưới 8	Tưới 8	24,17			37,8	38,2
10/1/2016			25,23				
11/1/2016			25,24				
12/1/2016			24,08				
13/1/2016			24,15				
14/1/2016			23,22				38,3
15/1/2016			23,09	Tưới 9			
16/1/2016			21,93	22,03	25,29	4 ngày	
17/1/2016	Tưới 9	Tưới 9	24,15			8,0	37,8
18/1/2016			24,15				38,0
19/1/2016			25,96			1,0	
20/1/2016			26,03				
21/1/2016			25,46			1,0	
22/1/2016			25,49				
23/1/2016			24,93			0,2	38,0
24/1/2016			24,97	Tưới 10			
25/1/2016			24,25	24,31	25,18	4 ngày	
26/1/2016			24,31				
27/1/2016			23,48				
28/1/2016			23,78				
29/1/2016			24,09				
30/1/2016			22,98				
31/1/2016			23,16				
1/2/2016			22,42			0,6	
2/2/2016			22,62				
3/2/2016			21,96				
4/2/2016			21,97			3,0	38,3
5/2/2016			21,97	22,21	Tưới 11		
6/2/2016			21,41	22,08	25,15	4 ngày	
7/2/2016			21,41			2,0	
8/2/2016			21,89				
9/2/2016			21,98			3,0	
10/2/2016			21,89				
11/2/2016			21,43			0,1	
12/2/2016			21,85				
13/2/2016			23,27				
14/2/2016			31,84	32,15	32,17	18 ngày	35,0
15/2/2016			32,15				
16/2/2016			32,87			16,0	
17/2/2016			32,82				
18/2/2016			33,17			19,0	
19/2/2016			33,23				
20/2/2016			33,31				
21/2/2016			33,23			0,1	
22/2/2016			33,03				
23/2/2016			33,14				
24/2/2016			33,23				
25/2/2016			32,89				
26/2/2016			32,91				
27/2/2016			32,89				
28/2/2016			32,61			1,0	
29/2/2016			32,74				
30/2/2016			32,45				
31/2/2016			32,06				
1/3/2016			32,13				
2/3/2016			32,19				
3/3/2016			31,68				
4/3/2016			31,73				
5/3/2016			31,52				
6/3/2016			31,15				
7/3/2016			31,18				
8/3/2016			30,93				
9/3/2016			30,57				
10/3/2016			30,66				
11/3/2016			30,41				
12/3/2016			29,91				
13/3/2016			30,08				
14/3/2016			29,85				
15/3/2016			29,26				
16/3/2016			29,45				
17/3/2016			29,11				
18/3/2016			28,59				
19/3/2016			28,84				
20/3/2016			28,43				
<b>Tổng</b>	<b>9 lần</b>	<b>9 lần</b>	<b>11 lần</b>			<b>239,4</b>	<b>342,0</b>
						<b>342,7</b>	<b>421,5</b>

## PHỤ LỤC 8. Kết quả xử lý thống kê sinh học các số liệu sinh trưởng, năng suất cà chua

### Phụ lục 8.1. Kết quả xử lý số liệu thí nghiệm vụ Đông 2014

KẾT QUẢ XỬ LÝ CHIỀU CAO CÂY VỤ ĐÔNG 2014  
Statistical Tool for Agricultural Research (STAR)  
Thu Sep 01 11:32:27 2016  
Analysis of Variance  
Randomized Complete Block Design

=====

ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: X3TST

=====

Summary Information

-----

FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS

-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5

NL 3 K1, K2, K3

-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: X3TST

-----

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
--------	----	---------------	-------------	---------	---------

-----

NL	229	404014.702	010.250	0062	
----	-----	------------	---------	------	--

CT	422	0440	5.5110	3.840	0499
----	-----	------	--------	-------	------

Error	811	4760	1.4345		
-------	-----	------	--------	--	--

Total	1462	9240			
-------	------	------	--	--	--

-----

Summary Statistics

-----

CV(%) X3TST Mean

-----

5.4921.82

-----

Standard Errors

-----

Effects StdErr

-----

NL0.7575

CT0.9779

-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05  
Error Degrees of Freedom 8  
Error Mean Square 1.4345  
Critical Value 2.3060  
Test Statistics 2.2551

Summary of the Result:

-----  
CT means N group  
-----

T1 20.40 3b  
T2 21.00 3b  
T3 21.50 3b  
T4 23.90 3 a  
T5 22.30 3 ab  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: X4TST  
=====

Summary Information  
-----

FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5  
NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: X4TST  
-----

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
--------	----	---------------	-------------	---------	---------

-----

NL	248.645324	3227	6.070	0.0249
CT	462.126715	5317	3.880	0.0488
Error	832.0613	4.0077		
Total	14	142.8333		

-----

Summary Statistics  
-----

CV(%) X4TST Mean  
-----

6.1332.63  
-----

Standard Errors  
-----

Effects StdErr

NL1.27  
CT1.63

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha0.05  
Error Degrees of Freedom8  
Error Mean Square4.0077  
Critical Value 2.3060  
Test Statistics3.7693

Summary of the Result:

CT means N group

T1 29.03 3b  
T2 33.60 3 a  
T3 32.03 3 ab  
T4 35.03 3 a  
T5 33.47 3 a

Means with the same letter are not significantly different.

ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: X5TST

Summary Information

FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5  
NL 3 K1, K2, K3

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: X5TST

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
--------	----	---------------	-------------	---------	---------

NL	221.509310.7547	1.140.3666			
CT	4 152.396038.0990	4.040.0442			
Error	875.4240	9.4280			
Total	14 249.3293				

Summary Statistics

CV(%) X5TST Mean

-----  
7.2442.39  
-----

Standard Errors

-----  
Effects StdErr  
-----

NL1.94

CT2.51  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha0.05

Error Degrees of Freedom8

Error Mean Square9.4280

Critical Value 2.3060

Test Statistics5.7813

Summary of the Result:

-----  
CT means N group  
-----

T1 36.90 3b

T2 42.20 3 ab

T3 42.80 3 a

T4 46.83 3 a

T5 43.23 3 a  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: X6TST  
=====

Summary Information

-----  
FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5

NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: X6TST  
-----

Source DF Sum of Square Mean Square F Value Pr(> F)

-----  
NL 229.089314.5447 1.060.3895  
CT 4 210.097352.5243 3.840.0499  
Error 8 109.430713.6788  
Total 14 348.6173  
-----

Summary Statistics

-----  
CV(%) X6TST Mean

-----  
5.9761.91  
-----

Standard Errors

-----  
Effects StdErr

-----  
NL 2.34

CT 3.02  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 8

Error Mean Square 13.6788

Critical Value 2.3060

Test Statistics 6.9637

Summary of the Result:

-----  
CT means N group

-----  
T1 55.17 3b

T2 61.80 3 ab

T3 62.27 3 a

T4 66.43 3 a

T5 63.90 3 a  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: X7TST  
=====

Summary Information

-----  
FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5  
NL 3 K1, K2, K3

-----  
Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: X7TST

-----  
Source D F Sum of Square Mean Square F Value Pr(> F)

-----  
NL 2 150.857375 75.4287 3.040 1040  
CT 4 381.196095 95.2990 3.850 0498  
Error 8 198.276024 24.7845  
Total 14 730.3293  
-----

Summary Statistics

-----  
CV(%) X7TST Mean

-----  
6.2779.41  
-----

Standard Errors

-----  
Effects StdErr

-----  
NL 3.15  
CT 4.06  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05  
Error Degrees of Freedom 8  
Error Mean Square 24.7845  
Critical Value 2.3060  
Test Statistics 9.3736

Summary of the Result:

-----  
CT means N group

-----  
T1 70.03 3b  
T2 79.37 3 ab  
T3 81.03 3 a  
T4 85.07 3 a  
T5 81.53 3 a  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: X8TST  
=====

Summary Information

-----  
FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5  
NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: X8TST  
-----

SourceDFSum of SquareMean SquareF Value Pr(> F)  
-----

NL 2 210.4693 105.2347 4.050.0609  
CT 4 400.5893 100.1473 3.860.0494  
Error8 207.710725.9638  
Total 14 818.7693  
-----

Summary Statistics

-----  
CV(%) X8TST Mean  
-----

5.8886.71  
-----

Standard Errors

-----  
Effects StdErr  
-----

NL3.22  
CT4.16  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 8

Error Mean Square25.9638

Critical Value2.3060

Test Statistics 9.5940

Summary of the Result:

-----  
CT means N group  
-----

T1 78.50 3b  
T2 85.53 3 ab  
T3 86.17 3 ab  
T4 94.43 3 a  
T5 88.90 3 a

-----  
Means with the same letter are not significantly different.

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: X9TST  
=====

Summary Information

-----  
FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5  
NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: X9TST

-----  
SourceDFSum of SquareMean SquareF Value Pr(> F)  
-----

NL 2 120.784060.3920 2.030.1934  
CT 4 458.8973 114.7243 3.860.0493  
Error8 237.782729.7228  
Total 14 817.4640  
-----

Summary Statistics

-----  
CV(%) X9TST Mean  
-----

5.8393.48  
-----

Standard Errors

-----  
Effects StdErr  
-----

NL3.45  
CT4.45  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 8  
Error Mean Square 29.7228  
Critical Value 2.3060  
Test Statistics 10.2650

Summary of the Result:

-----  
CTmeans N group  
-----

T1 84.83 3b  
T2 92.20 3 ab  
T3 93.17 3 ab  
T4 102.07 3 a  
T5 95.13 3 a  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: X10TST  
=====

Summary Information

-----  
FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5  
NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: X10TST

-----  
Source DF Sum of Square Mean Square F Value Pr(> F)  
-----

NL 2 301.9960 150.9980 3.090 .1012  
CT 4 801.0227 200.2557 4.100 .0426  
Error 8 390.7973 48.8497  
Total 141493.8160  
-----

Summary Statistics

-----  
CV(%) X10TST Mean  
-----

7.03 99.46  
-----

Standard Errors

-----

Effects StdErr

NL4.42

CT5.71

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 8

Error Mean Square48.8497

Critical Value2.3060

Test Statistics13.1597

Summary of the Result:

CTmeans N group

T189.20 3b

T295.60 3b

T399.77 3 ab

T4 111.43 3 a

T5 101.30 3 ab

Means with the same letter are not significantly different.

**KẾT QUẢ XỬ LÝ TỶ LỆ ĐẬU QUẢ, NĂNG SUẤT VÀ CÁC YẾU TỐ CẤU THÀNH NĂNG SUẤT VỤ ĐÔNG 2014**

Statistical Tool for Agricultural Research (STAR)

Thu Sep 01 15:37:40 2016

Analysis of Variance

Randomized Complete Block Design

ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: SCH

Summary Information

FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5

NL 3 K1, K2, K3

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: SCH

SourceDFSum of SquareMean SquareF Value Pr(> F)

-----  
NL 2 0.2413 0.1207 0.170.8438  
CT 426.4107 6.6027 9.490.0039  
Error8 5.5653 0.6957  
Total 1432.2173  
-----

Summary Statistics

-----  
CV(%) SCH Mean  
-----

8.55 9.75  
-----

Standard Errors

-----  
Effects StdErr  
-----

NL0.5275  
CT0.6810  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha0.05  
Error Degrees of Freedom8  
Error Mean Square0.6957  
Critical Value 2.3060  
Test Statistics1.5704

Summary of the Result:

-----  
CT means N group  
-----

T17.93 3d  
T28.80 3 cd  
T39.73 3bc  
T4 11.73 3 a  
T5 10.57 3 ab  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: SH  
=====

Summary Information

-----  
FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5

NL 3 K1, K2, K3

-----  
Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: SH

-----  
SourceDFSum of SquareMean SquareF Value Pr(> F)

-----  
NL 235.009317.5047 1.250.3374  
CT 4 219.462754.8657 3.910.0477  
Error8 112.177314.0222  
Total 14 366.6493  
-----

Summary Statistics

-----  
CV(%) SH Mean

-----  
8.02 46.67  
-----

Standard Errors

-----  
Effects StdErr

-----  
NL2.37  
CT3.06  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 8

Error Mean Square14.0222

Critical Value2.3060

Test Statistics 7.0505

Summary of the Result:

-----  
CT means N group

-----  
T1 40.57 3 c  
T2 45.20 3bc  
T3 47.40 3 abc  
T4 52.30 3 a  
T5 47.90 3 ab  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: TLDQ  
=====

Summary Information

-----  
FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5  
NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: TLDQ

-----  
Source D F Sum of Square Mean Square F Value Pr(> F)  
-----

NL 2 273.6373 136.8187 6.180.0239  
CT 4 350.873387.7183 3.960.0464  
Error 8 177.222722.1528  
Total 14 801.7333  
-----

Summary Statistics

-----  
CV(%) TLDQ Mean  
-----

7.48 62.93  
-----

Standard Errors  
-----

Effects StdErr  
-----

NL 2.98  
CT 3.84  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 8

Error Mean Square 22.1528

Critical Value 2.3060

Test Statistics 8.8619

Summary of the Result:  
-----

CT means N group  
-----

T1 56.90 3b

T2 60.47 3b

T3 61.43 3b  
T4 71.27 3 a  
T5 64.60 3 ab

-----  
Means with the same letter are not significantly different.  
=====

ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: SQ  
=====

Summary Information  
-----

FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5  
NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: SQ  
-----

Source D F Sum of Square Mean Square F Value Pr(> F)  
-----

NL 221.904010.9520 1.320.3190  
CT 4 326.204081.5510 9.850.0035  
Error 866.2560 8.2820  
Total 14 414.3640  
-----

Summary Statistics  
-----

CV(%) SQ Mean  
-----

9.76 29.48  
-----

Standard Errors  
-----

Effects StdErr  
-----

NL 1.82

CT 2.35  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 8

Error Mean Square 8.2820

Critical Value 2.3060

Test Statistics 5.4185

Summary of the Result:

-----  
CT means N group  
-----

T1 23.07 3 c  
T2 27.27 3bc  
T3 29.10 3b  
T4 37.30 3 a  
T5 30.67 3b  
-----

Means with the same letter are not significantly different.  
=====

ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: KLTB  
=====

Summary Information  
-----

FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5  
NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: KLTB  
-----

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
--------	----	---------------	-------------	---------	---------

-----

NL	2	120.901360	60.4507	2.580	.1368
CT	4	376.597394	94.1493	4.010	.0449
Error	8	187.638723	23.4548		
Total	14	685.1373			

-----

Summary Statistics  
-----

CV(%) KLTB Mean  
-----

7.24 66.85  
-----

Standard Errors  
-----

Effects StdErr  
-----

NL3.06  
CT3.95  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05  
Error Degrees of Freedom 8  
Error Mean Square 23.4548  
Critical Value 2.3060  
Test Statistics 9.1187

Summary of the Result:

-----  
CT means N group  
-----

T1 59.37 3b  
T2 65.70 3b  
T3 66.87 3 ab  
T4 75.10 3 a  
T5 67.23 3 ab  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

=====

ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: NSCT

=====

Summary Information

-----

FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS

-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5  
NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: NSCT

-----

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
--------	----	---------------	-------------	---------	---------

-----

NL	2	20287.0893	10143.5447	0.190	0.8292
CT	4	3195504.3160798876	798876.079015	15.100	0.0008
Error	8423253	9640 52906.7455			
Total	14	3639045.3693			

-----

Summary Statistics

-----

CV(%) NSCT Mean

-----

11.55 1991.37  
-----

Standard Errors

-----

Effects StdErr

-----  
NL145.47  
CT187.81  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha0.05  
Error Degrees of Freedom8  
Error Mean Square52906.7455  
Critical Value 2.3060  
Test Statistics433.0818

Summary of the Result:

-----  
CT means N group  
-----

T1 1377.90 3 c  
T2 1775.73 3bc  
T3 1948.93 3b  
T4 2788.20 3 a  
T5 2066.10 3b  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

=====

ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: NSLT

=====

Summary Information

-----

FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS

-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5  
NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: NSLT

-----

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
--------	----	---------------	-------------	---------	---------

-----

NL	220.956	010.4780	0.190	0.8278	
CT	43270.7427	817.6857	15.100	0.0008	
Error	8	433.2573	54.1572		
Total	143724.9560				

-----

Summary Statistics

-----

CV(%) NSLT Mean

-----  
11.55 63.74  
-----

Standard Errors

-----  
Effects StdErr  
-----

NL4.65

CT6.01  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 8

Error Mean Square54.1572

Critical Value2.3060

Test Statistics13.8561

Summary of the Result:

-----  
CT means N group  
-----

T1 44.10 3 c

T2 56.87 3bc

T3 62.40 3b

T4 89.23 3 a

T5 66.10 3b  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: NSTT  
=====

Summary Information

-----  
FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5

NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: NSTT

-----  
SourceDFSum of SquareMean SquareF Value Pr(> F)  
-----

NL 2 110.916055.4580 2.000.1980  
CT 4 940.9973 235.2493 8.470.0056  
Error8 222.250727.7813  
Total 141274.1640

-----  
Summary Statistics

-----  
CV(%) NSTT Mean

-----  
10.50 50.18  
-----

Standard Errors

-----  
Effects StdErr

-----  
NL3.33

CT4.30  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 8

Error Mean Square27.7813

Critical Value2.3060

Test Statistics 9.9241

Summary of the Result:

-----  
CT means N group

-----  
T1 36.03 3 c

T2 49.87 3b

T3 51.60 3 ab

T4 60.33 3 a

T5 53.07 3 ab  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

## Phụ lục 8.2. Kết quả xử lý số liệu thí nghiệm vụ Đông 2015

### KẾT QUẢ XỬ LÝ CHIỀU CAO CÂY VỤ ĐÔNG 2015

Statistical Tool for Agricultural Research (STAR)

Thu Sep 22 12:19:37 2016

Analysis of Variance

Randomized Complete Block Design

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: X3TST  
=====

Summary Information

-----  
FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5

NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: X3TST

-----  
SourceDFSum of SquareMean SquareF Value Pr(> F)  
-----

NL 2 0.7293 0.3647 0.110.8948

CT 450.489312.6223 3.900.0480

Error825.8707 3.2338

Total 1477.0893  
-----

Summary Statistics

-----  
CV(%) X3TST Mean  
-----

7.2224.89  
-----

Standard Errors

-----  
Effects StdErr  
-----

NL1.14

CT1.47  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05  
Error Degrees of Freedom 8  
Error Mean Square 3.2338  
Critical Value 2.3060  
Test Statistics 3.3859

Summary of the Result:

-----  
CT means N group  
-----

T1 21.97 3 c  
T2 23.87 3 bc  
T3 25.33 3 abc  
T4 27.30 3 a  
T5 26.00 3 ab  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: X4TST  
=====

Summary Information

-----  
FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5  
NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: X4TST

-----  
Source D F Sum of Square Mean Square F Value Pr(> F)  
-----

NL 2 8.1213 4.0607 0.580.5811  
CT 4 144.617336.1543 5.180.0234  
Error 855.8787 6.9848  
Total 14 208.6173  
-----

Summary Statistics

-----  
CV(%) X4TST Mean  
-----

7.5535.01  
-----

Standard Errors

-----  
Effects StdErr  
-----

NL1.67

CT2.16  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha0.05

Error Degrees of Freedom8

Error Mean Square6.9848

Critical Value 2.3060

Test Statistics4.9761

Summary of the Result:

-----  
CT means N group  
-----

T1 30.03 3 c

T2 33.87 3bc

T3 35.07 3 ab

T4 39.40 3 a

T5 36.70 3 ab  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: X5TST  
=====

Summary Information

-----  
FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5

NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: X5TST  
=====

Summary Information

-----  
FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5  
NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: X5TST

-----  
Source D F Sum of Square Mean Square F Value Pr(> F)  
-----

NL 2 5.3773 2.6887 0.180.8383  
CT 4 237.470759.3677 3.980.0458  
Error 8 119.269314.9087  
Total 14 362.1173  
-----

Summary Statistics

-----  
CV(%) X5TST Mean  
-----

8.32 46.41  
-----

Standard Errors

-----  
Effects StdErr  
-----

NL 2.44  
CT 3.15  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05  
Error Degrees of Freedom 8  
Error Mean Square 14.9087  
Critical Value 2.3060  
Test Statistics 7.2700

Summary of the Result:

-----  
CT means N group  
-----

T1 39.63 3b  
T2 45.80 3 ab  
T3 46.13 3 ab  
T4 51.53 3 a  
T5 48.97 3 a  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: X6TST  
=====

Summary Information  
-----

FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5  
NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: X6TST  
-----

Source D F Sum of Square Mean Square F Value Pr(> F)  
-----

NL 2 9.5573 4.7787 0.230.7969  
CT 4 317.313379.3283 3.880.0488  
Error 8 163.662720.4578  
Total 14 490.5333  
-----

Summary Statistics  
-----

CV(%) X6TST Mean  
-----

6.8765.83  
-----

Standard Errors  
-----

Effects StdErr  
-----

NL 2.86  
CT 3.69  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05  
Error Degrees of Freedom 8  
Error Mean Square 20.4578  
Critical Value 2.3060  
Test Statistics 8.5162

Summary of the Result:

-----  
CT means N group  
-----

T1 57.93 3b  
T2 64.90 3 ab  
T3 66.40 3 ab  
T4 71.97 3 a  
T5 67.97 3 a  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: X7TST  
=====

Summary Information

-----  
FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5  
NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: X7TST

-----  
Source D F Sum of Square Mean Square F Value Pr(> F)  
-----

NL 288.149344 0.747 1.320 0.3197  
CT 4 513.5333 128.3833 3.840 0.0498  
Error 8 267.230733 4038  
Total 14 868.9133  
-----

Summary Statistics

-----  
CV(%) X7TST Mean  
-----

6.8484.47  
-----

Standard Errors

-----  
Effects StdErr  
-----

NL3.66

CT4.72  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 8

Error Mean Square33.4038

Critical Value2.3060

Test Statistics10.8821

Summary of the Result:

-----  
CT means N group  
-----

T1 74.63 3b

T2 83.40 3 ab

T3 84.37 3 ab

T4 92.50 3 a

T5 87.43 3 a  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: X8TST  
=====

Summary Information

-----  
FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5

NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: X8TST

```
-----  
SourceDFSum of SquareMean SquareF Value Pr(> F)  
-----  
NL 246.869323.4347 0.590.5767  
CT 4 614.3333 153.5833 3.870.0491  
Error8 317.730739.7163  
Total 14 978.9333  
-----
```

Summary Statistics

CV(%) X8TST Mean

```
-----  
6.8092.67  
-----
```

Standard Errors

Effects StdErr

```
-----  
NL3.99  
CT5.15  
-----
```

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05  
Error Degrees of Freedom 8  
Error Mean Square39.7163  
Critical Value2.3060  
Test Statistics11.8659

Summary of the Result:

CTmeans N group

```
-----  
T181.50 3b  
T291.23 3 ab  
T393.60 3 a  
T4 100.63 3 a  
T596.37 3 a  
-----
```

Means with the same letter are not significantly different.

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: X9TST  
=====

Summary Information

-----  
FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5  
NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: X9TST

-----  
Source D F Sum of Square Mean Square F Value Pr(> F)  
-----

NL 228.561314.2807 0.240.7904  
CT 4 943.9627 235.9907 4.000.0452  
Error 8 471.665358.9582  
Total 141444.1893  
-----

Summary Statistics

-----  
CV(%) X9TST Mean  
-----

7.7998.61  
-----

Standard Errors

-----  
Effects StdErr  
-----

NL 4.86  
CT 6.27  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05  
Error Degrees of Freedom 8  
Error Mean Square 58.9582  
Critical Value 2.3060  
Test Statistics 14.4573

Summary of the Result:

-----  
CTmeans N group  
-----

T185.93 3b  
T295.63 3 ab  
T398.33 3 ab  
T4 109.60 3 a  
T5 103.53 3 a  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: X10TST  
=====

Summary Information

-----  
FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5  
NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: X10TST

-----  
SourceDFSum of SquareMean SquareF Value Pr(> F)  
-----

NL 226.212013.1060 0.180.8406  
CT 41160.8533 290.2133 3.930.0472  
Error8 590.714773.8393  
Total 141777.7800  
-----

Summary Statistics

-----  
CV(%) X10TST Mean  
-----

8.31103.40  
-----

Standard Errors

-----  
Effects StdErr  
-----

NL5.43  
CT7.02  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05  
Error Degrees of Freedom 8  
Error Mean Square 73.8393  
Critical Value 2.3060  
Test Statistics 16.1792

Summary of the Result:

-----  
CTmeans N group  
-----

T189.77 3 c  
T299.63 3bc  
T3 103.10 3 abc  
T4 116.13 3 a  
T5 108.37 3 ab  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

**KẾT QUẢ XỬ LÝ TỶ LỆ ĐẬU QUẢ VỤ ĐÔNG 2015**

Statistical Tool for Agricultural Research (STAR)

Thu Sep 22 12:15:50 2016

Analysis of Variance

Randomized Complete Block Design

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: SCH  
=====

Summary Information

-----  
FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5  
NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: SCH

-----  
Source DF Sum of Square Mean Square F Value Pr(> F)  
-----

NL 2 1.6120 0.8060 1.210.3478  
CT 423.5093 5.8773 8.810.0050  
Error 8 5.3347 0.6668  
Total 1430.4560  
-----

Summary Statistics

-----  
CV(%) SCH Mean  
-----

9.68 8.44  
-----

Standard Errors

-----  
Effects StdErr  
-----

NL 0.5165  
CT 0.6667  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05  
Error Degrees of Freedom 8  
Error Mean Square 0.6668  
Critical Value 2.3060  
Test Statistics 1.5375

Summary of the Result:

-----  
CT means N group  
-----

T16.63 3 c  
T27.77 3bc  
T38.43 3b  
T4 10.40 3 a  
T58.97 3 ab  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: SQ  
=====

Summary Information

-----  
FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5

NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: SQ

-----  
Source D F Sum of Square Mean Square F Value Pr(> F)  
-----

NL 2 6.1173 3.0587 0.600 5733

CT 4 348.542787 135717.010 0006

Error 840.9893 5.1237

Total 14 395.6493  
-----

Summary Statistics

-----  
CV(%) SQ Mean  
-----

8.49 26.67  
-----

Standard Errors

-----  
Effects StdErr  
-----

NL 1.43

CT 1.85  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 8

Error Mean Square 5.1237

Critical Value 2.3060

Test Statistics 4.2619

Summary of the Result:

-----  
CT means N group  
-----

T1 18.90 3 c  
T2 25.07 3b  
T3 27.47 3b  
T4 33.77 3 a  
T5 28.17 3b  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: SH  
=====

Summary Information  
-----

FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5  
NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: SH  
-----

Source DF Sum of Square Mean Square F Value Pr(> F)  
-----

NL 2 8.5613 4.2807 0.200.8211  
CT 4 345.369386.3423 4.080.0433  
Error 8 169.498721.1873  
Total 14 523.4293  
-----

Summary Statistics  
-----

CV(%) SH Mean  
-----

9.88 46.59  
-----

Standard Errors  
-----

Effects StdErr  
-----

NL 2.91  
CT 3.76  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05  
Error Degrees of Freedom 8  
Error Mean Square 21.1873  
Critical Value 2.3060  
Test Statistics 8.6667

Summary of the Result:

-----  
CT means N group  
-----

T1 38.40 3b  
T2 45.20 3 ab  
T3 47.83 3 a  
T4 52.97 3 a  
T5 48.57 3 a  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: TLDQ  
=====

Summary Information

-----  
FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5  
NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: TLDQ

-----  
Source D F Sum of Square Mean Square F Value Pr(> F)  
-----

NL 259.956029.9780 1.800.2255  
CT 4 309.804077.4510 4.660.0309  
Error 8 132.904016.6130  
Total 14 502.6640  
-----

Summary Statistics

-----  
CV(%) TLDQ Mean  
-----

7.16 56.92  
-----

Standard Errors

-----  
Effects StdErr  
-----

NL2.58

CT3.33  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 8

Error Mean Square16.6130

Critical Value2.3060

Test Statistics 7.6743

Summary of the Result:

-----  
CT means N group  
-----

T1 49.63 3 c

T2 55.73 3bc

T3 57.43 3 ab

T4 63.80 3 a

T5 58.00 3 ab  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

**KẾT QUẢ XỬ LÝ NĂNG SUẤT VÀ CÁC YẾU TỐ CẤU THÀNH NĂNG SUẤT VỤ ĐÔNG 2015**

Statistical Tool for Agricultural Research (STAR)

Thu Sep 22 12:11:33 2016

Analysis of Variance

Randomized Complete Block Design

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: SQ  
=====

Summary Information

FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS

-----  
CT 5 T1, T2, T3, T4, T5  
NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: SQ

-----  
Source D F Sum of Square Mean Square F Value Pr(> F)  
-----

NL 2 6.1173 3.0587 0.600.5733  
CT 4 348.542787.135717.010.0006  
Error 840.9893 5.1237  
Total 14 395.6493  
-----

Summary Statistics

-----  
CV(%) SQ Mean  
-----

8.49 26.67  
-----

Standard Errors

-----  
Effects StdErr  
-----

NL 1.43  
CT 1.85  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 8

Error Mean Square 5.1237

Critical Value 2.3060

Test Statistics 4.2619

Summary of the Result:

-----  
CT means N group  
-----

T1 18.90 3 c  
T2 25.07 3b

T3 27.47 3b  
T4 33.77 3 a  
T5 28.17 3b

-----  
Means with the same letter are not significantly different.

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: KLTBQ  
=====

Summary Information  
-----

FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5  
NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: KLTBQ  
-----

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
--------	----	---------------	-------------	---------	---------

-----

NL	231.705315	0.660	.5415		
CT	4	372.970793	2.427	3.900	.0481
Error	8	191.321323	.9152		
Total	14	595.9973			

-----

Summary Statistics  
-----

CV(%) KLTBQ Mean  
-----

7.4465.75  
-----

Standard Errors  
-----

Effects StdErr  
-----

NL3.09  
CT3.99  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05  
Error Degrees of Freedom 8  
Error Mean Square 23.9152  
Critical Value 2.3060  
Test Statistics 9.2077

Summary of the Result:

-----  
CT means N group  
-----

T1 58.00 3 c  
T2 64.03 3bc  
T3 66.03 3 abc  
T4 73.43 3 a  
T5 67.23 3 ab  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: NSCT  
=====

Summary Information

-----  
FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5  
NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: NSCT

-----  
Source DF Sum of Square Mean Square F Value Pr(> F)  
-----

NL 218.9453 9.4727 0.000.9998  
CT 4 2970801.2933742700.323317.870.0005  
Error 8332428.5747 41553.5718  
Total 14 3303248.8133  
-----

Summary Statistics

-----  
CV(%) NSCT Mean  
-----

11.47 1777.07  
-----

Standard Errors

-----  
Effects StdErr  
-----

NL128.92

CT166.44  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha0.05

Error Degrees of Freedom8

Error Mean Square41553.5718

Critical Value 2.3060

Test Statistics383.8121

Summary of the Result:

-----  
CT means N group  
-----

T1 1098.23 3 c

T2 1599.17 3b

T3 1818.23 3b

T4 2470.80 3 a

T5 1898.90 3b  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: NSLT  
=====

Summary Information

-----  
FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5

NL 3 K1, K2, K3  
-----

Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: NSLT

-----  
SourceDFSum of SquareMean SquareF Value Pr(> F)  
-----

NL 2 0.0237 0.0118 0.000.9997

CT 43039.0615 759.765417.860.0005

Error8 340.245442.5307  
Total 143379.3306

-----  
Summary Statistics  
-----

CV(%) NSLT Mean  
-----

11.47 56.86  
-----

Standard Errors  
-----

Effects StdErr  
-----

NL4.12

CT5.32  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 8

Error Mean Square42.5307

Critical Value2.3060

Test Statistics12.2791

Summary of the Result:  
-----

CT means N group  
-----

T1 35.13 3 c

T2 51.17 3b

T3 58.20 3b

T4 79.03 3 a

T5 60.75 3b  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

=====  
ANALYSIS FOR RESPONSE VARIABLE: NSTT  
=====

Summary Information  
-----

FACTOR NO. OF LEVELS LEVELS  
-----

CT 5 T1, T2, T3, T4, T5

NL 3 K1, K2, K3

-----  
Number of Observations Read and Used: 15

ANOVA TABLE

Response Variable: NSTT

-----  
SourceDFSum of SquareMean SquareF Value Pr(> F)

-----  
NL 2 3.9093 1.9547 0.080.9229  
CT 4 796.4627 199.1157 8.250.0061  
Error8 192.977324.1222  
Total 14 993.3493  
-----

Summary Statistics

-----  
CV(%) NSTT Mean

-----  
10.96 44.81  
-----

Standard Errors

-----  
Effects StdErr

-----  
NL3.11  
CT4.01  
-----

Pairwise Mean Comparison of CT

Least Significant Difference (LSD) Test

Alpha 0.05  
Error Degrees of Freedom 8  
Error Mean Square24.1222  
Critical Value2.3060  
Test Statistics 9.2475

Summary of the Result:

-----  
CT means N group

-----  
T1 31.60 3 c  
T2 43.37 3b  
T3 47.57 3 ab  
T4 53.07 3 a  
T5 48.43 3 ab  
-----

Means with the same letter are not significantly different.

**PHỤ LỤC 9. Giá cả một số vật tư sản xuất nông nghiệp và hàng hóa nông sản trên địa bàn điều tra năm 2014 và tại Gia Lâm, Hà Nội năm 2016**

TT	Tên hàng hóa	Đơn vị tính	Giá bình quân	Ghi chú
<b>I. Trên địa bàn điều tra năm 2014</b>				
<b>1</b>	<b>Vật tư</b>			
	Giống	đồng/cây	300	
	Phân đạm ure	đồng/kg	8.000	
	Phân lân	đồng/kg	3.000	
	Phân Kali	đồng/kg	10.500	
	Phân hữu cơ	đồng/kg	4.000	
	Vôi	đồng/kg	3.000	
	Thuốc BVTV: bệnh sương mai, xoăn vàng lá,...	đồng/gói	10.000	
	Cây que làm giàn	đồng/cây	500	
	Máy bơm nước	đồng/chiếc	640.000	Thời hạn sử dụng 5 năm
	Ống nhựa PVC	đồng/m	25.000	Thời hạn sử dụng 5 năm
<b>2</b>	<b>Giá cà chua</b>			
	Bắc Ninh	đồng/kg	6.100	
	Hải Phòng	đồng/kg	5.800	
	Nam Định	đồng/kg	5.100	
	Hà Nội	đồng/kg	6.300	
	Hải Dương	đồng/kg	5.200	
	Hung Yên	đồng/kg	6.000	
<b>3</b>	<b>Năng suất cà chua</b>			
	Bắc Ninh	tấn/ha	38,23	
	Hải Phòng	tấn/ha	37,67	

Nam Định	tấn/ha	43,54	
Hà Nội	tấn/ha	39,58	
Hải Dương	tấn/ha	38,47	
Hung Yên	tấn/ha	36,72	
<b>II Gia Lâm, Hà Nội năm 2016</b>			
Giống	đồng/cây	350	
Phân đạm ure	đồng/kg	9.000	
Phân lân	đồng/kg	3.500	
Phân Kali	đồng/kg	13.500	
Phân vi sinh	đồng/kg	6.000	
Vôi	đồng/kg	4.000	
Thuốc BVTV: bệnh sương mai, xoăn vàng lá, ...	đồng/gói	10.000	
Cây que làm giàn	đồng/cây	500	
Máy bơm nước	đồng/chiếc	640.000	Thời hạn sử dụng 5 năm
Ống nhựa PVC	đồng/m	25.000	Thời hạn sử dụng 5 năm
Ống chính 25mm	đồng/m	13.000	Thời hạn sử dụng 5 năm
Dây nhỏ giọt 6mm	đồng/m	6.100	Thời hạn sử dụng 5 năm
Đầu chốt, filtering thẳng	đồng/chiếc	3.000	Thời hạn sử dụng 5 năm
Bồn nước Inox Sơn Hà 1000L Kiểu đứng SHD500F720	đồng/chiếc	3.000.000	Thời hạn sử dụng 15 năm
Lọc 27	đồng/chiếc	400.000	Thời hạn sử dụng 5 năm
Quả cà chua	đồng/kg	6.600	

# PHỤ LỤC 10. Mẫu phiếu điều tra nông hộ

HỌC VIỆN NÔNG NGHIỆP VIỆT NAM  
KHOA QUẢN LÝ ĐẤT ĐAI

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM  
Độc lập - tự do - hạnh phúc

## PHIẾU ĐIỀU TRA NÔNG HỘ

Số phiếu: 25

Họ và tên chủ hộ: Trần Văn Nguyễn

Địa chỉ: Số 9, Nam Định, Nghĩa Hưng, Nam Định

Tuổi: 62 Giới tính: Nam

Chúng tôi rất mong muốn Ông/Bà cung cấp một số thông tin về hoạt động sản xuất nông nghiệp của gia đình

1. Gia đình ông/bà có bao nhiêu nhân khẩu: 4
2. Gia đình ông/bà có bao nhiêu lao động nông nghiệp: 2  
Độ tuổi, giới tính lực lượng tham gia sản xuất chính: 50, 60, 1 Nữ
3. Diện tích canh tác của gia đình: 5 sào
4. Diện tích đất 2 lúa: 0
5. Diện tích đất lúa - màu: 0
6. Diện tích đất màu: 5 sào
7. Các loại cây trồng chính: Cà chua, dưa chuột
8. Các giống cây trồng, diện tích, năng suất, sản lượng sản phẩm cây gia đình đã trồng

STT	Cây trồng	Thu giống	Thời gian trồng - vụ hàng năm	Diện tích (sào)	Năng suất (kg/sào)	Sản phẩm (kg)
1	Lúa nước					
2	Lúa nước					
3	Ngô					
4	Sắn					
5	Đậu					
6	Lạc					
7	Khôai tây					
8	Cà chua	10/10/15	10/10/15	2	10/10/15	5/10/15
9	Cây khác	Dưa chuột	10/10/15	2	2	5/10/15

9. Chi phí đầu tư và thu nhập của một số cây trồng:

Hạng mục	Loại cây trồng				Ghi chú
	Cà chua	Dưa leo			
<del>Chi phí nguyên liệu phân bón (tổng)</del>					
11. <del>Đạm (kg)</del>	<del>1200</del>				
12. Phân hữu cơ (kg)/(loại phân)	300	200			
13. Phân đạm (kg, loại phân) <del>ure</del>	9	3			
14. Phân lân (kg, loại phân)	16	15			
15. Phân kali (kg, loại phân)	6	4			
16. Phân BKK (kg) (loại phân)					
17. Phân khác (phân vi sinh, ...)					
18. Vôi bột (kg)	30	18			
19. Thuốc BVTV					
19.1 Loại thuốc <i>Ronget, Ankap, Vitax Halt</i>					
19.2 Số lần phun/sq	11	6			
19.3 Thành tiền (đ)	<del>11000</del>	<del>6000</del>			
<i>Chi phí lao động (công/sào)</i>					
20. Làm đất (công)	2	2			
21. Gieo cây (công)	2	2			
22. Chăm sóc (tưới nước, vun xới, lâm sạ, bón phân)	8	6			
23. Thu hoạch (công)	5	3			
24. Công khác (làm giàn, vận chuyển, ...)	8	6			
25. Tổng công	25	19			
26. Trong đó lao động thuê					
<i>Phi sản xuất (đồng/sào)</i>					
28. Tổng thuế phải nộp					
- Thuế lợi phí					
- Thuế nông nghiệp					
- Thuế sản phẩm					
- Chi phí khác (cường, điện, điện, ...) + Máy móc	15000	15000			

10. Nguồn nước tưới và phương pháp tưới (Đánh dấu X vào cột chọn tương ứng)

TT	Cây trồng	Nguồn nước tưới			Phương pháp tưới				
		Nước ao, sông, kênh	Giếng đào	Giếng khoan	Tưới ngập	Tưới rãnh	Tưới phun mưa	Tưới nhỏ giọt	Cách khác
1	Lúa xuân								
2	Lúa mùa								
3	Ngô								
4	Sắn								
5	Bón								
6	Lạc								
7	Khoai tây								
8	Cà chua			X		X			
9	Cây khác								
10	ĐL. 1E			X		X			

11. Lượng nước tưới và chi phí cho tưới nước

TT	Cây trồng	Lượng nước tưới (m <sup>3</sup> /sào)	Chi phí cho tưới nước (đ/sào)		
			Đầu tư thiết bị tưới	Công tưới	Nhiên liệu phục vụ tưới (Điện, xăng, dầu...)
1	Lúa xuân				
2	Lúa mùa				
3	Ngô				
4	Sắn				
5	Bón				
6	Lạc				
7	Khoai tây				
8	Cà chua	500	200.000		ĐL. 1E
9	Cây khác				
10	ĐL. 1E	1.000			

12. Ông/bà cho biết những thuận lợi và khó khăn trong việc cung cấp nước tưới cho cây trồng:

Thuận lợi: nước tưới đủ  
 Khó khăn: không có

13. Ông/bà cho ý kiến đánh giá về công tác thủy nông phục vụ tưới tiêu tại địa phương:

Chủ động

Không chủ động

Nếu không chủ động, ông/bà cho biết lý do:

*Nhiệt độ thay đổi, như mùa hè*

14. Ông/bà có biết những tin về các phương pháp tưới phun mưa, nhỏ giọt cho cây trồng cạn.

Có

Không

Nếu có thì ông/bà cho biết đã được biết từ nguồn thông tin nào (Sách, báo, tivi, internet, tập huấn...)?

*Tivi*

Ông/bà cho biết ưu điểm của các phương pháp này so với cách tưới nước truyền thống

*Tiết kiệm nước*

15. Ông/bà có mong muốn thay đổi phương pháp tưới truyền thống sang tưới tự động (phun mưa, nhỏ giọt)?

*Có*

16. Ông/bà có đề xuất gì với chính quyền địa phương để tăng cường áp dụng khoa học kỹ thuật vào sản xuất?

*Mong chính quyền địa phương tăng cường đưa nước, điện  
cải tạo hệ thống tưới, xuất các máy móc*

Xin cảm ơn ông/bà đã cho chúng tôi biết một số thông tin!

Chữ họ:

*Nguyễn*

*Toàn Văn Nguyễn*

Nhantol, ngày 9 tháng 3, năm 2019

Người phỏng vấn:

*[Chữ ký]*

## PHỤ LỤC 11. Một số hình ảnh thí nghiệm và mô hình



**Ảnh 1. Đo độ sâu mực nước ngầm**



a. Cây mới trồng



b. Cây bắt đầu héo

**Ảnh 2. Xác định độ ẩm cây héo**



a. Lấy mẫu đất ngoài đồng ruộng



b. Ngâm mẫu đất ngập trong nước

**Ảnh 3. Xác định độ ẩm tối đa đồng ruộng**



**Ảnh 4. Xác định áp lực nước, lưu lượng nhỏ giọt thích hợp và miền thấm trong đất do tưới nhỏ giọt (thí nghiệm 1)**



**Ảnh 5. Tưới nhỏ giọt cho khối đất (thí nghiệm 2)**



**Ảnh 6. Vườn thí nghiệm tại Học viện (thí nghiệm 3)**



**Ảnh 7. Mô hình trình diễn tại Cổ Bi, Gia Lâm, Hà Nội**