

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

เพื่อให้ได้การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ถูกต้อง จึงต้องวิเคราะห์เปรียบเทียบตัวแปรต่างๆ คือ ผลของการติดตั้งท่อความร้อนที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชไฮโดรโปนิคส์ การใช้พลังงานไฟฟ้าและอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในโรงเรือนดังนี้

4.1 ผลของการติดตั้งท่อความร้อนต่อการเจริญเติบโตของพืชไฮโดรโปนิคส์

เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชไฮโดรโปนิคส์ ในโรงเรือนที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งท่อความร้อน ว่ามีการเจริญเติบโตแตกต่างกันเพียงใด จึงต้องพิจารณาน้ำหนักของพืชไฮโดรโปนิคส์ที่เก็บได้ดังตาราง 4.1 ตาราง 4.2 และตาราง 4.3 โดยพืชไฮโดรโปนิคส์ที่ปลูกเป็นผักสลัดคออส ซึ่งมีลักษณะดังรูป 4.1 และตำแหน่งของโต๊ะปลูกได้นิยามไว้ในหัวข้อ 3.2.4 แล้ว



รูป 4.1 ผักสลัดคออสที่ปลูกในโรงเรือน

ตาราง 4.1 ตารางแสดงน้ำหนักผักสลัดคอสที่เก็บได้ในช่วงเดือนสิงหาคม 2553

โรงเรือนที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน (T1)				โรงเรือนที่ติดตั้งท่อความร้อน (T2)			
วันที่เก็บ	โตะปลูกที่	จำนวนต้น	น้ำหนักกก./โตะ	วันที่เก็บ	โตะปลูกที่	จำนวนต้น	น้ำหนักกก./โตะ
7/8/53	11	336	40.90	3/8/53	4	336	42.75
9/8/53	10	336	40.20	10/8/53	7	336	41.75
10/8/53	7	336	34.50	14/8/53	10	336	35.85
11/8/53	8	336	35.70	18/8/53	4	336	41.15
16/8/53	1	336	42.80	26/8/53	7	366	42.25
17/8/53	12	336	40.00	27/8/53	10	336	41.25
23/8/53	10	336	31.35	28/8/53	11	336	□ 3.15
31/8/53	6	336	40.90	30/8/53	12	336	36.80
รวม		2,688	■	รวม		2,718	314.95
นน.เฉลี่ย (กก./โตะ)		336	38.29	นน.เฉลี่ย (กก./โตะ)		340	39.37
นน.เฉลี่ย (กก./ต้น)			0.114	นน.เฉลี่ย (กก./ต้น)			0.116

จากตาราง 4.1 เป็นน้ำหนักของผักที่เก็บได้ในช่วงเดือนสิงหาคม 2553 ซึ่งจากข้อมูลในตารางพบว่าเมื่อพิจารณาน้ำหนักเฉลี่ยของผักที่เก็บได้ในแต่ละโตะระหว่างโรงเรือนที่ติดตั้งและไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน มีค่าใกล้เคียงกัน โดยเมื่อหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักต่อโตะของทั้งโรงเรือนที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งท่อความร้อนคือ 39.37 และ 38.29 กก./โตะ ตามลำดับ และเมื่อหาค่าเฉลี่ยเป็นน้ำหนักต่อต้นแล้ว พบว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักต่อต้นของทั้งโรงเรือนที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งท่อความร้อน มีค่าเป็น 0.116 และ 0.114 กก./ต้น ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันมาก

จากตาราง 4.2 เป็นน้ำหนักของผักที่เก็บได้ในช่วงเดือนกันยายน 2553 ซึ่งจากข้อมูลในตารางพบว่าเมื่อพิจารณาน้ำหนักเฉลี่ยของผักที่เก็บได้ในแต่ละโตะระหว่างโรงเรือนที่ติดตั้งและไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน มีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยเมื่อหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักต่อโตะของทั้งโรงเรือนที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งท่อความร้อนคือ 43.60 และ 43.49 กก./โตะ ตามลำดับ และเมื่อหาค่าเฉลี่ยเป็นน้ำหนักต่อต้นแล้ว พบว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักต่อต้นของทั้งโรงเรือนที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งท่อความร้อน มีค่าเป็น 0.132 และ 0.130 กก./ต้น ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันมาก

ตาราง 4.2 ตารางแสดงน้ำหนักรักสัตว์คอสที่เก็บได้ในช่วงเดือนกันยายน 2553

โรงเรือนที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน (T1)				โรงเรือนที่ติดตั้งท่อความร้อน (T2)			
วันที่เก็บ	โต๊ะปลูกที่	จำนวนต้น	น้ำหนักกก./โต๊ะ	วันที่เก็บ	โต๊ะปลูกที่	จำนวนต้น	น้ำหนักกก./โต๊ะ
1/9/53	12	324	36.65	3/9/53	4	336	47.30
2/9/53	5	334	32.10	6/9/53	5	336	43.30
4/9/53	8	336	44.00	7/9/53	10	336	39.85
4/9/53	4	336	43.75	10/9/53	7	336	55.30
8/9/53	10	334	40.40	11/9/53	11	334	50.15
9/9/53	9	336	45.60	13/9/53	12	335	43.95
10/9/53	1	336	41.85	16/9/53	4	333	43.65
14/9/53	6	336	49.90	18/9/53	1	286	36.15
15/9/53	12	336	45.00	20/9/53	5	334	39.15
17/5/53	5	336	41.35	21/9/53	10	333	48.05
18/9/53	4	336	40.05	24/9/53	7	336	41.15
22/9/53	10	336	51.70	28/9/53	12	336	42.40
23/9/53	9	336	49.20	30/9/53	4	336	36.45
25/9/53	11	336	42.45				
25/9/53	1	336	43.80				
27/9/53	12	336	42.70				
29/9/53	6	336	48.90				
รวม		5,696	739.40	รวม		4,307	566.85
นน.เฉลี่ย (กก./โต๊ะ)		335	43.49	นน.เฉลี่ย (กก./โต๊ะ)		331	43.60
นน.เฉลี่ย (กก./ต้น)		0.130		นน.เฉลี่ย (กก./ต้น)		0.132	

ตาราง 4.3 ตารางแสดงน้ำหนักผักสลัดคอสที่เก็บได้ในช่วงเดือนตุลาคม 2553

โรงเรือนที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน (T1)				โรงเรือนที่ติดตั้งท่อความร้อน (T2)			
วันที่เก็บ	โตะปลูกที่	จำนวนต้น	น้ำหนักกก./โตะ	วันที่เก็บ	โตะปลูกที่	จำนวนต้น	น้ำหนักกก./โตะ
1/10/53	4	336	30.75	4/10/53	5	336	32.35
6/10/53	8	336	46.05	5/10/53	10	335	36.75
9/10/53	7	336	34.45	8/10/53	7	316	36.35
12/10/53	12	336	43.40	11/10/53	12	334	34.25
15/10/53	4	319	36.35	16/10/53	11	336	43.10
18/10/53	5	336	44.70	20/10/53	10	335	42.50
22/10/53	8	332	44.70	22/10/53	7	314	31.70
22/10/53	11	336	42.10	25/10/53	9	335	43.50
27/10/53	1	258	44.50	25/10/53	12	335	39.20
28/10/53	12	336	44.55	26/10/53	8	336	41.35
30/10/53	4	336	37.60	29/10/53	1	336	47.90
				30/10/53	4	336	49.25
รวม		3,597	449.15	รวม		3,984	478.20
นน.เฉลี่ย (กก./โตะ)		327	40.83	นน.เฉลี่ย (กก./โตะ)		332	39.85
นน.เฉลี่ย (กก./ต้น)		0.125		นน.เฉลี่ย (กก./ต้น)		0.120	

จากตาราง 4.3 เป็นน้ำหนักของผักที่เก็บได้ในช่วงเดือนตุลาคม 2553 ซึ่งจากข้อมูลในตารางพบว่าเมื่อพิจารณาน้ำหนักเฉลี่ยของผักที่เก็บได้ในแต่ละโตะระหว่างโรงเรือนที่ติดตั้งและไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน มีค่าใกล้เคียงกัน โดยเมื่อหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักต่อโตะของทั้งโรงเรือนที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งท่อความร้อนคือ 39.85 และ 40.83 กก./โตะ ตามลำดับ และเมื่อหาค่าเฉลี่ยเป็นน้ำหนักต่อต้นแล้ว พบว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักต่อต้นของทั้งโรงเรือนที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งท่อความร้อน มีค่าเป็น 0.120 และ 0.125 กก./ต้น ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันมาก

จากตาราง 4.1 ตาราง 4.2 และตาราง 4.3 พบว่าค่าของน้ำหนักผักเฉลี่ยของโรงเรือนที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งท่อความร้อน ในหน่วยของ กก./โตะ และ กก./ต้น มีค่าที่ใกล้เคียงกัน จึงทำให้การ

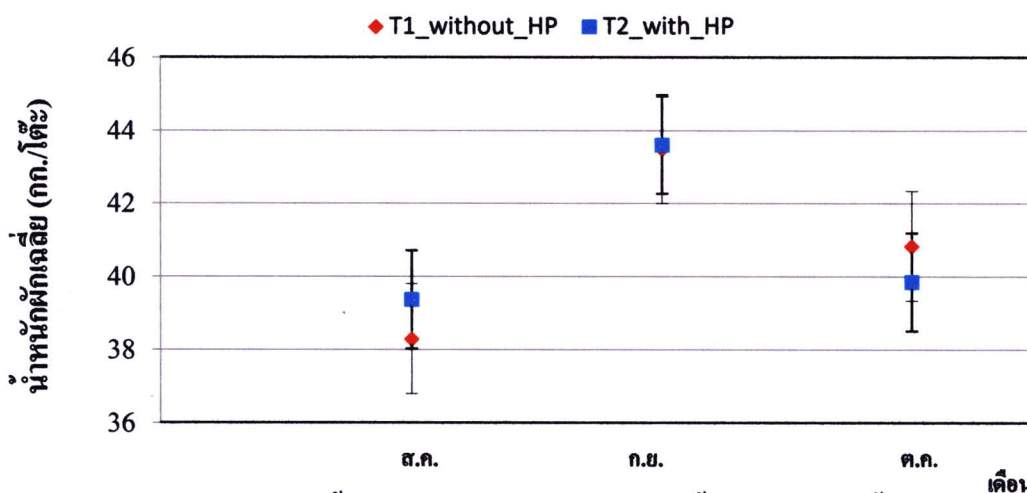


จากตาราง 4.1 ตาราง 4.2 และตาราง 4.3 พบว่าค่าของน้ำหนักรังสีของโรงเรือนที่ติดตั้งและไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน ในหน่วยของ กก./โตะ และ กก./ตัน มีค่าที่ใกล้เคียงกัน จึงทำให้การวิเคราะห์เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักเมื่อติดตั้งท่อความร้อน ไม่เห็นความแตกต่างกันอย่างชัดเจน และเมื่อพิจารณาจากตาราง 4.4 และรูป 4.2 จะพบว่าเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรังสีของโรงเรือนที่ติดตั้งและไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อนกับเดือนที่เก็บในหน่วย กก./โตะ ในเดือนเดียวกันค่าของน้ำหนักรังสีมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ใกล้เคียงกัน ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างกันได้ เช่นเดียวกัน เมื่อพิจารณาทั้งสามเดือน พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักรังสีมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละเดือนของโรงเรือนที่ติดตั้งและไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักได้อย่างชัดเจน ว่าขึ้นอยู่กับติดตั้งท่อความร้อนหรือไม่

ตาราง 4.4 ตารางแสดงน้ำหนักรังสี กก./โตะ ของเดือนสิงหาคม-ตุลาคม 2553

โรงเรือน	น้ำหนักรังสีในแต่ละเดือน (กก./โตะ)		
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน (T1)	38.29	43.49	40.83
ที่ติดตั้งท่อความร้อน (T2)	39.37	43.60	39.85

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรังสีต่อโรงเรือนกับเดือนที่เก็บ

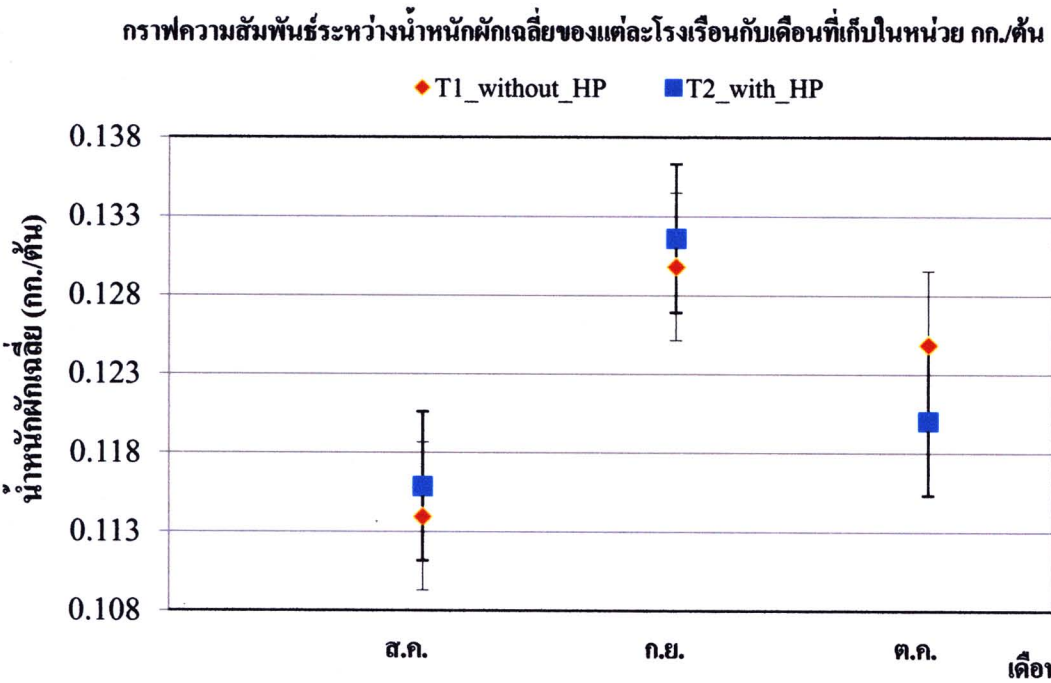


รูป 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรังสีในโรงเรือนที่ติดตั้งและไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อนกับเดือนที่เก็บในหน่วย กก./โตะ

ในการทำนองเดียวกันเมื่อพิจารณาจากตาราง 4.5 และรูป 4.5 จะพบว่าเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักผักเฉลี่ยของโรงเรียนที่ติดตั้งและไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อนกับเดือนที่เก็บในหน่วย กก./ต้น ในเดือนเดียวกันค่าของน้ำหนักผักเฉลี่ยมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ใกล้เคียงกัน ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างกันได้ เช่นเดียวกันเมื่อพิจารณาทั้งสามเดือน พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักผักเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละเดือนของโรงเรียนที่ติดตั้งและไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักได้อย่างชัดเจน ว่าขึ้นอยู่กับ การติดตั้งท่อความร้อนหรือไม่

ตาราง 4.5 ตารางแสดงน้ำหนักผักเฉลี่ย กก./ต้น ของเดือนสิงหาคม-ตุลาคม 2553

โรงเรียน	น้ำหนักผักเฉลี่ยในแต่ละเดือน (กก./ต้น)		
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน (T1)	0.114	0.130	0.125
ที่ติดตั้งท่อความร้อน (T2)	0.116	0.132	0.120



รูป 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักผักเฉลี่ยในโรงเรียนที่ติดตั้งและไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อนกับเดือนที่เก็บในหน่วย กก./ต้น

ดังนั้น การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักต่อการติดตั้งท่อความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าโรงเรือน ไม่เห็นผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงต้องพิจารณาในส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าและการเปรียบเทียบอุณหภูมิของโรงเรือนที่ติดและไม่ติดตั้งท่อความร้อนต่อไป

4.2 การใช้พลังงานไฟฟ้า

เพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรือนที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งท่อความร้อน ว่ามีการใช้พลังงานแตกต่างกันเพียงใด จึงต้องพิจารณาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าดังตาราง 4.6

จากตาราง 4.6 เป็นค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมในปี 2552 และ 2553 โดยในปี 2552 เป็นข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าโรงเรือนที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน ส่วนในปี 2553 ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกรกฎาคม เป็นข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าโรงเรือนที่ยังไม่ติดตั้งท่อความร้อนเช่นเดียวกัน ส่วนในเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายน 2553* เป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าโรงเรือนที่ติดตั้งท่อความร้อนเสร็จ เพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรือนที่ติดและไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน จึงต้องพิจารณาข้อมูลจากตารางดังกล่าว

แต่เนื่องจากระบบการใช้ไฟฟ้าของทั้งโรงเรือนที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งท่อความร้อนไม่ได้แยกระบบออกจากกัน โดยระบบไฟฟ้าของโรงเรือนที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อนถูกควบคุมจากโรงเรือนที่ติดตั้งท่อความร้อน ทำให้ไม่สามารถพิจารณาเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรือนทั้งสองโรงเรือนแยกกันได้ ทำให้ไม่ทราบการใช้พลังงานของแต่ละโรงเรือน

ตาราง 4.6 ตารางแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของโรงเรือนที่ติดและไม่ติดตั้งท่อความร้อน

ปี พ.ศ.	2552	2553
เดือน	หน่วยพลังงาน(kWh)	หน่วยพลังงาน(kWh)
มี.ค.	3,873.42	3,853.33
เม.ย.	3,649.75	4,354.96
พ.ค.	3,341.52	4,295.32
มิ.ย.	3,759.21	4,296.74
ก.ค.	3,354.11	3,912.91
ส.ค.	3,365.26	3,510.28*
ก.ย.	3,106.40	3,503.59*
ต.ค.	3,225.27	3,047.40*

ตาราง 4.6 (ต่อ) ตารางแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของโรงเรียนที่ติดและไม่ติดตั้งท่อความร้อน

ปี พ.ศ.	2552	2553
เดือน	หน่วยพลังงาน(kWh)	หน่วยพลังงาน(kWh)
พ.ย.	3,187.20	2,657.41*
เฉลี่ย	3,429.13	3,714.66

*หมายเหตุ คือ เดือนที่ติดตั้งท่อความร้อน, เดือน พ.ย. 53 ไม่ได้เปิดระบบทำเย็นแบบแผงระเหย

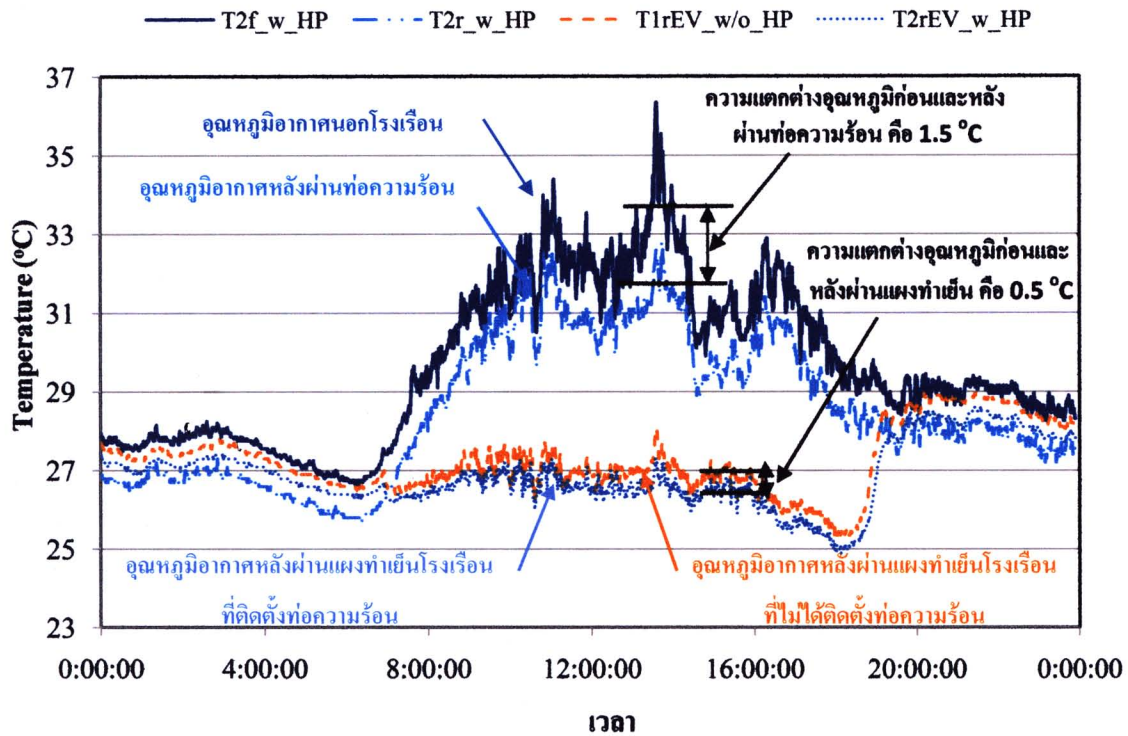
แต่เมื่อพิจารณาข้อมูลในตาราง 4.6 พบว่าแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าในเดือนสิงหาคม 2553 ซึ่งเป็นเดือนที่เริ่มติดตั้งท่อความร้อน มีแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงจากประมาณ 3,913 หน่วย ในเดือนกรกฎาคมเหลือ 3,510 หน่วย ซึ่งลดลงประมาณ 400 หน่วย ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับเดือนสิงหาคมในปี 2552 พบว่ามีค่าการใช้พลังงานแตกต่างกันเพียง 200 หน่วย แต่เมื่อพิจารณาในเดือนก่อนหน้านั้นในปี 2552 และ 2553 ที่ยังไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน พบว่าความแตกต่างของการใช้พลังงานไฟฟ้าของปี 2552 และ 2553 มีความแตกต่างกันมาก ส่วนในเดือนกันยายน 2553 ยังมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวน 3,503.59 หน่วย ซึ่งสูงกว่าเดือนกันยายน 2552 ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 3,106.40 หน่วย อยู่ประมาณ 400 หน่วย แต่หากพิจารณาถึงแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าในปี 2553 ซึ่งพบว่าการใช้ไฟฟ้าในเดือนเดียวกันของปี 2552 และ 2553 จะเพิ่มขึ้นประมาณ 500 หน่วย ก็ยังแสดงให้เห็นถึงการประหยัดไฟฟ้าเมื่อติดตั้งท่อความร้อน แต่ในเดือนตุลาคม 2553 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 3,047.40 หน่วย ซึ่งต่ำกว่าเดือนตุลาคม 2552 ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 3,225.27 หน่วย อยู่ประมาณ 200 หน่วย และเช่นเดียวกัน ในเดือนพฤศจิกายน 2553 มีการใช้พลังงานอยู่ที่ 2,657.41 หน่วย ซึ่งต่ำกว่าเดือนพฤศจิกายน 2552 ที่ใช้พลังงานอยู่ที่ 3,187.20 หน่วย อยู่ประมาณ 500 หน่วย โดยในเดือนพฤศจิกายน 2553 นี้ ไม่ได้เปิดระบบทำความเย็นแบบแผงระเหย จากเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายน 2553 จะพบว่าแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง แต่เนื่องจากที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้วว่า ระบบควบคุมของโรงเรียนที่ติดและไม่ติดตั้งท่อความร้อนไม่ได้แยกจากกัน จึงไม่สามารถเปรียบเทียบหาความแตกต่างของการใช้พลังงานแต่ละโรงเรียนได้ จึงต้องพิจารณาในส่วนของความแตกต่างอุณหภูมิของทั้งสองโรงเรียนแทน

4.3 ความแตกต่างอุณหภูมิของโรงเรือนที่ติดและไม่ติดตั้งท่อความร้อน

เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างอุณหภูมิของโรงเรือนที่ติดและไม่ติดตั้งท่อความร้อนจะพิจารณาการกระจายตัวของอุณหภูมิทั้งภายนอกและภายในโรงเรือนทั้งสองโรงเรือน ในแต่ละตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิ ดังนี้

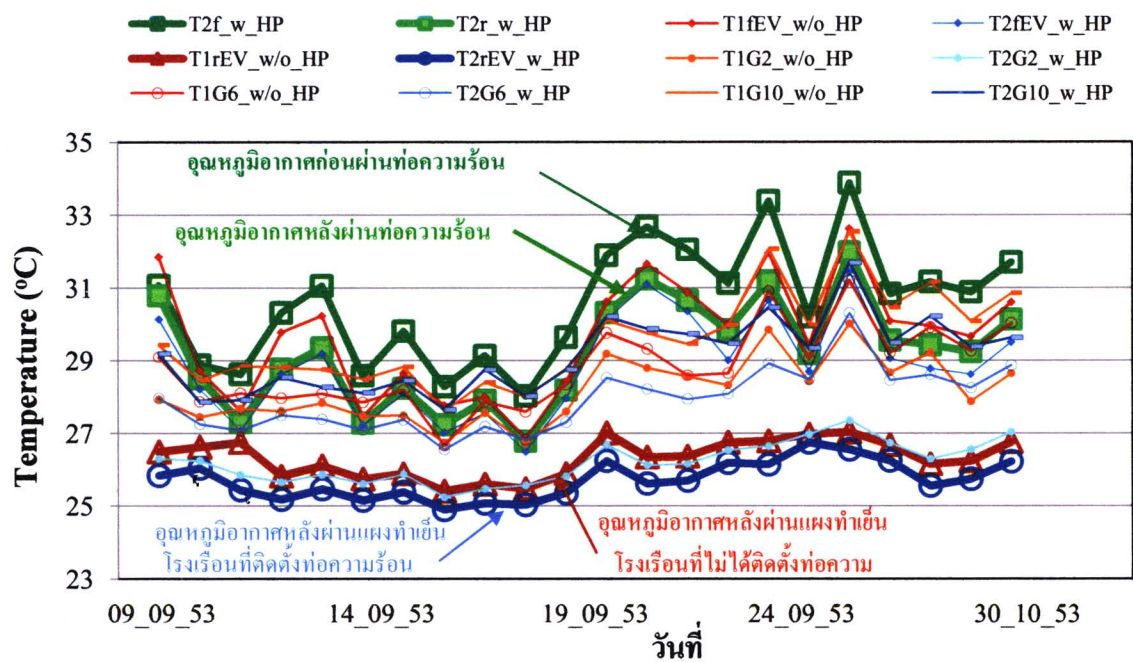
พิจารณาอุณหภูมิของอากาศ

จากรูป 4.4 เมื่อพิจารณาการกระจายอุณหภูมิตลอดทั้งวัน (24 ชั่วโมง) พบว่าช่วงเวลาหลังเที่ยงคืนเป็นต้นไปถึงเวลา 07:00 น. เป็นช่วงที่อุณหภูมิก่อนข้างคงที่และมีอุณหภูมิต่ำ เนื่องจากช่วงเวลากลางคืนอากาศจะค่อนข้างเย็น แต่ช่วงเวลาตั้งแต่หลัง 07:00 น. เป็นต้นไปถึงเวลาประมาณ 19:00 น. โดยประมาณอุณหภูมิอากาศจะสูงขึ้น เนื่องมาจากเป็นช่วงเวลากลางวัน ทำให้อากาศได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ ทำให้มีอุณหภูมิที่สูงขึ้น และหลังจากเวลา 19:00 น. อุณหภูมิจะค่อยๆ ลดลงและเริ่มคงที่ไปจนถึงเวลาช่วงเช้า ก็จะเริ่มสูงขึ้นอีก ซึ่งเมื่อทำการติดตั้งท่อความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิของอากาศก่อนผ่านเข้าแผงทำเย็นแบบระเหยแล้ว พบว่าจากรูป 4.4 อุณหภูมิอากาศภายนอกโรงเรือนหลังจากที่ผ่านท่อความร้อนไปแล้ว มีอุณหภูมิลดลงประมาณ 1 - 1.5 องศาเซลเซียส ก่อนที่จะผ่านระบบทำความเย็นแบบแผ่ระเหยและเมื่อผ่านระบบทำความเย็นแบบแผ่ระเหยแล้ว โรงเรือนที่ติดท่อความร้อนมีอุณหภูมิต่ำกว่าโรงเรือนที่ไม่ได้ติดท่อความร้อนประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส



รูป 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับการกระจายตัวของอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งวัน
ของโรงเรียนที่ติดตั้งและไม่ได้อัดตั้งท่อความร้อน

เมื่อพิจารณารูป 4.5 ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างวันที่กับการกระจายตัวของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่ตำแหน่งต่างๆ ตลอดทั้งเดือนกันยายน 2553 ของโรงเรียนที่ติดตั้งและไม่ได้อัดตั้งท่อความร้อน พบว่าอุณหภูมิอากาศที่ผ่านท่อความร้อนแล้ว มีอุณหภูมิลดลงประมาณ 1-1.5 องศาเซลเซียส และเมื่อผ่านระบบทำความเย็นแบบแผงระเหยแล้ว โรงเรียนที่ติดตั้งท่อความร้อนมีอุณหภูมิต่ำกว่าโรงเรียนที่ไม่ได้อัดตั้งท่อความร้อนประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส และจากรูป 4.5 สามารถสรุปเป็นความแตกต่างของการกระจายตัวของอุณหภูมิเฉลี่ยในตำแหน่งต่างๆ ตลอดทั้งเดือนกันยายน 2553 ของโรงเรียนที่ติดตั้งและไม่ได้อัดตั้งท่อความร้อนดังตาราง 4.7

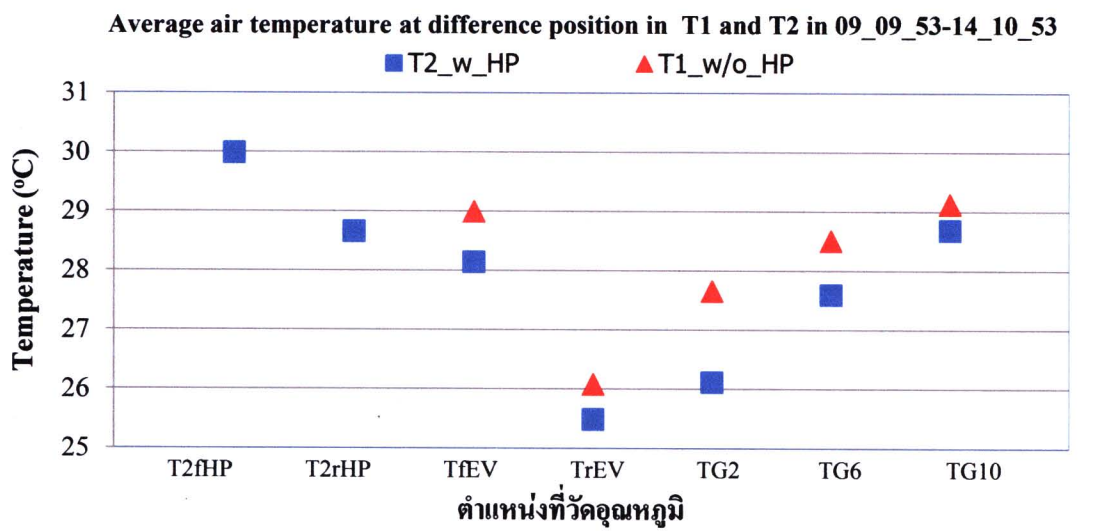
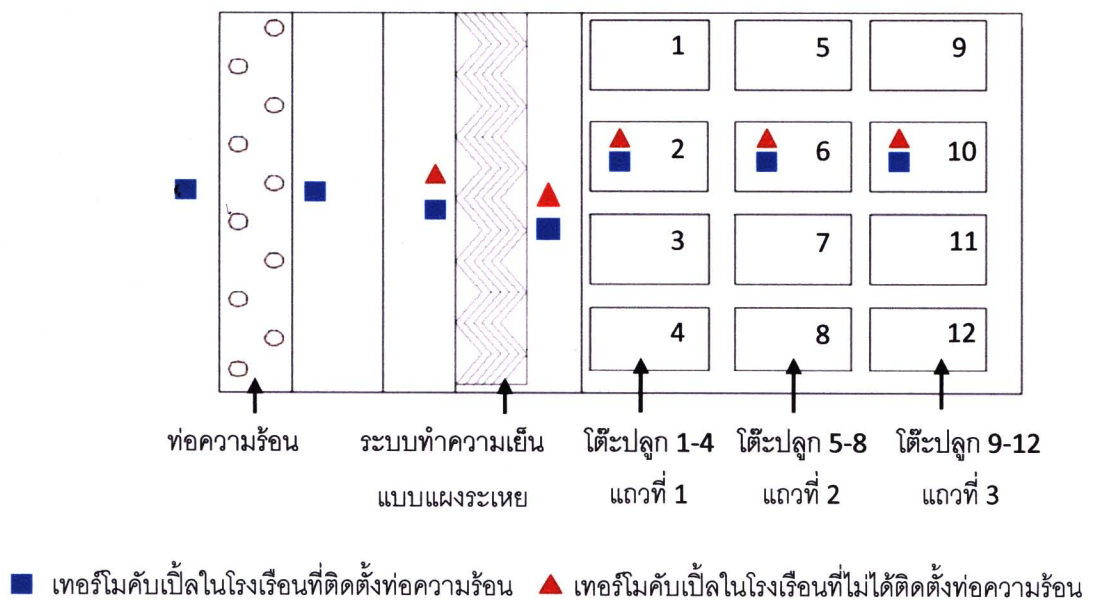


รูป 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างวันที่กับการกระจายตัวของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่ตำแหน่งต่างๆ ตลอดทั้งเดือนกันยายน 2553 ของโรงเรียนที่ติดและไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน

ตาราง 4.7 ตารางอุณหภูมิเฉลี่ยและความแตกต่างอุณหภูมิเฉลี่ยที่ตำแหน่งต่างๆ ของโรงเรียนที่ ติดตั้งและไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน

ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิ (เดือนกันยายน 2553)	หน้าท่อ ความ ร้อน (fHP)	หลังท่อ ความ ร้อน (rHP)	หน้า แผง ทำเย็น (fEV)	หลัง แผง ทำเย็น (rEV)	โต๊ะปลูก ที่ 2 แถว 1 (G2)	โต๊ะปลูก ที่ 6 แถว 2 (G6)	โต๊ะปลูก ที่ 10 แถว 3 (G10)
โรงเรียนที่ติดตั้ง ท่อความร้อน (T2), (°C)	30.0	28.6	28.1	25.5	26.1	27.6	28.7
โรงเรียนที่ไม่ได้ติดตั้ง ท่อความร้อน (T1), (°C)	-	-	29.0	26.1	27.6	28.5	29.1
ความแตกต่างอุณหภูมิ ของโรงเรียนที่ติดตั้ง และไม่ได้ติดตั้ง ท่อความร้อน (T1-T2), (°C)	หน้าและหลัง ท่อความร้อน 1.4		0.9	0.6	1.5	0.9	0.4

จากรูป 4.6 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิอากาศกับการกระจายตัวของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่ตำแหน่งต่างๆ ตลอดทั้งเดือนกันยายน - ตุลาคม 2553 ของโรงเรียนที่ติดตั้งและไม่ได้ติดตั้งท่อ ความร้อนดังรูป 4.6 ซึ่งรูปบนเป็นรายละเอียดของตำแหน่งการติดตั้งท่อความร้อนและเทอร์โมคัปเบิลทั้งภายในและภายนอกโรงเรียน พบว่าโรงเรียนที่ติดตั้งท่อความร้อนมีอุณหภูมิอากาศที่ต่ำกว่าโรงเรียนที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน ในตำแหน่งต่างๆ ดังรูป 4.6



รูป 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิอากาศกับการกระจายตัวของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่ตำแหน่งต่างๆตลอดทั้งเดือนกันยายน-ตุลาคม 2553 ของโรงเรียนที่ติดตั้งและไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน

จากรูป 4.6 เมื่อติดตั้งท่อความร้อนที่ตำแหน่งดังกล่าว พบว่าท่อความร้อนสามารถลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าแผงทำความเย็นได้ 1.4 องศาเซลเซียสและจะได้เปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่ท่อความร้อนสามารถทำได้จากการคำนวณในบทต่อไป

พิจารณาอุณหภูมิของสารอาหารพืช

พิจารณาอุณหภูมิสารอาหารพืชเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างอุณหภูมิสารอาหารพืชของโรงเรือน T1 และ T2 โดยจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วง ตามระยะการปลูก คือ ช่วงแรก วันที่ 7-27 พ.ค. 2552 และช่วงที่สอง วันที่ 23 ก.ค. – 12 ส.ค. 2552 ดังนี้

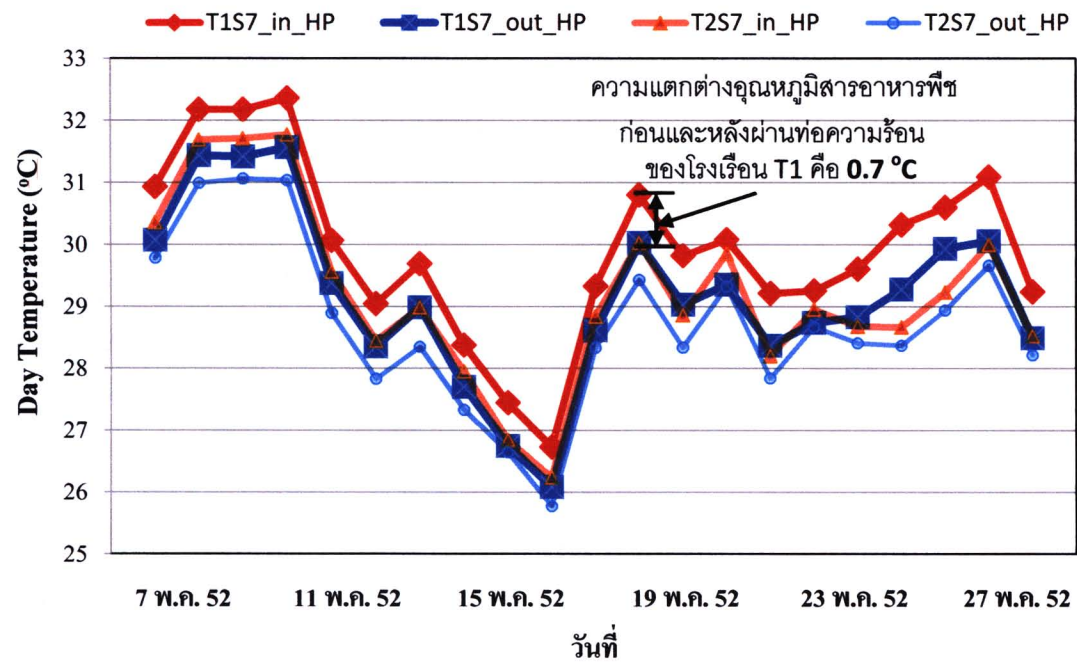
ตาราง 4.8 แสดงค่าอุณหภูมิสารอาหารพืชในตำแหน่งก่อนและหลังผ่านท่อความร้อน (การทดลองช่วงแรก)

จุดที่วัดอุณหภูมิ	T1S7_i_HP, °C	T1S7_o_HP, °C	T2S7_i_HP, °C	T2S7_o_HP, °C
7 พ.ค. 52	30.9	30.1	30.4	29.8
8 พ.ค. 52	32.2	31.4	31.7	31.0
9 พ.ค. 52	32.2	31.4	31.7	31.1
10 พ.ค. 52	32.4	31.6	31.8	31.0
11 พ.ค. 52	30.1	29.4	29.6	28.9
12 พ.ค. 52	29.0	28.4	28.4	27.8
13 พ.ค. 52	29.7	29.0	29.0	28.3
14 พ.ค. 52	28.4	27.7	28.0	27.3
15 พ.ค. 52	27.4	26.7	26.8	26.6
16 พ.ค. 52	26.7	26.1	26.2	25.8
17 พ.ค. 52	29.3	28.6	28.8	28.3
18 พ.ค. 52	30.8	30.0	30.0	29.4
19 พ.ค. 52	29.8	29.0	28.9	28.3
20 พ.ค. 52	30.1	29.4	29.9	29.3
21 พ.ค. 52	29.2	28.4	28.2	27.8
22 พ.ค. 52	29.3	28.7	29.0	28.7
23 พ.ค. 52	29.6	28.8	28.7	28.4
24 พ.ค. 52	30.3	29.3	28.7	28.4
25 พ.ค. 52	30.6	29.9	29.2	28.9
26 พ.ค. 52	31.1	30.1	30.0	29.7

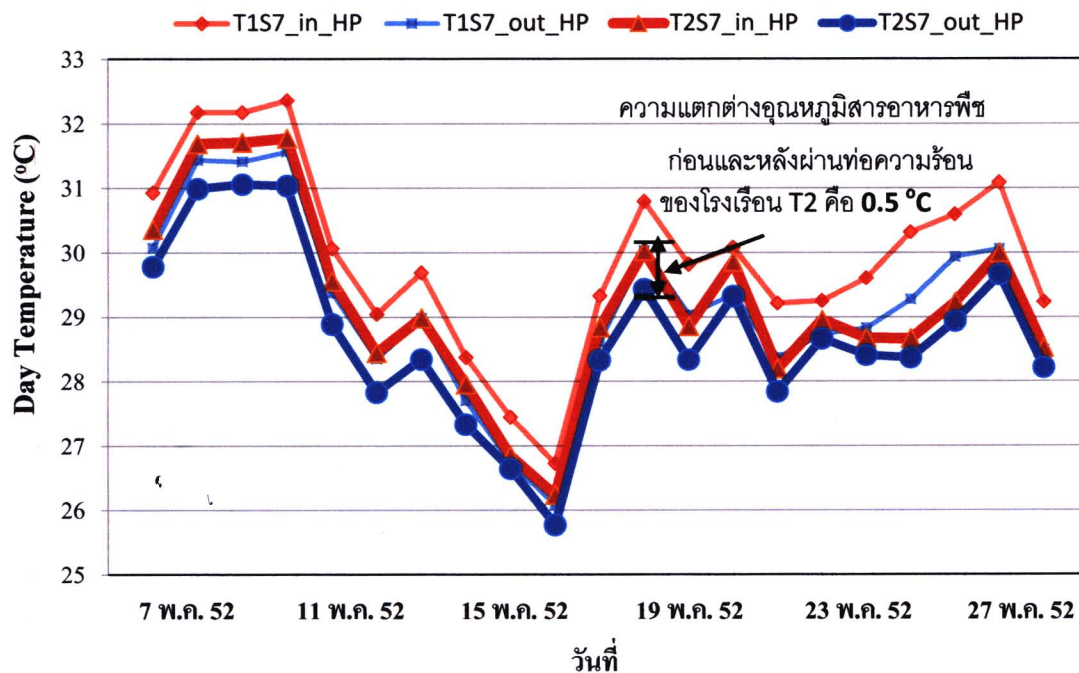
ตาราง 4.8 (ต่อ) แสดงค่าอุณหภูมิสารอาหารพืชในตำแหน่งก่อนและหลังผ่านท่อความร้อน (การทดลองช่วงแรก)

จุดที่วัดอุณหภูมิ	T1S7_i_HP, °C	T1S7_o_HP, °C	T2S7_i_HP, °C	T2S7_o_HP, °C
27 พ.ค. 52	29.2	28.5	28.5	28.2
เฉลี่ย	29.9	29.2	29.2	28.7

ช่วงแรกวันที่ 7-27 พ.ค. 2552 จะทดลองกับโตะปลูกที่ 7 เพื่อวัดค่าอุณหภูมิก่อนและหลังผ่านท่อความร้อนของโรงเรือน T1 และ T2 ซึ่งได้ผลการทดลองดังตาราง 4.8 และสามารถแสดงเป็นการกระจายของอุณหภูมิดังรูป 4.7 และรูป 4.8



รูป 4.7 การกระจายตัวอุณหภูมิสารอาหารพืชก่อนและหลังผ่านท่อความร้อน โรงเรือน T1 (ช่วงแรก)



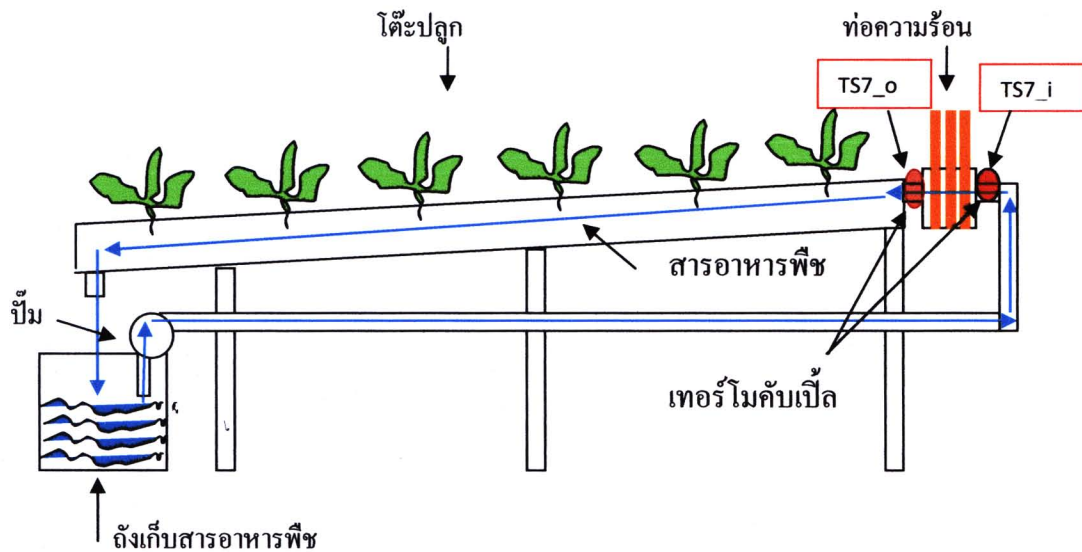
รูป 4.8 การกระจายตัวอุณหภูมิสารอาหารพืชก่อนและหลังผ่านท่อความร้อน
โรงเรือน T2 (ช่วงแรก)

จากตาราง 4.8 เมื่อพิจารณาการกระจายตัวของอุณหภูมิสารอาหารพืชในตำแหน่งก่อนและหลังผ่านท่อความร้อน จะได้ผลแสดงดังกราฟในรูป 4.7 และรูป 4.8

จากรูป 4.7 แสดงการกระจายตัวอุณหภูมิสารอาหารพืชในโตะปลูกที่ 7 ที่ติดตั้งท่อความร้อนของโรงเรือน T1 พบว่าการกระจายอุณหภูมิสารอาหารพืชที่ตำแหน่งก่อนผ่านท่อความร้อน (เส้นสีแดงรูปสี่เหลี่ยมข้าวหลามตัด) มีอุณหภูมิสูงกว่าในตำแหน่งหลังผ่านท่อความร้อน (เส้นสีน้ำเงินรูปสี่เหลี่ยม) อยู่ประมาณ 0.7 องศาเซลเซียส ดังนั้นเมื่อสังเกตจากกราฟแล้วพบว่าอุณหภูมิสารอาหารพืชเมื่อผ่านท่อความร้อนแล้วมีอุณหภูมิลดลงเฉลี่ยประมาณ 0.7 องศาเซลเซียส

จากรูป 4.8 แสดงการกระจายตัวอุณหภูมิสารอาหารพืชในโตะปลูกที่ 7 ที่ติดตั้งท่อความร้อนของโรงเรือน T2 พบว่าการกระจายอุณหภูมิสารอาหารพืชที่ตำแหน่งก่อนผ่านท่อความร้อน (เส้นสีแดงรูปสามเหลี่ยม) มีอุณหภูมิสูงกว่าในตำแหน่งหลังผ่านท่อความร้อน (เส้นสีน้ำเงินรูปวงกลม) อยู่ประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส ดังนั้นเมื่อสังเกตจากกราฟแล้วพบว่าอุณหภูมิสารอาหารพืชเมื่อผ่านท่อความร้อนแล้วมีอุณหภูมิลดลงเฉลี่ยประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส

จากรูป 4.9 แสดงตำแหน่งที่ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลเพื่อวัดอุณหภูมิสารอาหารในตำแหน่งก่อนและหลังผ่านท่อความร้อนของโตะปลูกที่ 7 ของทั้งโรงเรือน T1 และ T2

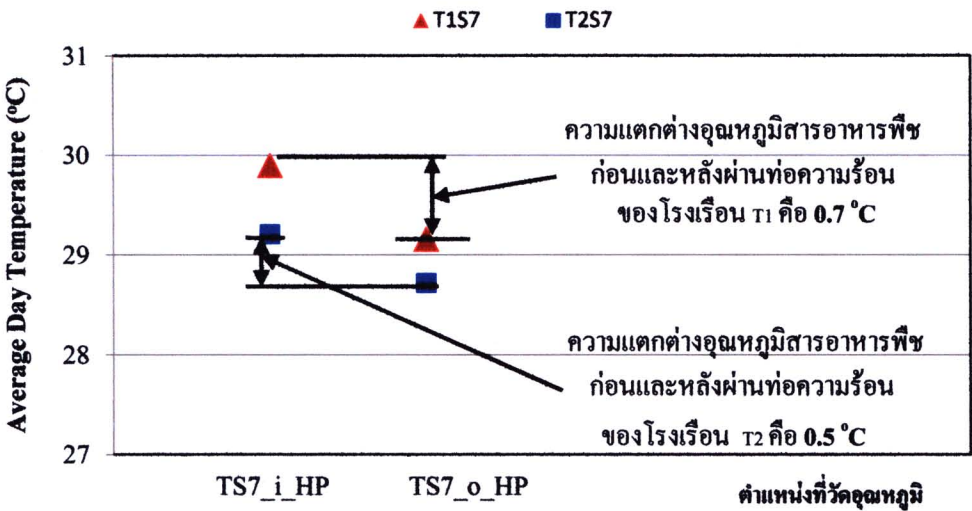


รูป 4.9 ตำแหน่งที่ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลเพื่อวัดอุณหภูมิสารอาหารพืชก่อนและหลังผ่านท่อความร้อน

ตาราง 4.9 แสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของสารอาหารพืชโตะปลูกที่ 7 ในตำแหน่งหน้าและหลังท่อความร้อน ในการทดลองช่วงแรกของโรงเรือน T1 และ T2 และแสดงเป็นกราฟได้ดังรูป 4.10 ซึ่งจากตารางพบว่าที่โรงเรือน T1 อุณหภูมิเฉลี่ยสารอาหารพืชที่ตำแหน่งหน้าท่อความร้อนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าตำแหน่งหลังท่อความร้อนอยู่ประมาณ 0.7 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงว่าอุณหภูมิสารอาหารพืชที่ผ่านท่อความร้อนแล้วมีอุณหภูมิลดลงเฉลี่ย 0.7 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกันกับโรงเรือน T2 อุณหภูมิเฉลี่ยสารอาหารพืชที่ตำแหน่งหน้าท่อความร้อนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าตำแหน่งหลังท่อความร้อนอยู่ประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงว่าอุณหภูมิสารอาหารพืชที่ผ่านท่อความร้อนแล้วมีอุณหภูมิลดลงเฉลี่ย 0.5 องศาเซลเซียส แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากเครื่องมือวัดคือ $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ซึ่งถือว่ายังไม่พ้นค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัด แต่อย่างไรก็ตาม จากกราฟในรูป 4.7 และรูป 4.8 เมื่อพิจารณาการกระจายอุณหภูมิก่อนและหลังผ่านท่อความร้อนแล้ว พบว่าอุณหภูมิสารอาหารพืชเมื่อผ่านท่อความร้อน มีอุณหภูมิที่ลดลง

ตาราง 4.9 แสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของสารอาหารพืชในตำแหน่งก่อนและหลังผ่านท่อความร้อน (ช่วงแรก)

ตำแหน่งที่ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ล	อุณหภูมิสารอาหาร โรงเรือน T1 (T1S7)	อุณหภูมิสารอาหาร โรงเรือน T2 (T2S7)
ก่อนผ่านท่อความร้อน (TS7_i_HP), (°C)	29.2	29.9
หลังผ่านท่อความร้อน (TS7_o_HP), (°C)	28.7	29.2
ความแตกต่างอุณหภูมิเฉลี่ยตำแหน่งหน้า และหลังท่อความร้อน (TS7_i_HP-TS7_o_HP), (°C)	0.5	0.7



รูป 4.10 อุณหภูมิเฉลี่ยของสารอาหารพืชก่อนและหลังผ่านท่อความร้อน โรงเรือน T1 และ T2 (ช่วงแรก)

พิจารณาอุณหภูมิสารอาหารพืชของการทดลองช่วงที่สองวันที่ 23 ก.ค. – 12 ส.ค. 2552
ทดลองกับโต๊ะปลูกที่ 7 ทั้งที่ตำแหน่งก่อนและหลังผ่านท่อความร้อนของโรงเรือน T1 และ T2 ซึ่ง
ได้ผลการทดลองดังตาราง 4.10

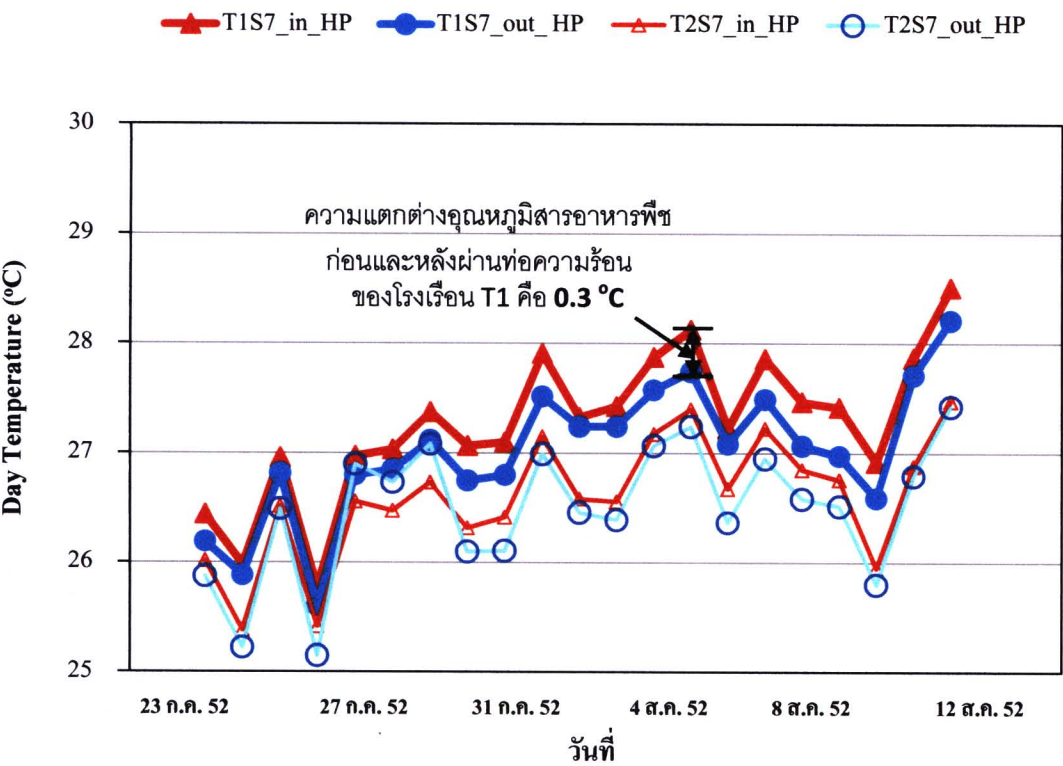
ตาราง 4.10 แสดงค่าอุณหภูมิสารอาหารพืชในตำแหน่งก่อนและหลังผ่านท่อความร้อน (การทดลอง
ช่วงสอง)

จุดที่วัดอุณหภูมิ	T1S7_i_HP, (°C)	T1S7_o_HP, (°C)	T2S7_i_HP, (°C)	T2S7_o_HP, (°C)
23 ก.ค. 52	26.4	26.2	26.0	26.0
24 ก.ค. 52	26.0	25.9	25.7	25.6
25 ก.ค. 52	27.0	26.8	26.5	26.4
26 ก.ค. 52	25.8	25.6	25.6	25.5
27 ก.ค. 52	27.0	26.8	26.5	26.6
28 ก.ค. 52	27.0	26.9	26.5	26.5
29 ก.ค. 52	27.4	27.1	26.8	26.8
30 ก.ค. 52	27.1	26.8	26.2	26.2
31 ก.ค. 52	27.1	26.8	26.5	26.4
1 ส.ค. 52	27.9	27.5	27.2	27.2
2 ส.ค. 52	27.3	27.2	26.7	26.6
3 ส.ค. 52	27.4	27.2	26.9	26.7
4 ส.ค. 52	27.9	27.6	27.2	27.0
5 ส.ค. 52	28.1	27.7	27.5	27.3
6 ส.ค. 52	27.2	27.1	26.7	26.5
7 ส.ค. 52	27.9	27.5	27.1	26.9
8 ส.ค. 52	27.5	27.1	26.5	26.5
9 ส.ค. 52	27.4	27.0	26.7	26.6
10 ส.ค. 52	26.9	26.6	26.2	26.1

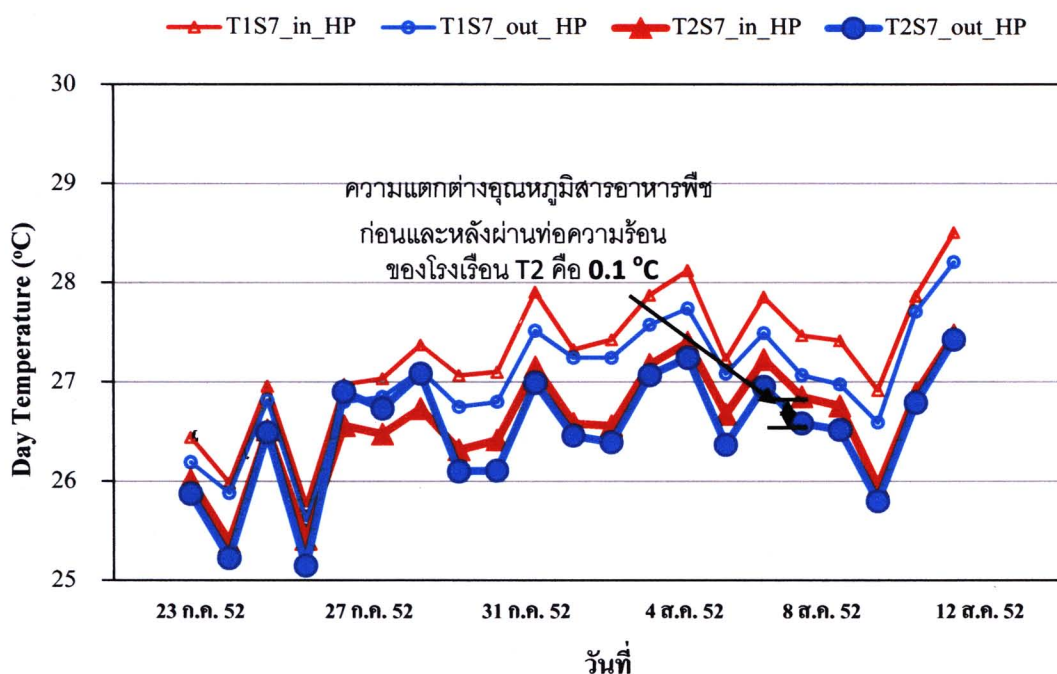
ตาราง 4.10 (ต่อ) แสดงค่าอุณหภูมิสารอาหารพืชในตำแหน่งก่อนและหลังผ่านท่อความร้อน (การทดลองช่วงสอง)

จุดที่วัดอุณหภูมิ	T1S7_i_HP, (°C)	T1S7_o_HP, (°C)	T2S7_i_HP, (°C)	T2S7_o_HP, (°C)
11 ส.ค. 52	27.9	27.7	27.1	26.8
12 ส.ค. 52	28.5	28.2	27.6	27.6
เฉลี่ย	27.3	27.0	26.6	26.5

จากตาราง 4.10 เมื่อพิจารณาการกระจายตัวของอุณหภูมิสารอาหารพืชในตำแหน่งก่อนและผ่านท่อความร้อน จะได้ผลแสดงดังกราฟในรูป 4.11 และรูป 4.12



รูป 4.11 การกระจายตัวอุณหภูมิสารอาหารพืชก่อนและหลังผ่านท่อความร้อน โรงเรือน T1 (ช่วงสอง)



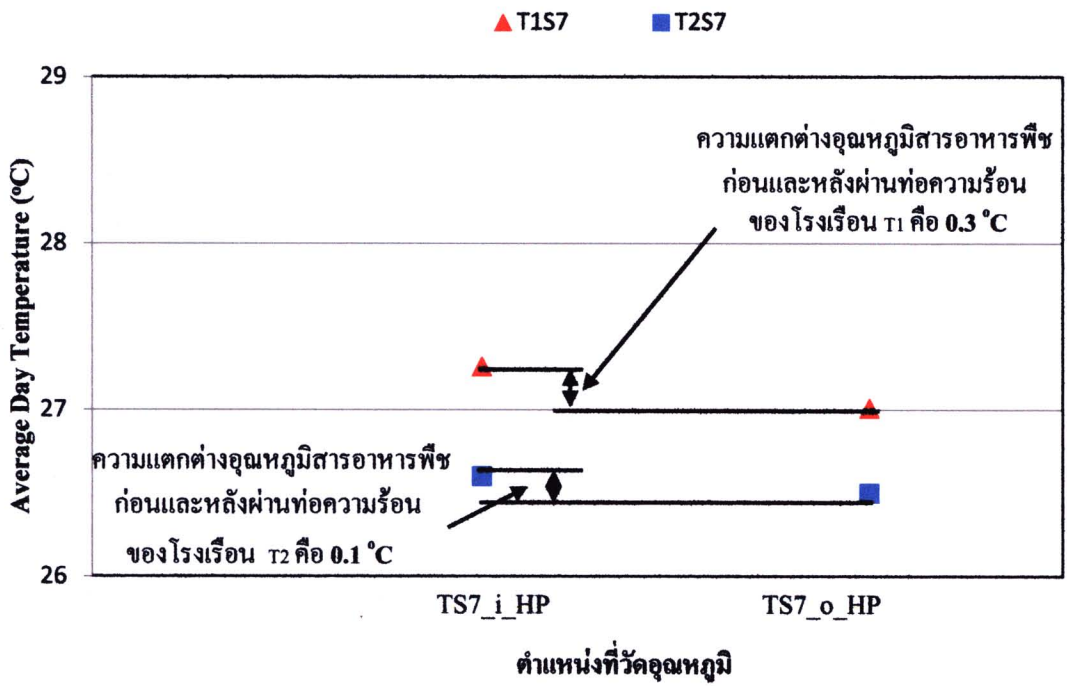
รูป 4.12 การกระจายตัวอุณหภูมิสารอาหารพืชก่อนและหลังผ่านท่อความร้อน
โรงเรือน T2 (ช่วงสอง)

จากรูป 4.11 แสดงการกระจายตัวอุณหภูมิสารอาหารพืชในโตะปลูกที่ 7 ที่ติดตั้งท่อความร้อนของโรงเรือน T1 พบว่าการกระจายอุณหภูมิสารอาหารพืชที่ตำแหน่งก่อนผ่านท่อความร้อน (เส้นสีแดงรูปสามเหลี่ยมสีแดง) มีอุณหภูมิสูงกว่าในตำแหน่งหลังผ่านท่อความร้อน (เส้นสีฟ้ารูปวงกลม) อยู่ประมาณ 0.3 องศาเซลเซียส ดังนั้นเมื่อสังเกตจากกราฟแล้วพบว่าอุณหภูมิสารอาหารพืชเมื่อผ่านท่อความร้อนแล้วมีอุณหภูมิลดลงเฉลี่ยประมาณ 0.3 องศาเซลเซียส

จากรูป 4.12 แสดงการกระจายตัวอุณหภูมิสารอาหารพืชในโตะปลูกที่ 7 ที่ติดตั้งท่อความร้อนของโรงเรือน T1 พบว่าการกระจายอุณหภูมิสารอาหารพืชที่ตำแหน่งก่อนผ่านท่อความร้อน (เส้นสีแดงรูปสามเหลี่ยมสีแดง) มีอุณหภูมิสูงกว่าในตำแหน่งหลังผ่านท่อความร้อน (เส้นสีฟ้ารูปวงกลม) อยู่ประมาณ 0.1 องศาเซลเซียส ดังนั้นเมื่อสังเกตจากกราฟแล้วพบว่าอุณหภูมิสารอาหารพืชเมื่อผ่านท่อความร้อนแล้วมีอุณหภูมิลดลงเฉลี่ยประมาณ 0.1 องศาเซลเซียส

ตาราง 4.11 แสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของสารอาหารพืชในตำแหน่งก่อนและหลังผ่านท่อความร้อน (ช่วงสอง)

ตำแหน่งที่ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ล	อุณหภูมิสารอาหาร โรงเรือน T1 T1S7, (°C)	อุณหภูมิสารอาหาร โรงเรือน T2 T2S7, (°C)
ก่อนผ่านท่อความร้อน (TS7_i_HP), (°C)	27.0	26.5
หลังผ่านท่อความร้อน (TS7_o_HP), (°C)	27.3	26.6
ความแตกต่างอุณหภูมิเฉลี่ยตำแหน่งหน้า และหลังท่อความร้อน (TS7_i_HP-TS7_o_HP), (°C)	0.3	0.1



รูป 4.13 อุณหภูมิเฉลี่ยของสารอาหารพืชก่อนและหลังผ่านท่อความร้อน โรงเรือน T1 และ T2 (ช่วงสอง)

ตาราง 4.11 แสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของสารอาหารพืชในโตะปลูกที่ 7 ในตำแหน่งหน้าและหลังท่อความร้อน ในการทดลองช่วงที่สองของโรงเรือน T1 และ T2 และแสดงเป็นกราฟได้ดังรูป 4.13 ซึ่งพบว่าที่โรงเรือน T1 อุณหภูมิเฉลี่ยสารอาหารพืชที่ตำแหน่งหน้าท่อความร้อนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าตำแหน่งหลังท่อความร้อนอยู่ประมาณ 0.3 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงว่าอุณหภูมิสารอาหารพืชที่ผ่านท่อความร้อนแล้วมีอุณหภูมิลดลงเฉลี่ย 0.3 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกันกับโรงเรือน T2 อุณหภูมิเฉลี่ยสารอาหารพืชที่ตำแหน่งหน้าท่อความร้อนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าตำแหน่งหลังท่อความร้อนอยู่ประมาณ 0.1 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงว่าอุณหภูมิสารอาหารพืชที่ผ่านท่อความร้อนแล้วมีอุณหภูมิลดลงเฉลี่ย 0.1 องศาเซลเซียส แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากเครื่องมือวัดคือ $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ซึ่งถือว่ายังไม่พ้นค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัด แต่อย่างไรก็ตาม จากกราฟในรูป 4.11 และรูป 4.12 เมื่อพิจารณาการกระจายอุณหภูมิก่อนและหลังผ่านท่อความร้อนแล้ว พบว่าอุณหภูมิสารอาหารพืชเมื่อผ่านท่อความร้อน มีอุณหภูมิที่ลดลง