บทที่ 4
ผลและวิจารณ์

ผลการศึกษาการนำสารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วกลับมาใช้ปลูกพืช 2 ชนิดคือ คะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาโดยปลูกในชุดทดลองต่างๆคือ สารละลายธาตุอาหารที่มีค่าการนำไฟฟ้า (EC) เท่ากับ 2.0 และ 4.5 dS/m สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วซึ่งเติมสารเสริมประสิทธิภาพ (Tween-80® และ Apsa-80®) และสารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพด้วยการเติม และไม่เติม *Tricoderma harzianum* CB-Pin-01 เป็นเวลา 40 วัน ทำการทดลอง 2 ซ้ำ ในช่วงเดือนมิถุนายน 2551 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2552 ในโรงเรือนแบบเปิด ซึ่งแสดงดังต่อไปนี้

4.1 สมบัติของสารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว

1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชุดการทดลองที่ปลูกคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา ณ เวลา 12.00 น. ในวันต่างๆภายหลังย้ายปลูก แสดงดังตาราง ที่ 4.1 โดยเริ่มต้นการทดลองสารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วมีค่า pH เท่ากับ 4.20 หลังจากการทดลองปลูกพบว่า ค่า pH มีแนวโน้มลดลงในทุกชุดการทดลอง ยกเว้นในชุดทดลองสารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วเติมสารเสริมประสิทธิภาพ (Tween-80® และ Apsa-80®) ร่วมกับ *T. harzianum* CB-Pin-01 ซึ่งมีค่า pH เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 6.10-6.71

2. ค่าการนำไฟฟ้า (EC)

ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชุดการทดลองที่ปลูกคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา ณ เวลา 12.00 น.ในวันต่างๆภายหลังย้ายปลูก แสดงดังตารางที่ 4.1 โดยเริ่มต้นการทดลองสารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วมีค่า EC 2.10 dS/m หลังจากการทดลองปลูก พบว่า ค่า EC ลดลงในทุกชุดการทดลอง

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตาราง ที่ 4.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และการนำไฟฟ้า (EC) ของสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา ณ วันต่างๆ หลังย้ายปลูก

ปัจจัย[1/]			pH					EC (dS/m)				
			จำนวนวันหลังย้ายปลูก (วัน)					จำนวนวันหลังย้ายปลูก (วัน)				
			0	10	20	30	40	0	10	20	30	40
A_0	B_0	C_0	4.20	4.20	4.15	4.09	4.02	2.10	1.91	1.84	1.30	1.21
		C_1	4.20	4.20	4.70	5.55	5.65	2.10	2.10	2.24	2.38	1.29
	B_1	C_0	4.20	5.14	4.42	5.29	5.11	2.10	2.12	2.38	2.10	1.29
		C_1	4.20	5.65	6.08	5.27	5.12	2.10	2.24	2.11	1.94	1.58
	B_2	C_0	4.20	5.89	5.40	5.69	6.67	2.10	2.11	2.12	1.94	1.58
		C_1	4.20	5.93	5.82	6.49	6.71	2.10	2.12	2.45	2.61	1.76
	B_3	C_0	6.50	6.57	6.12	5.62	5.39	2.09	1.93	1.87	1.80	1.57
		C_1	6.50	6.78	6.18	6.00	5.90	2.09	2.05	1.98	1.93	1.81
	B_4	C_0	6.50	6.46	5.91	5.61	5.33	4.53	4.39	3.53	3.34	3.11
		C_1	6.50	6.38	6.00	5.63	5.53	4.53	4.25	3.79	3.40	3.18
A_1	B_0	C_0	4.20	4.23	4.17	4.11	4.09	2.10	2.08	1.98	1.78	1.29
		C_1	4.20	4.86	5.45	5.67	5.73	2.10	2.35	2.45	1.91	1.77
	B_1	C_0	4.20	4.37	4.88	5.79	5.68	2.10	2.14	1.90	1.74	1.70
		C_1	4.20	4.93	5.16	6.73	5.83	2.10	2.29	2.10	1.77	1.45
	B_2	C_0	4.20	4.85	5.57	6.17	6.35	2.10	2.14	2.02	1.62	1.47
		C_1	4.20	5.64	5.25	6.56	6.10	2.10	2.30	2.24	1.82	1.76
	B_3	C_0	6.50	6.32	5.99	5.54	5.48	2.09	2.00	1.80	1.69	1.57
		C_1	6.50	6.61	6.67	5.74c	5.63	2.09	2.06	2.05	1.81	1.82
	B_4	C_0	6.50	6.48	6.00	5.54	5.23	4.53	4.22	3.27	3.23	3.11
		C_1	6.50	6.06	5.75	6.11a	5.14	4.53	4.28	4.09	3.76	3.11

หมายเหตุ

[1/]ปัจจัย: A_0= คะน้าพันธุ์เห็ดหอม KA 019 A_1= ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา

: B_0=สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว B_1=สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วเติม Tween-80® B_2=สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วเติม Apsa-80® B_3=สารละลายธาตุอาหาร EC 2.0 dS/m B_4=สารละลายธาตุอาหาร EC 4.5 dS/m

: C_0= ไม่เติม *T. harzianum* CB-Pin-01 C_1=เติม *T. harzianum* CB-Pin-01

Prince of Songkla University Pattani Campus

3. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในสารละลายธาตุอาหาร (DO)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลาย (DO) ในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชุดการทดลองที่ปลูกคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา ณ เวลา 12.00 น. มีค่าใกล้เคียงกันซึ่งอยู่ในช่วง 7.26-9.64 mg/L แสดงดังตารางที่ 4.2

4. อุณหภูมิในสารละลายธาตุอาหาร

อุณหภูมิในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชุดการทดลองที่ปลูกคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา ณ เวลา 12.00 น. พบว่า อุณหภูมิในสารละลายธาตุอาหารอยู่ในช่วง 26.00-32.20 ^{0}C แสดงดังตารางที่ 4.2

5. ปริมาณธาตุอาหารที่เหลือในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว

ปริมาณธาตุอาหารในสารละลายที่ใช้แล้วก่อนเริ่มต้นการทดลองพบว่า มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และไนเตรทเท่ากับ 127.78, 28.02, 148.62, 77.50, 23.37, 1.82 และ 0.27 mg/L แสดงดังในภาคผนวกตารางที่ ข-1, ข-2, ข-3 และ ข-4 ตามลำดับ

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 4.2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายและอุณหภูมิ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา ณ วันต่างๆ หลังย้ายปลูก

ปัจจัย[1/]			ปริมาณออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหาร (mg/L)					อุณหภูมิในสารละลายธาตุอาหาร (^{0}C)				
			จำนวนวันหลังย้ายปลูก (วัน)					จำนวนวันหลังย้ายปลูก (วัน)				
			0	10	20	30	40	0	10	20	30	40
A_0	B_0	C_0	8.61	6.85	8.13	8.25	7.44	26.00	29.75	29.35	30.70	31.55
		C_1	7.74	7.07	8.36	8.77	7.94	26.23	29.37	29.13	30.70	31.77
	B_1	C_0	7.79	6.80	8.17	7.84	7.46	26.27	29.51	29.73	30.80	31.87
		C_1	7.85	7.54	8.44	5.49	7.42	26.33	30.13	30.13	31.23	32.00
	B_2	C_0	7.88	7.40	8.33	6.12	8.29	26.40	29.73	29.80	31.13	31.60
		C_1	8.24	7.48	8.25	7.56	7.79	26.10	29.43	29.77	31.17	31.90
	B_3	C_0	8.06	7.51	8.30	7.96	7.76	26.30	29.73	30.40	30.07	32.10
		C_1	8.17	7.43	8.22	8.72	7.82	26.40	29.17	29.07	30.53	30.90
	B_4	C_0	8.20	7.49	8.13	8.50	7.77	26.47	29.67	29.83	31.20	31.90
		C_1	8.08	7.28	8.26	7.87	7.74	26.20	29.83	29.93	30.10	31.57
A_1	B_0	C_0	8.20	7.27	8.21	9.61	7.69	26.08	29.33	29.37	30.80	31.50
		C_1	8.24	7.10	8.21	8.65	7.71	26.47	29.73	29.27	30.10	30.87
	B_1	C_0	8.08	7.34	8.33	6.03	7.68	26.53	29.67	29.60	30.93	31.60
		C_1	8.68	6.84	8.14	7.40	7.80	26.33	29.33	30.00	31.60	31.57
	B_2	C_0	7.83	7.18	8.31	7.75	7.91	26.43	29.84	29.83	31.10	32.13
		C_1	8.19	7.31	8.00	8.84	9.64	26.27	29.00	29.43	31.17	30.77
	B_3	C_0	7.26	7.36	8.47	5.22	7.88	26.37	29.67	30.20	31.37	32.20
		C_1	8.10	7.08	8.18	8.72	7.82	26.63	29.47	29.50	30.80	31.90
	B_4	C_0	8.39	6.87	8.10	9.23	7.72	26.37	29.33	29.40	30.57	31.20
		C_1	7.82	7.43	8.00	9.88	7.75	26.53	29.67	29.83	30.73	31.73

หมายเหตุ

[1/]ปัจจัย: A_0= คะน้าพันธุ์เห็ดหอม KA 019 A_1= ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา

: B_0=สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว B_1=สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วเติม Tween-80® B_2=สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วเติม Apsa-80® B_3=สารละลายธาตุอาหาร EC 2.0 dS/m B_4=สารละลายธาตุอาหาร EC 4.5 dS/m

: C_0= ไม่เติม *T. harzianum* CB-Pin-01 C_1=เติม *T. harzianum* CB-Pin-01

Prince of Songkla University Pattani Campus

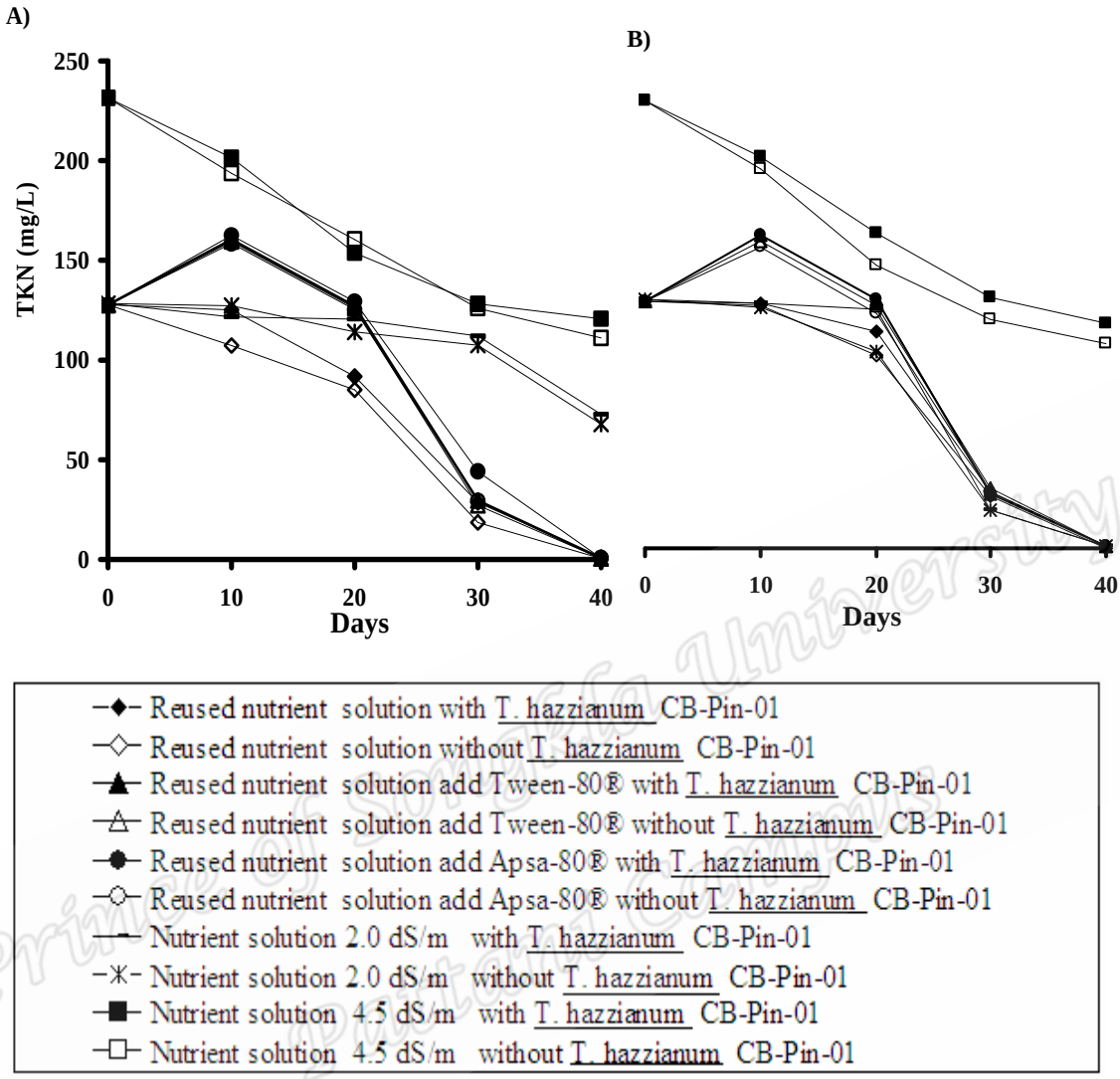
4.2 ปริมาณธาตุอาหารที่เหลือในระบบปลูกและปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในใบพืช

1. ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)

ผลการศึกษาพบว่า สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเริ่มต้นเท่ากับ 127.78 mg/L ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน มีไนโตรเจนทั้งหมดเหลืออยู่ 0.55 mg/L ในขณะที่ชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ร่วมกับ *T. hazzianum* CB-Pin-01 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในระบบปลูกเริ่มต้นเท่ากับ 231.54 mg/L ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน พบว่า เหลือปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 120.72 mg/L คิดเป็นร้อยละ 50 (รูปที่ 4.1 และภาคผนวกตารางที่ ข-1) การทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของดิเรก (2550) พบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการปลูกมาแล้วยังคงเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 50 และมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 70-200 mg/L ซึ่งเป็นระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช (Hanger, 1992) ส่วนในชุดทดลองผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาเหลือปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในระบบน้อยกว่า

จากผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปัจจัยที่ 1 คะน้าพันธุ์เห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิดมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เหลือในระบบปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) หลังย้ายปลูก 40 วัน ปัจจัยที่ 2 การใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ตลอดการทดลองมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เหลือแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ส่วนปัจจัยที่ 3 การควบคุมโดยวิธีชีวภาพด้วย *T. hazzianum* CB-Pin-01 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เหลือต่างกันทางสถิติหลังย้ายปลูก 10, 20 และ 40 วัน เมื่อพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหาร พืชร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ และสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดการทดลอง พบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เหลือในระบบปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) สำหรับปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดการทดลอง ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เหลือในระบบปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) แสดงดังตารางที่ 4.3

Prince of Songkla University Pattani Campus



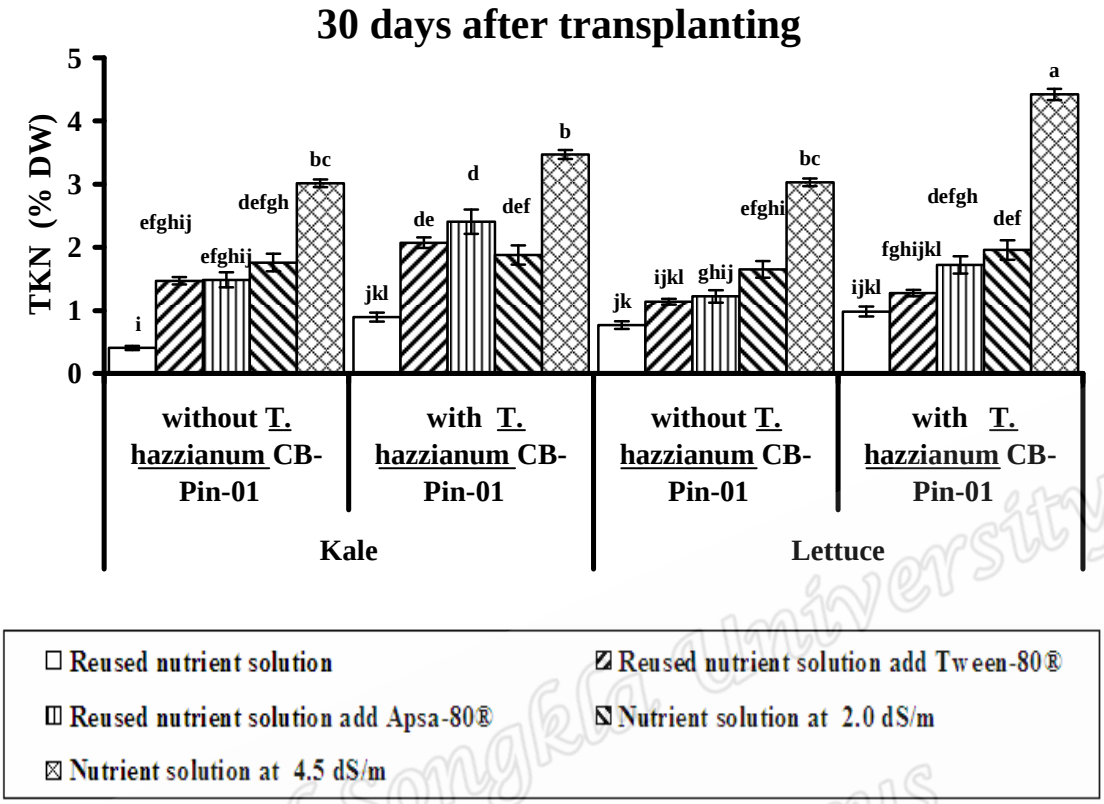
รูปที่ 4.1 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในสารละลายแต่ละชนิดที่เหลือในชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอม (A) และผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา (B) ณ วันต่างๆ หลังย้ายปลูก

Prince of Songkla University Pattani Campus

สำหรับการสะสมธาตุไนโตรเจนทั้งหมดในพืชในทุกชุดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.40-2.40 น้ำหนักแห้ง ยกเว้นชุดการทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ซึ่งร่วมและไม่กับ *T. hazzianum* CB-Pin-01 มีการสะสมธาตุไนโตรเจนทั้งหมดในช่วงที่สูงกว่า (3.01-4.42 % DW) โดยชุดทดลองผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ร่วมกับ *T .hazzianum* CB-Pin-01 มีปริมาณการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 4.42 % DW หลังย้ายปลูก 30 วัน (รูปที่ 4.2 และภาคผนวกตารางที่ ข-5) การทดลองนี้สอดคล้องกับ Barker and Pilbeam (2007) ซึ่งรายงาน ปริมาณการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดที่เหมาะสมต่อผักกาดหอมอยู่ในช่วง 2.00-5.00 % DW (ภาคผนวกตารางที่ ข-8) เนื่องจากผักกาดหอมเป็นผักทานใบมีความต้องการไนโตรเจนในปริมาณมาก (มนูญ, 2544; ยงยุทธ, 2543) อีกทั้งรากพืชสามารถนำไนโตรเจนใช้ประโยชน์ได้ง่ายจึงสะสมไนโตรเจนได้เพิ่มขึ้น (Shear, 1980) ส่วนชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมมีปริมาณการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดน้อยกว่า

จากผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปัจจัยที่ 1 ผักกาดหอมคอสพันธุ์ โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิดมีปริมาณการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) หลังย้ายปลูก 40 วัน ปัจจัยที่ 2 การใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ตลอดการทดลองมีการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดในปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ส่วนปัจจัยที่ 3 การควบคุมโดยวิธีชีวภาพด้วย *T. hazzianum* CB-Pin-01 มีปริมาณการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) หลังย้ายปลูก 30 วัน เมื่อพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารตลอดการทดลองพบว่า ปริมาณการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ปัจจัยพืชร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ และสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ หลังย้ายปลูก 30 วัน ปริมาณการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) สำหรับปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ ปริมาณการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) อย่างไรก็ตามทุกชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาในสารละลายแต่ละชนิดซึ่งร่วมและไม่กับ *T. hazzianum* CB-Pin-01 ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน มีปริมาณการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดในปริมาณที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.3)

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ 4.2 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่สะสมในคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา หลังย้ายปลูก 30 วันในสารละลายแต่ละชนิด

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เหลือและการสะสมในใบพืชในแต่ละปัจจัย ที่วันต่างๆ หลังย้ายปลูก

ปัจจัย	ปริมาณธาตุอาหารที่เหลือในระบบปลูก					ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในใบพืช	
	TKN (mg/L)					TKN (% DW)	
	จำนวนวันหลังย้ายปลูก (วัน)						
	0	10	20	30	40[2/]	30	40
พืช (A)							
คะน้าพันธุ์เห็ดหอม	160	140	120	67	40[a]	1.91	2.09[b]
ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา	160	140	120	67	30[b]	1.90	2.70[a]
F-test	ns	ns	ns	ns	**	ns	**
สารละลาย (B)							
สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	140[d]	120[b]	100[d]	30[c]	0[c]	0.99[c]	1.70[c]
Tween-80® 5 mL/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	150[c]	120[b]	120[b]	30[c]	0[c]	1.21[c]	1.77[c]
Apsa-80®5 mL/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	150[c]	120[b]	102[b]	30[c]	0[c]	1.70[b]	1.96[c]
สารละลายธาตุอาหารที่มี EC 2.0 dS/m 30 L	160[b]	130[b]	110[c]	100[b]	80[b]	1.81[b]	2.74[b]
สารละลายธาตุอาหารที่มี EC 4.5 dS/m 30 L	220[a]	190[a]	150[a]	120[a]	110[a]	3.71[a]	3.73[a]
F-test	**	**	**	**	**	**	**
การควบคุมโดยวิธีชีวภาพ (C)							
ไม่ใส่ *T. harzianum* CB-Pin-01	140	150[b]	120[b]	60	30[b]	1.55[b]	2.35
ใส่ *T. hqrzianum* CB-Pin-01 15 g/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	140	160[a]	130[a]	60	40[a]	2.22[a]	2.43
F-test	ns	**	**	ns	**	**	ns
F-test A*B [1/]	**	**	**	**	**	**	**
F-test A*C [1/]	**	**	**	**	**	**	ns
F-test B*C [1/]	**	**	**	**	**	**	ns
F-test A*B*C [1/]	**	**	**	**	**	**	ns
CV (%)	2.82	1.80	3.20	9.62	6.92	19.13	22.61

[1/] ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, *, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) และ 99% ($p<0.01$) ตามลำดับ

[2/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

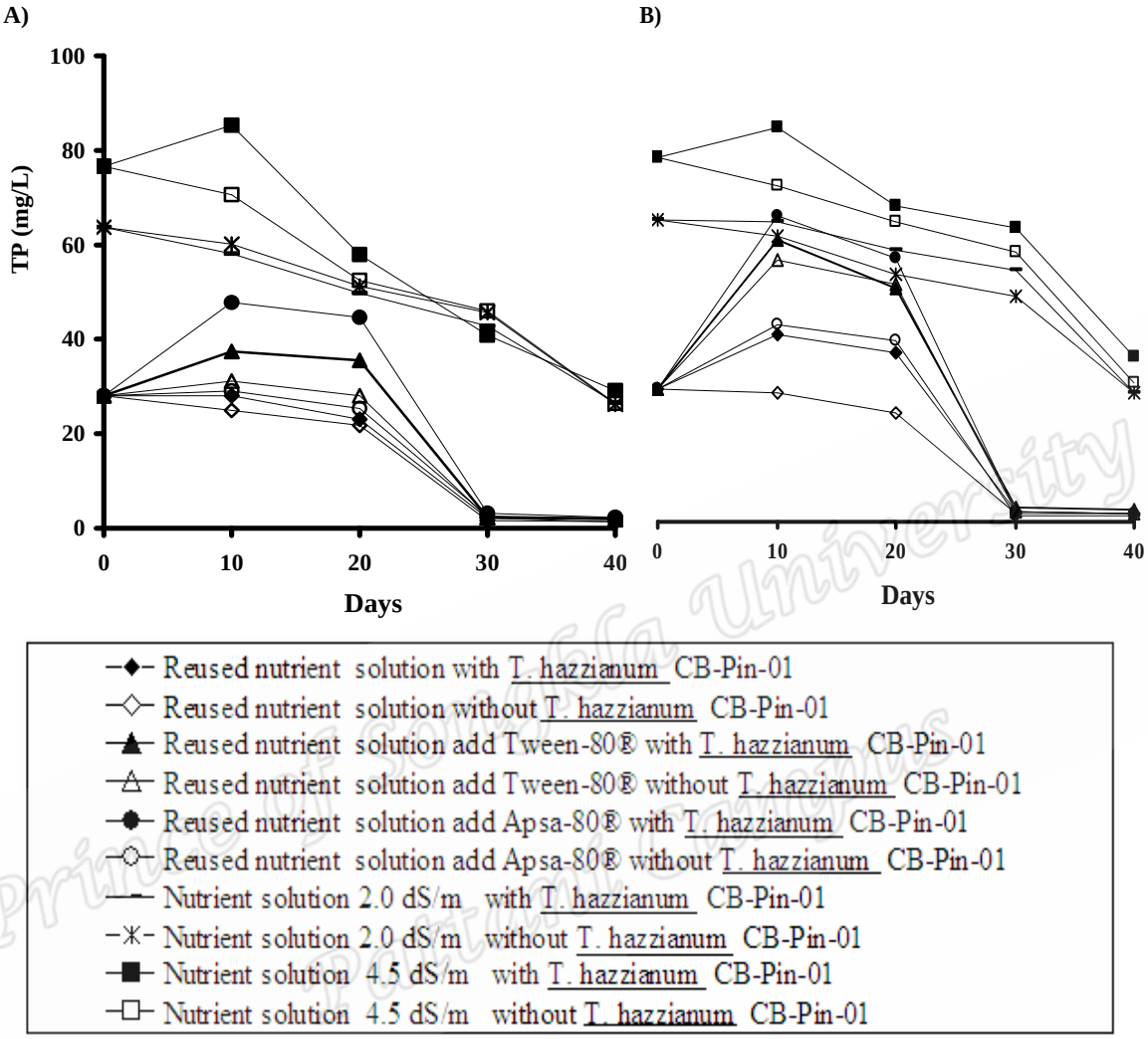
Prince of Songkla University Pattani Campus

2. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus, TP)

ผลการศึกษาพบว่า สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 28.02 mg/L ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน มีฟอสฟอรัสทั้งหมดเหลือเท่ากับ 1.32 mg/L ในขณะที่ชุดทดลองผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ร่วมกับ *T. harzianum* CB-Pin-01 มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในระบบปลูกเริ่มต้นเท่ากับ 76.60 mg/L ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน พบว่า เหลือปริมาณเหลือปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 34.77 mg/L คิดเป็นร้อยละ 45.39 (รูปที่ 4.3 และภาคผนวกตารางที่ ข-1) การทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของดิเรก (2550) พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการปลูกมาแล้วยังคงเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 50 และมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 30-90 mg/L ซึ่งเป็นระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช (Hanger, 1992) ส่วนในชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมเหลือปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในระบบน้อยกว่า

ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปัจจัยที่ 1 ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิดการใช้ ปัจจัยที่ 2 สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m และปัจจัยที่ 3 การควบคุมโดยวิธีชีวภาพด้วย *T. harzianum* CB-Pin-01 ตลอดการทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่เหลือในระบบปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เมื่อพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหาร พืชร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ และสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดการทดลอง พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่เหลือในระบบปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เช่นเดียวกันกับปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดการทดลอง ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่เหลือในระบบปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) แสดงดังตารางที่ 4.4

Prince of Songkla University Pattani Campus

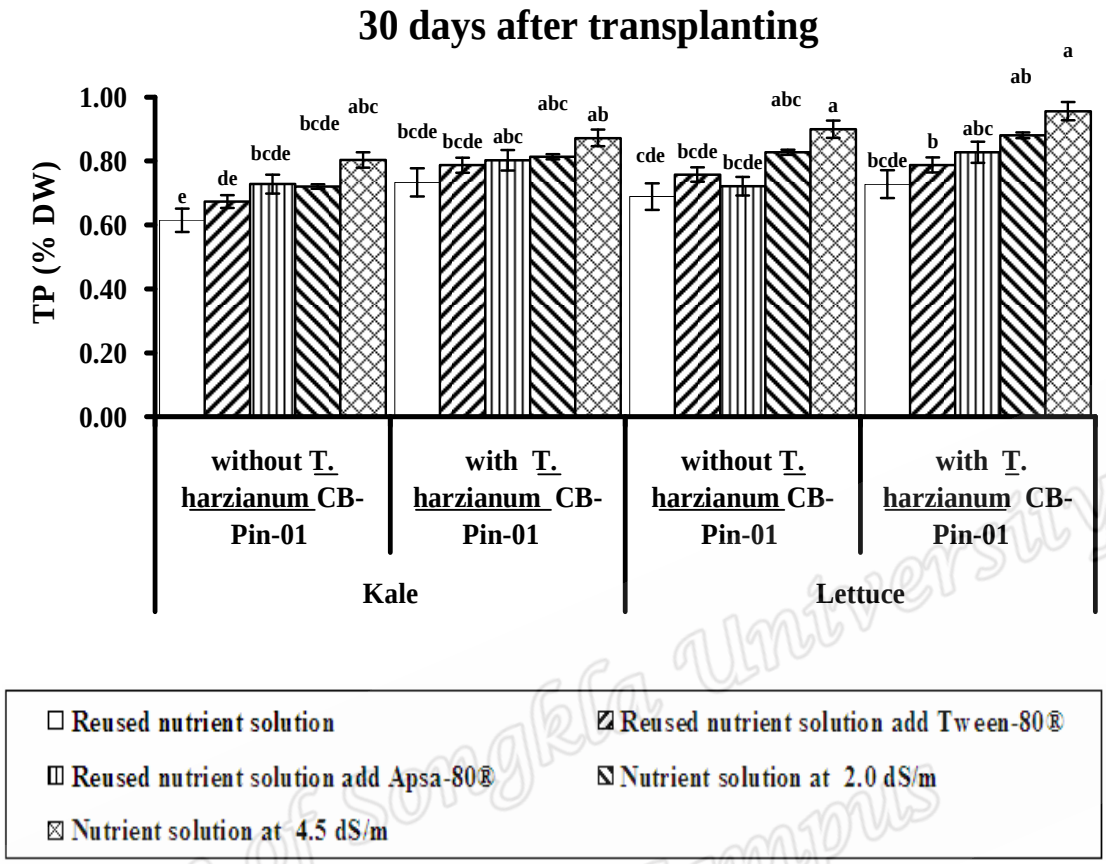


รูปที่ 4.3 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในสารละลายแต่ละชนิดที่เหลือในชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอม (A) และผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา (B) ณ วันต่างๆ หลังย้ายปลูก

สำหรับการสะสมธาตุฟอสฟอรัสทั้งหมดในพืชทุกชุดการทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 0.61-0.79 % DW ยกเว้นชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วเติมสารเสริมประสิทธิภาพ (Apsa-80®) สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 2.0 และ 4.5 dS/m ร่วมกับ *T. harzianum* CB-Pin-01 ภายหลังย้ายปลูก 30 วัน มีปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดมากที่สุดอยู่ในช่วง 0.80-0.96 % DW (รูปที่ 4.4 และภาคผนวกตาราง ที่ ข-6) การทดลองนี้สอดคล้องกับ Barker and Pilbeam (2007) รายงานว่า ปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสที่เหมาะสมต่อคะน้าและผักกาดหอมอยู่ในช่วง 0.25-1.07 % DW (ภาคผนวกตารางที่ ข-8) เนื่องจากมีการสะสมไนโตรเจนในปริมาณมากทำให้พืชสะสมฟอสฟอรัสได้เพิ่มขึ้น (Kamprath, 1987; Teng and Timmer, 1994)

ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ปัจจัยที่ 1 ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิดและปัจจัยที่ 2 การใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m มีปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) หลังย้ายปลูก 40 วัน เมื่อพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารหลังย้ายปลูก 30 วัน มีผลให้ปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) สำหรับปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ ปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.4 อย่างไรก็ตามทุกชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา ในสารละลายแต่ละชนิด ซึ่งร่วมและไม่กับ *T. hazzianum* CB-Pin-01 ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน มีปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ 4.4 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่สะสมในคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา หลังย้ายปลูก 30 วันในสารละลายแต่ละชนิด

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่เหลือและการสะสมในใบพืชในแต่ละปัจจัย ที่วันต่างๆ หลังย้ายปลูก

ปัจจัย	ปริมาณธาตุอาหารที่เหลือในระบบปลูก					ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในใบพืช	
	TP (mg/L)					TP (% DW)	
	จำนวนวันหลังย้ายปลูก (วัน)						
	0	10	20	30	40[2/]	30	40
พืช (A)							
คะน้าพันธุ์เห็ดหอม	40[b]	47[b]	39[b]	19[b]	12[b]	0.75[b]	0.87
ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา	50[a]	56[a]	49[a]	23[a]	13[a]	0.81[a]	0.91
F-test	**	**	**	**	**	**	ns
สารละลาย (B)							
สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	28[c]	30[d]	26[d]	1[c]	1[c]	0.72[b]	0.87
Tween-80® 5 mL/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	28[c]	45[c]	40[c]	2[c]	2[c]	0.79[ab]	0.88
Apsa-80®5 mL/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	28[c]	45[c]	40[c]	2[c]	1[c]	0.81[a]	0.88
สารละลายธาตุอาหารที่มี EC 2.0 dS/m 30 L	63[b]	60[b]	52[b]	47[b]	26[b]	0.76[ab]	0.90
สารละลายธาตุอาหารที่มี EC 4.5 dS/m 30 L	77[a]	76[a]	60[a]	51[a]	29[a]	0.83[a]	0.93
F-test	**	**	**	**	**	**	ns
การควบคุมโดยวิธีชีวภาพ (C)							
ไม่ใส่ *T. harzianum* CB-Pin-01	40[b]	47[b]	40[b]	20[b]	11[b]	0.76	0.88
ใส่ *T. hqrzianum* CB-Pin-01 15 g/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	50[a]	57[a]	48[a]	22[a]	13[a]	0.81	0.91
F-test	**	**	**	**	**	ns	ns
F-test A*B [1/]	**	**	**	**	**	**	ns
F-test A*C [1/]	**	**	**	**	**	ns	ns
F-test B*C [1/]	**	**	**	**	**	ns	ns
F-test A*B*C [1/]	**	**	**	**	**	*	ns
CV (%)	0.00	7.39	7.06	10.56	6.08	12.19	12.56

[1/] ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, *, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) และ 99% ($p<0.01$) ตามลำดับ

[2/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

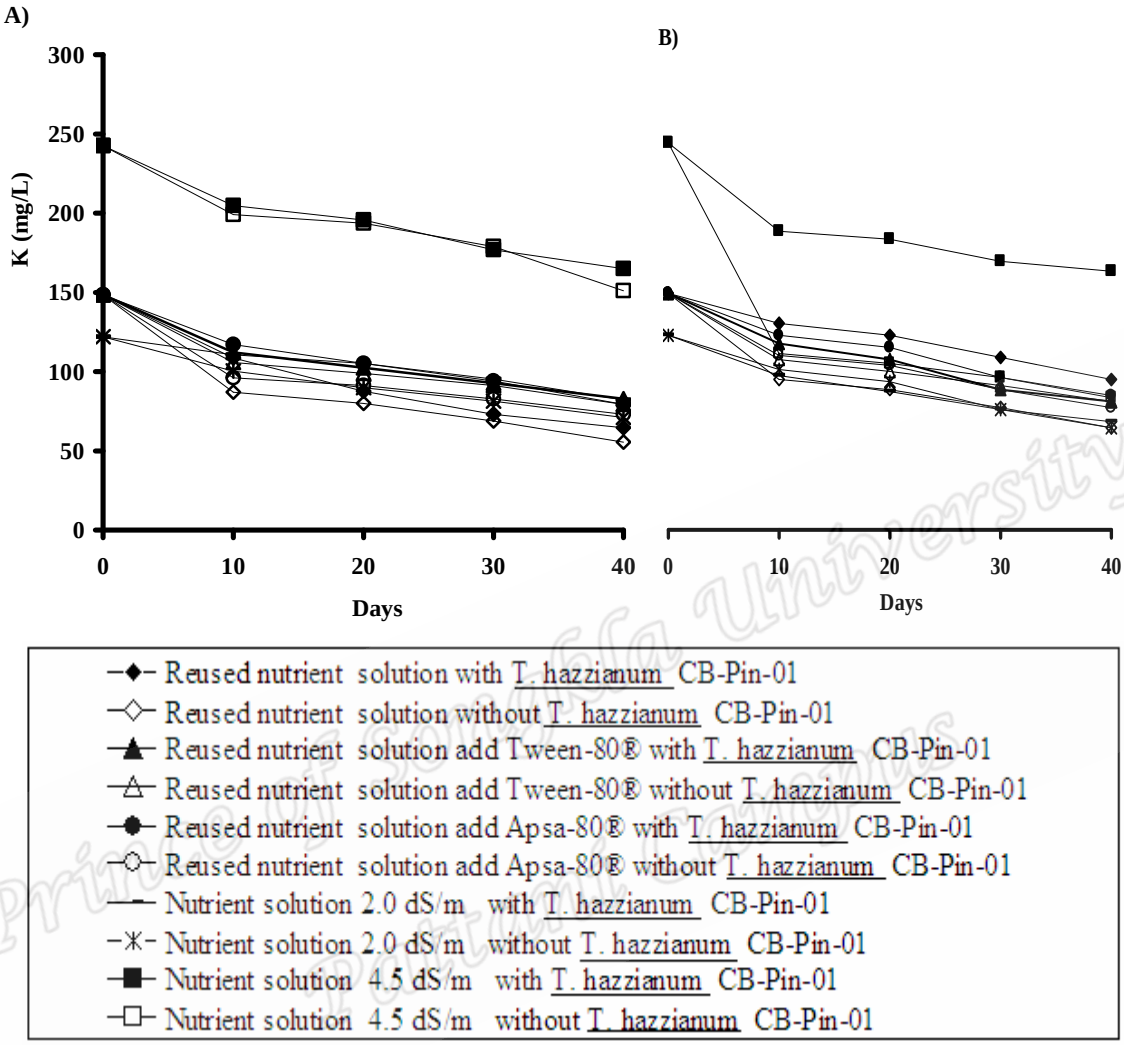
Prince of Songkla University Pattani Campus

3. โพแทสเซียม (Potassium, K)

สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วมีปริมาณโพแทสเซียมเท่ากับ 148.62 mg/L ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน พบว่า มีโพแทสเซียมเหลือเท่ากับ 55.74 mg/L ในขณะที่ชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ร่วมกับ *T. harzianum* CB-Pin-01 มีปริมาณโพแทสเซียมในระบบปลูกเริ่มต้นเท่ากับ 242.68 mg/L ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน พบว่าเหลือปริมาณโพแทสเซียมมากที่สุดเท่ากับ 165.13 และ 163.04 mg/L คิดเป็นร้อยละ 68.04 และ 67.18 (รูปที่ 4.5 และภาคผนวกตารางที่ ข-2) การทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของดิเรก (2550) พบว่าปริมาณโพแทสเซียมในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการปลูกมาแล้วยังคงเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 50 และมีความเข้มข้นใกล้เคียงกับระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชซึ่งอยู่ในช่วง 200-400 mg/L (Hanger, 1992)

ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปัจจัยที่ 1 คะน้าพันธุ์เห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิดมีปริมาณโพแทสเซียมที่เหลือในระบบปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เมื่อเริ่มย้ายปลูกและหลังย้ายปลูก 30 วันเป็นต้นไป ปัจจัยที่ 2 การใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m และปัจจัยที่ 3 การควบคุมโดยวิธีชีวภาพด้วย *T. harzianum* CB-Pin-01 ตลอดการทดลอง มีปริมาณโพแทสเซียมที่เหลือในระบบปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เมื่อพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหาร พืชร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ และสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ ตลอดการทดลองปริมาณโพแทสเซียมที่เหลือในระบบปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ส่วนปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดการทดลองพบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่เหลือในระบบปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) แสดงดังตารางที่ 4.5

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ 4.4 ปริมาณโพแทสเซียมในสารละลายแต่ละชนิดที่เหลือในชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอม (A) และผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา (B) ณ วันต่างๆ หลังย้ายปลูก

สำหรับการสะสมธาตุโพแทสเซียมในพืชทุกชุดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0.0008-0.0022 % DW ภายหลังย้ายปลูก 30 วัน และ 0.0014-0.0033 % DW ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน เนื่องจากโพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่สามารถเคลื่อนย้ายได้เพื่อใช้ในการขนส่งลำเลียงไปมาในแต่ละส่วนของพืช (ยงยุทธ, 2543) เมื่อนำใบพืชมาวิเคราะห์จึงทำให้ปริมาณการสะสมโพแทสเซียมมีไม่แตกต่างกัน

สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปัจจัยที่ 1 ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิด และปัจจัยที่ 3 การควบคุมโดยวิธีชีวภาพด้วย *T. harzianum* CB-Pin-01 ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน มีปริมาณการสะสมโพแทสเซียมแตกต่างกันทางสถิต ($p<0.05$) ส่วนปัจจัยที่ 2 การใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ตลอดการทดลองมีปริมาณการสะสมโพแทสเซียมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) สำหรับปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดการทดลองปริมาณการสะสมโพแทสเซียมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.5 และภาคผนวกตารางที่ ข-6) ดังนั้นในทุกชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาในสารละลายแต่ละชนิดซึ่งร่วมและไม่กับ *T. hazzianum* CB-Pin-01 ภายหลังย้ายปลูก 30 และ 40 วัน มีปริมาณการสะสมโพแทสเซียมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติของปริมาณโพแทสเซียมที่เหลือและการสะสมในใบพืชในแต่ละปัจจัย ที่วันต่างๆ หลังย้ายปลูก

ปัจจัย	ปริมาณธาตุอาหารที่เหลือในระบบปลูก					ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในใบพืช	
	K (mg/L)					K (% DW)	
	จำนวนวันหลังย้ายปลูก (วัน)						
	0	10	20	30	40[2/]	30	40
พืช (A)							
คะน้าพันธุ์เห็ดหอม	164[a]	124	115	104[a]	92[a]	0.01	0.02
ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา	162[b]	117	110	96[b]	84[b]	0.01	0.02
F-test	**	ns	ns	**	**	ns	ns
สารละลาย (B)							
สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	122[c]	104[b]	95[c]	82[bc]	70[c]	0.013[b]	0.021[c]
Tween-80® 5 mL/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	148[b]	114[b]	105[b]	91[b]	81[b]	0.018[a]	0.024[bc]
Apsa-80®5 mL/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	148[b]	107[b]	99[bc]	89[bc]	77[bc]	0.019[a]	0.025[bc]
สารละลายธาตุอาหารที่มี EC 2.0 dS/m 30 L	148[b]	102[b]	93[c]	82[c]	71[c]	0.002[a]	0.026[b]
สารละลายธาตุอาหารที่มี EC 4.5 dS/m 30 L	242[a]	175[a]	169[a]	155[a]	140[a]	0.022[a]	0.030[a]
F-test	**	**	**	**	**	**	**
การควบคุมโดยวิธีชีวภาพ (C)							
ไม่ใส่ *T. harzianum* CB-Pin-01	162[b]	115[b]	106[b]	94[b]	82[b]	0.019	0.026
ใส่ *T. harzianum* CB-Pin-01 15 g/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	163[a]	127[a]	119[a]	107[a]	95[a]	0.018	0.024
F-test	**	**	**	**	**	ns	ns
F-test A*B [1/]	**	**	**	**	**	ns	ns
F-test A*C [1/]	**	**	**	**	**	ns	ns
F-test B*C [1/]	**	**	**	**	**	ns	ns
F-test A*B*C [1/]	**	**	**	**	**	ns	ns
CV (%)	0.00	12.14	11.25	10.74	10.63	26.92	19.51

[1/] ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, *, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) และ 99% ($p<0.01$) ตามลำดับ

[2/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

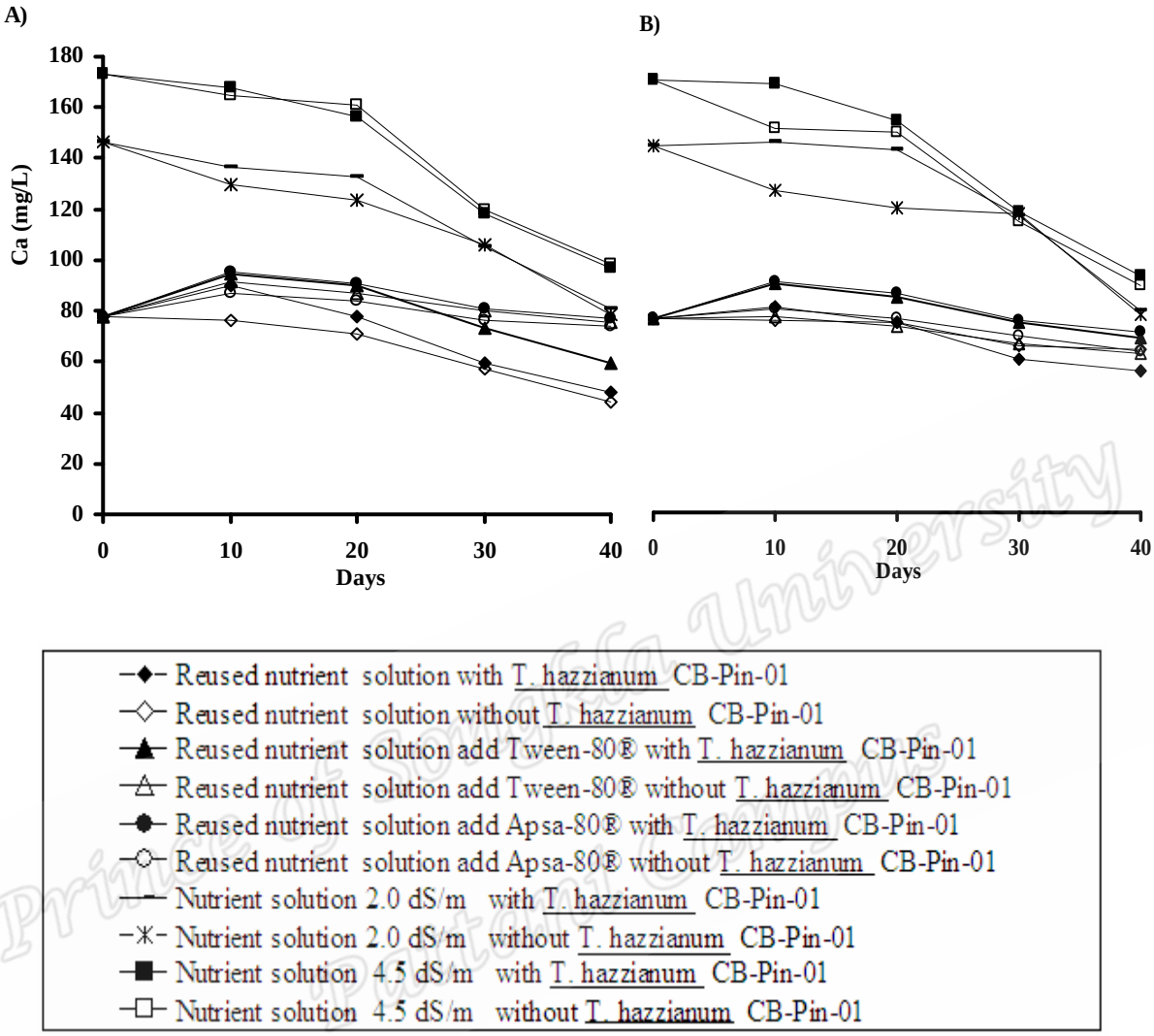
Prince of Songkla University Pattani Campus

4. แคลเซียม (Calcium, Ca)

สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วมีปริมาณแคลเซียมเริ่มต้นเท่ากับ 77.50 mg/L ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน มีแคลเซียมเหลือเท่ากับ 44.58 mg/L ในขณะที่ชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ร่วมและไม่ร่วมกับ *T. hazzianum* CB-Pin-01 มีปริมาณแคลเซียมในระบบปลูกเริ่มต้นเท่ากับ 173.37 mg/L ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน พบว่าเหลือปริมาณแคลเซียมในระบบปลูกมากที่สุดเท่ากับ 97.16 และ 98.41 mg/L คิดเป็นร้อยละ 56.04 และ56.76 ตามลำดับ ส่วนชุดทดลองผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC เท่ากับ 4.5 dS/m ร่วมและไม่ร่วมกับ *T. harzianum* CB-Pin-01 ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน เหลือปริมาณแคลเซียมในระบบปลูกมากที่สุดเท่ากับ 92.08 และ 94.45 mg/L คิดเป็นร้อยละ 53.11 และ 54.47 (รูปที่ 4.5 และภาคผนวกตารางที่ ข-2) การทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของดิเรก (2550) พบว่าปริมาณแคลเซียมในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการปลูกมาแล้วยังคงเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 50 และมีความเข้มข้นใกล้เคียงกับระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชซึ่งอยู่ในช่วง 120-240 mg/L (Hanger, 1992)

จากผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปัจจัยที่1 ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิดภายหลังย้ายปลูก 40 วัน มีปริมาณแคลเซียมที่เหลือในระบบปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ปัจจัยที่ 2 การใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ตลอดการทดลองมีปริมาณแคลเซียมที่เหลือในระบบปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ส่วนปัจจัยที่ 3 การควบคุมโดยวิธีชีวภาพด้วย *T. harzianum* CB-Pin-01 เริ่มย้ายปลูกจนถึงหลังย้ายปลูก 20 วัน มีปริมาณแคลเซียมที่เหลือในระบบปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เมื่อพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหาร พืชร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ และสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดการทดลอง พบว่าปริมาณแคลเซียมที่เหลือในระบบปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เช่นเดียวกันกับปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดการทดลอง ปริมาณแคลเซียมที่เหลือในระบบปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) แสดงดังตารางที่ 4.6

Prince of Songkla University Pattani Campus



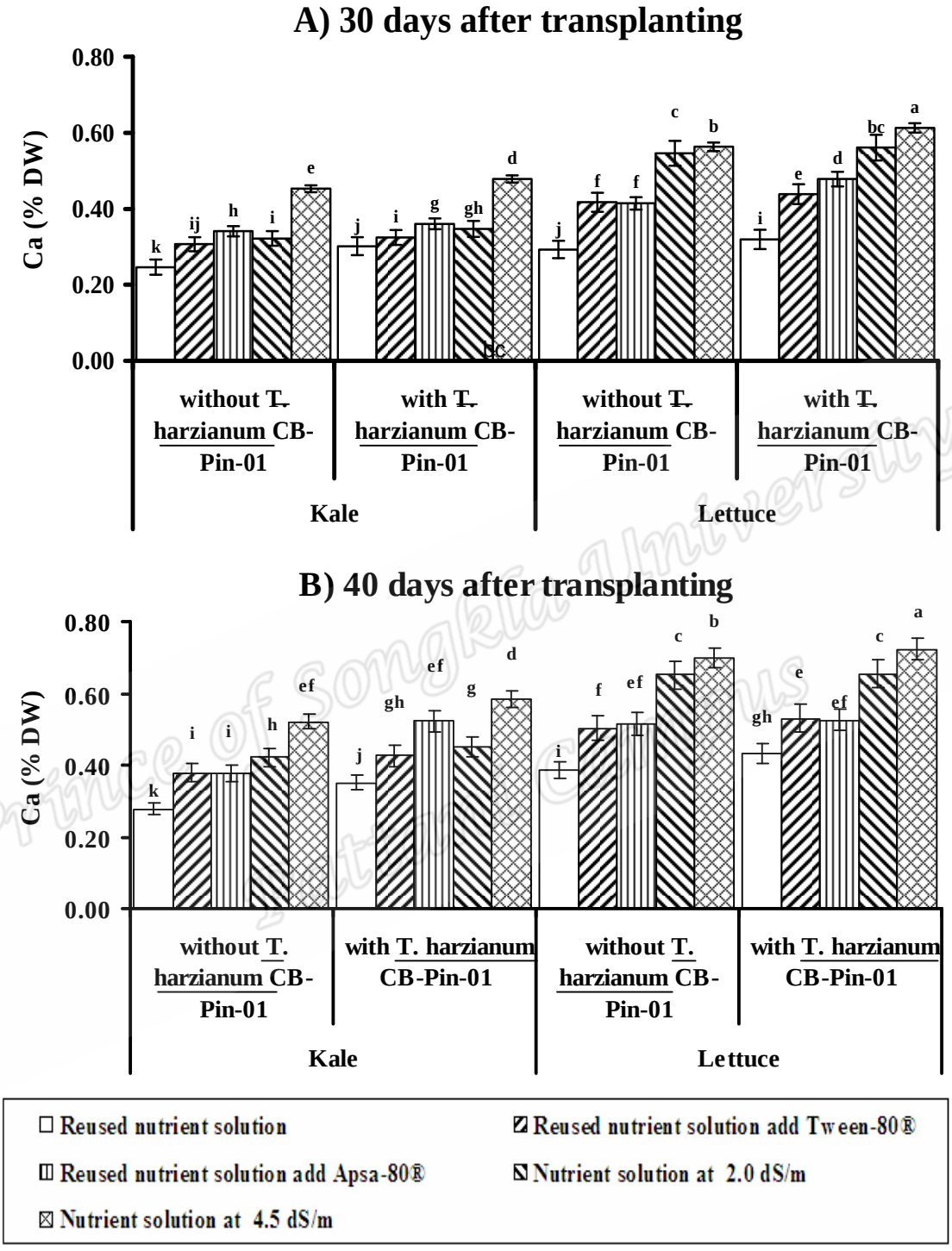
รูปที่ 4.5 ปริมาณแคลเซียมในสารละลายแต่ละชนิดที่เหลือในชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอม (A) และผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา (B) ณ วันต่างๆ หลังย้ายปลูก

Prince of Songkla University Pattani Campus

สำหรับการสะสมธาตุแคลเซียมในพืชในทุกชุดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0.24 -0.69 % DW ยกเว้นชุดการทดลองผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ร่วมกับ *T. harzianum* CB-Pin-01 มีปริมาณการสะสมแคลเซียมมากที่สุดอยู่ในช่วง 0.61 และ0.72 % DW หลังย้ายปลูก 30 และ 40 วัน ตามลำดับ (รูปที่ 4.6 และภาคผนวกตารางที่ ข-6) การทดลองนี้สอดคล้องกับ Barker and Pilbeam (2007) ซึ่งรายงานปริมาณการสะสมแคลเซียมที่เหมาะสมต่อผักกาดหอมอยู่ในช่วง 0.10-1.7 % DW (ภาคผนวกตารางที่ ข-8) เนื่องจากพืชมีการสะสมไนโตรเจนสูงจะมีกรดอินทรีย์ส่งเสริมการลำเลียงแคลเซียมไปใช้ประโยชน์ได้ดี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535) เพราะเป็นธาตุอาหารที่ถูกดูดซึมด้วยเซลล์ได้ง่ายและรวดเร็ว (Mengel และ Kirby, 1987) อีกทั้งการแบ่งเซลล์บริเวณยอดทำให้มีปริมาณการสะสมแคลเซียมมากขึ้น (Taiz and Zeiger, 1998) ส่วนชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมมีปริมาณการสะสมแคลเซียมน้อยกว่า

ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปัจจัยที่ 1 ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิด ปัจจัยที่ 2 การใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m และปัจจัยที่ 3 การควบคุมโดยวิธีชีวภาพด้วย *T. harzianum* CB-Pin-01 ตลอดการทดลองมีปริมาณการสะสมแคลเซียมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เมื่อพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหาร พืชร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ และสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ ตลอดการทดลอง พบว่า ปริมาณการสะสมแคลเซียมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ส่วนปัจจัยชนิดพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดการทดลอง มีผลให้ปริมาณการสะสมแคลเซียมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เช่นกัน (ตารางที่ 4.6)

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ 4.6 ปริมาณแคลเซียมที่สะสมในคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา หลังย้ายปลูก 30 วัน (A) และ 40 วัน (B) ในสารละลายแต่ละชนิด

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติของปริมาณแคลเซียมที่เหลือและการสะสมในใบพืชในแต่ละปัจจัย ที่วันต่างๆ หลังย้ายปลูก

ปัจจัย	ปริมาณธาตุอาหารที่เหลือในระบบปลูก					ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในใบพืช	
	Ca (mg/L)					Ca (% DW)	
	จำนวนวันหลังย้ายปลูก (วัน)						
	0	10	20	30	40[2/]	30	40
พืช (A)							
คะน้าพันธุ์เห็ดหอม	126	136	106	112	24[b]	0.35[b]	0.43[b]
ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา	126	134	104	104	56[a]	0.46[a]	0.56[a]
F-test	ns	ns	ns	ns	**	**	**
สารละลาย (B)							
สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	106[c]	108[d]	90[d]	22[c]	0[c]	0.28[e]	0.36[e]
Tween-80® 5 mL/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	106[c]	132[b]	104[b]	24[c]	0[c]	0.37[d]	0.45[d]
Apsa-80®5 mL/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	106[c]	132[b]	104[b]	26[c]	0[c]	0.39[c]	0.48[c]
สารละลายธาตุอาหารที่มี EC 2.0 dS/m 30 L	116[b]	126[c]	98[c]	90[b]	32[b]	0.44[b]	0.54[b]
สารละลายธาตุอาหารที่มี EC 4.5 dS/m 30 L	120[a]	164[a]	126[a]	104[a]	66[a]	0.52[a]	0.63[a]
F-test	**	**	**	**	**	**	**
การควบคุมโดยวิธีชีวภาพ (C)							
ไม่ใส่ *T. harzianum* CB-Pin-01	126[b]	130[b]	102[b]	54	0.018	0.39[b]	0.47[b]
ใส่ *T. hqrzianum* CB-Pin-01 15 g/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	128[a]	140[a]	108[a]	54	0.022	0.49[a]	0.52[a]
F-test	**	**	**	ns	ns	**	**
F-test A*B [1/]	**	**	**	**	**	**	**
F-test A*C [1/]	**	**	**	**	**	**	**
F-test B*C [1/]	**	**	**	**	**	**	**
F-test A*B*C [1/]	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	0.00	1.85	3.20	9.62	27.71	2.35	2.84

[1/] ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, *, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) และ 99% ($p<0.01$) ตามลำดับ

[2/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

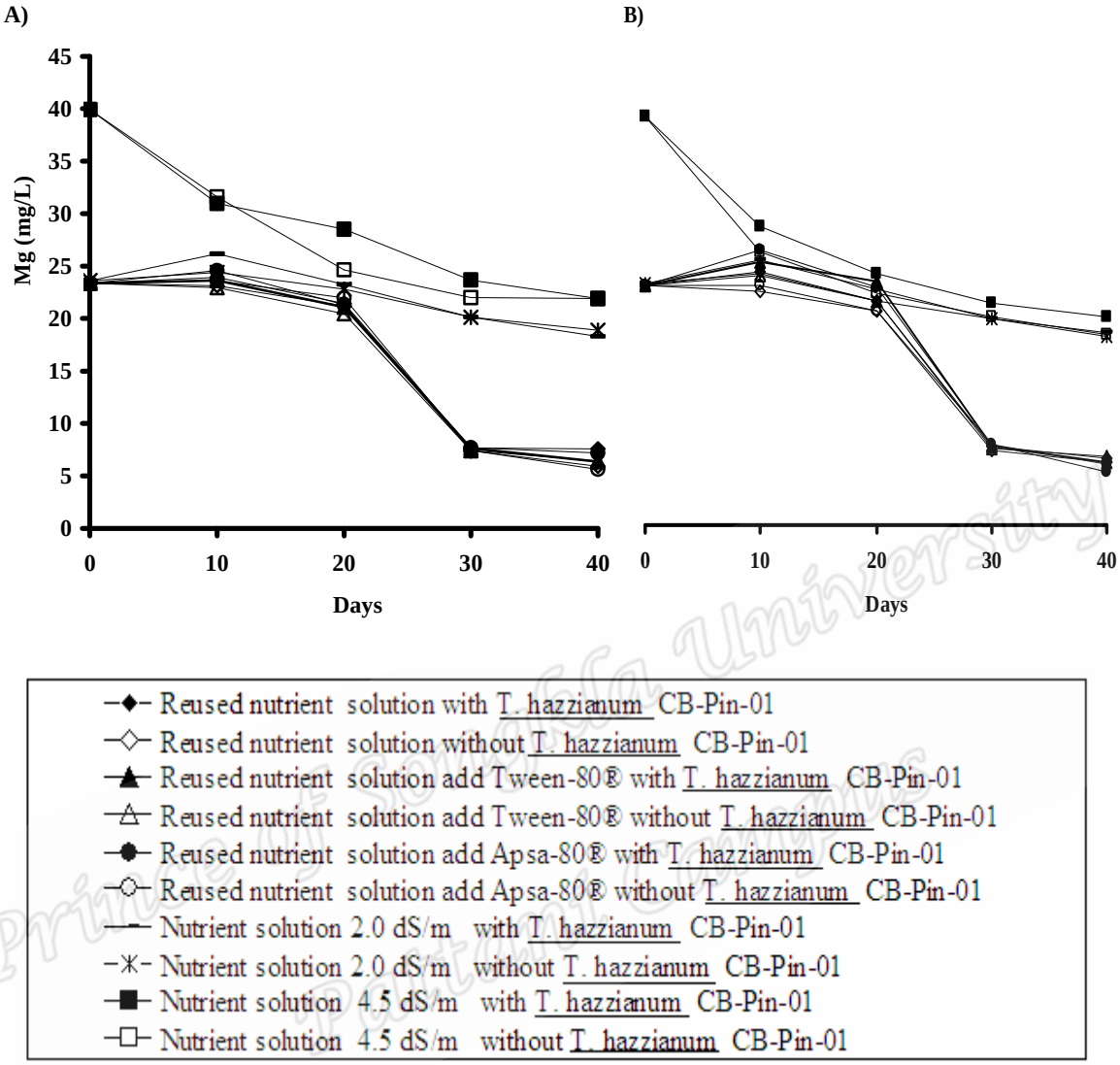
Rajabhat Songkhla University Patani Campus

5. แมกนีเซียม (Magnesium, Mg)

ผลการศึกษาพบว่า สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วมีปริมาณแมกนีเซียมเริ่มต้นเท่ากับ 23.37 mg/L ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน มีแมกนีเซียมเหลือเท่ากับ 5.91 mg/L ในขณะที่ชุดทดลองผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ร่วมกับ *T. hazzianum* CB-Pin-01 มีปริมาณแมกนีเซียมในระบบปลูกเริ่มต้นเท่ากับ 39.92 mg/L ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน พบว่า เหลือปริมาณแมกนีเซียมมากที่สุดเท่ากับ 20.29 mg/L คิดเป็นร้อยละ 50.82 (รูปที่ 4.7 และภาคผนวกตารางที่ ข-3) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของดิเรก (2550) พบว่าปริมาณแมกนีเซียมในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการปลูกมาแล้วยังเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 50 และมีความเข้มข้นใกล้เคียงกับระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชซึ่งอยู่ในช่วง 25-75 mg/L (Hanger, 1992) ส่วนในชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมเหลือปริมาณแมกนีเซียมในระบบน้อยกว่า

ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปัจจัยที่ 1 ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิดมีปริมาณแมกนีเซียมที่เหลือในระบบปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) หลังย้ายปลูก 10 วัน ปัจจัยที่ 2 การใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m และ ปัจจัยที่ 3 ด้านการควบคุมโดยวิธีชีวภาพด้วย *T. harzianum* CB-Pin-01 ตลอดการทดลองมีปริมาณแมกนีเซียมที่เหลือในระบบปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เมื่อพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหาร พืชร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ และสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดการทดลองพบว่า ปริมาณแมกนีเซียมที่เหลือในระบบปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เช่นเดียวกันกับปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดการทดลองมีผลให้ปริมาณการแมกนีเซียมที่เหลือในระบบปลูกก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ดังแสดงในตารางที่ 4.7

Prince of Songkla University Pattani Campus

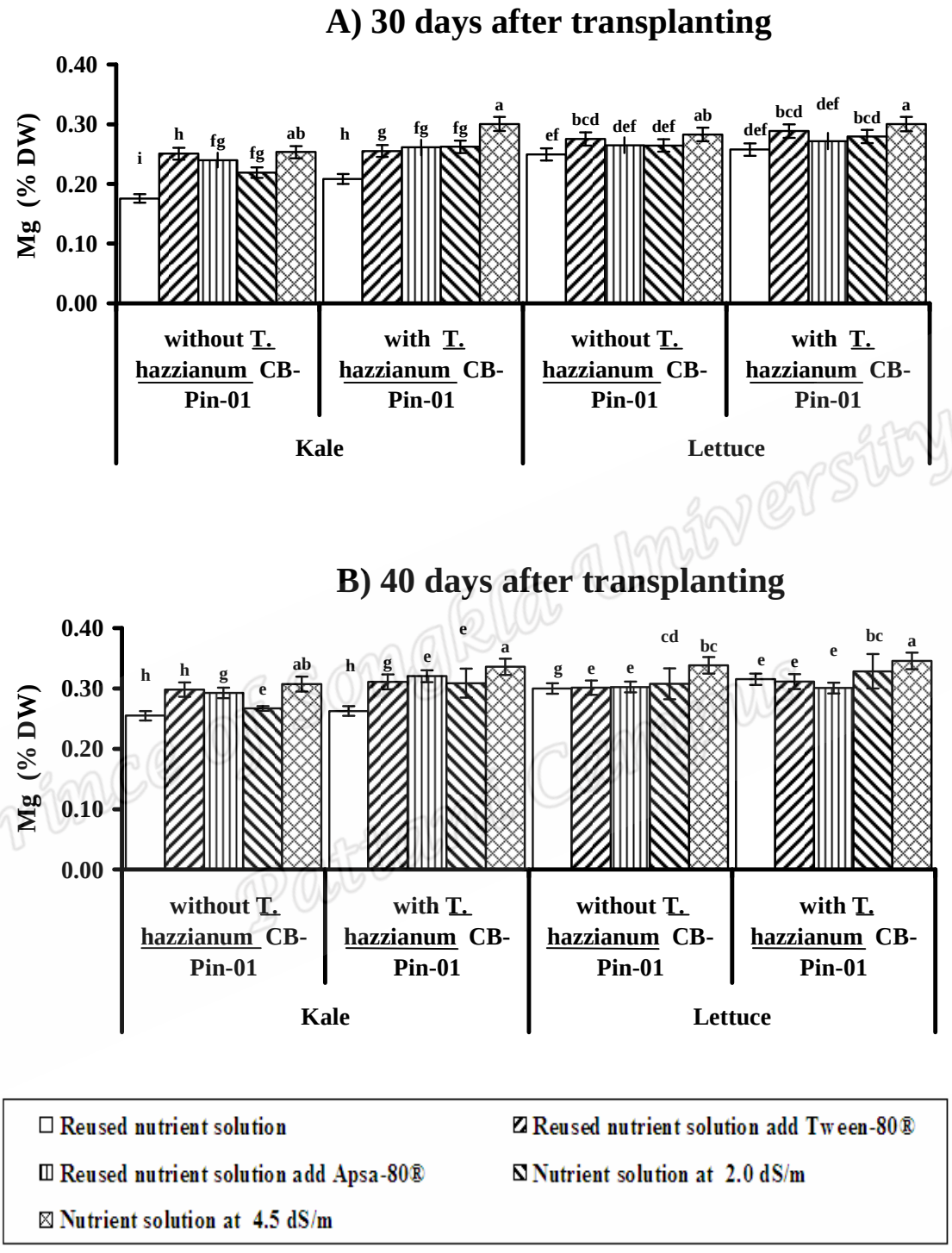


รูปที่ 4.7 ปริมาณแมกนีเซียมในสารละลายแต่ละชนิดที่เหลือในชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอม (A) และผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา (B) ณ วันต่างๆ หลังย้ายปลูก

สำหรับการสะสมธาตุแมกนีเซียมในพืชในทุกชุดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0.17-0.32 % DW ยกเว้นชุดการทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ซึ่งร่วมและไม่กับ *T. hazzianum* CB-Pin-01 มีการสะสมธาตุแมกนีเซียมในช่วงที่สูงกว่า (0.28-0.34 % DW) โดยที่ชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ร่วมและไม่กับ *T. harzianum* CB-Pin-01 มีปริมาณการสะสมแมกนีเซียมมากที่สุดอยู่ในช่วง 0.28 และ0.34 % DW หลังย้ายปลูก 30 และ 40 วัน (รูปที่ 4.8 และภาคผนวกตารางที่ ข-6) การทดลองนี้สอดคล้องกับ Barker and Pilbeam (2007) รายงาน ปริมาณการสะสมแมกนีเซียมที่เหมาะสมต่อคะน้าและผักกาดหอมอยู่ในช่วง 0.17-3.50 % DW (ภาคผนวกตารางที่ ข-8) เนื่องจากแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบหลักของคลอโรฟิลล์ในส่วนที่เป็นสีเขียวของพืช (ราเชนทร์, 2548) อีกทั้งความเข้มข้นของแมกนีเซียมมีสัดส่วนความสัมพันธ์โดยตรงความเข้มข้นแคลเซียม เมื่อพืชนำแคลเซียมไปใช้ประโยชน์ได้มาก จึงทำให้มีการสะสมแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นด้วย (Battey, 1990; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535)

ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปัจจัยที่ 1 ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิด ปัจจัยที่ 2 การใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m และปัจจัยที่ 3 การควบคุมโดยวิธีชีวภาพด้วย *T. harzianum* CB-Pin-01 ตลอดการทดลองมีปริมาณการสะสมแมกนีเซียมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เมื่อพิจารณาปัจจัยชนิดพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหาร พืชร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ และสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดการทดลอง ปริมาณการสะสมแมกนีเซียมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ส่วนปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดการทดลองพบว่า ปริมาณการสะสมแมกนีเซียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เช่นกัน (ตารางที่ 4.7)

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ 4.8 ปริมาณแมกนีเซียมที่สะสมในคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา หลังย้ายปลูก 30 วัน ในสารละลายแต่ละชนิด

Princess Chumbhot Science Project Chaiyaphum University

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติของปริมาณแมกนีเซียมที่เหลือและการสะสมในใบพืชในแต่ละปัจจัย ที่วันต่างๆ หลังย้ายปลูก

ปัจจัย	ปริมาณธาตุอาหารที่เหลือในระบบปลูก					ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในใบพืช	
	Mg (mg/L)					Mg (% DW)	
	จำนวนวันหลังย้ายปลูก (วัน)						
	0[2/]	10	20[2/]	30[2/]	40[2/]	30	40
พืช (A)							
คะน้าพันธุ์เห็ดหอม	23	49[b]	44	25	24	0.24[b]	0.29[b]
ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา	23	50[a]	44	25	22	0.27[a]	0.31[a]
F-test	ns	**	ns	ns	ns	**	**
สารละลาย (B)							
สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	23[e]	47[e]	42[c]	14[d]	12[e]	0.23[e]	0.29[d]
Tween-80® 5 mL/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	23[d]	48[d]	43[c]	15[c]	12[c]	0.24[d]	0.28[c]
Apsa-80®5 mL/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	23[c]	49[c]	43[c]	15[c]	11[d]	0.25[c]	0.30[b]
สารละลายธาตุอาหารที่มี EC 2.0 dS/m 30 L	23[b]	50[b]	45[b]	40[b]	37[b]	0.26[b]	0.30[b]
สารละลายธาตุอาหารที่มี EC 4.5 dS/m 30 L	29[a]	55[a]	47[a]	41[a]	38[a]	0.28[a]	0.33[a]
F-test	**	**	**	**	**	**	**
การควบคุมโดยวิธีชีวภาพ (C)							
ไม่ใส่ *T. harzianum* CB-Pin-01	24[b]	48[b]	43[b]	25[b]	22[b]	0.24[b]	0.29[b]
ใส่ *T. harzianum* CB-Pin-01 15 g/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	25[a]	52[a]	45[a]	26[a]	23[a]	0.26[a]	0.31[a]
F-test	**	**	**	**	**	**	**
F-test A*B [1/]	**	**	**	**	**	**	**
F-test A*C [1/]	**	**	**	**	**	**	**
F-test B*C [1/]	**	**	**	**	**	**	**
F-test A*B*C [1/]	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	0.00	1.75	2.98	0.84	3.07	3.23	2.64

[1/] ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, *, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) และ 99% ($p<0.01$) ตามลำดับ

[2/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

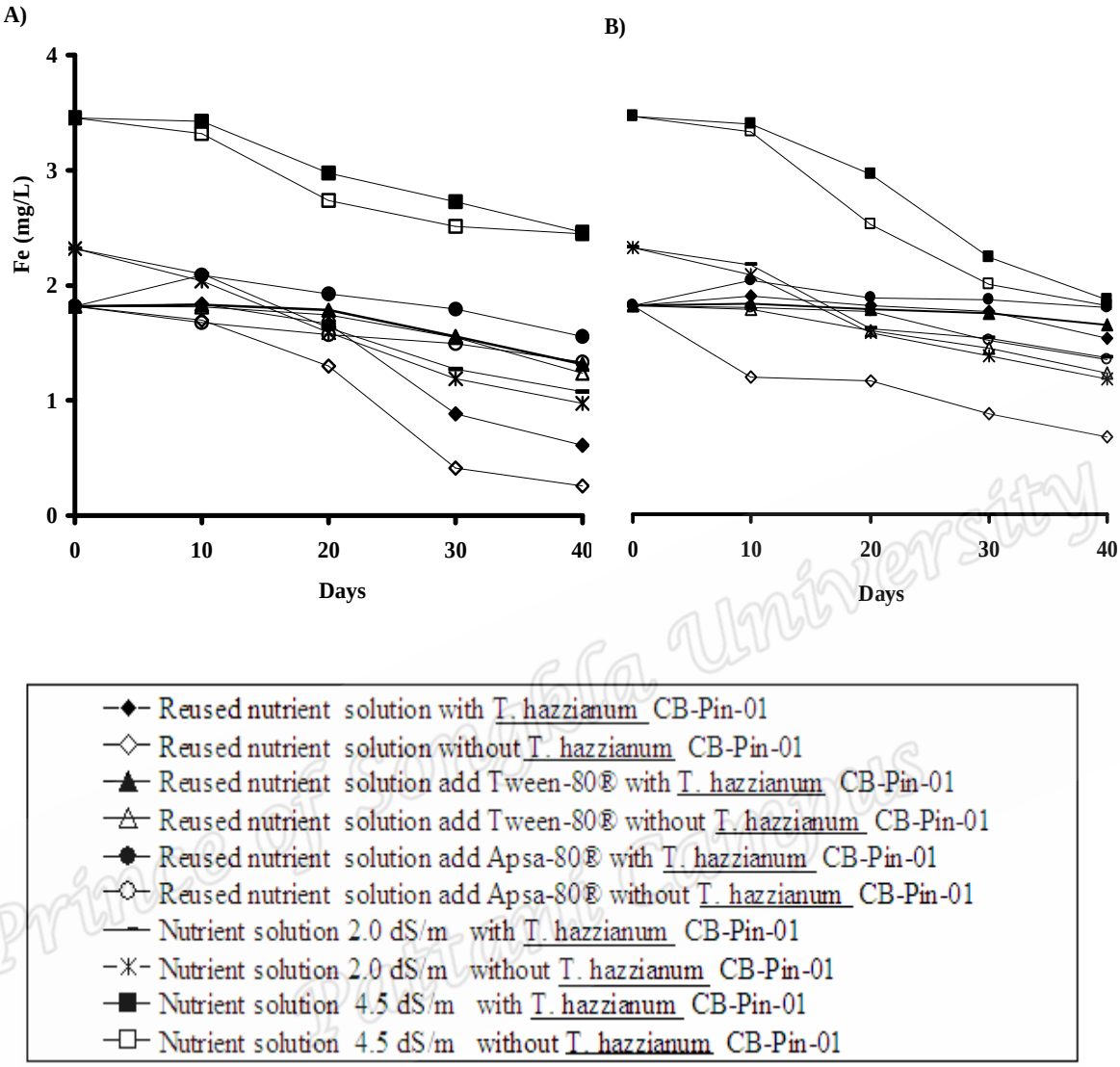
Prince of Songkla University Pattani Campus

6. เหล็ก (Iron, Fe)

ผลการศึกษาพบว่า สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วมีปริมาณเหล็กเริ่มต้นเท่ากับ 1.82 mg/L ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน มีไนโตรเจนทั้งหมดเหลือเท่ากับ 0.25 mg/L ในขณะที่ชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ร่วมและไม่ร่วมกับ *T. hazzianum* CB-Pin-01 ปริมาณปริมาณเหล็กในระบบปลูกเริ่มต้นเท่ากับ 3.45 mg/L ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน มีปริมาณเหล็กเหลือมากที่สุดเท่ากับ 2.46 และ2.44 mg/L คิดเป็นร้อยละ 71.30 และ 70.72 (รูปที่ 4.9 และภาคผนวกตารางที่ ข-3) การทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของดิเรก (2550) พบว่าปริมาณเหล็กในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการปลูกมาแล้วยังคงเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 50 และมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.5-5.0 mg/L ซึ่งเป็นระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช (Hanger, 1992) ส่วนในชุดทดลองผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาเหลือปริมาณเหล็กในระบบน้อยกว่า

ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปัจจัยที่ 1 ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิดมีปริมาณเหล็กที่เหลือในระบบปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เมื่อเริ่มย้ายปลูกและหลังย้ายปลูก 30 วันเป็นต้นไป ส่วนปัจจัยที่ 2 การใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m และปัจจัยที่ 3 การควบคุมโดยวิธีชีวภาพด้วย *T. harzian*um CB-Pin-01 ตลอดการทดลองมีปริมาณเหล็กที่เหลือในระบบปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เมื่อพิจารณาปัจจัยที่พืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหาร พืชร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพและสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดการทดลองปริมาณเหล็กที่เหลือในระบบปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เช่นเดียวกับกรณีปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ ตลอดการทดลองปริมาณเหล็กที่เหลือในระบบปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ดังแสดงในตารางที่ 4.8

Prince of Songkla University Pattani Campus



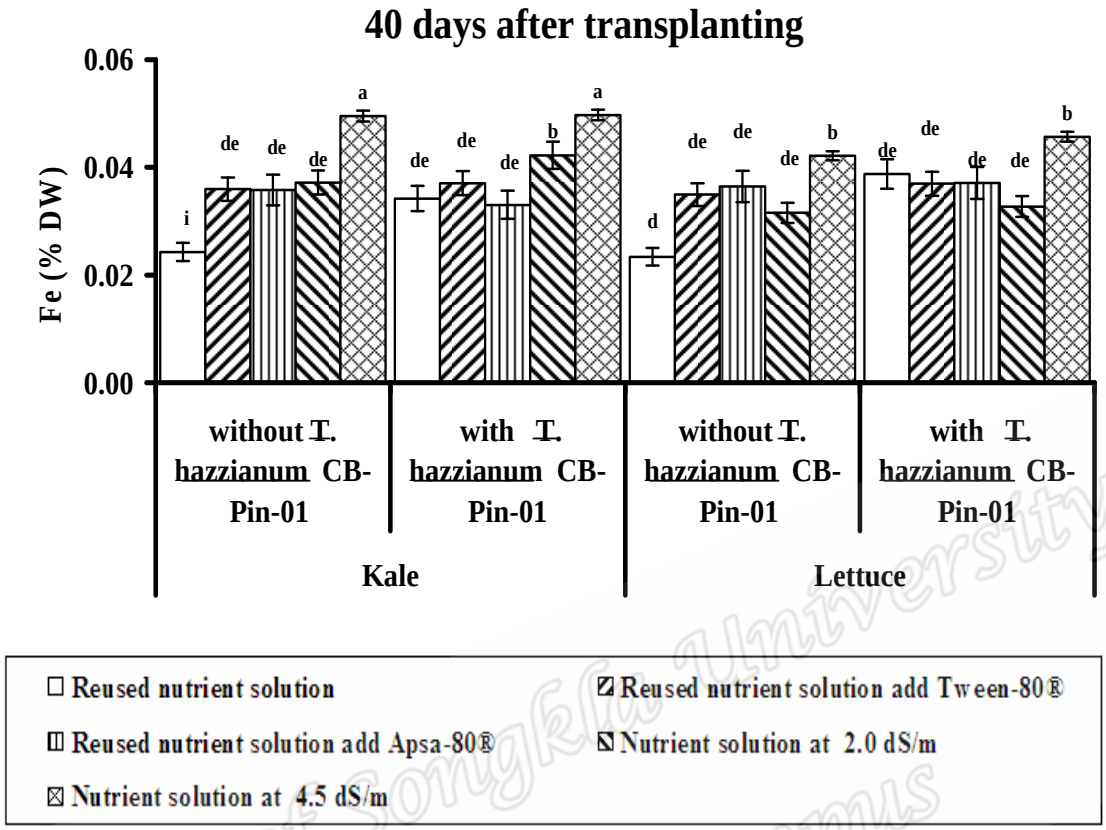
รูปที่ 4.9 ปริมาณเหล็กในสารละลายแต่ละชนิดที่เหลือในชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอม (A) และผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา (B) ณ วันต่างๆ หลังย้ายปลูก

Prince of Songkla University Pattani Campus

สำหรับการสะสมธาตุเหล็กในพืชในทุกชุดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0.02-0.04 % DW ยกเว้นชุดการทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ซึ่งร่วมและไม่กับ *T. hazzianum* CB-Pin-01 ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน มีการสะสมธาตุเหล็กมากที่สุด เท่ากับ 0.05 % DW (รูปที่ 4.10 และภาคผนวกตารางที่ ข-7) ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานตามที่ Barker and Pilbeam (2007) รายงานว่า ปริมาณการสะสมเหล็กที่เหมาะสมต่อคะน้าอยู่ในช่วง 0.0105-0.0119 % DW (ตารางที่ ข-8) แต่ปริมาณการสะสมเหล็กมากกว่า 0.05% DW ไม่ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช (Gerber, 1985) เหล็กมีความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ เมื่อปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มสูงขึ้นจึงทำให้มีการสะสมเหล็กในพืชเพิ่มขึ้นตามลำดับ (จินดารัตน์, 2549)

จากผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปัจจัยที่ 1 ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิด ปัจจัยที่ 2 การใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m และปัจจัยที่ 3 การควบคุมโดยวิธีชีวภาพด้วย *T. harzianum* CB-Pin-01 ตลอดการทดลอง มีปริมาณการสะสมเหล็กแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เมื่อพิจารณาปัจจัย พืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหาร และสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดการทดลองปริมาณการสะสมเหล็กแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เช่นเดียวกับกรณีพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ มีผลให้ปริมาณการสะสมเหล็กแตกต่างกัน ($p<0.01$) แสดงในตารางที่ 4.8 อย่างไรก็ตามทุกชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาในสารละลายแต่ละชนิดซึ่งร่วมและไม่กับ *T. hazzianum* CB-Pin-01 ภายหลังย้ายปลูก 30 วัน มีปริมาณการสะสมธาตุเหล็กไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ 4.10 ปริมาณเหล็กที่สะสมในคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาหลังย้ายปลูก 40 วันในสารละลายแต่ละชนิด

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติของปริมาณเหล็กที่เหลือและการสะสมในใบพืชในแต่ละปัจจัย ที่วันต่างๆ หลังย้ายปลูก

ปัจจัย	ปริมาณธาตุอาหารที่เหลือในระบบปลูก					ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในใบพืช	
	Fe (mg/L)					Fe (% DW)[2/]	
	จำนวนวันหลังย้ายปลูก (วัน)						
	0	10[2/]	20[2/]	30	40	30	40
พืช (A)							
คะน้าพันธุ์เห็ดหอม	2.20[b]	2.10	1.80	1.50[b]	1.30[b]	0.037[b]	0.035[b]
ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา	2.30[a]	2.10	1.80	1.60[a]	1.40[a]	0.035[a]	0.038[a]
F-test	**	ns	ns	**	**	**	**
สารละลาย (B)							
สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	1.80[c]	1.60[e]	1.40[d]	0.90[d]	0.70[e]	0.024[d]	0.030[d]
Tween-80® 5 mL/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	1.80[c]	1.80[d]	1.70[b]	1.50[b]	1.30[c]	0.040[b]	0.047[b]
Apsa-80®5 mL/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	1.80[c]	1.90[c]	1.70[b]	1.60[b]	1.50[b]	0.041[b]	0.046[b]
สารละลายธาตุอาหารที่มี EC 2.0 dS/m 30 L	2.30[b]	2.10[b]	1.60[c]	1.30[c]	1.10[d]	0.030[c]	0.034[c]
สารละลายธาตุอาหารที่มี EC 4.5 dS/m 30 L	3.40[a]	3.30[a]	2.70[a]	2.30[a]	2.10[a]	0.050[a]	0.052[a]
F-test	**	**	**	**	**	**	**
การควบคุมโดยวิธีชีวภาพ (C)							
ไม่ใส่ *T. harzianum* CB-Pin-01	2.20[b]	2.20[b]	1.70[b]	1.40[b]	1.20[b]	0.03[b]	0.03[b]
ใส่ *T. harzianum* CB-Pin-01 15 g/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	2.30[a]	2.30[a]	2.00[a]	1.70[a]	1.50[a]	0.04[a]	0.04[a]
F-test	**	**	**	**	**	**	**
F-test A*B [1/]	**	**	**	**	**	**	**
F-test A*C [1/]	**	**	**	**	**	ns	ns
F-test B*C [1/]	**	**	**	**	**	**	**
F-test A*B*C [1/]	**	**	**	**	**	ns	**
CV (%)	0.00	3.48	4.22	8.59	9.79	5.19	4.32

[1/] ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, *, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) และ 99% ($p<0.01$) ตามลำดับ

[2/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

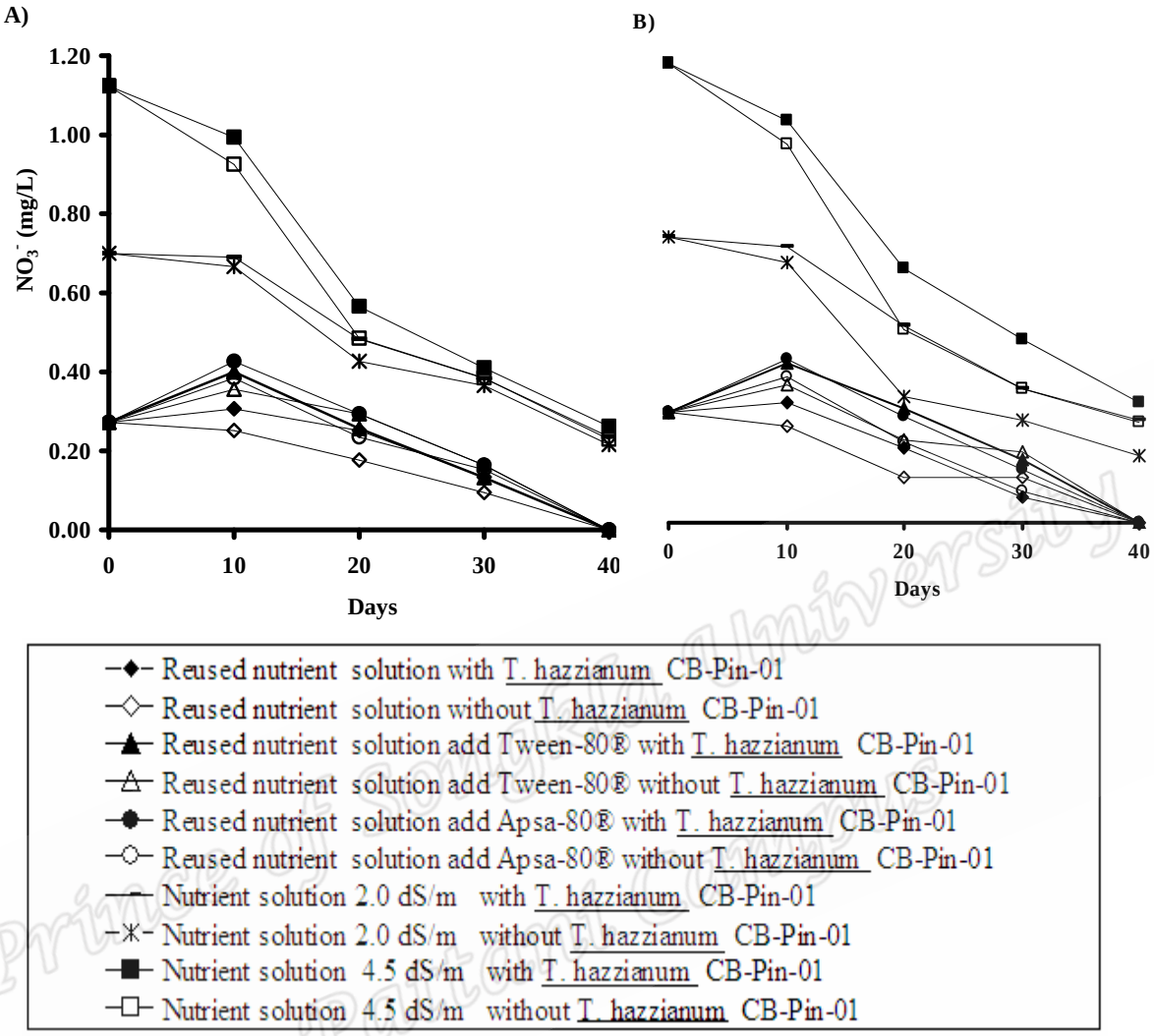
Prince of Songkla University Pattani Campus

7. ไนเตรท (Nitrate, NO_3^-)

ปริมาณไนเตรทเริ่มต้นในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วมีค่าเท่ากับ 0.27 mg/L ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน ตรวจไม่พบไนเตรท ในขณะที่ชุดทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ร่วมและไม่ร่วมกับ *T. hazzianum* CB-Pin-01 ปริมาณไนเตรทในระบบปลูกเริ่มต้นเท่ากับ 1.12 mg/L ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน พบว่า ชุดทดลองผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ร่วมกับ *T. hazzianum* CB-Pin -01 มีปริมาณไนเตรทเหลือมากที่สุดเท่ากับ 0.30 mg/L คิดเป็นร้อยละ 26 (รูปที่ 4.11 และภาคผนวกตารางที่ ข-4) และมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.14-10 mg/L ซึ่งเป็นระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช (Asher and Edwards, 1978) ส่วนในชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมมีไนเตรทเหลืออยู่ในปริมาณที่ต่ำกว่า

ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติในแต่ละปัจจัยพบว่า คะน้าพันธุ์เห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิด การใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m และการควบคุมโดยวิธีชีวภาพด้วย *T. hazzianum* CB-Pin-01 ตลอดการทดลองมีปริมาณไนเตรทที่เหลือในระบบปลูกที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เมื่อพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหาร พืชร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ และสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดการทดลองพบว่า มีปริมาณไนเตรทที่เหลือในระบบปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เช่นเดียวกันกรณีพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ ตลอดการทดลองมีผลให้ปริมาณไนเตรทที่เหลือในระบบปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เช่นกัน (ตารางที่ 4.9)

Prince of Songkla University Pattani Campus



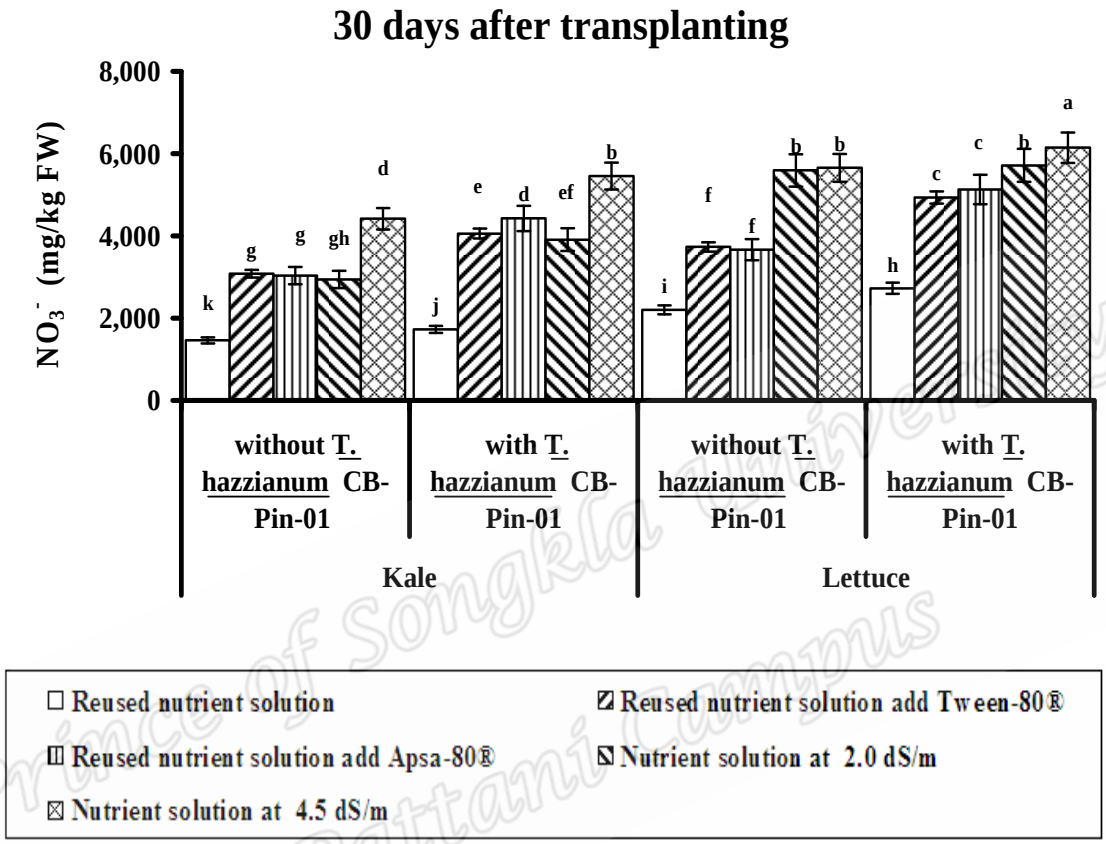
รูปที่ 4.11 ปริมาณไนเตรทในสารละลายแต่ละชนิดที่เหลือในชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอม (A) และผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา (B) ณ วันต่างๆ หลังย้ายปลูก

การสะสมไนเตรทในพืชในทุกชุดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 1455.0-5714.4 mg/kg FW ยกเว้นชุดการทดลองผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ซึ่งร่วม *T. hazzianum* CB-Pin-01 มีการสะสมไนเตรทมากที่สุดเท่ากับ 6,142.40 mg/kg FW ย้ายปลูก 30 วัน (รูปที่ 4.12 และภาคผนวกตารางที่ ข-7) สอดคล้องกับวุฒิพงศ์ (2546) รายงานว่า ผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารซึ่งมีความเข้มข้นสูง ทำให้ปริมาณการสะสมไนเตรทเพิ่มสูงขึ้นและลดปริมาณให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคได้ยาก ซึ่งผักที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ในประเทศไทยมีปริมาณการสะสมไนเตรทเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3,300-7,500 mg/kg FW (พัชราภรณ์และคณะ, 2551; ไพรัตน์, 2547) ผักกาดหอมสามารถสะสมปริมาณไนเตรทได้มากกว่า 3,000 mg/kg FW เนื่องจากผักกาดหอมเป็นผักทานใบจึงมีความต้องการไนโตรเจนในปริมาณสูง (Committee on Nitrate Accumulation, 1972) ปริมาณไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหารส่วนมากอยู่ในรูปไนเตรท-ไนโตรเจนทำให้ผักกาดหอมสามารถสะสมไนเตรทได้มากยิ่งขึ้น (Hu *et aL*, 2008; วุฒิพงศ์, 2546; มนูญ, 2544) และมีค่าเกินมาตรฐานตามที่ European Commodity (1997) ซึ่งกำหนดปริมาณการสะสมไนเตรทของผักกาดหอมสูงสุดไม่เกิน 3,000 mg/kg FW (ตารางที่ ข-8) อย่างไรก็ตามเพื่อความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ควรลดปริมาณไนเตรทไม่ให้เกินค่าตามมาตรฐานสหภาพยุโรปกำหนด ในการทดลองครั้งนี้ไม่มีการเติมน้ำเปล่าเพื่อเจือจางปริมาณไนเตรท ก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิตจากการศึกษาของวุฒิพงศ์ (2546) พบว่า ผักกาดหอมที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ก่อนการเก็บเกี่ยว 4 วัน ทำการเจือจางความเข้มข้นไนเตรทด้วยการเติมน้ำเปล่าแทนสารละลายธาตุอาหาร สามารถลดปริมาณการสะสมไนเตรทจาก 3,744 เหลือ 2,338 mg/kg FW นอกจากนี้การนำผักที่มีปริมาณไนเตรทสูง มาประกอบอาหารโดยการต้มก็สามารถลดปริมาณไนเตรทได้ถึงร้อยละ 54-60 (ออมทอง, 2548; สุวรรณา, 2547)

ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปัจจัยที่ 1 ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิด ปัจจัยที่ 2 การใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m และปัจจัยที่ 3 การควบคุมโดยวิธีชีวภาพด้วย *T. hazzianum* CB-Pin-01 ตลอดการทดลองมีปริมาณการสะสมไนเตรทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เมื่อพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหาร และสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดการทดลอง มีผลทำให้ปริมาณการสะสม ไนเตรทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ส่วนกรณีพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ พบว่าภายหลังย้ายปลูก 30 วัน ปริมาณการสะสมไนเตรทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) อย่างไรก็ตามทุกชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาในสารละลายแต่ละชนิดซึ่งร่วมและ

Prince of Songkla University Pattani Campus

ไม่กับ *T. hazzianum* CB-Pin-01 ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน มีปริมาณการสะสมไนเตรทไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.9)



รูปที่ 4.12 ปริมาณไนเตรทที่สะสมในคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา หลังย้ายปลูก 30 วัน ในสารละลายแต่ละชนิด

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนเตรทที่เหลือและการสะสมในใบพืชในแต่ละปัจจัย ที่วันต่างๆ หลังย้ายปลูก

ปัจจัย	ปริมาณธาตุอาหารที่เหลือในระบบปลูก					ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในใบพืช	
	NO_3^- (mg/L)					NO_3^- (mg/kg FW)[2/]	
	จำนวนวันหลังย้ายปลูก (วัน)						
	0	10	20	30	40	30	40
พืช (A)							
คะน้าพันธุ์เห็ดหอม	0.52[b]	0.52[b]	0.31[b]	0.20[b]	0.09[b]	3,517.33[b]	4,718.73[b]
ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา	0.53[a]	0.54[a]	0.35[a]	0.24[a]	0.13[a]	4,548.86[a]	5,436.90[a]
F-test	**	**	**	**	**	**	**
สารละลาย (B)							
สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	0.27[c]	0.26[e]	0.17[d]	0.09[d]	0.00[c]	2,079.70[d]	3,222.00[d]
Tween-80® 5 mL/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	0.27[c]	0.37[d]	0.25[c]	0.15[c]	0.00[c]	3,950.32[c]	5,000.40[c]
Apsa-80®5 mL/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	0.27[c]	0.39[c]	0.24[c]	0.13[c]	0.00[c]	4,061.20[c]	5,118.59[c]
สารละลายธาตุอาหารที่มี EC 2.0 dS/m 30 L	0.70[b]	0.66[b]	0.42[b]	0.33[b]	0.21[b]	4,538.37[b]	5,454.38[b]
สารละลายธาตุอาหารที่มี EC 4.5 dS/m 30 L	1.12[a]	0.95[a]	0.53[a]	0.39[a]	0.25[a]	5,416.07[a]	6,469.11[a]
F-test	**	**	**	**	**	**	**
การควบคุมโดยวิธีชีวภาพ (C)							
ไม่ใส่ *T. harzianum* CB-Pin-01	0.52[b]	0.50[b]	0.29[b]	0.21[b]	0.08[b]	3,603.77[b]	4,468.06[b]
ใส่ *T. harzianum* CB-Pin-01 15 g/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	0.53[a]	0.56[a]	0.37[a]	0.23[a]	0.12[a]	4,495.00[a]	5,720.98[a]
F-test	**	**	**	**	**	**	**
F-test A*B [1/]	**	**	**	**	**	**	**
F-test A*C [1/]	**	**	**	**	**	ns	ns
F-test B*C [1/]	**	**	**	**	**	**	**
F-test A*B*C [1/]	**	**	**	**	**	**	ns
CV (%)	0.00	3.740	6.09	12.95	14.86	7.63	6.96

[1/] ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, *, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) และ 99% ($p<0.01$) ตามลำดับ

[2/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

Prince of Songkla University Pattani Campus

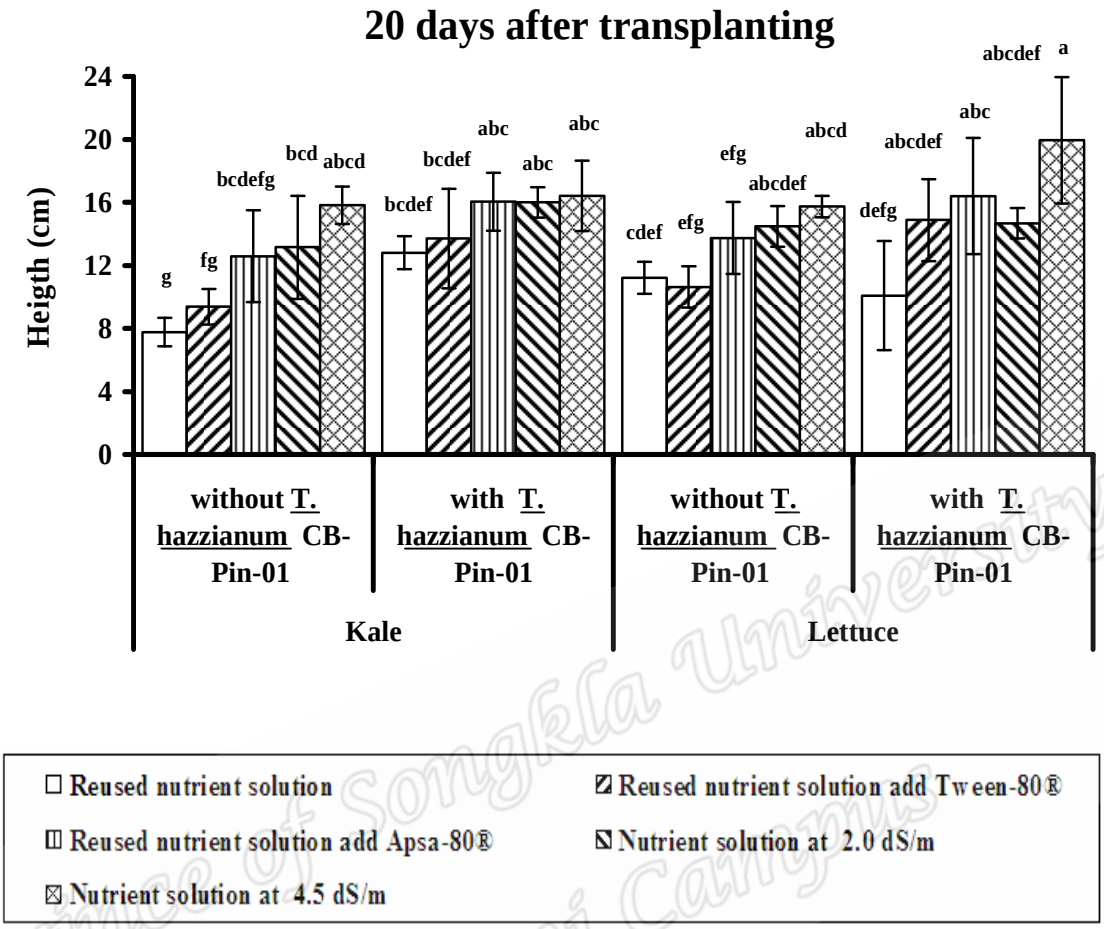
4.3 การเติบโตของพืช

1. ความสูงลำต้น (Stem height)

ผลการศึกษาพบว่า ความสูงลำต้นของพืชในทุกชุดทดลองอยู่ในช่วง 7.77-13.74 cm ยกเว้นชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอม และผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา ที่ปลูกในสารละลายธาตุที่มีค่า EC 2.0 และ4.5 dS/m และสารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วซึ่งเติมสารเสริมประสิทธิภาพ (Tween-80® และ Apsa-80®) ร่วมกับ *T. hazzianum* CB-Pin-01 มีความสูงของลำต้นสูงที่สุดในช่วง 14.67 ถึง 19.94 cm ภายหลังย้ายปลูก 20 วัน (รูปที่ 4.13 และภาคผนวกตารางที่ ข-9) เนื่องจากหลังย้ายปลูก 20 วัน พืชมีการเจริญทางลำต้นสูงสุด (ฐิติพันธ์, 2542) เพราะได้รับไนโตรเจนปริมาณสูงนำไปสร้างโปรตีนและโปรโตพลาสในส่วนลำต้น (Haynes *et aL,* 1996) ส่งเสริมการเจริญเติบโตทางลำต้นจึงทำให้ความสูงลำต้นเพิ่มสูงขึ้น (Joarder, 1983; Peck *et aL,* 1980; Rodgers *et aL,* 1986)

ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปัจจัยที่ 1 พืชทั้ง 2 ชนิดที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิด และปัจจัยที่ 3 การควบคุมด้วยวิธีชีวภาพตลอดการทดลอง พบว่าความสูงลำต้นพืชไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนปัจจัยที่ 2 การใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 2.0 และ4.5 dS/m และสารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วเติมสารเสริมประสิทธิภาพ (Apsa-80®) ภายหลังย้ายปลูกตั้งแต่ 20 วันพบว่า ความสูงลำต้นพืชมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เมื่อพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ ความสูงลำต้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) เช่นเดียวกับกรณีพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพมีผลให้ความสูงลำต้นมีความแตกต่างกันทางสถิต ($p<0.05$) หลังย้ายปลูก 20 วัน (ตารางที่ 4.10) อย่างไรก็ตามทุกชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาในสารละลายแต่ละชนิดซึ่งร่วมและไม่กับ *T. hazzianum* CB-Pin-01 ภายหลังย้ายปลูก 0, 10, 30 และ 40 วัน มีความสูงลำต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ 4.13 ความสูงลำต้นคะน้าพันธุ์เห็ดหอม และผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาหลังย้ายปลูก 20วัน ในสารละลายแต่ละชนิด

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติในแต่ละปัจจัยของสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่วันต่างๆ หลังย้ายปลูก

ปัจจัย	ความสูง (cm) [2/]					เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (cm) [2/]				
	จำนวนวันหลังย้ายปลูก (วัน)									
	0	10	20	30	40	0	10	20	30	40
ชนิดพืช (A)										
คะน้าพันธุ์เห็ดหอม	4.55	6.10	11.60	18.70	24.12	0.13	0.18	0.24	0.34	0.48^{b}
ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา	4.40	6.08	11.72	19.52	24.50	0.13	0.17	0.26	0.45	0.67^{a}
F-test [1/]	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
สารละลาย (B)										
สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	4.72	5.81	9.51^{c}	15.81^{c}	20.0^{b}	0.13	0.15^{c}	0.21^{c}	0.35	0.46^{b}
Tween-80® 5 mL/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	4.25	5.79	10.3^{bc}	17.40^{bc}	20.7^{b}	0.13	0.17^{bc}	0.22^{bc}	0.37	0.48^{b}
Apsa-80®5 mL/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	4.66	6.09	11.89^{ab}	21.21^{ab}	25.91^{a}	0.13	0.18^{ab}	0.25^{b}	0.38	0.53^{b}
สารละลายธาตุอาหารที่มี EC 2.0 dS/m 30 L	4.33	6.32	12.96^{a}	19.10^{abc}	26.41^{a}	0.13	0.19^{ab}	0.25^{b}	0.44	0.60^{b}
สารละลายธาตุอาหารที่มี EC 4.5 dS/m 30 L	4.41	6.42	13.67^{a}	21.91^{a}	28.08^{a}	0.13	0.20^{a}	0.29^{a}	0.45	0.81^{a}
F-test [1/]	ns	ns	**	**	**	ns	**	**	ns	**
การควบคุมโดยวิธีชีวภาพ (C)										
ไม่ใส่ *T. harzianum* CB-Pin-01	4.44	5.94	11.94	19.62	24.74	0.13	0.17	0.24b	0.39	0.56
ใส่ *T. harzianum* CB-Pin-01 15 g/สารละลายธาตุอาหาร 30 L	4.50	6.23	11.45	18.70	23.90	0.13	0.18	0.26a	0.40	0.59
F-test [1/]	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
F-test A*B [1/]	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F-test A*C [1/]	ns	*	*	**	*	ns	ns	ns	ns	*
F-test B*C [1/]	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F-test A*B*C [1/]	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	10.93	17.69	19.55	23.97	23.57	1.23	16.37	15.88	31.92	37.84

[1/]ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, *,** มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) และ 99% ($p<0.01$) ตามลำดับ

[2/]ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

Prince of Songkla University Pattani Campus

2. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

ในทุกชุดทดลองของคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายแต่ละชนิดซึ่งร่วมและไม่กับ *T. harzianum* CB-Pin-01 ตลอดการทดลอง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นอยู่ในช่วง 0.14-0.90 cm (ภาคผนวกตารางที่ ข-9) เนื่องจากการสะสมไนโตรเจน แมกนีเซียม และเหล็กในใบพืชได้มากทำให้การขยายเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นไม่แตกต่างกัน (เพ็ญนภา, 2546; จินดารัตน์, 2549)

ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปัจจัยที่ 1 ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิดและปัจจัยที่ 2 การใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) หลังย้ายปลูก 40 วัน ส่วนในขณะที่ปัจจัยที่ 3 การควบคุมโดยวิธีชีวภาพภายด้วย *T. hazzianum* CB-Pin-01 ทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) หลังย้ายปลูก 30 วัน เมื่อพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ มีผลให้ความสูงลำต้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดการทดลองพบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นไม่มีความแตกแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.10)

3. จำนวนใบ

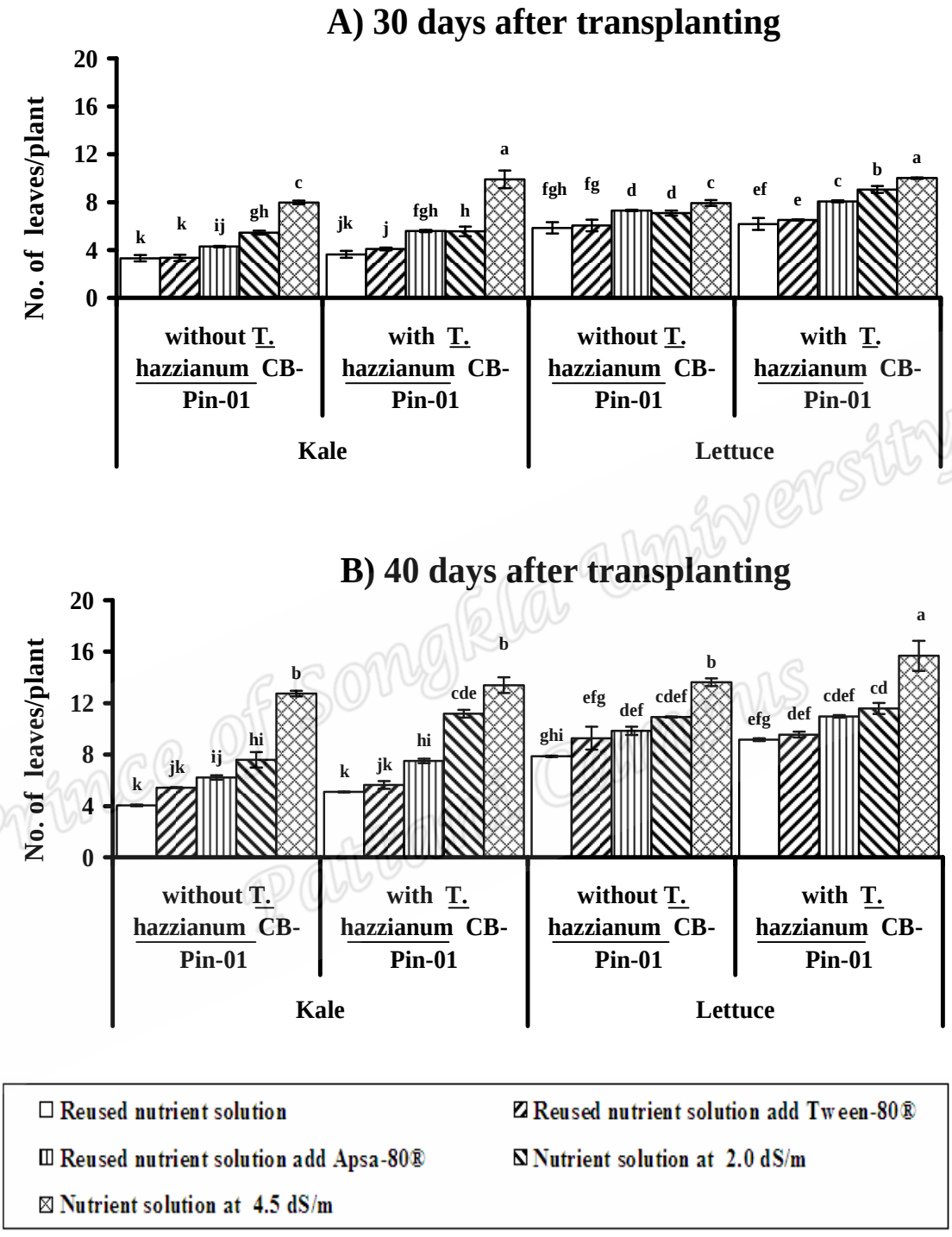
ในทุกชุดทดลองมีจำนวนใบอยู่ในช่วง 3.32-13.62 leaves/plant ยกเว้นชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอม และผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา ที่ปลูกในสารละลายธาตุที่มีค่า EC 4.5 dS/m ร่วมกับ *T. hazzianum* CB-Pin-01 มีจำนวนใบมากที่สุดอยู่ในช่วง 9.91-15.68 leaves/plant หลังย้ายปลูก 30 และ 40 วัน (รูปที่ 4.14 และภาคผนวกตารางที่ ข-10) เนื่องจากการสะสมไนโตรเจน แมกนีเซียม และเหล็กในใบพืชได้มาก จึงนำมาสร้างเป็นสารอินทรีย์จากการสังเคราะห์ด้วยแสงเปลี่ยนเป็นโปรตีน (เพ็ญนภา, 2546; จินดารัตน์, 2549; ยงยุทธ, 2543) จึงส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยเฉพาะทางใบ (Joarder, 1983; Peck *et aL,* 1980; *Rodgers et aL,* 1986)

ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปัจจัยที่ 1 ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิด ปัจจัยที่ 2 การใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m และปัจจัยที่ 3 การควบคุมโดยวิธีชีวภาพด้วย *T. harzianum* CB-Pin-01 ตลอดการทดลองพบว่าจำนวนใบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เมื่อพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหาร พืชร่วมกับการควบคุมโรคพืชด้วยวิธีชีวภาพ และสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดการทดลอง พบว่า จำนวนใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธี

Prince of Songkla University Pattani Campus

ชีวภาพตลอดการทดลองมีจำนวนใบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เช่นกัน แสดงดังในตารางที่ 4.11

Prince of Songkla University
Pattani Campus



รูปที่ 4.14 จำนวนใบของคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา หลังย้ายปลูก 30วัน (A) และ 40 วัน (B) ในสารละลายแต่ละชนิด

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติในแต่ละปัจจัยของจำนวนใบ พื้นที่ใบและความยาวรากของคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสที่วันต่างๆ หลังย้ายปลูก

ปัจจัย	จำนวนใบ (Leaves/plant)		ความยาวราก (mm)[2/]		พื้นที่ใบ (cm^2)[2/]	
	จำนวนวันหลังย้ายปลูก (วัน)					
	30	**40**	**30**	**40**	**30**	**40**
ชนิดพืช (A)						
คะน้าพันธุ์เห็ดหอม	4.69[b]	7.98[b]	12,129	18,071	148.55[b]	258.76[b]
ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา	6.95[a]	10.84[a]	11,649	20,580	364.84[a]	838.01[a]
F-test [1/]	**	**	ns	ns	**	**
สารละลาย (B)						
สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	5.46[c]	7.16[d]	7,070[c]	5,170[d]	143.95[b]	406.64[b]
Tween-80® 5 mL/สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	4.67[e]	7.52[cd]	5,081[c]	13,877[c]	154.80[b]	406.64[b]
Apsa-80®5 mL/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	5.09[d]	9.14[bc]	6,542[c]	10,322[cd]	158.30[b]	538.71[ab]
สารละลายธาตุอาหารที่มี EC 2.0 dS/m 30 L	6.60[b]	10.71[b]	14,752[b]	24,660[b]	345.20[a]	591.50[ab]
สารละลายธาตุอาหารที่มี EC 4.5 dS/m 30 L	7.35[a]	13.47[a]	25,580[a]	41,523[a]	480.84[a]	816.95[a]
F-test [1/]	**	**	**	**	**	**
การควบคุมโดยวิธีชีวภาพ (C)						
ไม่ใส่ *T. harzianum* CB-Pin-01	5.61[b]	9.51	9,533[b]	12,533[b]	299.94	596.97
ใส่ *T. harzianum* CB-Pin-01 15 g/ สารละลายธาตุอาหาร 30 L	6.07[a]	9.37	14,318[a]	26,395[a]	218.49	511.07
F-test [1/]	**	**	**	**	ns	ns
F-test A*B [1/]	**	**	ns	ns	ns	ns
F-test A*C [1/]	**	**	**	**	ns	ns
F-test B*C [1/]	**	**	**	**	ns	ns
F-test A*B*C [1/]	**	**	ns	**	ns	**
CV(%)	4.29	10.77	63.14	40.47	71.26	73.78

[1/]ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, *,** มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) และ 99% ($p<0.01$) ตามลำดับ

[2/]ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

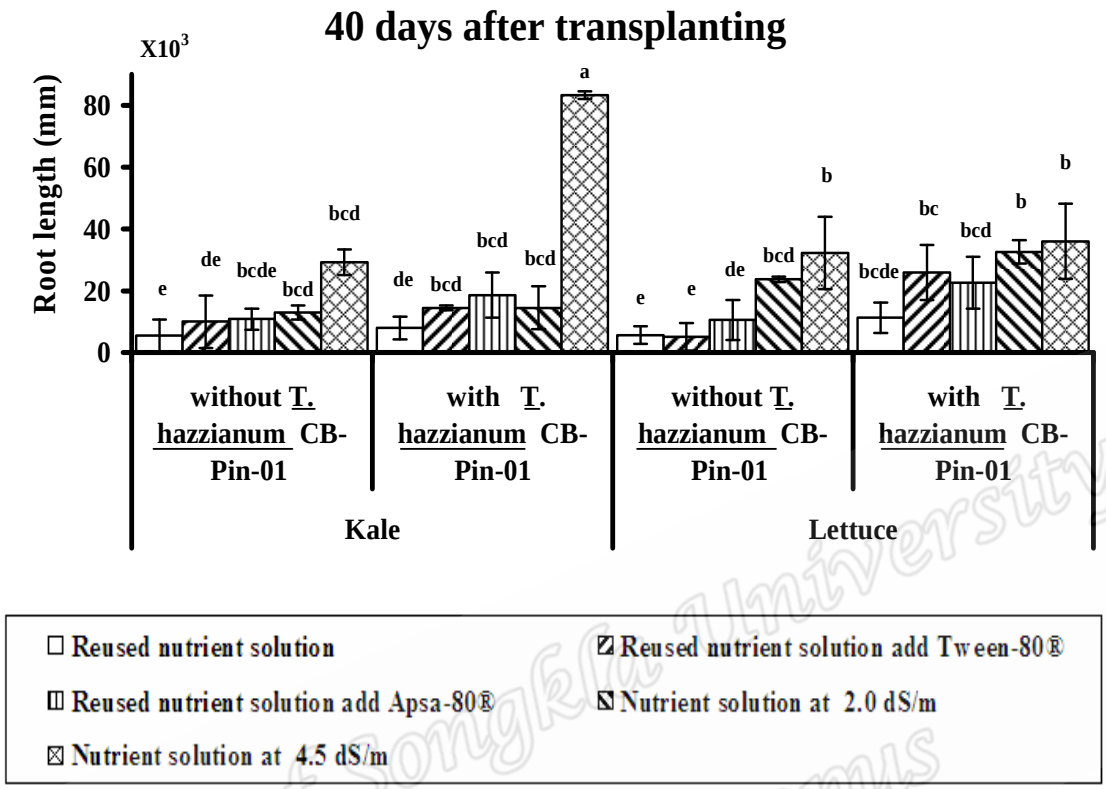
Prince of Songkla University Pattani Campus

4. ความยาวราก

ความยาวรากพืชในทุกชุดทดลองอยู่ในช่วง 5476.70-36020.33 mm ยกเว้นชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุที่มีค่า EC 4.5 dS/m ร่วมกับ *T. hazzianum* CB-Pin-01 ซึ่งมีความความยาวรากมากที่สุดเท่ากับ 83,298.33 mm หลังย้ายปลูก 40 วัน (รูปที่ 4.15 และภาคผนวกตารางที่ ข-10) เนื่องจากรากพืชสามารถดูดซึมแคลเซียมได้ง่าย (Shear, 1980) และเมื่อมีปริมาณการสะสมแคลเซียมในส่วนรากมากทำให้ปลายรากเจริญและแบ่งเซลล์มากขึ้น (Taiz and Zeiger, 1998) อีกทั้งปริมาณการสะสมโพแทสเซียมความสามารถกระตุ้น gibberellic acid (GA) ในเนื้อเยื่อบริเวณที่ขยายตัวช่วยการยืดตัวของเซลล์ เกิดการขยายขนาดของเซลล์ทางด้านความยาว (เพ็ญนภา, 2546) ส่วนชุดทดลองผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานามีความความยาวน้อยกว่า

จากผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติ ปัจจัยที่ 1 พืชทั้ง 2 ชนิดที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิดมีความยาวรากไม่ต่างกันทางสถิติ หลังย้ายปลูก 40 วัน ปัจจัยที่ 2 การใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m และ ปัจจัยที่ 3 การควบคุมโดยวิธีชีวภาพด้วย *T. harzianum* CB-Pin-01 ตลอดการทดลองมีความยาวรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เมื่อพิจารณาปัจจัยการควบคุมโดยวิธีชีวภาพร่วมกับพืช พืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารมีความยาวรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) สำหรับปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ ความยาวรากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน ในขณะที่ภายหลังย้ายปลูก 30 วัน ทุกชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาในสารละลายแต่ละชนิดซึ่งร่วมและไม่กับ *T. hazzianum* CB-Pin-01 ความยาวรากไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.11)

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ 4.15 ความยาวรากของคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา หลังย้ายปลูก 40 วันในสารละลายแต่ละชนิด

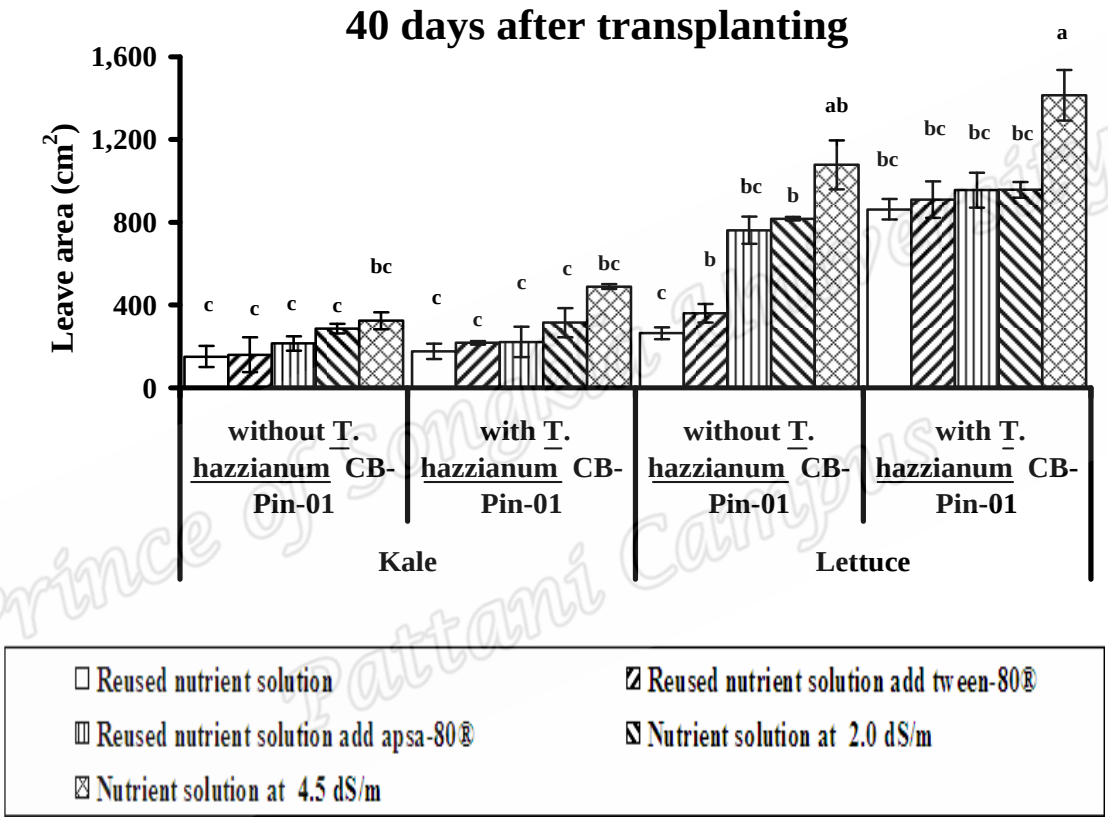
5. พื้นที่ใบพืช

ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน พบว่า ในทุกชุดทดลองมีพื้นที่ใบอยู่ในช่วง 151.40-957.41 cm^2 ยกเว้นชุดทดลองผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ร่วมและไม่กับ *T. harzianum* CB-Pin-01 มีพื้นที่ใบมากที่สุดเท่ากับ 1,414.24 และ 1,077.24 cm^2 ตามลำดับ (รูปที่ 4.16 และภาคผนวกตารางที่ ข-10) เนื่องจากพืชนำสารอินทรีย์จากการสะสมไนโตรเจน แมกนีเซียม และเหล็กสร้างเป็นโปรตีนทำให้มีเจริญเติบทางใบเพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนใบมี เพิ่มขึ้นจึงมีผลโดยตรงกับการเพิ่มพื้นที่ใบ (เพ็ญนภา, 2546; จินดารัตน์, 2549; ยงยุทธ, 2543)

จากผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติกรณี ปัจจัยที่ 1 ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิด และปัจจัยที่ 2 การใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 2.0, 4.5 dS/m และสารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วเติมสารเสริมประสิทธิภาพ (Apsa-80®)

Prince of Songkla University Pattani Campus

ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน พบว่า พื้นที่ใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ส่วนปัจจัยที่ 3 การควบคุมโดยวิธีชีวภาพภายหลังย้ายปลูก 40 วัน พื้นที่ใบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.9) สำหรับปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ พบว่าภายหลังย้ายปลูก 40 วันพื้นที่ใบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) แสดงดังตารางที่ 4.11 ในขณะที่ภายหลังย้ายปลูก 30 วัน ไม่ผลให้พื้นที่ใบมีความแตกต่างกันทางสถิติ



รูปที่ 4.16 พื้นที่ใบคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาหลังย้ายปลูก 40 วันในสารละลายแต่ละชนิด

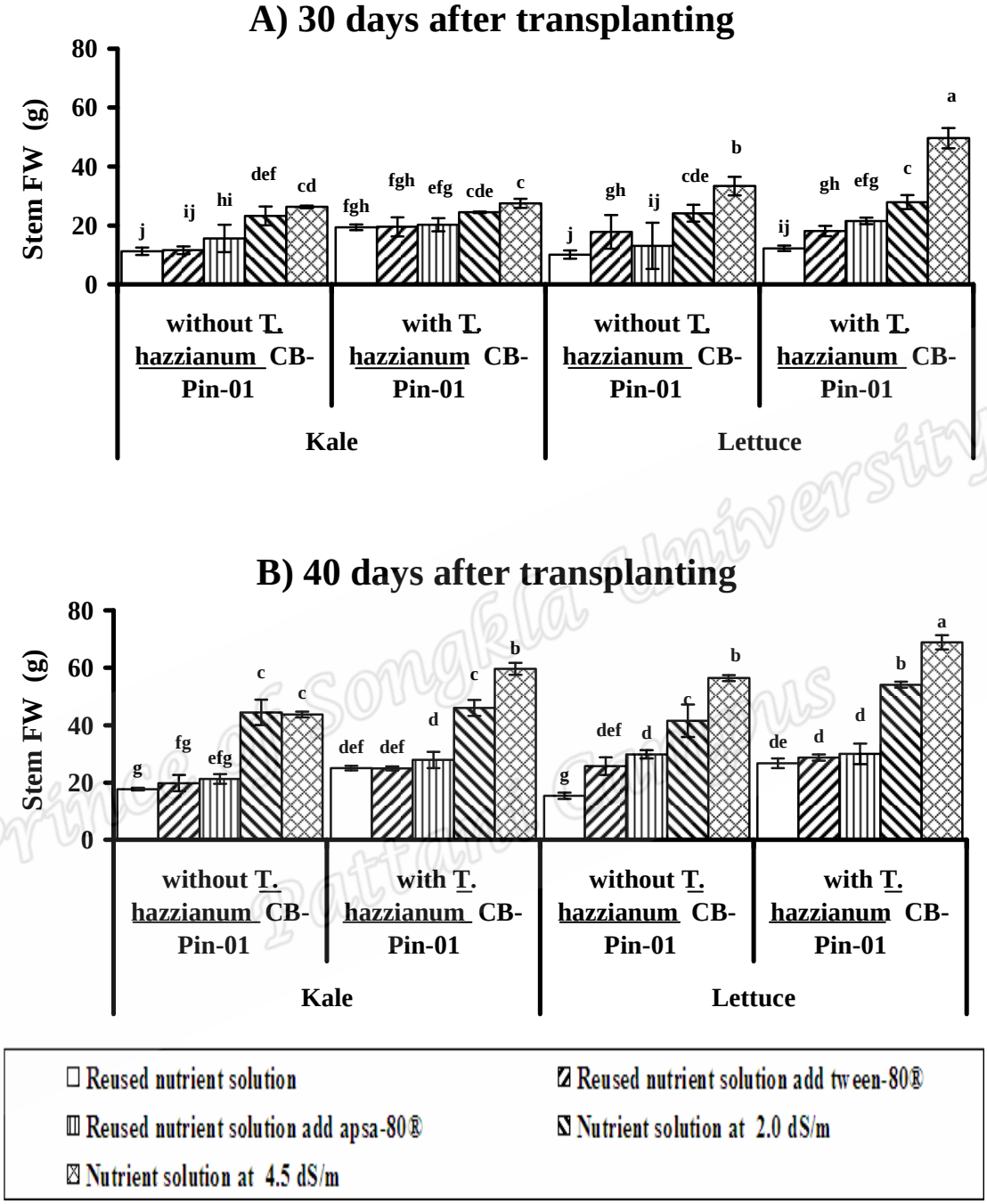
6. น้ำหนักสดลำต้น

ผลการศึกษาพบว่า ในทุกชุดทดลองภายหลังย้ายปลูก 30 วัน และ 40 วัน มีน้ำหนักสดลำต้นต้นอยู่ในช่วง 11.24-33.36 g และ 15.42-59.64 g ตามลำดับ ยกเว้นชุดทดลองผักกาดหอมคอสพันธุ์ โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ร่วมกับ *T. harzianum* CB-Pin-01 มีน้ำหนักสดลำต้นต้นมากที่สุดเท่ากับ 49.65 และ68.87 g หลังย้ายปลูก 30 และ 40 วัน ตามลำดับ (รูปที่ 4.17 และภาคผนวกตารางที่ ข-10) เนื่องจากพืชสะสมปริมาณ

ไนโตรเจนได้มากขึ้น ซึ่งไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของสารชีวโมเลกุลหลายประเภทได้แก่ กรดอะมิโน โปรตีน โคเอนไซม์ และกรดนิวคลีอิก นำมาสร้างสารอินทรีย์เปลี่ยนเป็นโปรตีนในปริมาณที่สูงขึ้น เมื่อปริมาณโปรตีนสูงขึ้น จะส่งผลให้น้ำหนักสดและผลผลิตเพิ่มขึ้นตามลำดับ (Salisbury and Ross, 1992) ซึ่งปริชาติ (2546) รายงานการใช้สาร Nutriplant AG® ร่วมกับสารละลายธาตุอาหารทำให้ผักกาดหอมบัตเตอร์เฮดมีน้ำหนักสดมากที่สุด เท่ากับ 52.12 g

จากการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปัจจัยที่ 1 ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิดปัจจัยที่ 2 การใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m และปัจจัยที่ 3 การควบคุมโดยวิธีชีวภาพด้วย *T. harzianum* CB-Pin-01 ตลอดการทดลอง น้ำหนักสดลำต้นต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เช่นเดียวกันเมื่อพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหาร พืชร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ และสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดจน ปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ น้ำหนักสดลำต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ดังแสดงในตารางที่ 4.12

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ 4.17 น้ำหนักสดคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาหลังย้ายปลูก 30 วัน (A) และ 40 วัน (B) ในสารละลายแต่ละชนิด

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติในแต่ละปัจจัยของน้ำหนักสดต้นและราก น้ำหนักแห้งต้นและราก และอัตราส่วนน้ำหนักแห้งต้น/ราก ของคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่วันต่างๆ หลังย้ายปลูก

ปัจจัย	ความสูง (cm) [2/]					เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (cm) [2/]				
	จำนวนวันหลังย้ายปลูก (วัน)									
	0	10	20	30	40	0	10	20	30	40
ชนิดพืช (A)										
คะน้าพันธุ์เห็ดหอม	4.55	6.10	11.60	18.70	24.12	0.13	0.18	0.24	0.34	0.48^{b}
ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา	4.40	6.08	11.72	19.52	24.50	0.13	0.17	0.26	0.45	0.67^{a}
F-test [1/]	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
สารละลาย (B)										
สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	4.72	5.81	9.51^{c}	15.81^{c}	20.0^{b}	0.13	0.15^{c}	0.21^{c}	0.35	0.46^{b}
Tween-80® 5 mL/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	4.25	5.79	10.3^{bc}	17.40^{bc}	20.7^{b}	0.13	0.17^{bc}	0.22^{bc}	0.37	0.48^{b}
Apsa-80®5 mL/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	4.66	6.09	11.89^{ab}	21.21^{ab}	25.91^{a}	0.13	0.18^{ab}	0.25^{b}	0.38	0.53^{b}
สารละลายธาตุอาหารที่มี EC 2.0 dS/m 30 L	4.33	6.32	12.96^{a}	19.10^{abc}	26.41^{a}	0.13	0.19^{ab}	0.25^{b}	0.44	0.60^{b}
สารละลายธาตุอาหารที่มี EC 4.5 dS/m 30 L	4.41	6.42	13.67^{a}	21.91^{a}	28.08^{a}	0.13	0.20^{a}	0.29^{a}	0.45	0.81^{a}
F-test [1/]	ns	ns	**	**	**	ns	**	**	ns	**
การควบคุมโดยวิธีชีวภาพ (C)										
ไม่ใส่ *T. harzianum* CB-Pin-01	4.44	5.94	11.94	19.62	24.74	0.13	0.17	0.24b	0.39	0.56
ใส่ *T. harzianum* CB-Pin-01 15 g/สารละลายธาตุอาหาร 30 L	4.50	6.23	11.45	18.70	23.90	0.13	0.18	0.26a	0.40	0.59
F-test [1/]	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
F-test A*B [1/]	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F-test A*C [1/]	ns	*	*	**	*	ns	ns	ns	ns	*
F-test B*C [1/]	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F-test A*B*C [1/]	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	10.93	17.69	19.55	23.97	23.57	1.23	16.37	15.88	31.92	37.84

[1/]ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, *,** มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) และ 99% ($p<0.01$) ตามลำดับ

[2/]ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

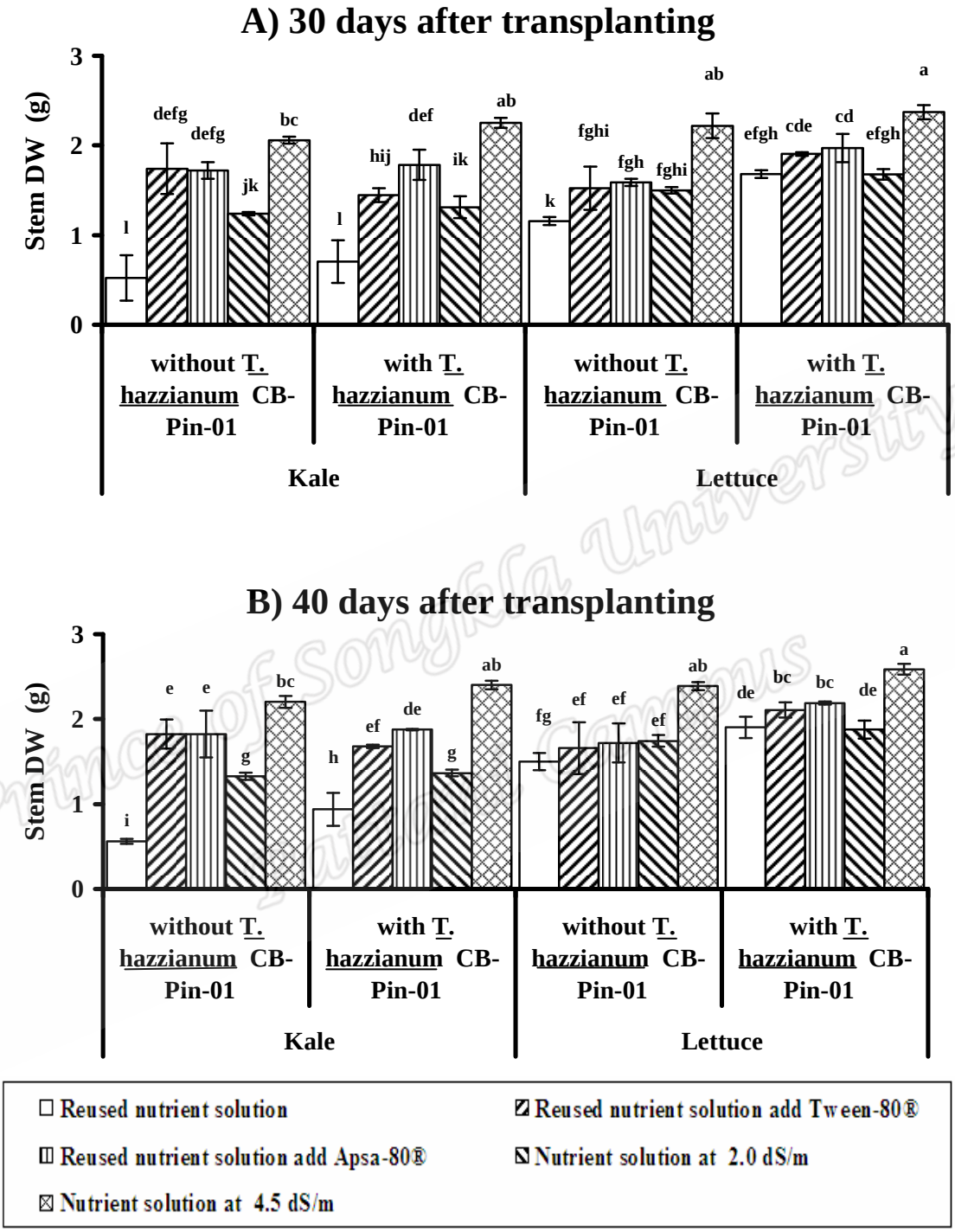
Prince of Songkla University Pattani Campus

7. น้ำหนักแห้งต้น

ในทุกชุดทดลองมีน้ำหนักแห้งลำต้นต้นภายหลังย้ายปลูก 30 วัน และ40 วัน อยู่ในช่วง 0.52-2.06 g และ0.56-2.20 g ตามลำดับ ยกเว้นชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ร่วมและไม่ร่วมกับ *T. harzianum* CB-Pin-01 มีน้ำหนักแห้งลำต้นมากที่สุดอยู่ในช่วง 2.20-2.59 g หลังย้ายปลูก 30 และ 40 วัน (รูปที่ 4.18 และภาคผนวกตารางที่ ข-11) เนื่องจากรากพืชสามารถนำไนโตรเจนมาใช้ประโยชน์ได้ทันที ทำให้น้ำหนักแห้งลำต้นสูงขึ้น (สรสิทธ์, 2528; Winsor and Adams, 1988) และเมื่อจำนวนใบมีมากจะทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสง สร้างแป้งและน้ำตาล ทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งของลำต้นพืชเพิ่มขึ้น (Shibles and Weber, 1965; Medany *et aL,* 1990)

จากการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปัจจัยที่ 1 ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิด ปัจจัยที่ 2 การใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m และปัจจัยที่ 3 การควบคุมโดยวิธีชีวภาพด้วย *T. harzianum* CB-Pin-01ตลอดการทดลอง น้ำหนักแห้งลำต้นต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เมื่อพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหาร พืชร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ และสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดการทดลองมีผลให้น้ำหนักแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ในขณะที่ปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดการทดลองน้ำหนักแห้งลำต้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.12

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ 4.18 น้ำหนักแห้งต้นคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา หลังย้ายปลูก 30 วัน (A) และ 40 วัน (B) ในสารละลายแต่ละชนิด

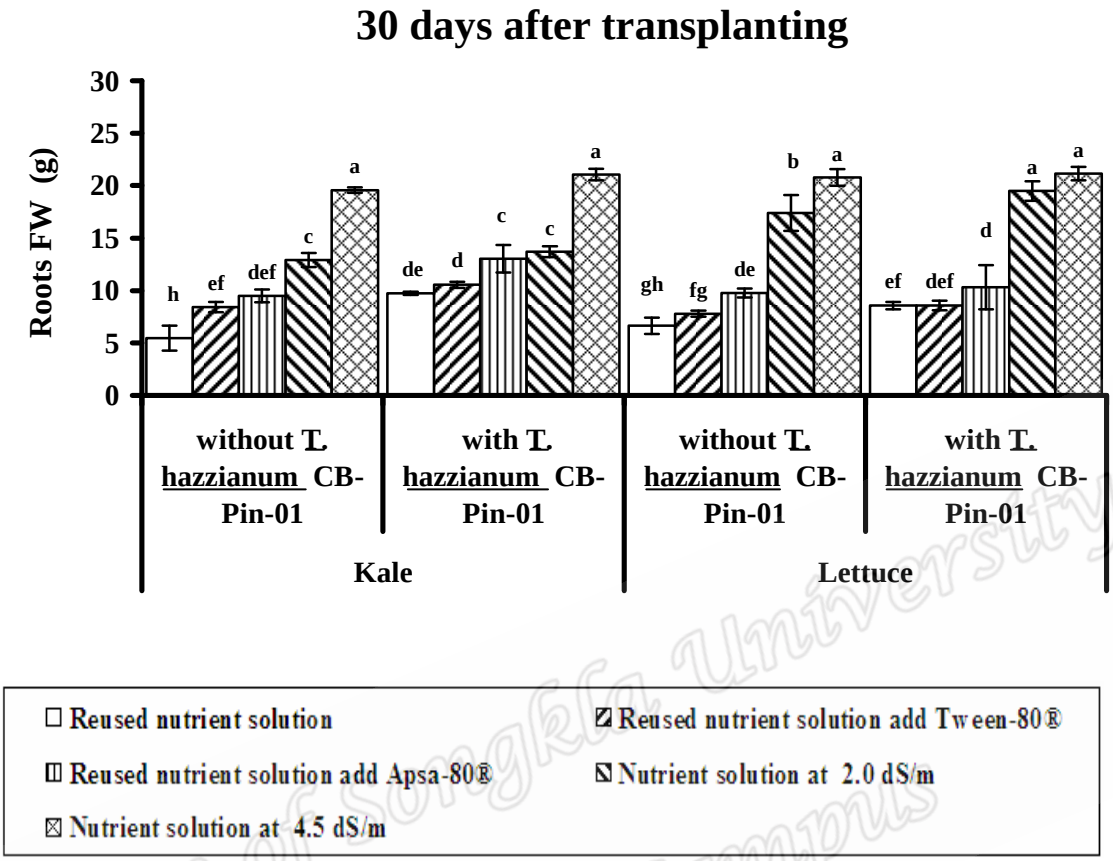
Prince of Songkla University Pattani Campus

8. น้ำหนักสดราก

ผลการศึกษาพบว่า น้ำหนักสดรากในทุกชุดทดลองอยู่ในช่วง 5.46-17.38 g หลังย้ายปลูก 30 วัน ยกเว้นชุดทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ซึ่งร่วมและไม่ร่วมกับ *T. harzianum* CB-Pin-01 โดยเฉพาะชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา มีน้ำหนักสดรากมากที่สุดอยู่ในช่วง 19.56 และ 21.14 g หลังย้ายปลูก 30 วัน ตามลำดับ (รูปที่ 4.19 และภาคผนวกตารางที่ ข-11) เนื่องจากพืชมีสะสมแคลเซียมในส่วนของรากมากซึ่งใช้ในกระบวนการแบ่งเซลล์ จึงทำให้ปลายรากเจริญมากและมีน้ำหนักสดรากมากขึ้นตามลำดับ (Taiz and Zeiger, 1998)

จากผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติ ปัจจัยที่ 1 ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิด และปัจจัยที่ 3 การควบคุมโดยวิธีชีวภาพด้วย *T. harzianum* CB-Pin-01 พบว่า น้ำหนักสดรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) หลังย้ายปลูก 30 วัน เช่นเดียวกับปัจจัยที่ 2 การใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ตลอดการทดลองมีมีผลให้น้ำหนักสดรากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เมื่อพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหาร พืชร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ และสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ ตลอดการทดลอง น้ำหนักสดรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ในขณะที่เมื่อพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพมีผลให้น้ำหนักสดรากมีความแตกต่างกันทางสถิต ($p<0.05$) หลังย้ายปลูก 30 วัน อย่างไรก็ตามพบว่า ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน ทุกชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาในสารละลายแต่ละชนิดซึ่งร่วมและไม่กับ *T. hazzianum* CB-Pin-01 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของน้ำหนักสดราก (ตารางที่ 4.12)

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ 4.19 น้ำหนักสดรากคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา หลังย้ายปลูก 30 วันในสารละลายแต่ละชนิด

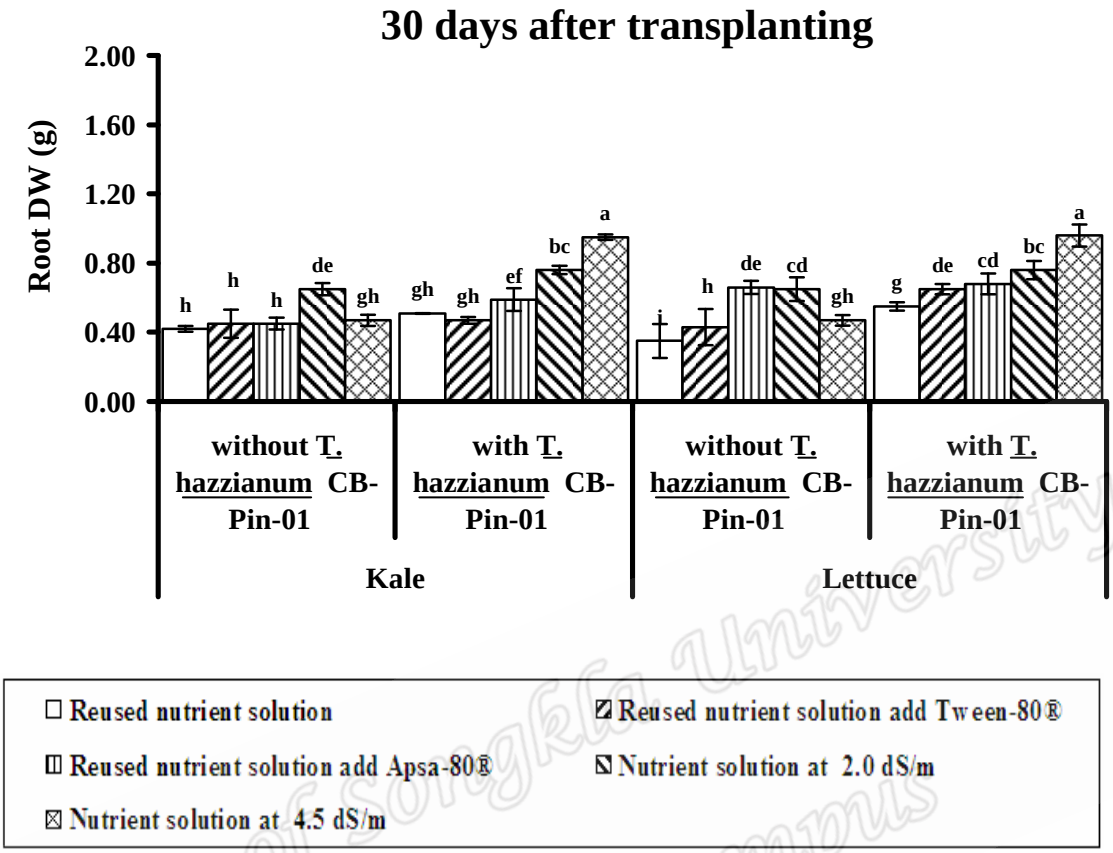
Prince of Songkla University Pattani Campus

9. น้ำหนักแห้งราก

ในทุกชุดทดลองภายหลังย้ายปลูก 30 วัน มีน้ำหนักแห้งรากอยู่ในช่วง 0.42-0.76 g ยกเว้นชุดทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ซึ่งร่วมกับ *T. harzianum* CB-Pin-01 โดยเฉพาะชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา มีน้ำหนักแห้งรากมากที่สุดเท่ากับ 0.95 g (รูปที่ 4.20 และภาคผนวกตารางที่ ข-11) เนื่องจากพืชมีสะสมแคลเซียมในส่วนของรากมากเพราะใช้ในกระบวนการแบ่งเซลล์ จึงทำให้ปลายรากเจริญมากและมีน้ำหนักสดรากมากและจะมีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นตามลำดับ (Taiz and Zeiger, 1998) สอดคล้องกับรายงานของปริชาติ (2550) พบว่า การใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC เท่ากับ 2.0 dS/m ร่วมกับ pH 6.2 ทำให้น้ำหนักแห้งรากสูงสุดเท่ากับ 1.24 g

จากการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติ ปัจจัยที่ 1 ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิด ปัจจัยที่ 2 การใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m และปัจจัยที่ 3 การควบคุมโดยวิธีชีวภาพด้วย *T. harzianum* CB-Pin-01 ภายหลังย้ายปลูก 30 วัน พบว่า น้ำหนักแห้งรากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เมื่อพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหาร พืชร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ และสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ มีผลให้น้ำหนักแห้งรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เช่นเดียวกันกับเมื่อพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ ดังแสดงในตารางที่ 4.12 อย่างไรก็ตามน้ำหนักแห้งรากของทุกชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาในสารละลายแต่ละชนิดซึ่งร่วมและไม่กับ *T. hazzianum* CB-Pin-01 ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.12)

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ 4.20 น้ำหนักแห้งรากคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาหลังย้ายปลูก 30 วัน ในสารละลายแต่ละชนิด

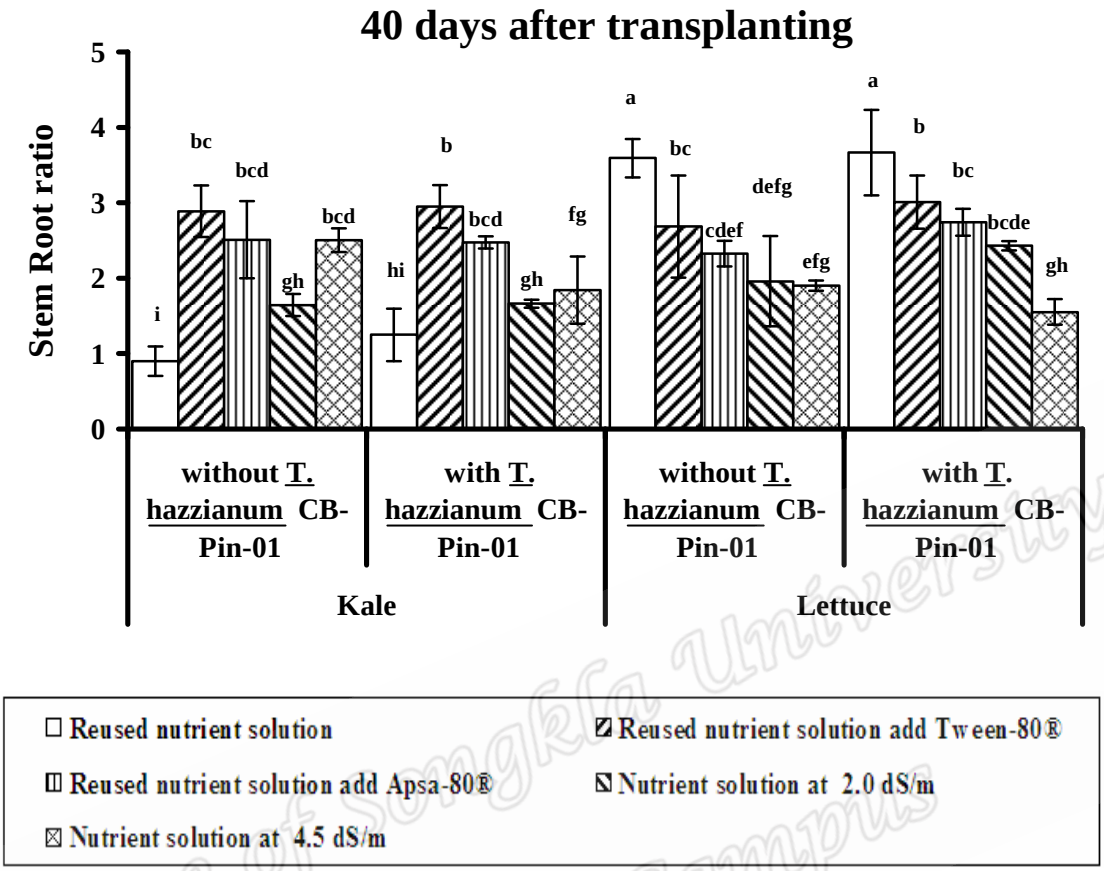
Prince of Songkla University Pattani Campus

10. อัตราส่วนน้ำหนักแห้งต้นต่อราก

ผลการศึกษาพบว่า ในทุกชุดทดลองภายหลังย้ายปลูก 40 วัน มีอัตราส่วนน้ำหนักแห้งต้นต่อรากอยู่ในช่วง 0.90-3.01 ยกเว้นชุดทดลองผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุที่ใช้แล้วไม่ร่วมและร่วมกับ *T. harzianum* CB-Pin-01 มีอัตราส่วนน้ำหนักแห้งต้นต่อรากมากที่สุดเท่ากับ 3.59 และ 3.67 ส่วนชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมมีอัตราส่วนน้ำหนักแห้งต้นต่อรากน้อยกว่า (รูปที่ 4.21 และภาคผนวกตารางที่ ข-11) เนื่องจากพืชที่เจริญเติบโตผิดปกติมีอาการรากเน่ากุดดำ ซึ่งอาจเกิดจากโรครากเน่า (แพรทอง, 2549) ทำให้ยอดมีการเจริญของมากกว่ารากส่งผลให้อัตราส่วนน้ำหนักแห้งต้นต่อรากเพิ่มขึ้น (Russell, 1977) ซึ่งสอดคล้องกับยุทธนา (2547) และ Haynes *et al* . (1996) ซึ่งรายงานว่า พืชที่เจริญเติบโตปกติ อายุ 40 วันหลังย้ายปลูก มีอัตราการเจริญทางด้านลำต้นค่อนข้างคงที่ แต่รากพืชมีการเจริญอยู่ ทำให้อัตราส่วนน้ำหนักแห้งต้นต่อรากลดลง

ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิด และการใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 2.0 และ 4.5 dS/m ตลอดการทดลองพบว่า อัตราส่วนน้ำหนักแห้งต้นต่อรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ส่วนการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ ไม่มีผลให้อัตราส่วนน้ำหนักแห้งต้นต่อรากต่างกันทางสถิติ เมื่อพิจารณาพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหาร พืชร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ ตลอดการทดลองพบว่า อัตราส่วนน้ำหนักแห้งต้นต่อรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) สำหรับปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดการทดลอง ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน อัตราส่วนน้ำหนักแห้งต้นต่อรากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) แสดงในตารางที่ 4.12

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ 4.21 อัตราส่วนน้ำหนักแห้งต้นต่อรากคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา หลังย้ายปลูก 40 วัน ในสารละลายแต่ละชนิด

Prince of Songkla University Pattani Campus

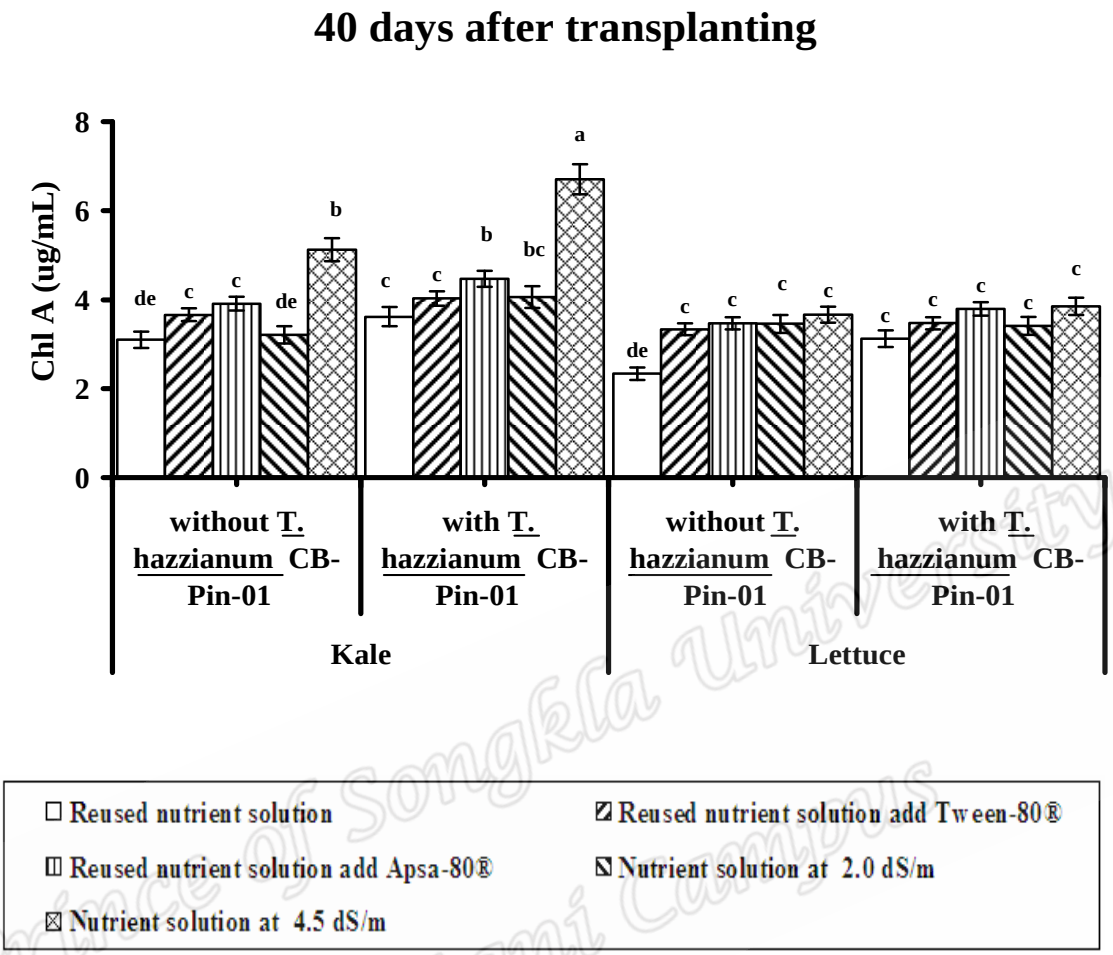
4.4 ปริมาณรงควัตถุที่สะสมในใบพืช

1. ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ

ในทุกชุดทดลองมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ในช่วง 3.10-5.12 µg/mL ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน ยกเว้นชุดทดลองพบว่าคะน้าพันธุ์เห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ร่วมกับ *T. harzianum* CB-Pin-01 มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอสูงสุดเท่ากับ 6.71 µg/mL หลังย้ายปลูก 40 วัน ส่วนชุดทดลองผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานามีปริมาณคลอโรฟิลล์เอน้อยกว่า (รูปที่ 4.22 และภาคผนวกตารางที่ ข-5) เนื่องจากไนโตรเจนและแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ (Hewitt, 1956) และคะน้าพันธุ์เห็ดหอมมีการสะสมไนโตรเจนแมกนีเซียม และเหล็กส่วนใบในปริมาณที่สูง จึงนำไปสร้างสารอินทรีย์แล้วเปลี่ยนเป็นโปรตีน เมื่อพืชสังเคราะห์ด้วยแสงได้ดีส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอเพิ่มมากขึ้น (เพ็ญนภา, 2546; จินดารัตน์, 2549; ยงยุทธ, 2543; Bruggink, 1992)

จากการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติ ปัจจัยที่ 1 พืชทั้ง 2 ชนิดที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิดตลอดการทดลองปริมาณคลอโรฟิลล์เอมีค่าไม่ต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ปัจจัยที่ 2 การใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วเติมสารเสริมประสิทธิภาพ (Tween-80® และ Apsa-80®) และปัจจัยที่ 3 การควบคุมโดยวิธีชีวภาพด้วยการใส่ *T. harzianum* CB-Pin-01 พบว่า มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ ปริมาณคลอโรฟิลล์เอมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ดังแสดงในตารางที่ 4.13

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ 4.22 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอในใบคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาหลังย้ายปลูก 40 วัน ในสารละลายแต่ละชนิด

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติในแต่ละปัจจัยของปริมาณคลอโรฟิลล์เอ, บี และแคโรทีนอยด์ในใบคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่วันต่างๆ หลังย้ายปลูก

ปัจจัย	คลอโรฟิลล์ เอ (µg/mL)[2/]		คลอโรฟิลล์ บี (µg/mL)[2/]		แคโรทีนอยด์ (µg/mL)[2//]	
	จำนวนวันหลังย้ายปลูก (วัน)					
	30	**40**	**30**	**40**	**30**	**40**
พืช (A)						
คะน้าพันธุ์เห็ดหอม	2.68	3.13	1.61	2.80	1.26	2.21
ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา	2.64	2.52	1.01	2.22	0.88	1.70
F-test[1/]	ns	ns	ns	ns	ns	ns
สารละลาย (B)						
สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	1.14	1.75[c]	1.50	1.96	0.81	1.77
Tween-80® 5 mL/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	1.30	3.21[ab]	1.04	2.63	0.87	1.90
Apsa-80®5 mL/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	1.38	3.21[ab]	1.77	2.97	1.15	1.81
สารละลายธาตุอาหารที่มี EC 2.0 dS/m 30 L	1. 34	2.29[bc]	1.07	2.33	1.03	1.85
สารละลายธาตุอาหารที่มี EC 4.5 dS/m 30 L	1.53	3.55[a]	1.17	2.60	1.46	2.40
F-test[1/]	ns	**	ns	ns	ns	ns
การควบคุมโดยวิธีชีวภาพ (C)						
ไม่ใส่ *T. harzianum* CB-Pin-01	1.81	2.22b	1.37	2.63	1.10	2.04
ใส่ *T. harzianum* CB-Pin-01 15 g/สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	1.52	3.44a	1.25	2.38	1.04	1.86
F-test[1/]	ns	**	ns	ns	ns	ns
F-test A*B [1/]	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F-test A*C [1/]	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F-test B*C [1/]	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F-test A*B*C [1/]	ns	**	ns	ns	ns	ns
CV(%)	52.07	45.29	119.31	81.31	73.57	73.47

[1/]ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, *,** มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) และ 99% ($p<0.01$) ตามลำดับ

[2/]ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

Prince of Songkla University Pattani Campus

2. ปริมาณคลอโรฟิลล์บี

ในทุกชุดทดลองมีปริมาณคลอโรฟิลล์บี อยู่ในช่วง 0.75-3.58 µg/L ภายหลังย้ายปลูก 30 วัน และ 1.37-5.09 µg/L ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน (ภาคผนวกตารางที่ ข-5)

จากการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติเมื่อพิจารณาแต่ละปัจจัย ปัจจัยที่ 1 ชนิดพืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิด ปัจจัยที่ 2 การใช้สารละลายธาตุอาหาร และปัจจัยที่ 3 การควบพืชด้วยวิธีชีวภาพ รวมถึงกรณีพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดการทดลองพบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์บี มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.11) ทั้งนี้เนื่องจากคลอโรฟิลล์บีในพืชชั้นสูงมีประมาณ 1 ใน 3 ของคลอโรฟิลล์เอ (Anderson, 1986) จึงทำให้ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์บีไม่แตกต่างกัน

3. ปริมาณแคโรทีนอยด์

ในทุกชุดทดลองมีปริมาณคลอโรฟิลล์บีอยู่ในช่วง 0.81-1.76 µg/L ภายหลังย้ายปลูก 30 วัน และ 1.17-3.48 µg/L ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน (ภาคผนวกตารางที่ ข-5)

ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติเมื่อพิจารณาแต่ละปัจจัย และเมื่อพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพตลอดการทดลองพบว่า ปริมาณแคโรทีนอยด์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.11) ทั้งนี้เนื่องจากเพราะเมื่อมีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มมากขึ้นทำให้มีปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลง (ราเชนทร์, 2548) จึงทำให้ให้ปริมาณปริมาณแคโรทีนอยด์ไม่แตกต่างกัน

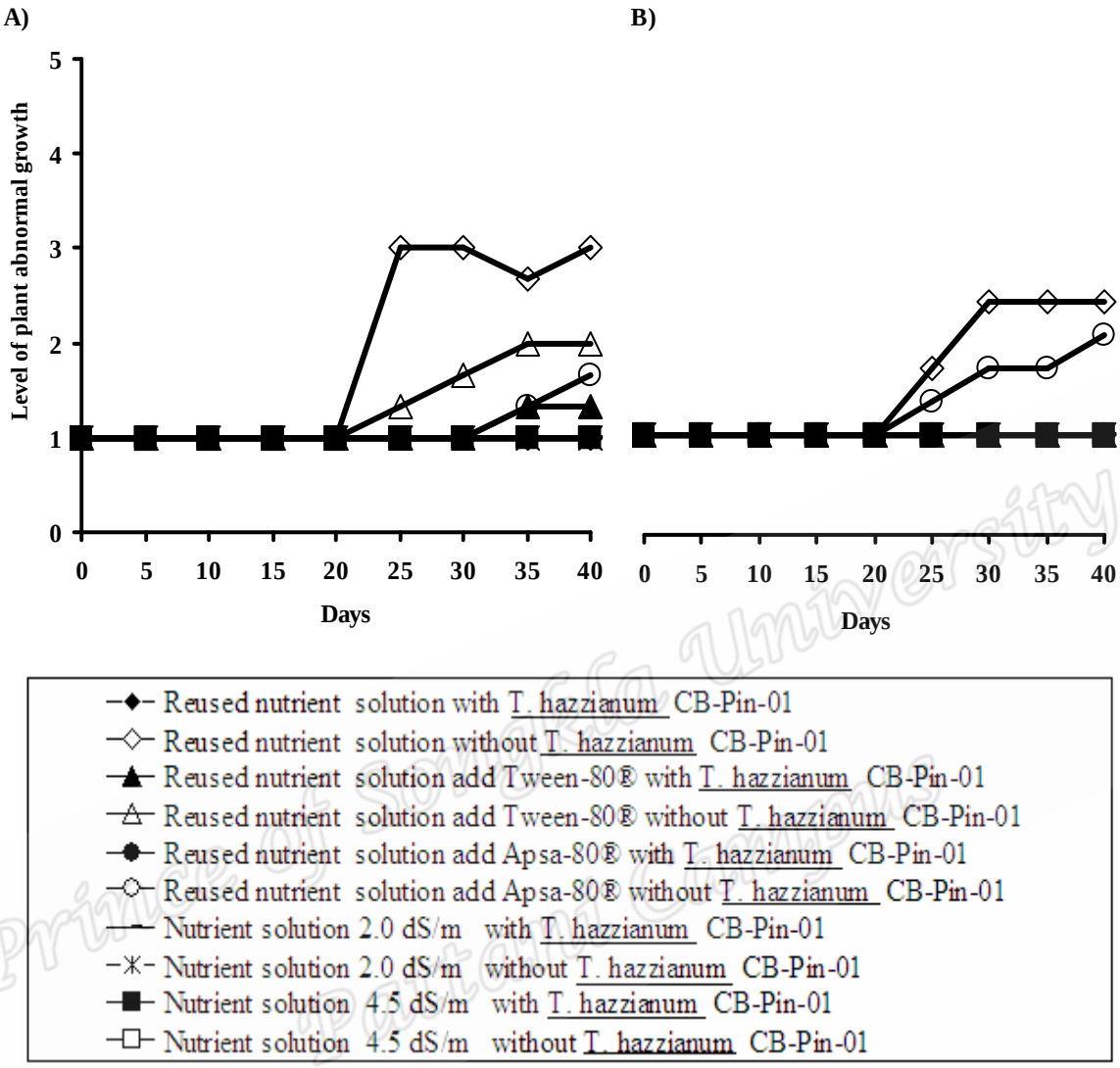
Prince of Songkla University Pattani Campus

4.5 การควบคุมการเจริญเติบโตที่ผิดปกติของพืชด้วยวิธีชีวภาพโดย *T. harzianum* CB-Pin-01

ผลการศึกษาพบว่า ภายหลังย้ายปลูก 20 วันเป็นต้นไป ในทุกชุดทดลองมีระดับคะแนนการเจริญเติบโตผิดปกติอยู่ในช่วง 1.00-2.30 คะแนน ยกเว้นชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วไม่ร่วมกับ *T. harzianum* CB-Pin-01 ที่ระดับคะแนนการเจริญเติบโตผิดปกติมากที่สุดอยู่ในช่วง 2.67-3.00 คะแนน ซึ่งมีลักษณะใบ ลำต้นแคระแกร็น และรากเน่ากุดดำ (รูปที่ 4.23 และภาคผนวกตารางที่ ข-12) อาจเนื่องมาจากการติดเชื้อโรคทำให้พืชมีเจริญเติบโตที่ผิดปกติ และ *T. harzianum* ที่เติมลงไป จะเข้าไปอยู่บนบริเวณผิวรากพืชโดยไม่ทำความเสียหายต่อรากพืช (Harman, 2000; แพรทอง, 2549) มีการสร้างเอนไซม์ไคติเนส เซลลูเลส และเบต้ากลูคาเนส ย่อยสลายผนังเซลล์เชื้อสาเหตุโรค ทำให้ผนังเส้นใยเกิดการสลายตัวจากนั้น *T. harzianum* จึงใช้เส้นใยแทงผ่านเข้าไปภายในเพื่อดูดของเหลวจากเชื้อสาเหตุโรคมาเป็นอาหาร ผนังเส้นใยเกิดการฉีกขาดและของเหลวภายในเส้นใยของเชื้อสาเหตุโรคเกิดการรั่วไหล organelles และ cytoplasm ตกตะกอนทำให้ เชื้อสาเหตุโรคพืชตายในที่สุด (Benhamou and Chet, 1996) นอกจากนี้ *T. harzianum* สามารถผลิตเอนไซม์ peroxidase และ chitinase ส่งผลให้พืชเกิดความต้านทานเชื้อสาเหตุโรคได้ (Yedidia *et aL,* 1998) จากการศึกษาของแพรทอง (2549) พบว่า เชื้อรา *T. harzianum* CB-Pin-01 มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรครากเน่าของผักกาดหอมที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ได้ดี โดยชุดทดลองผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานามีระดับคะแนนการเจริญเติบโตผิดปกติน้อยกว่า

จากการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติ ปัจจัยที่ 1 พืชทั้ง 2 ชนิดที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละชนิด ตลอดการทดลองมีระดับคะแนนการเจริญเติบโตผิดปกติไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ปัจจัยที่ 3 การควบคุมโดยวิธีชีวภาพด้วย *T. harzianum* CB-Pin-01 และปัจจัยที่ 2 การใช้สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วพบว่า ระดับคะแนนการเจริญเติบโตที่ผิดปกติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) หลังย้ายปลูก 20 วันเป็นต้นไป เช่นเดียวกับกรณีพิจารณาปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหาร พืชร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพ และสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการควบคุมโดยวิธีชีวภาพเป็นต้นไป รวมถึงปัจจัยพืชร่วมกับสารละลายธาตุอาหารและการควบคุมโดยวิธีชีวภาพพบว่า ระดับระดับคะแนนการเจริญเติบโตผิดปกติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) หลังย้ายปลูก 20 วันเป็นต้นไป (ตารางที่ 4.14)

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ 4.23 ระดับคะแนนการเจริญเติบโตผิดปกติของพืชในสารละลายธาตุอาหารของคะน้าพันธุ์เห็ดหอม (A) และผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา (B) ณ วันต่างๆหลังย้ายปลูก ในสารละลายแต่ละชนิด

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติในแต่ละปัจจัยของระดับคะแนนการเจริญเติบโตผิดปกติของพืชในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกคะน้าพันธุ์ เห็ดหอม และผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา ซึ่งควบคุมด้วย *T. harzianum* CB-Pin-01 ณ วันต่างๆหลังย้ายปลูก

ปัจจัย	ระดับคะแนนเจริญเติบโตผิดปกติของพืช [2/] จำนวนวันหลังย้ายปลูก (วัน)								
	0	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**
พืช (A)									
คะน้าพันธุ์เห็ดหอม	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.24	1.27	1.34	1.41
ผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานา	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.20	1.20	1.23
F-test [1/]	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
สารละลาย (B)									
สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.54^{a}	1.72^{a}	1.90^{a}	1.81^{a}	1.90^{a}
Tween-80® 5 mL/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00^{b}	1.08^{b}	1.16^{b}	1.33^{b}	1.33^{b}
Apsa-80®5 mL/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00^{b}	1.08b	1.16^{b}	1.25^{b}	1.41^{b}
สารละลายธาตุอาหารที่มี EC เท่ากับ 2.0 dS/m 30 L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00^{b}	1.00^{b}	1.00^{b}	1.00^{b}	1.00^{c}
สารละลายธาตุอาหารที่มี EC เท่ากับ 4.5 dS/m 30 L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00^{b}	1.00^{b}	1.00^{b}	1.00^{b}	1.00^{c}
F-test [1/]	ns	ns	ns	ns	**	**	**	**	**
การควบคุมโดยวิธีชีวภาพ (C)									
ไม่ใส่ *T. harzianum* CB-Pin-01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20^{a}	1.33^{a}	1.46^{a}	1.50^{a}	1.60^{a}
ใส่ *T. harzianum* CB-Pin-01 15 g/ สารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว 30 L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00^{b}	1.00^{b}	1.00^{b}	1.03^{b}	1.03^{b}
F-test [1/]	ns	ns	ns	ns	**	**	**	**	**
F-test A*B [1/]	ns	ns	ns	ns	**	**	**	**	**
F-test A*C [1/]	ns	ns	ns	ns	**	**	**	**	**
F-test B*C [1/]	ns	ns	ns	ns	**	**	**	**	**
F-test A*B*C [1/]	ns	ns	ns	ns	**	**	**	**	**
CV (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.38	25.88	29.09	24.22

[1/] ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, *,** มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) และ 99% ($p<0.01$) ตามลำดับ

[2/]ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.6 ต้นทุนการผลิตจากการคำนวณ

ต้นทุนการผลิตในแต่ละทุกชุดทดลอง จำนวน 20 ต้น ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน พบว่า ชุดทดลองผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ทั้งร่วมและไม่ร่วมกับ *T. harzianum* CB-Pin-01 มีต้นทุนในการผลิตสูงสุดและรองลงมา เท่ากับ 35.33 และ 34.35 บาท ตามลำดับ ในขณะชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วไม่เติมสารเสริมประสิทธิภาพและ *T. harzianum* CB-Pin-01 ที่ต้นทุนการผลิตต่ำสุด เท่ากับ 21.75 บาท (ภาคผนวกตารางที่ ข-13)

4.7 ผลผลิตและกำไรสุทธิ จากการคำนวณ

เมื่อพิจารณาผลผลิตในแต่ละทุกชุดทดลอง จำนวน 20 ต้น ภายหลังย้ายปลูก 40 วัน พบว่า ชุดทดลองผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ทั้งร่วมและไม่ร่วมกับ *T. harzianum* CB-Pin-01 มีผลผลิตสูงสุดและรองลงมา เท่ากับ 0.75 kg และ 0.73 kg ตามลำดับ แต่กำไรสุทธิน้อยกว่าชุดทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 2.0 dS/m ทั้งร่วมและไม่ร่วมกับ *T. harzianum* CB-Pin-01 ในขณะที่ชุดทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วเติมสารเสริมประสิทธิภาพ (Apsa-80®) ร่วมกับ *T. harzianum* CB-Pin-01 ให้ผลผลิตเท่ากับ 0.62 kg และกำไรสุทธิเท่ากับ 5.27 บาท ส่วนชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 4.5 dS/m ทั้งร่วมและไม่ร่วมกับ *T. harzianum* CB-Pin-01 มีผลผลิตและกำไรสุทธิสูงสุดและรองลงมา เท่ากับ 1.16 kg (23.80 บาท) และ 1.02 kg (17.34 บาท) ตามลำดับ ในขณะที่ชุดทดลองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้ว เติมสารเสริมประสิทธิภาพ (Apsa-80®) ร่วมกับ *T. harzianum* CB-Pin-01 ให้ผลผลิตเท่ากับ 0.55 kg และกำไรสุทธิเท่ากับ 3.08 บาท (ภาคผนวกตารางที่ ข-14)

เมื่อนำผลผลิตและกำไรสุทธิจากชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมและผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานามา มาคำนวณเทียบกับชุดปลูกขนาด 2×7.2×2.5 m ปริมาตรน้ำ 800 L จำนวน 1,200 ต้น พบว่า ชุดทดลองผักกาดหอมคอสพันธุ์โรมานาที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วเติมสารเสริมประสิทธิภาพ (Apsa-80®) ร่วมกับ *T. harzianum* CB-Pin-01 ให้ผลผลิตและกำไรสุทธิใกล้เคียงกับชุดทดลองที่ใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC 2.0 และ 4.5 dS/m ไม่ร่วมกับ *T. harzianum* CB-Pin-01 แต่การผลิตชุดทดลองคะน้าพันธุ์เห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วเติมสารเสริมประสิทธิภาพ (Tween-80® และ Apsa-80®) ร่วมกับ *T. harzianum* CB-Pin-01 ไม่คุ้มทุนในการผลิต เมื่อเทียบกับชุดทดลองที่ใช้สารละลายธาตุอาหารที่มี EC เท่ากับ 4.5 dS/m ซึ่งไม่ร่วมกับ *T. harzianum* CB-Pin-01 (ภาคผนวกตารางที่ ข-15)

Prince of Songkla University Pattani Campus