หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ผลการทดลอง

1. ผลของความเข้มข้นและระยะเวลาที่ได้รับธาตุเหล็กต่อปริมาณความเข้มข้นของ คลอโรฟิลล์, ปริมาณและรูปของธาตุเหล็กในใบของผักกาดเขียวกวางตุ้งและข้าว

   1.1 ความเข้มข้นต่าง ๆ ของธาตุเหล็กในสารละลายธาตุอาหารต่อปริมาณ chlorophyll, ปริมาณ total iron, active iron และ inactive iron

   ก. ผักกาดเขียวกวางตุ้ง ปรากฏในตารางที่ 2 - 3 กราฟที่ 9 - 10

   ข. ข้าว ปรากฏในตารางที่ 4 - 5 กราฟที่ 11 - 12

   1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ total iron, active iron กับปริมาณ chlorophyll

   ก. ผักกาดเขียวกวางตุ้ง ปรากฏในกราฟที่ 3 - 4

   ข. ข้าว ปรากฏในกราฟที่ 5 - 6

   1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ total iron และปริมาณ active iron

   ก. ผักกาดเขียวกวางตุ้ง ปรากฏในกราฟที่ 7

   ข. ข้าว ปรากฏในกราฟที่ 8

ตารางที่ 2 ผลของโลหะหนักต่อปริมาณ chlorophyll, total iron, active iron และ inactive iron ของผักกาดเขียวกวางตุ้งอายุหลัง treatment 9 วัน เมื่อปริมาณคลอโรฟิลล์ (mg/gm. tissue), total iron (ppm.) active iron (%) และ inactive iron (%) เริ่มต้นเท่ากับ 1.24 ± 0.05, 142.96 ± 2.60, 87.68 ± 2.12 และ 12.32 ± 2.12 ตามลำดับ
ns = non significant, * = significant ที่ 0.05, ** = significant ที่ 0.01 ,เมื่อเทียบระหว่าง treatment กับ control (5 ppm. Fe) ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบระหว่าง treatment ของโลหะหนักชนิดเดียวกัน ส่วนตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

treatment (ppm)	chlorophyll content (mgm/gm. tissue)			total iron (ppm./dry tissue)			active iron (% of total iron)			inactive iron (% of total iron)		
5 Fe^{3+}	1.26 ± 0.03		a	141.61 ± 2.59		a	87.82 ± 2.10		a	12.17 ± 2.10		a
0.25 Fe^{3+}	0.56 ± 0.03	**	b	135.63 ± 2.50	**	b	65.61 ± 2.27	**	b	34.39 ± 2.27	**	b
0 Fe^{3+}	0.15 ± 0.03	**	c	115.26 ± 2.43	**	c	36.90 ± 2.17	**	c	63.10 ± 2.17	**	c
10 Zn^{2+}	0.61 ± 0.04	**	a	122.71 ± 1.56	**	a	83.60 ± 2.22	**	a	16.40 ± 2.22	**	a
20 Zn^{2+}	0.39 ± 0.03	**	b	118.85 ± 1.18	**	b	77.29 ± 2.67	**	b	22.74 ± 2.67	**	b
40 Zn^{2+}	0.29 ± 0.03	**	c	103.18 ± 2.67	**	c	70.88 ± 2.81	**	c	29.12 ± 2.81	**	c
10 Cd^{2+}	0.86 ± 0.03	**	a	117.24 ± 2.59	**	a	72.69 ± 2.04	**	a	27.31 ± 2.04	**	a
20 Cd^{2+}	0.80 ± 0.02	**	b	115.61 ± 1.81	**	a	70.30 ± 1.16	**	b	29.70 ± 1.16	**	b
40 Cd^{2+}	0.56 ± 0.02	**	c	115.02 ± 2.48	**	a	66.11 ± 2.43	**	c	33.89 ± 2.43	**	c
10 Ni^{2+}	1.15 ± 0.04	**	a	125.43 ± 2.45	**	a	90.39 ± 2.59	ns	a	9.61 ± 2.59	ns	a
20 Ni^{2+}	0.89 ± 0.04	**	b	121.54 ± 2.55	**	b	85.25 ± 2.13	ns	b	14.75 ± 2.13	ns	b
40 Ni^{2+}	0.71 ± 0.05	**	c	120.49 ± 2.55	**	b	71.96 ± 2.37	**	c	28.04 ± 2.37	**	c

ตารางที่ 3 ผลของโลหะหนักต่อปริมาณ chlorophyll, total iron, active iron และ inactive iron ของผักกาดเขียวกวางตุ้ง อายุหลัง treatment 15 วัน เมื่อปริมาณ chlorophyll (mg/gm. tissue), total iron (ppm.) active iron (%) และ inactive rion (%) เริ่มต้นเท่ากับ 1.24 ± 0.05, 142.96 ± 2.60, 87.68 ± 2.12 และ 12.32 ± 2.12 ตามลำดับ ns = non significant, * = significant ที่ 0.05, ** = significant ที่ 0.01, เมื่อเทียบระหว่าง treatment กับ control (5 ppm.Fe) ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบระหว่าง treatment ของโลหะหนักชนิดเดียวกัน ส่วนตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

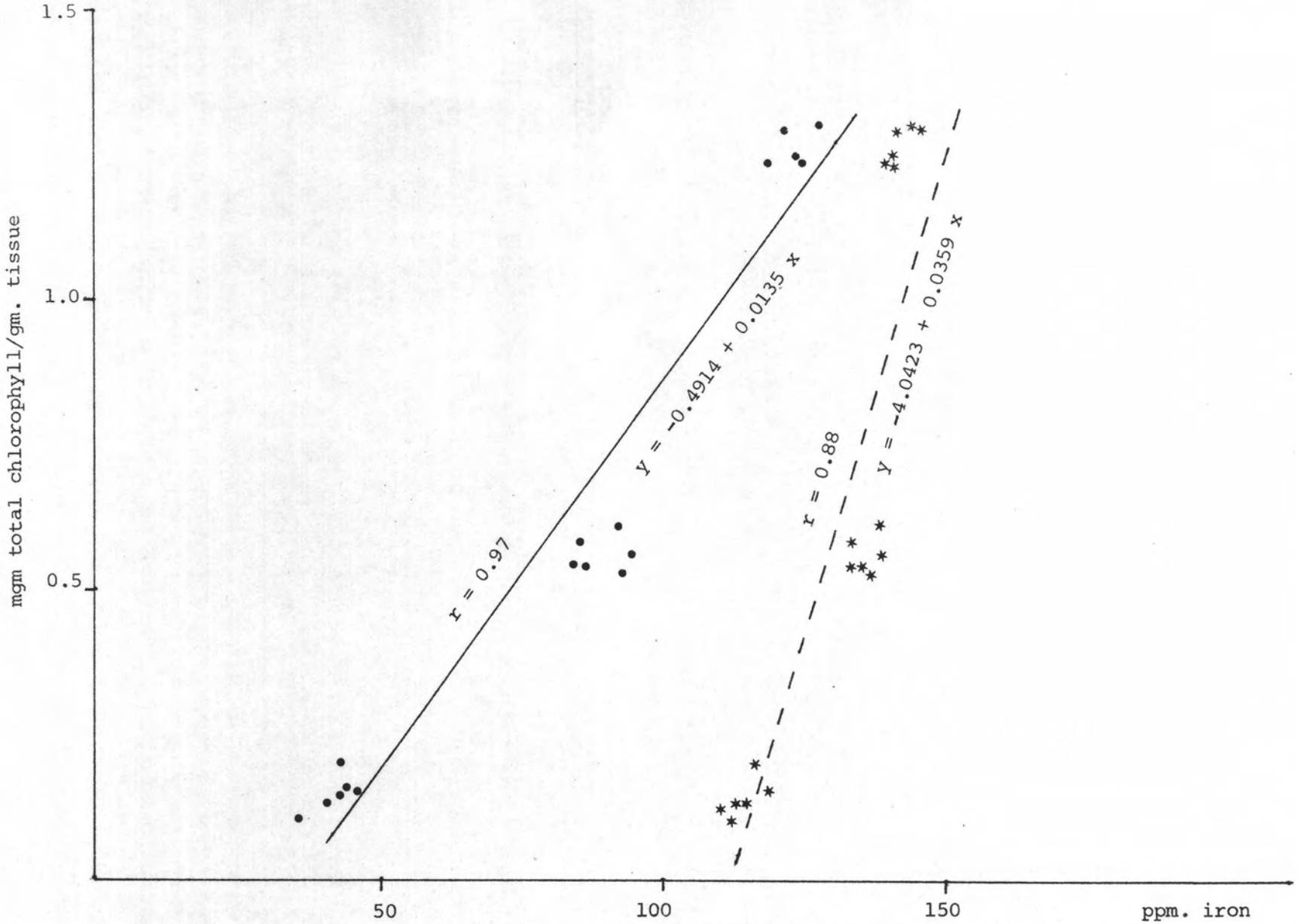
treatment (ppm)	chlorophyll content (mgm/gm. tissue)			total iron (ppm./dry tissue)			active iron (% of total iron)			inactive iron (% of total iron)		
5 Fe^{3+}	1.49 ± 0.03		a	141.78 ± 2.54		a	91.29 ± 2.25		a	8.70 ± 2.25		a
0.25 Fe^{3+}	0.52 ± 0.04	**	b	121.46 ± 2.43	**	b	62.61 ± 2.03	**	b	37.39 ± 2.03	**	b
0 Fe^{3+}	0.09 ± 0.04	**	c	104.20 ± 2.43	**	c	34.54 ± 2.30	**	c	65.46 ± 2.30	**	c
10 Zn^{2+}	0.74 ± 0.03	**	a	119.40 ± 2.45	**	a	85.63 ± 2.31	**	a	14.37 ± 2.31	**	a
20 Zn^{2+}	0.38 ± 0.03	**	b	107.14 ± 2.54	**	b	68.00 ± 1.89	**	b	32.00 ± 1.89	**	b
40 Zn^{2+}	0.28 ± 0.04	**	c	98.51 ± 2.65	**	c	56.80 ± 1.91	**	c	43.20 ± 1.91	**	c
10 Cd^{2+}	0.77 ± 0.03	**	a	108.99 ± 2.42	**	a	70.20 ± 2.37	**	a	29.80 ± 2.37	**	a
20 Cd^{2+}	0.66 ± 0.04	**	b	103.97 ± 2.50	**	b	65.16 ± 2.17	**	b	34.84 ± 2.17	**	b
40 Cd^{2+}	0.55 ± 0.05	**	c	102.98 ± 2.44	**	b	59.93 ± 2.11	**	c	40.07 ± 2.11	**	c
10 Ni^{2+}	0.89 ± 0.04	**	a	124.76 ± 2.44	**	a	69.24 ± 2.30	**	a	30.76 ± 2.30	**	a
20 Ni^{2+}	0.81 ± 0.03	**	b	114.88 ± 2.47	**	b	67.66 ± 2.23	**	a	32.34 ± 2.23	**	a
40 Ni^{2+}	0.63 ± 0.03	**	c	110.81 ± 2.60	**	c	59.60 ± 2.06	**	b	40.40 ± 2.06	**	b

ตารางที่ 4 ผลของโลหะหนักต่อปริมาณ chlorophyll, total iron, active iron และ inactive iron ของข้าว อายุหลัง treatment 9 วัน เมื่อปริมาณ chlorophyll (mg/gm. tissue), total iron (ppm.), active iron (%) และ inactive iron (%) เริ่มต้นเท่ากับ 4.03 ± 0.09, 180.86 ± 2.59, 37.21 ± 0.90 และ 62.79 ± 0.90 ns = non significant, * = significant ที่ 0.05, ** = significant ที่ 0.01 เมื่อเทียบระหว่าง treatment กับ control (5 ppm.Fe) ตัวอักษร a, b, c. ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบระหว่าง treatment ของโลหะหนักชนิดเดียวกัน ส่วนตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

treatment (ppm)	chlorophyll content (mgm/gm. tissue)			total iron (ppm./dry tissue)			active iron (% of total iron)			inactive iron (% of total iron)		
5 Fe^{3+}	4.01 ± 0.10		a	183.10 ± 2.12		a	36.51 ± 0.93		a	63.49 ± 0.93		a
0.25 Fe^{3+}	2.46 ± 0.11	**	b	176.91 ± 2.16	**	b	27.24 ± 0.97	**	b	72.76 ± 0.97	**	b
0 Fe^{3+}	1.94 ± 0.08	**	c	168.61 ± 2.11	**	c	24.05 ± 0.99	**	c	75.95 ± 0.99	**	c
10 Zn^{2+}	3.68 ± 0.08	**	a	182.49 ± 2.17	ns	a	30.39 ± 1.07	**	a	69.61 ± 1.07	**	a
20 Zn^{2+}	3.10 ± 0.11	**	b	163.32 ± 2.06	**	b	30.25 ± 0.91	**	a	69.75 ± 0.91	**	a
30 Zn^{2+}	2.79 ± 0.12	**	c	156.54 ± 2.96	**	c	29.49 ± 1.07	**	a	70.51 ± 1.07	**	a
20 Cd^{2+}	3.26 ± 0.10	**	a	223.74 ± 2.04	**	a	35.06 ± 1.03	*	a	64.94 ± 1.03	*	a
30 Cd^{2+}	2.80 ± 0.11	**	b	234.24 ± 2.02	**	b	37.71 ± 0.98	ns	b	62.29 ± 0.98	ns	b
40 Cd^{2+}	2.43 ± 0.13	**	c	232.96 ± 2.19	**	b	41.38 ± 1.01	**	c	58.62 ± 1.01	**	c
20 Ni^{2+}	3.48 ± 0.12	**	a	192.96 ± 2.17	**	a	32.45 ± 1.01	**	a	67.55 ± 1.01	**	a
30 Ni^{2+}	3.32 ± 0.09	**	b	185.44 ± 2.03	ns	b	31.06 ± 1.08	**	a	68.94 ± 1.08	**	a
40 Ni^{2+}	3.26 ± 0.10	**	b	192.06 ± 2.28	**	a	29.35 ± 0.94	**	b	70.65 ± 0.94	**	b

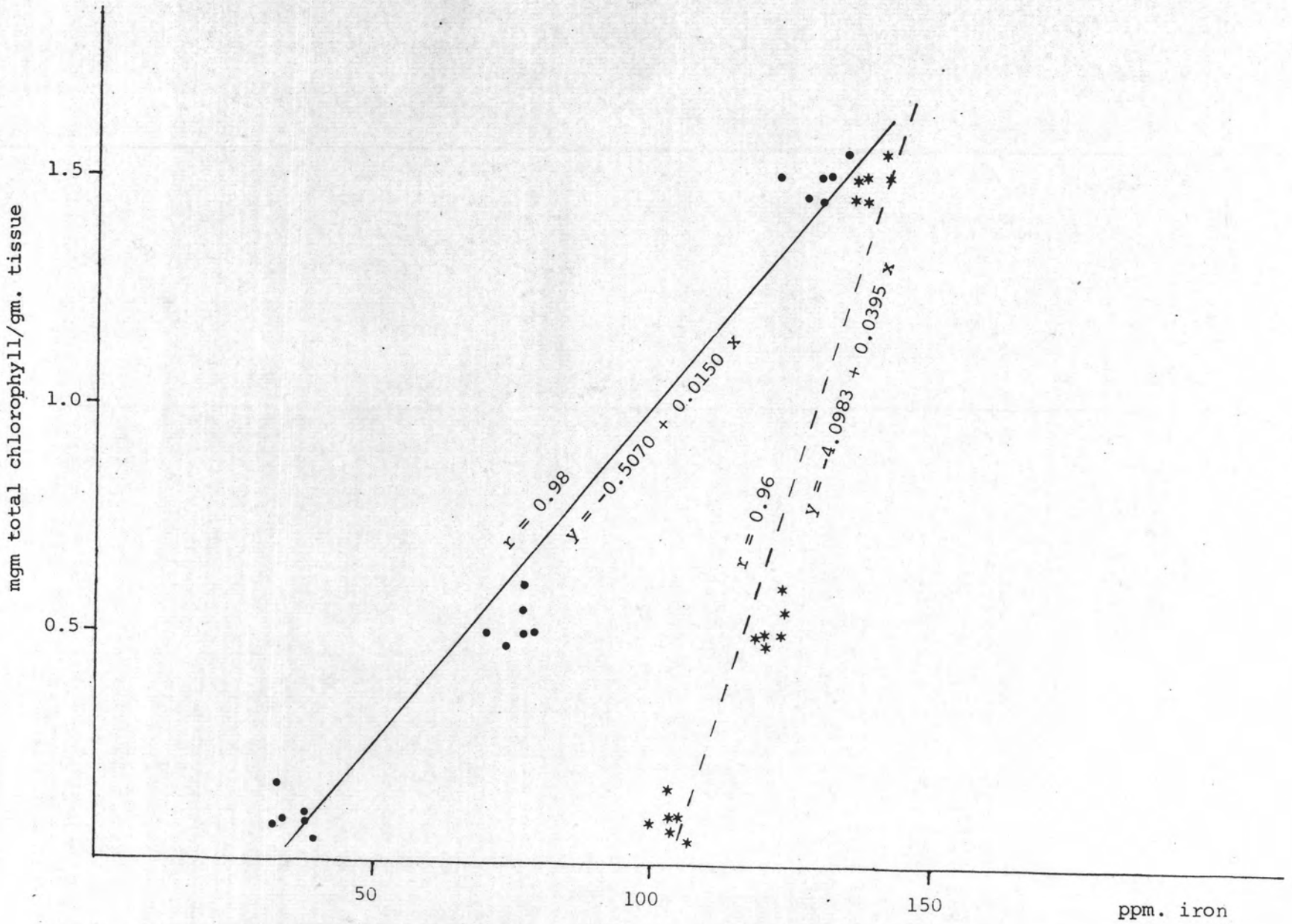
ตารางที่ 5 ผลของโลหะหนักต่อปริมาณ chlorophyll, total iron, active iron และ inactive iron ของข้าว อายุหลัง treatment 15 วัน เมื่อปริมาณ chlorophyll (mg/gm. tissue), total iron (ppm.), active iron (%) และ inactive iron (%) เริ่มต้นเท่ากับ 4.03 ± 0.09, 180.86 ± 2.59, 37.21 ± 0.90 และ 62.79 ± 0.90 ตามลำดับ ns = non significant, * = significant ที่ 0.05, ** significant ที่ 0.01, เมื่อเทียบระหว่าง treatment กับ control (5 ppm.Fe) ตัวอักษร a, b, c. ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบระหว่าง treatment ของโลหะหนักชนิดเดียวกัน ส่วนตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

treatment (ppm)		chlorophyll content (mgm/gm. tissue)			total iron (ppm./dry tissue)			active iron (% of total iron)			inactive iron (% of total iron)		
5	Fe^{3+}	4.87 ± 0.10		a	183.19 ± 2.17		a	37.13 ± 0.91		a	62.87 ± 0.91		a
0.25	Fe^{3+}	1.72 ± 0.10	**	b	167.99 ± 2.16	**	b	22.43 ± 0.80	**	b	77.57 ± 0.80	**	b
0	Fe^{3+}	0.96 ± 0.09	**	c	151.23 ± 2.05	**	c	20.87 ± 1.14	**	c	79.13 ± 1.14	**	c
10	Zn^{2+}	1.92 ± 0.09	**	a	177.91 ± 2.56	**	a	20.48 ± 1.36	**	a	79.52 ± 1.36	**	a
20	zn^{2+}	1.55 ± 0.09	**	b	156.91 ± 2.11	**	b	18.45 ± 1.13	**	b	81.53 ± 1.13	**	b
30	Zn^{2+}	1.06 ± 0.10	**	c	153.30 ± 2.12	**	c	15.63 ± 1.02	**	c	84.37 ± 1.02	**	c
20	Cd^{2+}	2.96 ± 0.09	**	a	207.63 ± 2.14	**	a	28.71 ± 0.88	**	a	71.29 ± 0.88	**	a
30	Cd^{2+}	2.70 ± 0.11	**	b	230.17 ± 2.08	**	b	35.15 ± 0.81	**	b	64.85 ± 0.81	**	b
40	Cd^{2+}	2.41 ± 0.09	**	c	235.07 ± 2.11	**	c	38.88 ± 0.87	ns	c	61.12 ± 0.87	ns	c
20	Ni^{2+}	2.66 ± 0.09	**	a	179.95 ± 2.13	*	a	24.63 ± 1.20	**	a	75.37 ± 1.20	**	a
30	Ni^{2+}	2.32 ± 0.09	**	b	175.44 ± 2.75	**	ab	19.99 ± 1.13	**	b	80.01 ± 1.13	**	b
40	Ni^{2+}	1.77 ± 0.11	**	c	174.07 ± 2.03	**	b	13.97 ± 1.17	**	c	86.03 ± 1.17	**	c

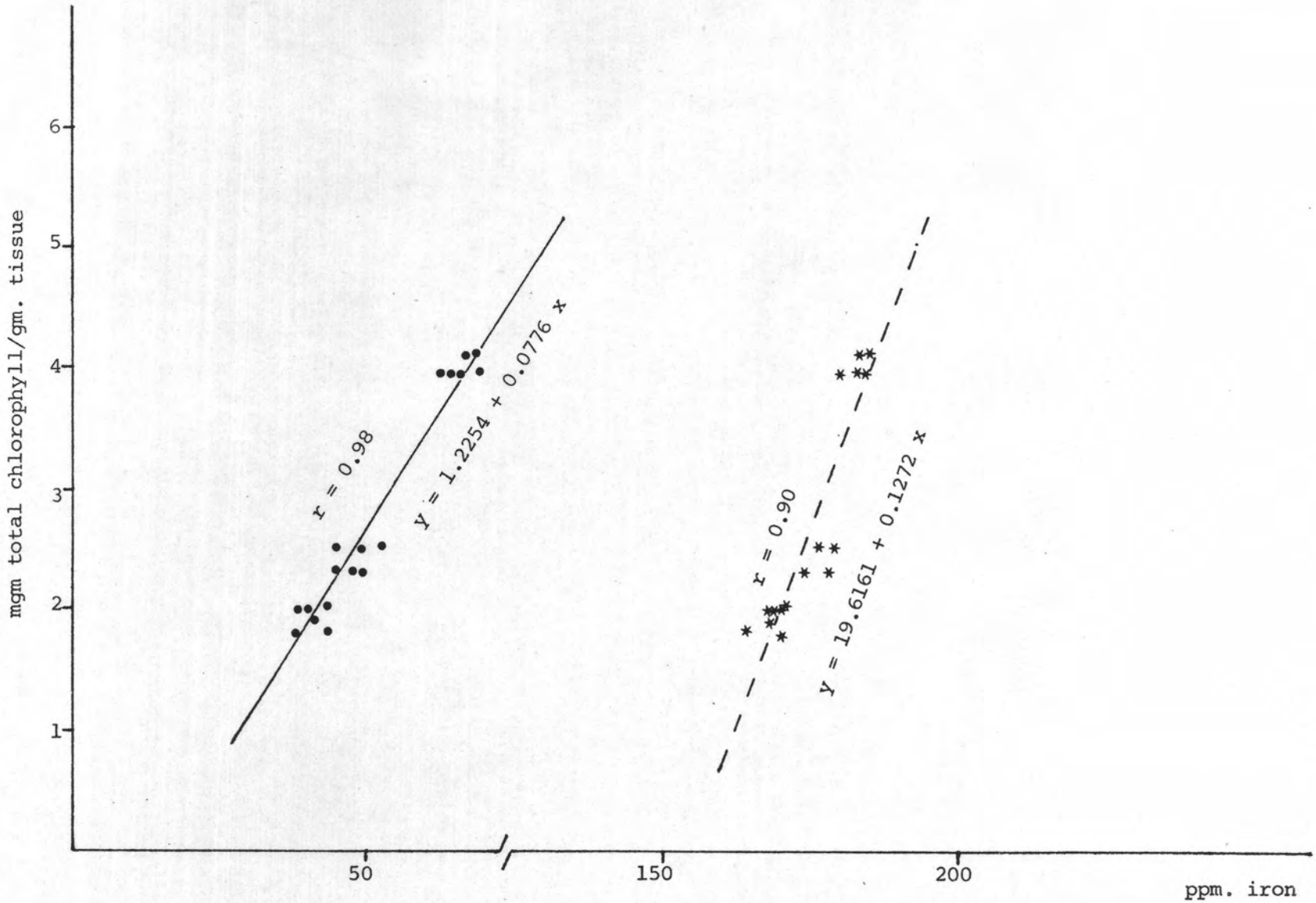


กราฟที่ 3 ปริมาณ active iron ●●●●● ปริมาณ total iron ***** — เป็น ppm. เทียบกับปริมาณคลอโรฟิลล์ (mgm/gm tissue) ของผักกาดเขียวกวางตุ้งที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้นของเหล็กต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 9 วัน

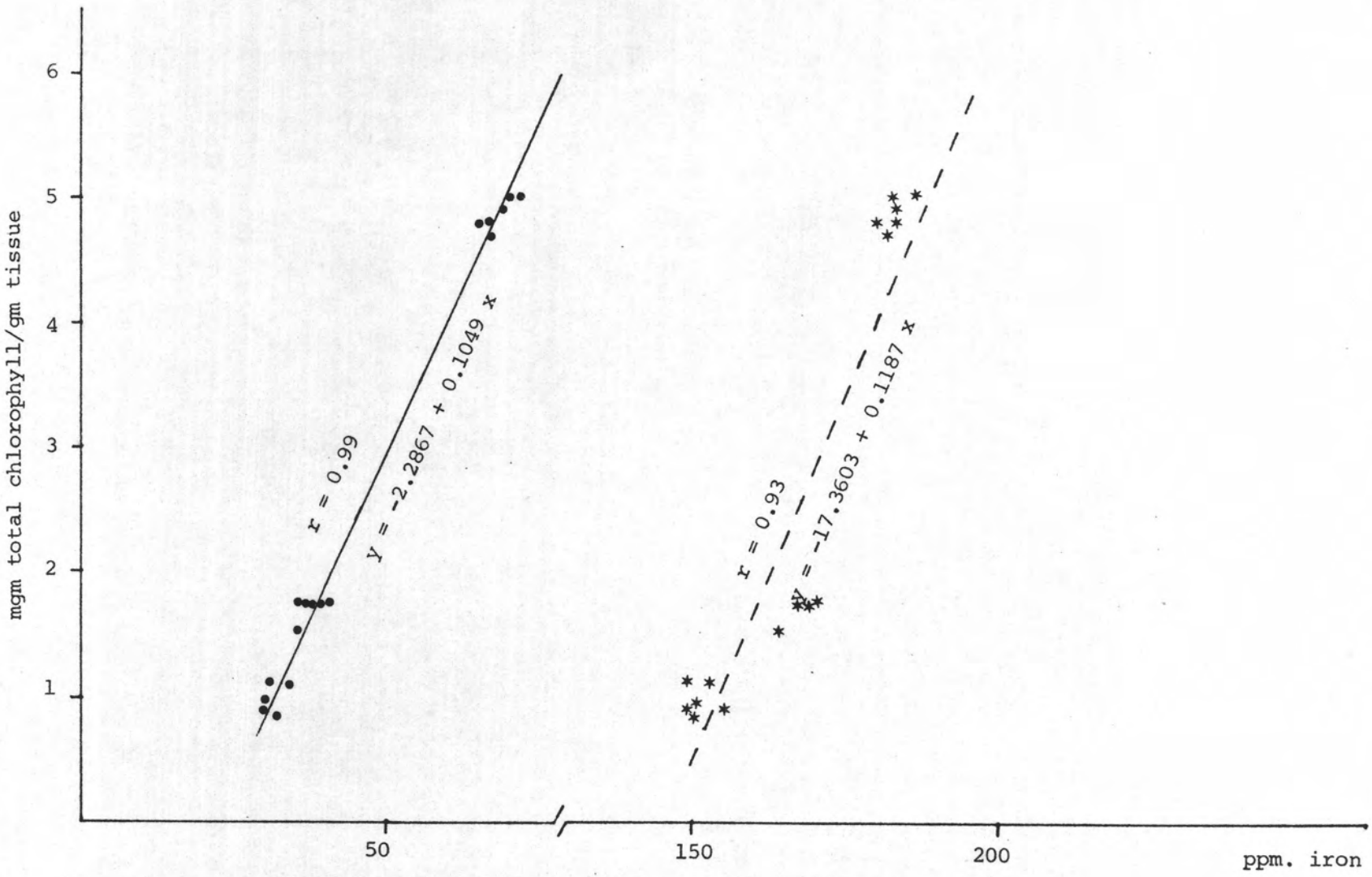
1 1768b769



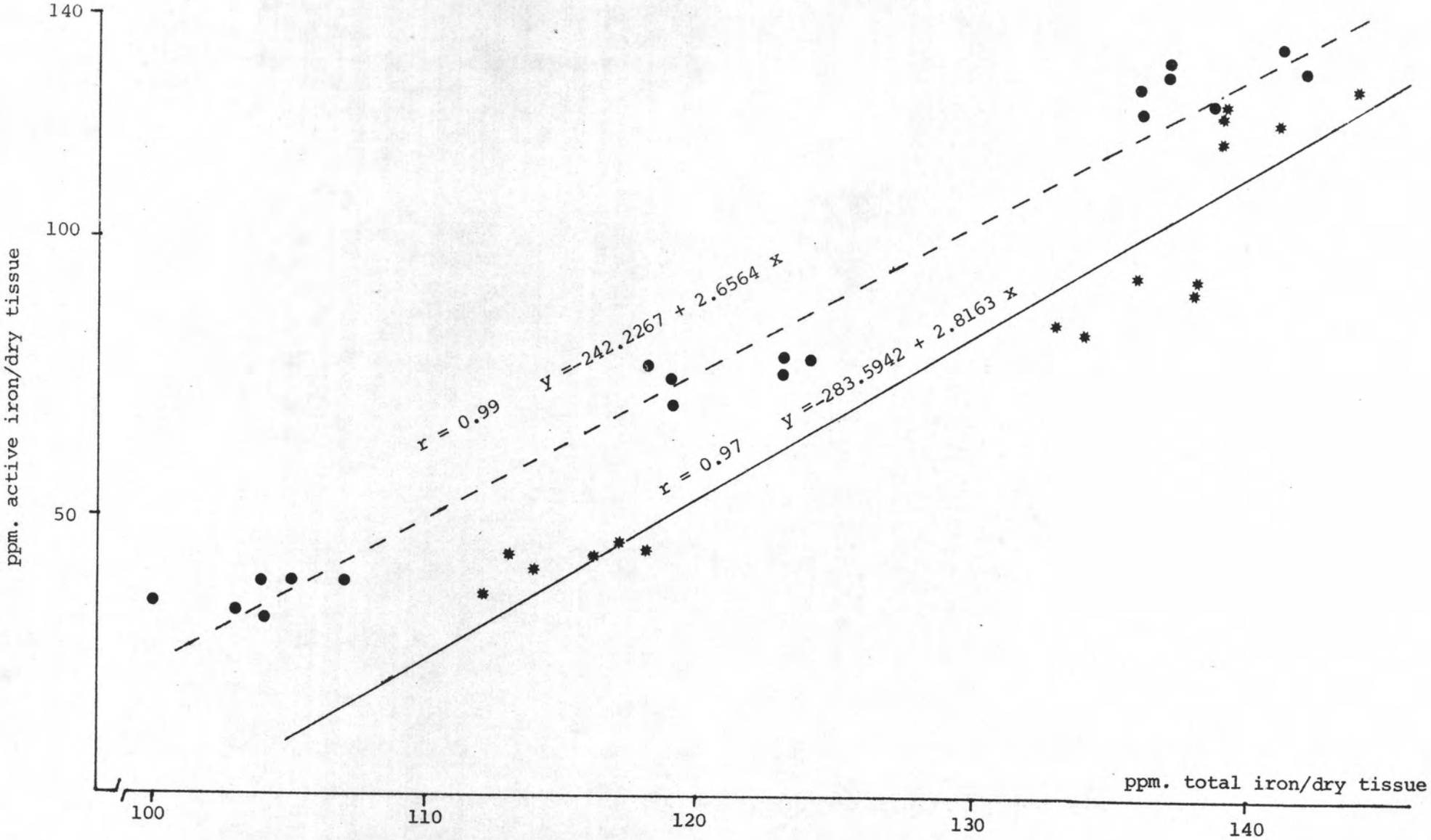
กราฟที่ 4 ปริมาณ active iron • • • • • ปริมาณ total iron ***** — เป็น ppm. เทียบกับปริมาณคลอโรฟิลล์ (mgm/gm. tissue) ของผักกาดเขียวกวางตุ้งที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้นต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 15 วัน



กราฟที่ 5 ปริมาณ active iron ●●●●●_____ ปริมาณ total iron ******_ __ เป็น ppm. เทียบกับปริมาณคลอโรฟิลล์ (mgm/gm tissue) ของข้าวที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของเหล็กต่าง ๆ กันเป็นเวลา 9 วัน



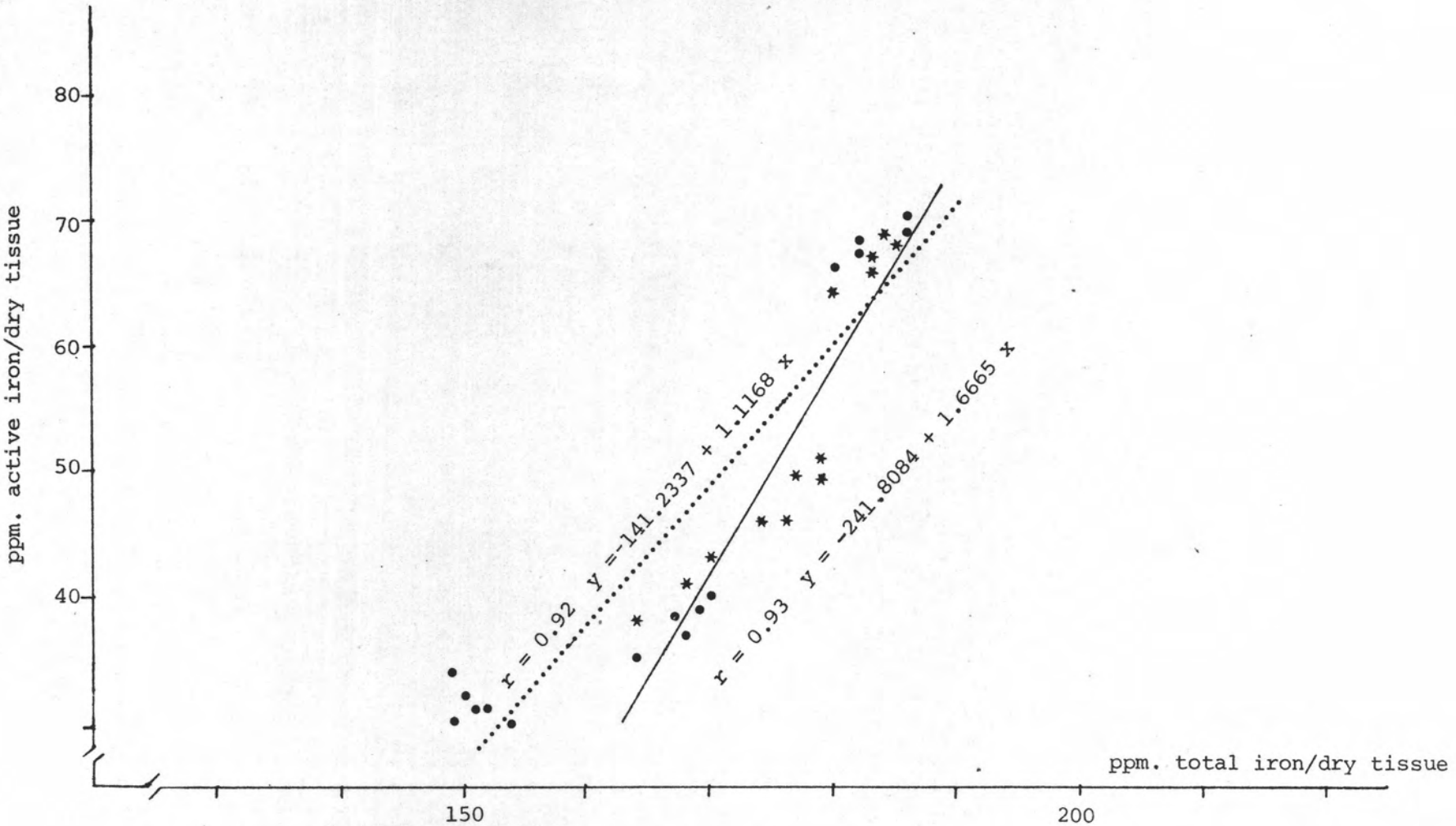
กราฟที่ 6 ปริมาณ active iron ●●● ● ● ปริมาณ total iron ***** เป็น ppm. เทียบกับปริมาณคลอโรฟิลล์ (mgm/gm. tissue) ของข้าวที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของเหล็กต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 15 วัน



กราฟที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ active iron และปริมาณ total iron ของผักกาดเขียวกวางตุ้งที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีปริมาณของเหล็กต่าง ๆ กัน ในระยะเวลาต่างกัน

———— 9 วัน

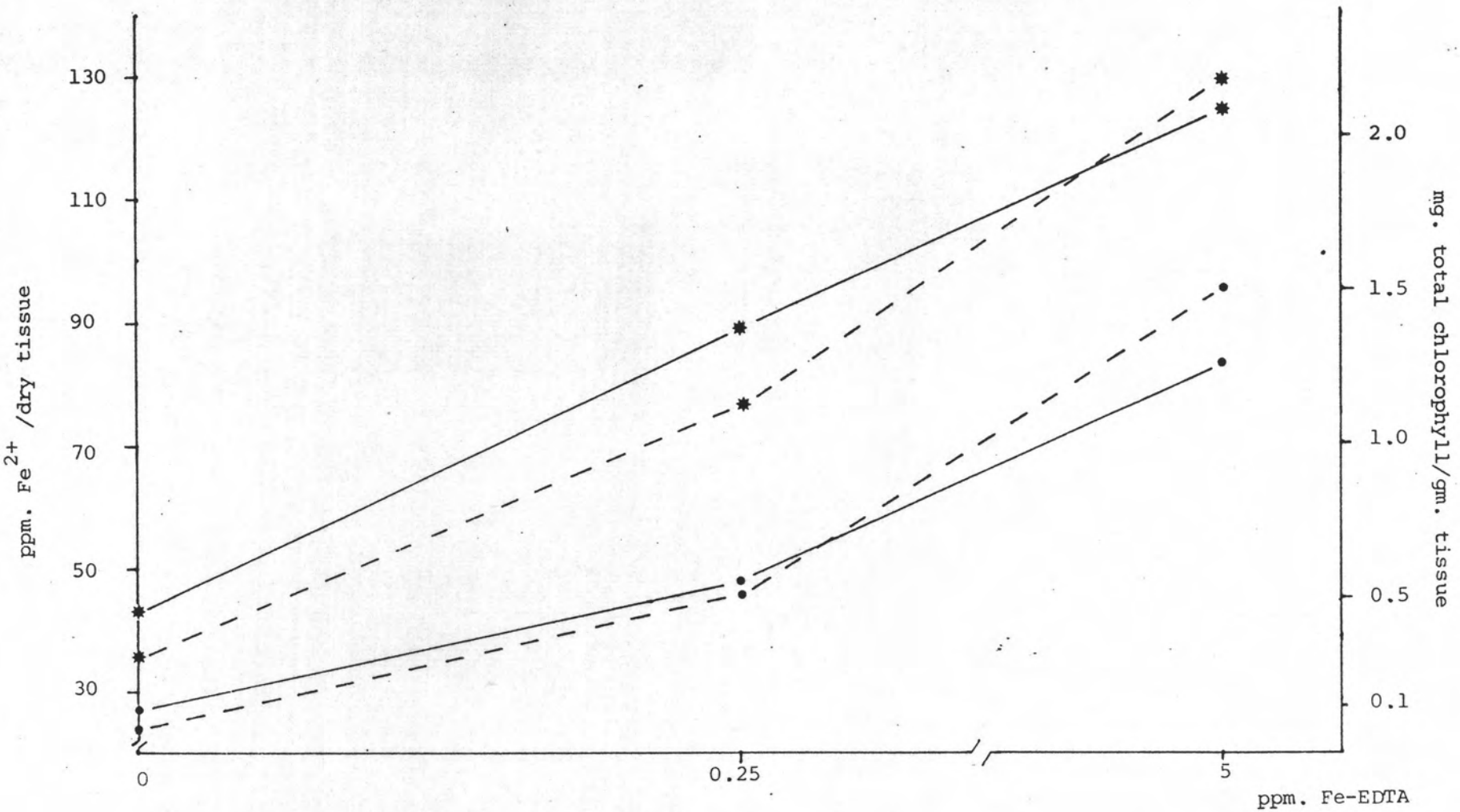
— — — — — 15 วัน



กราฟที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ active iron และปริมาณ total iron ของข้าวที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของเหล็กต่าง ๆ กันในระยะเวลาต่างกัน

———— 9 วัน

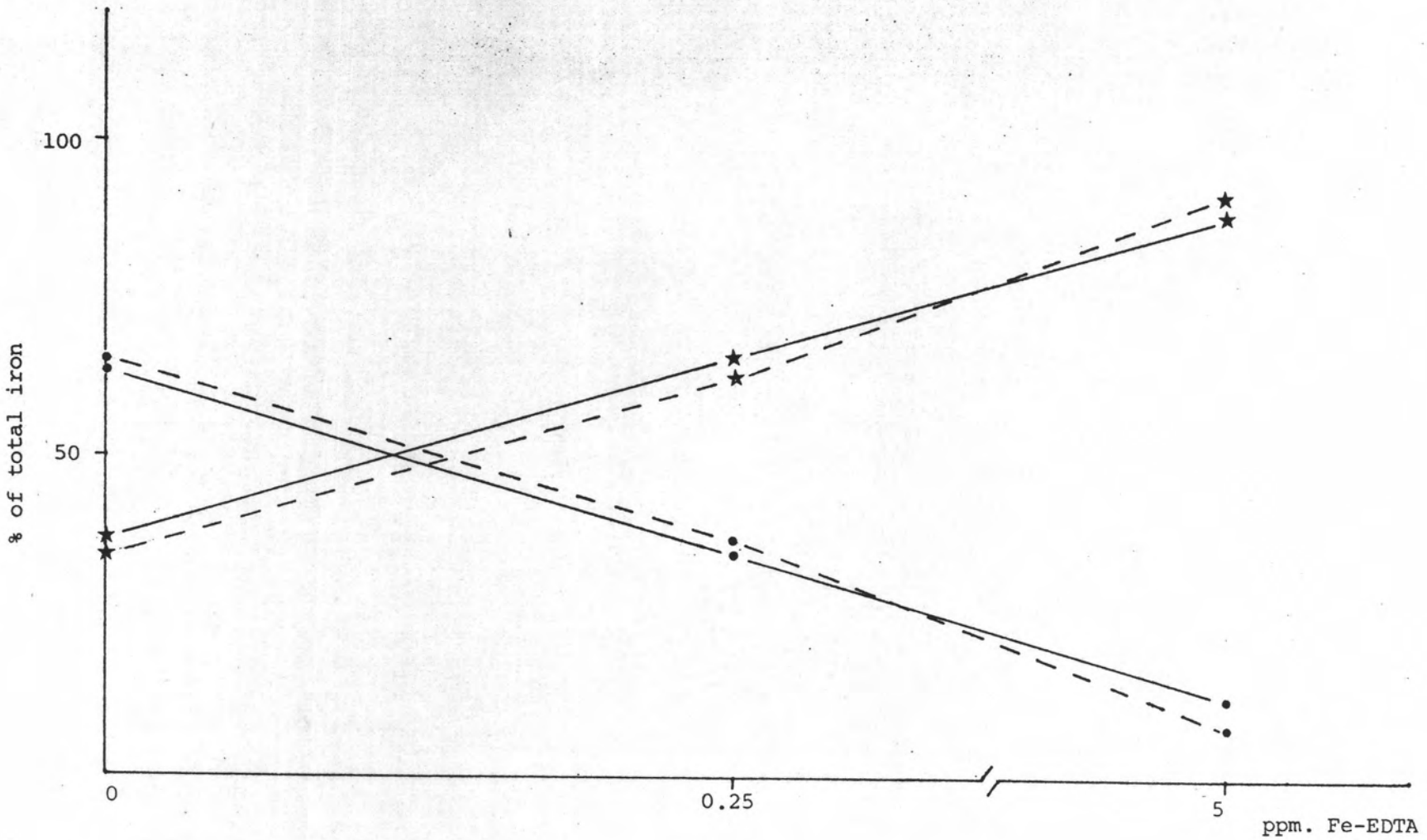
..... 15 วัน



กราฟที่ 9 ปริมาณ active iron (✱) และปริมาณ chlorophyll (●) ของผักกาดเขียวกวางตุ้งที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของเหล็กแตกต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

———— หลัง treatment 9 วัน

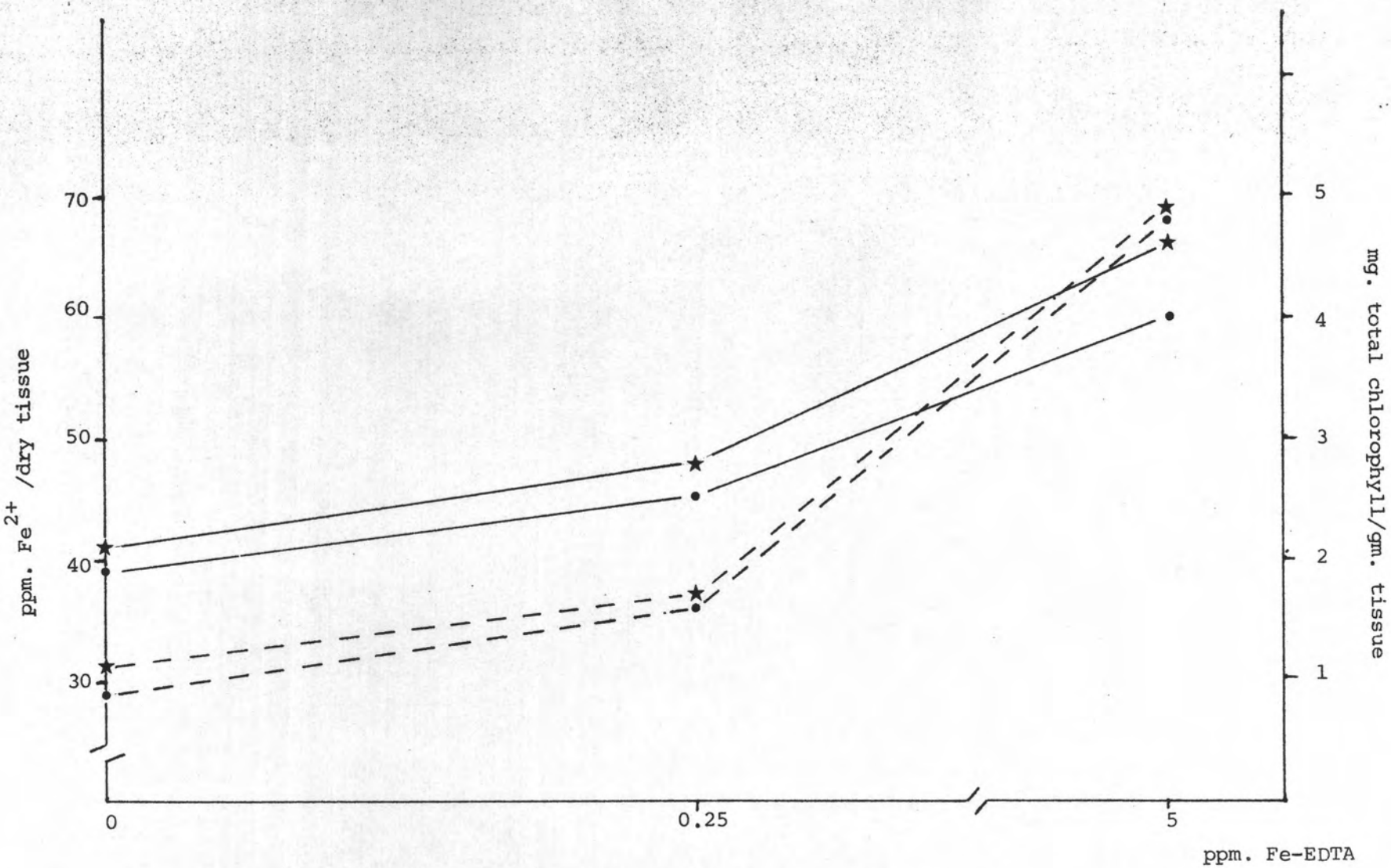
— — — — — หลัง treatment 15 วัน



กราฟที่ 10 เปอร์เซ็นต์ active iron (★) และ inactive iron (●) ของผักกาดเขียวกวางตุ้งที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของเหล็กแตกต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

———— หลัง treatment 9 วัน

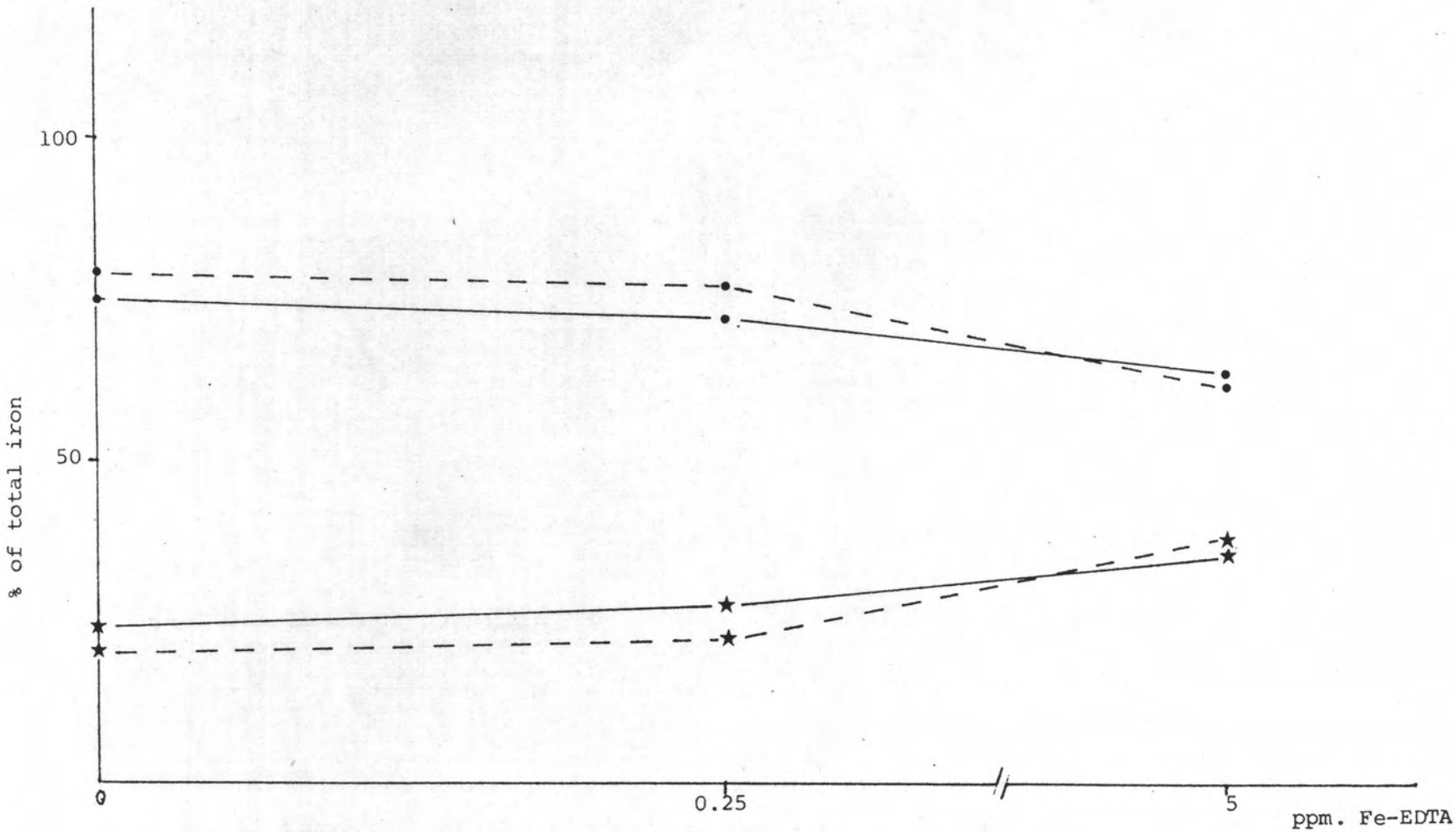
— — — — — หลัง treatment 15 วัน



กราฟที่ 11 ปริมาณ active iron (★) และปริมาณ chlorophyll (●) ของต้นข้าวที่ปลูกในสารละลาย ธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นเหล็กแตกต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

———— หลัง treatment 9 วัน

— — — — — หลัง treatment 15 วัน



กราฟที่ 12 เปอร์เซ็นต์ active iron (★) inactive iron (●) ของข้าวที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของเหล็ก แตกต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

———— หลัง treatment 9 วัน

— — — — — หลัง treatment 15 วัน

2. ผลของความเข้มข้นและระยะเวลาที่ได้รับธาตุโลหะหนักในสารละลายธาตุอาหารต่อปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์, ปริมาณและรูปของธาตุเหล็กในใบของผักกาดเขียวกวางตุ้งและข้าว

2.1 ผลของธาตุสังกะสี

2.1.1 ความเข้มข้นต่าง ๆ ของธาตุสังกะสีที่มีต่อปริมาณ chlorophyll ปริมาณ total iron, active iron และ inactive iron

ก. ผักกาดเขียวกวางตุ้ง ปรากฏในตารางที่ 2 - 3

ข. ข้าว ปรากฏในตารางที่ 4 - 5

2.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ active rion กับปริมาณ chlorophyll และปริมาณ inactive iron ในใบของพืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของสังกะสีในระดับต่าง ๆ

ก. ผักกาดเขียวกวางตุ้ง ปรากฏในกราฟที่ 13 - 14

ข. ข้าว ปรากฏในกราฟที่ 15 - 16

2.2 ผลของธาตุแคดเมียม

2.2.1 ความเข้มข้นต่าง ๆ ของธาตุแคดเมียมที่มีต่อปริมาณ chlorophyll ปริมาณ total iron, active iron และ inactive iron

ก. ผักกาดเขียวกวางตุ้ง ปรากฏในตารางที่ 2 - 3

ข. ข้าว ปรากฏในตารางที่ 4 - 5

2.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ active iron กับปริมาณ chlorophyll และปริมาณ inactive iron ในใบของพืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคดเมียมในระดับต่าง ๆ

ก. ผักกาดเขียวกวางตุ้ง ปรากฏในกราฟที่ 17 - 18

ข. ข้าว ปรากฏในกราฟที่ 19 - 20

2.3 ผลของธาตุนิเกิล

2.3.1 ความเข้มข้นต่าง ๆ ของธาตุนิเกิลที่มีต่อปริมาณ chlorophyll ปริมาณ total iron, active iron และ inactive iron

ก. ผักกาดเขียวกวางตุ้ง ปรากฏในตารางที่ 2 - 3

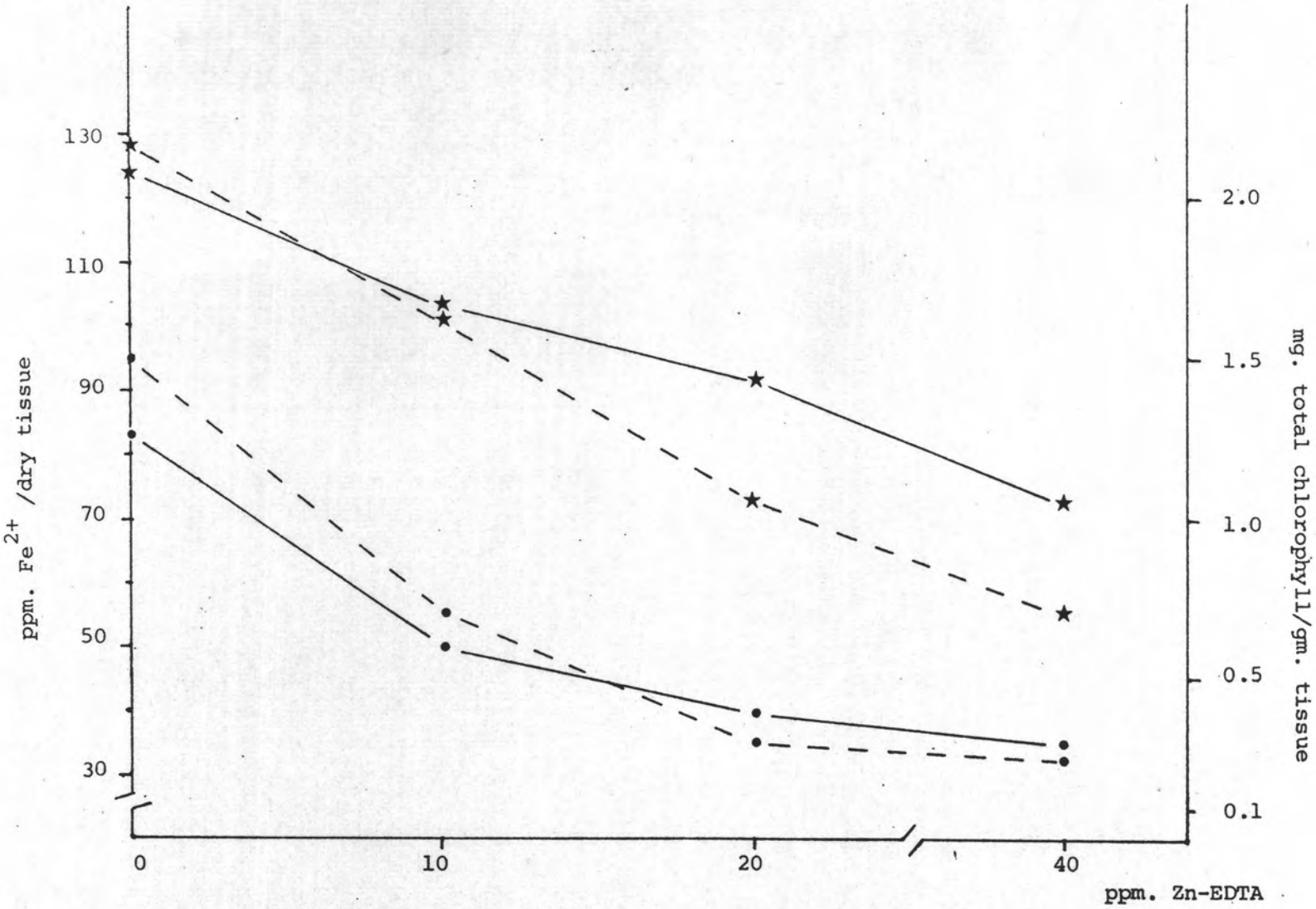
ข. ข้าว ปรากฏในตารางที่ 4 - 5

2.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ active iron กับปริมาณ chlorophyll ในใบของพืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของนิเกิลในระดับต่าง ๆ

ก. ผักกาดเขียวกวางตุ้ง ปรากฏในกราฟที่ 21

ข. ข้าว ปรากฏในกราฟที่ 22

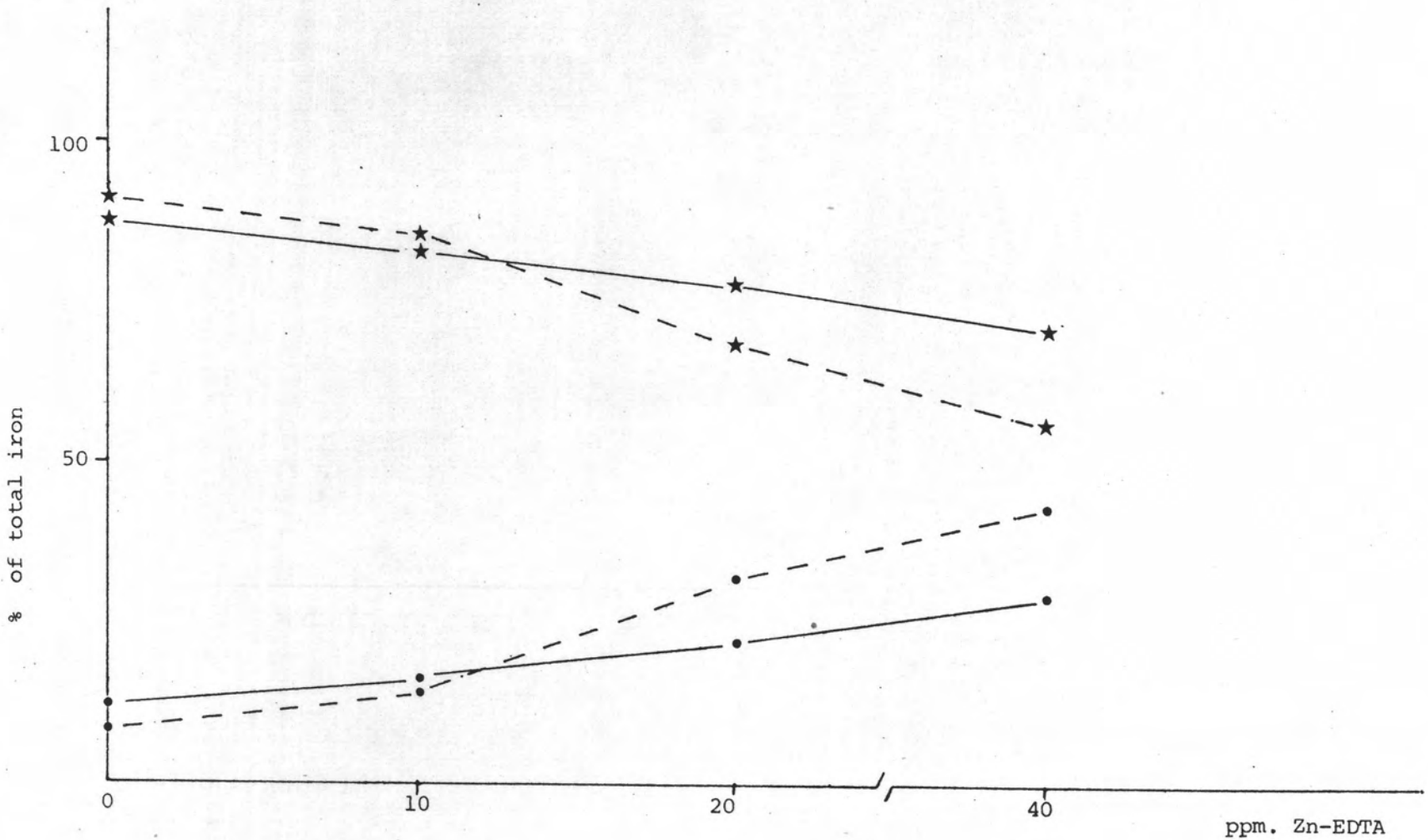
2.4 เมื่อนำปริมาณธาตุเหล็กที่อยู่ในรูป active iron และ inactive iron ของใบผักกาดเขียวกวางตุ้งและข้าว เมื่อความเข้มข้นและระยะเวลาที่ได้รับธาตุเหล็กและโลหะหนักในสารละลายธาตุอาหารแตกต่างกันจากตารางที่ 2 - 5 แล้วคำนวณเป็นค่าของสัดส่วนระหว่าง active iron ต่อ inactive rion ปรากฏในตารางที่ 6



กราฟที่ 13 ปริมาณ active iron (★) และปริมาณ chlorophyll (●) ของผักกาดเขียวกวางตุ้งที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นสังกะสีแตกต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

———— หลัง treatment 9 วัน

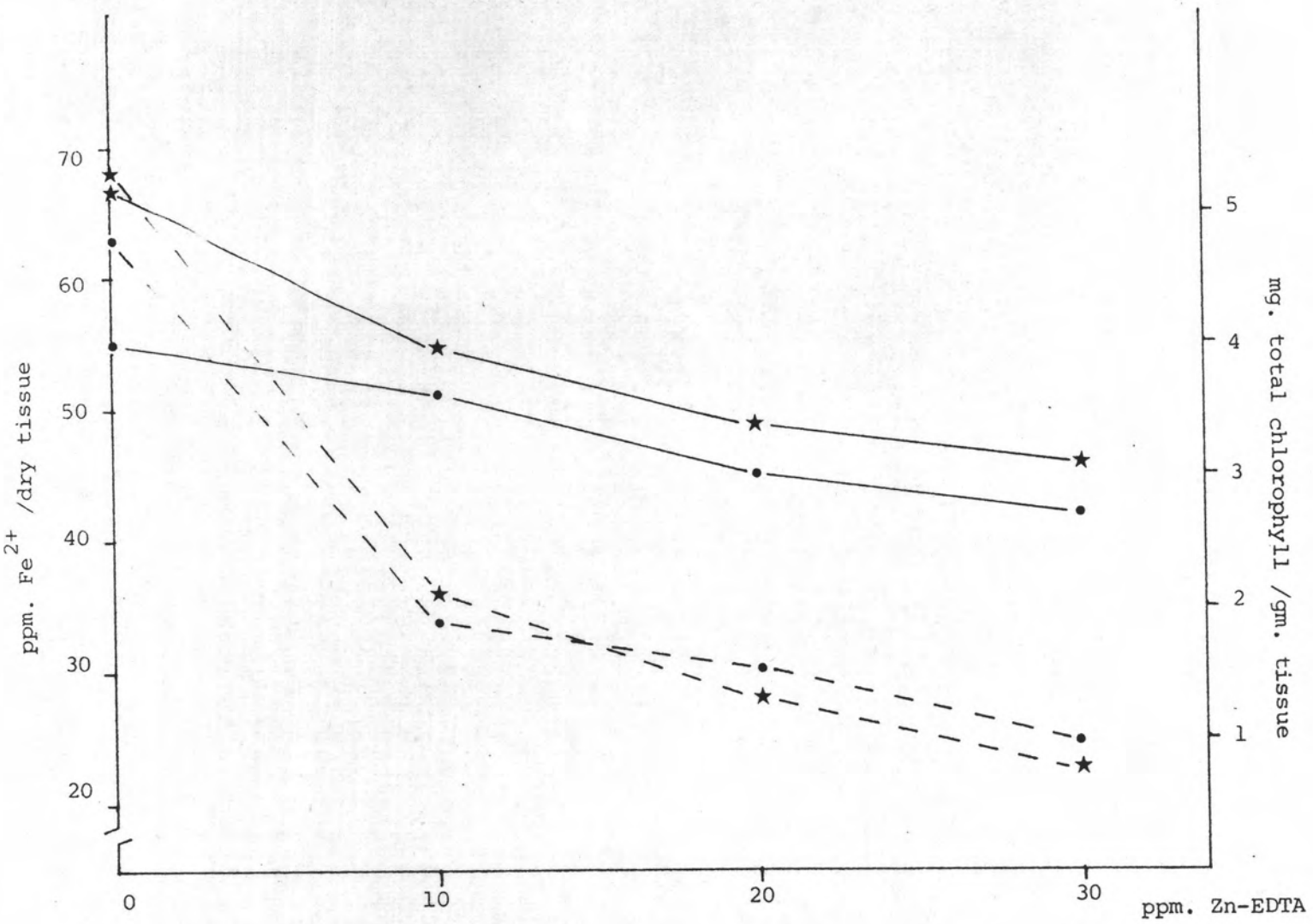
— — — — — หลัง treatment 15 วัน



กราฟที่ 14 เปอร์เซ็นต์ active iron (★) inactive iron (●) ของผักกาดเขียวกวางตุ้งที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นสังกะสี แตกต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

——— หลัง treatment 9 วัน

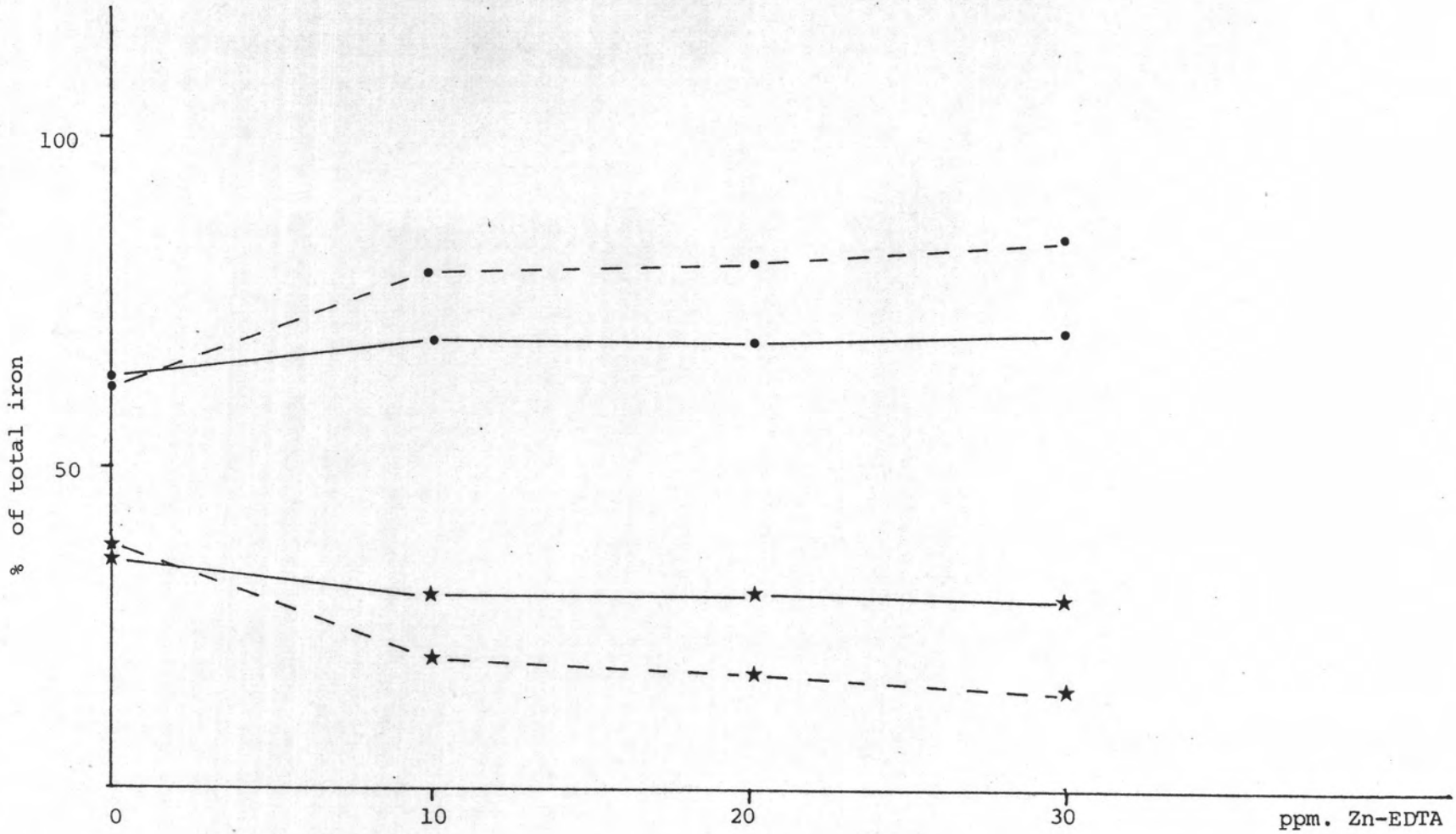
– – – – → หลัง treatment 15 วัน



กราฟที่ 15 ปริมาณ active iron (★) และปริมาณ chlorophyll (●) ของต้นข้าวที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นสังกะสีแตกต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

———— หลัง treatment 9 วัน

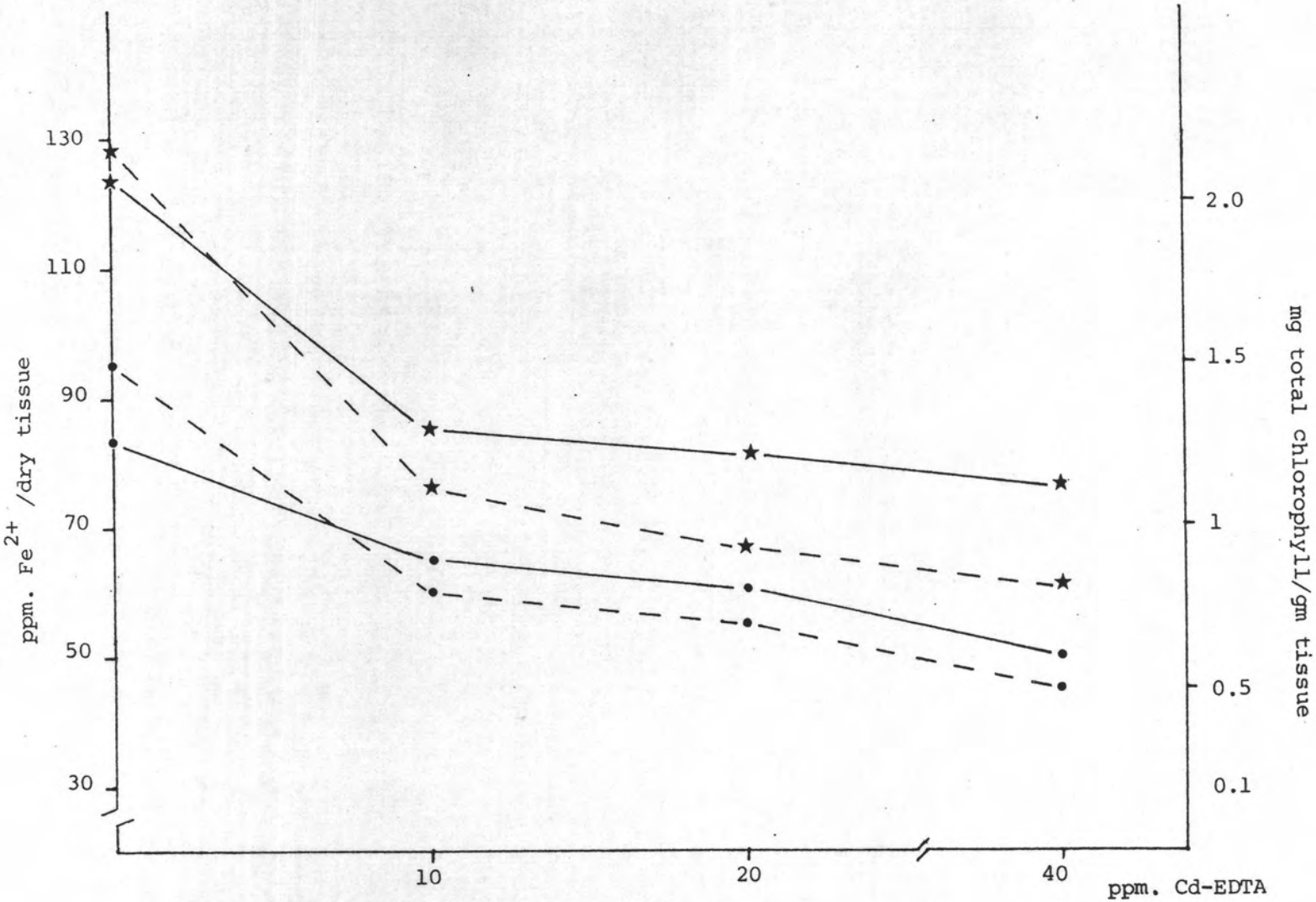
— — — — — หลัง treatment 15 วัน



กราฟที่ 16 เปอร์เซนต์ active iron (★) inactive iron (●) ของข้าวที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นสังกะสีแตกต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

———— หลัง treatment 9 วัน

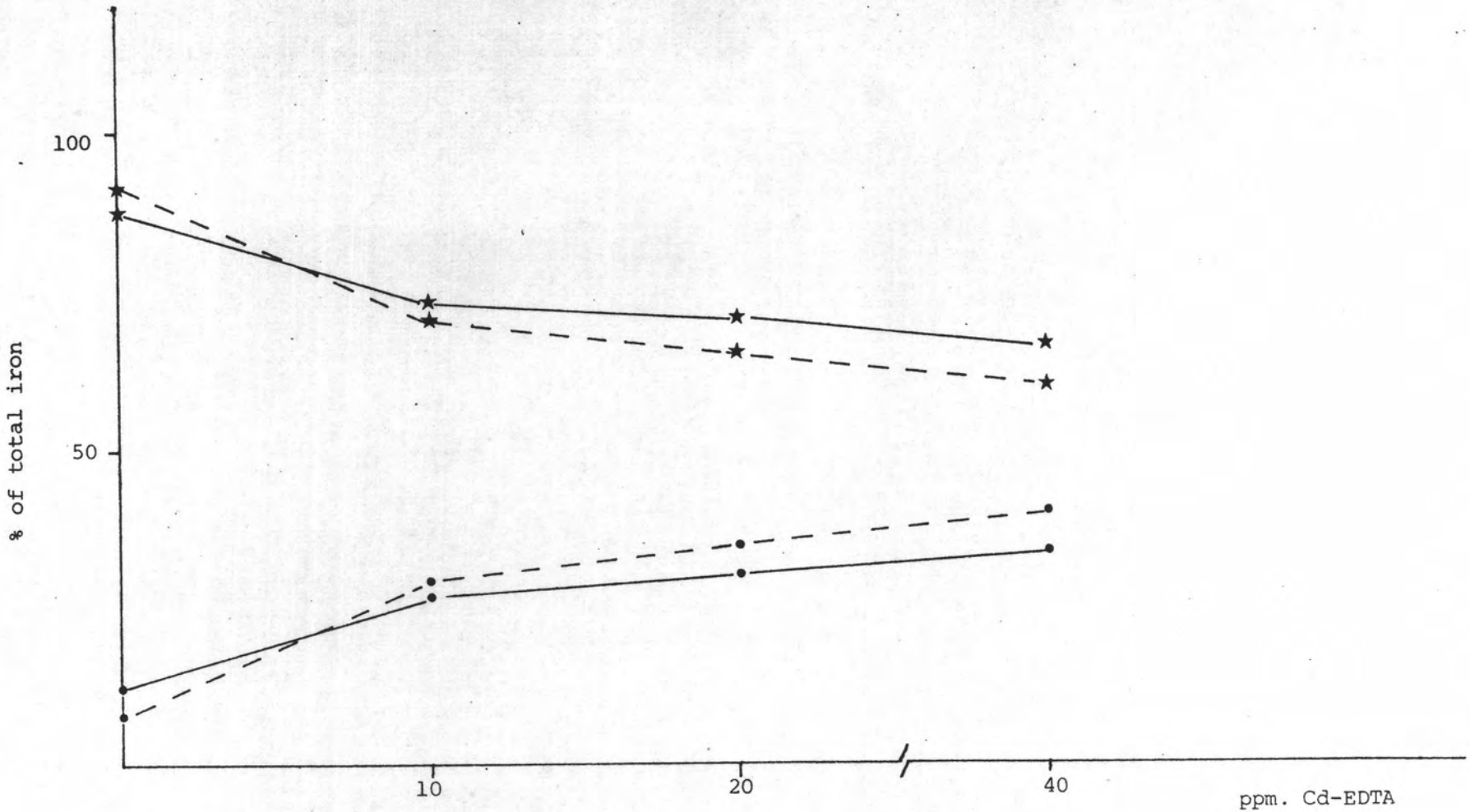
— — — — หลัง treatment 15 วัน



กราฟที่ 17 ปริมาณ active iron (★) และปริมาณ chlorophyll (●) ของผักกาดเขียวกวางตุ้งที่ปลูกในสารละลาย ธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นแคดเมียมแตกต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

———— หลัง treatment 9 วัน

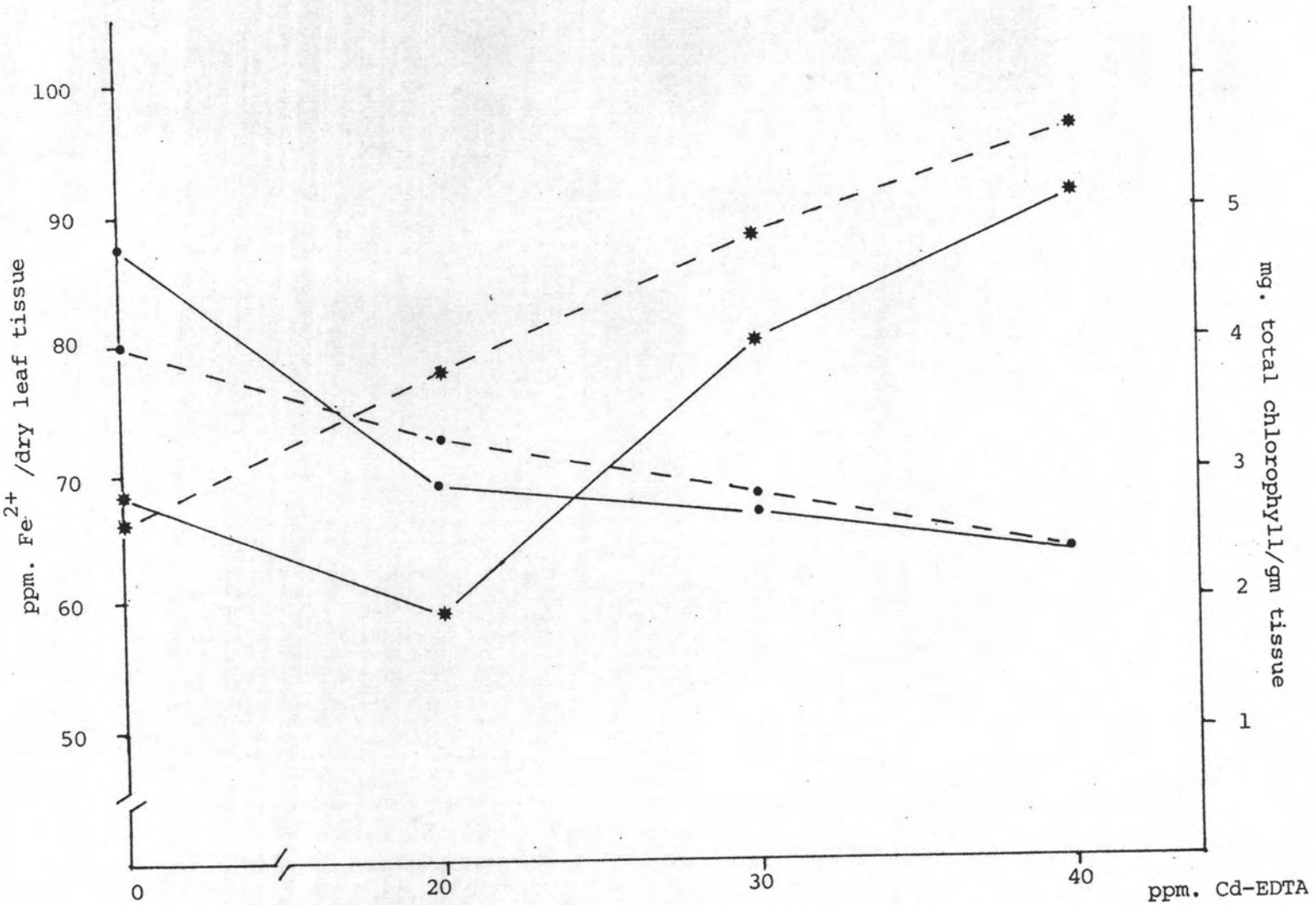
— — — — หลัง treatment 15 วัน



กราฟที่ 18 เปอร์เซ็นต์ active iron (★) inactive iron (●) ของผักกาดเขียวกวางตุ้งที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นแคดเมียมแตกต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

———— หลัง treatment 9 วัน

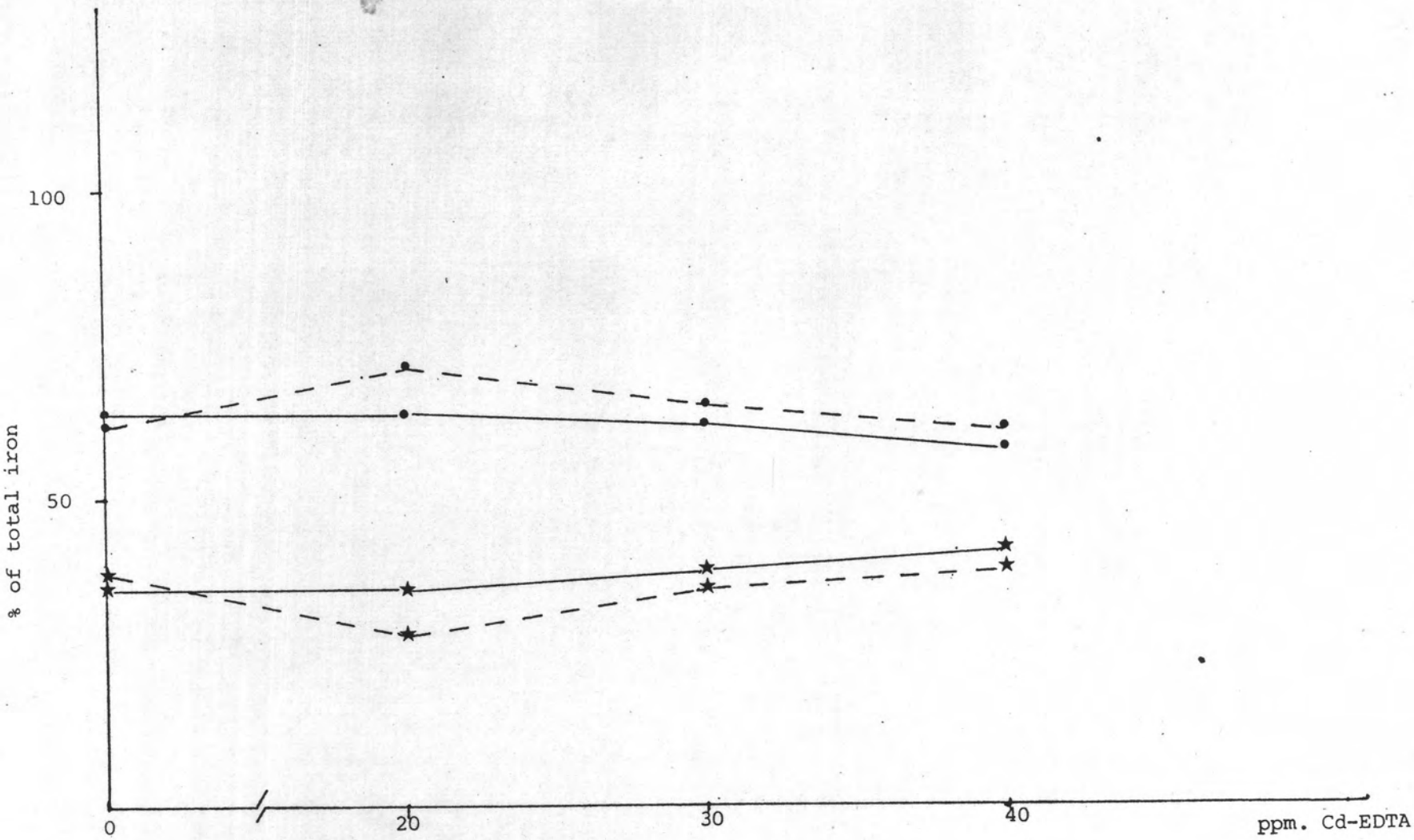
— — — — — หลัง treatment 15 วัน



กราฟที่ 19 ปริมาณ active iron (✱) และปริมาณ chlorophyll (●) ของต้นข้าวที่ปลูกในสารละลาย ธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นแคดเมียมแตกต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

———— หลัง treatment 9 วัน

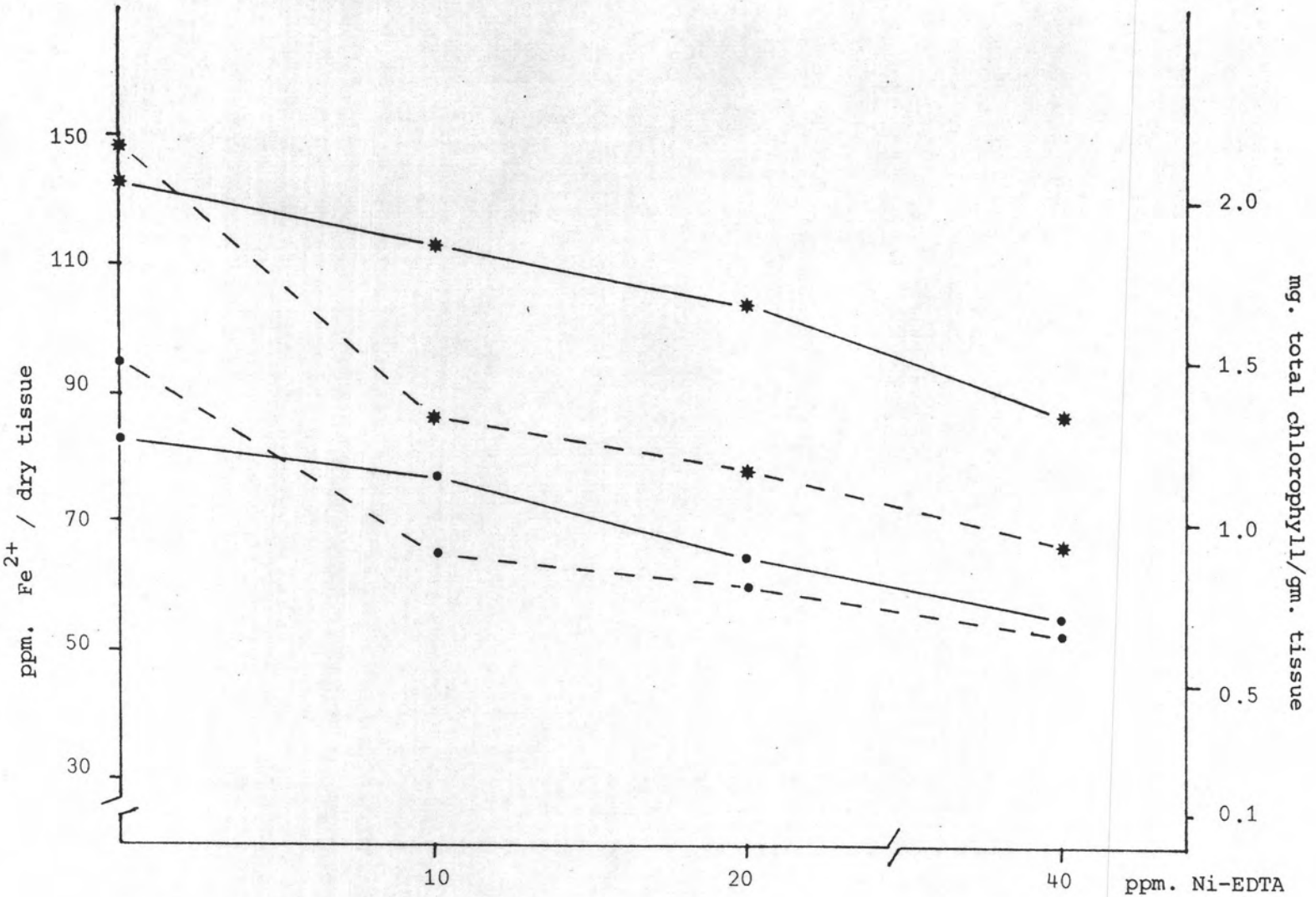
— — — — — หลัง treatment 15 วัน



กราฟที่ 20 เปอร์เซ็นต์ active iron (★) inactive iron (●) ของข้าวที่ปลูกในสารละลาย ธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นแคดเมียม แตกต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

———— หลัง treatment 9 วัน

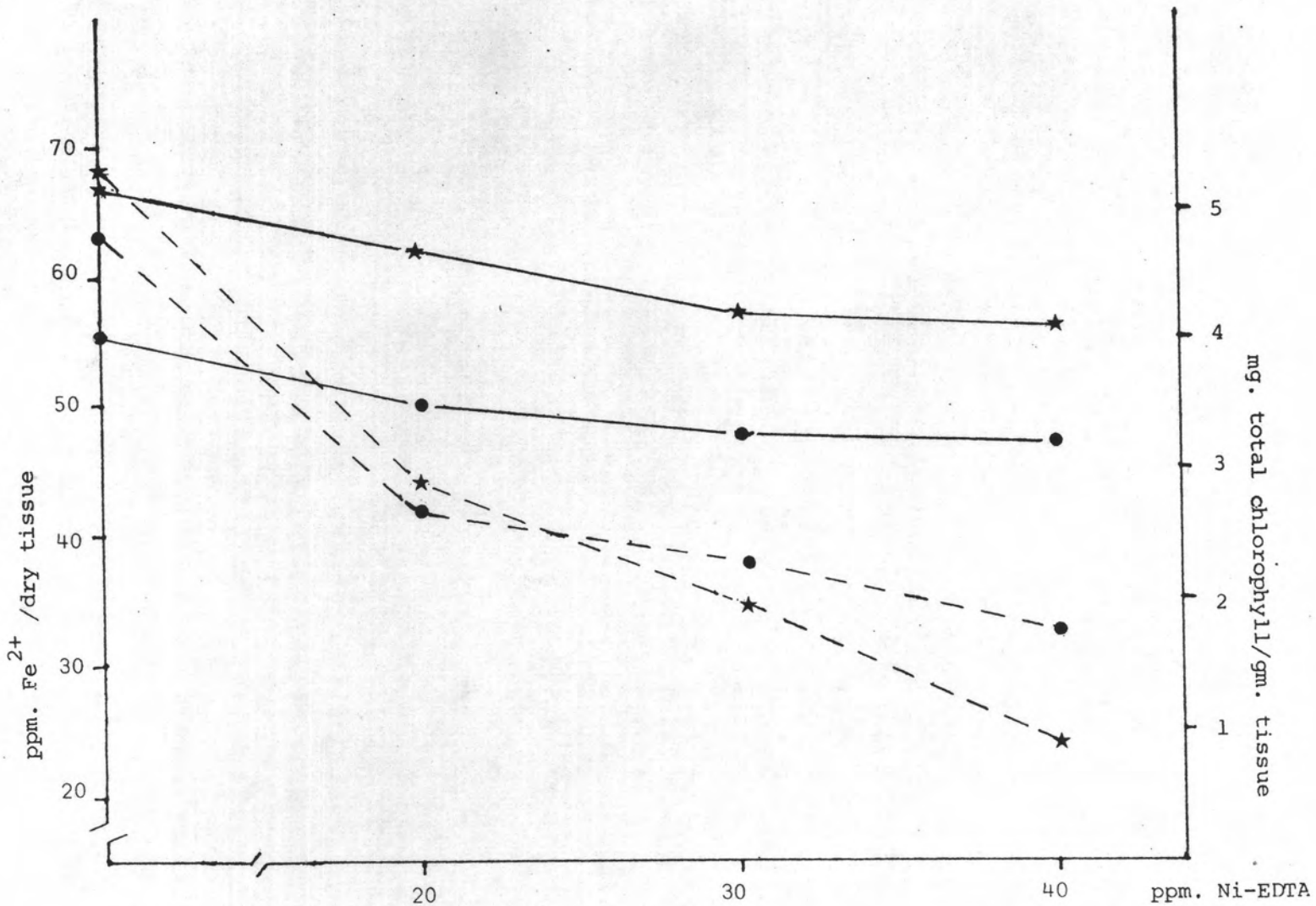
– – – – – หลัง treatment 15 วัน



กราฟที่ 21 ปริมาณ active iron (✱) และปริมาณ chlorophyll (●) ของผักกาดเขียวกวางตุ้งที่ปลูกในสารละลาย ธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นนิเกิลแตกต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

———— หลัง treatment 9 วัน

– – – – – หลัง treatment 15 วัน



กราฟที่ 22 ปริมาณ active iron (★)และปริมาณ chlorophyll (●) ของต้นข้าวที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นนิเกิลแตกต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

———— หลัง treatment 9 วัน

— — — — หลัง treatment 15 วัน

ตารางที่ 6 ผลของความเข้มข้นและระยะเวลาที่ได้รับธาตุเหล็กและธาตุโลหะหนักในสารละลายธาตุอาหารต่อสัดส่วนระหว่างปริมาณ active iron และ inactive iron (Fe^{2+} : Fe^{3+}) ในใบของผักกาดเขียวกวางตุ้งและข้าว

ผักกาดเขียวกวางตุ้ง				ข้าว			
Treatment (ppm)		ระยะเวลา (วัน)		Treatment (ppm)		ระยะเวลา (วัน)	
		9	15			9	15
0	Fe^{3+}	0.58	0.52	0	Fe^{3+}	0.31	0.26
0.25	Fe^{3+}	1.90	1.67	0.25	Fe^{3+}	0.37	0.28
5	Fe^{3+}	7.21	10.48	5	Fe^{3+}	0.57	0.59
10	Zn^{2+}	5.09	5.95	10	Zn^{2+}	0.43	0.25
20	Zn^{2+}	3.39	2.12	20	Zn^{2+}	0.43	0.22
40	Zn^{2+}	2.43	1.31	30	Zn^{2+}	0.41	0.18
10	Cd^{2+}	2.66	2.35	20	Cd^{2+}	0.53	0.40
20	Cd^{2+}	2.36	1.87	30	Cd^{2+}	0.60	0.54
40	Cd^{2+}	1.95	1.49	40	Cd^{2+}	0.70	0.63
10	Ni^{2+}	9.40	2.25	20	Ni^{2+}	0.48	0.32
20	Ni^{2+}	5.77	2.09	30	Ni^{2+}	0.45	0.24
40	Ni^{2+}	2.56	1.47	40	Ni^{2+}	0.41	0.16

3. ผลของความเข้มข้นและระยะเวลาที่ได้รับธาตุเหล็กและโลหะหนักต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและรากของผักกาดเขียวกวางตุ้งและข้าว

3.1 ผลของธาตุเหล็ก

ก. ผักกาดเขียวกวางตุ้ง ปรากฏในตารางที่ 7 - 8
กราฟที่ 23 - 24, 27 - 28, 31 - 32

ข. ข้าว ปรากฏในตารางที่ 9 - 10
กราฟที่ 25 - 26, 29 - 30, 33 - 34

3.2 ผลของธาตุสังกะสี

ก. ผักกาดเขียวกวางตุ้ง ปรากฏในตารางที่ 7 - 8 กราฟที่ 23 - 24
ข. ข้าว ปรากฏในตารางที่ 9 - 10 กราฟที่ 25 - 26

3.3 ผลของธาตุแคดเมียม

ก. ผักกาดเขียวกวางตุ้ง ปรากฏในตารางที่ 7 - 8 กราฟที่ 27 - 28
ข. ข้าว ปรากฏในตารางที่ 9 - 10 กราฟที่ 29 - 30

3.4 ผลของธาตุนิเกิล

ก. ผักกาดเขียวกวางตุ้ง ปรากฏในตารางที่ 7 - 8 กราฟที่ 31 - 32
ข. ข้าว ปรากฏในตารางที่ 9 - 10 กราฟที่ 33 - 34

ตารางที่ 7 ผลของโลหะหนักต่อน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ของต้นและรากและการเปลี่ยนแปลง pH ในสารอาหารของผักกาดเขียวกวางตุ้งอายุหลัง treatment 9 วัน เมื่อน้ำหนักสด, น้ำหนักแห้ง ของต้นและรากเป็นกรัม/ต้น เริ่มต้นเท่ากับ 6.5 ± 1.7, 0.36 ± 0.03, 0.69 ± 0.39 และ 0.06 ± 0.02 ตามลำดับ ns = non significant, * = significant ที่ 0.05, ** = significant ที่ 0.01 , เมื่อเทียบระหว่าง treatment กับ control (5 ppm.Fe) ตัวอักษร a, b, c. ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบระหว่าง treatment ของโลหะหนักชนิดเดียวกัน ส่วนตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

treatment (ppm.)	ต้น						ราก						pH	
	สด (กรัม/ต้น)			แห้ง (กรัม/ต้น)			สด (กรัม/ต้น)			แห้ง (กรัม/ต้น)			เริ่มต้น	เก็บผล
5 Fe^{3+}	39.03 ± 2.80		a	2.20 ± 0.03		a	4.05 ± 0.69		a	0.31 ± 0.04		a	5.8	6.8
0.25 Fe^{3+}	24.96 ± 2.85	**	b	1.31 ± 0.06	**	b	2.83 ± 0.37	**	b	0.22 ± 0.02	**	b	5.7	6.2
0 Fe^{3+}	19.13 ± 0.93	**	c	1.16 ± 0.04	**	c	2.35 ± 0.23	**	c	0.19 ± 0.03	**	b	5.7	6.2
10 Zn^{2+}	22.58 ± 1.87	**	a	1.27 ± 0.02	**	a	3.00 ± 0.29	**	a	0.19 ± 0.03	**	a	5.7	6.5
20 Zn^{2+}	19.83 ± 1.69	**	b	1.24 ± 0.02	**	b	2.53 ± 0.37	**	b	0.15 ± 0.04	**	ab	5.7	6.3
40 Zn^{2+}	15.52 ± 2.27	**	c	0.88 ± 0.06	**	c	1.73 ± 0.29	**	c	0.12 ± 0.02	**	b	5.7	5.8
10 Cd^{2+}	18.71 ± 1.28	**	a	1.15 ± 0.05	**	a	3.07 ± 0.26	**	a	0.22 ± 0.04	**	a	5.8	6.2
20 Cd^{2+}	16.57 ± 1.24	**	b	1.06 ± 0.07	**	b	2.63 ± 0.27	**	b	0.19 ± 0.02	**	b	5.8	6.0
40 Cd^{2+}	12.60 ± 2.11	**	c	0.87 ± 0.06	**	c	2.37 ± 0.25	**	b	0.17 ± 0.02	**	b	5.8	6.0
10 Ni^{2+}	27.62 ± 3.46	**	a	1.62 ± 0.07	**	a	3.08 ± 0.40	*	a	0.18 ± 0.03	**	a	5.8	6.3
20 Ni^{2+}	24.42 ± 3.05	**	ab	1.39 ± 0.06	**	b	2.46 ± 0.23	**	b	0.16 ± 0.03	**	ab	5.7	6.4
40 Ni^{2+}	21.28 ± 2.50	**	b	1.29 ± 0.07	**	c	1.82 ± 0.26	**	c	0.14 ± 0.03	**	b	5.8	6.0

ตารางที่ 8 ผลของโลหะหนักต่อน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของต้นและราก และการเปลี่ยนแปลง pH ของสารอาหารของผักกาดเขียวกวางตุ้ง อายุหลัง treatment 15 วัน เมื่อน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ของต้นและรากเป็นกรัม/ต้น เริ่มต้นเท่ากับ 6.5 ± 1.7, 0.36 ± 0.03, 0.69 ± 0.39 และ 0.06 ± 0.02 ตามลำดับ ns = non significant, * = significant ที่ 0.05, ** = significant ที่ 0.01, เมื่อเทียบระหว่าง treatment กับ control (5 ppm.Fe) ตัวอักษร a, b, c. ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบระหว่าง treatment ของโลหะหนักชนิดเดียวกัน ส่วนตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

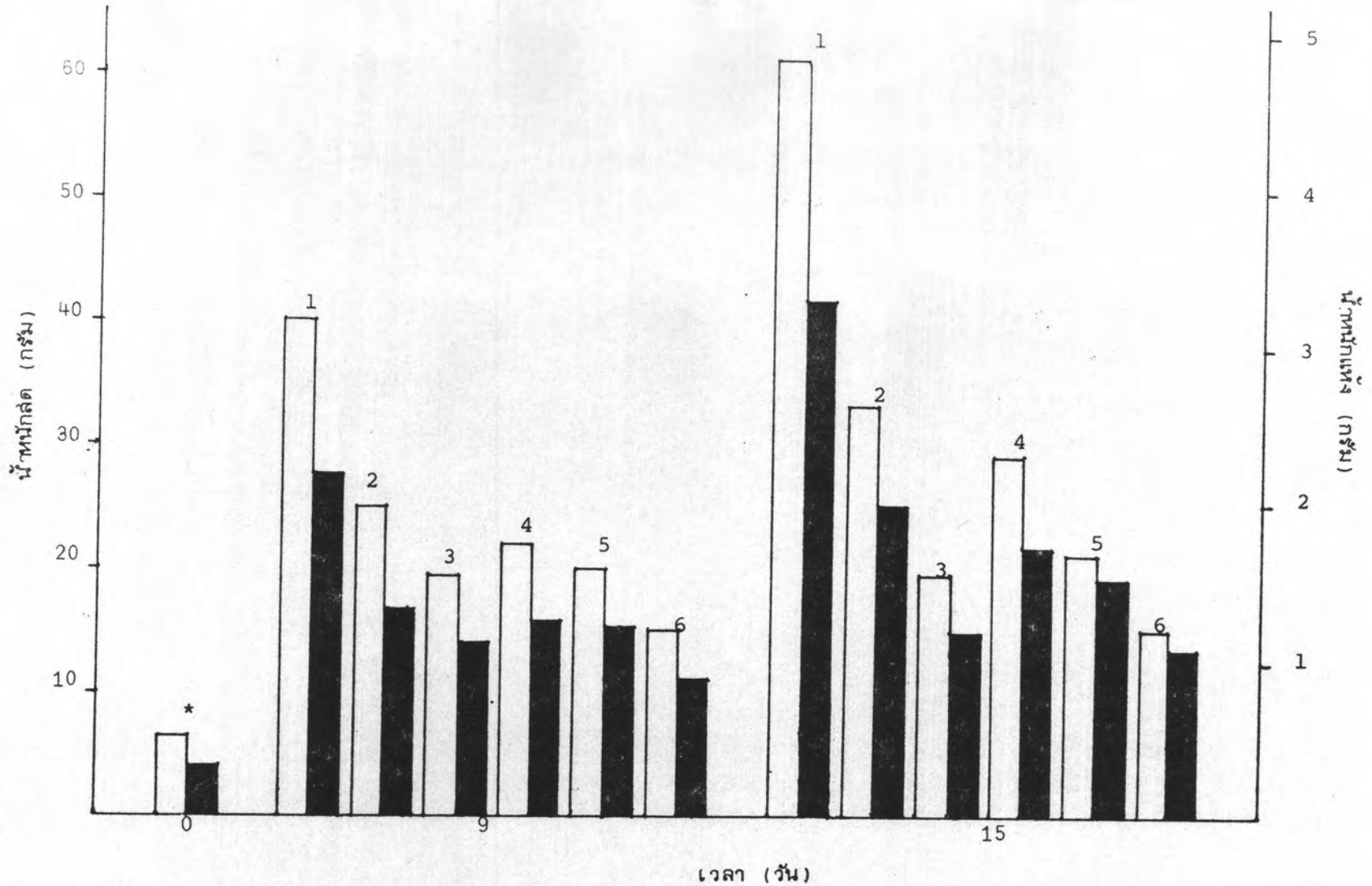
treatment (ppm.)		ต้น						ราก						pH	
		สด (กรัม/ต้น)			แห้ง (กรัม/ต้น)			สด (กรัม/ต้น)			แห้ง (กรัม/ต้น)			เริ่มต้น	เก็บผล
5	Fe^{3+}	60.88 ± 4.86		a	3.29 ± 0.03		a	6.87 ± 0.69		a	0.56 ± 0.04		a	5.8	7.3
0.25	Fe^{3+}	33.05 ± 2.85	**	b	2.02 ± 0.07	**	b	4.68 ± 0.58	**	b	0.35 ± 0.02	**	b	5.7	6.5
0	Fe^{3+}	18.68 ± 3.02	**	c	1.18 ± 0.02	**	c	2.73 ± 0.34	**	c	0.24 ± 0.02	**	c	5.7	6.3
10	Zn^{2+}	28.10 ± 4.51	**	a	1.76 ± 0.07	**	a	3.07 ± 0.27	**	a	0.30 ± 0.04	**	a	5.7	6.6
20	Zn^{2+}	22.42 ± 3.12	**	b	1.52 ± 0.06	**	b	2.76 ± 0.21	**	a	0.24 ± 0.03	**	b	5.7	6.5
40	Zn^{2+}	14.68 ± 4.80	**	c	1.12 ± 0.05	**	c	1.83 ± 0.23	**	b	0.16 ± 0.03	**	c	5.7	6.0
10	Cd^{2+}	26.67 ± 2.74	**	a	1.55 ± 0.07	**	a	4.30 ± 0.24	**	a	0.38 ± 0.04	**	a	5.8	6.4
20	Cd^{2+}	24.37 ± 1.59	**	a	1.38 ± 0.06	**	b	3.75 ± 0.34	**	b	0.32 ± 0.04	**	b	5.8	6.2
40	Cd^{2+}	17.22 ± 2.21	**	b	1.25 ± 0.06	**	c	3.10 ± 0.32	**	c	0.28 ± 0.02	**	c	5.8	6.2
10	Ni^{2+}	36.85 ± 4.67	**	a	2.25 ± 0.05	**	a	4.23 ± 0.31	**	a	0.36 ± 0.05	**	a	5.8	6.7
20	Ni^{2+}	32.13 ± 1.71	**	b	1.80 ± 0.04	**	b	3.33 ± 0.28	**	b	0.28 ± 0.02	**	b	5.7	6.6
40	Ni^{2+}	26.73 ± 1.86	**	c	1.68 ± 0.07	**	c	2.78 ± 0.44	**	c	0.22 ± 0.02	**	c	5.8	6.2

ตารางที่ 9 ผลของโลหะหนักต่อน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ของต้นและราก และการเปลี่ยนแปลง pH ในสารอาหารของข้าว อายุหลัง treatment 9 วัน เมื่อน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ของต้นและรากเป็นกรัม/ต้น เริ่มต้นเท่ากับ 4.92 ± 0.21, 0.78 ± 0.02, 1.73 ± 0.16 และ 0.15 ± 0.05 ตามลำดับ ns = non significant, * = significant ที่ 0.05, ** = significant ที่ 0.01, เมื่อเทียบระหว่าง treatment กับ control (5 ppm.Fe) ตัวอักษร a, b, c. ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบระหว่าง treatment ของโลหะหนักชนิดเดียวกัน ส่วนตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

treatment (ppm.)	ต้น						ราก						pH	
	สด (กรัม/ต้น)			แห้ง (กรัม/ต้น)			สด (กรัม/ต้น)			แห้ง (กรัม/ต้น)			เริ่มต้น	เก็บผล
5 Fe^{3+}	16.23 ± 0.42		a	2.58 ± 0.03		a	8.52 ± 0.33		a	0.61 ± 0.14		a	5.8	6.8
0.25 Fe^{3+}	11.61 ± 0.87	**	b	2.01 ± 0.02	**	b	5.70 ± 0.36	**	b	0.42 ± 0.02	**	b	5.8	6.5
0 Fe^{3+}	8.52 ± 0.48	**	c	1.54 ± 0.03	**	c	4.18 ± 0.39	**	c	0.36 ± 0.03	**	c	5.8	6.4
10 Zn^{2+}	11.03 ± 0.56	**	a	1.64 ± 0.04	**	a	5.08 ± 0.24	**	a	0.51 ± 0.02	ns	a	5.7	6.5
20 Zn^{2+}	10.38 ± 0.80	**	b	1.51 ± 0.04	**	b	5.12 ± 0.50	**	a	0.45 ± 0.05	*	b	5.8	6.4
30 Zn^{2+}	9.30 ± 0.95	**	c	1.41 ± 0.04	**	c	4.70 ± 0.37	**	a	0.39 ± 0.04	**	c	5.7	6.4
20 Cd^{2+}	6.70 ± 0.33	**	a	1.37 ± 0.05	**	a	3.47 ± 0.23	**	a	0.34 ± 0.03	**	a	5.7	6.4
30 Cd^{2+}	5.87 ± 0.41	**	b	1.24 ± 0.03	**	b	2.65 ± 0.21	**	b	0.29 ± 0.02	**	b	5.7	6.4
40 Cd^{2+}	5.28 ± 0.62	**	b	1.19 ± 0.03	**	c	2.43 ± 0.34	**	b	0.23 ± 0.04	**	c	5.8	6.3
20 Ni^{2+}	10.97 ± 0.54	**	a	1.64 ± 0.05	**	a	4.92 ± 0.37	**	a	0.49 ± 0.03	*	a	5.7	6.6
30 Ni^{2+}	9.75 ± 0.94	**	b	1.55 ± 0.03	**	b	4.57 ± 0.43	**	ab	0.43 ± 0.02	*	b	5.8	6.5
40 Ni^{2+}	8.75 ± 1.01	**	b	1.49 ± 0.03	**	c	4.27 ± 0.33	**	b	0.42 ± 0.02	**	b	5.7	6.4

ตารางที่ 10 ผลของโลหะหนักต่อน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ของต้นและราก และการเปลี่ยนแปลง pH ในสารอาหารของข้าว อายุหลัง treatment 15 วัน เมื่อน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ของต้นและรากเป็นกรัม/ต้น เริ่มต้นเท่ากับ 4.92 ± 0.21, 0.78 ± 0.02, 1.73 ± 0.16 และ 0.15 ± 0.05 ตามลำดับ ns = non significant, * = significant ที่ 0.05, ** = significant ที่ 0.01, เมื่อเทียบระหว่าง treatment กับ control (5 ppm.Fe) ตัวอักษร a, b, c. ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบระหว่าง treatment ของโลหะหนักชนิดเดียวกัน ส่วนตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

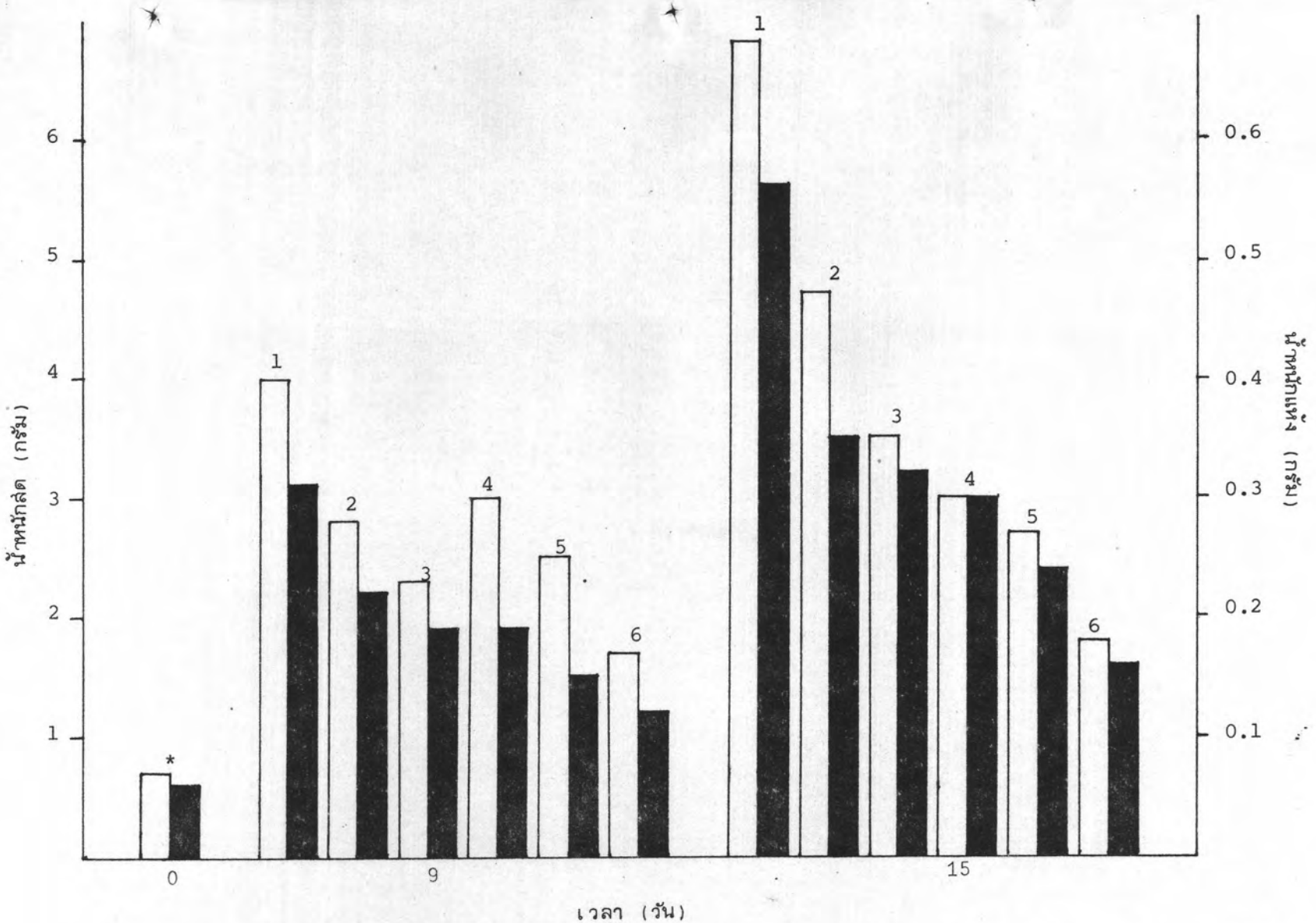
treatment (ppm.)	ต้น						ราก						pH	
	สด (กรัม/ต้น)			แห้ง (กรัม/ต้น)			สด (กรัม/ต้น)			แห้ง (กรัม/ต้น)			เริ่มต้น	เก็บผล
5 Fe^{3+}	22.80 ± 1.05		a	3.78 ± 0.16		a	9.10 ± 0.63		a	0.88 ± 0.06		a	5.8	7.5
0.25 Fe^{3+}	14.93 ± 1.45	**	b	2.69 ± 0.14	**	b	7.82 ± 0.93	**	b	0.71 ± 0.04	**	b	5.8	6.7
0 Fe^{3+}	11.33 ± 2.43	**	c	2.58 ± 0.27	**	b	3.82 ± 0.59	**	c	0.43 ± 0.07	**	c	5.8	6.5
10 Zn^{2+}	20.15 ± 3.27	ns	a	3.14 ± 0.23	**	a	8.07 ± 0.94	*	a	0.77 ± 0.07	*	a	5.7	6.7
20 Zn^{2+}	17.58 ± 2.20	**	a	2.85 ± 0.16	**	b	7.17 ± 0.97	**	a	0.67 ± 0.04	**	b	5.8	6.5
30 Zn^{2+}	14.62 ± 1.80	**	b	2.39 ± 0.21	**	c	5.15 ± 0.45	**	b	0.60 ± 0.07	**	b	5.7	6.4
20 Cd^{2+}	11.48 ± 1.42	**	a	2.41 ± 0.23	**	a	7.67 ± 0.78	**	a	0.78 ± 0.07	*	a	5.7	6.5
30 Cd^{2+}	8.97 ± 1.66	**	b	1.85 ± 0.23	**	b	5.50 ± 0.78	**	b	0.57 ± 0.09	**	b	5.7	6.5
40 Cd^{2+}	8.42 ± 1.44	**	b	1.79 ± 0.25	**	b	4.97 ± 0.89	**	b	0.52 ± 0.05	**	b	5.8	6.3
20 Ni^{2+}	20.02 ± 2.65	*	a	3.45 ± 0.15	**	a	8.43 ± 0.75	ns	a	0.81 ± 0.06	ns	a	5.7	6.8
30 Ni^{2+}	16.68 ± 1.55	**	b	2.87 ± 0.28	**	b	7.88 ± 0.95	*	ab	0.73 ± 0.05	**	b	5.8	6.5
40 Ni^{2+}	15.80 ± 1.02	**	b	2.57 ± 0.23	**	b	6.78 ± 0.87	**	b	0.64 ± 0.02	**	c	5.7	6.5



กราฟที่ 23 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนต้นของผักกาดเขียวกวางตุ้งที่ปลูกในสารละลายของธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของสังกะสีต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

1 ความเข้มข้นของธาตุเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 5 ppm.
2 ความเข้มข้นของธาตุเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 0.25 ppm.
3 ความเข้มข้นของธาตุเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 0 ppm.
4 ความเข้มข้นของสังกะสีในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 10 ppm.
5 ความเข้มข้นของสังกะสีในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 20 ppm.
6 ความเข้มข้นของสังกะสีในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 40 ppm. *ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเริ่มต้นจาก 6 ต้น ของทุก treatment

□ น้ำหนักสด
■ น้ำหนักแห้ง

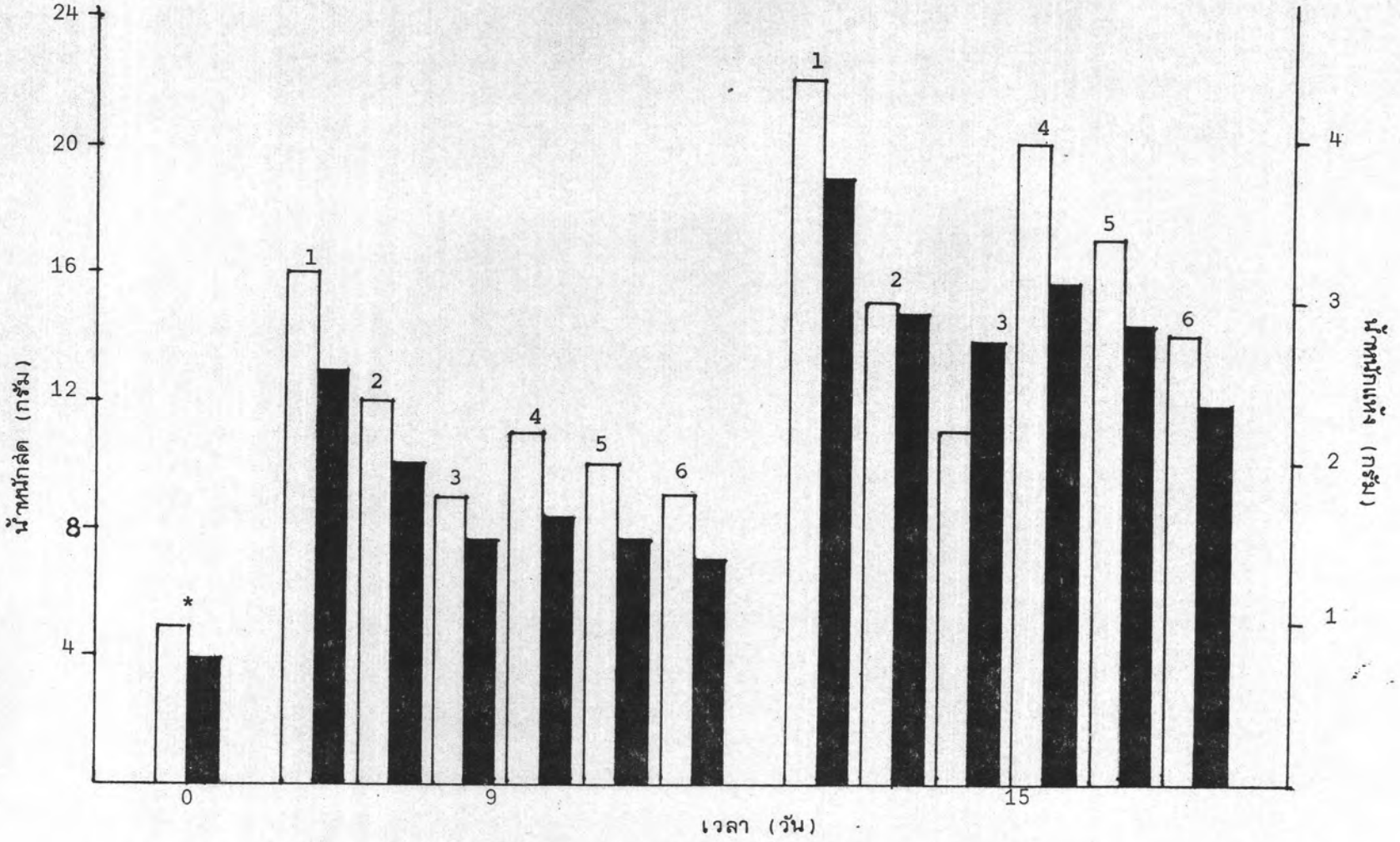


กราฟที่ 24 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนรากของผักกาดเขียวกวางตุ้งที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของสังกะสีต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

1 ความเข้มข้นของเหล็กในสารละลายธาตุอาหาร มีค่า 5 ppm.
2 ความเข้มข้นของเหล็กในสารละลายธาตุอาหาร มีค่า 0.25 ppm.
3 ความเข้มข้นของเหล็กในสารละลายธาตุอาหาร มีค่า 0 ppm.
4 ความเข้มข้นของสังกะสีในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 10 ppm.

□ น้ำหนักสด ■ น้ำหนักแห้ง

5 ความเข้มข้นของสังกะสีในสารละลายธาตุอาหาร 20 ppm.
6 ความเข้มข้นของสังกะสีในสารละลายธาตุอาหาร 40 ppm.
* ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเริ่มต้นจาก 6 ต้นของทุก treatment



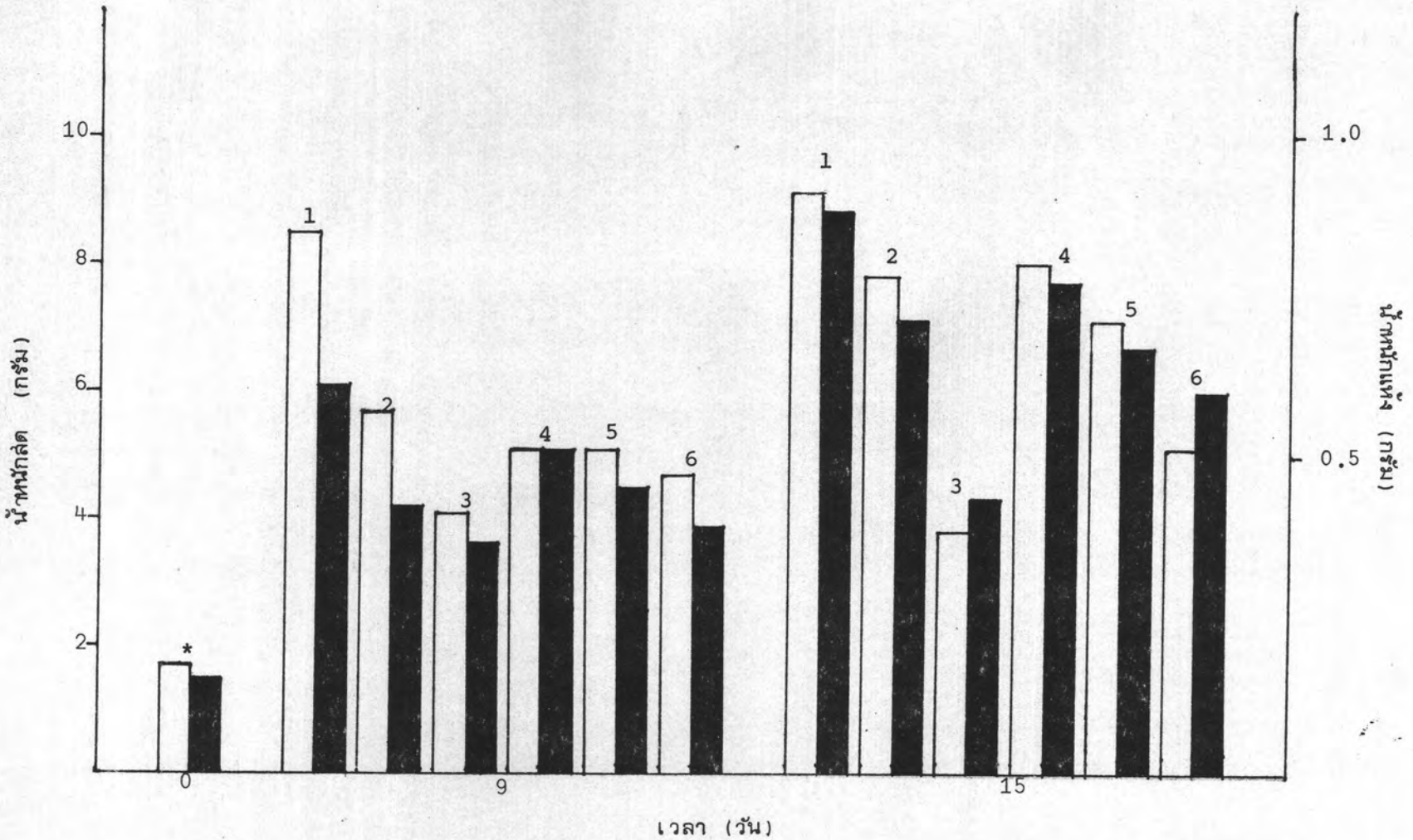
กราฟที่ 25 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนต้นของข้าวที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของสังกะสีต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

1 ความเข้มข้นของเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 5 ppm. ☐ น้ำหนักสด ■ น้ำหนักแห้ง

2 ความเข้มข้นของเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 0.25 ppm. 5 ความเข้มข้นของสังกะสีในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 20 ppm.

3 ความเข้มข้นของเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 0 ppm. 6 ความเข้มข้นของสังกะสีในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 30 ppm.

4 ความเข้มข้นของสังกะสีในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 10 ppm. * ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเริ่มต้นจาก 6 ต้นของทุก treatment



กราฟที่ 26 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนรากของข้าวที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของสังกะสีต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

1 ความเข้มข้นของเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 5 ppm. □ น้ำหนักสด ■ น้ำหนักแห้ง

2 ความเข้มข้นของเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 0.25 ppm.

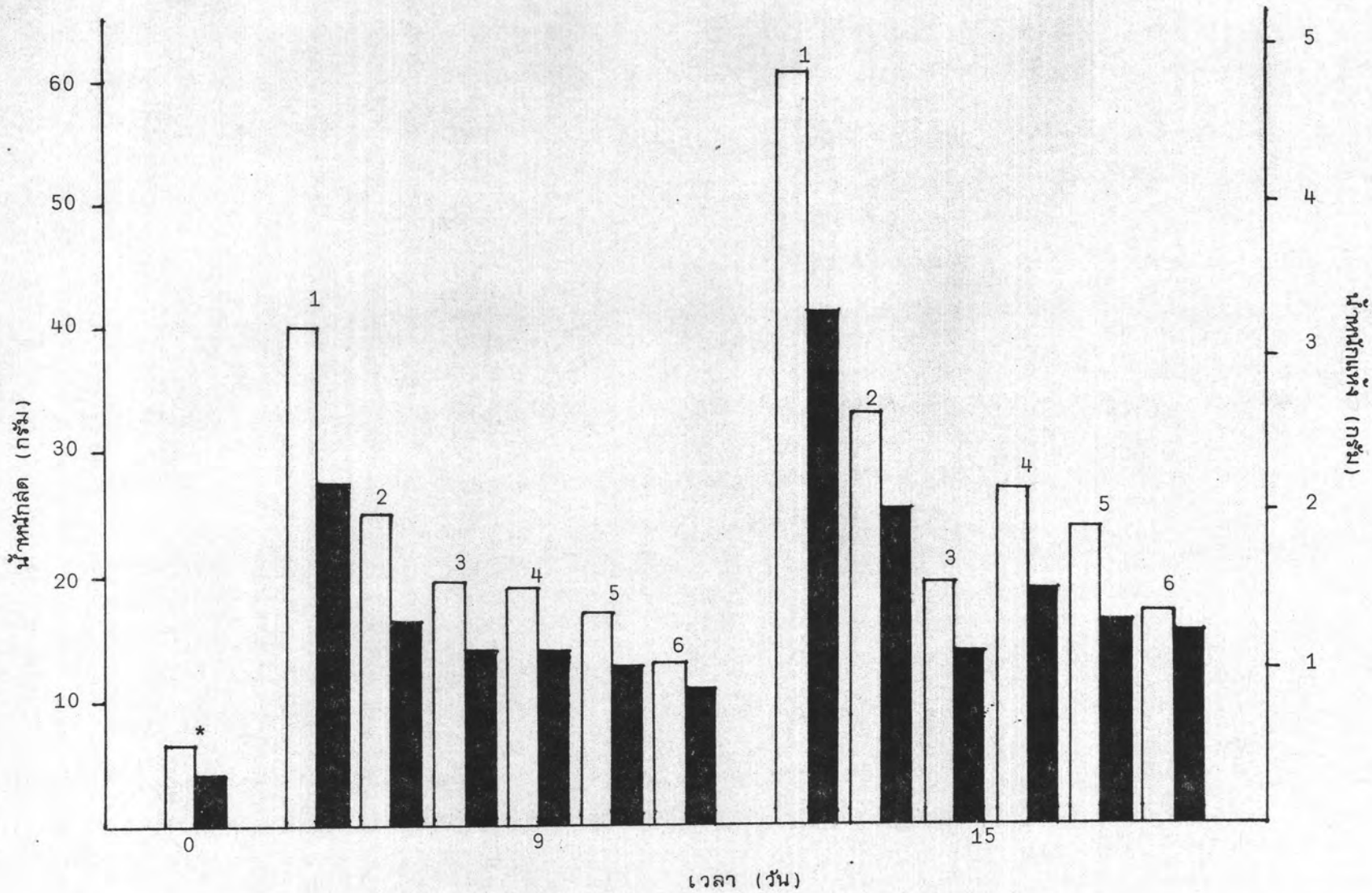
3 ความเข้มข้นของเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 0 ppm.

4 ความเข้มข้นของสังกะสีในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 10 ppm.

5 ความเข้มข้นของสังกะสีในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 20 ppm.

6 ความเข้มข้นของสังกะสีในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 30 ppm.

* ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเริ่มต้นจาก 6 ต้นของทุก treatment



กราฟที่ 27 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนต้นของผักกาดกวางตุ้งที่ปลูกในสารละลายของธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นแคดเมียมต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

1 ความเข้มข้นของเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 5 ppm.

2 ความเข้มข้นของเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 0.25 ppm.

3 ความเข้มข้นของเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 0 ppm.

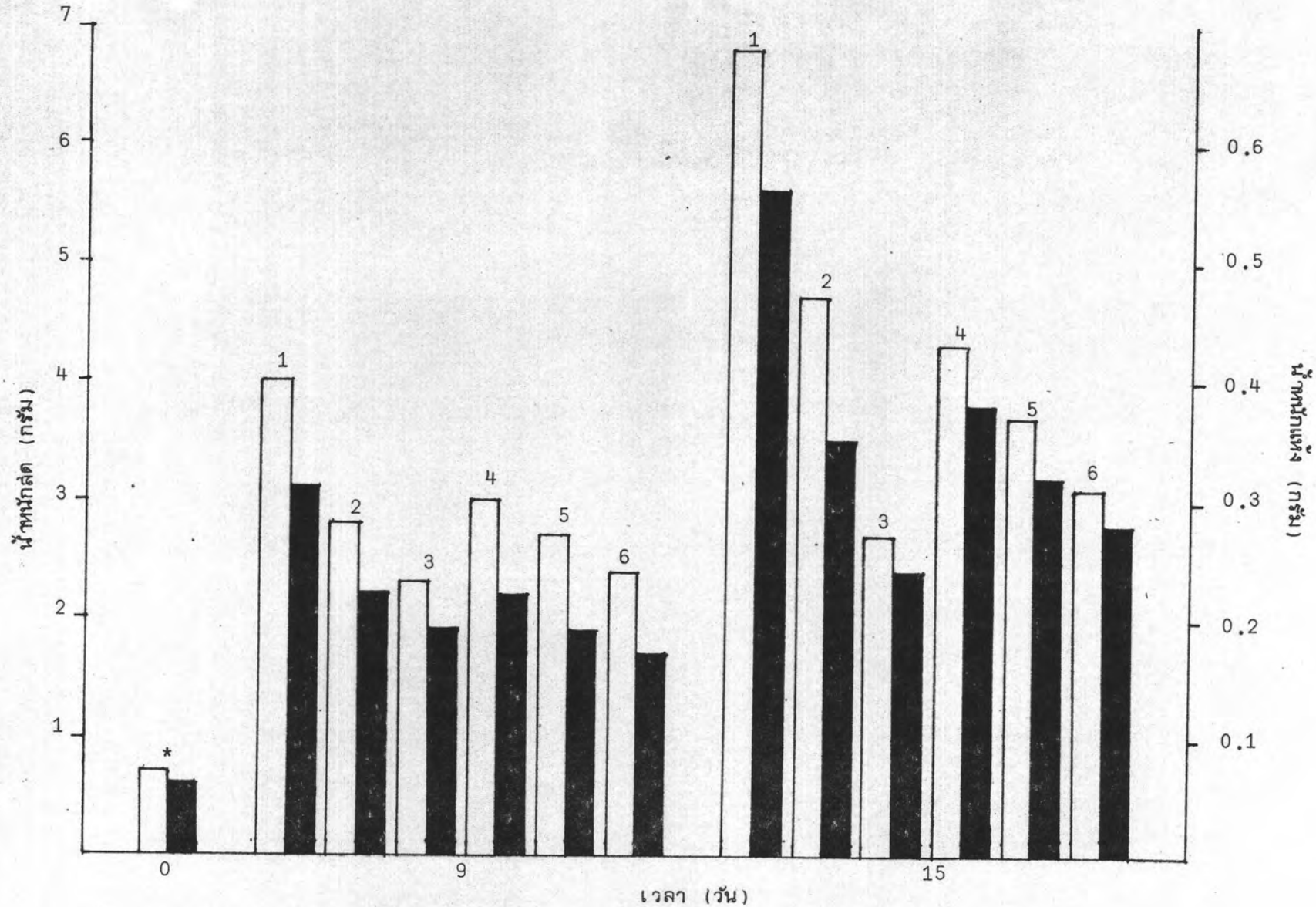
4 ความเข้มข้นของแคดเมียมในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 10 ppm.

□ น้ำหนักสด ■ น้ำหนักแห้ง

5 ความเข้มข้นของแคดเมียมในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 20 ppm.

6 ความเข้มข้นของแคดเมียมในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 40 ppm.

* ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเริ่มต้นจาก 6 ต้น ของทุก treatment



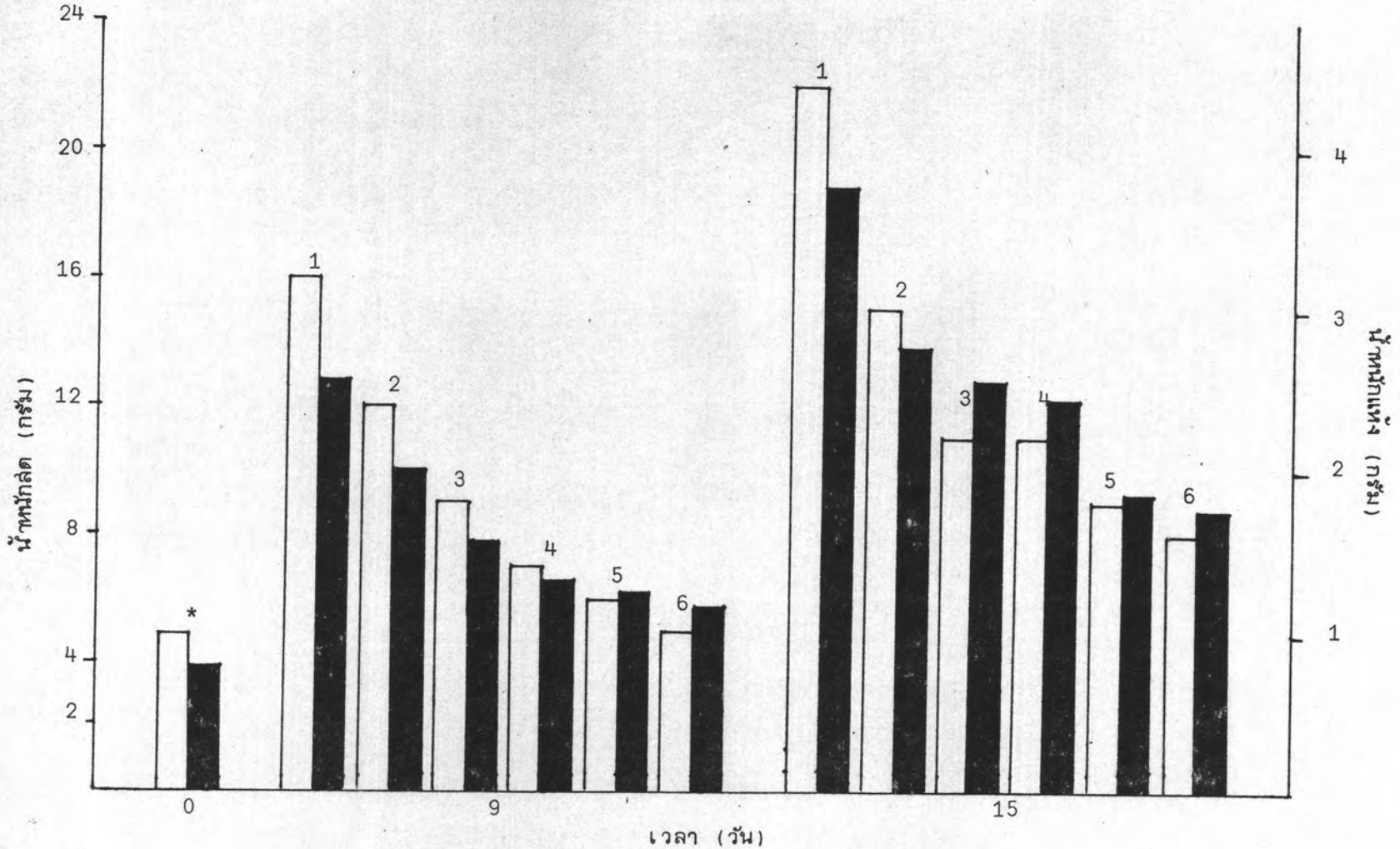
กราฟที่ 28 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนรากของผักกาดกวางตุ้งที่ปลูกในสารละลายของธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นแคดเมียมต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

1 ความเข้มข้นของเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 5 ppm. ☐ น้ำหนักสด ■ น้ำหนักแห้ง

2 ความเข้มข้นของเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 0.25 ppm. 5 ความเข้มข้นของแคดเมียมในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 20 ppm.

3 ความเข้มข้นของเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 0 ppm. 6 ความเข้มข้นของแคดเมียมในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 40 ppm.

4 ความเข้มข้นของแคดเมียมในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 10 ppm. * ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเริ่มต้นจาก 6 ต้น ของทุก treatment



กราฟที่ 29 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนต้นของข้าวที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคดเมียมต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

1 ความเข้มข้นของธาตุเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 5 ppm.

2 ความเข้มข้นของธาตุเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 0.25 ppm.

3 ความเข้มข้นของธาตุเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 0 ppm.

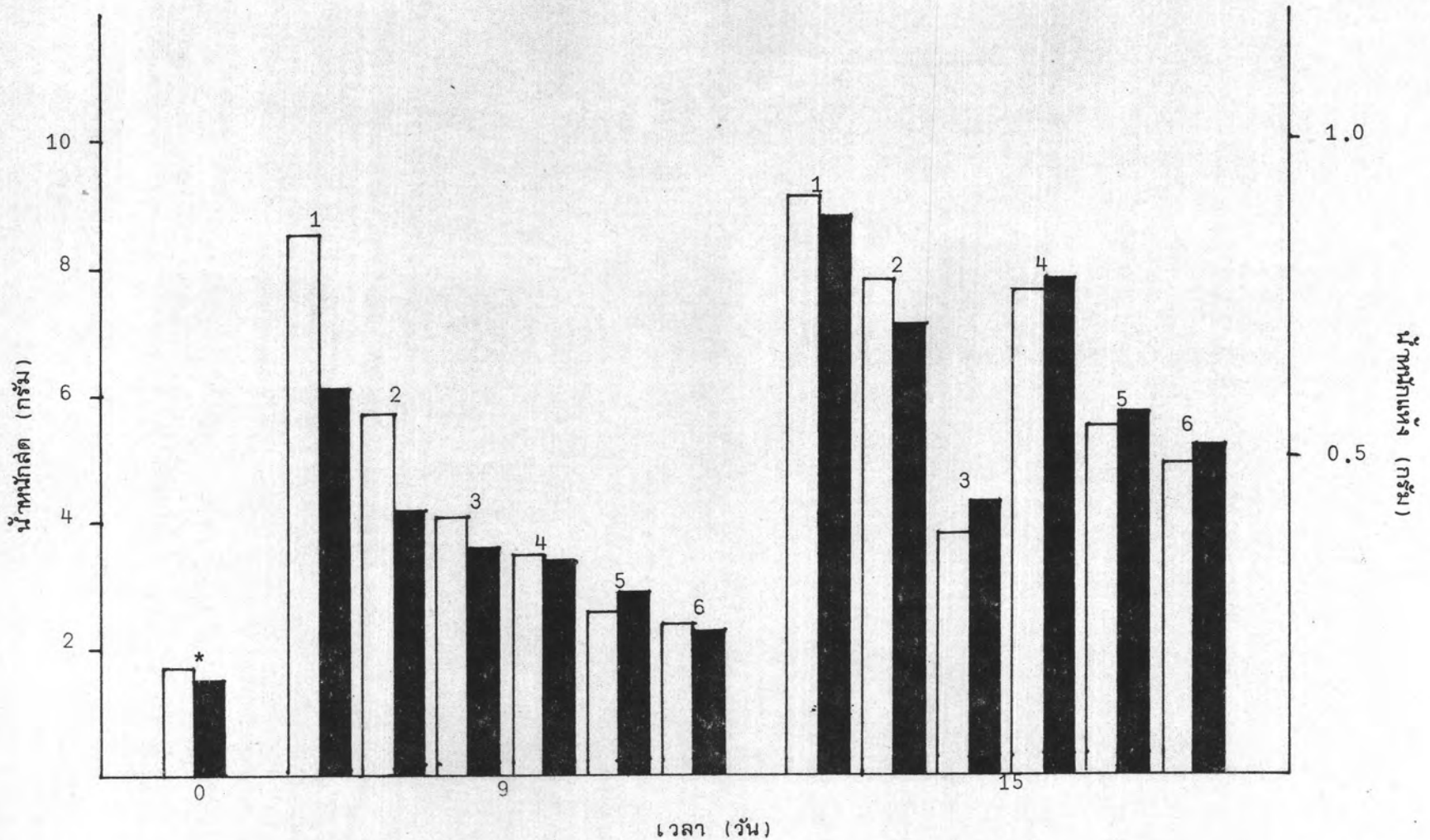
4 ความเข้มข้นของแคดเมียมในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 20 ppm.

□ น้ำหนักสด ■ น้ำหนักแห้ง

5 ความเข้มข้นของแคดเมียมในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 30 ppm

6 ความเข้มข้นของแคดเมียมในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 40 ppm

* ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเริ่มต้นจาก 6 ต้นของทุก treatment

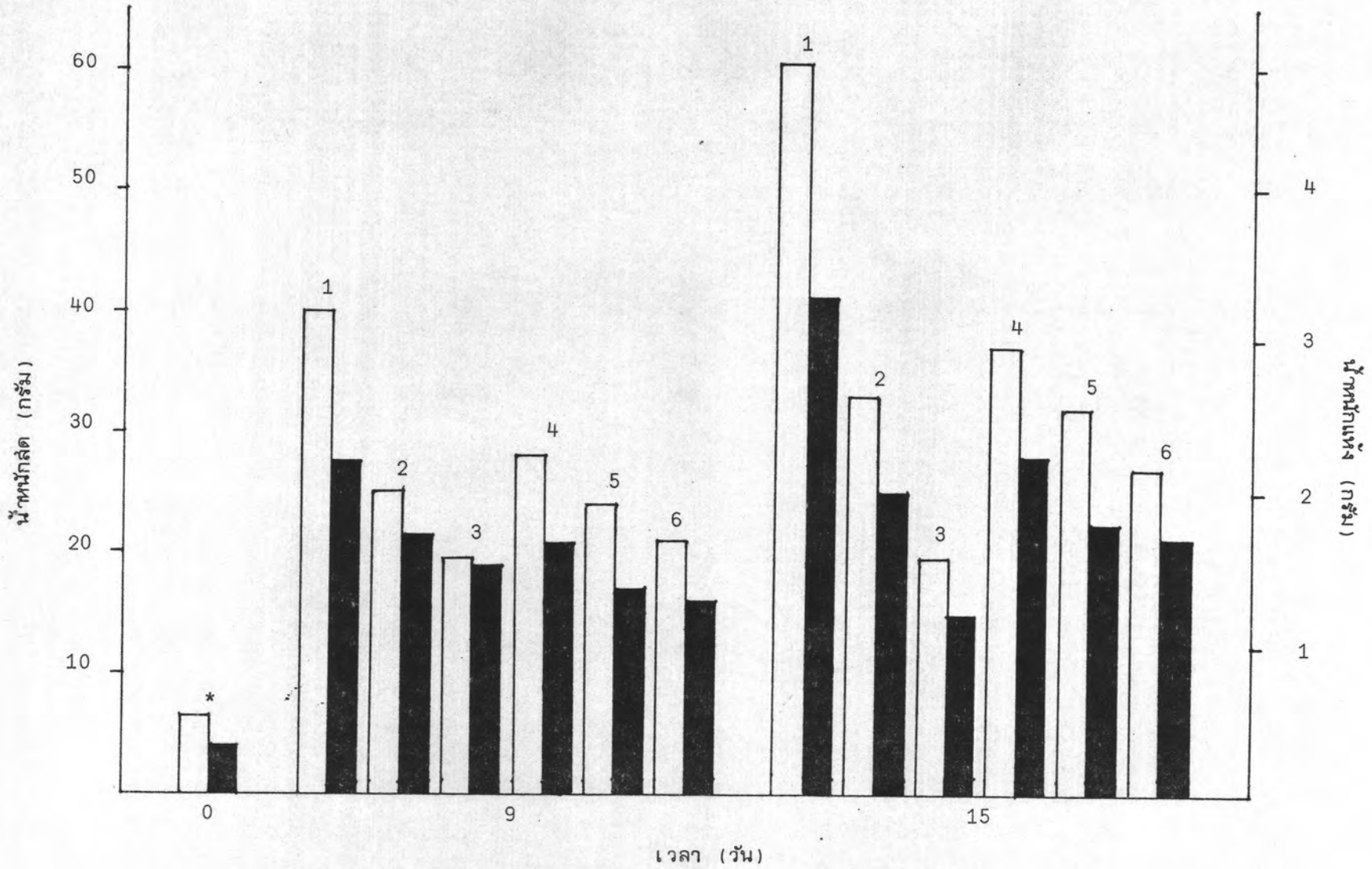


กราฟที่ 30 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนรากของข้าวที่ปลูกในสารละลายของธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคดเมียมต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

1 ความเข้มข้นของเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 5 ppm.
2 ความเข้มข้นของเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 0.25 ppm.
3 ความเข้มข้นของเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 0 ppm.
4 ความเข้มข้นของแคดเมียมในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 20 ppm.

□ น้ำหนักสด ■ น้ำหนักแห้ง

5 ความเข้มข้นของแคดเมียมในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 30 ppm
6 ความเข้มข้นของแคดเมียมในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 40 ppm
* ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเริ่มต้นจาก 6 ต้น ของทุก treatment



กราฟที่ 31 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนต้นของผักกาดกวางตุ้งที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของนิเกิลต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

1 ความเข้มข้นของธาตุเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 5 ppm.

2 ความเข้มข้นของธาตุเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 0.25 ppm.

3 ความเข้มข้นของธาตุเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 0 ppm.

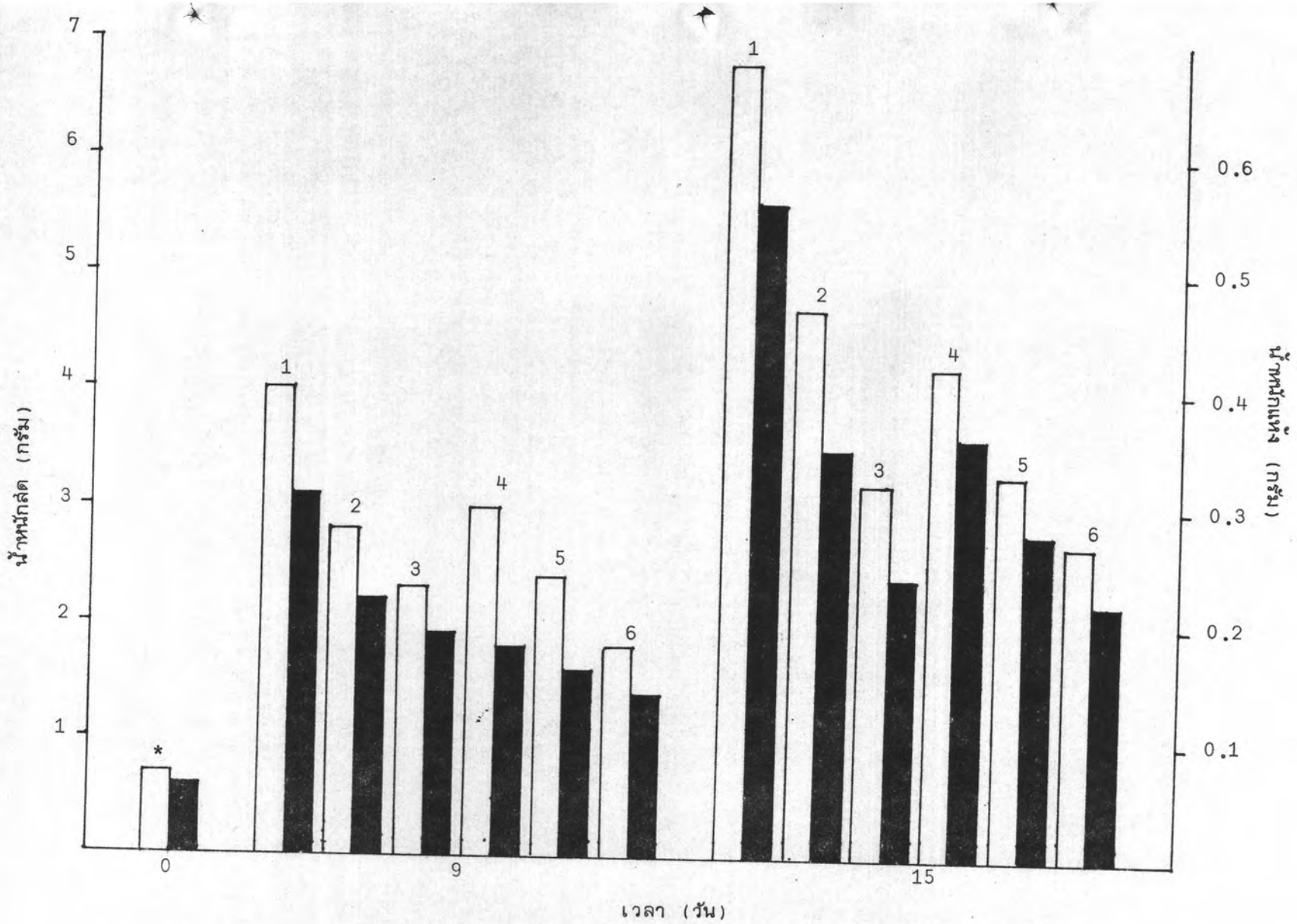
4 ความเข้มข้นของนิเกิลในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 10 ppm.

□ น้ำหนักสด ■ น้ำหนักแห้ง

5 ความเข้มข้นของนิเกิลในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 20 ppm.

6 ความเข้มข้นของนิเกิลในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 40 ppm.

* ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเริ่มต้นจาก 6 ต้น ของทุก treatment

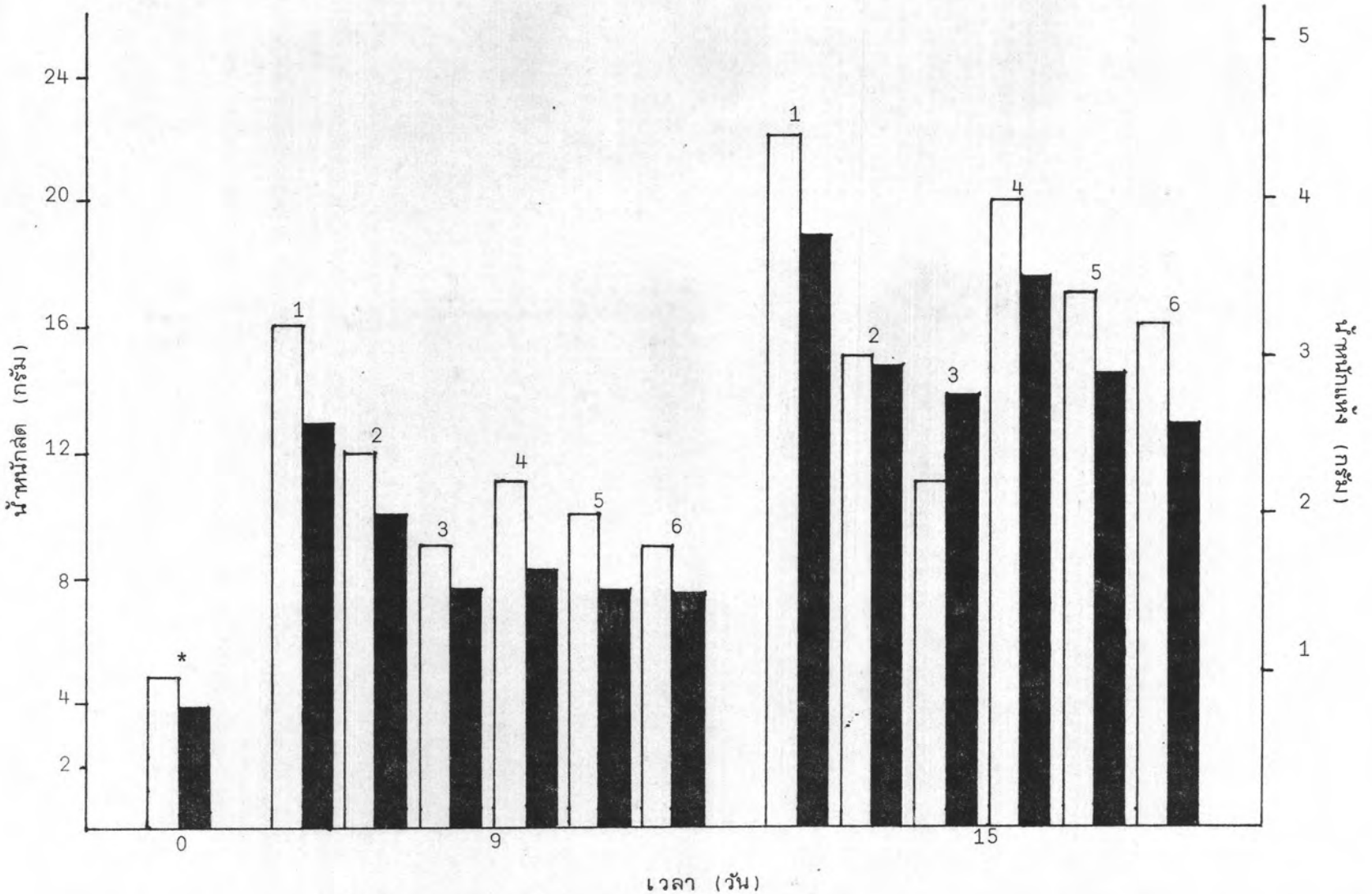


กราฟที่ 32 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนรากของผักกาดกวางตุ้งที่ปลูกในสารละลายของธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของนิเกิลต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

1 ความเข้มข้นของธาตุเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 5 ppm.
2 ความเข้มข้นของธาตุเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 0.25 ppm.
3 ความเข้มข้นของธาตุเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 0 ppm.
4 ความเข้มข้นของนิเกิล ในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 10 ppm.
5 ความเข้มข้นของนิเกิลในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 20 ppm.
6 ความเข้มข้นของนิเกิลในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 40 ppm.

□ น้ำหนักสด ■ น้ำหนักแห้ง

* ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเริ่มต้นจาก 6 ต้น ของทุก treatment



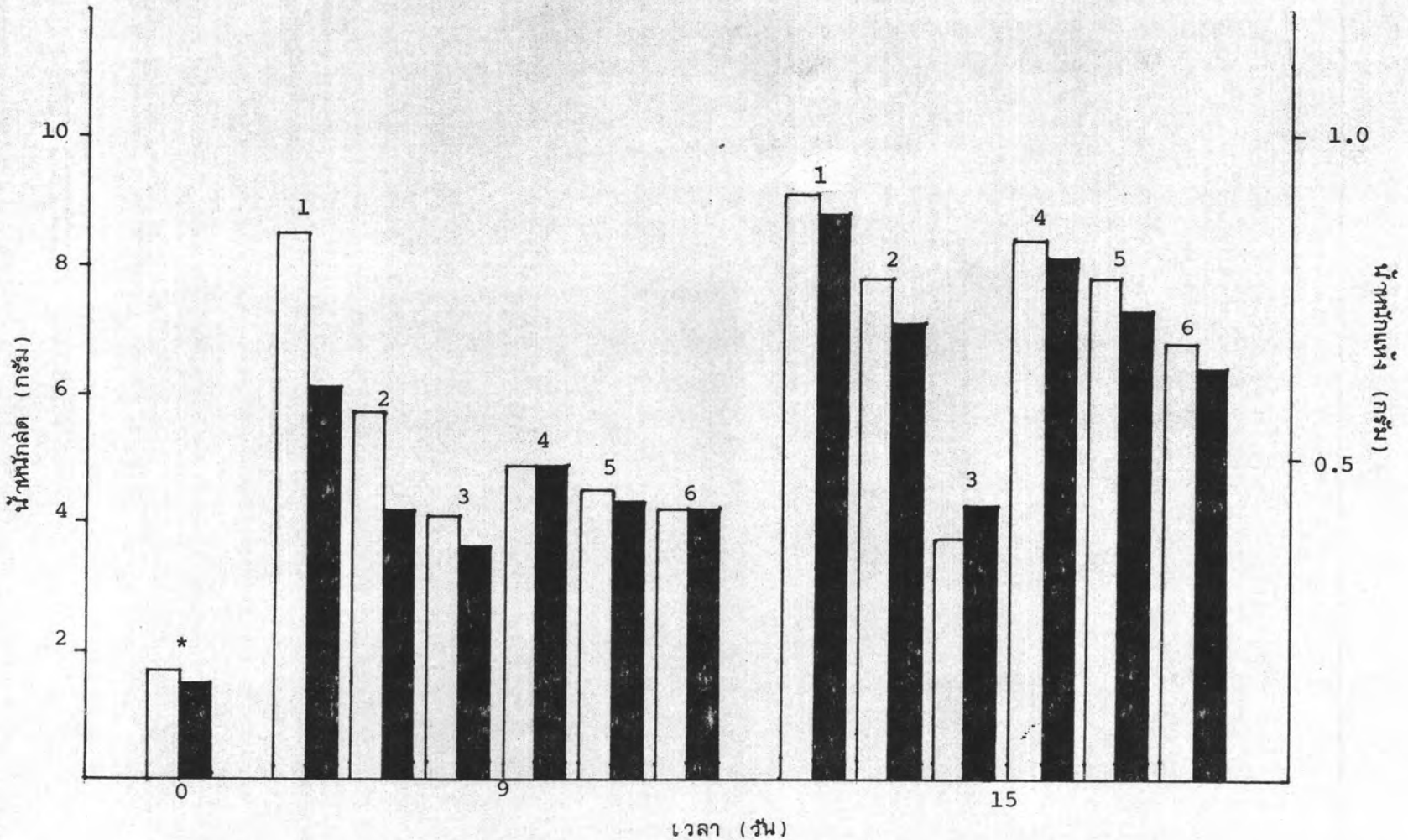
กราฟที่ 33 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนต้นของข้าวที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของนิเกิลต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

1 ความเข้มข้นของธาตุเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 5 ppm. ☐ น้ำหนักสด ■ น้ำหนักแห้ง

2 ความเข้มข้นของธาตุเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 0.25 ppm. 5 ความเข้มข้นของนิเกิลในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 30 ppm.

3 ความเข้มข้นของธาตุเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 0 ppm. 6 ความเข้มข้นของนิเกิลในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 40 ppm.

4 ความเข้มข้นของนิเกิลในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 20 ppm. * ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเริ่มต้นจาก 6 ต้น ของทุก treatment



กราฟที่ 34 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนรากของข้าวที่ปลูกในสารละลายย่องธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของนิเกิลต่างกันในระยะเวลาต่างกัน

1 ความเข้มข้นของธาตุเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 5 ppm. ☐ น้ำหนักสด ■ น้ำหนักแห้ง

2 ความเข้มข้นของธาตุเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 0.25 ppm. 5 ความเข้มข้นของนิเกิลในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 30 ppm.

3 ความเข้มข้นของธาตุเหล็กในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 0 ppm. 6 ความเข้มข้นของนิเกิลในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 40 ppm.

4 ความเข้มข้นของนิเกิลในสารละลายธาตุอาหารมีค่า 20 ppm. * ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเริ่มต้นจาก 6 ต้น ของทุก treatment

4. ผลของความเข้มข้นและระยะเวลาที่ได้รับธาตุเหล็กและโลหะหนักต่ออาการที่ปรากฏของผักกาดเขียวกวางตุ้งและข้าว

4.1 ผลของธาตุเหล็ก

ก.	ผักกาดเขียวกวางตุ้ง	ปรากฏในตารางที่ 11	ภาพที่ 4
ข.	ข้าว	ปรากฏในตารางที่ 12	ภาพที่ 5

4.2 ผลของธาตุสังกะสี

ก.	ผักกาดเขียวกวางตุ้ง	ปรากฏในตารางที่ 11	ภาพที่ 6
ข.	ข้าว	ปรากฏในตารางที่ 12	ภาพที่ 7

4.3 ผลของธาตุแคดเมียม

ก.	ผักกาดเขียวกวางตุ้ง	ปรากฏในตารางที่ 11	ภาพที่ 8
ข.	ข้าว	ปรากฏในตารางที่ 12	ภาพที่ 9

4.4 ผลของธาตุนิเกิล

ก.	ผักกาดเขียวกวางตุ้ง	ปรากฏในตารางที่ 11	ภาพที่ 8
ข.	ข้าว	ปรากฏในตารางที่ 12	ภาพที่ 10

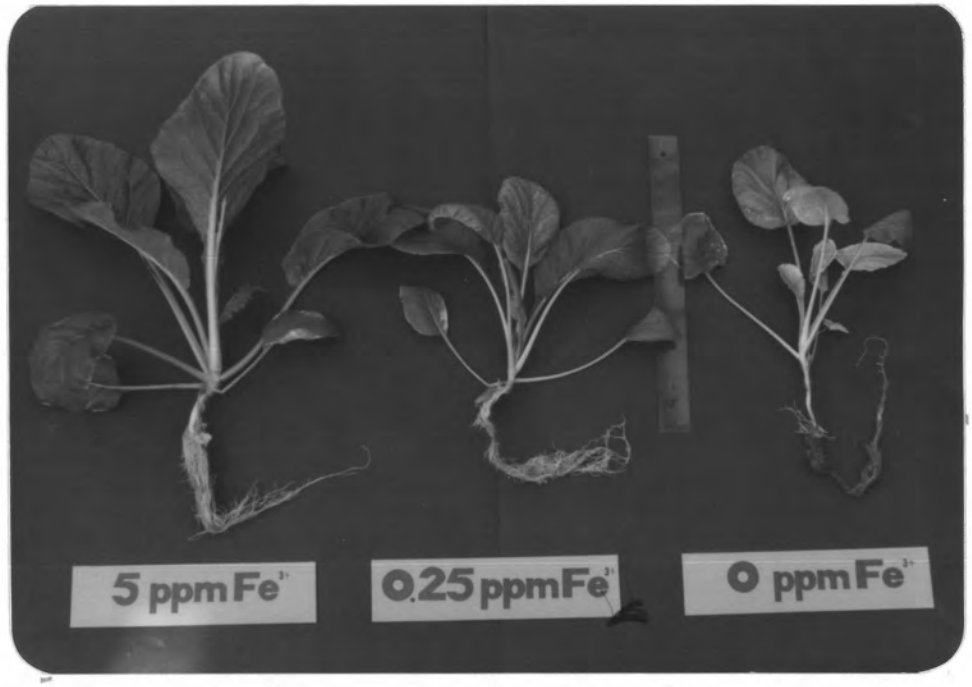
ตารางที่ 11 ผลของโลหะหนักต่ออาการที่ปรากฏในผักกาดเขียวกวางตุ้ง ช่วงเวลาการทดลอง 9 และ 15 วัน

เครื่องหมาย + แทนช่วงประมาณค่าของปริมาณคลอโรฟิลล์เป็น mg/gm tissue ++++ (0.05 - 0.14), +++(0.15-0.34), ++(0.35-0.64), +(0.65-1.0), O(*>1.0)

treatment (ppm.)		ความรุนแรง ระยะเวลา (วัน) 9	15	อาการที่สังเกตเห็น
0	Fe^{3+}	+++	++++	ใบอ่อนซีดเหลืองมากตลอดทั้งใบ รากแคระแกร็นมาก มีสีน้ำตาล ปลายรากเป็นตุ่ม
0.25	Fe^{3+}	++	++	ใบอ่อนซีดเหลืองปานกลาง และซีดระหว่างเส้นใบ รากแคระแกร็นปานกลาง ปลายรากเป็นตุ่มเล็กน้อย
5	Fe^{3+}	0	0	เจริญปกติ
10	Zn^{2+}	++	+	ใบอ่อนและใบที่ 2 ถัดมามี interveinal chlorosis เล็กน้อย การเจริญคล้ายต้นปกติ
20	Zn^{2+}	++	++	ล่องใบยอดมีอาการซีดเหลืองกว่าที่ 10 ppm. Zn^{2+} รากสีน้ำตาล
40	Zn^{2+}	+++	+++	ต้นแคระแกร็นมากใบอ่อนหยุดการเจริญเติบโต ใบอ่อนเหลืองซีด จนขอบใบแห้ง (Necrosis) รากสีน้ำตาล แคระแกร็นจนเกือบเน่า
10	Cd^{2+}	+	+	ใบอ่อนเขียวซีด., นานขึ้นเหลืองมากขึ้น รากแคระแกร็นเล็กน้อย
20	Cd^{2+}	+	+	ใบอ่อนซีดเหลือง รากแคระแกร็นและเริ่มเน่า
40	Cd^{2+}	++	++	ใบอ่อนซีดเหลือง รากแคระแกร็นมากและเริ่มเน่ามากขึ้น
10	Ni^{2+}	0	+	ใบอ่อนซีดเหลืองเล็กน้อย ต้นยังเจริญดี
20	Ni^{2+}	+	+	ล่องใบยอดเกิด interveinal chlorosis รากแคระแกร็นเล็กน้อย
40	Ni^{2+}	+	++	ใบอ่อนเกิด interveinal chlorosis มากขึ้น รากแคระแกร็น มีสีน้ำตาล

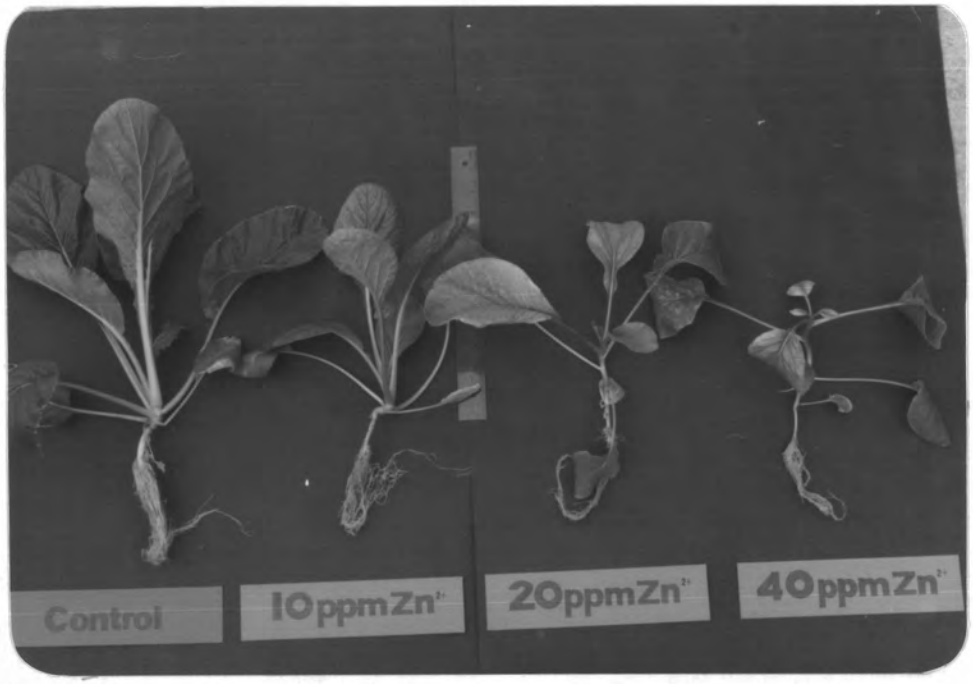
ตารางที่ 12 ผลของโลหะหนักต่ออาการที่ปรากฏ : ในต้นข้าวช่วงเวลาการทดลอง 9 และ 15 วัน เครื่องหมาย + แทนช่วงประมาณค่าของปริมาณคลอโรฟิลล์เป็น mg/gm tissue ++++(0.5-1.0), +++(1.1-1.5), ++(1.6-2.5), +(2.6-4.0), 0(>4.0)

treatment (ppm.)		ความรุนแรง ระยะเวลา (วัน) 9	15	อาการที่สังเกตเห็น
0	Fe^{3+}	++	++++	ใบอ่อนและใบที่สองเกิด interveinal chlorosis จนเหลืองทั้งใบโดยใบยืดเหลือง จากใบอ่อนสู่ใบแก่ รากแคระแกร็นเป็นตุ่มที่ปลาย รากมีสีน้ำตาล
0.25	Fe^{3+}	++	++	เช่นเดียวกับ 0 ppm. Fe^{3+} แต่รากแขนงยังยาวกว่า
5	Fe^{3+}	0	0	เจริญปกติ
10	Zn^{2+}	+	++	ใบอ่อนยืดเหลืองทั้งใบแต่น้อยกว่า 0 ppm. Fe^{3+} ใบที่สองจากยอดยังมีสีเขียวปะปน รากสีน้ำตาลเล็กน้อย
20	Zn^{2+}	+	+++	เหมือน 0 ppm. Fe^{3+} รากสีน้ำตาล แคระแกร็นเล็กน้อย
30	Zn^{2+}	+	++++	ใบอ่อนเหลืองยืด รากสีน้ำตาล แคระแกร็นมากขึ้น
20	Cd^{2+}	+	+	ใบอ่อนเกิด interveinal chlorosis ใบที่สองยังเขียวจาง ๆ รากแคระแกร็นสีน้ำตาล
30	Cd^{2+}	+	+	ใบอ่อนยืดเหลืองมากขึ้น ปลายใบที่สองแห้งที่ขอบใบจากขอบบนลงขอบล่าง รากแคระแกร็นมาก
40	Cd^{2+}	++	++	ใบอ่อนและใบแก่ขอบของใบแห้งมากขึ้น เป็นสีน้ำตาลส้ม ใบอ่อนเหลืองยืด รากแคระแกร็นและเน่า
20	Ni^{2+}	+	+	ใบอ่อนเกิด interveinal chlorosis รากเจริญดี
30	Ni^{2+}	+	++	ใบอ่อนยืดเหลืองมากขึ้น รากยังเจริญดี
40	Ni^{2+}	+	++	ใบอ่อนยืดเหลืองมาก รากยังเจริญดี



ภาพที่ 4 ผักกาดเขียวกวางตุ้ง หลังจากได้รับเหล็กความเข้มข้นต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์

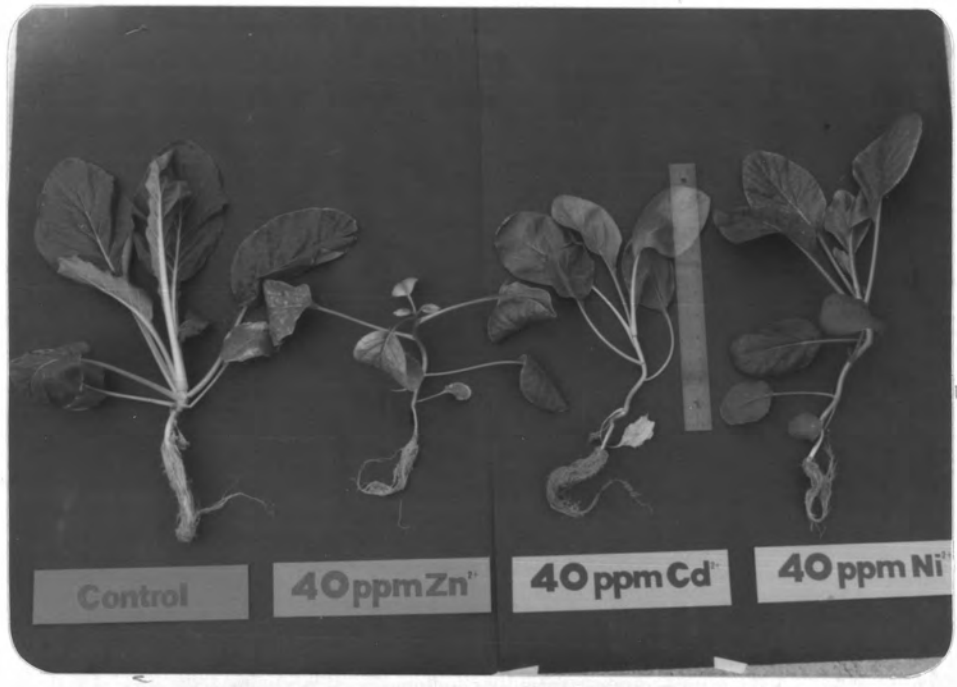
ภาพที่ 5 ข้าว หลังจากได้รับเหล็กความเข้มข้นต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์



ภาพที่ 6 ผักกาดเขียวกวางตุ้งหลังจากได้รับสังกะสีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์

ภาพที่ 7 ข้าว หลังจากได้รับสังกะสีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 8 ผักกาดเขียวกวางตุ้ง หลังจากได้รับสังกะสี แคดเมียม และนิเกิล ความเข้มข้น 40 ppm. เป็นเวลา 2 สัปดาห์

ภาพที่ 9 ข้าวหลังจากได้รับแคดเมียมความเข้มข้นต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์

ภาพที่ 10ข้าวหลังจากได้รับนิเกิล ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์