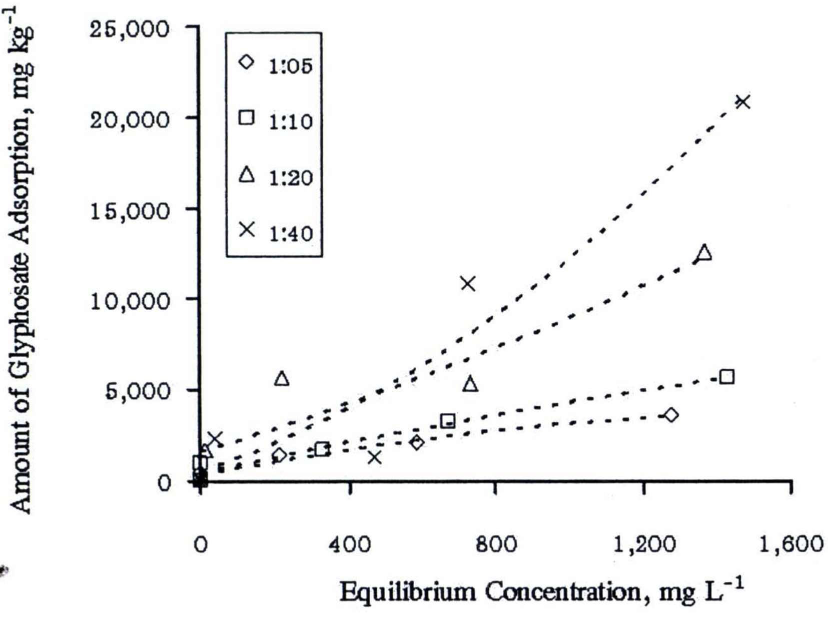
บทที่ 4

ผลการศึกษาวิจัย

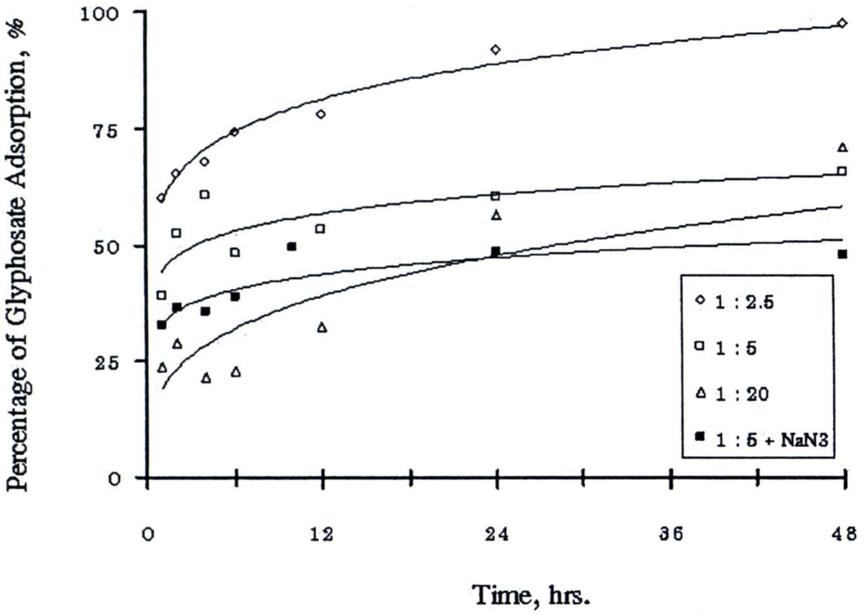
4.1 พฤติกรรมการดูดซับสารไกลโฟเสทและพาราควอทในดิน

4.1.1 การดูดซับสารไกลโฟเสทของดิน

การทดสอบเบื้องต้นของการดูดซับสารไกลโฟเสทในดินตัวอย่าง พบว่า ความสัมพันธ์ของการดูดซับมีรูปแบบ L-curve เมื่อใช้สัดส่วนดินต่อสารละลาย 1:5 และ 1:10 และความสัมพันธ์มีรูปกราฟแบบ S-curve เมื่อใช้สัดส่วนระหว่างดินต่อสารละลาย 1:10 และ 1:20 (ภาพที่ 4.1) การใช้สัดส่วน 1:5 จะมีปริมาณการดูดซับ 33 – 66% และ 33 – 50% เมื่อใช้และไม่ใช้ $NaNO_3$ ตามลำดับ ส่วนการใช้สัดส่วน 1 : 2.5 มีปริมาณการดูดซับ 60 – 98% และการใช้สัดส่วน 1: 20 เป็นสัดส่วนที่กว้างมากจนปริมาณการดูดซับไกลโฟเสทเพิ่มขึ้นตลอดเวลาและไม่สามารถถึงจุดคงที่ได้ในระยะเวลาของการทดลอง (ภาพที่ 4.2) ดังนั้น สัดส่วนดินต่อสารละลาย 1:5 จึงจัดเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมเนื่องจากปริมาณสารไกลโฟเสทที่เหลือเพียงพอที่จะวัดได้อย่างถูกต้องและการใช้ $NaNO_3$ เป็นสาร biocide ไม่มีผลต่อการทดลอง และระยะเวลาการเขย่าถึงจุดสมดุลย์ที่ 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดซับกับความเข้มข้นที่จุดสมดุลย์ เมื่อใช้สัดส่วนดินต่อสารละลายต่างกัน



ภาพที่ 4.2 ปริมาณการดูดซับสารไกลโฟเสทตามระยะเวลาเมื่อใช้สัดส่วนดินต่อสารละลายต่างกัน

ปริมาณการดูดซับและปริมาณสารไกลโฟเสทที่จุดสมดุลย์ของดิน 10 ตัวอย่างเมื่อใช้สัดส่วนของดินต่อสารละลาย 1:5 และเขย่าที่ให้ถึงจุดสมดุลย์ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมงแสดงในตารางที่ 4.1 เส้นกราฟ Adsorption Isotherm ของ 10 ตัวอย่างดินแสดงในภาพที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณการดูดซับไกลโฟเสทในดินมีค่าขึ้นกับความเข้มข้น (concentration dependent) ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (coefficient of determination, R^2) ของสมการเส้นตรงลอการิทึมของทุกตัวอย่างดินในตารางที่ 4.2 มีค่าสูงอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถอธิบายได้โดย Freundlich Adsorption Isotherm โดยค่าคงที่การดูดซับที่ได้คำนวนจากสมการ Freundlich Adsorption Isotherm ประกอบด้วย ค่า adsorption capacity (K_f) ระหว่าง 40 - 550 และ adsorption intensity (1/n) มีค่าระหว่าง 0.40 – 0.68

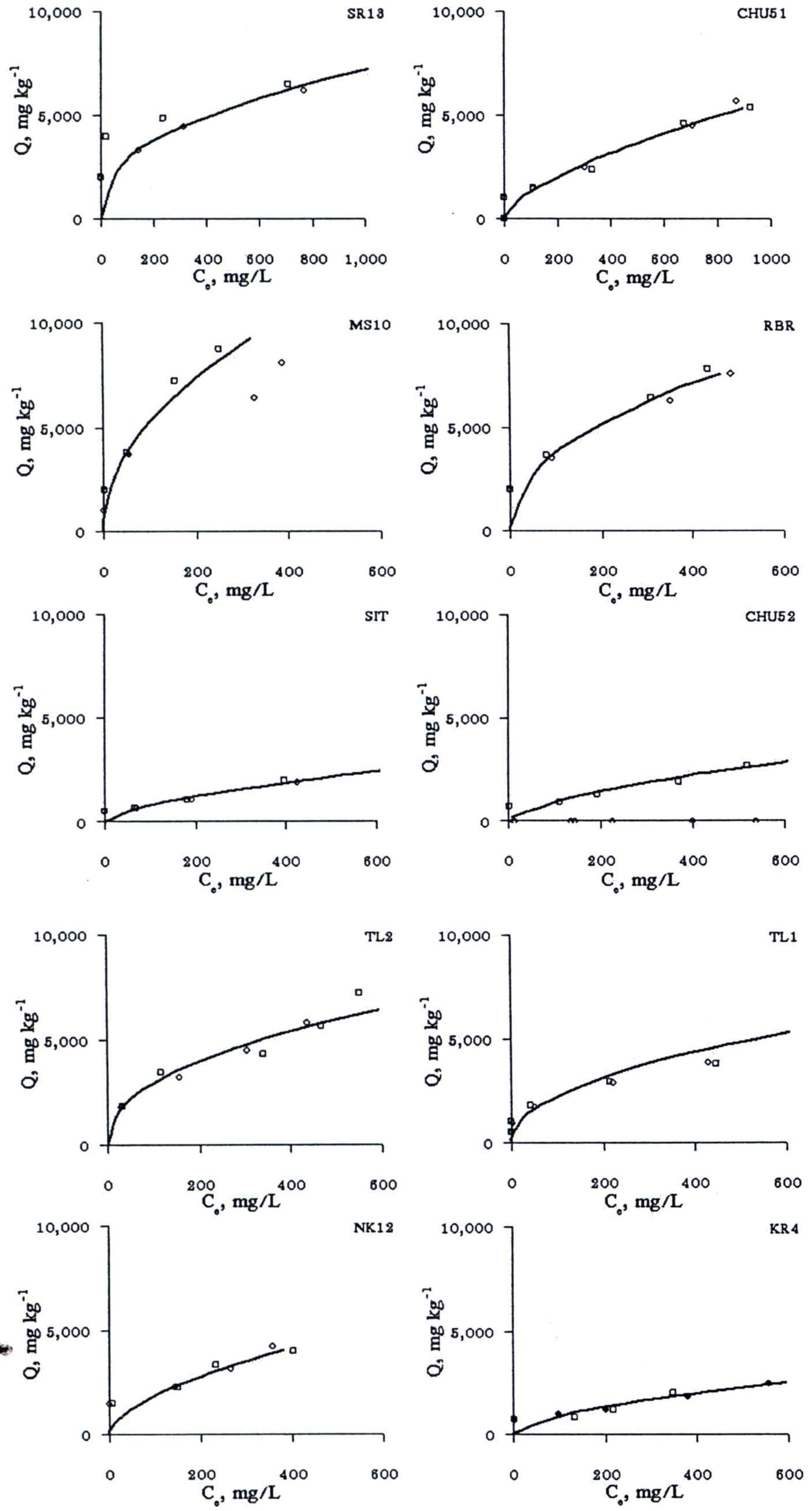
การดูดซับไกลโฟเสทในดินมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติด้านต่าง ๆของดิน โดยคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับประจุในดิน เช่น ปริมาณดินเหนียว ปริมาณอินทรียวัตถุและค่าความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวก ให้ค่าสหสัมพันธ์กับค่า adsorption capacity (K_f) และ adsorption intensity (1/n) ที่สูงอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนั้น ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเป็นคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับไอออนบวกในดินที่มีความสัมพันธ์กับความมากน้อยของการดูดซับไกลโฟเสทในดิน (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.1 ปริมาณการดูดซับและปริมาณความเข้มข้นของไกลโฟเสทที่จุดสมดุลย์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นระดับต่าง ๆ ของตัวอย่างดิน 10 ชนิด

Soil	Initial concentration of glyphosate, mg L^{-1}	Equilibrium Concentration of glyphosate, mg L^{-1}			Amount of glyphosate Adsorption, mg kg^{-1}		
		I	II	AVG	I	II	AVG
MS10	0	0	0	0	0	0	0
	200	0	0	0	1,000	1,000	1,000
	400	3	3	3	1,987	1,986	1,987
	800	56	51	54	3,718	3,745	3,732
	1600	325	155	240	6,374	7,225	6,800
	2000	386	252	319	8,069	8,741	8,405
CHU51	0	0	0	0	0	0	0
	200	0	1	0	1,000	997	999
	400	108	108	108	1,458	1,458	1,458
	800	301	327	314	2,497	2,363	2,430
	1600	704	677	690	4,481	4,616	4,548
	2000	868	925	897	5,661	5,373	5,517
RBR	0	0	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	1,000	1,000	1,000
	800	0	0	0	1,999	2,000	1,999
	1600	91	80	86	3,545	3,600	3,572
	2000	350	311	330	6,252	6,444	6,348
Soil# 12	0	0	0	0	0	0	0
	300	0	0	0	750	750	750
	600	0	7	3	1,500	1,467	1,484
	900	144	150	147	2,280	2,249	2,264
	1200	264	235	250	3,178	3,326	3,252
KR4	0	0	0	0	0	0	0
	150	1	1	1	743	743	743
	300	97	131	114	1,014	843	929
	450	200	219	209	1,252	1,155	1,203
	750	378	349	363	1,859	2,007	1,933
	1050	556	633	594	2,470	2,086	2,278
TL2	0	0	0	0	0	0	0
	400	31	32	32	1,843	1,841	1,842
	800	158	117	137	3,212	3,416	3,314
	1200	303	340	322	4,484	4,299	4,391
	1600	435	468	452	5,823	5,661	5,742
	2000	634	552	593	6,831	7,240	7,035

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Soil	Initial concentration of glyphosate, mg L^{-1}	Equilibrium Concentration of glyphosate, mg L^{-1}			Amount of glyphosate Adsorption, mg kg^{-1}		
		I	II	AVG	I	II	AVG
CHU52	0	0	0	0	0	0	0
	150	14	3	9	678	734	706
	300	143	112	127	785	942	864
	450	224	192	208	1,130	1,289	1,209
	750	398	371	384	1,762	1,893	1,828
	1050	535	520	528	2,574	2,650	2,612
TL1	0	0	0	0	0	0	0
	200	2	0	1	991	1,000	996
	400	51	43	47	1,747	1,787	1,767
	800	220	215	217	2,901	2,926	2,914
	1200	429	447	438	3,857	3,767	3,812
	2000	703	905	804	6,484	5,477	5,981
	2800	1,259	1,283	1,271	7,704	7,585	7,645
	3600	1,643	1,785	1,714	9,786	9,074	9,430
	4000	1,891	1,927	1,909	10,543	10,367	10,455
SR13	0	0	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	2,000	2,000	2,000
	800	141	19	80	3,297	3,904	3,601
	1200	312	235	273	4,440	4,825	4,633
	2000	764	708	736	6,180	6,461	6,320
	2800	1,199	1,195	1,197	8,005	8,024	8,014
	3600	1,622	1,612	1,617	9,891	9,939	9,915
	4000	1,420	1,840	1,630	12,901	10,802	11,852
SIT	0	0	0	0	0	0	0
	100	0	0	0	500	500	500
	200	70	66	68	651	671	661
	400	191	183	187	1,046	1,086	1,066
	800	424	397	410	1,881	2,015	1,948
	1200	722	636	679	2,388	2,822	2,605
	2000	1,236	1,233	1,234	3,822	3,836	3,829
	2800	2,017	1,687	1,852	3,915	5,565	4,740
	3600	2,277	2,431	2,354	6,613	5,846	6,230
	4000	2,699	2,665	2,682	6,507	6,675	6,591



ภาพที่ 4.3 Adsorption Isotherm ของไกลโฟเสทใน 10 ตัวอย่างดิน

ตารางที่ 4.2 ค่าคงที่ของสมการ Freundlich Adsorption Isotherm และค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดของสมการเส้นตรงของการดูดซับไกลโฟเสทใน 10 ตัวอย่างดิน

Soil Types	Isotherm constant for glyphosate adsorption		Coefficient of Determination
	K_f	1/n	(R^2)
RBR	485	0.448	0.997
CHU51	71	0.634	0.999
MS10	550	0.490	0.989
SR13	441	0.404	0.906
CHU52	40	0.675	0.868
KR4	67	0.566	0.738
NK12	133	0.574	0.997
TL2	403	0.433	0.982
SIT	49	0.607	0.991
TL1	267	0.467	0.935

ตารางที่ 4.3 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่จากสมการการดูดซับกับคุณสมบัติต่าง ๆของดิน

Adsorption	Correlation coefficient (r) with difference soil characteristics[1/]			
Constant	% Clay	%OM	CEC	Exchangeable Ca
K_f	0.688**	0.488	0.782**	0.600*
1/n	-0.617*	-0.591*	-0.775**	-0.594*

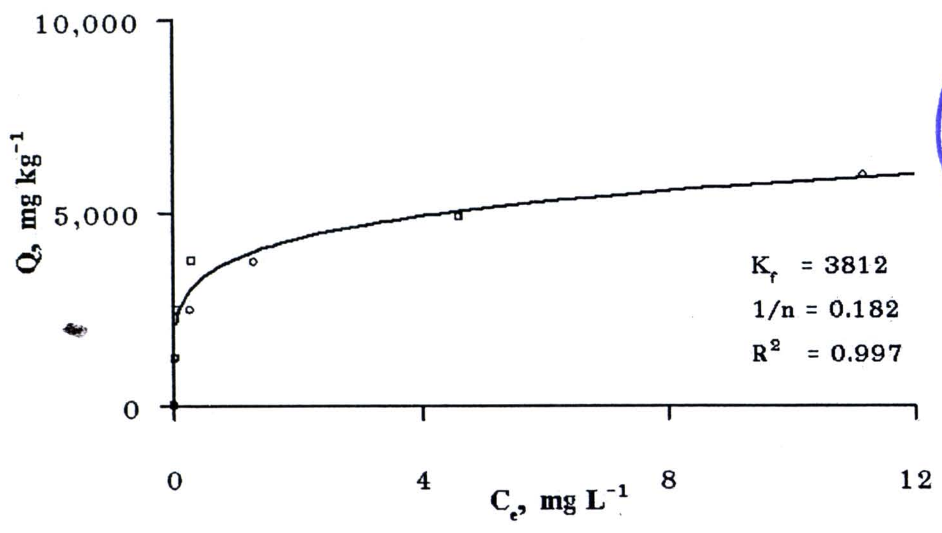
Note: [1/] * and ** = significant correlation between soil characteristic and isotherm constant for glyphosate adsorption at 90 and 95% confidence interval, respectively.

4.1.2 การดูดซับสารพาราควอทของดิน

ข้อมูลการดูดซับสารพาราควอทในดิน SIT ตามตารางที่ 4.4 จากการทดสอบโดยวิธี batch equilibration technique เมื่อใช้สัดส่วนของดินต่อสารละลาย 1:25 และระยะเวลาถึงจุดสมดุลย์ 24 ชั่วโมงตาม Amondham (2006) แสดงให้เห็นว่า ปริมาณการดูดซับสารพาราควอทในดินตัวอย่างมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นและสอดคล้องกับสมการ Freundlich Adsorption Isotherm ค่า adsorption capacity (K_f) และ adsorption intensity (1/n) มีค่า 3812 และ 0.182 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 ปริมาณการดูดซับและปริมาณความเข้มข้นของพาราควอทของตัวอย่างดิน SIT ที่ทำการศึกษา

Initial concentration of paraquat, mg L^{-1}	Equilibrium concentration of paraquat, mg L^{-1}			Amount of paraquat adsorption, mg kg^{-1}		
	I	II	AVG	I	II	AVG
50	0	0	0	1,249	1,249	1,249
100	0	0	0	2,494	2,499	2,496
150	1	0	1	3,718	3,743	3,730
200	5	5	5	4,885	4,884	4,884
250	11	12	12	5,970	5,943	5,957
300	27	27	27	6,830	6,829	6,829
350	43	46	44	7,679	7,610	7,645



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ภาพที่ 4.4 Adsorption Isotherm ของสารพาราควอทในตัวอย่างดิน SIT

4.2 อิทธิพลของสารพาราควอทและไกลโฟเสทในดิน

การศึกษาอิทธิพลของสารกำจัดวัชพืช 4 ตำรับการทดลอง คือ การไม่ใส่สาร (Control) การใส่สารพาราควอทร่วมกับไกลโฟเสท (2.5PQ2.5GLY) การใส่สารพาราควอทชนิดเดียว (5PQ) และการใส่สารไกลโฟเสทชนิดเดียว (5GLY) จำนวน 4 ครั้งต่อเนื่องกันและเก็บตัวอย่างดิน SIT ใน microcosm ที่ระยะเวลาต่างๆ ไปวิเคราะห์ ได้ผลการทดลอง ประกอบด้วย การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่างๆของดิน เช่น ค่าพีเอช ความหนาแน่นรวมและปริมาณอินทรียวัตถุ และการเปลี่ยนแปลงปริมาณการดูดซับในดิน เช่น ปริมาณการดูดซับแคลเซียม ปริมาณการดูดซับแมกนีเซียม ปริมาณการดูดซับทองแดงและปริมาณการดูดซับธาตุสังกะสี

4.2.1 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่างๆของดิน

ค่าพีเอชของดินจากการทดลองมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาของการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่พบว่ามีการลดลงเนื่องจากอิทธิพลของตำรับการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.5) โดยค่าเฉลี่ยของค่าพีเอชดินจากทุกตำรับการทดลองเป็น 6.11, 6.01, 6.09, 5.89, 5.95, 5.86, 5.96, 5.83 และ 5.92 เมื่อเวลา T1/WK0, T1/WK8, T2/WK8, T3/WK8, T4/WK8, T4/WK16, T4/WK24, T4/WK32 และ T4/WK40 ตามลำดับ การลดลงของค่าพีเอชดินไม่สามารถสรุปได้ว่าเป็นอิทธิพลจากสารกำจัดวัชพืชที่ใส่ลงในดิน แต่การเปลี่ยนแปลงอาจเป็นผลจากปฏิกิริยาทางเคมีตามธรรมชาติภายในดินหรืออาจเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินดังภาพที่ 4.6

ปริมาณอินทรียวัตถุของดินที่ได้จากการทดลองแสดงในตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่าตำรับการทดลองไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณอินทรียวัตถุในดินอย่างมีนัยสำคัญ แต่ระยะเวลาและปฏิสัมพันธ์ของตำรับการทดลองกับระยะเวลามีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญ โดยการตอบสนองของปริมาณอินทรียวัตถุในดินตามระยะเวลามีความแตกต่างกันในแต่ละตำรับการทดลอง ในตำรับการทดลองที่มีการใส่สารกำจัดวัชพืชทุกตำรับ คือ 2.5PQ2.5GLY, 5PQ และ 5GLY พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุดินมีค่าลดลงตามระยะเวลาอย่างมีนัยสำคัญ (ที่ระดับ $\alpha = 0.05$) ส่วนในตำรับที่ไม่ใส่สารกำจัดวัชพืช (control) พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินไม่มีการเปลี่ยนแปลง (ภาพที่ 4.7) ผลจากการทดลอง แสดงให้เห็นว่าดินที่ได้รับสารพาราควอทและไกลโฟเสทเป็นระยะเวลานานจะมีปริมาณอินทรียวัตถุลดลง โดยการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอินทรียวัตถุในดินอาจมีสาเหตุมาจากการที่สิ่งมีชีวิตในดินสามารถใช้สารพาราควอทและไกลโฟเสทเป็นแหล่งอาหารและพลังงานจึงมีการเจริญเติบโตได้มากส่งผลต่อการย่อยสลายอินทรียสารที่มีอยู่ในดินได้มากกว่าดินที่ไม่ได้รับสารกำจัดวัชพืช

ค่าความหนาแน่นของดินที่ได้จากการทดลองแสดงในตารางที่ 4.7 จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนไม่พบว่ามีอิทธิพลของตำรับการทดลอง แต่ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระยะเวลาต่างๆกันมีแนวโน้มขึ้นลงซึ่งไม่สามารถอธิบายได้ โดยดินมีค่าความหนาแน่นรวมอยู่ระหว่าง 1.11 -1.29 mg cm^{-3} ตลอดการทดลอง (ภาพที่ 4.8)

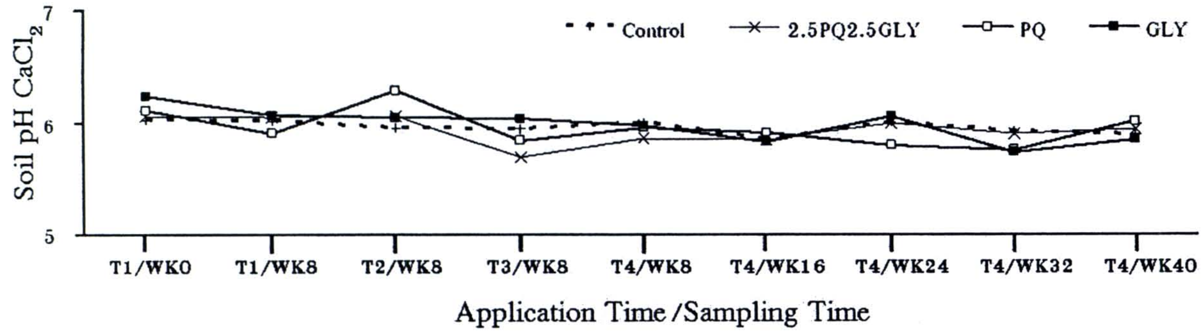
ตาราง 4.5 ค่าพีเอชของดินที่ระยะเวลาต่าง ๆหลังจากได้รับสารกำจัดวัชพืชแต่ละตำรับการทดลอง

Treatment	pH ($CaCl_2$) of soil at each Application/sampling time									Treatment
	T1/WK0	T1/WK8	T2/WK8	T3/WK8	T4/WK8	T4/WK16	T4/WK24	T4/WK32	T4/WK40	Average[1/]
Control	6.03	6.02	5.96	5.95	6.01	5.85	6.01	5.93	5.89	5.96 ns
2.5PQ2.5GLY	6.06	6.05	6.06	5.69	5.86	5.85	5.99	5.90	5.94	5.93 ns
5PQ	6.11	5.90	6.29	5.83	5.95	5.91	5.79	5.75	6.01	5.95 ns
5GLY	6.24	6.06	6.05	6.04	5.98	5.82	6.06	5.73	5.85	5.98 ns
Time Average[2/]	6.11a	5.99ab	6.09a	5.88b	5.95ab	5.86b	5.96ab	5.83b	5.92ab	

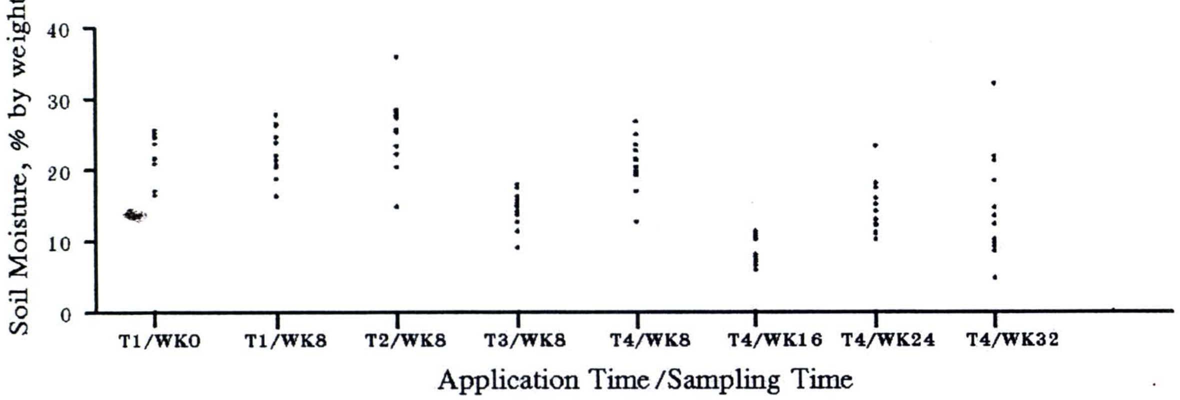
Note: ANOVA; $MS_{Treatment} = 0.012^{ns}$, $MS_{Time} = 0.113^{**}$, $MS_{Time\ x\ Treatment} = 0.036$, $MS_{Error(df=70)} = 0.049$

[1/] ns = not significant different between each treatment at $\alpha < 0.05$

[2/] The different lowercase letters mean a significant different mean between each time by Duncan's multiple range test at $\alpha < 0.05$



ภาพที่ 4.5 ค่าพีเอชของดินที่ระยะเวลาต่าง ๆหลังจากได้รับสารกำจัดวัชพืชแต่ละตำรับการทดลอง



ภาพที่ 4.6 ความชื้นของดินใน microcosm ตลอดระยะเวลาการทดลอง

ตารางที่ 4.6 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่ระยะเวลาต่าง ๆหลังจากได้รับสารกำจัดวัชพืชแต่ละตำรับการทดลอง

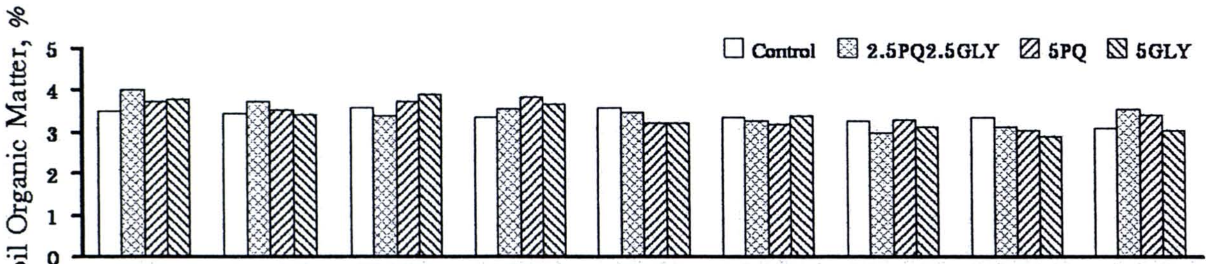
Treatment	Soil organic matter, %, at each application/sampling time									Treatment
	T1/WK0	T1/WK8	T2/WK8	T3/WK8	T4/WK8	T4/WK16	T4/WK24	T4/WK32	T4/WK40	Average[1/]
Control[2/]	3.49ns	3.45 ns	3.59 ns	3.36 ns	3.59 ns	3.36 ns	3.27 ns	3.36 ns	3.10 ns	3.40 ns
2.5PQ2.5GLY[3/]	4.00 a	3.72 ab	3.39 bcd	3.56 abc	3.46 bcd	3.27 bcd	3.00 d	3.12 cd	3.57 abc	3.45 ns
5PQ[2/]	3.73 ab	3.53 abc	3.73 ab	3.83 a	3.21 b	3.20 c	3.31 bc	3.04 c	3.42 abc	3.44 ns
5GLY[2/]	3.79 a	3.41 ab	3.88 a	3.68 ab	3.22 bc	3.39 bc	3.14 bc	2.91 c	3.04 c	3.39 ns
Time Average	3.75	3.53	3.65	3.61	3.37	3.30	3.18	3.11	3.28	

Note: ANOVA; $MS_{Treatment} = 0.050^{ns}$, $MS_{Time} = 0.502^{***}$, $MS_{Treatment \times Time} = 0.107$, $MS_{Error(df=70)} = 0.061$

[1/] ns = not significant different between each treatment at $\alpha < 0.05$

[2/] ns = not significant difference between each time in the Control treatment at $\alpha < 0.05$

[3/] Mean comparison in the same treatment, the different lowercase letters show a significant difference between average of each time by Duncan's Multiple Range Test at $\alpha < 0.05$

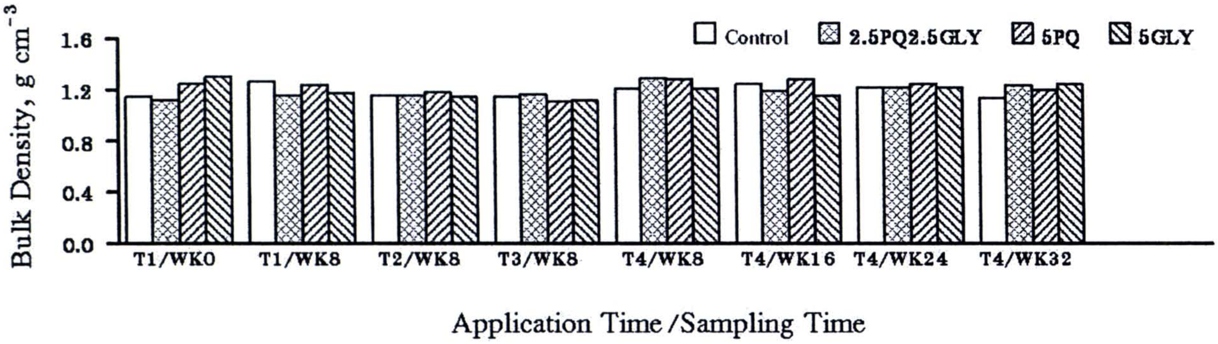


ภาพที่ 4.7 ปริมาณอินทรียวัตถุของดินใน microcosm หลังจากได้รับสารกำจัดวัชพืชในแต่ละตำรับการทดลองระยะต่าง ๆ

ตารางที่ 4.7 ค่าความหนาแน่นของดินที่ระยะเวลาต่าง ๆหลังจากได้รับสารกำจัดวัชพืชแต่ละตำรับการทดลอง

Treatment	Bulk density, mg cm^{-3}, of soil at each application/sampling time								Treatment Average
	T1/WK0	T1/WK8	T2/WK8	T3/WK8	T4/WK8	T4/WK16	T4/WK24	T4/WK32	
Control	1.14	1.26	1.16	1.15	1.20	1.24	1.21	1.13	1.19
2.5PQ2.5GLY	1.12	1.15	1.15	1.16	1.29	1.19	1.21	1.24	1.19
5PQ	1.24	1.24	1.18	1.11	1.28	1.28	1.24	1.20	1.22
5GLY	1.29	1.17	1.15	1.11	1.21	1.15	1.22	1.25	1.19
Time Average	1.20	1.21	1.16	1.13	1.25	1.22	1.22	1.20	

Note: ANOVA; $MS_{Treatment} = 0.004^{ns}$, $MS_{Time} = 0.023^{***}$, $MS_{Treatment\ x\ Time} = 0.007$, $MS_{Error(df=70)} = 0.004$



ภาพที่ 4.8 ความหนาแน่นรวมของดินใน microcosm ที่ระยะเวลาต่าง ๆหลังจากได้รับสารกำจัดวัชพืชแต่ละตำรับการทดลอง

4.2.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณการดูดซับธาตุแคลเซียมของดิน

ปริมาณแคลเซียมที่ถูกดูดซับในตัวอย่างดินตามระยะเวลาต่าง ๆหลังจากได้รับสารกำจัดวัชพืชแต่ละชนิดแสดงในตาราง 4.8 ผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าตำรับการทดลองไม่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญ แต่ระยะเวลามีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญโดยปริมาณการดูดซับแคลเซียมของดินโดยที่ระยะเวลา T1/WK0 และ T4/WK0 มีค่าต่ำกว่า ระยะเวลาอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นปฏิสัมพันธ์ของระยะเวลากับตำรับการทดลองยังมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญ

ข้อมูลในภาพที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบอิทธิพลของสารกำจัดวัชพืชในแต่ละระยะเวลา พบว่า ที่ระยะเวลา T1/WK0 ปริมาณแคลเซียมที่ถูกดูดซับของตำรับ 2.5PQ2.5GLY, 5PQ และ 5GLY มีความแตกต่างจากตำรับ control โดยมีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และ ที่ระยะเวลา T4/WK0 ปริมาณแคลเซียมที่ถูกดูดซับของตำรับ 5PQ และ 5GLY มีความแตกต่างจากตำรับ control โดยมีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับระยะเวลาอื่น ๆไม่พบความแตกต่าง จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า สารพาราควอทและไกลโฟเสทที่ใส่ในดินในระดับ 5 เท่าของอัตราแนะนำทำให้ปริมาณแคลเซียมที่ถูกดูดซับในดินมีค่าลดน้อยลงกว่าการไม่ใส่สารกำจัดวัชพืช โดยอิทธิพลดังกล่าวเกิดขึ้นในทันทีหลังจากเติมสารพาราควอทและไกลโฟเสทลงในดินและอิทธิพลหมดไปภายใน 8 สัปดาห์หลังจากการใส่สารกำจัดวัชพืชครั้งแรก ส่วนสารพาราควอทและไกลโฟเสทอัตรา 2.5 เท่าของอัตราแนะนำแก่เกษตรกรให้ผลไม่สม่ำเสมอ

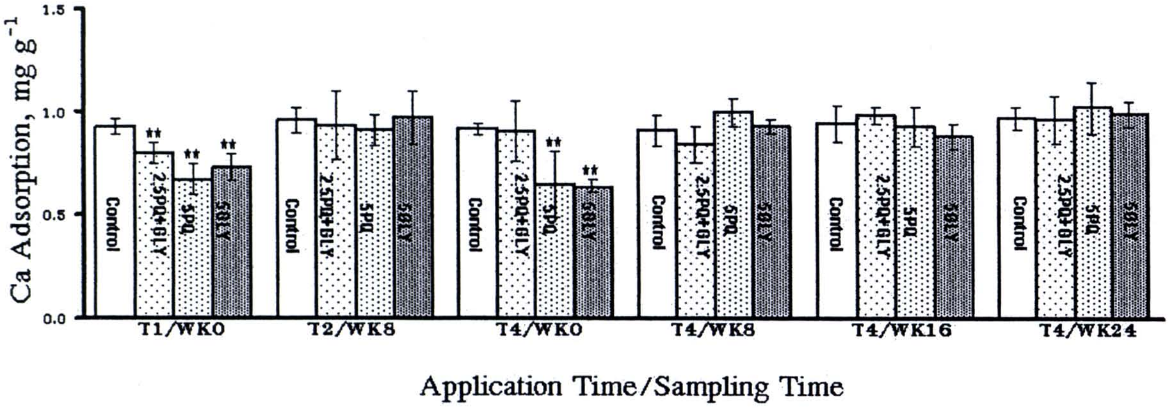
ตารางที่ 4.8 ปริมาณการดูดซับแคลเซียมในดินที่ระยะเวลาต่าง ๆหลังจากใส่สารกำจัดวัชพืชตามตำรับการทดลอง

Treatment	Amount of calcium adsorption, mg g^{-1}, at each application/sampling time						
	T1/WK0	T2/WK8	T4/WK0	T4/Wk8	T4/WK16	T4/WK24	Average
Control	0.926	0.958	0.919	0.913	0.944	0.972	0.939
2.5PQ2.5GLY	0.799	0.934	0.908	0.847	0.987	0.966	0.907ns[1/]
5PQ	0.670	0.913	0.648	1.000	0.931	1.024	0.864ns[1/]
5GLY	0.731	0.973	0.637	0.933	0.885	0.995	0.859ns[1/]
Average[2/]	0.782a	0.945b	0.778a	0.923b	0.937b	0.989b	

Note: ANOVA; $MS_{Treatment}$ =0.018, MS_{Time}= 0.093, $MS_{Treatment\ x\ Time}$= 0.03, $MS_{Error(df=46)}$ = 0.012

[1/] ns = the mean value of entried treatment is not significantly difference when compare to the mean value of control treatment as calculated by LDS, α < 0.05

[2/] The same lowercase letter means no significant different mean among each time calculated by Duncan's Multiple Range Test, α < 0.05



ภาพที่ 4.9 ปริมาณการดูดซับแคลเซียมในตัวอย่างดินที่ระยะเวลาต่าง ๆหลังจากได้รับสารกำจัดวัชพืชตามตำรับทดลอง (Error bar แสดงค่า standard deviation ของข้อมูล 3 ซ้ำ ** แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับ control ที่ α 0.05)

4.2.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณการดูดซับธาตุแมกนีเซียมของดิน

ปริมาณแมกนีเซียมที่ถูกดูดซับในดินที่ได้รับสารกำจัดวัชพืชต่างกันตามสิ่งทดลอง ตามระยะเวลาต่าง ๆหลังการใส่สารกำจัดวัชพืชแสดงในตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยของปริมาณการดูดซับแมกนีเซียมมีค่าเป็น 18.18, 18.19, 18.18 และ 18.16 mg g^{-1} ซึ่งเป็นปริมาณที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดลองแสดงว่าการใส่สารพาราควอทและไกลโฟเสทลงในดินในการทดลองนี้ไม่มีผลต่อความสามารถของดินในการดูดซับแมกนีเซียม

ตารางที่ 4.9 ปริมาณการดูดซับแมกนีเซียมในดินตามตำรับการทดลองและตามระยะเวลาใส่และเก็บตัวอย่าง

	Amount of magnesium adsorption, mg g^{-1}, at each application/sampling time						
Treatment	T1/WK0	T2/WK8	T4/WK0	T4/Wk8	T4/WK16	T4/WK24	Average
Control	0.400	0.383	0.372	0.367	0.344	0.378	0.374 ns[1/]
2.5PQ2.5GLY	0.387	0.372	0.367	0.370	0.326	0.390	0.369 ns[1/]
5PQ	0.405	0.376	0.352	0.386	0.354	0.347	0.370 ns[1/]
5GLY	0.369	0.382	0.334	0.370	0.346	0.344	0.357 ns[1/]
Average[2/]	0.390c	0.378bc	0.356ab	0.373bc	0.342a	0.365ab	

Note: ANOVA; $MS_{Treatment}$ =0.001, MS_{Time}= 0.003, $MS_{Treatment\ x\ Time}$ = 0.001, $MS_{Error(df=46)}$ = 0.001

[1/] ns = the mean value of entried treatment is not significantly difference when compare to the mean value of control treatment as calculated by LDS, α < 0.05

[2/] The same letter means no significant different mean among each time calculated by Duncan, α < 0.05

4.2.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณการดูดซับธาตุทองแดงของดิน

ปริมาณการดูดซับทองแดงในตัวอย่างดินที่ระยะเวลาต่าง ๆหลังจากได้รับสารกำจัดวัชพืชตามตำรับทดลองแสดงในตาราง 4.10 จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลข้อมูลพบอิทธิพลของตำรับการทดลองและระยะเวลาหลังจากการใส่สารกำจัดวัชพืชอย่างชัดเจน การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตำรับต่าง ๆกับตำรับ control พบว่าตำรับ PQ มีความแตกต่างจากตำรับ control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนตำรับ 2.5PQ2.5GLY และ GLY ไม่มีความแตกต่างจาก control การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณการดูดซับทองแดงในระยะเวลาต่าง ๆ พบว่า ปริมาณการดูดซับทองแดงในตัวอย่างดินที่ระยะเวลา T1/WK0 และ T4/WK0 มีค่าต่ำที่สุดและแตกต่างจากระยะเวลาอื่น ๆอย่างมีนัยสำคัญ

ข้อมูลในภาพที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบในแต่ละระยะเวลา พบว่า ที่ระยะเวลา T1/WK0, T4/WK0 และ T4/WK8 ปริมาณทองแดงที่ถูกดูดซับของตำรับ 5PQ มีค่าน้อยกว่าตำรับ control อย่างมีนัยสำคัญ และไม่พบความแตกต่างในระยะเวลาอื่น จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า สารพาราควอทที่ใส่ในดินในระดับ 5 เท่าของอัตราแนะนำมีผลทำให้ปริมาณทองแดงที่ถูกดูดซับในดินมีค่าน้อยลงกว่าการไม่ใส่สารกำจัดวัชพืช อิทธิพลของสารพาราควอทเกิดขึ้นในทันทีหลังจากเติมสารพาราควอทลงในดิน ผลของสารพาราควอทต่อปริมาณการดูดซับทองแสดงจะหมดไปก่อน 8 สัปดาห์หลังจากการใส่สารกำจัดวัชพืชครั้งแรกและก่อน 16 สัปดาห์หลังจากการใส่สารพาราควอทครั้งที่ 4

ตารางที่ 4.10 ปริมาณการดูดซับทองแดงในดินตามตำรับการทดลองและตามระยะเวลาใส่และเก็บตัวอย่าง

	Amount of copper adsorption, mg g^{-1}, at each application/sampling time						
Treatment	T1/WK0	T2/WK8	T4/WK0	T4/Wk8	T4/WK16	T4/WK24	average
Control	5.49	5.76	5.72	5.96	5.68	5.59	5.7
2.5PQ2.5GLY	5.53	5.27	5.04	5.73	5.85	5.16	5.43ns[1/]
PQ	4.37	5.76	4.57	5.04	5.73	5.67	5.19**[2/]
GLY	5.37	5.56	5.83	5.73	5.58	5.64	5.62ns
Average[3/]	5.19a	5.59ab	5.29a	5.61ab	5.71ac	5.51a	

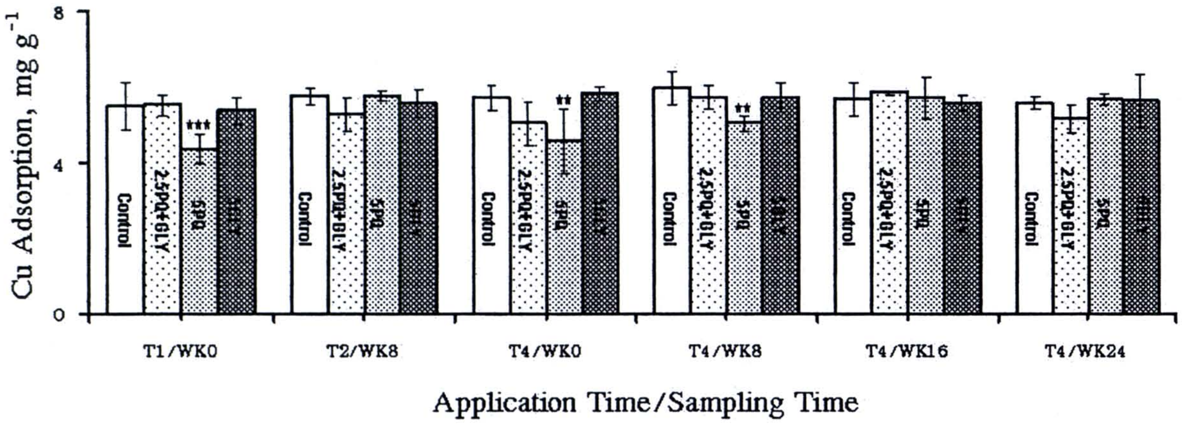
Note: ANOVA; $MS_{Treatment}$ =0.931, MS_{Time}= 0.487, $MS_{Treatment \times Time}$= 0.379, $MS_{Error(df=46)}$ = 0.182

[1/] not significant different when compare to control treatment calculated by LDS, $\alpha < 0.05$

[2/]** significant different when compare to control treatment calculated by LDS, $\alpha < 0.05$

[3/]The same letter means no significant different mean among each time calculated by Duncan's Multiple Test $\alpha < 0.05$

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



ภาพที่ 4.10 ปริมาณการดูดซับทองแดงในตัวอย่างดินที่ระยะเวลาต่าง ๆหลังจากได้รับสารกำจัดวัชพืชตามตำรับทดลอง (Error bar แสดงค่า standard deviation ของข้อมูล 3 ซ้ำ ** แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ α 0.05 จากตำรับ control)

4.2.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณการดูดซับธาตุสังกะสีของดิน

ปริมาณสังกะสีที่ถูกดูดซับในดินที่ได้รับสารกำจัดวัชพืชตามสิ่งทดลอง ตามระยะเวลาต่าง ๆหลังการใส่สารกำจัดวัชพืชแสดงในตาราง 4.11 ค่าเฉลี่ยของปริมาณการดูดซับสังกะสีมีค่าเป็น 18.18, 18.19, 18.18 และ 18.16 mg g^{-1} ซึ่งเป็นปริมาณที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดลองแสดงว่าการใส่สารพาราควอทและไกลโฟเสทลงในดินในการทดลองนี้ไม่มีผลต่อความสามารถของดินในการดูดซับสังกะสี

ตารางที่ 4.11 ปริมาณการดูดซับสังกะสีในดินตามตำรับการทดลองและตามระยะเวลาใส่และเก็บตัวอย่าง

	Amount of Zinc Adsorption, mg g^{-1}, at each application/sampling time						
Treatment	T1/WK0	T2/WK8	T4/WK0	T4/Wk8	T4/WK16	T4/WK24	average
Control	18.22	18.18	18.17	18.22	18.17	18.14	18.18
2.5PQ2.5GLY	18.19	18.20	18.13	18.15	18.22	18.23	18.19 ns[1/]
5PQ	18.15	18.29	18.09	18.20	18.24	18.13	18.18 ns[1/]
5GLY	18.11	18.26	18.12	18.13	18.14	18.17	18.16 ns[1/]
Average	18.17	18.23	18.13	18.17	18.19	18.17	

Note: ANOVA; $MS_{Treatment}$ =0.004, MS_{Time}= 0.014, $MS_{Treatment\ x\ Time}$ = 0.006, $MS_{Error(df=46)}$ = 0.005

[1/] not significant different when compare to control treatment calculated by LDS, α < 0.05