



ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาคผนวก ก
ตารางวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตารางภาคผนวก 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพอร์เซ็นต์การออกดอกของต้นลำไย

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	268.750	3	89.583	6.370	0.016*
Error	112.500	8	14.062		
Total	94900.000	12			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวก 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพอร์เซ็นต์การแตกใบอ่อนของต้นลำไย

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	268.750	3	89.583	6.370	0.016*
Error	112.500	8	14.062		
Total	1900.000	12			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวก 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพอร์เซ็นต์การเกิดข้อดอกกลั่นของต้นลำไย

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	410.417	3	136.806	5.472	0.024*
Error	200.000	8	25.000		
Total	73462.500	12			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวก 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพอร์เซ็นต์การเกิดช่อดอกปนใบ
ของต้นลำไย

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	56.250	3	18.750	2.769	0.111 ^{ns}
Error	54.167	8	6.771		
Total	1412.500	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความกว้างของช่อดอกลำไย
หลังพ่นสาร 1 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	5.714	3	1.905	6.324	0.017*
Error	2.410	8	.301		
Total	167.702	12			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวก 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความกว้างของช่อดอกลำไย
หลังพ่นสาร 2 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	5.579	3	1.860	1.823	0.221 ^{ns}
Error	8.162	8	1.020		
Total	259.720	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความกว้างของช่อดอกลำไย
หลังพ่นสาร 3 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	23.197	3	7.732	3.474	0.071 ^{ns}
Error	17.808	8	2.226		
Total	1550.095	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความกว้างของช่อดอกลำไย
หลังพ่นสาร 4 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	36.314	3	12.105	2.719	0.115 ^{ns}
Error	35.609	8	4.451		
Total	5650.789	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความยาวของช่อดอกลำไย
หลังพ่นสาร 1 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	16.295	3	5.432	4.068	0.050*
Error	10.680	8	1.335		
Total	771.163	12			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวก 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความยาวของช่อดอกลำไย
หลังพ่นสาร 2 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	33.751	3	11.250	6.774	0.014*
Error	13.286	8	1.661		
Total	1871.631	12			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวก 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความยาวของช่อดอกลำไย
หลังพ่นสาร 3 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	72.334	3	24.111	4.483	0.040*
Error	43.024	8	5.378		
Total	4854.751	12			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวก 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความยาวของช่อดอกลำไย
หลังพ่นสาร 4 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	73.832	3	24.611	2.146	0.173 ^{ns}
Error	91.731	8	11.466		
Total	10075.115	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพอร์เซ็นต์การติดผลของลำไย
เมื่อผลลำไยมีขนาดเท่าเหรียญบาท (ประมาณ 20 มิลลิเมตร)

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	286.347	3	95.449	2.243	0.161 ^{ns}
Error	340.491	8	42.561		
Total	7351.959	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) จำนวนผลต่อช่อของลำไย เมื่อผล
ลำไยมีขนาดเท่าเหรียญบาท

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	101.208	3	33.736	3.036	0.093 ^{ns}
Error	88.907	8	11.113		
Total	2871.248	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความสูงของผลลำไย ในระยะ
เก็บเกี่ยว

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.236	3	0.079	0.426	0.740 ^{ns}
Error	1.479	8	0.185		
Total	8251.576	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความกว้างของผลลำไย
ในระยะเก็บเกี่ยว

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	5.582	3	1.861	1.998	0.193 ^{ns}
Error	7.451	8	0.931		
Total	9872.646	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความยาวรอบผลลำไย
ในระยะเก็บเกี่ยว

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.090	3	0.030	0.569	0.651 ^{ns}
Error	0.420	8	0.052		
Total	1004.264	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความหนาเปลือกผลของผลลำไย
ในระยะเก็บเกี่ยว

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.054	3	0.018	0.198	0.895 ^{ns}
Error	0.728	8	0.091		
Total	7.637	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความหนาเนื้อผลของผลลำไย
ในระยะเก็บเกี่ยว

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.190	3	0.063	0.225	0.876 ^{ns}
Error	2.245	8	0.281		
Total	299.542	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความแน่นเนื้อของผลลำไย
ในระยะเก็บเกี่ยว

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.880	3	0.293	11.955	0.053 ^{ns}
Error	0.196	8	0.025		
Total	30.624	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความหวานของเนื้อผล ในระยะ
เก็บเกี่ยว

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.766	3	0.255	0.255	0.856 ^{ns}
Error	8.013	8	1.002		
Total	4279.061	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักสดของเปลือกผล ในระยะเก็บเกี่ยว

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.193	3	0.064	0.414	0.748 ^{ns}
Error	1.246	8	0.156		
Total	45.599	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักสดของเนื้อผล ในระยะเก็บเกี่ยว

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	3.562	3	1.187	1.383	0.316 ^{ns}
Error	6.867	8	0.858		
Total	756.824	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักสดของเมล็ดลำไย ในระยะเก็บเกี่ยว

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.044	3	0.015	3.390	0.074 ^{ns}
Error	0.035	8	0.004		
Total	30.068	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักแห้งของเปลือกผล ในระยะเก็บเกี่ยว

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	2.179	3	0.726	0.842	0.508 ^{ns}
Error	6.904	8	0.863		
Total	26.459	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักแห้งของเนื้อผล ในระยะเก็บเกี่ยว

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.165	3	0.055	0.716	0.570 ^{ns}
Error	0.616	8	0.077		
Total	25.751	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักแห้งของเมล็ดลำไย ในระยะเก็บเกี่ยว

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.017	3	0.006	2.747	0.113 ^{ns}
Error	0.016	8	0.002		
Total	12.538	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณไนโตรเจนในยอดลำไย
หลังพ่นสาร 1 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.921	3	0.307	0.920	0.474 ^{ns}
Error	2.668	8	0.334		
Total	37.592	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณไนโตรเจนในยอดลำไย
หลังพ่นสาร 2 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.197	3	0.066	2.883	0.103 ^{ns}
Error	0.182	8	0.023		
Total	28.746	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณไนโตรเจนในยอดลำไย
หลังพ่นสาร 3 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.250	3	0.083	1.227	0.361 ^{ns}
Error	0.544	8	0.068		
Total	31.547	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณไนโตรเจนในยอดลำไย
หลังพ่นสาร 4 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.052	3	.017	0.147	0.929 ^{ns}
Error	0.938	8	.117		
Total	28.140	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 32 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณฟอสฟอรัสในยอดลำไย
หลังพ่นสาร 1 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.001	3	0.000	0.458	0.719 ^{ns}
Error	0.005	8	0.001		
Total	0.267	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณฟอสฟอรัสในยอดลำไย
หลังพ่นสาร 2 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.001	3	0.000	0.430	0.737 ^{ns}
Error	0.006	8	0.001		
Total	0.323	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 34 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณฟอสฟอรัสในยอดลำไย
หลังพ่นสาร 3 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.007	3	0.002	7.595	0.010*
Error	0.002	8	0.000		
Total	0.276	12			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$)

ตารางภาคผนวก 35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณฟอสฟอรัสในยอดลำไย
หลังพ่นสาร 4 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.000	3	0.000	.145	0.930 ^{ns}
Error	0.006	8	0.001		
Total	0.340	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 36 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณโพแทสเซียมในยอดลำไย
หลังพ่นสาร 1 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.244	3	0.081	2.475	0.136 ^{ns}
Error	0.263	8	0.033		
Total	10.444	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 37 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณโพแทสเซียมในยอดลำไย
หลังพ่นสาร 2 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.188	3	0.063	1.634	0.257 ^{ns}
Error	0.306	8	0.038		
Total	9.215	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 38 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณโพแทสเซียมในยอดลำไย
หลังพ่นสาร 3 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.045	3	0.015	2.409	0.142 ^{ns}
Error	0.050	8	0.006		
Total	7.585	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 39 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณโพแทสเซียมในยอดลำไย
หลังพ่นสาร 4 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.031	3	0.010	0.332	0.803 ^{ns}
Error	0.249	8	0.031		
Total	7.534	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 40 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณแคลเซียมในยอดลำไย
หลังพ่นสาร 1 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.136	3	0.045	0.538	0.669 ^{ns}
Error	0.674	8	0.084		
Total	23.005	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 41 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณแคลเซียมในยอดลำไย
หลังพ่นสาร 2 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	1.246	3	0.415	1.291	0.342 ^{ns}
Error	2.574	8	0.322		
Total	31.211	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 42 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณแคลเซียมในยอดลำไย
หลังพ่นสาร 3 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.186	3	0.062	0.363	0.781 ^{ns}
Error	1.363	8	0.170		
Total	18.352	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 43 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณแคลเซียมในยอดลำไย
หลังพ่นสาร 4 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.593	3	0.198	1.690	0.246 ^{ns}
Error	0.935	8	0.117		
Total	25.583	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 44 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณแมกนีเซียมในยอดลำไย
หลังพ่นสาร 1 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.001	3	0.000	0.452	0.723 ^{ns}
Error	0.005	8	0.001		
Total	0.506	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 45 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณแมกนีเซียมในยอดลำไย
หลังพ่นสาร 2 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.002	3	0.001	0.619	0.622 ^{ns}
Error	0.011	8	0.001		
Total	0.634	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 46 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณแมกนีเซียมในยอดลำไย
หลังพ่นสาร 3 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.002	3	0.001	0.310	0.818 ^{ns}
Error	0.021	8	0.003		
Total	0.507	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 47 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณแมกนีเซียมในยอดลำไย
หลังพ่นสาร 4 สัปดาห์

SOV	SS	DF	MS	F	Sig.
Treatment	0.010	3	0.003	1.538	0.278 ^{ns}
Error	0.017	8	0.002		
Total	0.544	12			

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาคผนวก ข
ภาพภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพภาคผนวก 1 ช่อดอกของลำไยในแต่ละกรรมวิธี กรรมวิธีที่ 1 (ก) กรรมวิธีที่ 2 (ข) กรรมวิธีที่ 3 (ค) กรรมวิธีที่ 4 (ง) (วันที่ 8 สิงหาคม 2560)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพภาคผนวก 2 การเก็บยอดลำไยเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในยอด

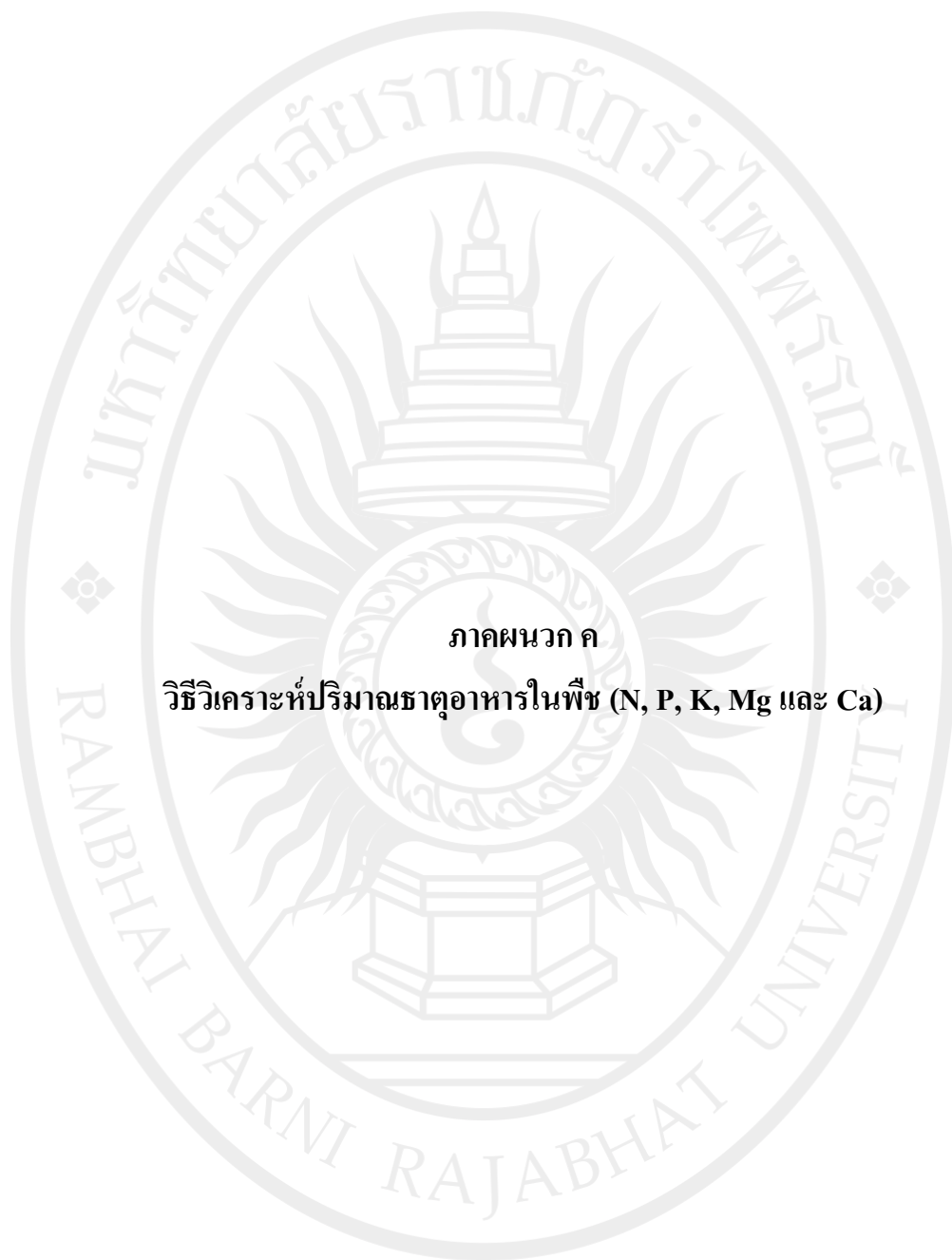


ภาพภาคผนวก 3 การปั่นยอดลำไยขอบแห้งก่อนส่งวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร



ภาพภาคผนวก 4 สถานที่ทำการทดลอง ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การย่อยตัวอย่างพืชสำหรับการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช

สุ่มเก็บตัวอย่างปลายยอด ใบ และกิ่งปลายยอดลำไยของทุกกรรมวิธี ในสัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์หลังพ่นสาร นำตัวอย่างพืชที่เก็บมาและป้ายบอกชื่อตัวอย่างใส่ในถุงกระดาษหรือถุงผ้าแล้วนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส อบจนกระทั่งตัวอย่างพืชแห้ง บันทึกน้ำหนักแห้ง นำตัวอย่างพืชที่แห้งมาบดด้วยเครื่องบดจนละเอียดขนาดที่ผ่านตะแกรง 40 เมช เก็บตัวอย่างพืชที่บดไว้ในถุงกระดาษครอบตัวอย่างพืชที่บดแล้วอีกครั้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมงและทิ้งไว้ให้เย็นก่อนนำมาชั่งเพื่อทำการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ไนโตรเจน (Total N)

1. เครื่องมือและอุปกรณ์

1.1 เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

1.2 ตู้ดูดควัน (Hood)

1.3 เครื่องย่อยของเคลดาล (Kjeldahl Digestion Apparatus) หรือเตาย่อยชนิดพิเศษที่มีลักษณะเป็นแท่งโลหะสี่เหลี่ยมมีช่องบรรจุหลอด (Digestion Block หรือ Heat Block)

1.4 เครื่องกลั่นของเคลดาล (Kjeldahl Distillation Apparatus) หรือเครื่องกลั่นของหลอดแก้ว (Distilling Unit)

1.5 หลอดแก้ว Kjeldahl Flask ขนาด 800 ml หรือ หลอดแก้ว Digestion Tube ขนาด 250 ml

1.6 ขวดแก้วรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask) ขนาด 500 ml หรือ 250 ml

1.7 บิวเรต (Burette) ขนาด 50 ml

1.8 ปิเปต (Pipette) หรือ กระบอกตวง (Cylinder)

2. สารเคมีและวิธีเตรียม

2.1 กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc H_2SO_4)

2.2 เกล็ดโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Commercial Grade NaOH) อัตราส่วน 1 : 1 เตรียมจากเกล็ดโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 กก. ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ A.R.grade 40 เปอร์เซ็นต์ เตรียมจากโซเดียมไฮดรอกไซด์ 400 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร

2.3 กรดบอริก (Boric Acid) 3 เปอร์เซ็นต์ เตรียมจากกรดบอริก 300 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 10 ลิตร

2.4 สารสำเร็จรูปอัดเม็ด (Kjeltabs) ประกอบด้วย 3.5 กรัม ของ K_2SO_4 และ 3.5 มก. ของ Se หรือ Mixed Catalyst ที่ประกอบด้วย K_2SO_4 , $CuSO_4 \cdot 10H_2O$ และ Se ในอัตราส่วน 100 : 10 : 1 ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน

2.5 อินดิเคเตอร์ผสม (Mixed Indicator) เตรียมได้จากการละลาย 0.22 กรัม Bromocresol Green และ 0.075 กรัม Methyl Red ละลายใน 95 เปอร์เซ็นต์ Ethyl Alcohol จำนวน 96 มล. เติม NaOH 0.1 M ปริมาตร 3.5 มล. ผสมเข้าด้วยกัน

2.2.6 สารละลายกรดเกลือมาตรฐาน 0.1 M เตรียมโดยไทเทรตกับสารละลายต่างที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนโดยสารละลายต่างได้ถูก Standardize ด้วย Potassium Acid Phthalate สูตรโมเลกุล $KHC_8H_4O_4$ มีความบริสุทธิ์สูงมาก เกือบไม่ดูดความชื้นเลยเป็น Primary Standard ควรอบให้แห้งด้วยการอบที่ $120^\circ C$ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ใช้ Phenolphthalein เป็น Indicator หรืออาจเตรียมโดยไทเทรตกับ $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน โดยใช้ Methyl Red เป็น Indicator

3. วิธีวิเคราะห์

3.1 การย่อยสลาย (Digestion)

3.1.1 ชั่งตัวอย่างที่อบและบดละเอียดแล้ว 0.5 - 1.00 กรัม (ผ่านการอบที่ $65 - 70^\circ C$ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง) บนกระดาษกรองและห่อใส่ใน Kjeldahl Flask ขนาด 800 ml หรือหลอดย่อย Digestion Tube ขนาด 250 มล. เติมสารสำเร็จรูปอัดเม็ดจำนวน 2 เม็ด

3.1.2 เติม conc H_2SO_4 20 ml ลงใน Kjeldahl Flask หรือ 15 ml ลงในหลอดแก้ว

3.1.3 ทำ blank และตัวอย่างอ้างอิง (Reference Sample) โดยวิธีเดียวกัน

3.1.4 นำไปย่อยใน Kjeldahl Digestion Apparatus ใช้อุณหภูมิประมาณ $100^\circ C - 250^\circ C - 400^\circ C$ หรือ Digestion Block ใช้อุณหภูมิประมาณ $400^\circ C$ จนได้สารละลายใสใช้เวลาประมาณ 2 ชม. ทิ้งไว้ให้เย็นเติมน้ำกลั่น 400 มล. หรือถ้าอุปกรณ์ในการย่อยเป็นหลอดแก้วเติมน้ำกลั่น 75 มล. จนได้สารละลายใส

3.2 การกลั่น (Distillation)

3.2.1 เครื่อง Kjeldahl : ใส่สารละลายกรดบอริก 50 มล. ลงใน Erlenmeyer Flask ขนาด 500 มล. หยด Mixed Indicator 4 - 5 หยด นำไปวางรองรับ Distillate จากเครื่องกลั่นโดยให้ปลายหลอดแก้วจุ่มอยู่ในสารละลายบอริก แล้วเติมสารละลายเกล็ดโซเดียมไฮดรอกไซด์ (1 : 1) จำนวน 50 มล. ลงใน Kjeldahl Flask ที่มีสารละลายตัวอย่าง ทำการกลั่น (ประมาณ 1 ชม.) จนได้ปริมาตร 250 มล. แล้วนำไปไทเทรต

3.2.2 เครื่องกลั่นสำหรับ Block : ใส่สารละลายกรดบอริก 25 มล. ลงใน Erlenmeyer Flask ขนาด 250 ml หยด Mixed Indicator 4 - 5 หยด ในทำนองเดียวกันเติมสารละลายด่าง (NaOH 40 เปอร์เซ็นต์) ลงในหลอดแก้ว ที่มีสารละลายตัวอย่างปริมาตร 50 มล. จากเครื่องทำการกลั่นจนได้ปริมาตร 150 มล. ใช้เวลาประมาณ 7 - 10 นาที แล้วนำไปไทเทรต

3.2 การไทเทรต

3.2.1 ไทเทรตของเหลวที่กลั่นได้ด้วย HCl มาตรฐานความเข้มข้น 0.1 M จนกระทั่งสีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง (Purple) คือ จุดยุติ (End Point)

3.2.2 ไทเทรต Blank ในทำนองเดียวกัน

4. การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ N} = \frac{(a - b)c \times 1.401}{g}$$

a = มล. ของกรดที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง

b = มล. ของกรดที่ใช้ในการไทเทรต Blank

c = ความเข้มข้นของกรดที่ใช้ (Molar)

g = น้ำหนักแห้งของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ (กรัม)

ถ้าตัวอย่างเป็นน้ำหมักชีวภาพ วิเคราะห์ในทำนองเดียวกัน แต่จะต้องเขย่า แล้วใช้กระบอกตวงตวงสารตัวอย่างประมาณ 2 - 5 มล. (ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพนั้น) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนต่อไป (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553 : 16 - 18)

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัส (Total P)

1. เครื่องมือและอุปกรณ์

1.1 UV - Spectrophotometer

1.2 เตาให้ความร้อน (Hot Pate)

1.3 เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

1.4 อุปกรณ์เครื่องแก้วที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

2. สารเคมีและวิธีเตรียม

2.1 น้ำยาที่ทำให้เกิดสี Ammonium Vanadomolybdate หรือ Barton's Reagent ประกอบด้วย น้ำยา A - เตรียมจากการละลายแอมโมเนียมโวลลิบเดต (Ammonium Molybdate - $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 25 กรัมในน้ำกลั่น 400 ml น้ำยา B - เตรียมจากแอมโมเนียมเมตาแวนาเตต (Ammonium Meta Vanadate - NH_4VO_3) 1.25 g ในน้ำกลั่นที่อุ่นให้ร้อน 300 ml ทิ้งให้เย็นแล้วเติมกรด HNO_3 เข้มข้นลงไป 250 ml นำ A และ B มาผสมกัน ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

2.2 สารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐาน (Standard Phosphorus หรือ Stock Standard Solution) 50 mg/l เตรียมโดยชั่ง Potassium Dihydrogen Phosphate - KH_2PO_4 ซึ่งผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยชั่ง 0.2195 g ละลายด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร จะได้สารละลายซึ่งมีฟอสฟอรัสอยู่ 50 mg/l หรือจะเตรียมเป็นสารละลายฟอสฟอรัส 1000 mg/l ก็ได้โดยชั่ง KH_2PO_4 4.393 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4°C เมื่อจะใช้เป็น Working Standard ก็เตรียมสารละลายฟอสฟอรัส 50 หรือ 100 mg/l โดยวิธีเจือจางได้ตามต้องการ

3. วิธีวิเคราะห์

3.1 การเตรียม Working Standard - โดยปิเปต 0, 1, 2, 3 และ 4 ml จากสารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐาน 50 mg/l ใส่ใน Volumetric Flask ขนาด 25 มิลลิลิตร (ml) เติมน้ำยา Barton 5 ml ปรับปริมาตรให้เป็น 25 ml ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากันเพื่อเตรียมความเข้มข้นของ P เป็น 0, 2, 6 และ 8 mg/l

3.2 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง - โดยดูดสารละลายตัวอย่าง 5 ml ที่ผ่านกระบวนการย่อยสลาย (Digestion) ลงใน Volumetric Flask ขนาด 25 ml. เติมน้ำยา Barton 5 ml ปรับปริมาตรให้เป็น 25 ml ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ให้เกิดสีสมบูรณ์อย่างน้อย 30 นาที

3.3 ก่อนการวัด อุณหภูมิเครื่อง UV - Spectrophotometer ไว้ประมาณ 30 นาที ตั้งความยาวคลื่น (Wavelength) ของเครื่องที่ 420 มิลลิเมตร ทำ Standard Curve จาก Working Standard 0, 2, 4, 6 และ 8 mg/l ก่อนแล้วจึงวัด Blank พร้อมทั้งตัวอย่างอ้างอิงและตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์

3.4 วัดความเข้มข้นของสีในสารละลายตัวอย่างด้วยเครื่อง UV - Spectrophotometer ความเข้มของสีจะเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในตัวอย่าง (ตัวอย่าง Blank และตัวอย่างอ้างอิงก็ทำในทำนองเดียวกัน)

4. การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ P} = \frac{r \times 100 \times \text{d.f.} \times 100}{10^6 S}$$

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

r = ค่าที่อ่านได้จากเครื่องหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

d.f. = Dilution Factor เช่น 25/5 หรือ 25/1

S = น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่ง

ถ้าต้องการผลวิเคราะห์ในรูปของ P_2O_5 ใช้ Factor 2.2914 คูณค่า P ที่ได้ (กรมพัฒนาที่ดิน. 2553 : 20 - 21)

การวิเคราะห์โพแทสเซียม (Total K)

1. เครื่องมือ/สารเคมีที่ใช้

- 1.1 Flame Photometer
- 1.2 เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 1.3 KCl AR. Grade
- 1.4 conc. HNO_3

2. วิธีวิเคราะห์

2.1 การเตรียม Stock Standard Solution (1000 มิลลิกรัมต่อลิตร K) - ชั่งโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ที่ผ่านการอบแห้งที่ $110^\circ C$ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง 1.9067 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 200 ml เติมนกรดไนตริกเข้มข้น (Concentrated Nitric Acid) ลงไป 12 ml แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ $4^\circ C$ เพื่อไว้เตรียม Standard Solution ที่มีความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร K (Intermediate Solution) โดยการปิเปต 10 ml จาก Stock Solution 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร K ลงใน Volumetric Flask 100 ml ปรับปริมาตรเป็น 100 ml ด้วยน้ำกลั่น

2.2 การเตรียม Working Standard Solution ประกอบด้วย โพแทสเซียมที่มีความเข้มข้นเป็น 0, 2, 4, 6 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเตรียมโดย

ความเข้มข้นของ K เป็น มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน มล. ที่ Pipette จาก Standard K 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

0	0
2	2
4	4
6	6
8	8

ปรับปริมาตรของสารละลายในขวดวัดปริมาตรเป็น 100 ml ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน เพื่อเตรียมเป็น Standard K ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

2.3 การวัดค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสารละลายตัวอย่าง

เปิดเครื่อง Flame Photometer ก่อนปฏิบัติงานประมาณ 30 นาที เจือจางสารละลายตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:10 วัดความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน

เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ K ในสารละลายตัวอย่าง ถ้าค่าที่อ่านได้จากสารละลายตัวอย่างมีค่าเกิน Standard ต้องเจือจางสารละลายตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น เป็น 1:20 หรือมากกว่านั้นตามความเหมาะสม

3. การคำนวณ

ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในตัวอย่าง หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ K} = \frac{r \times 100 \times \text{d.f.} \times 100}{10^6 S}$$

r = ค่าที่อ่านได้จากเครื่อง หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

S = น้ำหนักของตัวอย่างที่ชั่ง

d.f. = Dilution Factor ควรจะเป็น 10/1 หรือ 20/1 หรือมากกว่า
ถ้าไม่ได้เจือจางสารละลายตัดค่า d.f. ออกไป

ถ้าต้องการผลวิเคราะห์ในรูปของ K_2O ใช้ factor 1.205 คูณค่า K ที่ได้ (กรมพัฒนาที่ดิน.
2553 : 23 - 24)

แคลเซียมและแมกนีเซียม (Total Ca และ Total Mg)

1. เครื่องมือ/สารเคมีที่ใช้

1.1 Atomic Absorption Spectrophotometer

1.2 เครื่องแก้วที่จำเป็นในห้องปฏิบัติการ

1.3 $SrCl_2 \cdot 6H_2O$

1.4 สารละลายมาตรฐานแคลเซียมและแมกนีเซียม วิเคราะห์

1.5 เตรียมสารละลายสตรอนเชียมคลอไรด์ ($SrCl_2 \cdot 6H_2O$) ความเข้มข้น 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 2 ลิตร

2. เตรียมสารละลายมาตรฐานแคลเซียม ความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8, 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และสารละลายมาตรฐานแมกนีเซียม ความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4, 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เจือจางสารละลายมาตรฐานทั้งสองด้วย $SrCl_2 \cdot 6H_2O$ 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 ลบ.ซม.

3. ปิเปตสารละลายตัวอย่าง (ที่ผ่านการย่อยสลาย) 1.00 ลบ.ซม. เจือจางด้วย $SrCl_2 \cdot 6H_2O$ ความเข้มข้น 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 10 - 30 ลบ.ซม.

4. สารละลายที่เตรียมได้ นำไปวัดปริมาณแคลเซียมทั้งหมด และวัดปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ปฏิบัติตามวิธีการใช้ของเครื่อง

5. สารละลายที่วัดได้ควรมีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วงของสารละลายมาตรฐาน ถ้าค่าสารละลายที่วัดได้มีค่าสูงกว่าสารละลายมาตรฐานจะต้องเจือจางสารละลายให้มากขึ้น แต่ถ้าสารละลายที่วัดได้ มีค่าต่ำกว่าสารละลายมาตรฐาน จะต้องลดการเจือจางลง

6. การคำนวณ

การคำนวณหาปริมาณแคลเซียมในสารละลายตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ Ca} = \frac{(r-b) \times 100 \times d.f. \times 100}{10^6 \times s}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ CaO} = \text{เปอร์เซ็นต์ Ca} \times 1.4$$

$$r - b = \text{ค่าที่อ่านได้ (หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร) - Blank}$$

(กรมพัฒนาที่ดิน. 2553 : 7 - 38)

$$s = \text{น้ำหนักตัวอย่าง (หน่วยเป็นกรัม)}$$

$$d.f. = \text{Dilution Factor ค่าการเจือจางสารละลาย เช่น 1 : 10 1 : 50 หรือ 1 : 100}$$

การคำนวณหาปริมาณแมกนีเซียมในสารละลายตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ Mg} = \frac{(r-b) \times 100 \times d.f. \times 100}{10^6 \times s}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ MgO} = \text{เปอร์เซ็นต์ Mg} \times 1.66$$

$$r - b = \text{ค่าที่อ่านได้ หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร - Blank}$$

$$s = \text{น้ำหนักตัวอย่าง (หน่วยเป็นกรัม)}$$

$$d.f. = \text{Dilution Factor ค่าการเจือจางสารละลาย เช่น 1 : 10 1 : 50 หรือ 1 : 100 (กรมพัฒนาที่ดิน. 2553 : 28 - 29)}$$