





ภาคผนวก ก
วิธีการวิเคราะห์ แคดเมียม

มหาวิทยาลัยนเรศวร

การวิเคราะห์แคดเมียม

ทดลองโดย(Andrew D.Eaton, Lenore S. Clesceri, Arnold E. Greenberg. standard Methods for Examination of Water and Wastewater)

1. การวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมในพืช ทำการวิเคราะห์โดยวิธี Nitric – Perchloric Digestion

1.1 สารเคมี/อุปกรณ์

1.1.1 น้ำกลั่นปราศจากไอออน

1.1.2 HCl, HNO₃ อัตราส่วน 1:1

1.1.3 HNO₃ conc. HClO₄

1.1.4 หน้ำข้าวเหนียว หน้ำหนวดแมว และหน้ำแดง ที่อบแห้งแล้ว ที่ซึ่งมาแล้ว

1.1.5 Flask ขนาด 250 มิลลิลิตร

1.1.6 ขวดพลาสติกใสตัวอย่าง

1.1.7 Volumetric flask 100 มิลลิลิตร 1,000 มิลลิลิตร

1.1.8 กระดาษกรองเบอร์ 5

1.1.9 บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร

1.1.10 กรวยกรอง

1.1.11 Hotplate

1.1.12 เครื่องย่อยไนโตรเจน

1.1.13 ไม้เปิด

1.2 วิธีการ

1.2.1 นำตัวอย่างหน้ำแต่ละชนิดใส่ลงหลอดแก้วย่อย และใส่กรด HNO₃ 8 มิลลิลิตร ใส่กรด HClO₄ 2 มิลลิลิตร แล้วนำไปย่อยในเตาร้อน จนเหลือปริมาตร 15 มิลลิลิตรจึงหยุดย่อยปล่อยให้เย็นแล้วเติม HNO₃- HClO₄ ในอัตรา 1:1 นำไปย่อยอีกครั้งจนเกิดไอสีขาว ถ้าสารละลายยังไม่ใสเติม HNO₃ อีก 10 มิลลิลิตร ต้มต่อจนใส ทิ้งให้เย็นต้มไล่ คลอรีนหรือออกไซด์ของไนโตรเจนอีก จนไม่มีควัน แล้วกรองสารละลายที่ได้พร้อมปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น DI เก็บใส่ขวดตัวอย่างไว้โดยแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.2.2 นำไปตรวจหาปริมาณแคดเมียมโดยเครื่อง AAs

วิธีการคำนวณ

Metal concentration ,mg/kg (day-weight basis) = (AxB)/g sample x 100/D

A = concentration of metal in digested solution ,mg/L

B = final volume of digest solution ,mL ,and

D = total solids,%

%Total solids =[(AxB) x 100] / CxD

A = weight of dried residue + dish , mg

B = weight of dish

C = weight of wet sample + dish ,mg

2. วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมในสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีแคดเมียม ถูกละลายอยู่ทำการวิเคราะห์โดยวิธีการย่อยสลายด้วยกรดไนตริก ในการทดลองสารละลายธาตุอาหารที่ทำการวิเคราะห์จะใส่มากจึงใช้วิธีนี้

2.1 สารเคมี/อุปกรณ์

2.1.1 น้ำกลั่นปราศจากไอออน

2.1.2 HCl ,HNO₃ อัตราส่วน

2.1.3 HNO₃ conc. HClO₄

2.1.4 หน้้าข้าวรก หน้้าหนวดแมว และหน้้าแดง อบแห้งแล้ว ที่ซ้ึงมาแล้ว

2.1.5 Flask ขนาด 250 มิลลิลิตร

2.1.6 ขวดพลาสติกใส่ตัวอย่าง

2.1.7 Volumetric flask 100 มิลลิลิตร ,1,000 มิลลิลิตร

2.1.8 กระดาษกรองเบอร์ 5

2.1.9 บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร

2.1.10 ทรายกรอง

2.1.11 Hotplate

2.1.12 เครื่องย่อยไนโตรเจน

2.1.13 ปีเปต

2.2 วิธีการวิเคราะห์

2.2.1 นำตัวอย่างน้ำ 50 มิลลิตร ใส่ลงขวดรูปชมพู่ เติมกรด conc. HNO_3 5 มิลลิตรและเติมลูกแก้ว 3 เม็ด ต้มบน hotplate ให้เดือดๆ จนน้ำระเหยเหลือปริมาณ 15 มิลลิตร ถ้าสารละลายใสไม่มีแล้ว ทิ้งไว้ให้เย็นล้างข้างขวดด้วยน้ำกลั่น DI กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิตร

2.2.2 ทำแบลนด์คิโดยนำเอาสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้ในการทดลอง ไม่ได้ใส่แคดเมียมมา 50 มิลลิตรทำการย่อยด้วยกรด conc. HNO_3 เหมือนข้อ 2.2.1

2.2.3 นำไปหาปริมาณด้วยเครื่อง AAs

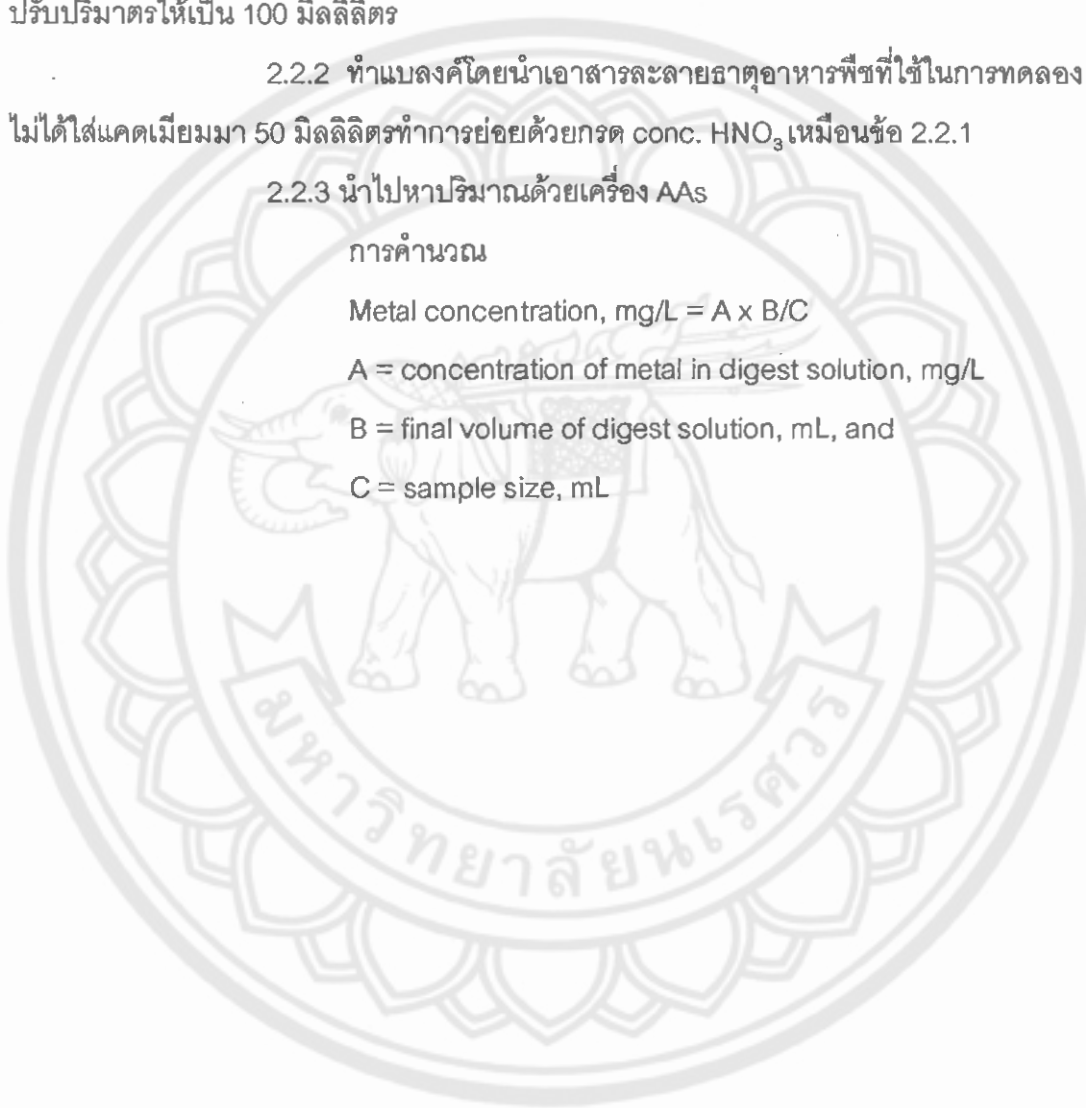
การคำนวณ

$$\text{Metal concentration, mg/L} = A \times B/C$$

A = concentration of metal in digest solution, mg/L

B = final volume of digest solution, mL, and

C = sample size, mL





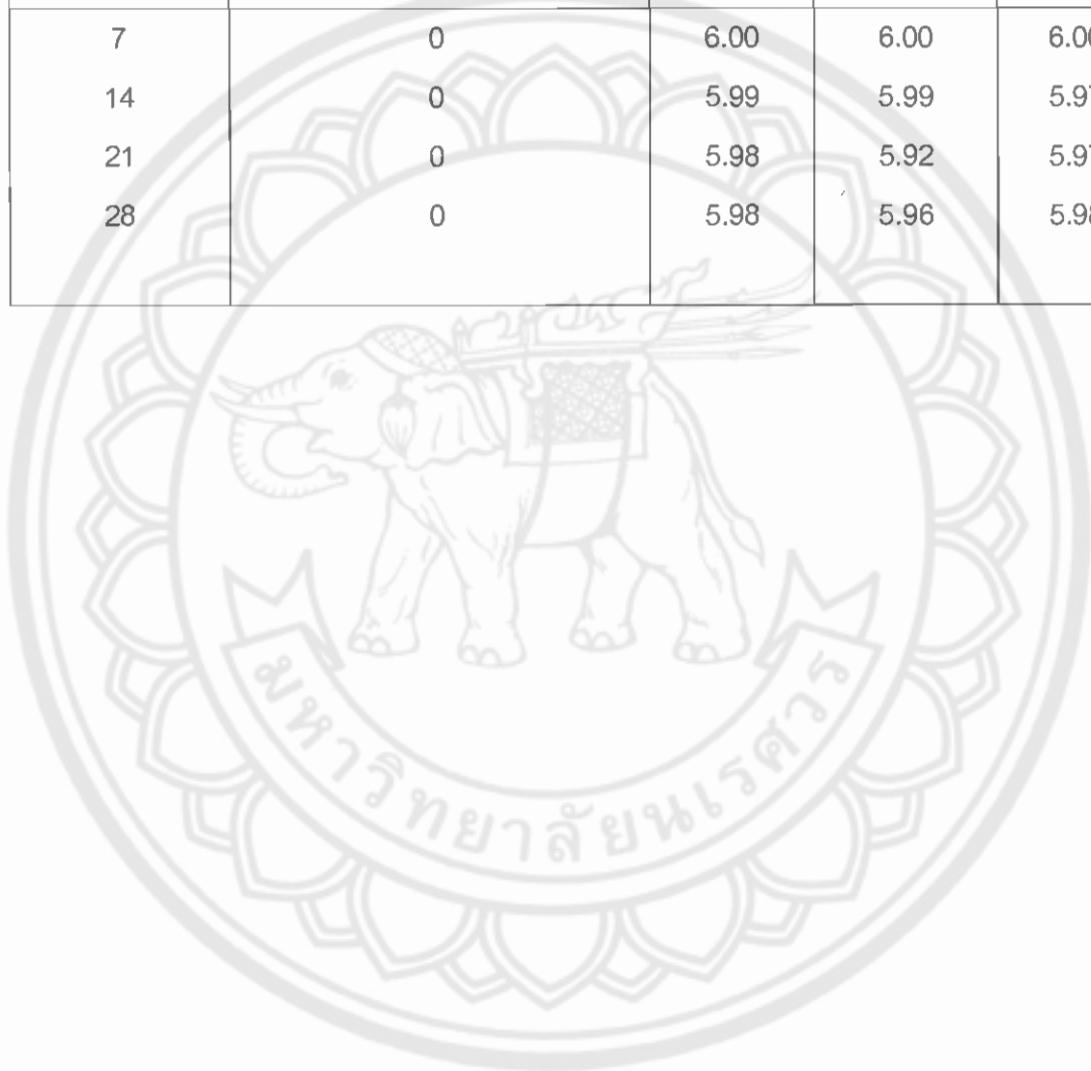
ภาคผนวก ข
ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

มหาวิทยาลัยพระนคร

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

ตาราง 15 แสดงค่าความเป็นกรด - ด่าง ในสารละลายที่ไม่มีการปลูกพืช

วัน	ความเข้มข้นของแคดเมียมที่ใช้ใน การทดลอง(มิลลิกรัม/ลิตร)	ค่าความเป็นกรด - ด่าง		
		ครั้ง1	ครั้ง2	ครั้ง3
7	0	6.00	6.00	6.00
14	0	5.99	5.99	5.97
21	0	5.98	5.92	5.97
28	0	5.98	5.96	5.98



ตาราง 16 แสดงค่าความเป็นกรด - ด่างและปริมาณแคดเมียมในหญ้าที่ควบคุม

ชนิดหญ้า	วัน	ค่าความเป็นกรด - ด่างของ สารละลาย		
		ครั้ง1	ครั้ง2	ครั้ง3
ข้าวนก	0	6.00	6.00	6.00
	7	5.65	5.64	5.61
	14	4.42	4.40	4.44
	21	3.77	3.87	3.61
	28	3.65	3.55	3.58
หนวดแมว	0	6.00	6.00	6.00
	7	5.84	5.96	5.89
	14	5.33	5.43	5.56
	21	4.61	4.44	4.58
	28	3.96	3.89	3.47
หญ้าแดง	0	6.00	6.00	6.00
	7	5.62	5.64	5.66
	14	5.41	5.44	5.42
	21	5.35	5.23	5.37
	28	4.55	4.32	4.50

ตาราง 17 แสดงปริมาณแคดเมียมที่พืชดูดซับระยะเวลา 14 วันส่วนต้น

ชนิดหญ้า	ความเข้มข้นที่ใช้ ในการทดลอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ปริมาณแคดเมียมที่ถูกดูดซับ มิลลิกรัมต่อกรัมพืช			ปริมาณแคดเมียมที่เหลือใน สารละลายธาตุอาหารพืช มิลลิกรัมต่อลิตร		
		ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3
ข้าวนก	5	53.830	52.760	51.736	4.207	4.388	4.230
	10	62.840	66.463	63.108	7.856	7.634	7.563
	15	87.942	96.410	85.758	10.61	11.53	10.85
	20	140.369	122.336	117.192	16.27	16.32	15.54
	25	143.268	154.935	142.182	18.96	19.19	19.21
หนวดแมว	5	65.238	63.231	59.860	4.125	4.121	4.194
	10	85.738	79.738	75.738	7.547	7.988	6.482
	15	114.790	128.742	127.405	9.631	9.495	9.821
	20	597.29	573.392	588.95	15.38	15.37	16.47
	25	182.22	177.155	180.018	18.68	18.64	18.96
หญ้าแดง	5	41.743	48.168	49.218	4.247	4.485	4.342
	10	54.174	61.584	66.152	7.463	7.428	7.00
	15	95.409	91.375	100.941	10.41	11.76	10.23
	20	433.917	417.244	445.447	16.82	17.32	16.00
	25	164.508	134.671	123.757	19.01	19.45	18.96

ตาราง 18 แสดงปริมาณแคดเมียมที่พืชดูดซับระยะเวลา 28 วันส่วนต้น

ชนิดหญ้า	ความเข้มข้นที่ใช้ ในการทดลอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ปริมาณแคดเมียมที่ถูกดูดซับ (มิลลิกรัมต่อกรัมพืช)			ปริมาณแคดเมียมที่เหลือใน สารละลายธาตุอาหารพืช (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ข้าวนก	5	79.281	65.785	70.153	2.5046	2.4002	2.113
	10	139.300	101.400	111.738	5.3869	5.054	5.627
	15	173.064	187.540	189.980	7.008	7.122	6.863
	20	221.584	214.598	245.579	12.584	13.210	12.004
	25	299.748	293.622	278.497	16.277	16.277	16.277
หมวดแมว	5	127.470	131.187	138.253	1.995	2.131	2.1412
	10	177.922	174.895	160.000	4.457	4.410	4.521
	15	255.456	256.975	240.898	5.101	5.877	5.647
	20	339.700	347.576	342.799	11.380	10.064	11.365
	25	347.366	342.313	344.460	14.421	14.421	14.421
หญ้าแดง	5	71.827	67.979	65.085	2.857	2.359	2.234
	10	138.179	125.557	129.024	5.935	5.564	5.373
	15	178.633	156.596	181.491	7.223	6.712	7.258
	20	258.126	217.186	226.973	13.635	14.936	12.379
	25	281.335	291.540	273.606	16.829	16.781	16.653

ตาราง 19 แสดงปริมาณแคดเมียมที่พืชดูดซับระยะเวลา 14 วันส่วนราก

ชนิดหญ้า	ความเข้มข้นที่ใช้ในการทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาณแคดเมียมที่ถูกดูดซับ (มิลลิกรัมต่อกรัมพืช)			ปริมาณแคดเมียมที่เหลือใน สารละลายธาตุอาหารพืช (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
		ครั้ง1	ครั้ง2	ครั้ง3	ครั้ง1	ครั้ง2	ครั้ง3
ข้าวนก	5	224.598	238.887	219.918	4.2071	4.3885	4.2301
	10	359.915	375.839	348.520	7.8564	7.6342	7.5632
	15	413.286	446.754	424.439	10.613	11.530	10.856
	20	555.330	513.140	527.476	16.272	16.325	15.549
	25	718.721	732.568	709.712	18.964	19.198	19.210
หนวดแมว	5	270.516	250.567	280.326	4.0215	4.1214	4.0947
	10	428.161	431.860	430.378	6.547	6.9885	6.482
	15	597.29	573.392	588.950	9.631	9.495	9.821
	20	650.263	671.195	690.466	15.328	14.378	14.475
	25	982.173	908.613	917.323	18.387	18.546	18.163
หญ้าแดง	5	41.743	48.168	49.218	4.247	4.485	4.342
	10	352.841	339.305	342.082	7.463	7.4285	7.0012
	15	433.917	417.244	445.444	10.410	11.763	10.230
	20	522.642	519.379	534.842	16.828	17.325	16.003
	25	711.697	732.153	712.897	19.017	19.456	18.964

ตาราง 20 แสดงปริมาณแคดเมียมที่พืชดูดซับระยะเวลา 28 วันส่วนราก

ชนิดหญ้า	ความเข้มข้นที่ใช้ในการทดลอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ปริมาณแคดเมียมที่ถูกดูดซับ (มิลลิกรัมต่อกรัมพืช)			ปริมาณแคดเมียมที่เหลือใน สารละลายธาตุอาหารพืช (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ข้าวนก	5	282.023	299.888	291.416	2.5046	2.4002	2.113
	10	461.246	493.283	497.036	5.3869	5.054	5.627
	15	600.093	590.156	620.132	7.008	7.122	6.863
	20	824.316	840.700	792.326	12.584	13.210	12.004
	25	1051.97	1050.00	981.413	16.277	16.277	16.277
หนวดแมว	5	397.976	411.312	388.310	1.995	2.131	2.1412
	10	677.656	696.631	657.830	4.457	4.410	4.521
	15	870.115	831.060	890.081	5.101	5.877	5.647
	20	1274.36	1138.71	1211.33	11.380	10.064	11.365
	25	1589.00	1449.76	1498.89	14.421	14.421	14.421
หญ้าแดง	5	272.368	302.467	294.062	2.857	2.359	2.234
	10	490.130	463.703	472.372	5.935	5.564	5.373
	15	590.061	611.037	582.122	7.223	6.712	7.258
	20	787.143	686.447	741.325	13.635	14.936	12.379
	25	993.416	1012.78	976.616	16.829	16.781	16.653

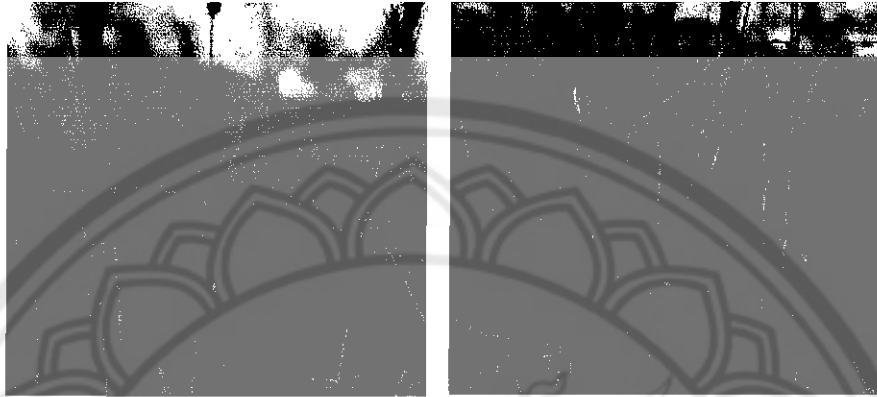


ภาคผนวก ค

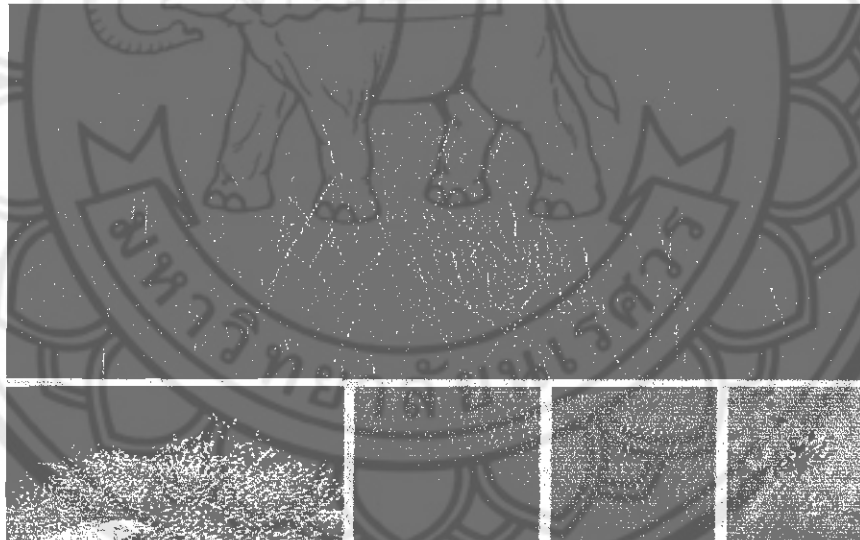
รูปภาพ แสดงหน้าข้าวนก หน้าหนดแมว และ หน้าแดง

มหาวิทยาลัยพระนคร

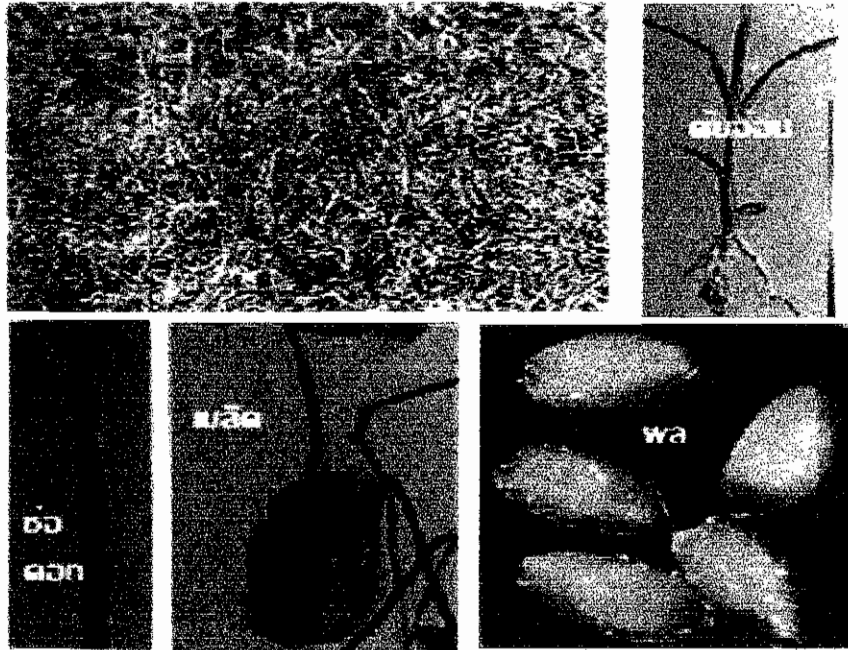
รูปภาพ แสดงหญ้าข้าวนก หญ้าหนวดแมว และ หญ้าแดง



ภาพ 7 แสดงหญ้าข้าวนก



ภาพ 8 แสดงหญ้าหนวดแมว



ภาพ 9 แสดงหญ้าแดง