ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ภาคผนวก ก

การหาปริมาณ Total Nitrogen ในพืช

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Kjedalh digestion Flask (50 or 100 ml.)
2. Kjedalh digestion apparatus.
3. Kjedalh distillation apparatus.
4. Micro - burette, capacity 5 or 10 ml.
5. Erlenmayer Flask 125 ml.
6. Beaker 600 ml. 2000 ml.
7. Volumetric Flask 1000 ml.

สารเคมี

1. Sulfuric acid ($H_2 SO_4$)
2. Sodium Hydroxide (NaOH), 10 N หรือ 40%

ชั่ง NaOH (Flake) 400 กรัม ใส่ใน Beaker 2000 ml. เติมน้ำกลั่นลงไป 1000 ml. คนด้วยแท่งแก้วให้ NaOH ละลายหมด รินใส่ขวดปิดจุกให้แน่นทิ้งไว้หลาย ๆ วัน เพื่อให้ Na_2CO_3 ตกตะกอน และค่อย ๆ ดูด (Siphon) เอาสารละลายที่ใส ๆ ไว้ในขวดที่มีจุกปิดสนิท เพื่อป้องกันไม่ให้สารละลายดูด CO_2 จากบรรยากาศ

3. Indicator Solution

ละลาย Methyl red 0.66 กรัมและ bromcresol green 0.099 กรัมใน Ethanol 100 ml. เก็บไว้ในขวดมีจุกปิดสนิท

4. Boric acid - indicator solution (2% H_3BO_3)

ชั่ง Boric acid (H_3BO_3) 20 กรัม ใส่ใน Beaker ขนาด 600 ml. เติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ 200 ml. นำไปอุ่นเพื่อให้ boric acid ละลายหมด (ในขณะอุ่นควรจะคนด้วยแท่งแก้ว) รินใส่ Volumetric Flask ขนาด 1000 ml. เติมน้ำกลั่นลงไปอีกประมาณ 600 ml. (โดยการใช้น้ำกลั่นชะล้าง Beaker ที่ใส่ H_3BO_3 ทีละน้อย) ตั้งสารละลายไว้ให้เย็น เติม Mixed indicator ลงไป 20 ml. เขย่าให้เข้ากัน ปรับสีของสารละลายนี้ด้วย NaOH 0.1 N และ HC1 0.1 N โดยการหยดลง

ไปทีละน้อยจนสารละลายเป็นสีม่วงปนแดง (pH ของสาระลายประมาณ 5.0) ตรวจสอบสีของสารละลายนี้ว่าใช้ได้หรือไม่ โดยนำเอาสารละลาย Boric acid indicator ประมาณ 15 ml. ค่อย ๆ เติมน้ำกลั่นลงปีละน้อย สีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีม่วงแดงไปเป็นสีเขียวทันที เมื่อปริมาตรของสารละลายกับน้ำกลั่นเท่ากัน ถ้าสีของของสารละลายไม่เปลี่ยนหรือเปลี่ยนเร็วเกินไป ก็ปรับด้วย NaOH 0.1 N และ HC1 0.1 N แล้วตรวจสอบจนกว่าจะได้ตามต้องการ แล้วปรับให้มีปริมาตร 1 ลิตร

5. Sodium Hydroxide (NaOH) 0.1 N

ละลาย NaOH 4.0 กรับ ในน้ำกลั่นประมาณ 200 ml. แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร (Standardized หาความเข้มข้นที่แท้จริงโดยใช้ Potassium Hydrogen Pathalate)

6. HC1 0.1 N

7. Potassium sulfate - catalyst mixture

Salicylic acid 100 กรัม K_2SO_4 10 กรัม $CuSO_4 . 5H_2O$ 1.0 กรัม Se 0.1 กรัม บดให้เข้ากัน

8. Sulfuric acid 0.05 N หรือ Hydrochloric acid 0.05 N

วิธีการ

ชั่งตัวอย่างพืชที่บดละเอียดแล้วจำนวน 0.2 กรัม ใส่ใน Kjedalh digestion flask (พยายามอย่าให้ตัวอย่างพืชติดอยู่ที่คอ Flask อาจจะใช้ Onion skin paper ห่อตัวอย่าง) ใส่ Potassium sulfate - catalyst mixture 1.1 กรับ เติม H_2SO_4 (Commercial grade) 5 ml. เขย่าให้เข้ากัน นำเข้าเตาย่อยโดยใช้อุณหภูมิต่ำ ๆ ประมาณ 1 ชั่วโมง จึงเพิ่มอุณหภูมิให้สูงจนกว่าตัวอย่างจะใช้ได้ (clear) ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ตัวอย่างจะเป็นสีขาวขุ่น ๆ และไม่มีควันของกรดซัลฟุริคปนอยู่ ในระหว่างที่ย่อย ต้องพยายามหมุน flask ให้บ่อยครั้ง เพื่อป้องกันไม่ให้ flask ถูกความร้อนด้านเดียวและป้องกันไม่ให้ตัวอย่างไหม้ได้

เมื่อตัวอย่างใช้ได้แล้ว นำออกจากเตาย่อยทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ 10 ml. (อย่าเติมน้ำกลั่นในขณะที่ flask ยังร้อนอยู่) เขย่าให้เข้ากัน นำไปกลั่นหาปริมาณไนโตรเจน โดยวิธีการต่อไปนี้

ถ่ายตัวอย่างที่ย่อยแล้ว ใส่ในถ้วยสำหรับใส่ตัวอย่าง ใช้น้ำกลั่นล้าง digestion flask ประมาณ 3 ครั้ง เพื่อให้แน่ใจว่า ไม่มีตัวอย่างเหลืออยู่ใน digestion flask

น้ำ Erlenmayer flask 125 ml. ซึ่งมี Boric acid indicator บรรจุอยู่ 15 ml. มารองรับได้ condenser ของเครื่องกลั่น พยายามให้ปลายของ condenser อยู่ใกล้ Boric acid มากที่สุด เปิดก๊อกที่เชื่อมต่อระหว่างถ้วยใส่ตัวอย่างกับ distillation chamber เบา ๆ เพื่อให้ตัวอย่างไหลสู่ distillation chamber หมด ปิดก๊อก ใส่ 10 N NaOH ประมาณ 20 ml. ในถ้วยใส่ตัวอย่างและเปิดก๊อกเบา ๆ เพื่อให้ด่างเข้าไปผสมกับตัวอย่างใน distillation chamber ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างด่างในถ้วยให้หมดแล้ว ปิดก๊อก ทำการกลั่นจนกว่าปริมาตรของสารใน Erlenmayer flask เพิ่มขึ้นถึงขีด 50 ml. นำมา titrate กับ Standard 0.05 N H_2SO_4 จดปริมาตรของ Standard H_2SO_4 ที่นำมาใช้ เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณ Total Nitrogen ในตัวอย่างพืช

จากสูตร

$$\%N = \frac{(ml.H_2SO_4\ for\ Sample - ml.H_2SO_4\ for\ Blank)\ x\ \overline{N}\ x\ 0.014\ x\ 100}{Wt.of\ Plant.(g)}$$

ผลการปฏิบัติ

Sample	น้ำหนักพืช (กรัม)	ปริมาตรของ H_3BO_3	$\overline{N}$ H_2SO_4	ปริมาตร H_2SO_4	%Total N

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตารางภาคผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักแห้งฟางข้าว

source	DF	SS	MS	F	P
ซ้ำ	2	1.213E +07	6065575	4.50	0.3299
วิธีการปลูก	1	2035378	2035378	1.51	0.3196
ซ้ำ X วิธีการปลูก	2	2692339	2067257		
อัตราปุ๋ย	5	1.188E + 08	2.375E + 07	7.26	0.0001**
วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย	5	7027789	1405558	0.43	0.8719
ซ้ำ X วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย	20	63547E + 07	3171789		
TOTAL	35	20.081E + 08			
%CV. (วิธีการปลูก) = 21.6		%CV. (อัตราปุ๋ย) = 26.8			

LSD 0.05 (อัตราปุ๋ย) = 473.552

** = มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 1%

ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูง

source	DF	SS	MS	F	P
ซ้ำ	2	14.5072	7.25361	6.26	0.1377
วิธีการปลูก	1	1061.67	1061.67	916.33	0.0011**
ซ้ำ X วิธีการปลูก	2	2.31722	1.15861		
อัตราปุ๋ย	5	2017.26	403.452	84.88	0.0000**
วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย	5	2497.35	499.470	105.08	0.0000**
ซ้ำ X วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย	20	95.0622	4.75311		
TOTAL	35	5688.17			
%CV. (วิธีการปลูก) = 0.8		%CV. (อัตราปุ๋ย) = 1.67			

LSD 0.01 (วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย) = 7.18

** = มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 1%

ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิต

source	DF	SS	MS	F	P
ซ้ำ	2	2987.16	1493.58	0.09	0.9193
วิธีการปลูก	1	1058.74	1058.74	0.01	0.8263
ซ้ำ X วิธีการปลูก	2	34028.5	17014.2		
อัตราปุ๋ย	5	56789.7	11357.9	2.88	0.0408*
วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย	5	3311.84	662.368	0.17	0.9715
ซ้ำ X วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย	20	78923.5	3946.18		
TOTAL	35	177100			
%CV. (วิธีการปลูก) = 38.9		%CV. (อัตราปุ๋ย) = 18.7			

LSD 0.05 (อัตราปุ๋ย) = 75.654

* = มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 5%

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของดัชนีเก็บเกี่ยว

source	DF	SS	MS	F	P
ซ้ำ	2	0.02180	0.01090	3.16	0.2416
วิธีการปลูก	1	0.00355	0.00355	1.03	0.4173
ซ้ำ X วิธีการปลูก	2	0.00391	0.00345		
อัตราปุ๋ย	5	0.06924	0.01385	4.96	0.0041**
วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย	5	0.00302	6.050E-04	0.22	0.9513
ซ้ำ X วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย	20	0.05587	0.00279		
TOTAL	35	0.16040			
%CV. (วิธีการปลูก) = 23.5		%CV. (อัตราปุ๋ย) = 21.6			

LSD 0.05 (อัตราปุ๋ย) = 0.0908

* *= มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 1%

ตารางภาคผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนเมล็ดลีบต่อรวง

source	DF	SS	MS	F	P
ซ้ำ	2	22532.7	11266.3	0.46	0.6872
วิธีการปลูก	1	180059	180059	7.27	0.1144
ซ้ำ X วิธีการปลูก	2	49506.9	24753.4		
อัตราปุ๋ย	5	519980	103996	2.55	0.0608
วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย	5	83553.6	16710.7	0.41	0.8360
ซ้ำ X วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย	20	814591	40729.6		
TOTAL	35	1670223			
%CV. (วิธีการปลูก) = 12.8		%CV. (อัตราปุ๋ย) = 16.4			

ตารางภาคผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนรวงต่อตารางเมตร

source	DF	SS	MS	F	P
ซ้ำ	2	321.500	160.750	0.22	0.8209
วิธีการปลูก	1	306.250	306.250	0.42	0.5852
ซ้ำ X วิธีการปลูก	2	1473.50	736.750		
อัตราปุ๋ย	5	1612.25	322.450	0.41	0.8329
วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย	5	8044.25	1608.85	2.07	0.1121
ซ้ำ X วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย	20	15551.0	777.550		
TOTAL	35	27308.8			
%CV. (วิธีการปลูก) = 21.7		%CV. (อัตราปุ๋ย) = 22.3			

ตารางภาคผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนต้นต่อตารางเมตร

source	DF	SS	MS	F	P
ซ้ำ	2	1318.06	659.028	1.21	0.4521
วิธีการปลูก	1	173.361	173.361	0.32	0.6292
ซ้ำ X วิธีการปลูก	2	1087.39	543.694		
อัตราปุ๋ย	5	6368.81	1273.76	2.58	0.0591
วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย	5	1833.47	366.694	0.74	0.6015
ซ้ำ X วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย	20	9891.89	494.594		
TOTAL	35	20673.0			
%CV. (วิธีการปลูก) = 12.0		%CV. (อัตราปุ๋ย) = 11.5			

ตารางภาคผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนเมล็ดดีต่อรวง

source	DF	SS	MS	F	P
ซ้ำ	2	695.722	347.861	0.11	0.8996
วิธีการปลูก	1	9801.00	9801.00	3.14	0.2182
ซ้ำ X วิธีการปลูก	2	6234.50	3117.25		
อัตราปุ๋ย	5	16226.2	3245.24	1.27	0.3143
วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย	5	10681.0	2136.20	0.84	0.5385
ซ้ำ X วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย	20	51000.4	2550.02		
TOTAL	35	94638.9			
%CV. (วิธีการปลูก) = 43.4		%CV. (อัตราปุ๋ย) = 39.3			

ตารางภาคผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนัก 1,000 เมล็ด

source	DF	SS	MS	F	P
ซ้ำ	2	1.03184	0.51592	0.26	0.7935
วิธีการปลูก	1	4.40300	4.40300	2.22	0.2747
ซ้ำ X วิธีการปลูก	2	3.96604	1.98302		
อัตราปุ๋ย	5	3.32435	0.66487	0.28	0.9161
วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย	5	8.18201	1.63640	0.70	0.6299
ซ้ำ X วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย	20	46.7624	2.33812		
TOTAL	35	67.6696			
%CV. (วิธีการปลูก) = 5.3	%CV. (อัตราปุ๋ย) = 5.7				

ตารางภาคผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซนต์ไนโตรเจนในดิน

source	DF	SS	MS	F	P
ซ้ำ	2	1.056E-04	5.278E-05	6.33	0.1364
วิธีการปลูก	1	2.500E-05	2.500E-05	3.00	0.2254
ซ้ำ X วิธีการปลูก	2	1.667E-05	8.333E-06		
อัตราปุ๋ย	5	1.472E-04	2.944E-05	1.43	0.2557
วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย	5	1.250E-04	2.500E-05	1.22	0.3378
ซ้ำ X วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย	20	4.111E-04	2.056E-05		
TOTAL	35	8.306E-04			
%CV. (วิธีการปลูก) = 5.9	%CV. (อัตราปุ๋ย) = 9.3				

ตารางภาคผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในเมล็ด

source	DF	SS	MS	F	P
ซ้ำ	2	0.00337	0.00169	0.41	0.7104
วิธีการปลูก	1	0.00614	0.00614	1.48	0.3174
ซ้ำ X วิธีการปลูก	2	0.00827	0.00414		
อัตราปุ๋ย	5	0.13378	0.02676	18.11	0.0000**
วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย	5	0.01511	0.00302	2.05	0.1155
ซ้ำ X วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย	20	0.02956	0.00148		
TOTAL	35	0.19623			
%CV. (วิธีการปลูก) = 6.9		%CV. (อัตราปุ๋ย) = 4.1			

LSD 0.01 (อัตราปุ๋ย) = 0.0632

* *= มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 1%

ตารางภาคผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซนต์ไนโตรเจนในฟางข้าว

source	DF	SS	MS	F	P
ซ้ำ	2	0.00744	0.00372	2.47	0.2885
วิธีการปลูก	1	0.00250	0.00250	1.66	0.3268
ซ้ำ X วิธีการปลูก	2	0.00302	0.00151		
อัตราปุ๋ย	5	0.01686	0.00337	0.62	0.6897
วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย	5	0.00567	0.00113	0.21	0.9557
ซ้ำ X วิธีการปลูก X อัตราปุ๋ย	20	0.10961	0.00548		
TOTAL	35	0.14509			
%CV. (วิธีการปลูก) = 9.5		%CV. (อัตราปุ๋ย) = 18.3			

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตราต่าง ๆ กัน

อัตราปุ๋ย (กก.N/ไร่)	ผลผลิต (กก./ไร่)	ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (กก./ไร่)	ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (กก./1 กก.N)
0	277.5	0.0	0.0
1	288.5	11.0	11.0
2	298.9	21.4	10.7
3	308.6	31.1	10.4
4	317.7	40.2	10.0
5	326.0	48.6	9.7
6	333.8	56.3	9.4
7	340.8	63.4	9.1
8	347.2	69.8	8.7
9	353.0	75.5	8.4
10	358.0	80.6	8.1
11	362.4	85.0	7.7
12	366.2	88.7	7.4
13	369.2	91.8	7.1
14	371.7	94.2	6.7
15	373.4	95.9	6.4
16	374.5	97.0	6.1
17	374.9	97.4	5.7
18	374.7	97.2	5.4
19	373.8	96.3	5.1
20	372.2	94.7	4.7

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	ธีรเดช ปัญญาแก้ว
วันเดือนปีเกิด	28 ตุลาคม 2501
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมตอนปลาย สาขาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2520 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะเกษตรศาสตร์ (พืชศาสตร์) มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปีการศึกษา 2526
ที่ทำงานปัจจุบัน	สถานีทดลองข้าวสันป่าตอง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University