ตารางผนวกที่ 1 ลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของดินในพื้นที่อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา

ความลึก (ซม.)	อนุภาคดิน (%)			pH 1:1 H_2O	Conductivity 1:5 EC x 10^6	Carbon %	ประจุบวกที่แลกเปลี่ยนได้ cmol(+)Kg^{-1}			
	ทราย	ร่วน	เหนียว				Ca	Mg	K	Na
0-15	37.5	39.5	23.0	4.5	60.0	1.4	0.8	0.3	0.1	0.2
15-30	38.5	33.5	28.0	4.6	22.0	0.86	0.6	0.3	0.1	0.2
30-110	33.5	34.0	32.5	4.7	16.0	0.55	0.4	0.1	0.1	0.1

ที่มา : กองสำรวจดิน, 2524

ตารางผนวกที่ 2 ลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของดินในพื้นที่อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา

ความลึก (ซม.)	อนุภาคดิน (%)			pH 1:5 H_2O	Conductivity 1:5 EC x 10^6	Carbon %	ประจุบวกที่แลกเปลี่ยนได้ cmol(+)Kg^{-1}			
	ทราย	ร่วน	เหนียว				Ca	Mg	K	Na
0-15	67.1	18.8	14.1	4.8	354.0	1.67	1.06	0.22	0.12	0.05
15-30	67.0	18.8	13.7	4.4	82.9	1.05	0.44	0.10	0.08	0.04
30-50	66.9	18.2	15.0	4.4	100.99	0.78	0.22	0.04	0.06	0.04
50-100	65.9	19.3	17.8	4.4	118.0	0.59	0.08	0.03	0.05	0.03

ที่มา : กองสำรวจดิน, 2524

ตารางผนวกที่ 3 เปรียบเทียบอาการผิดปกติของผลมังคุด อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา

สิ่งทดลอง	ลักษณะคุณภาพของผล		
	เนื้อแก้ว	ยางไหล	เนื้อแก้วร่วมกับยางไหล
ต้นควบคุม	21.45[a]	8.00	29.44[ab]
ปุ๋ยทางดิน	7.78[c]	3.00	16.78[b]
ปุ๋ยทางดิน+ไฮฟอสจีเอ	19.00[b]	5.00	37.00[ab]
ปุ๋ยทางดิน+นูตราฟอสซุปเปอร์เค	9.78[c]	0.00	21.78[b]
ปุ๋ยทางดิน+นูตราฟอสเอ็น	20.00[b]	3.00	52.00[a]
F-test	**	NS	*
CV (%)	8.16	35.35	30.18

หมายเหตุ *,**ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญและมีนัยสำคัญยิ่ง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test, NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 4 เปรียบเทียบอาการผิดปกติของผลมังคุด อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา

สิ่งทดลอง	ลักษณะคุณภาพของผล		
	เนื้อแก้ว	ยางไหล	เนื้อแก้วร่วมกับยางไหล
ต้นควบคุม	22.27	7.29[a]	3.11[b]
ปุ๋ยทางดิน	18.84	5.80[a]	6.69[ab]
ปุ๋ยทางดิน+ไฮฟอสจีเอ	19.01	2.31[b]	10.68[a]
ปุ๋ยทางดิน+โพแทสสเปเซียล	15.67	3.83[b]	10.50[a]
ปุ๋ยทางดิน+นูตราฟอสซุปเปอร์เค	12.35	3.15[b]	4.50[b]
F-test	NS	*	*
CV (%)	27.86	35.74	48.9

หมายเหตุ *ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test, NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรต (Total Nonstructural Carbohydrate)

โดยวิธี Clegg Anthrone Method (Osborne and Voogt, 1978)

การเตรียมสารเคมี

1. เตรียม กรดเปอร์คลอริก 52% โดยใช้กรดเปอร์คลอริกเข้มข้น (sp.gr. 1.70) ปริมาตร 270 มิลลิลิตร เติมในน้ำ 100 มิลลิลิตร รอจนสารละลายเย็นก่อนใช้
2. เตรียมกรดซัลฟุริก โดยใช้กรดซัลฟุริกเข้มข้น ปริมาตร 760 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำ 330 มิลลิลิตร รอจนสารละลายเย็นก่อนใช้
3. เตรียมตัวทำปฏิกิริยา โดยใช้กรดซัลฟุริกที่เตรียมไว้ เตรียม anthrone 0.1% ต้องเตรียมสารละลายใหม่ทุกครั้งที่ใช้ทดลอง
4. สารละลายกลูโคสมาตรฐาน ละลายกลูโคส 100 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร
5. สารละลายกลูโคสเจือจางมาตรฐาน เจือจางสารละลายกลูโคสจากข้อ 5. ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร (1 มิลลิลิตร = 0.1 มิลลิกรัมกลูโคส)

การเตรียมสารละลายตัวอย่างพืช

1. นำตัวอย่างแห้งบดละเอียดหนัก 1.0 กรัม ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนจนกระทั่งน้ำ และตัวอย่างพืชเข้ากันเป็นเนื้อเดียว
3. เติมกรดเปอร์คลอริก เข้มข้น 52% ปริมาตร 13 มิลลิลิตร คนสารละลายตัวอย่างอย่างน้อย 20 นาที
4. ล้างแท่งแก้วคนด้วยน้ำ และปรับปริมาตรสารละลายตัวอย่างจนได้ 100 มิลลิลิตร
5. ผสมให้เข้ากันแล้วกรองด้วยกระดาษกรอง ในขวด flask ขนาด 250 มิลลิลิตร
6. ล้างขวดปรับปริมาตรด้วยน้ำ แล้วเทสารละลายที่ยังค้างอยู่ลงในขวด flask
7. เติมน้ำเพื่อปรับปริมาตรจนกระทั่งสารละลายตัวอย่างที่ได้มีปริมาตร 250 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

ขั้นตอนการทดสอบ

1. เจือจางสารละลายตัวอย่าง โดยใช้ปริมาณสารละลาย 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร
2. ดูดสารละลายตัวอย่างเจือจางโดยใช้ปิเปต ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง
3. เตรียม blank โดยใช้น้ำกลั่นปริมาตร 1 มิลลิลิตร และสารละลายกลูโคสเจือจาง ปริมาตร 1 มิลลิลิตร อย่างละ 2 หลอด
4. เติมสารละลาย anthrone reagent ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ทุกหลอด ปิดฝาและเขย่าให้สารละลายรวมกัน

5. นำสารละลายที่เตรียมไว้ทั้งหมดไปต้มในน้ำเดือดนาน 12 นาที จากนั้นทำให้เย็นอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส)
6. เทสารละลายลงในหลอดแก้ว (cuvette) ขนาด 1 เซนติเมตร เพื่อวัดการดูดซับแสง (absorption) ที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร
7. เริ่มวัดจาก blank ก่อนจากนั้นจึงวัดค่าของตัวอย่าง และสารละลายกลูโคสมาตรฐาน

วิธีการคำนวณ

Total available carbohydrate (as **เปอร์เซ็นต์กลูโคส**) = (25 x b) / (a x W)

เมื่อ W = น้ำหนักตัวอย่างแห้งบดละเอียดที่ใช้ (กรัม)

a = ค่าการดูดซับแสง 630 นาโนเมตรของสารละลายกลูโคสเจือจางมาตรฐาน

b = ค่าการดูดซับแสง 630 นาโนเมตรของสารละลายตัวอย่าง

การวิเคราะห์ไนโตรเจน

วิธี Kjeldahl (อิสริยาภรณ์, 2539)

หลักการวิเคราะห์ไนโตรเจนโดยวิธี Kjeldahl ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ

1. Digestion เป็นการเปลี่ยนไนโตรเจนในรูป organic เป็นแอมโมเนียม โดยต้มตัวอย่างด้วยกรด H_2SO_4 เข้มข้น สิ่งสำคัญในการย่อยตัวอย่างคืออุณหภูมิของกรดย่อยซึ่งควบคุมโดยปริมาณของ K2SO4 หรือ Na_2SO_4 ปริมาณของ catalyst ทั้งสองมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการย่อยตัวอย่าง ถ้าใช้ปริมาณมากจะลดเวลาในการย่อย อย่างไรก็ตามถ้าใช้ปริมาณมากเกินไปจะทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนขณะย่อยได้ (เมื่ออุณหภูมิกรดย่อยสูงกว่า 400°C ซึ่งเป็นไปได้เมื่อความเข้มข้นของ catalyst เท่ากับ 1.3 หรือ 1.4 กรัมต่อกรด H_2SO_4 1 มิลลิลิตร) นอกจากนี้กรดย่อยยังประกอบด้วย Se, Cu หรือ Hg ซึ่งช่วยเพิ่มอัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุ กรณีที่เลือกใช้ Hg เป็น catalyst จะต้องเติม Thiosulfate หรือ Sodium sulfate เพื่อตกตะกอน Hg^{2+} ให้เป็น HgS เป็นการป้องกันการทำปฏิกิริยาระหว่าง NH_3 และ Hg เป็น mercury-ammonium complex ขณะเติมด่างในขั้นตอนการกลั่น

2. การหาปริมาณ NH_4^+ -N ในสารละลายที่ได้จากการย่อย ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ การกลั่นหาปริมาณแอมโมเนียมโดยให้สารละลายที่ได้จากการย่อยทำปฏิกิริยากับด่างจะได้ NH_3 ซึ่งใช้ กรดเป็นตัวจับอาจใช้สารละลายมาตรฐาน H_2SO_4 แล้วไตรเตรคหาปริมาณกรดที่เหลือด้วยสารละลายด่างมาตรฐานซึ่งนิยมใช้ NaOH อีกกรณีหนึ่งคือใช้สารละลายกรด H_3BO_3 เป็นตัวจับก๊าซ NH_3 ซึ่งมีข้อได้เปรียบกว่าเนื่องจากไม่จำเป็นต้องเตรียมเป็นสารละลายมาตรฐาน จากนั้นไนเตรคหาปริมาณ NH_3 ด้วยสารละลายกรดมาตรฐาน ซึ่งจะเป็น H_2SO_4 หรือ HCl ก็ได้ indicator ที่สามารถใช้ในขั้นตอนนี้มีหลายชนิดแต่ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือ mixed indicator ปฏิกิริยาที่เกิดในขั้นตอนนี้คือ

$$NH_3 + H_3BO_3 \quad \text{----------} > \quad NH_4^+ + H_2BO_3$$

$$H_2BO_3 + H^+ \quad \text{----------} > \quad H_3BO_3$$

สารเคมี

1. กรดผสม : ผสม K_2SO_4 หรือ $NaSO_4$ 250 กรัม selenium 2.5 กรัม และ H_2SO_4 เข้มข้น (98 % AR grade) 2,500 มิลลิลิตร นำไปต้มบน hot plate จนได้สารละลายใส ต้มต่ออีก 10 นาที วางทิ้งไว้ให้เย็นเก็บไว้ในขวด

2. สารละลาย 40% NaOH (w/v) : ละลาย NaOH (commercial grade) ปริมาณ 400 กรัม ในน้ำที่ปราศจากไอออน ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ควรเตรียมในตู้ดูดควัน

3. Mixed indicator : ละลาย methyl red 0.066 กรัม และ bromocreson green 0.099 กรัมใน 95% ethanol ประมาณ 80 มิลลิลิตร ปรับสีอินดิเคเตอร์ผสมนี้ ให้เป็นสีเขียว (pH ประมาณ 4.2) ด้วย 0.1 M NaOH ปรับปริมาตรด้วย 95% ethanol

4. สารละลาย 4% H_3BO_3 (w/v): ละลาย H_3BO_3 ปริมาณ 80 กรัม ในน้ำที่ปราศจากไอออน ประมาณ 1,800 มิลลิลิตร อาจให้ความร้อนขณะละลายเพื่อให้การละลายเร็วขึ้นเติม mixed-indicator 2.5 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสีแดงอมม่วง ปรับปริมาตรด้วยน้ำที่ปราศจากไอออนเป็น 2,000 มิลลิลิตร

5. สารละลายมาตรฐาน Na_2CO_3 0.05 N: ละลาย Na_2CO_3 ซึ่งผ่านการ อบที่อุณหภูมิ 105 $^{\circ}$ C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปริมาณ 5.2994 กรัม ใส่ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำที่ปราศจากไอออน

6. สารละลายกรด H_2SO_4 5 N: ใส่น้ำที่ปราศจากไอออนลงใน volumetric ขนาด 100 มิลลิลิตร ปิเปต H_2SO_4 เข้มข้น (98%, AR grade) ลงไป 13.59 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำ

7. สารละลายมาตรฐานกรด H_2SO_4 : เจือจางสารละลายกรด H_2SO_4 ในข้อ 6. ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร โดยใช้สารละลายกรด 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำที่ปราศจากไอออน จะได้สารละลายกรด H_2SO_4 ความเข้มข้นประมาณ 0.05 N ทำการ standardize ด้วย สารละลายมาตรฐาน Na_2CO_3 โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน Na_2CO_3 5 มิลลิลิตร ใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร หยด methyl red 2-3 หยด ไทเทรต ด้วยสารละลายกรด H_2SO_4 0.05 N เมื่อถึงจุดยุติ (end point) สารละลายจะเปลี่ยนสีจากสีเหลืองเป็นสีชมพูอมส้ม นำสารละลายใน erlenmeyer flask ไปวางบน hot plate เพื่อไล่ CO_2 ถ้าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเหลืองให้ไทเทรตต่อ บันทึกปริมาตรของกรดทั้งหมดที่ใช้ คำนวณความเข้มข้นที่แน่นอนของกรด H_2SO_4 โดยใช้สูตร $N_1V_1 = N_2V_2$ เมื่อ N_1 และ V_1 = ความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน Na_2CO_3 ส่วน N_2 และ V_2 = ความเข้มข้น และปริมาตรของสารละลายกรด H_2SO_4

วิธีการ

1. ย่อยตัวอย่างด้วยกรดผสมในสารเคมีข้อ 1. โดยใช้ตัวอย่างพืช 0.2 กรัม กรดย่อย 5 มิลลิลิตร หรือทำการย่อย โดยวิธี Kjeldahl digestion ซึ่งได้กล่าวไว้แล้วในวิธีการเตรียมสารละลายตัวอย่าง ทำ blank โดยย่อยกรดพร้อม ๆ กับตัวอย่างพืช โดยไม่ใส่ตัวอย่าง

2. กลั่นและไทเทรตหาปริมาณ NH_4^+-N

2.1 ตวงสารละลาย 4% H_3BO_3 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ใส่ใน erlenmeyer ขนาด 250 มิลลิลิตร นำไปวางใต้ก้าน codenser โดยให้ปลายก้าน codenser จุ่มอยู่ใต้สารละลาย

2.2 กรณีใช้สารละลายที่ได้จากการย่อยทั้งหมดหาไนโตรเจน ให้เติมน้ำที่ปราศจากไอออนลงไปประมาณ 20 มิลลิลิตร พยายามฉีดล้างสารที่ติดอยู่ตามข้างหลอดลงไปให้หมด เขย่าด้วย vertex mixture ส่วนกรณีใช้สารละลายบางส่วนที่ได้จากการย่อยมาวิเคราะห์หาปริมาณ N ให้ปิเปตสารละลายที่ได้จากการย่อยหลังจากปรับปริมาตรแล้วมา 20 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดที่จะกลั่น

2.3 เติมสารละลาย 40% NaOH ลงไปในหลอดกลั่นประมาณ 75 มิลลิลิตร เปิดเครื่องกลั่น ถ้ามีไนโตรเจน สารละลาย H_3BO_3 ใน erlenmeyer flask จะเปลี่ยนจากสีแดงม่วงเป็นสีเขียว ทำการกลั่นให้ได้สารละลายประมาณ 150 มิลลิลิตร หรือประมาณ 5 นาที ดึง erlenmeyer flask ออกจากก้าน condenser ปิดเครื่องกลั่น และเตรียมกลั่นตัวอย่างต่อไป

2.4 นำสารละลายที่ได้ใน erlemeyer flask จากข้อ 2.3 มาไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานกรด H_2SO_4 บันทึกปริมาตรสารละลายกรดที่ใช้

การคำนวณ

กรณีใช้สารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยทั้งหมดกลั่นหาไนโตรเจน

เนื่องจากในการไทเทรตเมื่อถึงจุดยุติ มิลลิกรัมสมมูลของกรด เท่ากับมิลลิกรัมสมมูลของไนโตรเจนในสารละลาย H_3BO_3

ไนโตรเจน ในสารละลาย	=	N x V	มิลลิกรัมสมมูล
ไนโตรเจน 1 มิลลิกรัมสมมูล	=	14	มิลลิกรัม
ไตรเจน N x V มิลลิกรัมสมมูล	=	14 x N x V	มิลลิกรัม
ตัวอย่างพืชหนัก W มิลลิกรัม มีไนโตรเจน		14 x N x V	มิลลิกรัม
" 100 "		14 x N x V x 100/w	มิลลิกรัม

สรุปสูตรที่ใช้คำนวณ

% ไนโตรเจน = 14 x N x V x 100/W

N = ความเข้มข้นเป็นนอร์มอลของสารละลายมาตรฐาน กรด H_2SO_4

V = ปริมาตรสารละลายมาตรฐานกรด H_2SO_4 ที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่างเมื่อลบออกจากปริมาตรกรดที่ใช้การไทเทรต blank แล้ว

W = น้ำหนักตัวอย่างพืชที่นำมาวิเคราะห์ (มิลลิกรัม)

กรณีใช้ตัวอย่างบางส่วนจากสารละลายที่ได้จากการย่อยมาวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน

ไนโตรเจน ในสารละลาย	=	N x V	มิลลิกรัมสมมูล
ไนโตรเจน 1 มิลลิกรัมสมมูล	=	14	มิลลิกรัม
ไตรเจน N x V มิลลิกรัมสมมูล	=	14 x N x V	มิลลิกรัม
สารละลาย B มิลลิลิตร มีไนโตรเจน		14 x N x V	มิลลิกรัม
" A "		14 x N x V x A/B	มิลลิกรัม
ตัวอย่างพืชหนัก W มิลลิกรัม มีไนโตรเจน		14 x N x V x A/B	มิลลิกรัม
" 100 "		14 x N x V x A x 100/w x B	มิลลิกรัม

สรุปสูตรที่ใช้คำนวณ

% ไนโตรเจน = 14 x N x V x A x 100/W x B

A = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยทั้งหมดหลังจากปรับปริมาตรแล้ว

B = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่นำมากลั่น

N = ความเข้มข้นเป็นนอร์มอลของสารละลายมาตรฐาน กรด H_2SO_4

V = ปริมาตรสารละลายมาตรฐานกรด H_2SO_4 ที่ใช้ในการไทเทรต ตัวอย่างเมื่อลบออกจากปริมาตรกรดที่ใช้ในการ ไทเทรต blank แล้ว

W = น้ำหนักตัวอย่างพืชที่นำมาวิเคราะห์ (มิลลิกรัม)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายจักรพงศ์ จิระแพทย์
วัน เดือน ปีเกิด	25 พฤษภาคม 2519

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2541
(เกษตรศาสตร์)	วิทยาเขตหาดใหญ่	