

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

1. มะละกอฟันธุ์แขกดำ จำนวน 400 ต้น
2. ถุงพลาสติกสีดำ ขนาด 6x7 นิ้ว
3. ผ้าพลาสติกสีดำ
4. ปุ๋ยเคมีเกรด 21-21-21 , 15-15-15 , 0-21-0 , 46-0-0
5. ปุ๋ยคอก
6. เปลือกถั่ว
7. สารป้องกันกำจัดโรคแมลง เบนเลท เซฟวิน ไดเทนเอ็ม-45 และสารจับใบ
8. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน (auger and soil core)
9. เครื่องสกัดน้ำจากดินโดยใช้แรงดัน (Pressure extractor apparatus)
10. อุปกรณ์สำหรับวัดปริมาตร (beaker and cylinder)
11. เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์น้ำตาล (hand - sugar refractometer)
12. เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (pressure tester)
13. เครื่องมือวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น (verneer)
14. เครื่องชั่งน้ำหนัก (balance)

วิธีการทดลอง

1. สถานที่และการวางแผนการทดลอง

ทำการทดลองที่แปลงทดลอง สถานีวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหิยะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 300 เมตร อยู่ในเขตเส้นรุ้งที่ 18 - 19 องศาเหนือ และเส้นแวงที่ 98 - 99 องศาตะวันออก ลักษณะดินเป็นชุดดินกำแพงแสน เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ค่าความหนาแน่นรวม 1.50 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.6 แปลงปลูกมีขนาดความกว้าง 6.5 เมตร ยาว 20 เมตร จำนวน 16 แปลง ชุดดินลึก 1 เมตร ผังผ้าพลาสติกกันแต่ละระดับความเคียดของน้ำในดิน เพาะเมล็ดมะละกอในถุงพลาสติกสีดำ กุลงละ 1 เมล็ด เมื่อต้นกล้าอายุ 1 เดือน ให้น้ำทางใบเกรด 21-21-21 ทุก 15 วันต่อครั้งจนมะละกอมีอายุ 2 เดือน จึงนำมาปลูกแปลง แปลงปลูก 2 แถว ๆ ละ 6 ต้น ใช้ระยะปลูก 2.5 x 2.5 เมตร ชุดหลุมปลูกขนาด 50 x 50 เซนติเมตร รองกันหลุมด้วยปุ๋ยคอก เปลือกถั่วและปุ๋ยเคมีเกรด 0-21-0 หลังจากย้ายปลูก 20 วัน ให้น้ำปุ๋ยเคมีเกรด 46-0-0 5 กรัมต่อต้น เมื่อมะละกอมีอายุ 3 เดือน ให้น้ำปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมีเกรด 15-15-15 3 เดือนต่อครั้ง ฉีดยาป้องกันกำจัดโรคแมลงทุก 15 วัน เมื่อมะละกอมีอายุ 4 เดือน จึงเริ่มทำการทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design ; RCBD) มี 4 ซ้ำ โดยศึกษาความเคียดของน้ำในดิน 4 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 ให้น้ำในระดับ FC ตลอดการทดลอง

ระดับที่ 2 ปล่อยให้ น้ำแห้งลง ไป 25 % AWCa แล้วจึง ให้น้ำกลับไปที่ระดับ FC

ระดับที่ 3 ปล่อยให้ น้ำแห้งลง ไป 50 % AWCa แล้วจึง ให้น้ำกลับไปที่ระดับ FC

ระดับที่ 4 ปล่อยให้ น้ำแห้งลง ไป 75 % AWCa แล้วจึง ให้น้ำกลับไปที่ระดับ FC

2. การตรวจวัดความชื้นของดิน

การหาค่าความจุสนาม และค่าความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาการ กระทำโดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินในแปลงปลูกหลาย ๆ จุด ในระดับความลึก 50 เซนติเมตร โดยชุดดินลึก 50

เซนติเมตร ให้เป็นแนวระนาบกว้างพอประมาณ แล้วใช้วงแหวนเก็บตัวอย่างดิน (soil core) ตกลงไปตรง ๆ จนดินเต็มวงแหวน ชุดขึ้นมาทั้งดินและวงแหวน นำมาตบแต่งให้ผิวดินเรียบ ไปตามหน้าตัดของวงแหวนทั้งด้านหัวและด้านท้าย หลังจากนั้น ใช้กระดาษกรองหุ้มเฉพาะด้านท้ายของวงแหวน หุ้มให้ผิวกระดาษเรียบไปตามผิวดินของหน้าตัดวงแหวน ใช้ยางมัดกระดาษให้ติดแน่นกับวงแหวนบริเวณกึ่งกลางวงแหวน เพื่อป้องกันการหลุดร่วงของดินเมื่ออบแห้งแล้ว นำตัวอย่างดินในวงแหวนที่เตรียมเสร็จเรียบร้อยแล้วไปทำให้อิ่มตัวด้วยน้ำ โดยการแช่ในภาชนะที่บรรจุ น้ำทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จึงนำเข้าเครื่องสกัดน้ำ ปรับความดันให้เท่ากับ 0.1 และ 15 บรรยากาศ ตามลำดับ ทิ้งไว้จนกระทั่งแรงดึงความชื้นของดินกับความดันภายในเครื่องอยู่ในสภาวะสมดุล โดยสังเกตได้จากท่อระบายน้ำทิ้งจะไม่มีน้ำไหลออกมา จึงนำเอาตัวอย่างดินไปหาความชื้นโดยวิธี gravimetric method

เมื่อทราบค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ระดับ FC และ PWP แล้ว จะสามารถหาค่าปริมาณ ความจุความชื้นในดินที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืช (AWCa) ได้ โดยได้จากผลต่างของ FC และ PWP

$$AWCa = FC - PWP \quad \dots\dots\dots 1$$

การหาค่าปริมาณความชื้นในดินจะใช้วิธีสุ่มวัดความชื้นของดินโดยตรง (gravimetric sampling) ดังนั้น ต้องคำนวณหาปริมาณความชื้นในดินโดยน้ำหนักในระดับต่าง ๆ ที่ต้องการควบคุมก่อน ดังนี้

ก. ระดับที่ 1 ให้น้ำในระดับ FC

ปริมาณความชื้นในดินต้องควบคุมให้อยู่ในระดับ 14.38 % โดยน้ำหนักตลอดการทดลอง

สำหรับระดับที่ 2 3 และ 4 ใช้วิธีคำนวณจากค่า FC และ AWCa ดังนี้

ข. ระดับที่ 2 ปล่อยให้ น้ำแห้งลงไป 25 % AWCa แล้วจึงให้น้ำกลับไป ที่ระดับ FC ปริมาณน้ำทั้งหมด 100 มีปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ = 6.08

ถ้าน้ำลดลง 25 มีปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ลดลงไป $= \frac{6.08 \times 25}{100}$
 $= 1.52$

ปริมาณความชื้นในดินในระดับที่ 2 $= 14.38 - 1.52 = 12.86 \%$ โดยน้ำหนัก

ค. ระดับที่ 3 ปล่อยให้ น้ำแห้งลง 50 % AWCa แล้วจึงให้น้ำกลับไปที่ระดับ FC
 ปริมาณน้ำทั้งหมด 100 มีปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ $= 6.08$

ถ้าน้ำลดลง 50 มีปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ลดลง $= \frac{6.08 \times 50}{100}$
 $= 3.04$

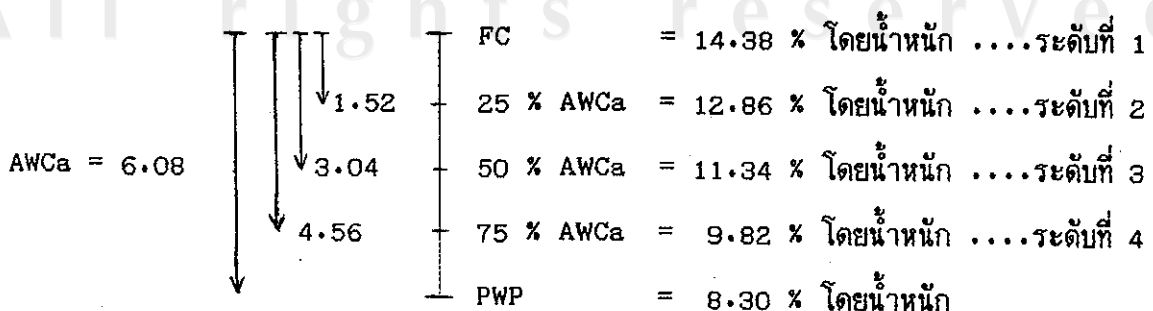
ปริมาณความชื้นในดินในระดับที่ 3 $= 14.38 - 3.04 = 11.34 \%$ โดยน้ำหนัก

ง. ระดับที่ 4 ปล่อยให้ น้ำแห้งลง 75 % AWCa แล้วจึงให้น้ำกลับไปที่ระดับ FC
 ปริมาณน้ำทั้งหมด 100 มีปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ $= 6.08$

ถ้าน้ำลดลง 75 มีปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ลดลง $= \frac{6.08 \times 75}{100}$
 $= 4.56$

ปริมาณความชื้นในดินในระดับที่ 4 $= 14.38 - 4.56 = 9.82 \%$ โดยน้ำหนัก

สามารถเขียนเป็นแผนภูมิได้ดังนี้



ในการควบคุมปริมาณความชื้นในระดับที่ 1 นั้น (ตารางผนวกที่ 1) จะต้องให้น้ำกับมะละกอทุกวัน จึงจะสามารถควบคุมปริมาณความชื้นให้อยู่ในระดับ FC ได้ ปริมาณน้ำที่จะต้องให้ในแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับการใช้น้ำในแต่ละวันของพืช จะใช้วิธีการเปรียบเทียบหาปริมาณการใช้ น้ำของพืชจากถาดวัดการระเหย จากสูตร

$$ET_p = K_p \times E_{pan} \dots\dots\dots 2$$

$$ET_c = ET_p \times K_c \dots\dots\dots 3$$

โดย ET_p คือ ปริมาณการใช้ น้ำของพืชอ้างอิง

K_p คือ สัมประสิทธิ์ของถาดวัดการระเหย (ตารางผนวกที่ 2)

E_{pan} คือ การระเหยจากถาดวัดการระเหย (มม./วัน)

ET_c คือ ปริมาณการใช้ น้ำของพืช (มม./วัน)

K_c คือ สัมประสิทธิ์การใช้ น้ำของพืช (ตารางผนวกที่ 3) โดยใช้ข้อมูลไม่ผลมีพืชคลุมดิน

ค่าต่าง ๆ ที่นำมาแทนค่าในสูตร จะหาจากค่าเฉลี่ยของแต่ละปี ตั้งแต่ปี 2528 - 2532 ซึ่งทางสถานีตรวจอากาศของแม่เหียะ เริ่มทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ปี 2528 (ตารางผนวกที่

4 - 8) ค่าที่คำนวณได้ สามารถสรุปดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ของถาดวัดการระเหย (K_p) การระเหยจากถาดวัดการระเหย (E_{pan}) ปริมาณการให้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_p) สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) และปริมาณการให้น้ำของพืช (ET_c) ในปี 2528 - 2532

ปี	K_p	E_{pan} (มม./วัน)	ET_p	K_c	ET_c (มม./วัน)
2528	0.75	4.7	3.525	1.0	3.525
2529	0.75	4.3	3.225	1.0	3.228
2530	0.75	4.8	3.600	1.0	3.600
2531	0.75	4.6	3.450	1.0	3.450
2532	0.75	4.9	4.165	1.0	4.165
รวม					17.968
เฉลี่ย					3.593

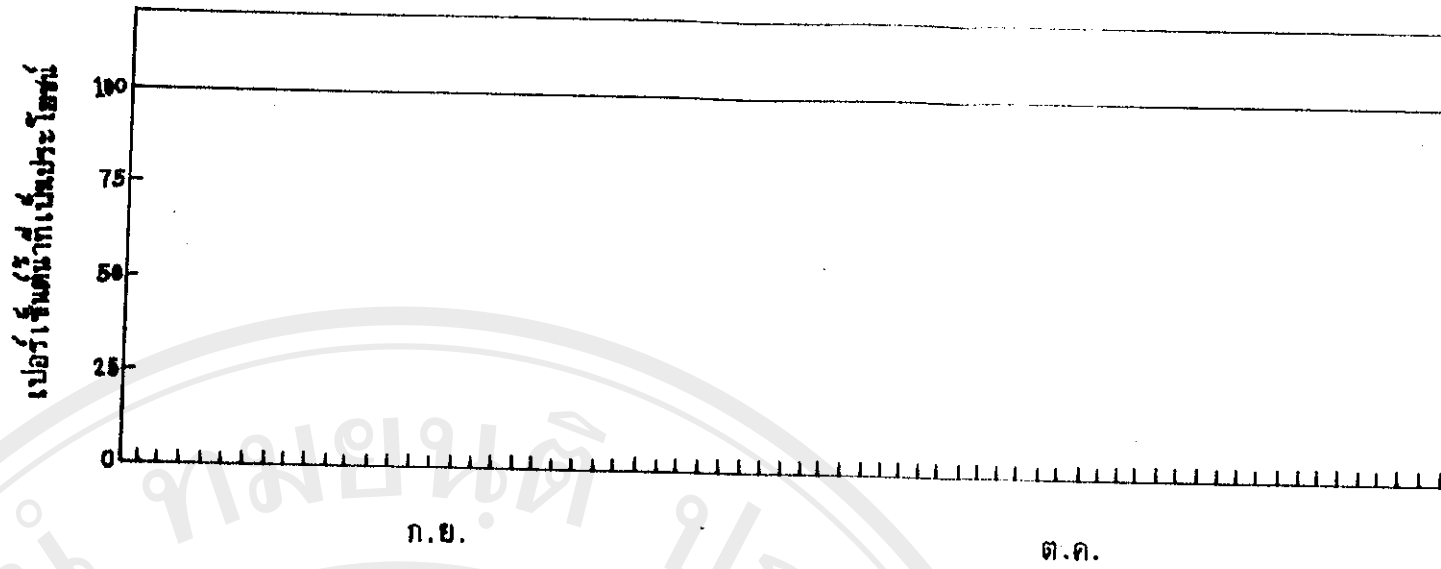
ในแต่ละระดับความชื้นของดินที่ต้องการควบคุม สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความเครียดของน้ำในดิน ปริมาณน้ำที่เป็นประ โยชน์ และปริมาณน้ำที่ลดลงใน ระดับที่ 1 2 3 และ 4

ระดับ	ความเครียดของน้ำในดิน	ปริมาณน้ำที่เป็นประ โยชน์		ปริมาณน้ำที่ลดลง	
	(% AWCa)	(% โดยน้ำหนัก)	(% AWCa)	(% AWCa)	(มม.)
1	0	14.38	100	0(7.87)	0(3.59)
2	25	12.86	75	25	11.40
3	50	11.34	50	50	22.80
4	75	9.82	25	75	34.20

การตรวจสอบความชื้น ในดินหรือความเครียดของน้ำในดินนั้นถึงระดับที่ต้องการควบคุม เพื่อต้องการทราบว่าปริมาณน้ำที่เป็นประ โยชน์ถึงจุดหรือใกล้เคียงกับจุดที่กำหนด จะใช้วิธีเก็บ ตัวอย่างดินจากแปลงปลูกในแต่ละระดับแล้วนำไปหาปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดินในระดับนั้น ๆ โดยตรง แบบเดียวกับการหาค่าความจุสนาม และค่าความชื้นที่เป็นประ โยชน์ของน้ำ ในดินที่มีต่อพืช ดังที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น

ในการเก็บตัวอย่างดินจะเก็บตอนเช้าทุก 3 วัน / ครั้ง และถ้าฝนตกหนักจะเริ่มนับ เป็นวันที่ 1 ใหม่ ในตอนแรกจะเก็บทุกระดับการทดลองพร้อมกัน แต่ต่อมาจะเก็บในเวลาที่ไม่เท่ากัน โดยจะใช้ข้อมูลจากการเก็บในครั้งก่อน ๆ เป็นแนวทางในการเก็บครั้งต่อไปในแต่ละระดับ ตลอดการทดลอง สำหรับข้อมูลที่บันทึกและลงกราฟ จะใช้เฉพาะข้อมูลที่จะต้องทำการให้น้ำจนถึง ระดับความจุสนามเท่านั้น (ตารางผนวกที่ 9) จากการเก็บตัวอย่างดินซึ่งน้ำหนักและการให้น้ำ ตลอดการทดลอง แสดงเป็นกราฟ ดังรูปที่ 1 2 3 และ 4



รูปที่ 1 ปริมาณน้ำในดินในระดับความจุสนาม



รูปที่ 2 การลดลงของปริมาณน้ำในดินในระดับที่ 2

ม.ค.

ก.พ.

มี.ค.

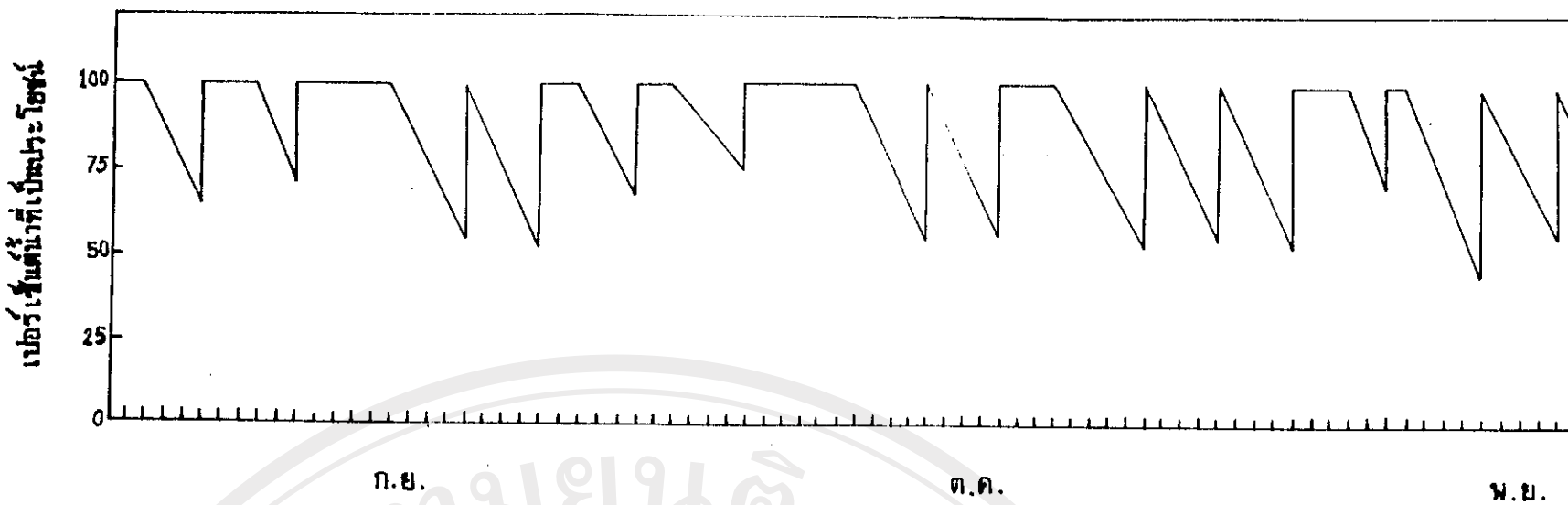


ม.ค.

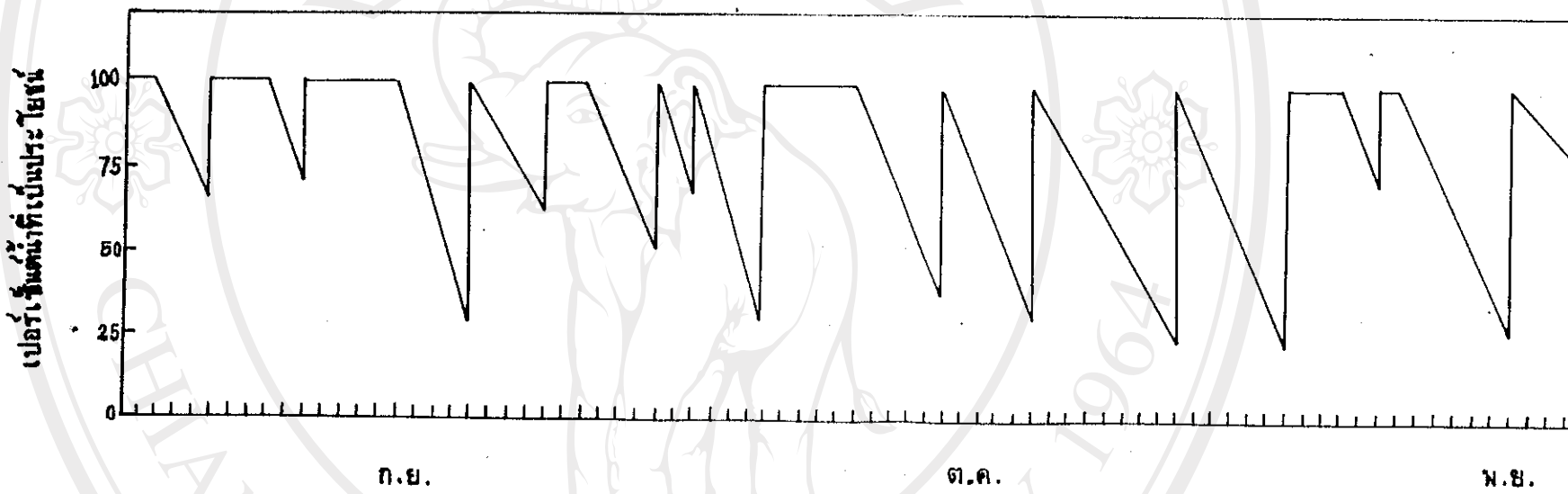
ก.พ.

มี.ค.

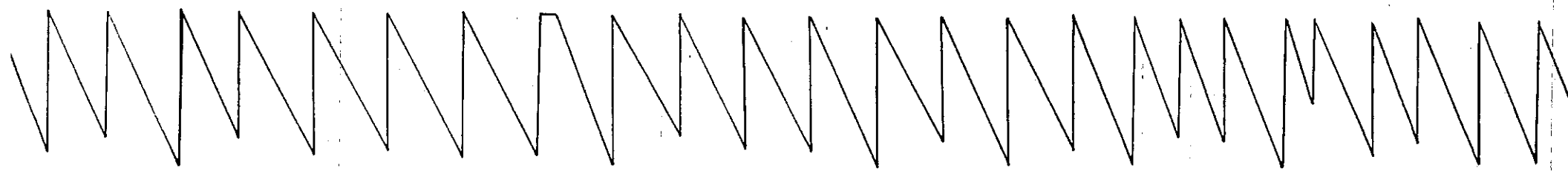
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3 การลดลงของปริมาณน้ำในดินในระดับที่ 3



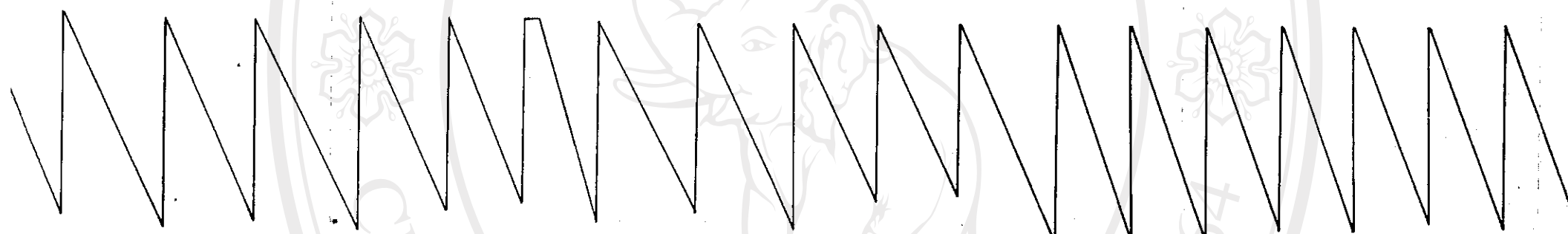
รูปที่ 4 การลดลงของปริมาณน้ำในดินในระดับที่ 4



ม.ค.

ก.พ.

มี.ค.



ม.ค.

ก.พ.

มี.ค.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

การให้น้ำกับพืชในแต่ละครั้ง ถ้าให้เต็มจำนวนและตามเวลาที่คำนวณได้ จะทำให้น้ำที่ไหลซึมลงสู่ใต้ดินไม่ทัน จะทำให้เกิดการไหลบ่าขึ้น ดังนั้น จึงต้องใช้วิธีให้น้ำจนเต็มที่แต่ยังไม่เกิดการไหลบ่า จับเวลาว่าให้ไปได้เท่าไรแล้วให้น้ำต้นต่อไป ทำเช่นเดียวกันจนหมดทุกต้นของระดับที่ให้น้ำ แล้วจึงเวียนมาให้ น้ำกับต้นแรกใหม่ เวียนไปจนถึงต้นสุดท้าย ทำดังนี้จนครบเวลา หรือปริมาณน้ำที่จะให้ในแต่ละครั้ง จะทำให้ได้ปริมาณน้ำตามที่ต้องการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการศึกษา

1. ผลของความเครียดของน้ำในดินที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะละกอบันทึกข้อมูลดังต่อไปนี้

1.1 ข้อมูลเบื้องต้น เมื่อเมล็ดเริ่มงอกจนถึงสิ้นสุดการงอกของเมล็ด

1.1.1 เปอร์เซ็นต์การงอก (%) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด

จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การงอก} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก} \times 100}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}}$$

1.1.2 อัตราการงอก (ต้น/สัปดาห์) คำนวณหาอัตราการงอกของเมล็ดจาก

สูตร

$$\text{อัตราการงอก} = \frac{\text{Meandays} \times 7(\text{วัน})}{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก}}$$

$$\text{Meandays} = N_1 T_1 + N_2 T_2 + \dots + N_x T_x$$

โดย N = จำนวนเมล็ดที่งอกในช่วงเวลานั้น

T = ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มเพาะถึงสิ้นสุดในช่วงนั้น

1.2 การออกดอกติดผลของมะละกอ เก็บข้อมูลเพียงครั้งเดียว

1.2.1 อายุของต้นในวันออกดอกแรก (วัน)

1.2.2 ความสูงของต้นในวันออกดอกแรก (เซนติเมตร)

1.2.3 ตำแหน่งบนต้นที่ออกดอกแรก (ข้อ)

1.2.4 อายุของต้นในวันติดผลแรก (วัน)

1.2.5 ความสูงของต้นในวันติดผลแรก (เซนติเมตร)

1.2.6 ตำแหน่งบนต้นที่ติดผลแรก (ข้อ)

1.3 การเจริญเติบโตและผลผลิตของมะละกอ เก็บข้อมูลครั้งแรก หลังย้ายปลูก

1 เดือน หลังจากนั้นเก็บข้อมูลเดือนละ 1 ครั้ง จนสิ้นสุดการทดลอง

1.3.1 การเจริญเติบโตของมะละกอ

1.3.1.1 ความสูงของลำต้น วัดจากตำแหน่งที่ทำเครื่องหมายไว้ที่พื้นดินบริเวณโคนต้น จนถึงปลายยอดที่ใบสุดท้ายแตกออกมา มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

1.3.1.2 เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น โดยใช้เวอร์เนียวัดที่ระดับความสูง 10 เซนติเมตร จากตำแหน่งที่ทำเครื่องหมายไว้ที่พื้นดินบริเวณโคนต้น วัด 2 ครั้งในแนวตั้งฉากกันแล้วหาค่าเฉลี่ย มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

1.3.1.3 เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม วัดจากปลายใบด้านหนึ่งถึงปลายใบอีกด้านหนึ่งของทรงพุ่ม วัด 2 ครั้งในแนวตั้งฉากกัน แล้วหาค่าเฉลี่ย มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

1.3.1.4 จำนวนข้อของต้น นับจำนวนข้อของต้นตั้งแต่โคนต้นจนถึงข้อที่มีใบเป็นสีเขียวจัดแล้ว มีหน่วยเป็นข้อ

1.3.1.5 จำนวนใบที่ร่วง นับจำนวนรอยแผลที่เกิดจากการร่วงของใบ ตั้งแต่โคนต้นจนถึงรอยร่วงรอยสุดท้าย มีหน่วยเป็นใบ

1.3.1.6 จำนวนใบติด นับจำนวนใบที่ติดอยู่บนต้น ตั้งแต่ใบล่างสุดจนถึงใบที่เป็นสีเขียวจัดแล้ว มีหน่วยเป็นใบ

1.3.2 ผลผลิตของมะละกอ เก็บผลในระยะผลสุก 75 % ซึ่งผิวจะเป็นสีเหลืองมากกว่าสีเขียว เนื้อผลเริ่มนิ่ม เนื้อมีสีแดงอมชมพูตลอดทั้งผล

1.3.2.1 จำนวนผล/ต้น นับจำนวนผลสุกที่เก็บจากต้นจนถึงวันสิ้นสุดการทดลอง มีหน่วยเป็นผล

1.3.2.2 น้ำหนักผล/ต้น ผลรวมของน้ำหนักผลสุกที่เก็บจากต้นในแต่ละต้น มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

1.3.2.3 น้ำหนักผล ซึ่งน้ำหนักแต่ละผลกันที่เก็บมาจากต้น มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

1.3.2.4 ความยาวของผล วัดความยาวของผลจากฐานผลถึงปลายผลในแนวระนาบ มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

1.3.2.5 เส้นรอบวงของผล วัดรอบผลบริเวณที่กว้างที่สุด มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

1.3.2.6 เปอร์เซนต์ช่องว่างภายในผล โดยการแทนที่น้ำตามวิธีของ Nakasone et al (1974) แล้วคำนวณจากสูตร

$$\% \text{ช่องว่างภายในผล} = \frac{\text{ปริมาณน้ำเป็นมิลลิลิตรที่แทนที่ช่องว่างภายในผลเมื่อเอาเมล็ดออกหมด} \times 100}{\text{ปริมาณน้ำเป็นมิลลิลิตรที่แทนที่ทั้งผล}}$$

1.3.2.7 ความแน่นเนื้อ ใช้ pressure tester ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหัว 0.50 เซนติเมตร วัดบริเวณส่วนฐาน ส่วนกลางและส่วนปลายผล แล้วหาค่าเฉลี่ย มีหน่วยเป็นกิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

1.3.2.8 ความหนาเนื้อ วัด 2 แห่ง คือ บริเวณที่หนาที่สุดและบางที่สุด แล้วหาค่าเฉลี่ย มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

1.3.2.9 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) วัดด้วย hand sugar refractometer มีหน่วยเป็นองศาบริกซ์ ($^{\circ}$ brix)

2. ความเครียดของน้ำในดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะละกอ

2.1 ความแตกต่างของการเจริญเติบโตและผลผลิต จาก analysis of variance

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของพืชที่มีต่อผลผลิต จาก simple correlation

2.3 แนวโน้มการเจริญเติบโตและผลผลิต โดยใช้สมการ regression