บทที่ 4

ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของยูเรียในสูตรผสม ที่มีต่อประสิทธิภาพในการผลิตปุ๋ยตัวอย่าง

จากการทดลองดังหัวข้อที่ 3.2.1 พบว่า เมื่อความเข้มข้นของยูเรียในสูตรผสมเพิ่มขึ้น จะทำให้ใช้เวลาในการบดผสมเพิ่มขึ้น ทำให้การขึ้นรูปปุ๋ยตัวอย่างเป็นแผ่นทำได้ยากขึ้น และปุ๋ยที่ได้มีความเปราะเพิ่มขึ้น ในการผลิตปุ๋ยตัวอย่างสูตรต่าง ๆ พบข้อเปรียบเทียบ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1

เปรียบเทียบการผลิตปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 1 2 3 และ 10

สูตรที่	เวลาที่ใช้ผสมสูตร (นาที)	ประสิทธิภาพในการผสม	ลักษณะปุ๋ยที่ได้
1	22	ส่วนผสมสามารถเข้ากันได้ง่าย สามารถขึ้นรูปให้เป็นแผ่นได้ง่าย	ปุ๋ยตัวอย่างมีความยืดหยุ่น ทนต่อแรงกระแทกได้ดี ตัดเป็นชิ้นตามต้องการได้ แต่มีความเหนียวมาก
2	30	ส่วนผสมเข้ากันได้ง่าย ขึ้นรูปเป็นแผ่นได้ง่าย	ปุ๋ยตัวอย่างมีความยืดหยุ่น ทนต่อแรงกระแทกได้ดี ตัดให้เป็นชิ้นตามต้องการได้ มีความเหนียวน้อยกว่าสูตรที่ 1

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เปรียบเทียบการผลิตปุ๋ยตัวอย่างสูตร 1 2 3 และ 10

สูตรที่	เวลาที่ใช้ผสมสูตร (นาที)	ประสิทธิภาพในการผสม	ลักษณะปุ๋ยที่ได้
3	39	ส่วนผสมเข้ากันได้ยากกว่าสูตรที่ 1 และ สูตรที่ 2 แต่ปุ๋ยที่ได้ยังสามารถขึ้นรูปให้เป็นแผ่นได้ดี	ปุ๋ยตัวอย่างมีความยืดหยุ่นทนต่อแรงกระแทกได้ดี ตัดเป็นชิ้นตามต้องการได้ มีความเหนียวน้อยกว่าสูตรที่ 2
10	47	ส่วนผสมเข้ากันได้ยากกว่าสูตรที่ 1 2 และ 3 เมื่อผสมยูเรียเข้ากับยางจนหมดแล้วปุ๋ยที่ได้ไม่สามารถขึ้นรูปให้เป็นแผ่นได้	-

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนสูงสุดระหว่างยางสกิมกับยูเรีย ที่ส่วนผสมจะสามารถผสมเข้ากันและขึ้นรูปให้เป็นแผ่นได้ คือยางสกิม 100 ส่วนต่อยูเรีย 500 ส่วนโดยน้ำหนัก (สูตรที่ 3) ข้อสังเกตที่น่าสนใจประการหนึ่งก็ คือ เมื่อความเข้มข้นของยูเรียในส่วนผสมเพิ่มขึ้น จะทำให้ปุ๋ยมีความเหนียวน้อยลง ซึ่งทำให้ตัดเป็นชิ้นได้ง่ายขึ้น

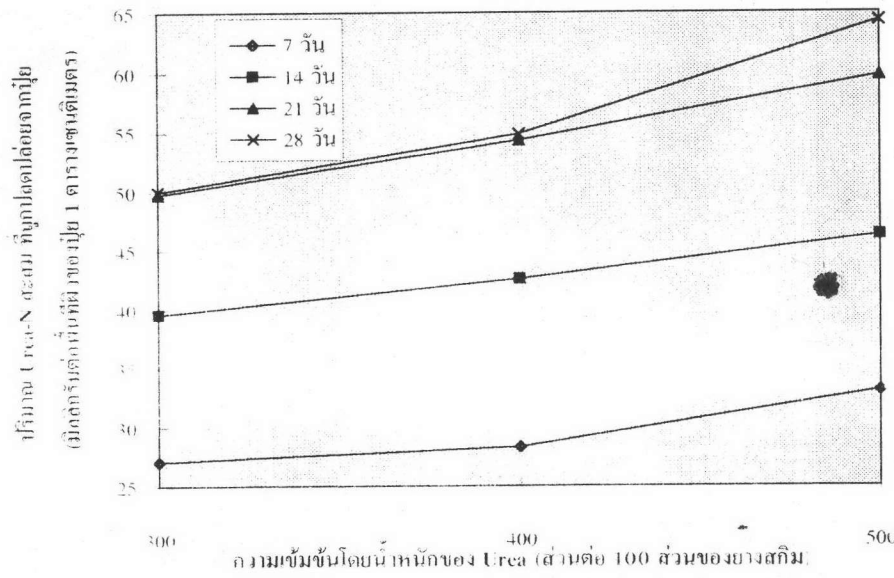
4.2 อิทธิพลของความเข้มข้นของยูเรียในสูตรผสมปุ๋ยตัวอย่าง ที่มีต่ออัตราการปลดปล่อยยูเรีย

จากการทดลองข้อที่ 3.2.2 ได้ผลดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1 ซึ่งจากผลที่ได้ทำให้ทราบว่า เมื่อความเข้มข้นของยูเรียในสูตรผสมปุ๋ยตัวอย่างเพิ่มขึ้น จะทำให้อัตราการปลดปล่อยยูเรียจากปุ๋ยตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.2

ปริมาณ urea-N สะสมที่ถูกปลดปล่อยจากปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 1 2 และ 3

สูตรที่	ความเข้มข้นของยูเรีย (ส่วนต่อยางสกิม 100 ส่วน โดยน้ำหนัก)	ปริมาณ urea-N สะสมที่ถูกปลดปล่อยจากปุ๋ยที่เวลาต่าง ๆ (mg/cm^2)			
		7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
1	300	27.06	39.57	49.77	50.00
2	400	28.29	42.58	54.36	54.88
3	500	33.10	46.31	59.77	64.30



รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ urea-N สะสมที่ถูกปลดปล่อยจากปุ๋ยตัวอย่าง (สูตรที่ 1 2 และ 3) กับความเข้มข้นของยูเรียในสูตรผสม

จากผลการทดลองข้อ 4.1 และ 4.2 จะเห็นได้ว่าถ้าเพิ่มความเข้มข้นของยูเรียในสูตรผสมปุ๋ย จะทำให้เม็ดปุ๋ยมีความเหนียวน้อยลงตัดเป็นชิ้นได้ง่ายขึ้น และช่วยให้ปุ๋ยสามารถบรรจุยูเรียได้มากขึ้น แต่ก็จะทำให้อัตราการปลดปล่อยยูเรียจากปุ๋ยเพิ่มขึ้น เนื่องจากยูเรียเป็นองค์ประกอบส่วนที่ละลายน้ำได้ดี เมื่อมีความเข้มข้นในปุ๋ยมากขึ้นจะทำมีโอกาสละลายออกมาได้มากขึ้น และเมื่อความเข้มข้นของยูเรียในสูตรผสมปุ๋ยมากกว่า 500 ส่วน ต่อ 100 ส่วนของยางสกิม ปุ๋ยจะเข้ากับยูเรียได้ยากขึ้น ทำให้ขึ้นรูปได้ยากและเสียเวลา และอาจทำให้ไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นได้ หรือทำให้ได้ปุ๋ยที่มีความเปราะหักง่าย ทั้งนี้เนื่องจากยูเรียมีมากเกินกว่าที่เม็ทริกซ์ของยางสกิมจะรับไว้ได้

เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองข้อ 4.1 และ 4.2 อัตราส่วนระหว่างยางสกิมกับยูเรียดังเช่นปุ๋ยสูตรที่ 2 (100:400) น่าจะเหมาะสมสำหรับการผลิตปุ๋ยยูเรียชนิดควบคุมการปลดปล่อยยูเรีย เนื่องจากปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 2 สามารถบรรจุยูเรียได้ถึง 80 % โดยน้ำหนัก ช่วยชลออัตราการปลดปล่อยยูเรียได้ดีพอสมควร สามารถตัดเป็นชิ้นที่มีขนาดตามต้องการได้ง่าย เม็ดปุ๋ยที่ได้มีความทนทานต่อแรงกระแทกได้ดี และใช้เวลาในการผลิตไม่มากนัก จึงได้ใช้อัตราส่วนระหว่างยูเรียกับยางสกิม 100:400 เป็นหลักในการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่ออัตราการปลดปล่อยยูเรียของปุ๋ยตัวอย่าง ซึ่งผลการทดลองจะได้กล่าวโดยละเอียดต่อไป

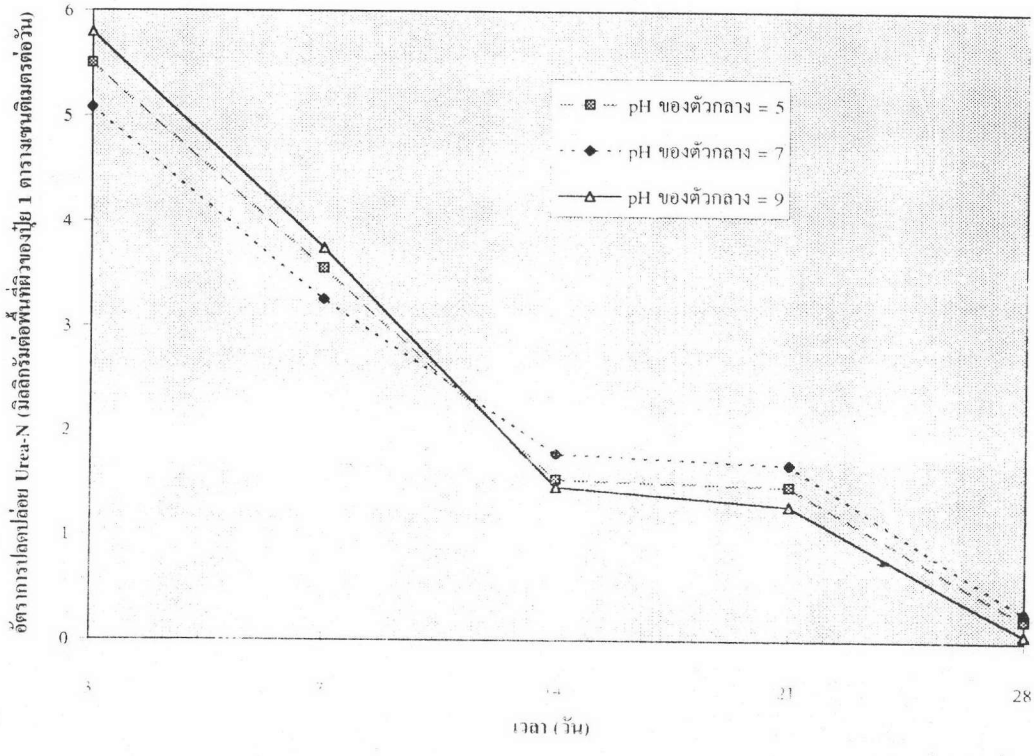
4.3 อิทธิพลของ pH ของตัวกลาง ที่มีต่ออัตราการปลดปล่อยยูเรียของปุ๋ยตัวอย่าง

จากการทดลองข้อ 3.2.4 ได้ผลดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.2 จากผลที่ได้พบว่าเมื่อภาวะของตัวกลางเป็น กรด หรือ เบส (pH = 5 หรือ pH = 9) จะทำให้อัตราการปลดปล่อยยูเรียเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.3

อัตราการปลดปล่อย urea-N ของปุ๋ยสูตรที่ 2 ที่ค่า pH ของตัวกลางต่าง ๆ

ค่า pH ของตัวกลาง	อัตราการปลดปล่อย urea-N ที่เวลาต่าง ๆ (mg/cm^2/day)				
	3 วัน	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
5	5.50	3.56	1.53	1.47	0.21
7	5.08	3.26	1.78	1.68	0.28
9	5.80	3.75	1.46	1.28	0.07



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อย urea-N จากปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 2 กับเวลาที่ผ่านไป ที่ pH ของตัวกลางต่าง ๆ กัน

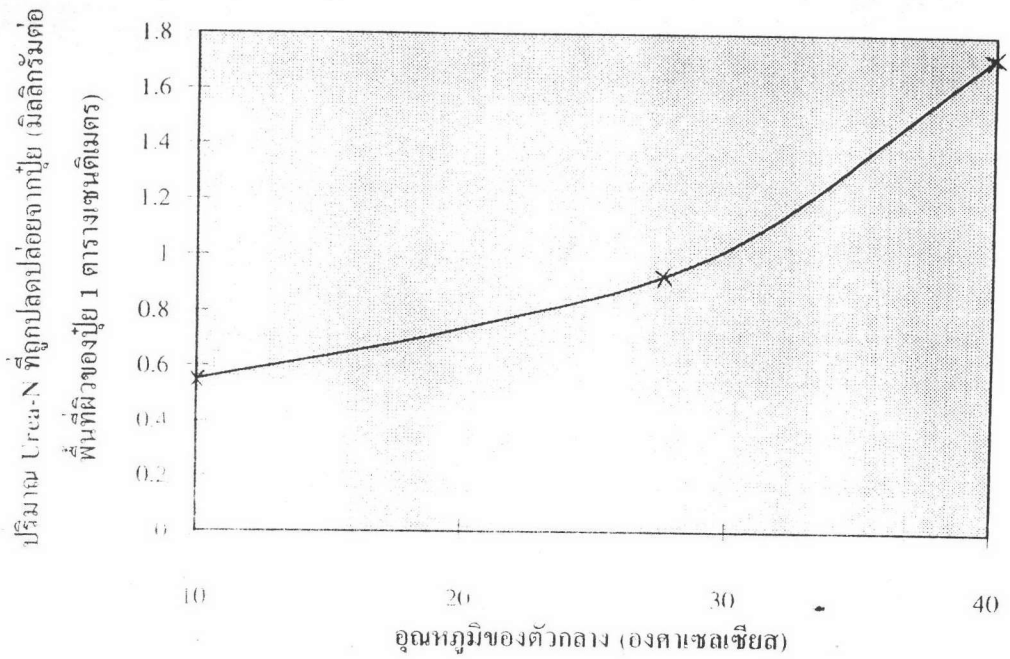
4.4 อิทธิพลของอุณหภูมิของตัวกลาง (น้ำกลั่น) ที่มีต่ออัตราการปลดปล่อยยูเรียของปุ๋ยตัวอย่าง

จากการทดลองข้อ 3.2.4 ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.3 จากผลที่ได้พบว่า เมื่ออุณหภูมิของตัวกลางเพิ่มขึ้น จะทำให้อัตราการปลดปล่อยยูเรียเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.4

ปริมาณ urea-N ที่ถูกปลดปล่อยจากปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 2
ที่อุณหภูมิของตัวกลางต่าง ๆ กัน
(pH ของตัวกลาง = 7 เวลาที่ปุ๋ยแช่ในตัวกลาง = 1 ชั่วโมง)

อุณหภูมิของตัวกลาง (องศาเซลเซียส)	ปริมาณ urea-N ที่ถูกปลดปล่อยจากปุ๋ยตัวอย่าง (mg/cm^2)
10	0.56
28	0.91
40	1.68



รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ urea-N ที่ถูกปลดปล่อยจากปุ๋ยตัวอย่าง (สูตรที่ 2) กับอุณหภูมิของตัวกลาง
(pH ของตัวกลาง = 7 เวลาที่ปุ๋ยแช่ในตัวกลาง = 1 ชั่วโมง)

4.5 ผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นสูงสุดของดินเหนียว ที่สามารถใช้เป็นสารตัวเติมเพื่อผลิตปุ๋ยตัวอย่าง

ในงานวิจัยนี้ได้นำดินเหนียวมาทดลองใช้เป็นสารตัวเติม เพื่อลดต้นทุนในการผลิต และการใช้ดินเหนียวยังไม่เป็นการทำลายสภาพของดิน เนื่องจากดินเหนียวไม่มีคุณค่าทางสารอาหารต่อพืช จากนั้นจึงได้ทำการทดลองหาความเข้มข้นสูงสุดของดินเหนียวในสูตรผสมปุ๋ย เพื่อศึกษาถึงความเหมาะสมในการนำดินเหนียวมาใช้เป็นสารตัวเติมต่อไป

จากการทดลองข้อ 3.2.5 ซึ่งทำการทดลองผลิตปุ๋ยตัวอย่างที่มีส่วนผสมดังเช่นสูตรที่ 2 แต่มีการเติมดินเหนียว ในปริมาณต่าง ๆ กัน ดังสูตรที่ 6 11 และ 12 จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของดินเหนียวในสูตรผสมจะทำให้ส่วนผสมเข้ากันได้ยากขึ้น และเมื่อความเข้มข้นของดินเหนียวในสูตรผสมมากกว่า 100 ส่วน ต่อยางสกิม 100 ส่วนโดยน้ำหนัก ส่วนผสมจะเข้ากันไม่ได้ ซึ่งทำให้ปุ๋ยตัวอย่างไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นได้

4.6 อิทธิพลของสารตัวเติมในสูตรผสม ที่มีต่ออัตราการปลดปล่อยยูเรียของปุ๋ยตัวอย่าง

จากผลการทดลองข้อ 4.5 ในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้ปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 6 ซึ่งบรรจุดินเหนียวได้มากที่สุด นำมาทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของการใช้สารตัวเติมดินเหนียว ที่มีต่ออัตราการปลดปล่อยยูเรียจากปุ๋ยตัวอย่าง เพื่อจะได้เห็นความแตกต่างที่ชัดเจน และได้ทำการทดลองเปรียบเทียบกับปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นสารตัวเติมด้วย (สูตรที่ 5 และสูตรที่ 7) ดังการทดลองข้อ 3.2.6

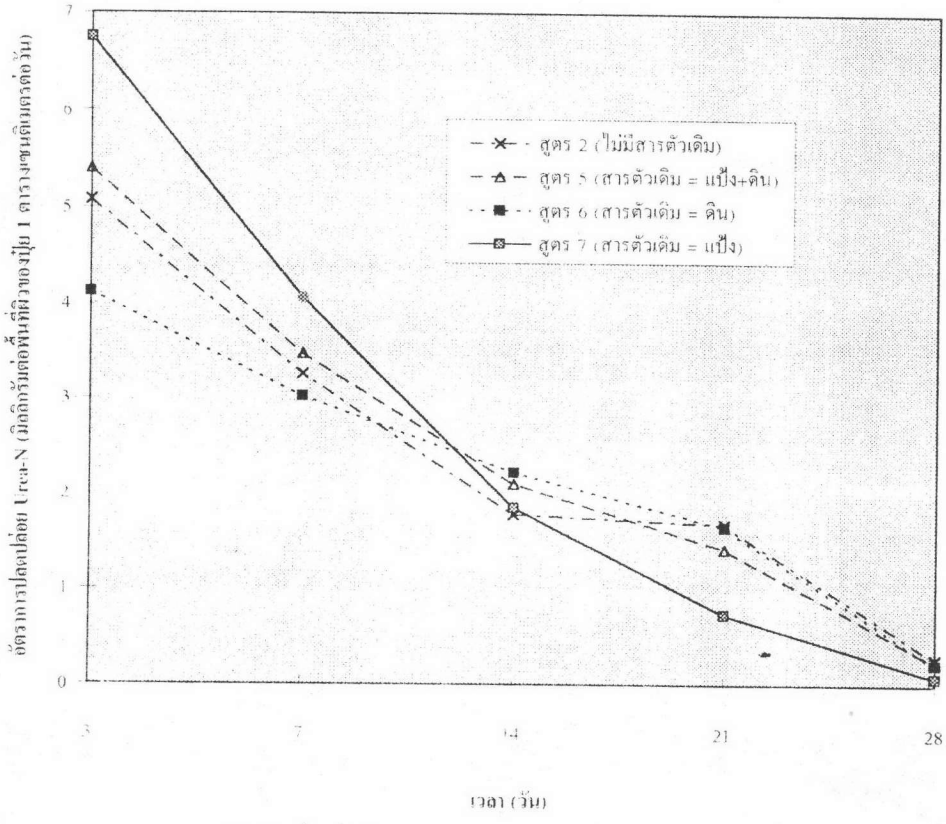
สำหรับสาเหตุในการเลือกใช้ แป้งมันสำปะหลัง เป็นสารตัวเติมอีกชนิดนั้น เนื่องจากเนื่องจากแป้งมันสำปะหลังเป็นสารพวกคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นอาหารของพวกจุลินทรีย์น่าจะช่วยให้ปุ๋ยเสื่อมสภาพได้เร็วขึ้น และให้สารอาหารที่เป็นประโยชน์กับพืช นอกจากนั้นยังสามารถหาได้ง่ายในประเทศไทย และน่าจะผสมเข้ากับยางสกิมและยูเรียได้ง่ายกว่าดินเหนียว เนื่องจากแป้งเป็นพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่มีสมบัติในการเป็นสารช่วยผสมได้ ซึ่งจากการนำแป้งมันสำปะหลังมาใช้เป็นสารตัวเติม พบว่าส่วนผสมสามารถเข้ากันได้ดี ไม่เกิดปัญหาเหมือนการใช้ดินเหนียว

จากการทดลองข้อ 3.2.6 ได้ผลดังตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.4 ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า เมื่อใช้ดินเหนียวเป็นสารตัวเติมจะทำให้อัตราการปลดปล่อยยูเรียลดลง เนื่องจากดินเหนียวมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารอนินทรีย์ซึ่งสามารถดูดซับยูเรียไว้ที่ผิวได้ ทำให้ยูเรียเคลื่อนที่ได้ช้าลง นอกจากนั้นดินเหนียวยังทำให้ปุ๋ยมีอัตราการดูดซึมน้ำลดลง ดังตารางที่ 4.9 ซึ่งทำให้ยูเรียละลายออกมาได้ช้าลง และเมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นสารตัวเติม จะทำให้อัตราการปลดปล่อยยูเรียเพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังมีองค์ประกอบเป็นพอลิเมอร์ที่ดูดซึมน้ำได้ดี ทำให้ปุ๋ยดูดซึมน้ำได้ดีขึ้น ดังตารางที่ 4.9 ซึ่งทำให้ยูเรียละลายออกมาได้เร็วขึ้น

ตารางที่ 4.5

อัตราการปลดปล่อย urea-N ของปุ๋ยตัวอย่าง สูตรที่ 2 5 6 และ 7

สูตรที่	อัตราการปลดปล่อย urea-N ของปุ๋ยตัวอย่าง ที่เวลาต่าง ๆ ($mg/cm^2/day$)				
	3 วัน	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
2	5.08	3.26	1.78	1.68	0.28
5	5.40	3.47	2.10	1.42	0.24
6	4.12	3.02	2.22	1.65	0.29
7	6.75	4.06	1.85	0.73	0.08



รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อย urea-N จากปุ๋ยตัวอย่าง (สูตรที่ 2 5 6 และ 7) กับเวลาที่ผ่านไป

4.7 อิทธิพลของการเชื่อมโยงโมเลกุลของยางสกิมด้วยสารวัลคาไนซ์ (กำมะถัน) ที่มีต่ออัตราการปลดปล่อยยูเรีย

จากการทดลอง 3.2.7 ได้ผลดังตารางที่ 4.6 และ 4.7 และรูปที่ 4.5 และ 4.6 ซึ่งจะเห็นได้ว่า เมื่อใส่สารวัลคาไนซ์คือ กำมะถัน และสารตัวเร่ง เพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลของยางสกิม จะทำให้อัตราการปลดปล่อยยูเรียลดลง ทั้งกรณีที่ไม่มีสารตัวเติม (ปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 2 และ4) และกรณีที่มีสารตัวเติม (ปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 5 และ 8)

ตารางที่ 4.6

ปริมาณ urea-N สะสมที่ถูกปลดปล่อยจากปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 2 และสูตรที่ 4

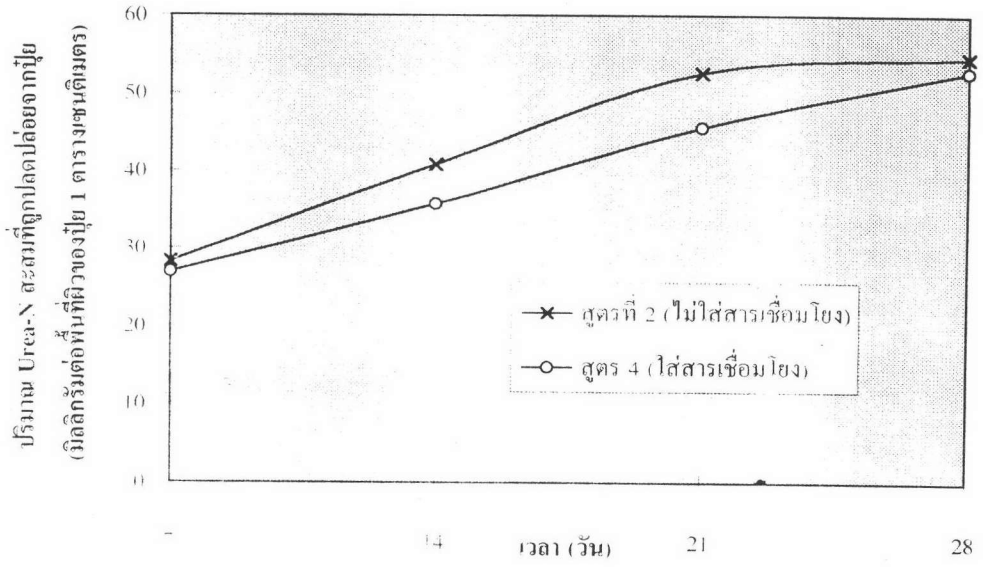
สูตรที่	ปริมาณ urea-N สะสมที่ถูกปลดปล่อยจากปุ๋ย (mg/cm^2) ที่เวลาต่าง ๆ			
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
2	28.29	40.79	52.57	54.59
4	26.95	35.70	45.56	52.76

ตารางที่ 4.7

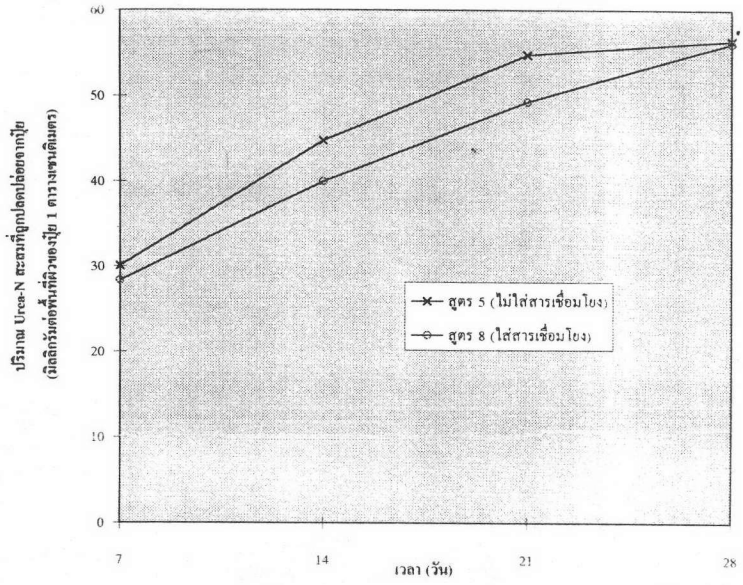
ปริมาณ urea-N สะสมที่ถูกปลดปล่อยจากปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 5 และสูตรที่ 8

สูตรที่	ปริมาณ urea-N สะสมที่ถูกปลดปล่อยจากปุ๋ย (mg/cm^2) ที่เวลาต่าง ๆ			
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
5	30.08	44.76	54.76	56.42
8	28.33	39.98	49.29	56.14

จากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่า สารวัลคาไนซ์ไม่เหมาะในการใช้เป็นส่วนผสม เนื่องจากช่วยชลออัตราการปลดปล่อยยูเรียได้เพียงเล็กน้อย แต่จะทำให้ยางคงรูปและเสื่อมสภาพยากขึ้น (บทที่ 2 หัวข้อ 2.1.5) ทั้งยังทำให้เสียเวลา และเพิ่มขั้นตอนในการผลิตให้ยุ่งยากขึ้น



รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ urea-N สะสมที่ถูกปลดปล่อยจากปุ๋ยตัวอย่าง (สูตรที่ 2 และสูตรที่ 4) กับเวลาที่ผ่านไป



รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ urea-N สะสมที่ถูกปลดปล่อยจากปุ๋ยตัวอย่าง (สูตรที่ 5 และสูตรที่ 8) กับเวลาที่ผ่านไป

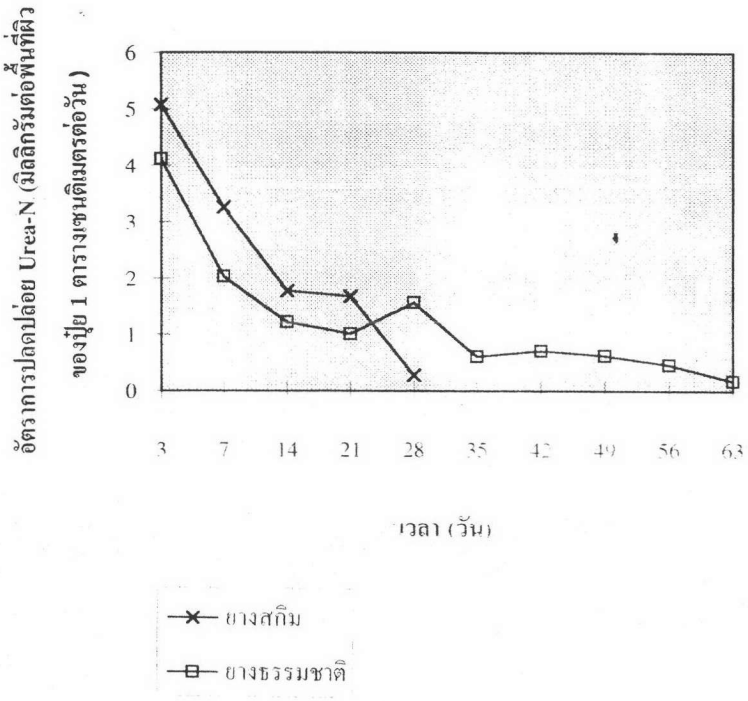
4.8 อิทธิพลของชนิดยางที่ใช้ในสูตรผสม ที่มีต่ออัตราการปลดปล่อยยูเรีย

จากการทดลองข้อ 3.2.8 ได้ผลดังตารางที่ 4.8 และ รูปที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้ยางธรรมชาติเป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยตัวอย่างแทนการใช้ยางสกิม พบว่ายางธรรมชาติช่วยชลอการปลดปล่อยได้ดีกว่ายางสกิมมาก

ตารางที่ 4.8

อัตราการปลดปล่อยยูเรียจากปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 2 และสูตรที่ 9

สูตรที่	อัตราการปลดปล่อยยูเรียจากปุ๋ยตัวอย่าง ที่เวลาต่าง ๆ ($mg/cm^2/day$)									
	เวลาที่ผ่านไป (วัน)									
	3	7	14	21	28	35	42	49	56	63
2	5.08	3.26	1.78	1.68	0.28	-	-	-	-	-
9	4.12	2.03	1.22	1.01	1.17	0.61	0.71	0.63	0.47	0.18



รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อยยูเรียจากปุ๋ยตัวอย่าง (สูตรที่ 2 และสูตรที่ 9) กับเวลาที่ผ่านไป

4.9 ความสามารถในการดูดซึมน้ำของปุ๋ยตัวอย่างสูตรต่าง ๆ

จากการทดลองข้อ 3.2.9 ได้ผลดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9
แสดง water uptake (%) ในเวลา 4 วัน
ของปุ๋ยตัวอย่างสูตรต่าง ๆ

สูตรปุ๋ยตัวอย่าง	water uptake (%)
2	26.90
5	21.44
6	6.39
7	30.96

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าปุ๋ยตัวอย่าง สูตรที่ใช้ดินเป็นสารตัวเติม (สูตรที่ 6) มีความสามารถในการดูดซึมน้ำต่ำกว่า สูตรที่ไม่ได้เติมสารตัวเติม (สูตรที่ 2) และสูตรที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นสารตัวเติม(สูตรที่ 7) มีความสามารถในการดูดซึมน้ำสูงกว่า สูตรที่ไม่ได้เติมสารตัวเติม ทั้งนี้เนื่องจากสมบัติเฉพาะตัวของสารตัวเติมแต่ละชนิดดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.6

4.10 การเปลี่ยนแปลงของปุ๋ยตัวอย่างเมื่อทิ้งไว้บนผิวดินในสภาพธรรมชาติกลางแจ้งเป็นเวลา 5 เดือน

ในงานวิจัยนี้ได้นำปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 2 มาศึกษาเพิ่มเติมถึงการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เมื่อทิ้งไว้บนดินในสภาพธรรมชาติ ดังการทดลองข้อ 3.2.10 และได้ทำการทดลองเช่นเดียวกัน ในปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 6 7 และ 9 เพื่อศึกษาอิทธิพลของสารตัวเติม และชนิดของยางที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของปุ๋ยตัวอย่าง สำหรับปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่เติมสารวัลคาไนซ์นั้น ไม่ได้ทำการทดลองเนื่องจากความไม่เหมาะสมในการใช้งาน ดังเหตุผลที่กล่าวไว้ ในผลการทดลองข้อ 4.7 ซึ่งจากการทดลองได้ผลดังนี้

4.10.1 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของปุ๋ยตัวอย่าง

ตารางที่ 4.10

แสดงน้ำหนักที่สูญหายไปของปุ๋ยตัวอย่างสูตรต่าง ๆ

สูตรของปุ๋ยตัวอย่าง	น้ำหนักที่สูญหายไปของปุ๋ยตัวอย่างที่เวลาต่าง ๆ (%)	
	เมื่อผ่านไป 2 เดือน	เมื่อผ่านไป 5 เดือน
2	68.92	72.44
6	71.29	76.36
7	72.01	79.64
9	56.07	57.03

4.10.2 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักโมเลกุลของยางในปุ๋ยตัวอย่าง

ตารางที่ 4.11

แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักโมเลกุลของยางในปุ๋ยตัวอย่างสูตรต่าง ๆ ที่เวลาต่าง ๆ
(ตัวเลขในวงเล็บแสดงการเปลี่ยนแปลงคิดเป็น % เทียบกับที่เวลาเริ่มต้น)

สูตรของปุ๋ย	M_n		M_w	
	เริ่มต้น	5 เดือน	เริ่มต้น	5 เดือน
2	156847	134593 (-14.19)	331601	276271 (-16.68)
6	139629	126205 (-9.61)	253543	234670 (-7.40)
7	144350	130998 (-9.25)	324022	299577 (-7.54)
9	153998	140981 (-8.45)	373540	349103 (-6.54)

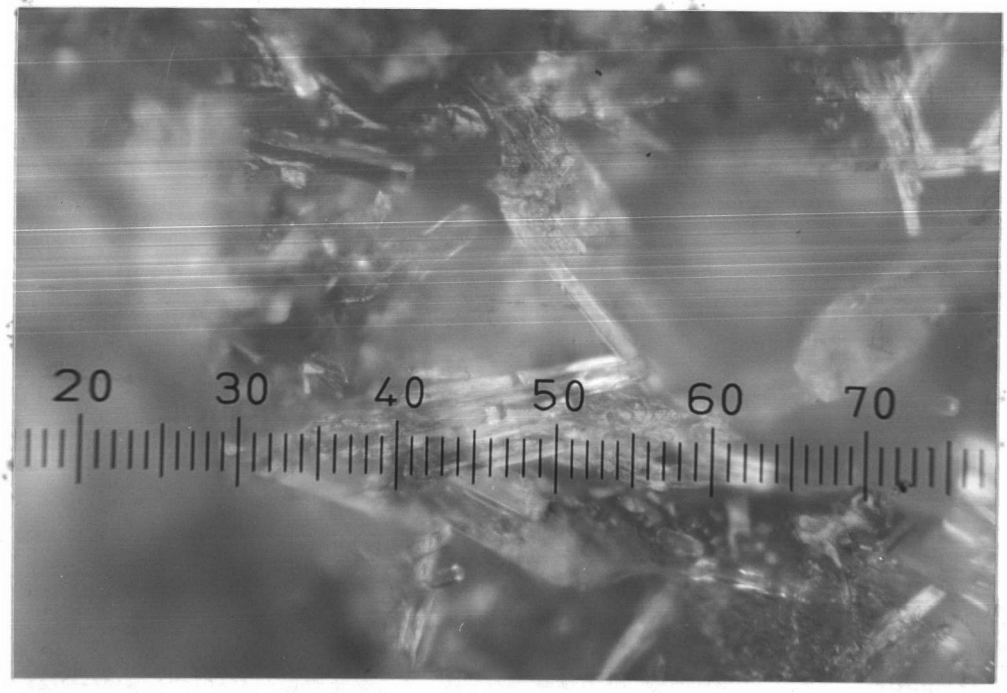
ตารางที่ 4.12

แสดงการเปลี่ยนแปลง Polydispersity ของน้ำหนักโมเลกุลของยางใน
ปุ๋ยตัวอย่างสูตรต่าง ๆ ที่เวลาต่าง ๆ

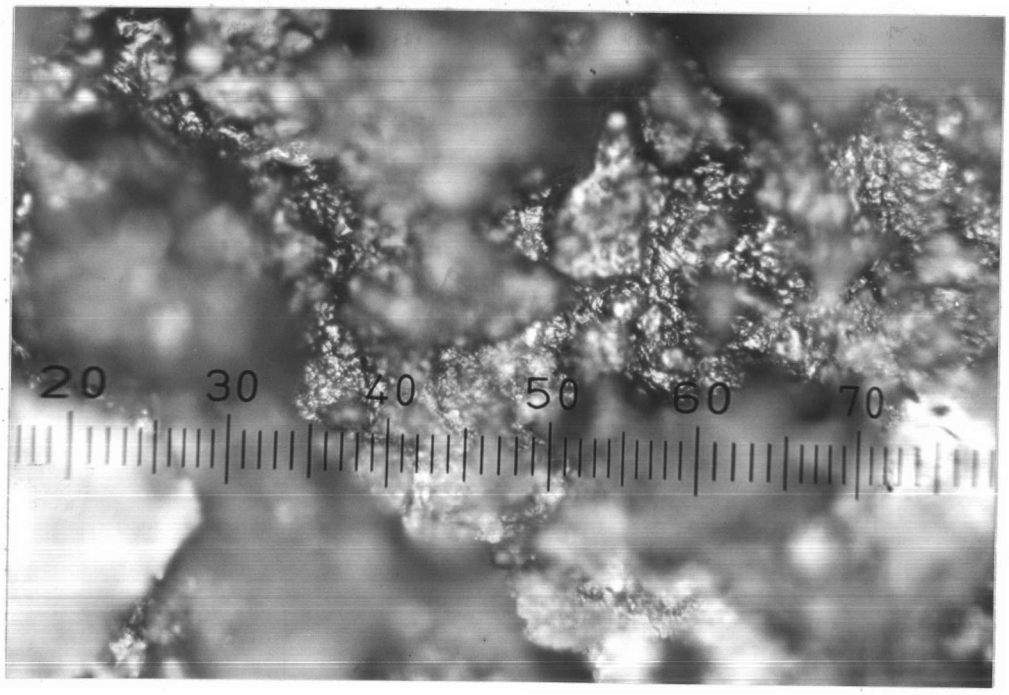
สูตรของปุ๋ย	Polydispersity	
	เริ่มต้น	5 เดือน
2	2.1142	2.0526
6	1.8158	1.8594
7	2.2447	2.2869
9	2.4256	2.4762

4.10.3 <u>การเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวของปุ๋ยตัวอย่างซึ่งสังเกตุได้จาก Polarizing Microscope</u>

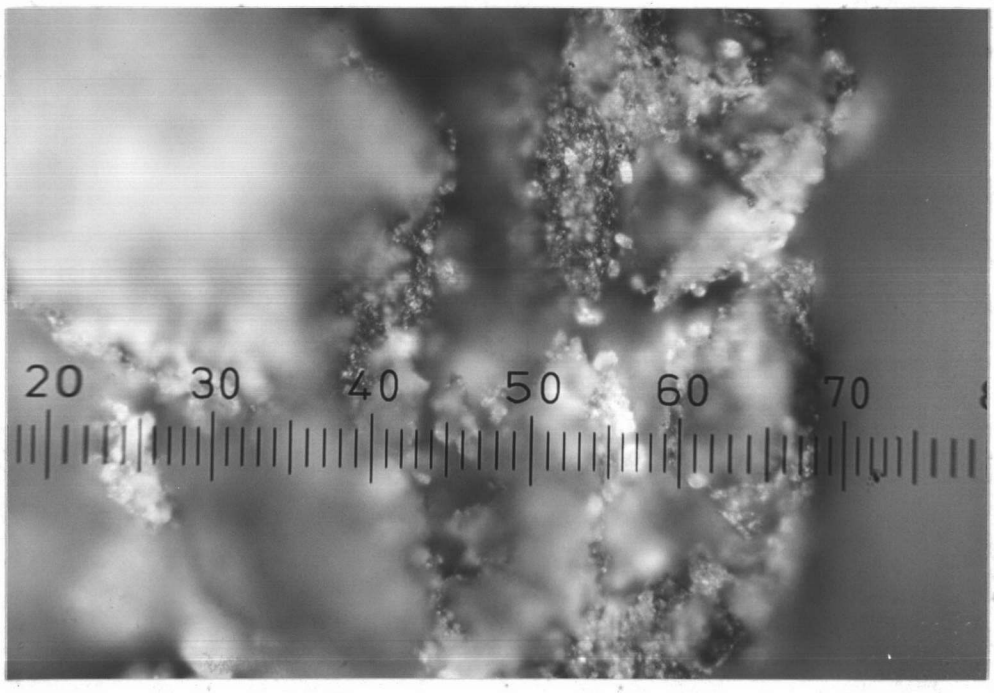
จากการทดลองข้อ 3.2.10.3 ซึ่งได้นำปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 2 6 7 และ 9 มาส่องด้วยกล้อง Polarize Microscope ด้วยกำลังขยาย 200 เท่า (10 X 20) ที่มุม Polarize 90 องศา จะได้ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.8-4.19



รูปที่ 4.8 พื้นผิวของปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 2 ก่อนทิ้งลงบนดิน

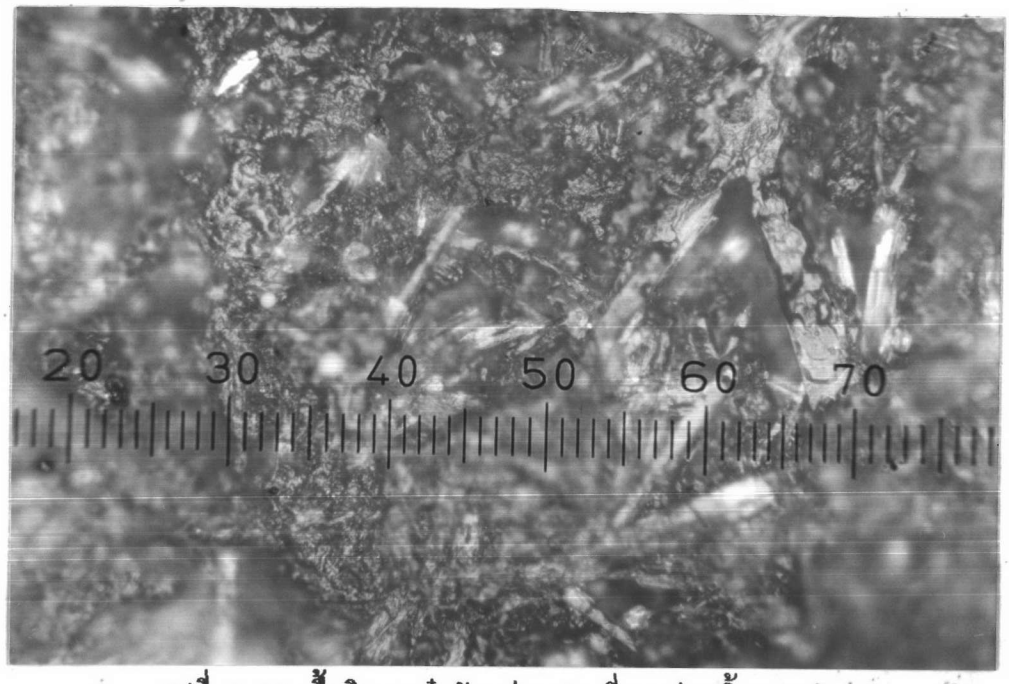


รูปที่ 4.9 ลักษณะพื้นผิวปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 2 หลังจากทิ้งบนดิน 2 เดือน

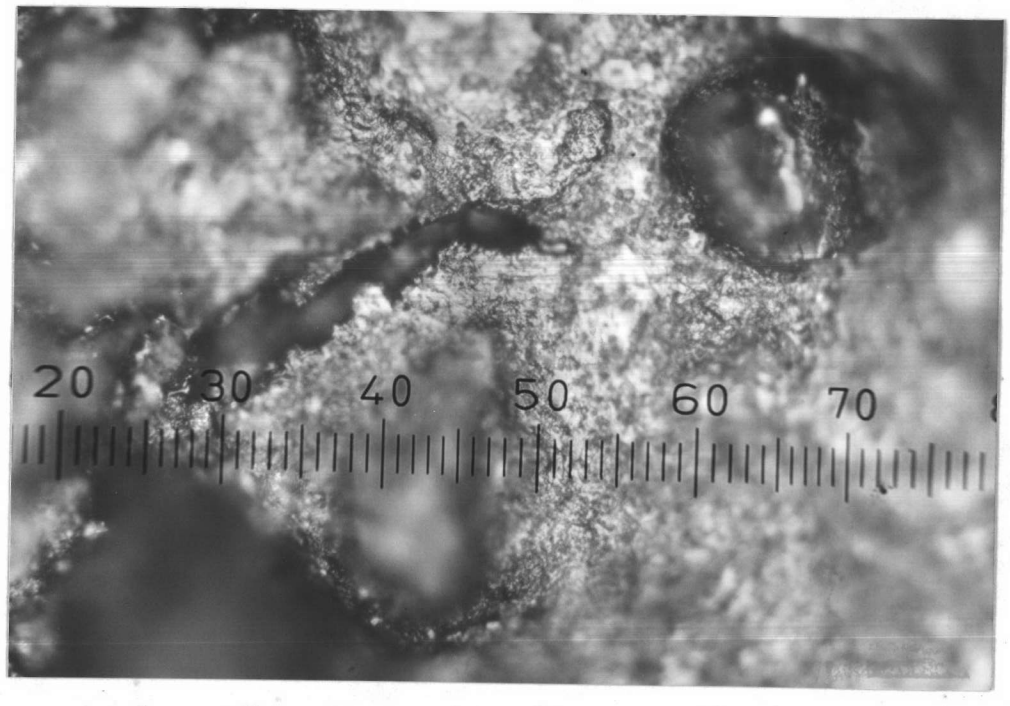


รูปที่ 4.10 พื้นผิวของปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 2 หลังจากทิ้งบนดิน 5 เดือน

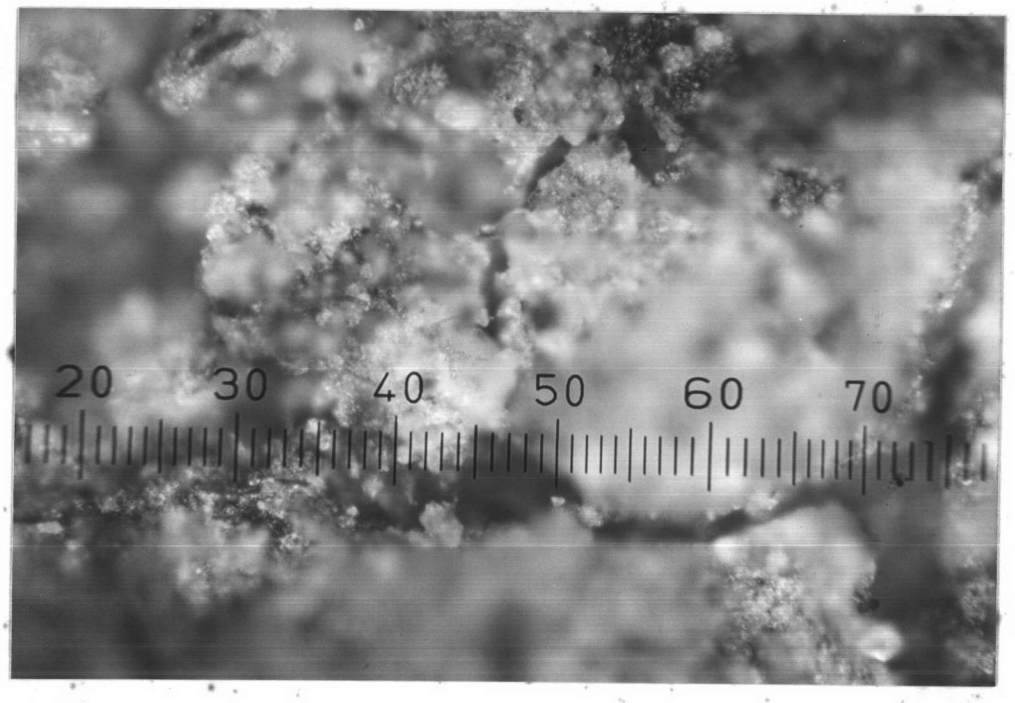
จากผลการทดลอง รูปที่ 4.8-4.10 พบว่าเมื่อทิ้งปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 2 ไว้บนดินจะสังเกตเห็นจากรูปถ่ายได้ว่า เมื่อเวลาผ่านไป พื้นผิวของปุ๋ยมีสีเข้มขึ้นเรื่อย ๆ และเกิดรอยแตกมากขึ้นเรื่อย ๆ



รูปที่ 4.11 พื้นผิวของปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 6 ก่อนทิ้งลงบนดิน

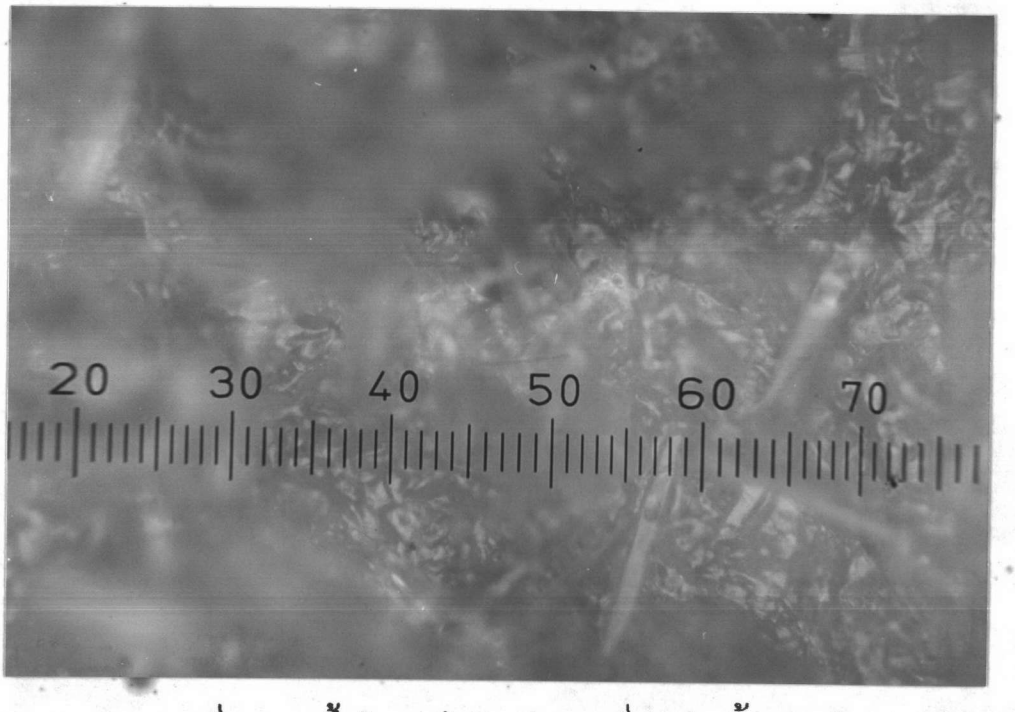


รูปที่ 4.12 พื้นผิวของปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 6 หลังจากทิ้งบนดิน 2 เดือน

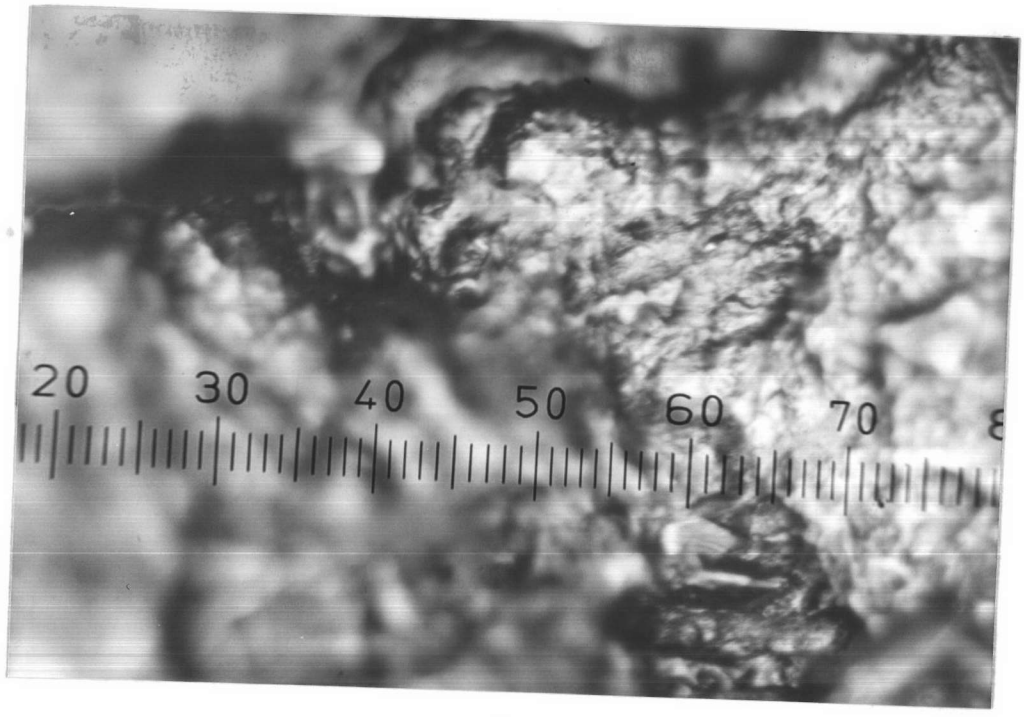


รูปที่ 4.13 พื้นผิวของปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 6 หลังจากทิ้งลงบนดิน 5 เดือน

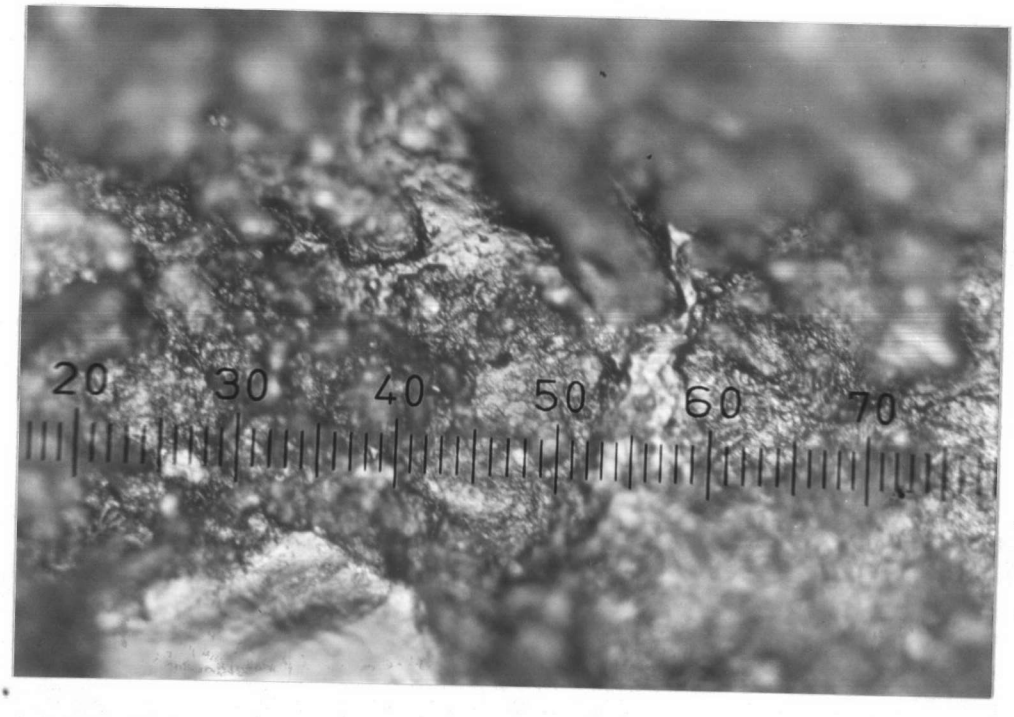
จากผลการทดลองรูปที่ 4.10-4.13 จะสังเกตเห็นว่าผิวของปุ๋ยมีรอยแตกมากขึ้น และมีสีเข้มขึ้น เมื่อเวลาผ่านไป หลังจากทิ้งปุ๋ยตัวอย่างไว้บนดิน



รูปที่ 4.14 พื้นผิวของปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 7 ก่อนทิ้งลงบนดิน

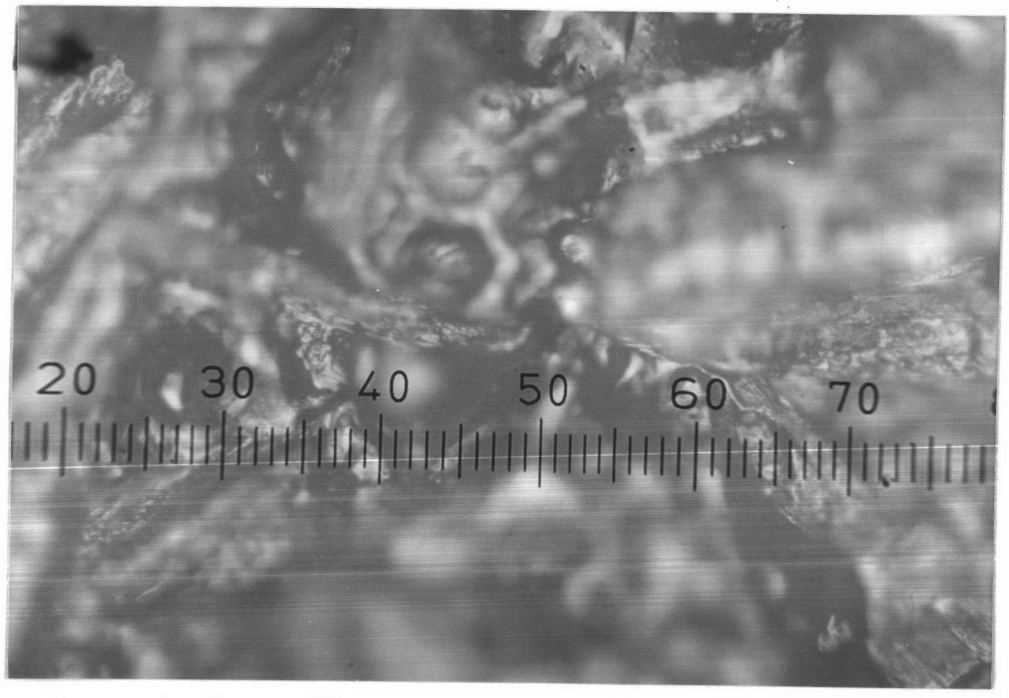


รูปที่ 4.15 พื้นผิวของปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 7 หลังจากทิ้งบนดิน 2 เดือน

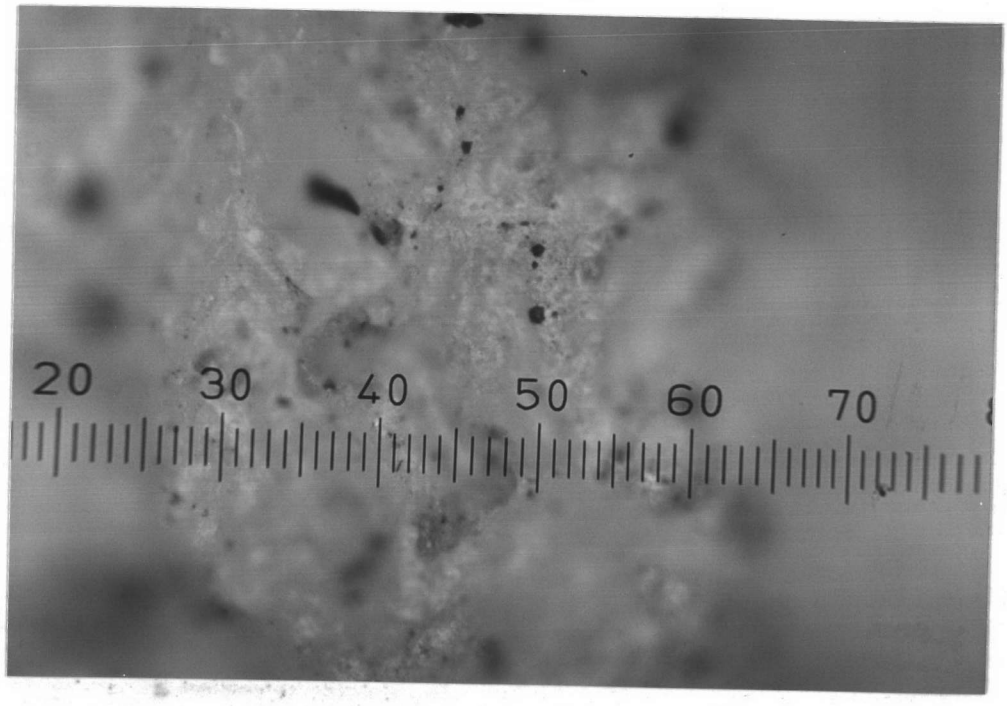


รูปที่ 4.16 พื้นผิวของปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 7 หลังทิ้งบนเดือน 5 เดือน

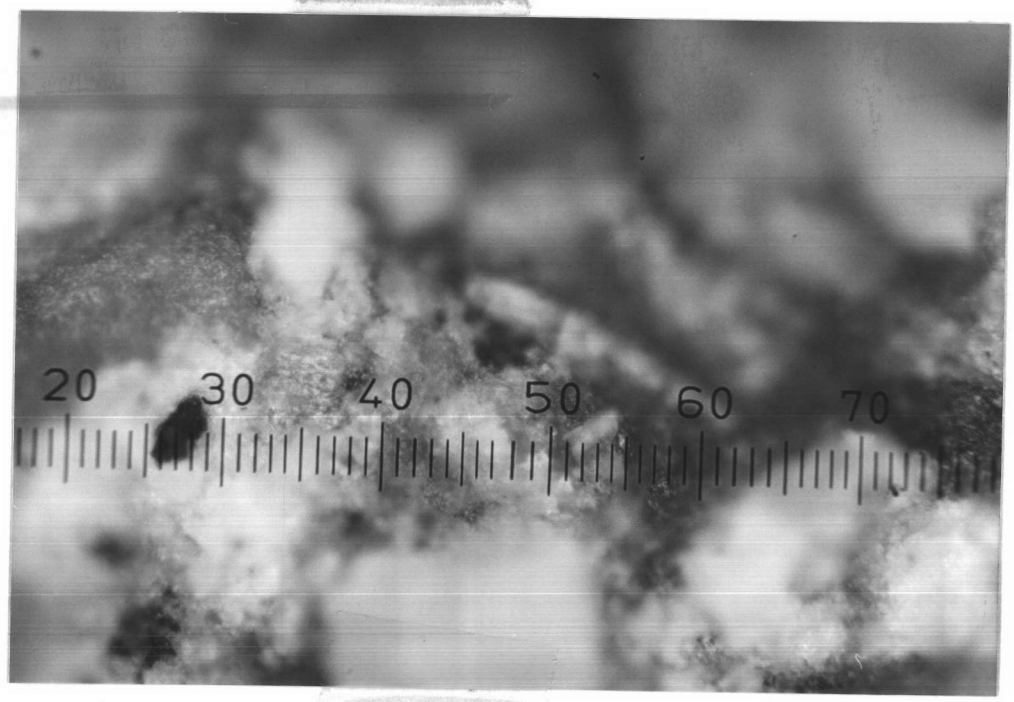
จากรูปที่ 4.14-4.16 จะสังเกตเห็นว่าพื้นผิวของปุ๋ยตัวอย่างจะมีสีเข้มขึ้น และมีรอยแตกเกิดขึ้น เมื่อเวลาผ่านไป หลังจากนำปุ๋ยตัวอย่างไปทิ้งไว้บนดิน



รูปที่ 4.17 พื้นผิวของปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 9 ก่อนทิ้งลงบนดิน



รูปที่ 4.18 พื้นผิวของปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 9 หลังจากทิ้งบนดิน 2 เดือน



รูปที่ 4.19 พื้นผิวของปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 9 หลังจากทิ้งลงบนดิน 5 เดือน

จากรูปที่ 4.16-4.19 จะสังเกตเห็นรอยแตกที่ผิวของปุ๋ยตัวอย่าง และสีที่ผิวของปุ๋ยตัวอย่างเข้มขึ้น เมื่อทิ้งไว้บนดิน

จากรูปที่ 4.8-4.19 จะเห็นได้ว่าปุ๋ยตัวอย่างสูตรต่าง ๆ ให้ผลที่คล้ายคลึงกันคือ เกิดรอยแตกที่บริเวณผิวของปุ๋ยตัวอย่าง และสีของผิวเข้มขึ้น หลังจากทิ้งไว้บนดิน

4.10.4 <u>การเปลี่ยนแปลงลักษณะโดยทั่วไปของปุ๋ยตัวอย่าง</u>

ก่อนทิ้งลงดิน ปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 2 6 7 และ 9 มีลักษณะเป็นเม็ดแข็ง ทนแรงกระแทกได้ดีมาก ฉีกออกจากกันด้วยมือได้ยากมาก แต่ปุ๋ยสูตรที่ 6 ค่อนข้างจะมีความเปราะ มากกว่าสูตรอื่น ๆ

จากการสังเกตุการเปลี่ยนแปลงของปุ๋ยตัวอย่าง สูตรที่ 2 6 7 และ 9 ตลอด 5 เดือน และจากรูปถ่ายที่ได้ดังรูปที่ 4.20-4.32 พบว่าได้ผลที่คล้ายคลึงกัน คือ เมื่อเวลาผ่านไป สีของผิวจะค่อย ๆ เข้มขึ้น มีกลิ่นบูดเล็กน้อย (กลิ่นนี้จะเกิดรุนแรงถ้าแช่ไว้ในน้ำ) มีกลิ่นของแอมโมเนียที่ระเหยออกมาเล็กน้อย เนื้อปุ๋ยจะค่อย ๆ นิ่มตัวลง เม็ดปุ๋ยมีขนาดเล็กลง (ตารางที่ 4.13) และน้ำหนักลดลงเรื่อย ๆ (ตารางที่ 4.10) นอกจากนั้นเนื้อปุ๋ยยังสูญเสีย

ความแข็งแรงดิงไปด้วย คือ สามารถฉีกเนื้อปูนให้ขาดจากกันได้ง่าย

สำหรับความแตกต่างในลักษณะโดยทั่วไปของปูนตัวอย่างสูตรที่ 2 6 7 และ 9 เมื่อเวลาผ่านไป 5 เดือน พอสรุปได้ดังนี้

สูตรที่ 2 เนื้อปูนจะนิ่มคล้ายหมากฝรั่ง แต่เนื้อสามารถฉีกออกจากกัน หรือบดด้วยมือให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ละเอียดได้โดยง่าย เนื้อปูนมีสีน้ำตาลเข้มเนื้อภายในมีสีอ่อนกว่า มีกลิ่นบูดเกิดขึ้น

สูตรที่ 6 เนื้อปูนจะนิ่ม เนื้อปูนคล้ายเนื้อดินเหนียว สามารถบดขยี้ให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ได้โดยง่าย(ง่ายกว่าสูตรที่ 2) คล้าย ๆ กับการบดขยี้เนื้อดินเหนียว เมื่อขยี้ด้วยมือจะละเอียดเป็นชิ้นเล็ก ๆ และมีเม็ดดินเล็ก ๆ แตกออกมาด้วย เนื้อปูนมีสีดำอมเทา คล้ายสีของดินเหนียวโดยทั่วไป

สูตรที่ 7 เนื้อปูนจะนิ่มและเหนียว ๆ คล้ายกาวยาง ซึ่งสามารถฉีก หรือขยี้ด้วยมือออกจากกันได้ง่าย(ง่ายกว่าสูตรที่ 2) ผิวมีสีดำอมน้ำตาลเนื้อภายในมีสีอ่อนกว่า

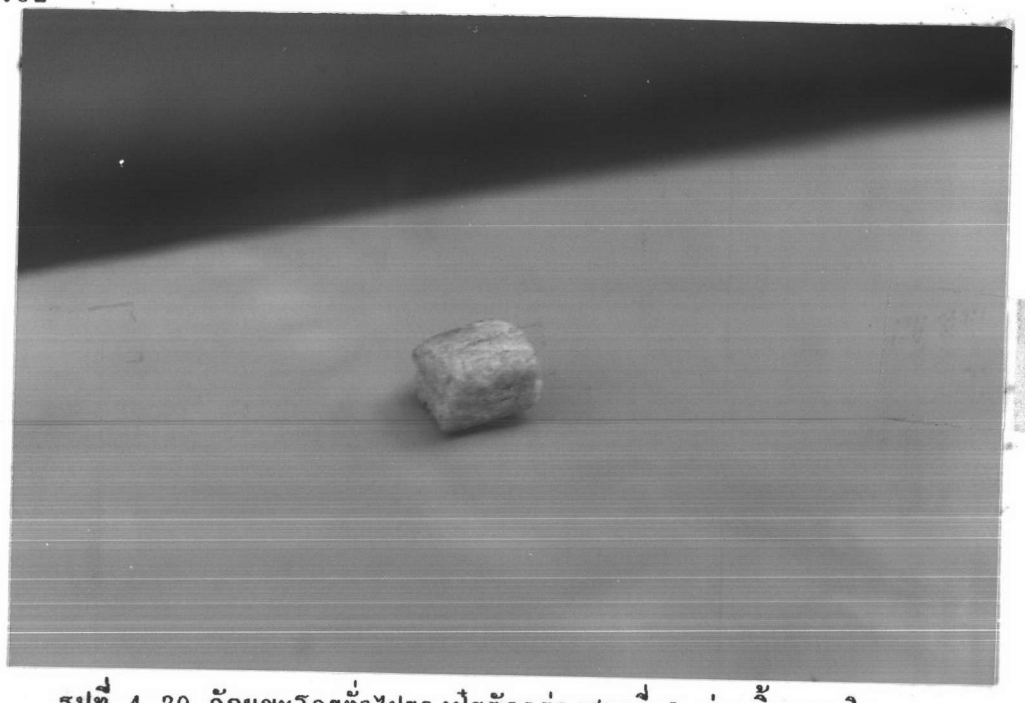
สูตรที่ 9 เนื้อปูนจะนิ่มคล้ายหมากฝรั่ง ลักษณะเม็ดปูนจะนุ่มและฟูขึ้น เนื้อปูนฉีกออกจากกันได้ด้วยมือง่ายขึ้น แต่แข็งแรงกว่าสูตรอื่น ๆ (สูตรนี้เมื่อทิ้งไว้ 7 เดือน จะมีลักษณะคล้ายกับสูตรที่ 2) ผิวมีสีน้ำตาลอ่อน ๆ ส่วนเนื้อภายในสีขาวอมเหลือง

ตารางที่ 4.13

แสดงปริมาตรปูนตัวอย่างสูตรต่าง ๆ เมื่อทิ้งไว้บนดิน ในเวลาต่าง ๆ

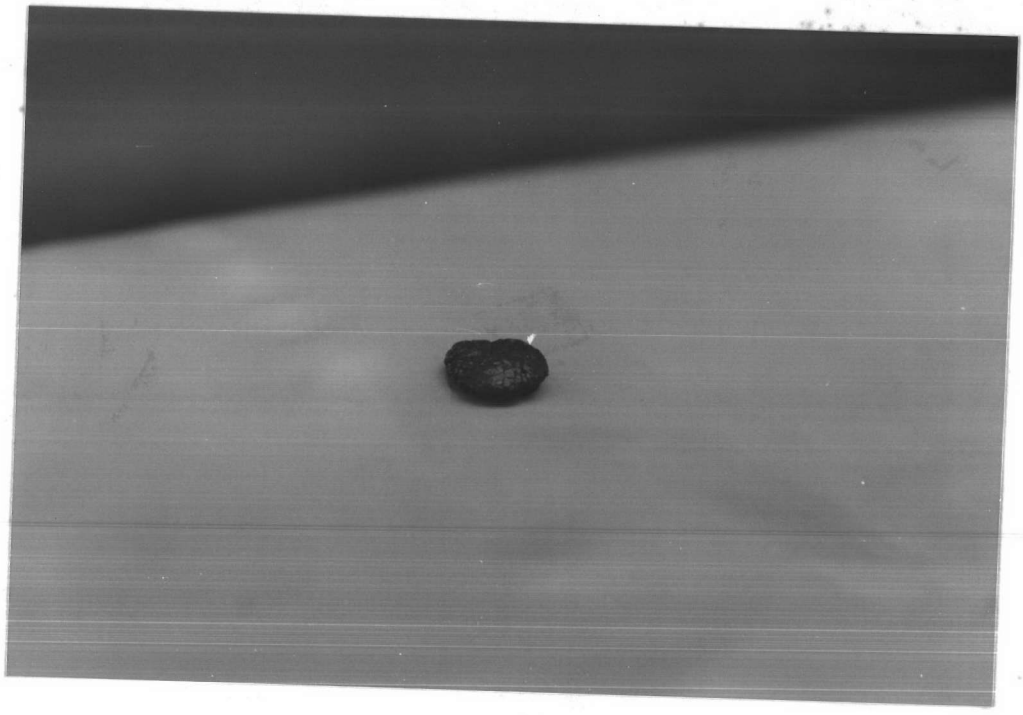
สูตรที่	ปริมาตรของปูนตัวอย่าง ที่เวลาต่าง ๆ (cm^3)		
	เริ่มต้น	ผ่านไป 2 เดือน	ผ่านไป 5 เดือน
2	0.7150	0.3099	0.1675
6	0.7235	0.2831	0.1525
7	0.7114	0.2722	0.1423
9	0.7255	0.4103	0.2409

สำหรับรูปถ่ายลักษณะของปุ๋ยตัวอย่างที่ผ่านการทิ้งบนดิน ณ เวลาต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 4.20-4.32



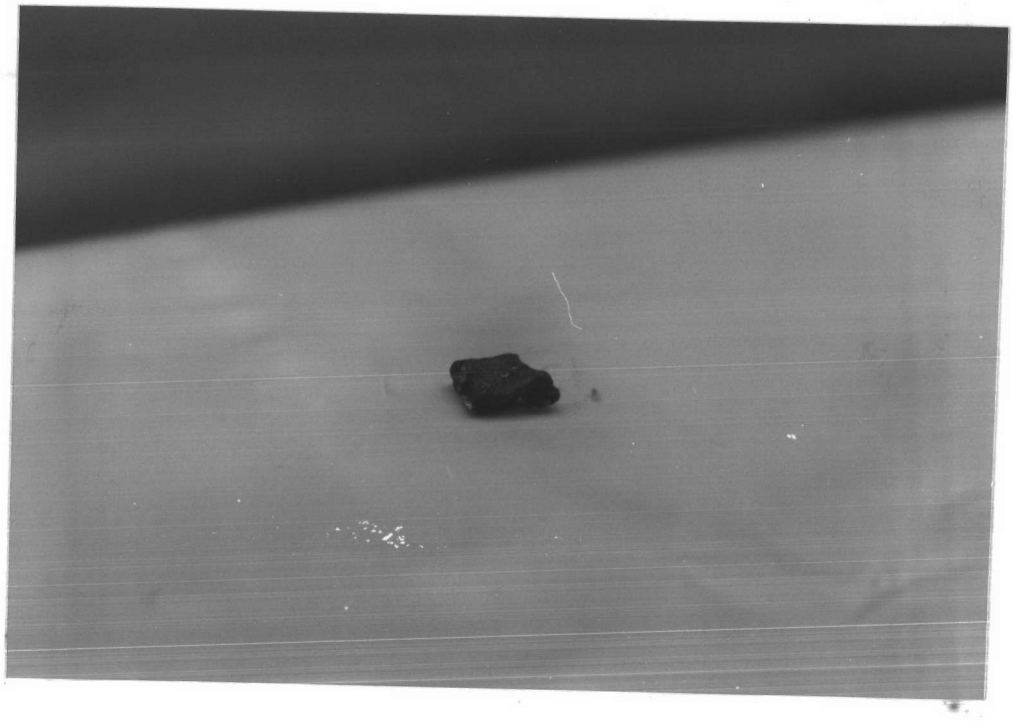
รูปที่ 4.20 ลักษณะโดยทั่วไปของปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 2 ก่อนทิ้งลงบนดิน

รูปที่ 4.21 ลักษณะโดยทั่วไปของปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 2 หลังทิ้งบนดิน 2 เดือน

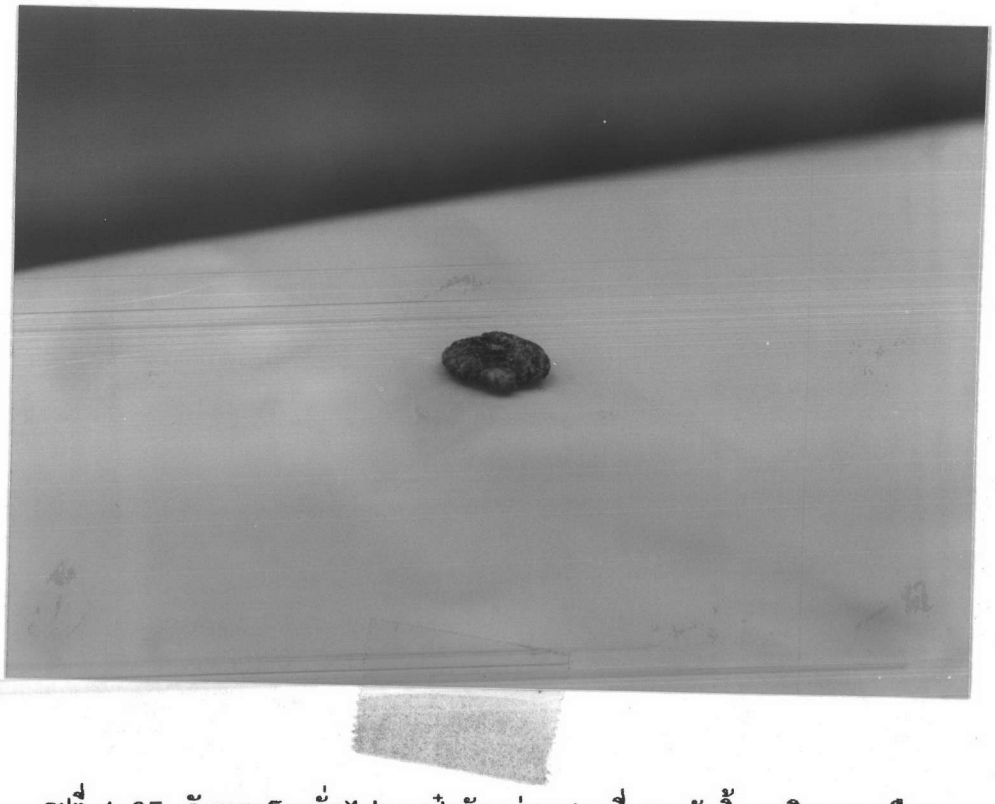


รูปที่ 4.22 ลักษณะโดยทั่วไปของปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 2 หลังทิ้งบนดิน 5 เดือน

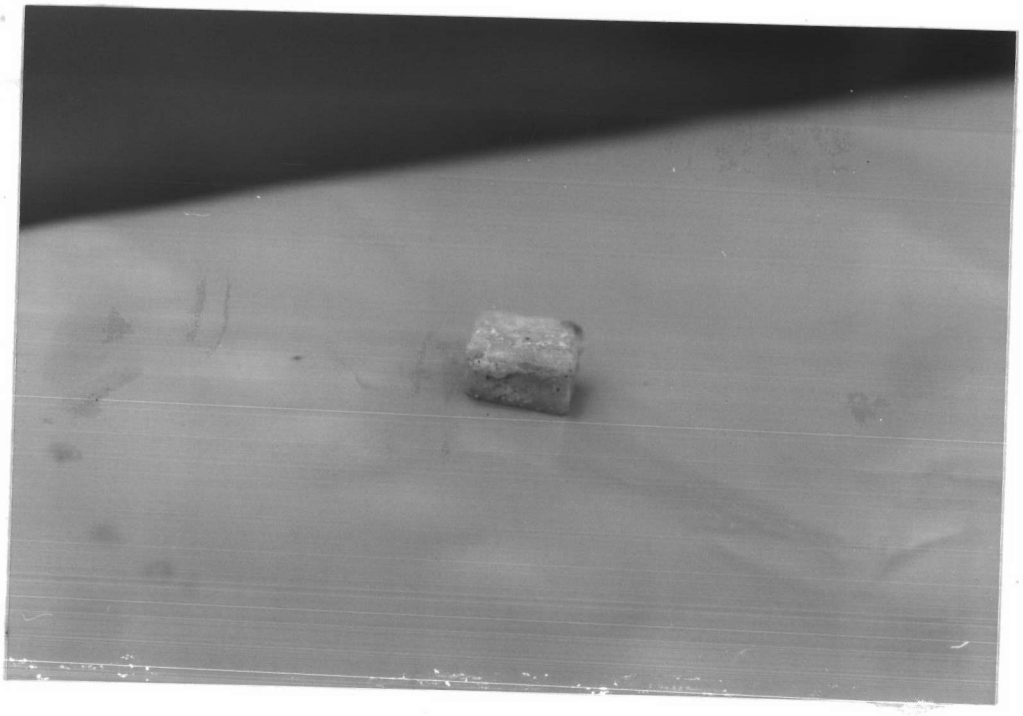
รูปที่ 4.23 ลักษณะโดยทั่วไปของปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 6 ก่อนทิ้งลงบนดิน



รูปที่ 4.24 ลักษณะโดยทั่วไปของปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 6 หลังทิ้งบนดิน 2 เดือน

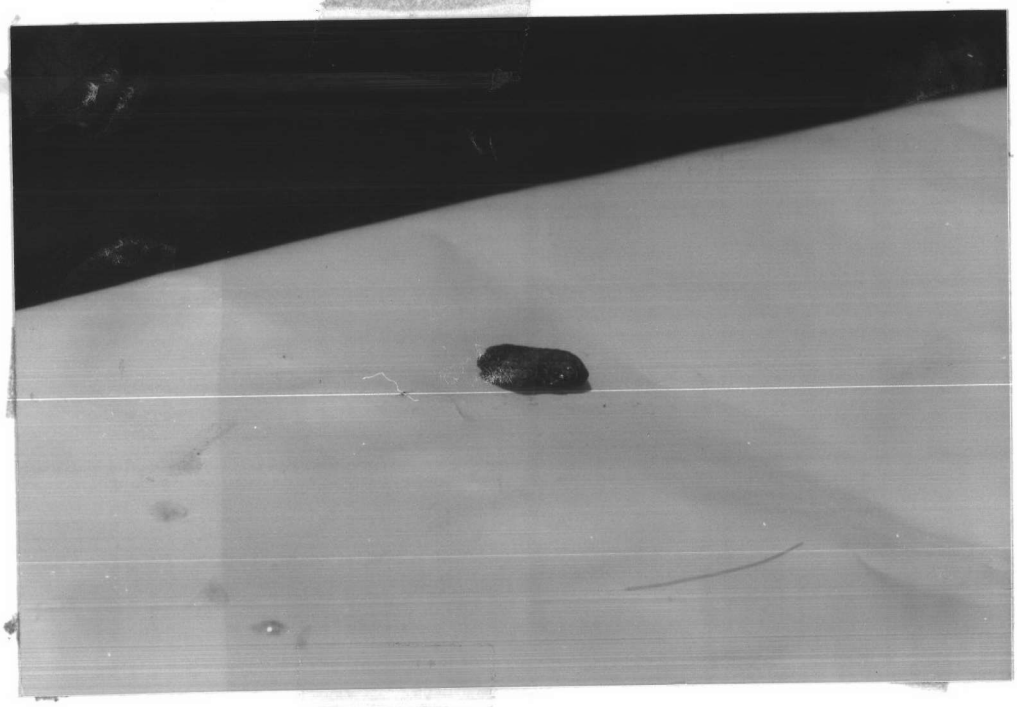


รูปที่ 4.25 ลักษณะโดยทั่วไปของปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 6 หลังทิ้งบนดิน 5 เดือน

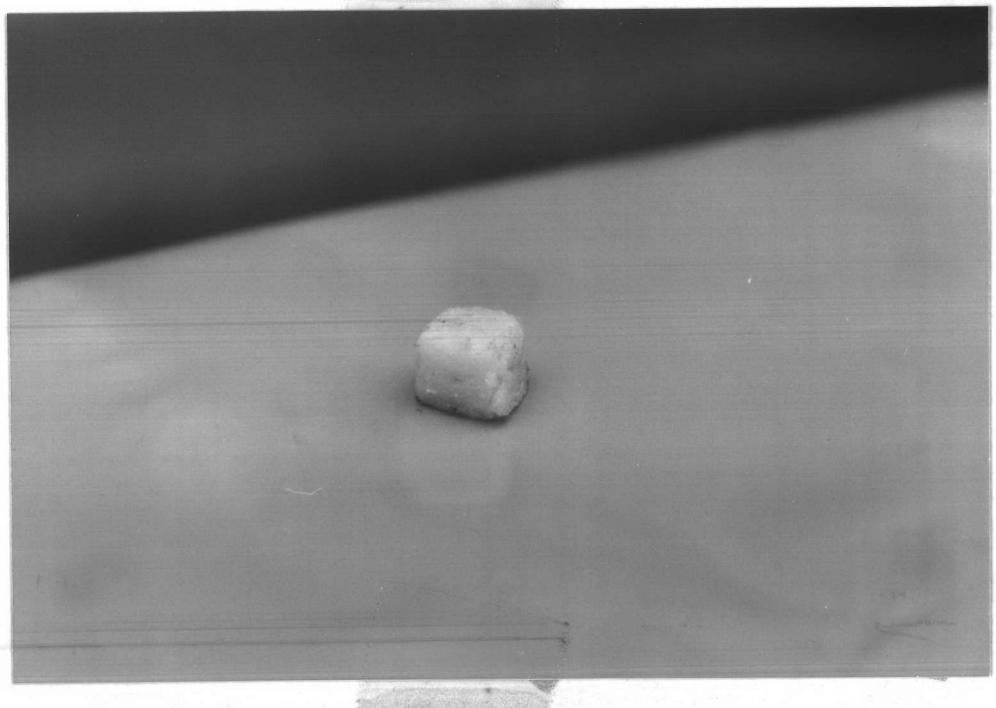


รูปที่ 4.26 ลักษณะโดยทั่วไปของปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 7 ก่อนทิ้งลงบนดิน

รูปที่ 4.27 ลักษณะโดยทั่วไปของปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 7 หลังทิ้งบนดิน 2 เดือน

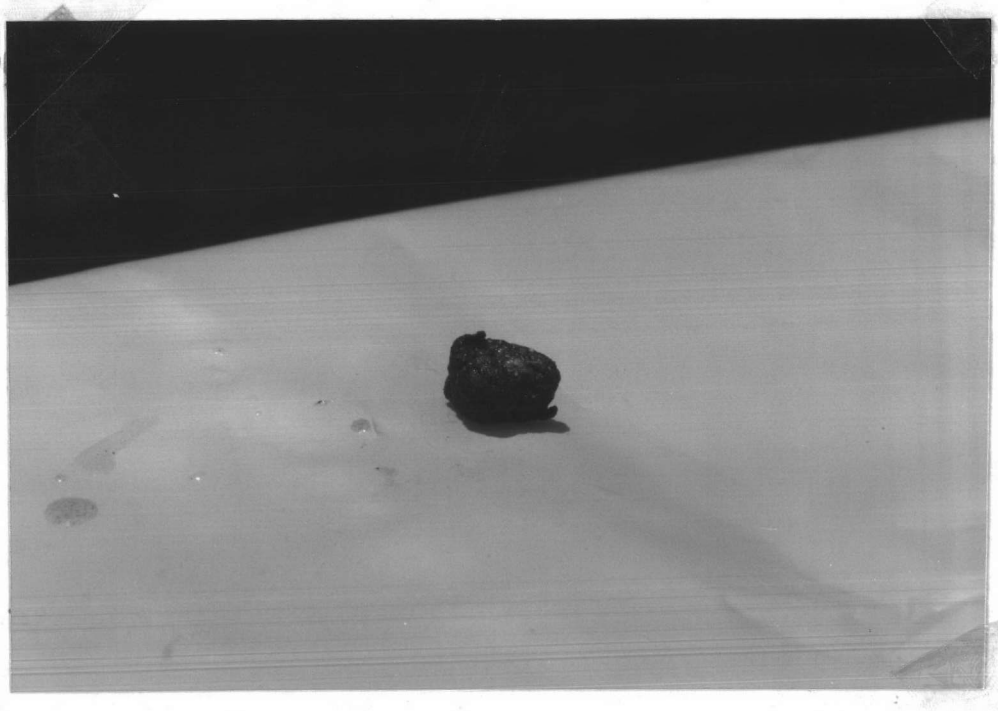


รูปที่ 4.28 ลักษณะโดยทั่วไปของปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 7 หลังทิ้งบนดิน 5 เดือน



รูปที่ 4.29 ลักษณะโดยทั่วไปของปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 9 ก่อนทิ้งลงบนดิน

รูปที่ 4.30 ลักษณะโดยทั่วไปของปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 9 หลังทิ้งลงบนดิน 2 เดือน



รูปที่ 4.31 ลักษณะโดยทั่วไปของปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 9 หลังทิ้งลงบนดิน 5 เดือน

จากผลการทดลองข้อ 4.10.1 4.10.3 และ 4.10.4 พบว่าปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 2 6 7 9 จะเกิดการเสื่อสภาพเมื่อทิ้งไว้บนดิน และจะเห็นได้ชัดว่าปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 9 มีการเสื่อมสภาพช้ากว่า สูตรอื่น ๆ ชัดเจนที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากสมบัติของยางธรรมชาติ ซึ่งแตกต่างจากยางสกิม (อ้างบทที่ 2 หัวข้อ...) โดยที่ยางสกิมมีสารเจือปนพวกสารอินทรีย์ ซึ่งเป็นอาหารของจุลินทรีย์ เจือปนอยู่มากกว่า จึงทำให้ปุ๋ยตัวอย่างเสื่อมสภาพได้เร็วกว่า นอกจากนั้นยังพบว่าปุ๋ยตัวอย่างใช้ดินเหนียวเป็นสารตัวเติม (สูตรที่ 6) และใช้แป้งมันสำปะหลัง (สูตรที่ 7) เป็นสารตัวเติม จะทำให้ปุ๋ยตัวอย่างเสื่อมสภาพได้เร็วขึ้น เนื่องจากดินเหนียวมีองค์ประกอบพวกสารอินทรีย์ ซึ่งสามารถละลายน้ำได้เจือปนอยู่ทำให้บางส่วนถูกชะล้าง หรือย่อยสลายไปได้ และจากการที่ดินเหนียวเข้ากับยางสกิมได้ไม่ดีเท่าที่ควร ทำให้เนื้อปุ๋ยมีความแข็งแรงของโครงสร้างลดลง จึงเสื่อมสภาพได้เร็วขึ้น ส่วนแป้งมันสำปะหลังนั้นดูดซึมน้ำได้ดี และสามารถย่อยสลายได้ง่ายด้วยจุลินทรีย์ทำให้โครงสร้างของปุ๋ยไม่แข็งแรง ดังนั้น จึงเป็นสาเหตุให้เนื้อปุ๋ยเสื่อมสภาพได้เร็วขึ้น (นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล, 2535)

การเสื่อมสภาพของปุ๋ยตัวอย่างดังกล่าว น่าจะมาจากสาเหตุหลายประการที่สำคัญ คือ

- การที่ยูเรียซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของเนื้อปุ๋ย (มีอยู่ประมาณ 80 %) สามารถละลายน้ำได้ดี และถูกปลดปล่อยออกจากปุ๋ยไป ทำให้โครงสร้างของเนื้อปุ๋ยไม่แข็งแรง
- สาเหตุจากสารตัวเติมต่าง ๆ ที่เติมเข้าไปดังกล่าวข้างต้น
- สิ่งเจือปนพวกสารอินทรีย์ในยางซึ่งย่อยสลายได้ง่าย ทำให้โครงสร้างของเนื้อปุ๋ยไม่แข็งแรง
- การเสื่อมสภาพของยางไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเกิดจากหลายสาเหตุดังบทที่ 2 หัวข้อ 2.1.4 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองข้อ 4.10.2 ที่พบว่ามวลโมเลกุลของยางในปุ๋ยตัวอย่างมีค่าลดลง