

การพัฒนากำลังของมอร์ต้าผสมเถ้าฟางข้าว

ถาวร อีระเวชญาน¹

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. ถาวร อีระเวชญาน

นักศึกษา : กิตติศักดิ์ ไชยบัณฑิตย์, นรินทร์ อินทรชี่น, สุรศักดิ์ ระเบียบโลก และสุเมธ เกียรติเมธา

1. บทคัดย่อ

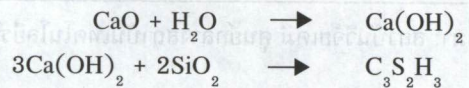
ฟางข้าวเป็นวัสดุที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวมีอยู่ในปริมาณมากในประเทศไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ บางครั้งมีการกำจัดกำจัดโดยการเผาทำลายซึ่งอาจส่งผลเสียหลายอย่างได้ จากการวิเคราะห์สารประกอบพบว่าเถ้าฟางข้าวมีปริมาณซิลิกอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นสารประกอบในปฏิกิริยา ปอซโซลาน โดยมีส่วนร้อยละ 53 โดยน้ำหนักเหมาะที่จะนำมาผสมในซีเมนต์ที่ถูกจำกัดเรื่องความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน การทดสอบกำลังอัดซีเมนต์มอร์ต้าจนถึง 130 วัน พบว่า ซีเมนต์ผสมเถ้าฟางมีการพัฒนากำลังอัดในอัตราสูงกว่าซีเมนต์ปกติ โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.68

2. Abstract

Rice straw is the almost unlimited material in Thailand. It's considered as the waste from rice harvest. Elimination by burning, which is the usual way the farmers do, sometimes causes trouble and risk of fire. This investigation found that rice strawash contains 53% by weight of silicon dioxide which lead to the pozzolanic reaction that develop strength gradually but reduce heat from hydration. The compression test of mortar mixed with rice straw ash cement was carried out up to 130 days of moist curing with the w/c ratio of 0.68

3. บทนำ

เถ้าฟางข้าวจัดได้ว่าเป็นสารปอซโซลาน (Pozzolanas) อย่างหนึ่ง คือ เป็นสารปอซโซลานสังเคราะห์ (Artificial Pozzolanas) ได้จากการกระบวนการทางความร้อน โดยการเผาวัตถุดิบทางธรรมชาติ ซึ่งได้แก่ดินเหนียว (Clay) หินดินดาน (Shale) หินที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบ ซี้เถ้าลอย ซี้เถ้าแกลบ เป็นต้น องค์ประกอบหลักของวัสดุปอซโซลาน คือ ออกไซด์ของซิลิกา หรือซิลิกาและอลูมินา ซึ่งโดยตัวของมันแล้วจะไม่มีคุณสมบัติในการยึดประสาน (Cementious Property) ถึงแม้ว่าสารปอซโซลานนั้นจะมีความละเอียดมากหรืออยู่ในสภาพที่มีความชื้นก็ตาม แต่ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) ในสารปอซโซลานจะทำปฏิกิริยาเคมีกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] ในน้ำปูน ที่อุณหภูมิปกติ ได้แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต ซึ่งมีกำลังสูงและเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาทางด้านกำลังของซีเมนต์เพสต์ ซึ่งเขียนสมการได้ดังนี้



เนื่องจากปฏิกิริยาที่เกิดกับสารปอซโซลานจะเกิดช้ากว่าการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration) ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ การพัฒนาทางด้านกำลังจึงดำเนินไปอย่างช้าๆ แต่ปฏิกิริยาชานี้ก็มี การคายความร้อนน้อยเมื่อมีสารปอซโซลานผสมแทนที่ซีเมนต์

¹อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

บางส่วน ปฏิกริยาไฮเดรชันจึงลดลงด้วยตามปริมาณซีเมนต์ที่ถูกแทนที่ จึงเหมาะกับการใช้ผสมคอนกรีตที่มีความหนามาก เช่น เชื้อน และฐานรากชนิด Mat Footing เพื่อลดผลกระทบจากการคายความร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแตกร้าวซึ่งจะเกิดตามมานอกจากนี้ปฏิกิริยาปอซโซลานเปลี่ยนแคลเซียมไฮดรอกไซด์ $[Ca(OH_2)]$ ซึ่งไม่เสถียรคือ

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของเถ้าฟางข้าว

องค์ประกอบทางเคมีในรูปของออกไซด์	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เถ้าฟางข้าว
ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2)	53.48
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	1.59
อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3)	0.57
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.50
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.12
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	0.19
โปแตสเซียมออกไซด์ (K_2O)	17.56
ไททาเนียมออกไซด์ (TiO_2)	0.001
ค่าการสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้ (Loss on Ignition)	0.43
ค่าความละเอียด (ซม. ² /กรัม) (Air Blaine Permeability)	3299
ค่าความถ่วงจำเพาะ (ASTM C188-84)	2.332

ที่มา: สถาบันวิจัยเคมี ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล(17มกราคม 2545)

เมื่อเปรียบเทียบส่วนประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับเถ้าฟางข้าวแล้ว พบว่าเถ้าฟางข้าวมีปริมาณของซิลิกา (SiO_2) อยู่สูงกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ซึ่งมีอยู่ในปริมาณ 17-25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ละลายน้ำได้ โดยทำปฏิกิริยากับซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) ที่ไม่ละลายน้ำ ทำให้ลดการซึมได้ของน้ำในคอนกรีต

4. คุณสมบัติทางเคมี

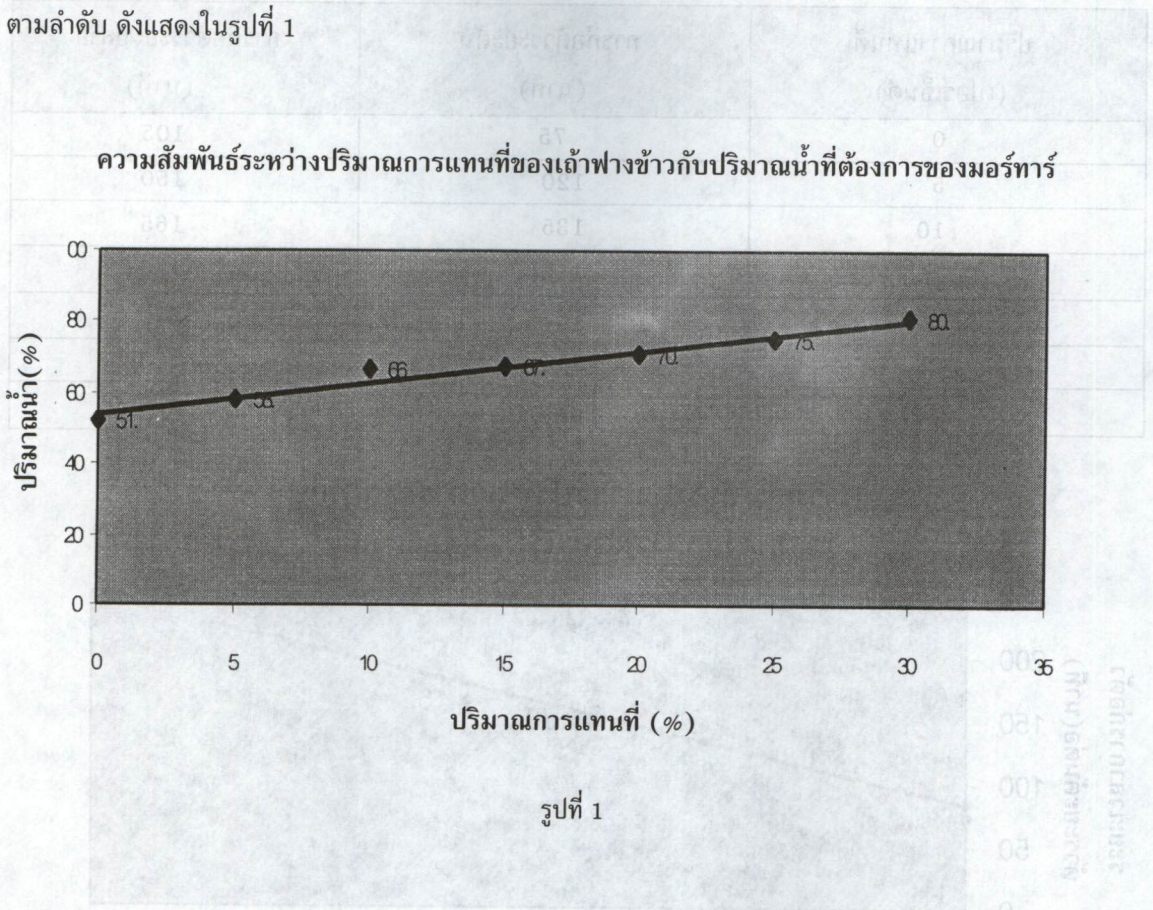
เถ้าฟางมีส่วนประกอบทางเคมีหลัก คือ ออกไซด์ของซิลิกา แคลเซียม อะลูมินา และเหล็ก ดังนี้

5. คุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าฟางข้าว

- อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ผสมเถ้าฟาง

การหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมสำหรับมอร์ต้า ใช้การทดสอบค่าการไหลแผ่ของมอร์ต้าในอัตราส่วน 0, 5, 10, 15, 20, 25, และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก หนึ่งส่วนต่อทราย 2.75 ส่วน โดยกำหนดค่าการไหล

แผ่เท่ากับ 110+5 เปอร์เซ็นต์ ตามมาตรฐาน ASTM C 230-83 ได้ปริมาณน้ำที่ต้องการเท่ากับ 0.519, 0.583, 0.667, 0.673, 0.709, 0.754 และ 0.808 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 1



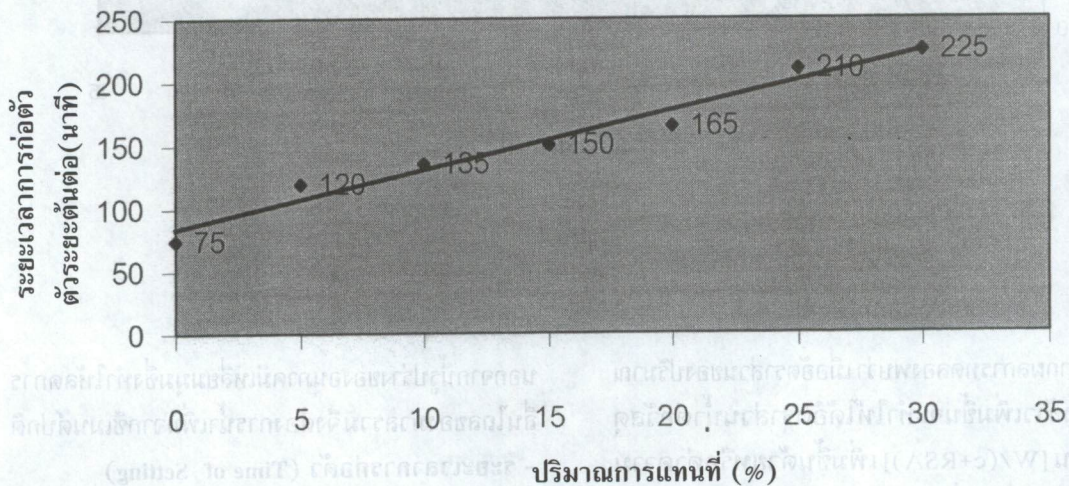
จากผลการทดลองพบว่า เมื่ออัตราส่วนของปริมาณเถ้าฟางข้าวเพิ่มขึ้นจะทำให้ได้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน [W/(c+RSA)] เพิ่มขึ้นด้วยหรือค่าความชื้นเหลวลดลง เนื่องจากอนุภาคของเถ้าฟางข้าวอยู่ในสภาพที่แห้งจึงมีการดูดซึมน้ำได้ในทำนองเดียวกับมวลละเอียด (Fine Aggregate) โดยมีน้ำปริมาณหนึ่งแทรกอยู่ในอนุภาคเถ้าฟางที่ทำให้เถ้าฟางมีความชื้นแบบอิ่มตัวผิวแห้ง (Saturate surface dry) และต้องสมมติว่าความชื้นส่วนนี้ไม่รวมในปฏิกิริยาไฮเดรชัน

นอกจากนี้รูปร่างของอนุภาคมีเหลี่ยมมุมซึ่งทำให้ลดการลื่นไถลของมวลรวมจึงต้องการน้ำเพิ่มจากซีเมนต์ปกติ - ระยะเวลาการก่อตัว (Time of Setting) ระยะเวลาการก่อตัว ทดสอบโดยวิธีใช้เข็มไวแคทตามมาตรฐาน ASTM C 191 การหาค่าระยะเวลาในการก่อตัวของเพสต์ในอัตราส่วนเถ้าฟางข้าวต่อปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ที่ 0, 5, 10, 15, 20, 25, และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังแสดงในตารางที่ 2 และในรูปที่ 2

ตารางที่ 2 ระยะเวลาในการก่อตัวของเพสต์

ปริมาณการแทนที่ (เปอร์เซ็นต์)	การก่อตัวระยะต้น (นาที)	การก่อตัวระยะปลาย (นาที)
0	75	105
5	120	150
10	135	165
15	150	180
20	165	210
25	210	240
30	225	255

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการแทนที่กับ
ระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นของเพสต์



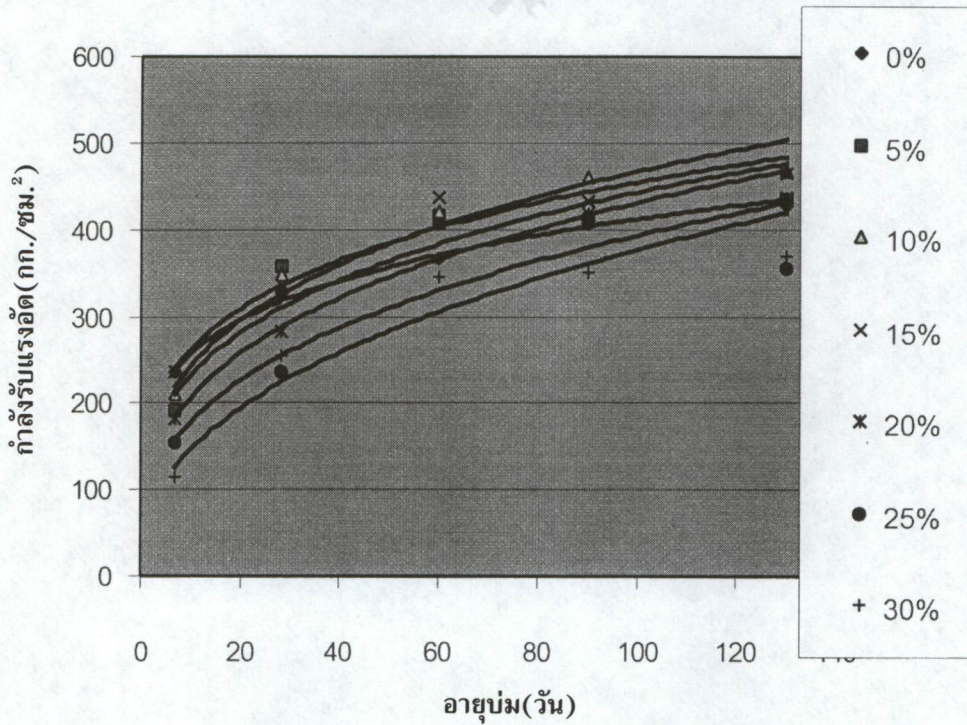
รูปที่ 2 ระยะเวลาในการก่อตัวของเพสต์

จากตารางที่ 2 และรูปที่ 2 พบว่า ระยะเวลาในการก่อตัวจะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณของเถ้าฟางข้าวเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากการแทนที่ของเถ้าฟางข้าวบางส่วนทำให้ปริมาณของปูนซีเมนต์ลดลงเป็นการลดสารที่จะทำปฏิกิริยาไฮเดรชันลงเถ้าฟางข้าวเป็นสารปอซโซลานซึ่งไม่ทำปฏิกิริยาไฮเดรชันลงเถ้าฟางข้าวเป็นสารปอซโซลานซึ่งไม่ทำปฏิกิริยากับ

น้ำในทันทีจึงทำให้ระยะเวลาในการก่อตัวนานขึ้น - กำลังรับแรงอัด ในรูปเป็น ยูนิตแกลกซ์และเอจ กำลังรับแรงอัด คือ การต้านทานต่อแรงอัดของมอร์ตาร์ขนาด 50x50x50 มิลลิเมตร ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C109

ตารางที่ 3 กำลังอัดของมอร์ตาร์

ปริมาณการแทนที่ของเถ้าฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์)	ทราย	W/(C+RSA)	กำลังรับแรงอัด(กก./ซม. ²)				
			7 วัน	28 วัน	60 วัน	90 วัน	130 วัน
0	2.75	0.68	235	328	367	406	428
5	2.75	0.68	191	358	416	411	435
10	2.75	0.68	209	347	421	460	467
15	2.75	0.68	235	337	436	433	464
20	2.75	0.68	181	283	406	417	436
25	2.75	0.68	154	235	407	413	355
30	2.75	0.68	115	254	346	350	369



รูปที่ 3 กำลังอัดของมอร์ต้า

6. สรุปผลการทดลอง

จากผลการศึกษา สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1. เถ้าฟางข้าวที่ได้มีปริมาณของซิลิกา (SiO₂) อยู่ประมาณสูงถึง 53.48 เปอร์เซ็นต์ เมื่อบดให้

ละเอียด สามารถผสมซีเมนต์

2. เมื่อปริมาณการแทนที่เถ้าฟางข้าวเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ระยะเวลาการก่อตัวของเพสต์นานขึ้น

3. ค่าการไหลแผ่ของมอร์ต้าจะลดลงเมื่อ

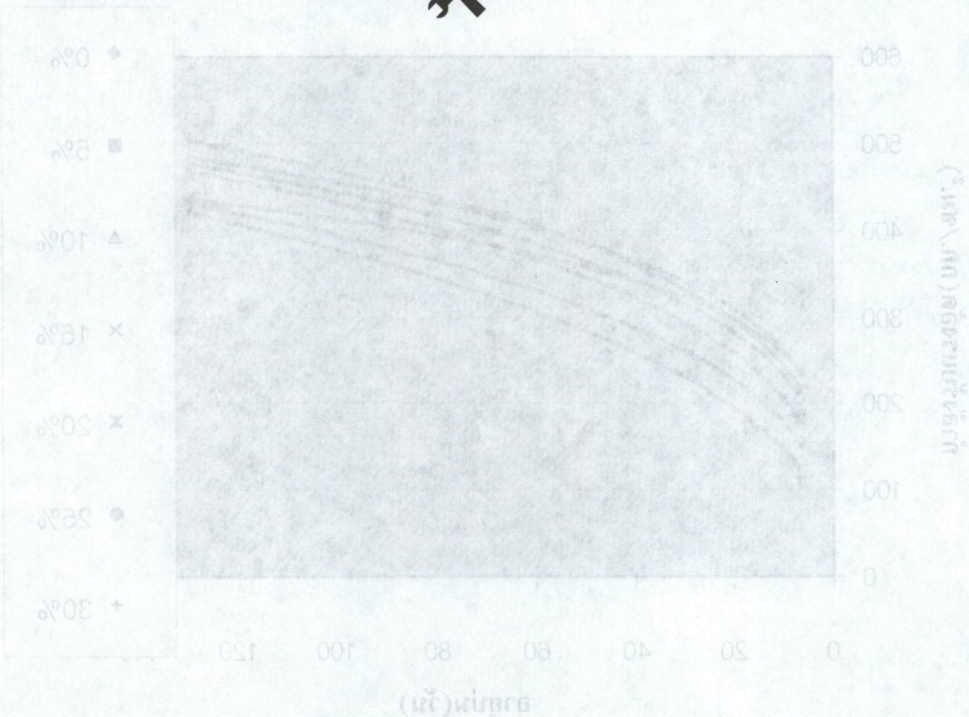
ปริมาณการแทนที่ของเถ้าฟางข้าวเพิ่มมากขึ้น

4. กำลังอัดของมอร์ต้าจะต่ำในระยะเริ่มแรก และกำลังจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการบ่มนานขึ้น กำลังอัดของมอร์ต้าผสมด้วยเถ้าฟางข้าวในอัตราส่วนร้อยละ 10 และร้อยละ 15 ซึ่งทำให้ลูกบาศก์มอร์ต้ารับแรงอัดสูงสุด

จากผลการทดลองที่ได้ พบว่าเถ้าฟางข้าวสามารถนำมาทดแทนปูนซีเมนต์ได้ในอัตราส่วนการแทนที่ร้อยละ 5 ถึง 15 โดยน้ำหนักเนื่องจาก

การพัฒนากำลังของลูกบาศก์มอร์ต้าสูงกว่าอัตราส่วนการแทนที่เถ้าฟางข้าวร้อยละ 0 ที่อายุเฉลี่ยประมาณ 28 วัน ถือว่าเป็นระยะเวลาที่ยอมรับได้สำหรับงานก่อสร้างที่ไม่ต้องการรับกำลังมากนัก และยังมีการพัฒนากำลังที่สูงขึ้นเมื่ออายุนานขึ้น ส่วนอัตราการแทนที่ร้อยละ 20, 25 และ 30 ยังมีกำลังอัดต่ำกว่ามอร์ต้าปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ แต่ปฏิบัติการปอชโซลานยังดำเนินต่อและมีอัตราการเพิ่มของกำลังอัดสูงกว่ามอร์ต้าปอร์ตแลนด์ซีเมนต์

38.5	41.8	40.7	53.5	12.4	0.88	37.5	35
38.5	38.0	34.6	35.4	11.5	0.88	37.5	30



ค่าเฉลี่ยและค่าเฉลี่ย (kg/cm²) 8 วัน

ผลตรวจการทดสอบ

โดยนายวิชาญพรคุณ เสด็จอิมงอ

โดยศาสตราจารย์ดร.พรคุณพรคุณพรคุณพรคุณพรคุณพรคุณพรคุณ

แล้งแต่จะเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาบ่ม

มีปัจจัยดังนี้

การเพิ่มปริมาณเถ้าฟางข้าวในอัตราส่วน

(0.2) การศึกษาและเปรียบเทียบ

การเพิ่มปริมาณเถ้าฟางข้าวในอัตราส่วน

ที่โดยนายวิชาญพรคุณ เสด็จอิมงอ

การเพิ่มปริมาณเถ้าฟางข้าวในอัตราส่วน