ศูนย์บริการเอกสารการวิจัยฯ
RP1991/871
Development of natural

ว.30-04/รายงานฉบับที่ 3

โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางพารา ส่วนที่ 1 : การทดลองใช้แผ่นวัสดุรองบ่อตกเกลือ

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

โดย

เกศรา นุตาลัย

บุญชัย ตระกูลมหชัย

ประวาลวรรณ สิทธิไตรย์

ศิลปชัย อรัญยะนาค

เพิ่มสุข มาทะ

มนัส อาฒยะพันธ์

กรรณิการ์ สถาปิตานนท์

บุญเชิด ประเสริฐพงศ์

สมชาย ประดิษฐ์ศิลป์

20 DEC 1991

รายงานฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้พิมพ์โดย

ผู้ว่าการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

(ดร.สันทัด โรจนสุนทร)

ผู้ว่าการ

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

โครงการวิจัย ที่ ภ. 30-04
โครงการการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางพารา

รายงานฉบับที่ 3
โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางพารา
ส่วนที่ 1 :การทดลองใช้แผ่นวัสดุรองบ่อหกเกลือ

โดย
เกศรา นุตาลัย
บุญชัย ตระกูลมหชัย
ประวาลวรรณ สิทธิไตรย์
ศิลปชัย อรัญยะนาค
เพิ่มสุข มาทะ
มนัส อาทยะพันธ์
กรรณิการ์ สถาปิตานนท์
บุญเชิด ประเสริฐพงศ์
สมชาย ประดิษฐ์ศิลป์

บรรณาธิการ
วัลย์ลดา หงส์ทอง
นฤมล รื่นไวย์

วท., กรุงเทพฯ 2534
สงวนลิขสิทธิ์

สารบาญ

	หน้า
คำนำ	ก
ABSTRACT	1
บทคัดย่อ	3
1. บทนำ	5
1.1 ระบบการผลิตเกลือจากน้ำทะเลในประเทศไทย	5
1.2 การใช้วัสดุรองบ่อตกเกลือ	9
1.3 วัตถุประสงค์และแผนการทดลอง	11
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	12
2.1 แผ่นวัสดุและคุณสมบัติ	12
2.2 อุปกรณ์	14
2.3 วิธีการทดลอง	14
3. ผลการทดลองใช้วัสดุรองบ่อตกเกลือ	19
3.1 ผลกระทบของการใช้วัสดุรองบ่อตกเกลือต่อปริมาณเกลือที่ตกได้	19
3.2 การเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติแผ่นวัสดุภายหลังใช้รองบ่อตกเกลือ	20
4. วิจารณ์	24
5. สรุปและข้อเสนอแนะ	27
6. คำขอบคุณ	30
7. เอกสารอ้างอิง	31

สารบาญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1. สูตรผสมแผ่นยาง 12
ตารางที่ 2. องค์ประกอบเคมีของน้ำเกลือ 20 $^{o}Be'$ ซึ่งใช้ในการทดลอง 15
ตารางที่ 3. ขนาดภายในของกระบะไม้ 16
ตารางที่ 4. ปริมาณเกลือที่ตกได้ เมื่อใช้วัสดุต่าง ๆ ปูรองกระบะไม้ทดลอง ตกเกลือที่ วห. 19
ตารางที่ 5. ปริมาณเกลือที่ตกได้ เมื่อใช้วัสดุต่าง ๆ ปูรองบ่อตกเกลือที่ จ.สมุทรสาคร 20
ตารางที่ 6. คุณสมบัติแผ่นยางที่ใช้ปูรองบ่อตกเกลือก่อนและหลังการใช้ 21
ตารางที่ 7. คุณสมบัติแผ่น PE ที่ใช้ปูรองบ่อตกเกลือก่อนและหลังการใช้ 22
ตารางที่ 8. คุณสมบัติแผ่น PVC ที่ใช้ปูรองบ่อตกเกลือก่อนและหลังการใช้ 23
ตารางที่ 9. ค่าเฉลี่ยของปริมาณเกลือที่ตกได้ เมื่อใช้วัสดุต่าง ๆ ปูรองบ่อตกเกลือ 24
ตารางที่ 10. ค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่าง ๆ ภายหลังการใช้ตกเกลือ 26
ตารางที่ 11. เปรียบเทียบราคาวัสดุซึ่งใช้ทดลองปูรองบ่อตกเกลือ 27
ตารางที่ 12. สรุปการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านแรงดึงและความยืดที่จุดขาด ของแผ่นวัสดุภายหลังการใช้ 28

สารบาญภาพ

หน้า

รูปที่ 1. ลักษณะนาเกลือของกลุ่มชาวนาเกลือ จ.สมุทรสาคร 6
รูปที่ 2. ตัวอย่างขั้นตอนการเตรียมผิวดินและกระบวนการตกเกลือในนาเกลือ 8
รูปที่ 3. บ่อทดลองบนพื้นดินที่โรงงาน ป.เกลือพัฒนชัย 17
รูปที่ 4. บ่อทดลองบนพื้นคอนกรีตที่โรงงาน ป.เกลือพัฒนชัย 18

คำนำ

จากการประชุมวุฒิสภา ชุดที่ 4 ครั้งที่ 2/2528 (สมัยสามัญ) เมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม 2528 ที่ประชุมได้พิจารณารายงานผลการศึกษาอุปสรรค ตลอดจนแนวทางการแก้ปัญหาและข้อเสนอแนะในเรื่องยางธรรมชาติตกต่ำ ของคณะกรรมาธิการเกษตรและสหกรณ์, และได้มีมติให้ส่งรายงานของคณะกรรมาธิการฯ ต่อคณะรัฐมนตรีเพื่อพิจารณามอบหมายให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการต่อไป. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน (วทพ.) ได้รับมอบหมายให้ดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้องตามหนังสือจากสำนักงานเลขาธิการคณะรัฐมนตรี ลงวันที่ 17 มิถุนายน 2528, และวทพ.ได้มอบให้สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) ดำเนินการเร่งรัดการค้นคว้า, ทดลอง และพัฒนาเทคโนโลยีการใช้ยางธรรมชาติในอุตสาหกรรม เพื่อส่งเสริมการใช้ยางธรรมชาติให้มากขึ้น พร้อมทั้งเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติด้วย.

วท. ได้จัดตั้งคณะทำงานโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติ ซึ่งได้พิจารณาเห็นว่าการผลิตแผ่นยางเพื่อปูรองบ่อตกเกลือ จะเป็นการนำยางธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ได้มาก รวมทั้งจะช่วยเพิ่มมูลค่าของยางธรรมชาติอีกด้วย. ในปี 2530 วท. ได้ดำเนินการขั้นต้นโดยการสำรวจ, รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวกับการใช้แผ่นยางรองบ่อน้ำ ดังรายงานในรายงานฉบับที่ 1, โครงการวิจัยที่ ภ. 30-04 "การศึกษาสภาวการณ์และปัญหาด้านเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมยางรองบ่อน้ำ", โดยแยกพิมพ์เป็น 2 ส่วนคือ "ส่วนที่ 1: การศึกษาสภาวการณ์และปัญหาด้านเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมยางรองบ่อน้ำ" และ "ส่วนที่ 2: การสำรวจข้อมูลวัสดุรองบ่อน้ำ". ในปี 2531 วท. ได้ร่วมกับกรมพัฒนาชุมชน, กระทรวงมหาดไทยและโรงงานแสงไทยผลิตยาง จำกัด ดำเนินการทดลองผลิตแผ่นยางและใช้ปูสระน้ำจำนวน 7 แห่ง ดังรายละเอียดในรายงานฉบับที่ 2, โครงการวิจัยที่ ภ.30-04 ซึ่งแยกพิมพ์เป็น 2 ส่วนเช่นกันคือ "ส่วนที่ 1: การทดลองผลิตและติดตั้งแผ่นยางธรรมชาติรองสระน้ำ" และ "ส่วนที่ 2: ข้อมูลการดำเนินงานเพื่อติดตั้งแผ่นยางธรรมชาติรองสระน้ำ" และการตรวจสภาพหลังการดำเนินงานพร้อมทั้งภาพประกอบขณะดำเนินการ.

ในปี 2532 วท. ได้ทดลองใช้แผ่นยางปูรองบ่อตกเกลือเปรียบเทียบกับวัสดุอื่น ๆ ได้แก่ พลาสติก, คอนกรีต และกระเบื้อง โดยทดสอบปริมาณเกลือที่ตกและการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุภายหลังการใช้ปูรองมีรายละเอียดในรายงานฉบับที่ 3, โครงการวิจัยที่ ภ.30-04 ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ "ส่วนที่ 1: การทดลองใช้แผ่นวัสดุรองบ่อตกเกลือ" และ "ส่วนที่ 2: ข้อมูลการดำเนินงานทดลองใช้แผ่นวัสดุรองบ่อตกเกลือ".

From the results, it is noted that the amounts of salts crystallized in the ponds using different linings are comparable. The changes in properties after use of both rubber and plastics are not much different, except for PE which elongation at break is quite high in spite of its 50 % decrease in tensile strength. Plastics are considered to be more advantage to be used as lining due to their low costs, especially PVC which properties are fairly good and not much decreased after use. Natural rubber cost is fairly higher than plastics with the same efficient use. However, if natural rubber is to be used for lining salt ponds in the future, more study should be carried on to improve the rubber production for cost reduction and working resistance upgrading.

โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางพารา :
ส่วนที่ 1 : การทดลองใช้แผ่นวัสดุรองบ่อตกเกลือ

โดย เกศรา นุตาลัย*, บุญชัย ตระกูลมหชัย*, ประวาลวรรณ สิทธิไตรย์#,
ศิลปชัย อรัญยะนาค**, เพิ่มสุข มาทะ*, มนัส อาฆยะพันธ์*,
กรรณิการ์ สถาปิตานนท์*, บุญเชิด ประเสริฐพงศ์* และสมชาย ประดิษฐ์ศิลป์*

บทคัดย่อ

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) ได้ทดลองใช้แผ่นยางที่มียางธรรมชาติผสมกับยางรีเคลมปูรองบ่อตกเกลือ ทั้งนี้เพื่อช่วยพัฒนาผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติและพัฒนากระบวนการผลิตเกลือสมุทรด้วย. วิธีดังกล่าวจะช่วยลดเวลาในการเตรียมผิวดิน ดังนั้นจึงลดเวลาการผลิตเกลือให้น้อยลงด้วย. นอกจากนี้ยังทำให้เกลือที่ได้มีความสะอาดมากกว่าเดิมด้วย เนื่องจากไม่สัมผัสกับผิวดิน. วท. ได้ทดลองตกเกลือที่บริเวณ วท. และบริเวณนาเกลือ จ.สมุทรสาคร โดยใช้แผ่นยาง, แผ่นพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE), แผ่นพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC), แผ่นกระเบื้องเคลือบ และแผ่นคอนกรีตโดยควบคุมและวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ คือ ความเข้มข้นของน้ำเกลือ, ความหนาของน้ำเกลือในบ่อ, เวลาการตกเกลือ, อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ. หลังจากการทดลองได้วัดหาปริมาณเกลือที่ตก, คุณสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นวัสดุก่อนและหลังการใช้งาน (เฉพาะแผ่นยางและพลาสติก). สำหรับแผ่นยาง คุณสมบัติที่วิเคราะห์ได้แก่ ความต้านแรงดึง, ความยืดที่จุดขาด, ความต้านแรงเชื่อมที่รอยต่อและการเสื่อมสภาพของยางโดยวิธีเร่งสภาวะ. สำหรับแผ่นพลาสติกได้แก่ ความต้านแรงดึง, ความยืดที่จุดขาด, ความต้านแรงกระแทก (เฉพาะแผ่น PE), และความทนทานต่อการฝังดิน (เฉพาะแผ่น PVC).

จากการทดลองพบว่าปริมาณเกลือที่ได้จากบ่อตกเกลือรองด้วยวัสดุทั้งห้าชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน. การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของยางและพลาสติกภายหลังการใช้งานไม่แตกต่างกัน, ยกเว้นแผ่น PE ซึ่งมีค่าความยืดที่จุดขาดค่อนข้างสูงและไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก, แต่ความต้านแรงดึงนั้น

---

* สาขาวิจัยอุตสาหกรรมเคมี, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยรังสิต

** บริษัทธนสหพล จำกัด

ลดลงมากถึงเกือบร้อยละ 50. อย่างไรก็ดี แผ่นพลาสติกมีข้อได้เปรียบในเรื่องราคาซึ่งถูกกว่าวัสดุอื่น ๆ มาก, โดยเฉพาะแผ่น PVC นั้นมีคุณสมบัติที่ดีพอใช้และคุณสมบัติภายหลังการใช้ลดลงไม่มาก. ส่วนยางธรรมชาตินั้นมีราคาปานกลางและประสิทธิภาพการใช้งานไม่แตกต่างกับพลาสติก. หากจะใช้แผ่นยางปูรองบ่อนาเกลือต่อไป ควรมีการศึกษาปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มคุณภาพความทนทานต่อการใช้งานให้ดีขึ้นกว่าพลาสติก.

1.) บทนำ

เกลือใช้ในประเทศ ปัจจุบันได้มาจากน้ำทะเลและเกลือสินเธาว์ในแหล่งตะวันออกเฉียง-เหนือ โดยใช้กระบวนการผลิตต่าง ๆ กัน ขึ้นกับแหล่งที่มาของเกลือ, เช่น เกลือทะเลมักใช้พลังแสงแดดในการผลิต, ส่วนเกลือสินเธาว์หรือจากบ่อเกลือนั้นต้องขุดหรือสูบขึ้นมา อาจใช้พลังแสงแดดหรือใช้เครื่องระเหยน้ำ เพื่อให้เกลือตกผลึกเร็วขึ้น. เทคโนโลยีการผลิตเกลือมีสรุปในรายงาน (นุตาลัยและคณะ 2529). เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการทดลองใช้แผ่นวัสดุรองบ่อตกเกลือ ซึ่งใช้พลังแสงอาทิตย์ในการระเหยน้ำและตกเกลือ, รายงานจึงจะกล่าวเฉพาะถึงรายละเอียดของการผลิตเกลือจากน้ำทะเลและโดยใช้พลังแสงแดดต่อไป.

1.1 ระบบการผลิตเกลือจากน้ำทะเลในประเทศไทย

การผลิตเกลือจากน้ำทะเล (เกลือสมุทร) ในประเทศไทยในปัจจุบันนี้อาศัยความร้อนจากดวงอาทิตย์, ดังนั้นจึงนิยมทำกันในช่วงเดือนพฤศจิกายน จนสิ้นเดือนเมษายน แต่ก็ไม่แน่นอนทั้งนี้ขึ้นกับสภาพดินฟ้าอากาศ หากเห็นว่าสภาพดินฟ้าอากาศเหมาะสมก็จะเริ่มทำ (ผิวนิล และคณะ 2521).

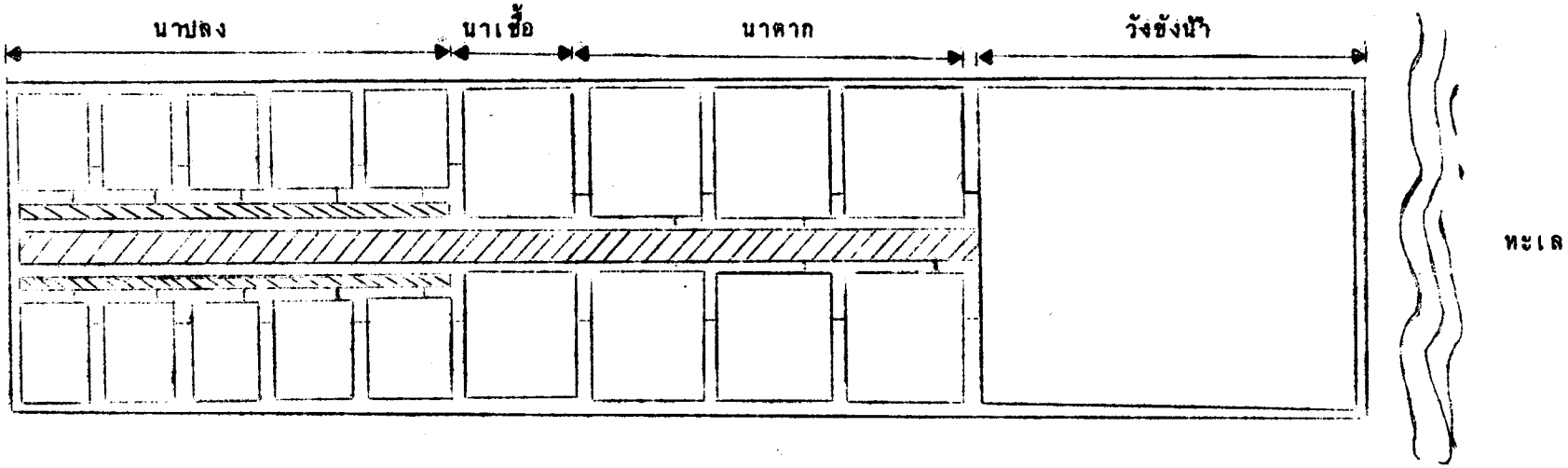
ขั้นตอนการผลิตเกลือสมุทรในจังหวัดต่าง ๆ มีความคล้ายคลึงกัน โดยจะแบ่งพื้นที่นาเกลือออกเป็นส่วน ๆ แต่ละส่วนเรียกว่า "กระทง". แต่ละกระทงถูกใช้งานแตกต่างกัน, กระทงต่าง ๆ จะเรียงติดกัน และมีช่องทางที่น้ำเกลือสามารถไหลผ่านจากกระทงหนึ่งไปยังอีกกระทงหนึ่งได้.

นาเกลือหนึ่ง ๆ จะประกอบด้วยกระทงต่าง ๆ ดังนี้ (รูปที่ 1) (นุตาลัย และคณะ 2521).

กระทงวังขังน้ำ

เป็นกระทงที่มีขนาดใหญ่ที่สุดอยู่ติดทะเลหรือคลองส่งน้ำทะเล. กระทงวังขังน้ำนี้เป็นกระทงแรกที่น้ำทะเลเข้าสู่ระบบการผลิตเกลือ น้ำทะเลจะถูกตากอยู่ในกระทงนี้จนมีความเข้มข้นประมาณ $4^{\circ}Be'$ จึงปล่อยออกไปสู่กระทงนาตาก.

ชาวนาเกลือบางรายยังแบ่งพื้นที่กระทงวังขังน้ำไว้ทำนาเลี้ยงกุ้งด้วย.



รูปที่ 1. ลักษณะนาเกลือของกลุ่มชาวนาเกลือ จ.สมุทรสาคร

ที่มา : พันธุมโกมล และคณะ (2521)

กระทงนาตาก

กระทงนี้จะตากน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นประมาณ 4 ^{o}Be´ จนมีความเข้มข้นประมาณ 15 ^{o}Be´ แล้วปล่อยออกไปสู่กระทงนาเชื้อ.

กระทงนาเชื้อ

กระทงนี้จะตากน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นประมาณ 15 ^{o}Be´ จนมีความเข้มข้นประมาณ 24 ^{o}Be´ แล้วปล่อยออกไปสู่กระทงนาปลง.

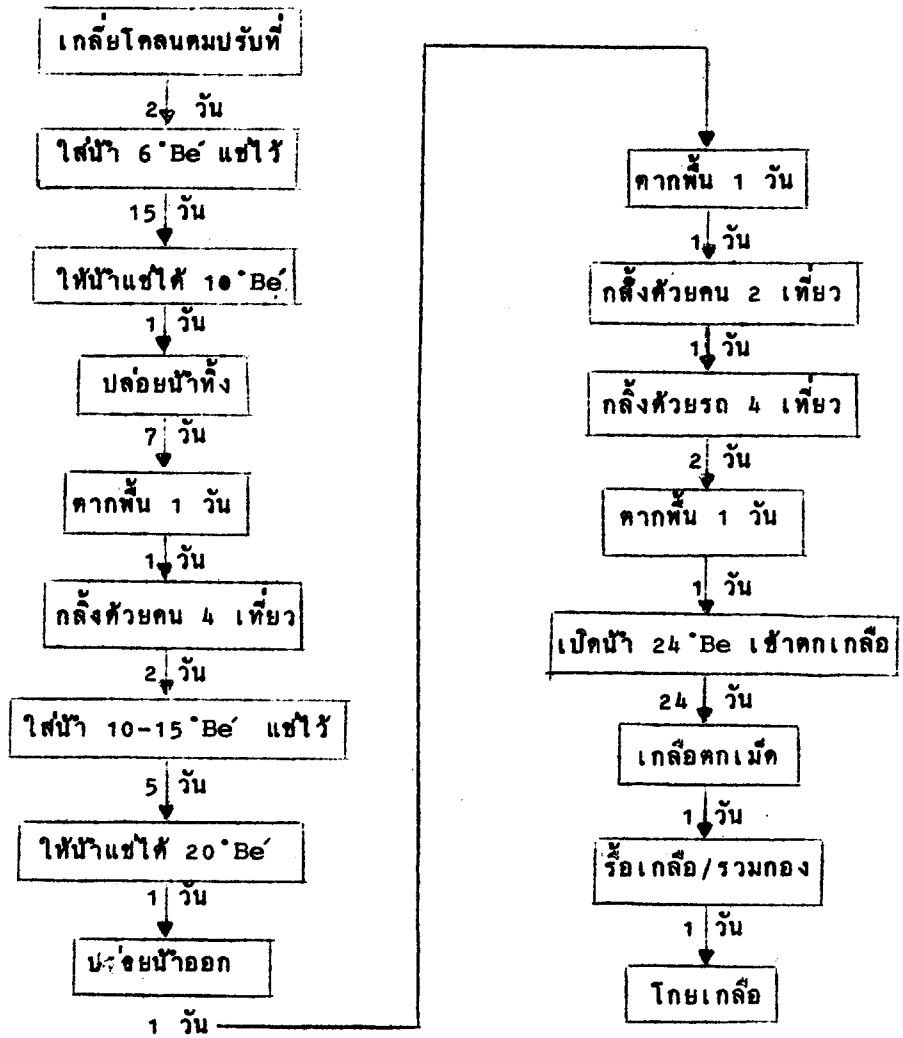
ปกติระดับน้ำในกระทงนาเชื้อจะต้องต่ำกว่าระดับน้ำในกระทงนาตาก ทั้งนี้เพื่อให้น้ำไหลเข้ามาในกระทงนาเชื้อได้ง่าย.

กระทงนาปลง

กระทงนี้จะตากน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นประมาณ 24 ^{o}Be´ จนมีความเข้มข้นประมาณ 27-28 ^{o}Be´ ซึ่งเกลือจะเริ่มตกผลึก และระดับน้ำจะลดลงเรื่อย, ดังนั้นจึงต้องไขน้ำทะเลจากกระทงนาเชื้อเข้ามาเพิ่มเป็นระยะ ๆ จนกระทั่งได้เกลือหนาพอที่จะเก็บได้ จึงปล่อยน้ำที่เหลือซึ่งเรียกว่า "น้ำขม" ออกทางลำราง เข้านาเชื้อหรือนาตาก เพื่อจะเพิ่มความเข้มข้นของน้ำทะเลในกระทงทั้งสองให้เร็วขึ้น, ในกรณีที่มีน้ำขมมากเกินไป ก็จะปล่อยทิ้งไปทางลำกระโดง.

หลังจากแบ่งพื้นที่นาเกลือเป็นกระทงต่าง ๆ แล้ว ขั้นตอนต่อไป คือการเตรียมผิวดิน. ผิวดินในพื้นที่ที่ทำนาเกลือต้องแน่น และอิ่มตัวด้วยน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นใกล้เคียงกับน้ำเกลือที่จะกักไว้ในแต่ละกระทง ทั้งนี้เพื่อป้องกันน้ำเกลือซึมลงสู่ใต้ดิน.

สำหรับกระทงนาปลงซึ่งเป็นพื้นที่ที่เกลือจะตกผลึกออกมา ต้องเตรียมผิวดินอย่างดีเพื่อให้เก็บเกลือได้ง่ายและเกลือที่ได้มีความสะอาดมากที่สุด. การเตรียมผิวดินของชาวนาเกลือแต่ละคนอาจแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นกับประสบการณ์ของแต่ละคน, โดยต้องทำให้ผิวดินเรียบ แน่น และอิ่มตัวด้วยน้ำเกลือเข้มข้น (รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างขั้นตอนการเตรียมผิวดินในกระทงนาปลง). จากนั้นจึงเริ่มปล่อยน้ำเกลือเข้าสู่พื้นที่นาเกลือไปตามลำดับจนได้เกลือและเก็บรวบรวมเพื่อจำหน่ายต่อไป. วงจรการทำนาเกลือครั้งแรกใช้เวลาประมาณ 65 วัน ครั้งที่ 2 และครั้งต่อ ๆ ไปจะใช้เวลาประมาณ 25 วัน.



รูปที่ 2. ตัวอย่างขั้นตอนการเตรียมผิวดินและกระบวนการตกเกลือในนาเกลือ

ที่มา : โรงงาน ป.เกลือพัฒนชัย

1.2 การใช้วัสดุต่าง ๆ รองบ่อตกเกลือ

จะเห็นว่าการเตรียมผิวดินในกระทงนาปลงนั้นมีขั้นตอนยุ่งยากมาก, นอกจากนี้ในทางปฏิบัติยังพบว่า แต่ละขั้นตอนก็ต้องใช้ความชำนาญสูงด้วย. ดังนั้นจึงมีความพยายามที่จะหาวัสดุต่าง ๆ มารองกระทงนาปลง เพื่อทำให้การเตรียมผิวดินในกระทงดังกล่าวง่ายขึ้นและลดเวลาการทำนาเกลือให้สั้นลง อันจะนำมาซึ่งการลดต้นทุนการผลิตเกลือให้ต่ำลง.

ได้มีการใช้วัสดุต่าง ๆ รองบ่อตกเกลือมาเป็นเวลานานพอสมควร วัสดุที่ใช้ได้แก่ :

- ดินเหนียว
- คอนกรีต
- กระเบื้องเคลือบ
- พลาสติก

ดินเหนียว

ดินเหนียวจัดเป็นวัสดุที่มีราคาถูก ค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่ขึ้นกับค่าขนส่งจากแหล่งไปยังบ่อเกลือ. ปัญหาส่วนใหญ่ คือดินเหนียวจะแตกร้าว เนื่องจากการหดตัวเมื่อแห้ง ดังนั้นเมื่อเริ่มเข้าฤดูทำนาเกลือแต่ละปี ก็ต้องเตรียมผิวดินใหม่ทุกครั้ง.

คอนกรีต

ได้มีการศึกษาการใช้คอนกรีตเป็นวัสดุรองบ่อนาเกลือเพื่อตกเกลือ (สังขจันทร์ 2518-2519). คอนกรีตที่ใช้เป็นคอนกรีตที่ผสมจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์, ทราย และน้ำ. ในขั้นแรกศึกษาการผุกร่อนของคอนกรีต โดยผสมปูนซีเมนต์ตราเสือและตราช้างกับทรายและน้ำในอัตราส่วนของปูนซีเมนต์ : ทราย = 1:3 และ 1:4 ตามลำดับ. หล่อให้เป็นลูกบาศก์ขนาด 10 เซนติเมตร ทิ้งไว้ 3 วัน จึงเอาแบบออก, แล้วฉาบผิวให้ทั่วทั้งก้อน ด้วยปูนซีเมนต์ชนิดเดียวกันทั้งนี้เพื่ออุดรูพรุนที่มีอยู่, ทิ้งไว้ให้แห้งแล้วแช่น้ำ 10 วัน ที่อุณหภูมิห้อง. นำขึ้นมาทิ้งไว้ให้แห้งอีก 7 วัน, ชั่งหาน้ำหนักของก้อนลูกบาศก์ทั้งก้อน, วัดความกว้าง ความหนา และความยาวของเส้นทแยงมุมไว้. แบ่งลูกบาศก์ที่ได้นำไปแช่น้ำทะเล ในภาชนะปิด นาน 1 ปี แล้วนำลูกบาศก์มาตรวจ. ผลการทดลองพบว่า ไม่พบการผุกร่อนที่ผิวลูกบาศก์, น้ำหนักลูกบาศก์ที่แช่ในน้ำเกลือ เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับลูกบาศก์ที่แช่ในน้ำ. สำหรับความกว้าง ความยาว และความหนาของลูกบาศก์ พบว่าไม่เปลี่ยนแปลง.

ขั้นต่อไปจึงทดลองสร้างบ่อพื้นคอนกรีตเพื่อตกเกลือ โดยใช้ปูนซีเมนต์ตราช้างและปูนซีเมนต์ตราเสือ โดยมีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ : ทราย : หิน = 1:2:4, และสร้างบ่ออีกชนิดหนึ่งซึ่งมีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ : ทราย = 1:3 และ 1:4 ตามลำดับ. บ่อที่ใช้มีขนาด 15X30X7.5 ลบ.ซม., ความหนาของคอนกรีตประมาณ 2.5 ซม. เมื่อเอาออกจากแบบแล้วฉาบผิวด้านในเพื่อปิดรูพรุน. บ่อที่สร้างขึ้นได้ทดลองใช้ใส่น้ำและน้ำเกลืออิ่มตัว. ผลปรากฏว่าเมื่อเวลาผ่านไป 1 ปี บ่อคอนกรีตที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ : ทราย : หิน เท่ากับ 1:2:4 ไม่พบการผุกร่อน.

ได้มีผู้ใช้คอนกรีตซึ่งมีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ : ทราย : หิน = 1:2:4 และเสริมแรงด้วยไม้ไผ่ เพื่อใช้รองบ่อเกลือในเหมืองเกลือหิน ซึ่งพบว่าสามารถใช้งานได้ดี (นุตาลัยและคณะ (รายงานส่วนที่ 2) 2530).

กระเบื้องเคลือบ

มีการทดลองใช้แผ่นกระเบื้องเคลือบปูรองบ่อตกเกลือ โดยเฉพาะที่ประเทศไต้หวัน (จากการสำรวจและพบเห็นเมื่อปี 2526) ซึ่งทำให้สามารถผลิตเกลือได้สะอาดขึ้น แต่ก็ทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตสูงขึ้นมาก.

พลาสติก

สำหรับแผ่นพลาสติกโพลีเอทิลีน (polyethylene, PE) และแผ่นโพลีไวนิลคลอไรด์ (polyvinylchloride, PVC) ได้เริ่มมีการใช้ในการปูรองบ่อตกเกลือบ้าง เนื่องจากมีราคาถูก (นุตาลัย และคณะ (รายงานส่วนที่ 2) 2530).

พลาสติก PE เป็นพลาสติกประเภท thermoplastic ได้จากปฏิกิริยา polymerization ของสาร ethylene (มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 6000), นำไปแปรรูปโดยวิธีต่าง ๆ ได้ไม่ยาก ทั้ง moulding, extrusion, calendering ได้ผลิตภัณฑ์มากมาย. โดยทั่วไปพลาสติก PE แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ :

- ความหนาแน่นต่ำ (low density, LD)

ความถ่วงจำเพาะ	0.915	
ความต้านแรงดึง	1500	ปอนด์/ตร.นิ้ว
การขยายตัวทางความร้อน	17	นิ้ว/^{o}ซ.

- ความหนาแน่นสูง (high density, HD)

  ความถ่วงจำเพาะ 0.95

  ความต้านแรงดึง 4000 ปอนด์/ตร.นิ้ว

พลาสติก PVC เป็นพลาสติกประเภท thermoplastic อีกชนิดหนึ่ง ได้จากปฏิกิริยา polymerization ของ vinyl chloride โดยผสมสารเคมีชนิดอื่น ๆ ด้วย เช่น plasticizer และ stabilizers. สารผสมเหล่านี้สามารถเปลี่ยนคุณสมบัติของพลาสติกให้อ่อนหรือแข็งได้ตามต้องการ. แต่สารเหล่านี้ไม่มีความทนทานต่อแสงแดด เมื่อถูกแสงแดดเป็นระยะเวลานานจะสลายตัว ดังนั้นเมื่อใช้แผ่น PVC ปูรองบ่อนาเกลือ จึงมักประสบปัญหาการแข็งกรอบและแตก.

จากการสำรวจการใช้วัสดุปูบ่อ (นุตาลัย และคณะ (รายงานส่วนที่ 2) 2530) มีผู้ทดลองใช้แผ่น PVC ปูรองบ่อตกเกลือและพบว่า ปัญหาในการใช้แผ่นพลาสติกปูรองบ่อตกเกลือส่วนใหญ่คือการฉีกขาด เนื่องจากแสงแดดทำให้พลาสติกกรอบ, และฉีกขาดเนื่องจากคนลงไปย่ำระหว่างการเก็บเกลือ.

1.3 วัตถุประสงค์และแผนการทดลอง

- วัตถุประสงค์

  เพื่อทดลองปูแผ่นยางในบ่อตกเกลือเปรียบเทียบกับวัสดุพลาสติก ซึ่งได้แก่ พลาสติก, คอนกรีต และกระเบื้องเคลือบ.

- แผนการทดลอง
  - พัฒนาสูตรและผลิตแผ่นยางเพื่อทดลองปูบ่อตกเกลือ.
  - ใช้วัสดุต่าง ๆ ปูรองบ่อตกเกลือ โดยทดลองตกเกลือในกระบะไม้ที่บริเวณ วท. และในนาเกลือ ที่บริเวณ จ.สมุทรสาคร.
  - เก็บข้อมูลความเข้มข้นของน้ำเกลือ, ความหนาของน้ำเกลือ, ลักษณะ สภาวะอากาศ.
  - หาปริมาณและวิเคราะห์ส่วนประกอบของเกลือที่ตกได้.
  - ทดสอบคุณสมบัติของแผ่นวัสดุ.
  - วิเคราะห์และประเมินผล.

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

2.1 แผ่นวัสดุและคุณสมบัติ

วัสดุซึ่งวท. ใช้ในการทดลองรองบ่อตกเกลือ ได้แก่ :

ก. แผ่นยางสีดำ ความหนา 1.5-2.0 มม. สูตรผสมแผ่นยาง แสดงในตารางที่ 1 และมีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 6.

ตารางที่ 1. สูตรผสมแผ่นยาง

ส่วนประกอบ	ส่วนโดยน้ำหนัก
ยางแผ่นรมควันชั้น 3	50
ยางรีเคลมเกรด 105	100
Zinc oxide	5
Stearic acid	2
MBT	0.5
DPG	0.25
S	2
6PPD	1.5

นอกจากนี้คุณสมบัติด้านความเสื่อมสภาพของแผ่นยางโดยวิธีเร่งสภาวะ มีผลการวิเคราะห์ดังแสดงต่อไปนี้:

ภายหลังการอบในอากาศร้อนที่ 70°ซ. 96 ชม. (ASTM D 573-81)

ความต้านแรงดึง	129.4	กก./ซม.^{2} (12.65 เมกะปาสกาล)
ความยืดที่จุดขาด	420	%
ความต้านแรงฉีกขาด	29.5	กก./ซม.^{2}
ความต้านแรงเชื่อมรอยต่อ	0.2	กก./ซม.
ความต้านแรงเฉือนรอยต่อ	3.5	กก./ซม.

ภายหลังการอบในอากาศร้อนที่ 70°ซ. 168 ชม. (ASTM D 573)

ความต้านแรงดึง	134.6	กก./ซม.^{2} (13.20 เมกะปาสกาล)
ความยืดที่จุดขาด, ร้อยละ	450	%
ความต้านแรงฉีกขาด	29.1	กก./ซม.^{2}
ความต้านแรงเชื่อมรอยต่อ	0.4	กก./ซม.
ความต้านแรงเฉือนรอยต่อ	3.5	กก./ซม.

ภายหลังการแช่ในน้ำที่ 70°ซ. เวลา 72 ชม. (ASTM D 471)

ความต้านแรงดึง	111.2	กก./ซม.^{2} (10.91 เมกะปาสกาล)
ความยืดที่จุดขาด	405	%
ความต้านแรงฉีกขาด	26.6	กก./ซม.^{2}
ความต้านแรงเชื่อมรอยต่อ	0.2	กก./ซม.
ความต้านแรงเฉือนรอยต่อ	3.1	กก./ซม.

ภายหลังการแช่ในน้ำที่ 70°ซ. เวลา 168 ชม. (ASTM D 471)

ความต้านแรงดึง	112.5	กก./ซม.^{2} (11.04 เมกะปาสกาล)
ความยืดที่จุดขาด	390	%
ความต้านแรงฉีกขาด	26.2	กก./ซม.^{2}
ความต้านแรงเชื่อมรอยต่อ	0.2	กก./ซม.
ความต้านแรงเฉือนรอยต่อ	3.4	กก./ซม.

การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแผ่นยาง (ASTM D 471) มีผลทดสอบดังนี้

ภายหลังแช่ในน้ำที่ 70°ซ. 72 ชม.,	6.02	%
ภายหลังแช่ในน้ำที่ 70°ซ. 168 ชม.,	9.04	%

ข. แผ่นพลาสติกโพลีเอทิลีน (polyethylene, PE) สีดำ หนา 0.27 มม. มีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 7.

ค. แผ่นพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl chloride, PVC) สีดำ หนา 0.27 มม. มีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 8.

ง. แผ่นกระเบื้องเคลือบผิวมัน สีดำ ขนาด 10X10 ซม.X ซม.

จ. คอนกรีต (ผสมจากซีเมนต์ตราเสือ ด้วยอัตราส่วน ซีเมนต์:ทราย = 1:3) และน้ำยากันซึม (ตราช้างคู่) ร้อยละ 0.25 โดยปริมาตร.

2.2 อุปกรณ์

ก. อุปกรณ์วัดความเข้มข้นของน้ำเกลือ คือ ไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer) วัดความเข้มข้นในรูปของความถ่วงจำเพาะ ซึ่งแปลงหน่วยเป็น ดีกรีโบเม่ ($^{\circ}$Bé)ได้.

ข. Thermo-hygrograph วัดและบันทึกอุณหภูมิและความชื้นของบรรยากาศ.

ค. เครื่องทดสอบความต้านแรงดึง INSTRON model 1123.

2.3 วิธีการทดลอง

- น้ำเกลือทดลอง

ใช้น้ำเกลือที่ได้จากกระทงนาตาก ความเข้มข้นประมาณ 20 $^{\circ}$Bé ซึ่งมีองค์ประกอบเคมีดังแสดงในตารางที่ 2.

ตารางที่ 2. องค์ประกอบเคมีของน้ำเกลือ 20 ^{o}Bé ซึ่งใช้ในการทดลอง*

องค์ประกอบ (น้ำหนัก/ปริมาตร)	น้ำเกลือ		
	I	II	III
โซเดียม (Na)	5.72	7.90	7.87
โพแทสเซียม (K)	0.23	0.22	0.23
แคลเซียม (Ca)	0.03	0.08	0.09
แมกนีเซียม (Mg)	1.53	1.19	1.19
คลอไรด์ (Cl^{-})	14.01	15.03	14.60
ซัลเฟต ($SO_4^{=}$)	2.05	1.82	1.74
ความเข้มข้น (^{o}Bé)	21.07	22.12	21.17

หมายเหตุ น้ำเกลือ I ใช้ในการทดลองที่ 1,2,3,4
น้ำเกลือ II ใช้ในการทดลองที่ 5
น้ำเกลือ III ใช้ในการทดลองที่ 6,7

* วิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ วท.

- สถานที่ทดลอง

วท. ทดลองตกเกลือในกระบะไม้ที่บริเวณ วท. และที่นาเกลือของโรงงาน ป.เกลือ-พัฒนชัย จ.สมุทรสาคร.

ก. การทดลองที่ วท. ใช้กระบะไม้ขนาด 54X55X8 ซม.x ซม.x ซม. และปูรองด้วยวัสดุต่าง ๆ. สำหรับกระเบื้องเคลือบ ต้องทำกระบะคอนกรีตก่อนแล้วรองด้วยแผ่นกระเบื้องเคลือบ ดังนั้นขนาดภายในกระบะไม้จึงแตกต่างกันบ้าง ดังแสดงในตารางที่ 3.

ปริมาตรของน้ำเกลือที่เติมลงไปจึงแตกต่างกันแต่ไม่มากนักคือ อยู่ระหว่าง 7-9 ลิตรต่อกระบะ. ส่วนระดับความลึกของน้ำเกลือเมื่อเริ่มต้นจะใกล้เคียงกัน คือระหว่าง 2-3 ซม. วท. ได้ทดลองตกเกลือจากน้ำเกลือ 20°Bé ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นหน้าแล้ง โดยตั้งกระบะไว้บนหลังคาอาคาร 2 และได้ทดลองซ้ำรวม 7 การทดลอง.

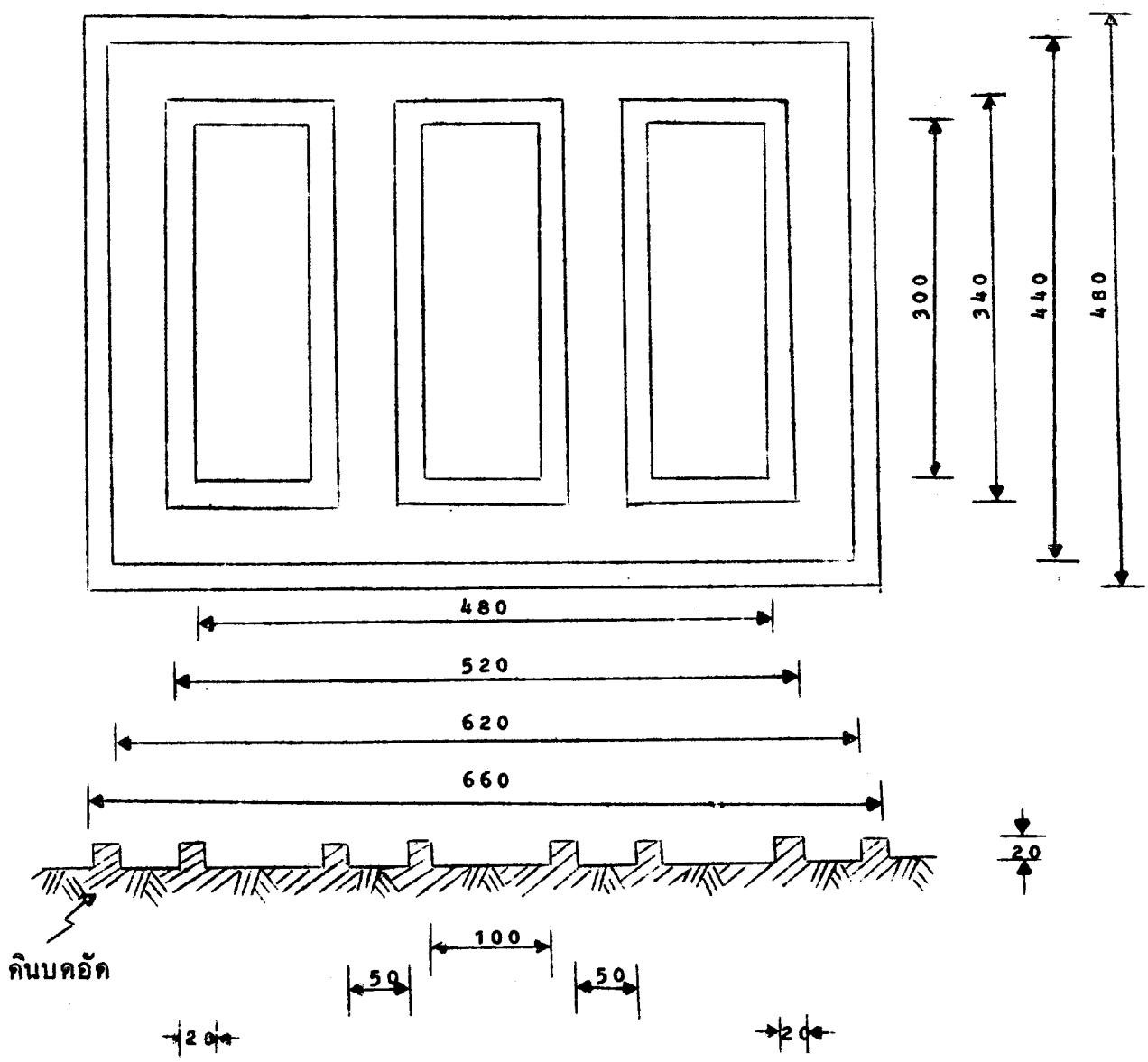
ตารางที่ 3. ขนาดภายในของกระบะไม้

วัสดุรองกระบะ	กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)
แผ่นยาง	56	57	8.5
แผ่น PE	56	57	8.5
แผ่น PVC	57	57	9.0
กระเบื้องเคลือบ	48	50	8.0
คอนกรีต	54	56	9.0

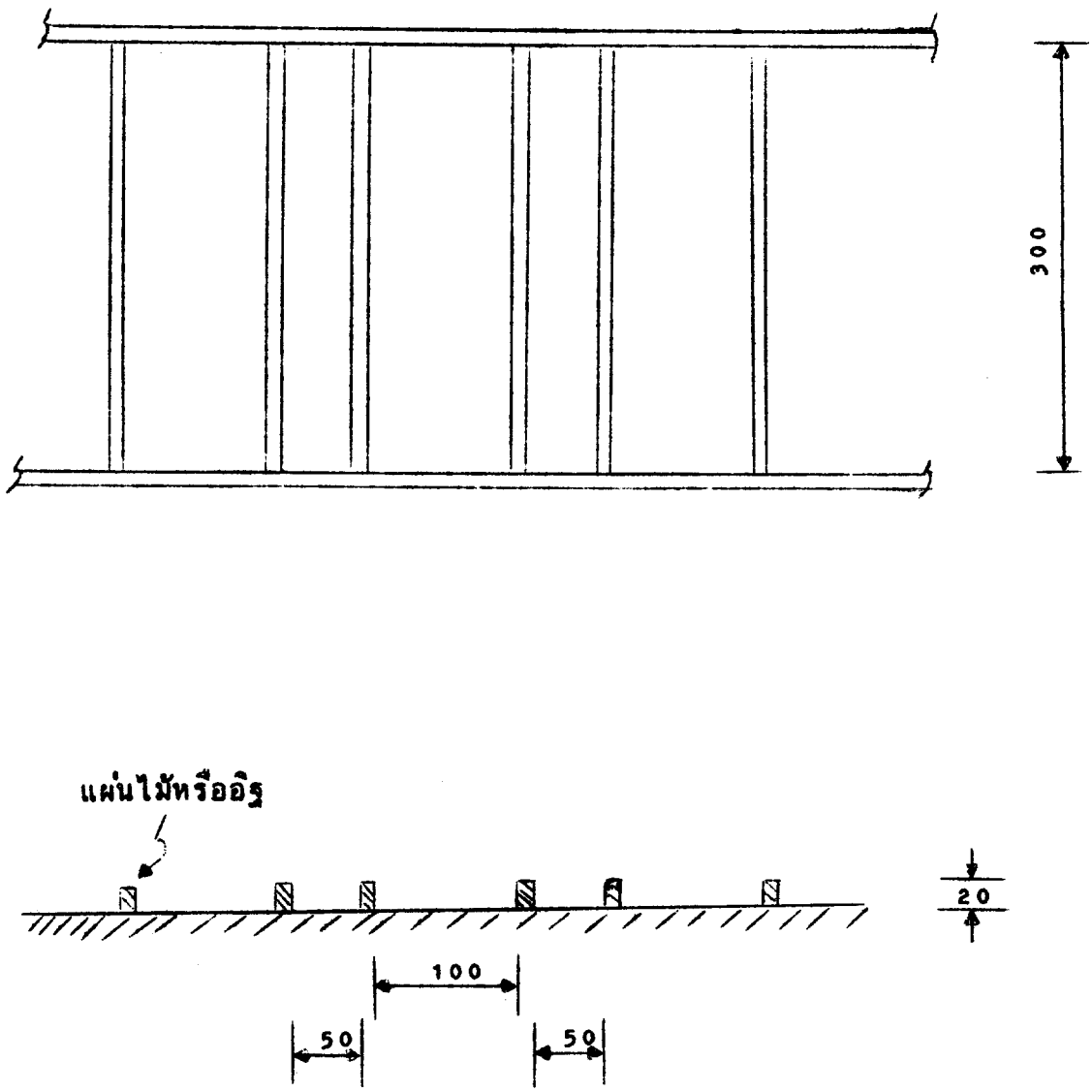
ข. <u>การทดลองที่นาเกลือของโรงงาน ป.เกลือพัฒนชัย จ.สมุทรสาคร</u>

ทดลองในบ่อขนาดประมาณ 100x300x20 ซม.x ซม.x ซม. ปูรองด้วยแผ่นยาง, แผ่น PE และแผ่น PVC โดยทดลองในบ่อบนพื้นดินและบ่อบนพื้นคอนกรีตในบริเวณใกล้เคียงกัน. รูปที่ 3 และ 4 แสดงขนาดบ่อทั้ง 2 ลักษณะ ซึ่งแบ่งเป็นบ่อบนพื้นดิน 3 บ่อ และบ่อบนพื้นคอนกรีต 3 บ่อ. การทดลองแต่ละครั้งใช้น้ำเกลือ 80-90 ลิตรต่อบ่อ ในปริมาณที่แน่นอน และมีระดับความลึกของน้ำเกลือเมื่อเริ่มต้นอยู่ระหว่าง 2-3 ซม. วท. ได้ทดลองตกเกลือในบ่อดังกล่าวรวม 3 การทดลอง ในช่วงปลายเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงหน้าแล้ง.

- การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นวัสดุ
  ตามมาตรฐาน ASTM และ JIS ตามที่ระบุ.



รูปที่ 3. บ่อทดลองบนพื้นดินที่โรงงานป.เกลือพัฒนชัย.



หน่วย : เซนติเมตร

รูปที่ 4. บ่อทดลองบนพื้นคอนกรีตที่โรงงานป.เกลือพัฒนชัย.

3. ผลการทดลองใช้วัสดุรองบ่อเกลือ

3.1 ผลกระทบของการใช้วัสดุรองบ่อตกเกลือต่อปริมาณเกลือที่ตกได้

3.1.1 ที่ วท. ปริมาณเกลือที่ได้เมื่อทดลองในกระบะไม้รองด้วยวัสดุต่าง ๆ มีแสดงในตารางที่ 4.

ตารางที่ 4. ปริมาณเกลือที่ตกได้ เมื่อใช้วัสดุต่าง ๆ รองกระบะไม้โดยตกเกลือที่ วท.

การทดลองที่	เวลาที่ใช้ในการตกเกลือ (ชม.)	ปริมาณเกลือที่ได้ (ก./100 มล. น้ำเกลือ)				
		แผ่นยาง	PE	PVC	กระเบื้องเคลือบ	คอนกรีต
1	81.5	6.48	8.14	-	7.09	2.77
2	98.5	8.65	12.01	10.50	11.24	10.37
3	73.5	7.41	8.12	6.11	8.95	6.80
4	97.0	9.43	-	9.05	-	-
5	74.0	6.96	5.52	5.93	7.06	7.15
6	74.0	9.01	12.75	8.91	9.68	10.44
7	97.0	13.02	16.27	15.52	18.50	17.12
เฉลี่ย	85.1	8.71	8.97	9.34	10.42	9.11

3.1.2 ที่นาเกลือโรงงาน ป. เกลือพัฒนชัย. จ.สมุทรสาคร ปริมาณเกลือที่ได้เมื่อทดลองในบ่อบริเวณตกเกลือมีแสดงในตารางที่ 5.

ตารางที่ 5. ปริมาณเกลือที่ตกได้เมื่อใช้วัสดุต่าง ๆ ปูรองบ่อตกเกลือ ที่ จ. สมุทรสาคร

การทดลองที่	เวลาที่ใช้ในการตกเกลือ (ชม.)	ปริมาณเกลือที่ได้ (ก./100 ซีซี น้ำเกลือ)					
		พื้นดิน			พื้นคอนกรีต		
		แผ่นยาง	PE	PVC	แผ่นยาง	PE	PVC
1	93.0	2.80	0.80	-	1.90	1.53	-
5	96.0	7.04	6.46	6.91	9.56	8.38	8.60
6	76.0	6.47	4.71	5.00	11.01	13.79	14.01
เฉลี่ย	88.3	6.76	5.59	5.96	10.09	11.09	11.31

3.2 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของแผ่นวัสดุภายหลังใช้รองบ่อตกเกลือ

- คุณสมบัติแผ่นยางที่ใช้ปูรองบ่อตกเกลือก่อนและหลังการใช้มีแสดงในตารางที่ 6.

ตารางที่ 6. คุณสมบัติของแผ่นยางที่ใช้ปูรองบ่อตกเกลือก่อนและหลังการใช้

คุณสมบัติของแผ่นยาง	ก่อนใช้	หลังใช้		
		นาเกลือพื้นดิน (ภายหลังใช้ทดลอง 3 ครั้ง)	นาเกลือพื้นคอนกรีต (ภายหลังใช้ทดลอง 3 ครั้ง)	กระบะไม้ (ภายหลังใช้ทดลอง 7 ครั้ง)
ความต้านแรงดึง, เมกะปาสกาล (ASTM D 412)	13.9	10.3	11.2	12.1
ความยืดที่จุดขาดร้อยละ (ASTM D 412)	505	375	425	510
ความต้านแรงฉีกขาด, กก./ซม.^{2} (ASTM D 624)	27.0	28.0	26.3	28.8
ความต้านแรงเชื่อมรอยต่อ, กก./ซม. (JIS K 6301-1975)	0.4	0.81	0.82	0.50
ความต้านแรงเฉือนรอยต่อ, กก./ซม. (JIS K 6301-1975)	3.1	-	-	-

- คุณสมบัติแผ่น PE ที่ใช้ปูรองบ่อตกเกลือก่อนและหลังการใช้ มีแสดงในตารางที่ 7.

ตารางที่ 7. คุณสมบัติแผ่น PE ที่ใช้ปูรองบ่อเกลือก่อนและหลังการใช้

คุณสมบัติของแผ่น PE	ก่อนใช้	หลังใช้			
		นาเกลือพื้นดิน (ภายหลังใช้ทดลอง 3 ครั้ง)	นาเกลือพื้นคอนกรีต (ภายหลังใช้ทดลอง 3 ครั้ง)	กระชะไม้*	
				1 (ภายหลังใช้ทดลอง 3 ครั้ง)	2 (ภายหลังใช้ทดลอง 3 ครั้ง)
ความต้านแรงดึง, เมกะพาสกาล					
- แนวขนานเครื่อง	16.6	8.4	8.3	16.7	16.9
- แนวขวางเครื่อง	17.3	8.5	9.0	13.9	19.3
ความยืดที่จุดขาด, ร้อยละ					
- แนวขนานเครื่อง	999.8	952.8	948.8	995.8	877.0
- แนวขวางเครื่อง	1017.6	953.4	963.6	1076.6	1015.8
ความต้านแรงฉีกขาด, กรัมแรง					
- แนวขนานเครื่อง	1664	1456	1603	1865	1488
- แนวขวางเครื่อง	1856	1699	1715	1929	1558
ความต้านแรงกระแทก, กรัมแรง	590	406	518	-	-

หมายเหตุ* แผ่น PE 1 ใช้ทดลอง 3 ครั้ง แล้วพบรูรั่ว จึงเปลี่ยนใช้
แผ่น PE 2 และทำการทดลองต่อไปอีก 3 ครั้ง

- คุณสมบัติแผ่น PVC ที่ใช้ปูรองบ่อเกลือก่อนและหลังการใช้มีแสดงในตารางที่ 8.

ตารางที่ 8. คุณสมบัติแผ่น PVC ที่ใช้ปูรองบ่อเกลือก่อนและหลังการใช้

คุณสมบัติของแผ่น PVC	ก่อนใช้	หลังใช้			
		นาเกลือพื้นดิน (ภายหลังใช้ทดลอง 2 ครั้ง)	นาเกลือพื้นคอนกรีต (ภายหลังใช้ทดลอง 2 ครั้ง)	กระบะไม้*	
				1 (ภายหลังใช้ทดลอง 3 ครั้ง)	2 (ภายหลังใช้ทดลอง 3 ครั้ง)
ความต้านทานแรงดึง, เมกะปาสกาล					
- แนวขนานเครื่อง	17.3	17.1	14.9	16.6	15.6
- แนวขวางเครื่อง	19.8	19.4	19.6	19.7	18.2
ความยืดที่จุดขาด, ร้อยละ					
- แนวขนานเครื่อง	261.4	233.4	245.2	247.4	216.6
- แนวขวางเครื่อง	236.2	235.6	187.6	216.8	224.8
ความต้านแรงฉีกขาด, กรัมแรง					
- แนวขนานเครื่อง	3328	3910	3718	4736	3827
- แนวขวางเครื่อง	1472	2268	1932	1612	1725
ความทนทานต่อการฝังดิน (30 วัน)					
ความต้านแรงดึง, เมกะปาสกาล					
- แนวขนานเครื่อง	15.0	16.2	16	-	-
- แนวขวางเครื่อง	16.5	18.3	20	-	-
ความยืดที่จุดขาด, ร้อยละ					
- แนวขนานเครื่อง	317.7	189.0	200.0	-	-
- แนวขวางเครื่อง	348.3	204.3	232.5	-	-

หมายเหตุ* แผ่น PVC 1 ใช้ทดลอง 3 ครั้ง แล้วพบรูรั่ว จึงเปลี่ยนใช้แผ่น PVC 2 และทำการทดลองต่อไปอีก 3 ครั้ง

4. วิจารณ์

จากข้อมูลปริมาณเกลือที่ได้ในตารางที่ 4 และ 5 จะเห็นว่าบ่อที่รองด้วยวัสดุทั้งห้าชนิดมีปริมาณเกลือตกเฉลี่ยใกล้เคียงกันโดยเฉพาะสำหรับวัสดุแผ่นยาง, PE และ PVC ดังแสดงในตารางที่ 9. บ่อที่รองด้วยกระเบื้องเคลือบจะให้ปริมาณเกลือตกสูงกว่าวัสดุอื่น ๆ ร้อยละ 10-20. นอกจากนี้ยังมีข้อน่าสังเกตว่าในการทดลองที่บริเวณนาเกลือ การใช้วัสดุปูบ่อบนพื้นคอนกรีตจะให้ปริมาณเกลือมากกว่าปูบนพื้นไม้หรือดิน, โดยเฉพาะเกลือที่ตกบนวัสดุปูบ่อพื้นคอนกรีตจะมีปริมาณ 2เท่าของบ่อพื้นดิน ทั้งนี้อาจเนื่องจากพื้นคอนกรีตสามารถเก็บความร้อนไว้ได้มากและนานกว่า.

ตารางที่ 9. ค่าเฉลี่ยของปริมาณเกลือที่ตก เมื่อใช้วัสดุต่าง ๆ กันปูรองบ่อตกเกลือ

วัสดุรองบ่อเกลือ	เกลือที่ได้ (ก./100 มล. น้ำเกลือ)		
	บ่อนาเกลือบนพื้นดิน	บ่อนาเกลือบนพื้นคอนกรีต	กระบะไม้
แผ่นยาง	6.76	10.09	8.71
แผ่น PE	5.59	11.09	8.97
แผ่น PVC	5.96	11.09	9.34
กระเบื้องเคลือบ	-	-	10.42
คอนกรีต	-	-	9.11

คุณสมบัติของวัสดุต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงภายหลังการใช้ทดลองมีแสดงในตารางที่ 10. จากตารางพบว่า ค่าความต้านแรงดึงของแผ่นยางซึ่งลดลงประมาณร้อยละ 13-26 น้อยกว่าของแผ่น PE ซึ่งลดลงประมาณร้อยละ 0-51, แต่มากกว่าของแผ่น PVC ซึ่งลดลงประมาณร้อยละ 1-14. ค่าความยืดที่จุดขาดของแผ่นยางและแผ่น PVC ซึ่งลดลงประมาณร้อยละ 21-26 และ 0-21 ตามลำดับนั้น ลดลงมากกว่าของแผ่น PE ซึ่งลดลงประมาณร้อยละ 0-6. ส่วนค่าความต้านแรงฉีกขาดของแผ่นวัสดุทั้งสามชนิดลดลงไม่มากนัก และบางตัวอย่างโดยเฉพาะแผ่น PVC กลับมีค่าเพิ่มขึ้น มากกว่าร้อยละ 50. สำหรับค่าความต้านแรงเชื่อมรอยต่อ ซึ่งวิเคราะห์เฉพาะแผ่นยางที่เชื่อมติดกันนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 100. จากผลการทดลองนี้แผ่นวัสดุที่ใช้คุณสมบัติเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกัน ยกเว้นแผ่น PE ซึ่งมีค่าความต้านแรงดึงลดลงมากถึงร้อยละ 50 ภายหลังการทดลองเพียง 3 ครั้ง.

อย่างไรก็ดี เมื่อเปรียบเทียบราคาของวัสดุแล้วจากตารางที่ 11 จะเห็นว่าแผ่น PE และแผ่น PVC มีราคาถูกที่สุดคือ ประมาณ 20-24 บาทต่อตารางเมตร, แต่วัสดุทั้งสองมีโอกาสฉีกขาดง่าย ดังเห็นจากการทดลองที่ผ่านมา. หากมีการทดลองใช้แผ่นที่มีความหนามากขึ้น ก็อาจช่วยไม่ให้แผ่นฉีกขาดง่ายขึ้น แต่ราคาวัสดุก็จะเพิ่มขึ้นบ้าง. ส่วนแผ่นกระเบื้องเคลือบ ซึ่งมีปริมาณเกลือตกสูงกว่าวัสดุอื่น ๆ ร้อยละ 10-20 นั้น มีราคาแพงมากถึง 400-800 บาทต่อตารางเมตร ขึ้นกับคุณภาพของแผ่น. สำหรับคอนกรีตนั้นมีราคาสูงเช่นกันแต่ได้มีบริษัทเอกชนทดลองตกเกลือในบ่อคอนกรีตที่ อ.พิมาย จ.นครราชสีมา บ้างแล้ว. จากการสอบถามพบว่า ได้ผลดีคือสามารถตกเกลือได้มากกว่าร้อยละ 20-30 ของบ่อดินธรรมดา และผลิตภัณฑ์เกลือที่ได้ก็สะอาดดีกว่า. แผ่นยางนั้นเป็นวัสดุที่มีราคาปานกลาง แต่ประสิทธิภาพการตกเกลือและการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติภายหลังการใช้นั้นใกล้เคียงกับแผ่น PVC. หากจะใช้แผ่นยางต่อไป ควรมีการศึกษาปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มคุณภาพความทนทานต่อการใช้งานให้ดียิ่งขึ้น.

ตารางที่ 10. ค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของวัสดุต่าง ๆ ภายหลังการใช้ตกเกลือ

คุณสมบัติ	การเปลี่ยนแปลง (%)								
	บ่อนาเกลือพื้นดิน			บ่อนาเกลือพื้นคอนกรีต			กระบะไม้		
	ยาง	PE	PVC	ยาง	PE	PVC	ยาง	PE	PVC
ความต้านแรงดึง									
- แนวขนานเครื่อง	-26.0	-49.4	-1.2	-19.2	-50.0	-13.9	-12.5	+0.6 (+1.8)*	-4.0 (-9.8)*
- แนวขวางเครื่อง		-50.9	-2.0		-48.0	-1.0		-19.6 (-11.6)*	-0.5 (-8.1)
ความยืดที่จุดขาด									
- แนวขนานเครื่อง	-25.7	-4.7	-10.76	-15.8	-5.9	-6.2	+1.0	-0.4 (-12.3)*	-5.4 (-17.1)*
- แนวขวางเครื่อง		-6.3	-0.2		-5.3	-20.6		+5.8 (-0.2)*	-8.2 (-4.8)*
ความต้านแรงฉีกขาด									
- แนวขนานเครื่อง	+3.7	-12.5	+17.5	-2.6	-3.7	+11.7	+6.7	+12.1 (-10.6)*	+42.3 (+15.0)*
- แนวขวางเครื่อง		-8.4	+54.1		-7.6	+31.2		+3.9 (-16.0)*	+9.5 (+17.2)*
ความต้านแรงเชื่อมรอยต่อ									
- แนวขนานเครื่อง	+102.5	-	-	+105.0	-	-	+25.0	-	-
- แนวขวางเครื่อง		-	-		-	-		-	-

* ค่าในวงเล็บคือ ค่าของแผ่นวัสดุแผ่นที่สองในการทดลอง

ตารางที่ 11. เปรียบเทียบราคาวัสดุซึ่งใช้ทดลองปูรองบ่อตกเกลือ

วัสดุ	ราคา (บาท/ตร.เมตร)	
แผ่นยาง (หนา 1.5-2 มม.)	130	
แผ่น PE (หนา 0.2 มม.)	20-24	
แผ่น PVC (หนา 0.2 มม.)	20	
กระเบื้องเคลือบ (ขนาด 10X10 ซม.xซม.)	400-800	รวมค่าแรงก่อสร้าง
คอนกรีต (หนา 1.5-2 มม.)	200-400	รวมค่าแรงก่อสร้าง

หมายเหตุ : ราคาจากการสอบถามและประมาณการเมื่อต้นปี 2534

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

การผลิตเกลือสมุทรในปัจจุบันต้องใช้เวลามาก โดยเฉพาะขั้นตอนการเตรียมผิวดินนั้นต้องใช้เวลามากกว่า 1 เดือน. วท. จึงได้ทดลองใช้แผ่นวัสดุต่าง ๆ ได้แก่ แผ่นยางธรรมชาติ (ผสมยางรีเคลม), แผ่น PE, แผ่น PVC, แผ่นกระเบื้องเคลือบ และพื้นคอนกรีตในการปูรองบ่อตกเกลือ. ทั้งนี้โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาการเตรียมผิวดินและทำให้เกลือที่ตกได้มีความสะอาดมากขึ้น เนื่องจากเกลือไม่ได้สัมผัสกับดิน. วท. ได้ทดลองตกเกลือในบริเวณ วท. โดยใช้กระบะไม้จุน้ำเกลือ 7-9 ลิตร แล้วปูรองด้วยวัสดุต่าง ๆ, และยังได้ทดลองตกเกลือในบริเวณนาเกลือ โดยขุดบ่อขนาดจุน้ำเกลือ 80-90 ลิตร แล้วปูรองด้วยวัสดุต่าง ๆ เช่นเดียวกัน. ในการทดลองได้ควบคุมและวัดค่าตัวแปร ได้แก่ ความเข้มข้นของน้ำเกลือ, ความหนาของน้ำเกลือในบ่อ, เวลาการตกเกลือ, อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ. หลังการทดลองได้วัดหาปริมาณน้ำเกลือที่ตก, คุณสมบัติของแผ่นวัสดุที่เปลี่ยนไป เช่น ความต้านแรงดึง, ความยืดที่จุดขาด, ความต้านแรงเชื่อมที่รอยต่อ. สำหรับแผ่นยางนั้นได้มีการทดสอบการเสื่อมสภาพโดยวิธีเร่งสภาวะ คือในอากาศที่ 70°ซ. นาน 96 และ 168 ชั่วโมง, และในน้ำที่อุณหภูมิ 70°ซ. นาน 72 และ 168 ชั่วโมง. นอกจากนี้ยังได้วัดค่าความต้านแรงกระแทกของแผ่น PE และค่าความทนทานต่อการฝังดินของแผ่น PVC ด้วย.

จากการทดลองพบว่าบ่อที่รองด้วยวัสดุต่าง ๆ ดังกล่าวมีปริมาณเกลือตกเฉลี่ยใกล้เคียงกัน, และบ่อที่รองด้วยกระเบื้องเคลือบจะให้ปริมาณเกลือตกสูงกว่าวัสดุอื่น ๆ เล็กน้อย ประมาณร้อยละ 10–20. แต่เมื่อเปรียบเทียบราคาวัสดุแล้ว ราคากระเบื้องเคลือบจะสูงกว่าวัสดุอื่นมากเป็นหลายสิบเท่า. นอกจากนี้ยังมีข้อน่าสังเกตว่า ที่บริเวณนาเกลือ การทดลองในบ่อพื้นคอนกรีตจะให้ปริมาณเกลือตกมากกว่าบ่อบนพื้นดินถึง 2 เท่า, ซึ่งอาจเนื่องมาจากพื้นคอนกรีตสามารถเก็บความร้อนไว้ได้มากและนานกว่า ทำให้อัตราการระเหยน้ำเร็วขึ้น.

สำหรับคุณสมบัติของวัสดุภายหลังการทดลองนั้น วท. ได้ทดสอบเฉพาะแผ่นยาง และแผ่นพลาสติกและพบว่าความต้านแรงดึง และความยืดที่จุดขาดของวัสดุเฉลี่ยลดลงดังแสดงในตารางที่ 12.

ตารางที่ 12. สรุปการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านแรงดึงและความยืดที่จุดขาดของแผ่นวัสดุภายหลังการใช้

วัสดุ	ความต้านแรงดึง (ลดลงร้อยละ)	ความยืดที่จุดขาด (ลดลงร้อยละ)
แผ่นยาง	13–26	21–26
แผ่น PE	0–51	0–6
แผ่น PVC	1–14	0–21

ส่วนค่าความต้านแรงฉีกขาดลดลงไม่มากนัก และความต้านแรงเชื่อมรอยต่อนั้นมีค่าเพิ่มขึ้น. โดยทั่วไปแล้วความเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของวัสดุไม่แตกต่างกันมากนัก ยกเว้นแผ่น PE ซึ่งมีค่าความต้านแรงดึงลดลงมากถึงร้อยละ 50, แต่ความยืดที่จุดขาดสูงมากและภายหลังการใช้งานแล้วยังลดลงน้อยกว่าแผ่นยางและแผ่น PVC มาก.

จากการทดลองเบื้องต้นนี้พบว่าประสิทธิภาพการตกเกลือโดยใช้วัสดุต่าง ๆ นี้ไม่แตกต่างกันมากนัก. แต่เมื่อเปรียบเทียบราคาวัสดุแล้วจะพบว่า ราคาแตกต่างมากตั้งแต่ตารางเมตรละ 20 บาท ถึง 400-800, บาท โดยเฉพาะคอนกรีตและกระเบื้องเคลือบมีราคาแพงมาก แม้อายุการใช้งานยาวนานกว่าวัสดุยางหรือพลาสติก. สำหรับพลาสติกโดยเฉพาะ PE นั้นพบว่ามีคุณสมบัติด้านความต้านทานแรงดึงลดไปมากภายหลังการใช้งาน. ขณะเดียวกับที่ PVC มีคุณสมบัติต่าง ๆ ไม่ลดลงมากนักและราคาก็ไม่สูง จึงนับเป็นวัสดุที่น่าจะใช้ทดลองปูรองบ่อนาเกลือ. ส่วนยางนั้นมีราคาปานกลาง และการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติภายหลังการใช้ลดลงบ้าง. อย่างไรก็ดีควรมีการศึกษาในรายละเอียดต่อไป ของอายุการใช้งาน และประสิทธิภาพการผลิตเกลือที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการตกเกลือในพื้นดิน. และหากจะใช้แผ่นยางในการปูรองนาเกลือ ควรมีการศึกษาปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดต้นทุน และเพิ่มคุณภาพความทนทานต่อการใช้งานของแผ่นยาง เพื่อให้ดีกว่าพลาสติก และสามารถแข่งขันในตลาดได้.

6. คำขอบคุณ

คณะทำงานโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ยางพารา ใคร่ขอขอบคุณ นายพรชัย ปิติพัฒนะโภษิต ผู้อำนวยการบริษัท ป.เกลือพัฒนชัย, นายจตุรงค์ พฤทธิ์กำจร, นายสะอาด เกตุดอย, นายฉัตรชัย สวัสดีพุน และเจ้าหน้าที่อื่น ๆ ของบริษัท ป.เกลือพัฒนชัย จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในด้านสถานที่ ตลอดจนอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานที่โรงงาน. ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ วท. ที่ได้ช่วยวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำเกลือ น้ำขมและเกลือ ซึ่งทำให้รายงานฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ดีขึ้น.

7. เอกสารอ้างอิง

กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, กระทรวงพาณิชย์. 2521. รายงานผลการศึกษาวิจัยเกลือทะเล. ฝ่ายวิจัยสินค้าอุตสาหกรรม (วส./วอ.3) กองวิจัยสินค้าและตลาด. กรุงเทพฯ.

นุตาลัย, เกศรา; อรัญยะนาค, ศิลปชัย; อินหว่าง, สรรค์ชัย; สถาปิตานนท์, กรรณิการ์; มีประเสริฐ, นันทนา; เชี่ยวสกุล, อุบลศรี และ ศรีวรรณวิทย์, จิตต์. 2530. โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางพารา ส่วนที่ 1: การศึกษาสถานการณ์และปัญหาด้านเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมยางรองบ่อน้ำ ส่วนที่ 2: การสำรวจข้อมูลวัสดุรองบ่อน้ำ. วท.:กรุงเทพฯ, โครงการวิจัยที่ ภ.30-04/รายงานฉบับที่ 1.

นุตาลัย, เกศรา; สถาปิตานนท์, กรรณิการ์; อรัญยะนาค, ศิลปชัย; อินหว่าง, สรรค์ชัย; มาทะ,เพิ่มสุข; มีประเสริฐ,นันทนา; วงษ์พานิช,ประทุม; มีชื่น,วัชรา; ตระกูลมหชัย,บุญชัย; ประเสริฐพงษ์, บุญเชิด; อาจยะพันธ์,มนัส; เชี่ยวสกุล,อุบลศรี, และ ศรีวรรณวิทย์,จิตต์. 2532. โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางพารา ส่วนที่ 1: การทดลองผลิตและติดตั้งแผ่นยางธรรมชาติรองสระน้ำ, ส่วนที่ 2: ข้อมูลการดำเนินงานเพื่อติดตั้งแผ่นยางธรรมชาติรองสระน้ำ. วท.:กรุงเทพฯ, โครงการวิจัยที่ ภ.30-04/รายงานฉบับที่ 2.

นุตาลัย, เกศรา; อาจยะพันธ์, มนัส; ชัยวัฒนานนท์, รุ่งทิพย์, และ คุณโสภา,ชัยวัฒน์. 2529. การสำรวจสถานการณ์อุตสาหกรรมเกลือบริโภคในประเทศ. วท.: กรุงเทพฯ, การวิจัยลับเฉพาะที่ บ.29-09/รายงานฉบับที่ 1.

ผิวนิล, ลัดดา; สืบตระกูล, สุขใจ; สงวนพงศ์, ศิริวรรณ; ลีลานิพนธ์,กิตติพล และ ศัพท์พันธ์ศึกษา, ภัทรานี. 2521. รายงานผลการศึกษาวิจัยเกลือทะเล. กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์. กรุงเทพฯ.

พันธุมโกมล, เกศรา; กมลรัตนกุล, นิพนธ์ และ มั่นสกุล, สุภัทรา. 2521. การประเมินความเหมาะสมเบื้องต้นในการพัฒนาอุตสาหกรรมผลิตสารอนินทรีย์เคมีจากน้ำขม. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย.: กรุงเทพฯ, โครงการวิจัยที่ ภ. 20-31/ รายงานฉบับที่ 2.

สังขจันทร์, สาลินี. 2518-2519. การศึกษาเรื่องการใช้ปูนซีเมนต์และวัตถุอื่น ทำพื้นนาเกลือ. กองการวิจัย, กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.

American Society for Testing and Materials. 1979. Standard test methods for rubber property-effect of liquids (ASTM D 471-79).

American Society for Testing and Materials. 1981. Standard test methods for rubber-deterioration in air oven (ASTM D 573-81).

American Society for Testing and Materials. 1986. Standard test methods for rubber property-tear resistance (ASTM D 624-86).

American Society for Testing and Meterials. 1987. Standard test methods for rubber properties in tension (ASTM D 412-87).

Japanese Standards Association. 1975. Japanese industrial standard testing method for vulcanized rubber. (JIS K 6301-1975).

Stoffel, P.A. 1969. Washing, Dewatering and Drying of Salt. Third Symposium on Salt. Vol.II, by J.L.Rau and L.F.Dellwig. The Northern Ohio Geological Society, Inc., Cleveland, Ohio, U.S.A.

Whelan, A. and Craft, J.L. 1980. The physical testing of plasics and rubbers. J.J.Lloyd Instruments Ltd., England.