บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

ดินที่มีปัญหาทางด้านการเกษตร

ดินที่มีปัญหาทางด้านการเกษตร หมายถึง ดินที่มีสมบัติทางกายภาพและเคมีไม่เหมาะสมหรือเหมาะสมน้อยสำหรับการเพาะปลูก ทำให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตตามปกติได้ ส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ได้แก่ ดินเค็มดินเปรี้ยวจัดดินทรายจัด ดินอินทรีย์ ดินปนกรวด และดินตื้นนอกจากนี้ยังรวมถึงพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ซึ่งถ้ามีการใช้ประโยชน์ด้านการเกษตรแล้ว จะทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศและสภาพแวดล้อมอย่างรุนแรง หากว่าจะใช้ดินเหล่านี้ในการปลูกพืชแล้ว จำเป็นต้องมีการจัดการเพื่อแก้ไขสภาพของดินให้เหมาะสมก่อนการปลูกพืชตามวิธีปกติเสียก่อน (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2555)

ตารางที่ 1 ดินมีปัญหาพิเศษ

ดินที่มีปัญหา	จำนวนเนื้อที่ (ไร่)
1. ดินเค็ม (Salt Affected Soils)	21, 718, 774
1.1 ดินเค็มชายทะเล (Coastal Saline Soils)	3, 611, 567
1.1.1 ดินเค็มชายทะเลที่มีความเปรี้ยวแฝง (Coastal Saline Soils, Potentially Acid)	2, 885, 081
1.1.2 ดินเค็มชายทะเลที่ไม่มีความเปรี้ยวแฝง (Coastal Saline Soils, Non-potentially Acid)	726, 486
1.2 ดินเค็มนอกพื้นที่ชายทะเล (Inland Saline/Sodic Soils)	18, 107, 207
1.2.1 ดินเค็มมาก	1, 771, 223
1.2.2 ดินเค็มปานกลาง	3, 690, 249
1.2.3 ดินเค็มน้อย	12, 645, 735
2. ดินทรายจัด (Sandy Soils)	7, 127, 085

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2.1 ดินทรายจัดที่ไม่มีชั้นดานอินทรีย์	6, 613, 157
2.2 ดินทรายจัดที่มีชั้นดานอินทรีย์	513, 928
3. ดินเปรี้ยวจัด (Acid Sulphate Soils)	5, 326, 786
4. ดินอินทรีย์ (Organic Soils)	505, 184
5. ดินตื้น (Shallow Soils)	51, 291, 143
5.1 ดินปนลูกรังและดินปนกรวด	31, 796, 205
5.2 ดินปนเศษหิน	17, 327, 596
5.3 ดินปนปูนมาร์ล	2, 167, 342
6. ดินบนพื้นที่ภูเขา (Slope Complex Soils)	96, 158, 205
ผลรวมดินที่มีปัญหาทั้งหมด	182, 127, 177

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2538)

1. ดินเค็ม

ดินเค็ม หมายถึง ดินที่มีปริมาณเกลือที่ละลายอยู่ในสารละลายดินมากเกินไปจนมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลิตผลของพืช เนื่องจากทำให้พืชเกิดอาการขาดน้ำ และมีการสะสมไอออนที่เป็นพิษในพืชมากเกินไป นอกจากนี้ยังทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืชด้วยดินเค็มที่พบในประเทศไทย สามารถจำแนกตามลักษณะการเกิดและสัณฐานภูมิประเทศ ได้ 2 ประเภท คือ

1. ดินเค็มชายฝั่งทะเล มักพบบริเวณตามแนวชายฝั่งทะเลซึ่งยังคงมีน้ำท่วมถึง หรือเคยเป็นพื้นที่ๆมีน้ำทะเลท่วมมาก่อน โดยพบมากที่สุดตามแนวฝั่งชายทะเลในภาคใต้ เกิดจากการได้รับอิทธิพลจากการขึ้นลงของน้ำทะเลและทำให้เกิดการสะสมเกลือในดิน

ลิขสิทธิ์ของ พรรณี

ภาพที่ 1 ดินเค็มชายฝั่งทะเล

ที่มา : สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน (2555)

2. ดินเค็มบก พบบริเวณในแอ่งที่ลุ่มหรือตามเชิงเนินที่เป็นพื้นที่ต่อเนื่องระหว่างสภาพพื้นที่แบบลูกคลื่น โดยพบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่นที่บริเวณขอบเขตแอ่งโคราช หรือที่แอ่งสกลนคร และพบบ้างในภาคกลางแถบจังหวัดเพชรบุรี

ภาพที่ 2 ดินเค็มบก

ที่มา : สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน (2555)

<u>ปัญหาของดินเค็ม</u>

ปลูกพืชไม่ได้ผลหรือผลผลิตลดลงและมีคุณภาพต่ำ เนื่องจากมีปริมาณเกลือที่ละลายได้ในน้ำมากเกินไปจนเป็นอันตรายต่อพืช ส่งผลทำให้พืชขาดน้ำและได้รับพิษจากธาตุที่เป็นส่วนประกอบของเกลือที่ละลายออกมา

<u>การปรับปรุงแก้ไข</u>

1. การจัดการดินเค็มชายทะเล อาจทำได้ 2 ลักษณะใหญ่ คือ การจัดการให้เหมาะกับสภาพธรรมชาติที่มีอยู่ เช่น การปลูกป่าชายเลน การทำนาเกลือ หรือเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และการดัดแปลงสภาพธรรมชาติ เช่น การสร้างเขื่อนปิดกั้นน้ำทะเล เพื่อพัฒนาให้เป็นพื้นที่ปลูกถาวร และการยกเป็นร่องสวนเพื่อปลูกไม้ทนเค็ม เป็นต้น

2. การจัดการดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยการใช้เทคโนโลยีพื้นบ้าน เช่น การใช้พืชทนเค็ม การไถกลบปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยอินทรีย์ หรือใส่วัสดุปรับปรุงดิน เช่น แกลบ เพื่อปรับปรุงโครงสร้างดิน และความอุดมสมบูรณ์ของดิน หรือการปลูกข้าวโดยใช้ต้นกล้าที่อายุมากกว่าปกติ และปักดำด้วยจำนวนต้นมากกว่าปกติ ในขณะเดียวกัน ก็ต้องระมัดระวังในการทำกิจกรรมบางอย่างที่จะมีผลกระทบต่อการที่จะทำให้เกลือแพร่กระจายไปยังบริเวณอื่นได้ เช่น การทำเหมืองเกลือขนาดใหญ่ การตัดไม้ทำลายป่า หรือการสร้างอ่างเก็บน้ำในพื้นที่ที่มีแหล่งสะสมเกลือ (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2555)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2. น้ำในพืช (Water in Plants)

น้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญในส่วนต่างๆ ของพืชซึ่งส่วนใหญ่มีน้ำเป็นองค์ประกอบมากกว่า 90% ของน้ำหนักสด ระหว่าง 60-90% ของน้ำอยู่ในเซลล์เพื่อรักษารูปทรง ส่วนที่เหลือ 10-40% อยู่ในผนังเซลล์เพื่อทำหน้าที่ส่งผ่านระหว่างเซลล์ ปริมาณน้ำที่อยู่ในพืชมีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำที่ถูกดูดขึ้นไปจากดินผ่านต้นพืช และสูญเสียออกไปโดยการคายน้ำ สภาพที่น้ำในพืชมีการเปลี่ยนแปลงจนลดลงต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (optimum level) มีผลทำให้ปริมาณน้ำลดลงจนพืชสูญเสียความเต่งของเซลล์หรือเหี่ยว ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาเปลี่ยนแปลงไป ถ้าหากขาดน้ำอย่างต่อเนื่องจะทำให้พืชตายได้ ถึงแม้พืชจะสูญเสียน้ำออกไปมากแต่พืชก็จำเป็นต้องรักษาปริมาณน้ำไว้ให้เพียงพอสำหรับการพัฒนาการเจริญเติบโตและการรักษาสมดุล

3. ผลของสภาวะขาดน้ำ (Effect of Water Deficit)

สภาวะขาดน้ำคือ สภาวะที่เกิดขึ้นเนื่องจากอัตราการคายน้ำของพืชมากกว่าอัตราการดูดน้ำของพืช เป็นผลทำให้ปริมาณน้ำในพืชลดลงจนมีผลต่อสรีรวิทยาของพืช ซึ่งมีหลายกระบวนการของการตอบสนองที่แตกต่างขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรง และช่วงเวลาของการขาดน้ำดังนั้นควรมีการศึกษาดังต่อไปนี้

1. การตอบสนองทางสรีรวิทยาของพืชปลูกต่อสภาวะขาดน้ำ

1) การพัฒนาพื้นที่ใบ เกี่ยวข้องกับการขยายตัวของใบ การแก่และร่วงของใบ นับเป็นกระบวนการที่ช่วยให้พืชอยู่รอดได้ และจัดว่าเป็นกระบวนการตอบสนองที่เร็วที่สุด

2) การปิดเปิดของปากใบและการสังเคราะห์ด้วยแสงสภาวะขาดน้ำมีผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืช โดยขึ้นกับความรุนแรงของสภาวะขาดน้ำ ส่งผลให้มีการปิดของปากใบและทำให้การใช้CO_2 ลดลงด้วย เพราะ CO_2 จะผ่านเข้าออกทางปากใบ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

3) การตอบสนองของพืชทั้งต้นและการสะสมคาร์บอน ภายใต้สภาวะขาดน้ำพบว่ามีการตอบสนองในสองระดับ คือ

- ระดับใบพืชหรือกระบวนการภายในเซลล์พืช ดังนั้นการตอบสนองจึงเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนแก๊สต่อสภาพแวดล้อม
- ระดับความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับการใช้น้ำของพืช ซึ่งเกี่ยวข้องถึงกระบวนการ carbon assimilation ของพืช

- การผลิตอาหารของพืชไม่เพียงแต่กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับคาร์บอน แต่จะเชื่อมโยงไปถึงการไหลเวียนของน้ำและธาตุอาหารพืช ตลอดจนกระบวนการสะสมอาหารในพืช

4) ฮอร์โมนพืชพบว่ามีฮอร์โมนหลายตัวที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ภายใต้สภาวะขาดน้ำ อาจส่งผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช ดังนี้

- IAA (Indoleacetic acid) สภาวะขาดน้ำทำให้การแพร่กระจายของ IAA ในพืชลดลง ดังนั้นมีผลทำให้เกิดการแก่และร่วงของใบซึ่งส่งผลใบลดลง

- ABA (Abscisic acid) มีบทบาทสำคัญต่อพืชในสภาวะขาดน้ำ คือช่วยให้พืชมีความต้านทานต่อสภาพขาดน้ำ เพราะมีผลทำให้มีการปิดปากใบเพื่อลดการสูญเสียน้ำของพืช

- CK (Cytokinins) ช่วยชะลอการแก่และร่วงของใบ แต่เมื่อพืชขาดน้ำจะมีผลทำให้การสร้าง CK จากรากมีปริมาณลดลง ซึ่งจะมีผลต่อการปิดของปากใบ เพราะการปิดเปิดของปากใบขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของ ABA/CK เมื่ออัตราส่วนนี้มีค่าสูงขึ้นจะส่งผลให้มีการปิดของปากใบ

- Ethylene พบว่าสภาวะขาดน้ำของพืชมีผลชักนำให้เกิดการสังเคราะห์ ethylene ซึ่งทำให้เกิดการแก่และร่วงของใบเร็วขึ้น

- GA (Gibberellins) พบว่าสภาวะขาดน้ำของพืชมีผลทำให้ปฏิกิริยาของ GA ในใบพืชลดลง

ฮอร์โมนพืชเหล่านี้มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ในสภาวะขาดน้ำ คือ ABA และ ethylene จะถูกสังเคราะห์มากขึ้นในสภาวะขาดน้ำ แต่ในทางตรงกันข้าม IAA, CK และ GA มีแนวโน้มลดลงในสภาวะขาดน้ำ

5) การเจริญเติบโตของรากและการทำงานของรากปกติ ในสภาพที่พืชได้รับน้ำสม่ำเสมอระบบรากส่วนใหญ่จะอยู่ที่ผิวดินชั้นบน แต่เมื่อความชื้นที่ผิวดินลดลงเพราะสภาวะขาดน้ำจะมีผลทำให้การเจริญของรากที่ดินชั้นบนลดลง แต่พืชจะมีการเจริญของรากชอนไชไปในดินชั้นล่างเพื่อดูดน้ำขึ้นมารักษาความสมดุลของน้ำในต้นพืช นอกจากสภาวะขาดน้ำจะมีผลโดยตรงต่อการปรับตัวของระบบรากแล้ว ยังพบว่ามีผลทำให้การดูดธาตุอาหารของพืชลดลงด้วย

2. การปรับตัวของพืชต่อสภาวะขาดน้ำ

พืชมีกลไกการปรับตัวต่อสภาวะขาดน้ำ ซึ่งจำแนกออกได้เป็น 3 แบบใหญ่ ๆ คือ

1) การหนีแล้ง (Drought escape)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

1.1) การพัฒนาอย่างรวดเร็ว (Rapid phonological development) เป็นความสามารถของพืชที่ทำให้พืชเจริญครบวงจรได้รวดเร็วขึ้น เมื่อพืชได้รับผลกระทบจากสภาวะขาดน้ำ

1.2) การขยายเวลาช่วงออกดอกติดผล (Plasticity) เป็นความสามารถของพืชในการขยายระยะเวลาของการออกดอกออกไปได้เมื่อพืชได้รับน้ำ หรือมีฝนตกภายหลังจากผ่านช่วงแล้ง คือ ทำให้พืชฟื้นตัวและออกดอกให้ผลผลิตได้ คุณสมบัตินี้เป็นประโยชน์กับพืชที่มีการเจริญแบบ indeterminate เช่น พืชตระกูลถั่ว

2) การทนแล้ง (Drought tolerance) โดยลดศักย์ของน้ำ

2.1) รักษาความเต่งของเซลล์ กลไกหลักคือ Osmotic adjustment คือ การสะสมของ solute ในสภาวะขาดน้ำ ดังนั้นทำให้ค่า Osmotic potential สูงขึ้น ทำให้ค่า Turgor pressure เพิ่มขึ้นด้วย

2.2) ความทนทานต่อการสูญเสียน้ำ คือ สภาพที่พืชทนต่อสภาพแห้ง (Desiccation) คือ พืชจะตายในสภาพที่น้ำในพืชลดต่ำลงมาก หรือเรียกว่า Low lethal water status

3) การทนแล้งโดยรักษาศักย์ของน้ำ ความสามารถนี้เกี่ยวข้องกับกลไกที่ลดการสูญเสียน้ำและรักษาระดับในการดูดน้ำดังต่อไปนี้

3.1) ลดการสูญเสียน้ำ โดยการปิดปากใบ การม้วนใบ การสะท้อนของใบและการลดพื้นที่ใบ

3.2) รักษาระดับการดูดน้ำ เกี่ยวข้องกับการเจริญของรากที่เพิ่มขึ้นเมื่อการเจริญทางยอดลดลง รากพืชที่หยั่งลึกและแพร่กระจายได้ดี ช่วยให้พืชสามารถดูดน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ (มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ม.ป.ป)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตารางที่ 2 ความเสียหายต่อผลผลิตเมื่อพืชขาดน้ำ ในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ที่ ICRISAT, India

ชนิดพืช	ระยะการเจริญเติบโตที่ขาดน้ำ	ผลผลิตลดลง(%)
ข้าวโพด	การเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ	25
	ออกดอกตัวผู้-ออกไหม-เริ่มสร้างเมล็ด	50
	หลังสร้างเมล็ดเสร็จ	21
ข้าวฟ่าง	การเจริญทางลำต้นและใบ	25
	ตั้งท้อง	36
	ออกช่อ-เริ่มสร้างเมล็ด	45
	หลังสร้างเมล็ด	25
ข้าว	การเจริญทางลำต้นและใบ	17
	สร้างรวงอ่อน-รวงแก่เต็มที่	30
ฝ้าย	ก่อนออกดอก	0
	เริ่มออกดอก	21
	ออกดอกเต็มที่	32
	ช่วงหลังๆของการออกดอก	20
ถั่วเหลือง	การเจริญทางลำต้นและใบ 12	12
	เริ่มออกดอก-ออกดอกเต็มที่ 24	24
	ช่วงหลังๆของการออกดอก-เริ่มติดฝัก 35	35
	ช่วงหลังๆของการติดฝัก-ฝักแก่เต็มที่ 13	13
ถั่วลิสง	การเจริญทางลำต้นและใบ-ออกดอกและเริ่มลงฝักช่วง	36
	ลงฝักเต็มที่-เริ่มสร้างเมล็ด	24
	ช่วงหลังๆของการสร้างเมล็ด-ฝักแก่เต็มที่	12

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2535)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

4. ความเค็มกับการเจริญเติบโตของพืช

ความเค็มทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของพืชลดลง

1. ความเครียดออสโมติก (Osmotic stress)พืชที่ขึ้นบนพื้นที่ดินเค็มจะต้องใช้พลังงานมากกว่าปกติเพื่อดูดน้ำและธาตุอาหารมาใช้ในการเจริญเติบโต เกลือในดินทำให้น้ำในดินมีแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) เพิ่มขึ้น และความต่างศักย์ของน้ำ (water potential) ลดลง เซลล์พืชมีอาการขาดน้ำและอาจถึงตายได้ เพราะน้ำจะไหลจากบริเวณที่มีความต่างศักย์สูง (เกลือเจือจาง) ไปสู่บริเวณที่มีความต่างศักย์ที่ต่ำกว่า (เกลือเข้มข้น) หากดินมีเกลือในสารละลายดินเข้มข้นกว่าในพืช ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินจะลดลง ทำให้พืชไม่สามารถดูดน้ำจากดินได้ มีผลกระทบต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืช พืชแสดงอาการเฉา หรือขอบใบไหม้ ซึ่งเป็นผลจากอิทธิพลร่วมของเกลือทุกชนิดมากกว่าผลของชนิดของเกลือตัวใดตัวหนึ่งโดยเฉพาะ

2. ความเป็นพิษของธาตุบางชนิด (Ion toxicity) เนื่องจากไอออนบางชนิดที่พืชดูดเข้าไปสะสมมากเกินความต้องการพืชแสดงอาการขอบใบไหม้ และลุกลามเข้าเส้นกลางใบในที่สุด ไอออนที่มีอิทธิผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ Na^{+}, Mg^{+2}, Cl^{-}, CO_3^{-2} และ SO_4^{-2}

โซเดียมคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้นทำให้พืชตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง และสังเคราะห์โปรตีนได้ลดลง โซเดียมที่สะสมในใบ มีผลทำให้ใบไหม้ เนื้อเยื่อตามขอบใบตาย ในสภาพอากาศร้อนและแห้งจะแสดงความเสียหายรวดเร็ว เกิดที่ใบแก่ก่อน เริ่มที่ปลายใบ ขอบใบ แล้วลามมาที่เส้นกลางในต้นอะโวคาโด ส้ม แอปเปิล เกิดอาการเมื่อดินและน้ำมีโซเดียมเพียง 5 กรัมสมมูลย์/ลิตร โซเดียมมีผลทางอ้อมในแง่ที่ทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช โซเดียมปริมาณมากทำให้เกิดอาการขาดแคลเซียม โพแทสเซียมแมกนีเซียม และยังทำให้โครงสร้างของดินเสีย

คลอไรด์ที่พืชดูดเข้าไปจะถูกสะสมใน Vacuole เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้คลอไรด์ทำปฏิกิริยากับน้ำย่อย เนื่องจากคลอไรด์มีการแข่งขันกับตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น น้ำตาล จึงมีผลต่อการสะสมน้ำตาลในเซลล์สะสมอาหาร คลอไรด์ทำให้โพแทสเซียมในต้นอ้อยไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ทำให้ใบอ้อยขาดโพแทสเซียม มีโพแทสเซียมไม่พอใช้สังเคราะห์และเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรท พืชที่ไม่ทนคลอไรด์แสดงอาการเมื่อดินมีคลอไรด์เกิน 5 ถึง 10 กรัมสมมูลย์/ลิตร ขณะที่พืชทั่วไปจะทนได้ถึง 30 กรัมสมมูลย์/ลิตร

3. ความไม่สมดุลของธาตุอาหารดินมีระดับ pH สูง ทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารบางตัวลดลง เกิดผลเสียต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ที่ระดับ pH ระหว่าง 6-7 ฟอสเฟตอยู่ในรูปที่

เป็นประโยชน์แก่พืช แต่ที่ระดับpH มากกว่า 7 ธาตุอาหารพวกเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และ โคบอลต์ อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืชได้น้อย

การเป็นพิษและการขาดธาตุอาหารพืช (Specific ion effect) จะเกิดขึ้นเมื่อในสารละลายดินมีความเข้มข้นของประจุธาตุบางชนิดมากกว่าระดับปกติ ไปขัดขวางหรือยับยั้งการดูดธาตุอาหารและกระบวนการทางสรีรวิทยาบางอย่างของพืชได้ ยกตัวอย่าง เช่น โบรอน (B) เป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช แต่พืชต้องการปริมาณน้อยมาก ถ้าในสารละลายดินมีโบรอนมากกว่า 1 mg/l ก็ทำให้พืชเสียหายได้ เช่น ใบแก่ของส้ม อะโวคาโด และพลับ มีอาการปลายใบและขอบใบไหม้ พื้นที่ระหว่างเส้นใบมีสีซีด ฝ้าย องุ่น มันฝรั่ง ถั่ว มีอาการปลายใบไหม้และใบห่อตัวคล้ายถ้วย (กรมพัฒนาที่ดิน, ม.ป.ป)

5. กลไกการทนเค็มของพืช

กลไกที่พืชปรับตัวในสภาพที่เค็ม เช่น การอวบน้ำ ทำให้มีการสะสมเกลือในส่วนต่างๆของต้นได้มาก (Salt-accumulating) หรือการคายเกลือออกมาทางใบหรือราก (Salt-excreting) จะเห็นได้ว่ามีรูปแบบการปรับตัวของพืชที่ขึ้นในสภาพธรรมชาติ เช่น ในพื้นที่ใกล้ทะเลพบต้นชะคราม ผักบุ้งทะเล ไม้ป่าชายเลน เขตที่ถัดเข้ามาในแผ่นดินพบ ขลู่ พรมพระอินทร์ สาบเสือ เป็นต้น พืชที่อยู่รอดในสภาพความเค็มมีกลไกในการปรับตัว ดังนี้

1. การหลีกเลี่ยงเกลือ (Salt exclusion, Salt avoidance) เพื่อให้เกลือเข้าไปในต้นได้น้อยที่สุด เพื่อให้สามารถเจริญเติบโตในพื้นที่ดินเค็มได้ ดังนี้

ก. ไม่แผ่ขยายรากไปยังบริเวณที่เค็ม

ข. ยืดเวลางอกหรือเวลาแก่ หยุดกิจกรรมเพื่อการเจริญเติบโตจนกว่าสภาพแวดล้อมจะเหมาะสม

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ค. มีความสามารถที่จะเลือกดูดโพแทสเซียมเข้าไปได้มาก

ง. โซเดียมถูกดูดเข้าไป แต่มีช่องที่โซเดียมถูกดูดกลับออกไปทาง Xylem sap ของรากหรือต้น

2. การดูดเกลือเข้าไปสะสมหรือคายออก (Salt absorption: Accumulation, Excretion)

ก. เกลือที่ถูกพืชดูดเข้าไปสะสมในต้นและใบ มีผลต่อขบวนการเมตะโบลิซึมทำให้แรงดันออสโมติกในเซลล์สูงขึ้น ลดความต่างศักย์ของน้ำในเซลล์ และรักษาความเต่งของเซลล์ ถ้ามี

โซเดียมในไซโตพลาสมามากเกิน 100 mM ก็จะไปทำลายโครงสร้างของโปรตีนและยับยั้งการทำงานของน้ำย่อยพืชปรับตัวโดยการคายโซเดียมออกมา (Exclusion) และนำโซเดียมไปเก็บไว้ที่ Vacuole เพื่อป้องกันการเป็นพิษของโซเดียม และปรับแรงดันออสโมติกใน Cytoplasm และ Organelles รักษาความเต่งของเซลล์ให้มีระดับความต่างศักย์ของน้ำในพืชต่ำกว่าในดินไม่ให้เกิดอันตรายต่อการทำงานของน้ำย่อยและขบวนการ Metabolism

ข. การอวบน้ำ (Succulent) พืชบางชนิดมี Salt regulator ทำให้พืชดูดน้ำพองออก (swell) เมื่อเกลือเข้าไปในพืชทำให้ความเข้มข้นของเกลือในเซลล์ไม่เพิ่มขึ้น เจือจางความเป็นพิษของโซเดียมลง

ค. การคายเกลือออกมาทางใบหรือราก (Salt-excreting)

ง. ใบมีสารเคลือบผิว (Wax) เพื่อลดการสูญเสียน้ำ

จ. คายเกลือที่ดูดเข้าไปออกทางต่อมเกลือ (Salt gland)

ฉ. การปิดเปิดของปากใบ (Stomatal resistance)

ช. พืชต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้น เพื่อดูดน้ำขึ้นมาใช้ในการเจริญเติบโต พืชจะปรับตัวโดยลดอัตราการคายน้ำลง โดยมีขนาดและจำนวนใบลดน้อยลง (กรมพัฒนาที่ดิน, ม.ป.ป)

6. อิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่อการตอบสนองความเค็มของพืช

การทนเค็มของพืชนั้นนอกจากจะขึ้นกับชนิดและพันธุ์แล้ววิธีการดูแลรักษามีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชมาก เนื่องจากดินน้ำและปัจจัยสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลร่วมกันต่อการทนเค็มของพืชซึ่งพืชจะทนเค็มได้มากหรือไม่ก็ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศเย็นและชุ่มชื้นผลผลิตของพืชหลายชนิดลดลงมากขึ้นเมื่อความชื้นในบรรยากาศลดลง การเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วยการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสมทำให้ผลผลิตพืชในพื้นที่ดินเค็มเพิ่มขึ้น โครงสร้างดินเลวหรือมีชั้นดานเป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของรากพืช การเคลื่อนย้ายของน้ำและธาตุอาหารในดิน ดังนั้นการปรับปรุงโครงสร้างทางกายภาพของดินหรือการไถพรวนลึกทำลายชั้นดานจะช่วยลดข้อจำกัดทางกายภาพทำให้รากพืชสามารถชอนไชได้ดีขึ้น ข้อควรระวังในการให้น้ำแก่พืชในพื้นที่ดินเค็มคือ

1. ปริมาณน้ำในดินลดลงทำให้ความเข้มข้นของเกลือมากขึ้น

2. การให้น้ำปริมาณมากเกินไป ทำให้การถ่ายเทอากาศในดินลดโดยเฉพาะในดินเหนียวระบายน้ำยาก

3. การให้น้ำแบบสปริงเกอร์จะทำให้เกิดความเสียหายได้ถ้ามีน้ำเค็มค้างอยู่บนใบพืช (อรุณีและสมศรี, 2539)

7. ปาล์มสาคู

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Metroxylon sagu* Rottb.

ชื่อวงศ์ : Palmae

ชื่อสามัญ : Sago Palm

8. ถิ่นกำเนิดและการกระจายพันธุ์

ถิ่นกำเนิดของปาล์มสาคูคาดว่าจะอยู่ในปาปัวนิวกินีและโมลุกกะส์ แล้วเริ่มกระจายมาสู่ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ หมู่เกาะในมหาสมุทรแปซิฟิก ในอินโดนีเซียพบในพื้นที่ สุลาเวสี กาลิมันตัน สุมาตรตรา และชวาตะวันตก ตลอดจนในหมู่เกาะที่มีภูมิอากาศสม่ำเสมอตลอดปี โดยเฉพาะในหมู่เกาะริอู นิแอสและ หมู่เกาะเมนทาไว ที่มาเลเซียพบอยู่ในซาบาห์ ซาราวัคและแหลมมาลายู และยังขึ้นอยู่บางพื้นที่ของบรูไน ฟิลิปปินส์พบที่มิดาเนา ในปาปัวนิวกินี พบขึ้นอยู่ในบริเวณกว้าง ประเทศไทยพบในเขตภาคใต้ พื้นที่ป่าพรุที่มีปาล์มสาคูขึ้นอยู่ในบริเวณกว้างใหญ่ที่สุดในโลกอยู่ในปาปัวนิวกินี รวมเป็นพื้นที่ประมาณ 31.25-37.5 ล้านไร่ โดยเป็นพื้นที่ของอินโดนีเซียประมาณ 25-31.25 ล้านไร่ (พีรศักดิ์ และคณะ, 2544; นิพนธ์, 2550; สุมาลี, 2550)

ตารางที่ 3 พื้นที่ป่าพรุในประเทศไทย

จังหวัด	เนื้อที่ป่าพรุ(ไร่)	
	ธวัชชัยและคณะ(2528)	จิระศักดิ์และคณะ(2539)
นราธิวาส	283,530	193,559.40
นครศรีธรรมราช	76,350	118,412.51
ชุมพร	16,900	20,531.27
สงขลา	5,545	30,178.14
พัทลุง	2,786	17,296.88
ปัตตานี	1,127	7,531.26

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตราด	11,980	ไม่มีรายงาน
สุราษฎร์ธานี / ตรัง / กระบี่ / สตูล ฯลฯ	เล็กน้อย	12,387.77

ที่มา : กล้าณรงค์ และคณะ (2542)

9. การผลิตและการค้าระหว่างประเทศ

ในจำนวนพื้นที่รวม 31.25-37.5 ล้านไร่ ที่เป็นปาล์มสาคูที่ปลูกประมาณ 1.3 ล้านไร่ในอินโดนีเซียมีพื้นที่ปลูกประมาณ 8 แสนไร่ มาเลเซียประมาณ 2 แสน 5 หมื่นไร่ บรูไนน้อยกว่า6 พันไร่ ฟิลิปปินส์ประมาณ 3 หมื่นไร่ ปาปัวนิวกินีประมาณ 1 แสน 2 หมื่นไร่ ไทยประมาณ 3 หมื่นไร่และเกาะในมหาสมุทรร่วมประมาณ 6 หมื่นไร่ แป้งสาคูส่วนใหญ่ ใช้บริโภคและจำหน่ายในท้องถิ่น มีปริมาณรวมกันต่ำกว่า 3% ของปริมาณแป้งในตลาดโลก ผลิตภัณฑ์ส่วนหนึ่งจำหน่ายในรูปเม็ดสาคู การผลิตเม็ดสาคูทำโดยการนำแป้งสาคูดิบผ่านตะแกรง ก่อนที่จะนำไปยังเครื่องกวนบนแผ่นร้อนจนกระทั่งกลมและแห้ง เม็ดสาคูที่ได้จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 1-2 มม. ข้อมูลทางสถิติที่ถูกต้องของสาคูค่อนข้างหายาก ในปี ค.ศ. 1992 มีการส่งแป้งสาคูจาก ซาราวัค 45,700 ตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 310 ล้านบาท ในเบงกาลิส (หมู่เกาะริอู) ซึ่งเป็นแหล่งผลิตแป้งสาคูดั้งเดิม ในปีค.ศ. 1980 มีโรงงานผลิตแป้งที่กำลังดำเนินงานรวม 30 โรง มีการผลิตรวมปีละ 6,600 ตัน ในช่วงทศวรรษ 1930 มีการผลิตแป้งสดในแถบชายฝั่งทะเลตะวันออกของสุมาตราปีละ 30,000-60,000 ตันส่งออกไปยังสิงคโปร์เพื่อส่งออกตลาด ทั้งนี้การค้าแป้งสาคูมีแนวโน้มลดลงนับตั้งแต่ทศวรรษ 1950 เป็นต้นมา (พีรศักดิ์ และคณะ, 2544)

10. ลักษณะทั่วไป

ต้นสาคูเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว มีลำต้นสูงประมาณ 8-10 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นประมาณ 18 นิ้ว ลำต้นมีเปลือกหุ้มไว้ไม่มีกิ่งก้านสาขา ใบเป็นทางยาวประมาณ 6-7 เมตร ประกอบด้วยใบย่อยยาวประมาณ 60-180 เซนติเมตร กว้าง 5 เซนติเมตร จำนวน 50 คู่ สาคูแต่ละต้นมีการเกิดของใบเดือนละ 1 ใบแต่ละต้นจะมีใบทั้งหมด 18 ใบ ดอกเป็นแบบมีเกสรตัวผู้และตัวเมียอยู่ในลำต้นเดียวกัน ลักษณะสีดอกเป็นสีน้ำตาลแกมแดงหรือเหลือง ผลกลมแป้น เปลือกผลเป็นเกล็ดเรียงเกยซ้อนกัน เมื่อออกผลแล้วลำต้นจะตาย สาคูสามารถขยายพันธุ์โดยเมล็ดและหน่อ (สุมาลี, 2550; ลินดา, 2551)

ภาพที่ 3 ต้นสาคู

ที่มา : Yaowalak (2553)

สาคูเริ่มมีการสะสมแป้งและพัฒนาสร้างลำต้นตั้งแต่อายุ 4-5 ปี การสะสมแป้งสาคูจะมีสูงสุดเมื่อสาคูเริ่มออกดอกที่อายุประมาณ 9-15 ปี โดยต้นปาล์มสาคู 1 ต้นสามารถให้ผลผลิตแป้งสาคูประมาณ 100 – 300 กิโลกรัม (กล้าณรงค์ และคณะ, 2542; Ehara *et al.*, 2006; นิพนธ์, 2550; ลินดา, 2551)

11. การขยายพันธุ์และการเพาะปลูก

การขายพันธุ์ปาล์มสาคู ส่วนใหญ่นิยมใช้วิธีการแยกหน่ออายุของหน่อนั้นประมาณ 1ปี มีรากติดกับส่วนโคนลำต้น มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ8-15 เซนติเมตร ในการตัดควรมีส่วนของลำต้นที่มีลักษณะคล้ายเหง้าติดมาด้วยยาวประมาณ 15 เซนติเมตร เพื่อทำหน้าที่เป็นแหล่งอาหารสำรองแก่ต้นกล้า ในบางกรณีผู้ทำการแยกหน่ออาจจะใช้ขี้เถ้าทาบริเวณรอยตัดเพื่อป้องกันการเน่า การทารอยตัดด้วยการป้องกันกำจัดเชื้อราที่ให้ผลคุมกว้างๆก็จะช่วยเพิ่มอัตราการรอดตายของต้นกล้า ส่วนของเหง้าและรากจะต้องดูแลไม่ให้แห้งตามปกติแล้วจะมีการตัดใบทิ้งทั้งหมดหรืออยู่ในเฉพาะส่วนที่ยังไม่คลี่ไว้บางส่วน ก่อนปลูกอาจดูแลในเรือนเพาะชำโดยปลูกในถุงพลาสติก หรือ แช่น้ำตื้นๆ ในกรณีที่มีระดับน้ำลึก ให้ทำการผูกต้นกล้ากับทุ่นเพื่อให้ลอยน้ำได้โดนมีส่วนเหง้าและรากแช่น้ำตามปกติหน่อมีอัตราการรอดตายเพียง 50% การเพิ่มอัตราการรอดตายของหน่อทำได้โดยการรีบนำไปปลูกในเรือนเพาะชำโดยเร็วหลังทำการแยกหน่อ ควรพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงเพื่อป้องกันกำจัดด้วงปีกแข็ง และทำร่มเงาในฤดูแล้ง แม้ว่าการปลูกด้วยเมล็ดมีอัตราการรอดตายสูงแต่เมล็ดที่

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สมบูรณ์จะหาได้ยากและมีความแปรปรวนในสายพันธุ์สูง ในแปลงปลูกควรใช้ระยะ 6x6 เมตร ไปจนถึง 7x7 เมตร ความลึกในการปลูกเป็นจุดสำคัญส่วนของเหง้าและรอยตัดควรฝังมิดในดินเพื่อป้องกันการทำลายของแมลงศัตรูพืช และการคายน้ำ แต่ส่วนยอดและเนื้อเยื่อเจริญต้องอยู่เหนือระดับน้ำที่จะท่วมถึงในฤดูฝน ควรปักหลักเพื่อพยุงต้นตามความจำเป็น รวมทั้งการทำร่มเงาเพื่อพรางแสงแดดนอกจากนี้ยังมีการพยายามขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจากการใช้ต้นอ่อนภายในเมล็ดแต่ยังไม่ประสบความสำเร็จ (พีรศักดิ์ และคณะ, 2544)

12. การเจริญเติบโตและการพัฒนาการ

เมล็ดแก่จะงอกโดยไม่มีการพักตัว แต่อาจจะสูญเสียการงอกของเมล็ดอย่างรวดเร็ว จากการสูญเสียความชื้น ในสภาพธรรมชาติเมล็ดที่งอกจะเป็นเมล็ดที่แก่จัดมีเปลือกเมล็ดสีน้ำตาล เนื้อเยื่อเมล็ดแข็ง อยู่ภายในเปลือกที่มีสีฟางแห้ง ตามปกติเมล็ดจะงอกภายใน 3 สัปดาห์ การเจริญแบ่งออกเป็น ระยะการเจริญเติบโตเป็นแบบกุหลาบซ้อนนาน 3.5-6 ปี และระยะการเจริญเติบโตของลำต้นในช่วง 6-14 ปีหลัง ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมจะมีอัตราการเกิดใบใหม่ในช่วงแรกเดือนละ 2 ใบ และช่วงหลังจะลดลงเหลือเดือนละ 1 ใบ ในระยะที่สอง อายุของใบ 18-24 เดือน มีการแตกหน่อตลอดเวลาโดยมีการแตกหน่อตั้งแต่ปีแรกหลังงอก มีการสะสมแป้งในส่วนไส้ของลำต้นซึ่งเป็นเซลล์พาเรนไคมา โดยสะสมจากส่วนโคนไปยังปลายยอด ปริมาณแป้งสูงสุดที่มีการวัดไว้ใน ซาราวัค มีค่า 190 กก./ลบ.ม. ในแถบแปซิปิคที่ปาปัวนิวกินี มีค่า 330 กก./ลบ.ม. และซีแรม ในอินโดนีเซีย มีค่า 280 กก./ลบ.ม. ในช่วงการออกดอกและติดผลจะมีการเคลื่อนย้ายแป้งไปยังดอกแล้วหลังจากผลร่วงจะมีแป้งเหลืออยู่ในลำต้นน้อยมาก (พีรศักดิ์ และคณะ, 2544)

13. การบำรุงดูแลรักษา

หน่อใหม่ปลูกใหม่เริ่มตั้งตัวได้หลังจากมีการคลี่ใบเกิดใหม่และใบรูปหอกที่ติดมากับต้นกล้าโดยทั่วไปใช้เวลาไม่เกิน 3 เดือน หลังจากนั้นทำการลดร่มเงาลงการกำจัดวัชพืชมีความสำคัญจนกว่าพุ่มใบจะครอบคลุมพื้นที่ มีการตัดแต่งใบแก่ไปเป็นวัสดุคลุมดินมีการกำจัดหน่อเกิดใหม่ 1 หน่อทุกๆ 2 ปี จะทำให้ได้ผลผลิตต้นจำนวน 21-22 ต้น/ไร่/ปีระดับน้ำใต้ดินไม่ควรต่ำกว่า 50 ซม. ตามปกติไม่มีการใส่ปุ๋ยในแหลมมาลายูมีการปลูกต้นสาคูตามชายฝั่งแม่น้ำที่น้ำท่วมถึง โดยอาศัยแร่ธาตุต่างๆที่มา

กับน้ำ การขาดธาตุอาหารมีผลในการลดอัตราการสร้างใบและพื้นที่ใบในต้นกล้า (พีรศักดิ์และคณะ, 2544)

14. โรคและแมลงศัตรู

ในการตัดต้นปาล์มสาคูมาใช้ประโยชน์จากป่ากึ่งธรรมชาติ ไม่พบแมลงศัตรูพืชที่ทำให้เกิดความเสียหายรุนแรง อย่างไรก็ตามในแปลงปลูกที่มีการดูรักษาเป็นอย่างดีในซาราวัคพบว่าแมลงศัตรูหลายชนิดที่ก่อให้เกิดความเสียหายในระดับเศรษฐกิจ ที่สำคัญที่สุดได้แก่หนอนของ hispid beetle (*Botryonopa grandis*)ซึ่งกัดกินเยื่ออ่อนใบที่ยังไม่คลี่ปลวก(*Coptotermas* sp.) กักกินเจาะลำต้นในต้นที่มีอายุน้อยเป็นช่องขึ้นไปถึงเยื่อเจริญส่วนยอด หนอนของ rad-striped palm weevil (*Rhynchop horusschach* = *R. ferrugineus* var. schach) ที่เรียกว่าหนอนสาคู (ตัวอ่อนด้วงสาคู) กินส่วนของลำต้น ในบริเวณอื่นๆ (พีรศักดิ์ และคณะ, 2544)

ภาพที่ 4 ตัวอ่อนด้วงสาคู

ที่มา : เมธี (2555)

15. การเก็บเกี่ยว

การตัดฟันต้นในช่วงที่มีการสะสมแป้งในลำต้นมากที่สุดจะทำให้ได้ผลผลิตแป้งจากต้นมากกว่าปกติจะอยู่ในระหว่างช่วงระยะออกดอกดอกบานและติดผล อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาผลผลิตสูงสุดต่อช่วงจะต้องทำการตัดฟันก่อนการแทงช่อดอก ซึ่งเป็นช่วงที่มีอัตราการสะสมแป้งยังไม่ลดลง หลังจากนั้นให้ตัดส่วนยอดและพุ่มใบทิ้งไปลอกกาบหุ้มที่ติดอยู่ออก ส่วนของลำต้นที่มีใบอยู่จะมีปริมาณแป้งต่ำ (พีรศักดิ์ และคณะ, 2544)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 5 การตัด

ที่มา : เซโก (2555)

16. ผลผลิต

ผลผลิตแป้งแห้งสูงสุดในแต่ละปีของต้นปาล์มสาคูที่ปลูกในแหลมมาลายูในการเก็บเกี่ยวครั้งแรกมีค่าประมาณ4 ตัน/ไร่ เปรียบเทียบได้กับผลผลิต 180 กิโลกรัม จากแต่ละต้นรวมทั้งสิ้น12 ต้น ผลผลิตในรุ่นต่อๆไปมีค่าคงที่ประมาณ 2.4 ตัน/ไร่(180 กิโลกรัม/ต้น รวมทั้งสิ้น 13 ต้น)มีรายงานผลผลิตแป้งจากต้นที่โตเต็มที่ในสภาพธรรมชาติมีค่าตั้งแต่ 20-400 กิโลกรัม ในแปลงกึ่งธรรมชาติสามารถตัดฟันต้นประมาณ 8 ต้น/ไร่/ปี ได้ผลผลิตแป้ง 1.6 ตัน/ไร่ ในขณะที่ป่าปาล์มสาคูบนที่ดอนที่มีสภาพสมบูรณ์สามารถตัดฟันต้นได้4 ต้น/ไร่/ปี ได้ผลผลิตแป้ง 0.8ตัน/ไร่ (พีรศักดิ์ และคณะ, 2544)

17. การสกัดแป้งสาคู

เมื่อต้นสาคูมีอายุแก่เต็มที่ (ตั้งแต่ 8 ปีขึ้นไป) ก็จะเริ่มออกดอกออกผลและแห้งตายชาวพื้นเมืองและผู้เคยใช้ประโยชน์จากต้นสาคูรู้ดีว่าจะต้องรีบตัดต้นสาคูในระยะกำลังจะออกดอก ซึ่งจะเป็นระยะที่มีแป้งสะสมในลำต้นมากที่สุดเนื่องจากพื้นที่ที่ต้นสาคูขึ้นหนาแน่นเป็นป่าพรุหรือพื้นที่ริมน้ำ การนำเครื่องจักรยนต์หนักหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าเข้าไปลำบากจึงต้องทำการตัดด้วยเลื่อยยนต์หรือเลื่อยมือเนื่องจากในประเทศไทยมีผลิตภัณฑ์ของต้นสาคูยังไม่อยู่ในระดับอุสาหกรรมการตัดโค่นจึงเป็นไปตามแหล่งที่สะดวกต่อการชักลากการปฏิบัติขั้นแรกในการแปรรูปก็คือ การตัดลำต้นออกเป็นท่อนๆ ควรให้มีความยาวท่อนละ 1 เมตร เพื่อสะดวกในการส่งและแบกหามหลังจากนั้นก็นำท่อนต้นสาคูที่ได้มาสกัดเป็นแป้งสาคูด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

1. การสกัดแบบชาวบ้านชาวบ้านพื้นเมืองสกัดแป้งเพื่อรับประทานเป็นอาหารบริโภคหรือใช้ประโยชน์อื่นๆ โดยใช้เครื่องมือที่ง่าย ๆ คือ

(ก.) ใช้ท่อนไม้ไผ่เมื่อลำต้นสาคูถูกตัดเป็นท่อนขนาดความยาว 1 เมตรแล้ว ก็ใช้ท่อนไม้ไผ่(หรือลำไม้อื่นๆ)ตำกระแทกเพื่อให้เนื้อของต้นสาคูแตกและใช้มือโกยเนื้อของต้นสาคูออกจนกระทั่งเกิดหลุมลึกเกินครึ่งหนึ่งของความสูงต้นสาคูก็กลับด้านลำต้นสาคูและกระแทกเนื้อส่วนที่เหลือให้แตกและหลุดออกจนหมด

(ข.) เครื่องขูดโดยมือลำต้นที่ถูกตัดเป็นท่อนจะถูกปอกเปลือกโดยขวาน แล้วแบ่งเนื้อออกเป็นขนาดที่พอเหมาะ ใช้ไม้ที่มีตะปูตอกเป็นหนามขูดเนื้อลงในภาชนะจะได้เนื้อเป็นผงฝอย (Meal) ขนาดใกล้เคียงกับการใช้เครื่องจักร

ภาพที่ 6 เครื่องขูดโดยมือ

ที่มา : บ้านสวนพอเพียง (2551)

(ค.) การใช้เครื่องขูดหลังจากลอกเปลือกและหั่นเป็นชิ้นขนาดพอเหมาะแล้วชิ้นเนื้อสาคูจะถูกขูดโดยเครื่องขูด ซึ่งมีลักษณะของท่อนไม้ทรงกลมหมุนโดยแรงมอเตอร์บนเนื้อไม้ตอกโดยเหล็กเส้นซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับขูดเนื้อมะพร้าวทั่วไปสำหรับฝอยสาคูที่ได้จากการสกัดไม่ว่าแบบใช้ท่อนไม้ไผ่ ขูดโดยมือหรือเครื่องขูด แป้งจะถูกสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวสกัดใช้มือขยี้ฝอยสาคูบนผ้าขาวบางน้ำแป้งที่ผ่านผ้าขาวบางจะถูกนำไปตกตะกอนตั้งแต่ครึ่งวันถึง 2 วัน จึงนำตะกอนแป้งมาตากแห้ง (ตากแดด) แป้งที่ได้จะมีลักษณะสีชมพู

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 7 การใช้เครื่องขูด

ที่มา : เอกศิลป์ (2554)

2. การพัฒนาการสกัดแป้งให้กับชุมชนโครงการความร่วมมือขององค์การอาหารและเกษตร (FAO) ในประเทศไทยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และสถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราชได้จัดตั้งให้มีหน่วยผลิตต้นแบบ (Pilot unit) เพื่อพัฒนาการผลิตแป้งสาคูให้มีคุณภาพที่ดีและหาแนวทางที่เหมาะสมให้ชาวบ้านในท้องถิ่นได้ยึดถือปฏิบัติ รวมทั้งแนะนำการใช้ประโยชน์ของแป้งสาคูการพัฒนากรรมวิธีการสกัดดำเนินตามหลักการของ Cecil (1980); Fujii et al. (1986) ที่รวบรวมและเพิ่มเติมโดย Flach (1994) อ้างโดย กล้าณรงค์และคณะ (2542)ดังนี้

(ก.) การตัดต้นสาคู แนะนำอายุที่เหมาะสมสำหรับตัดให้กับชาวบ้านซึ่งส่วนใหญ่มีความรู้เรื่องนี้และทำการตัดในช่วงก่อนออกดอก

(ข.) การเก็บรักษาท่อน แนะนำให้ผลิตให้เสร็จในวันเดียวไม่ให้เก็บเกิน2 วันซึ่งปกติชาวบ้านจะทำการตัดและทำการสกัด 1 ท่อนต่อครั้ง สามารถทำการสกัดฝอยแป้งจาก1ต้นภายในเวลา 2-3 วันเป็นอย่างช้า

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

(ค.) การลอกเปลือก แนะนำให้ทดลองใช้ขวานที่ทำจากเหล็กไร้สนิม(Stainaxe) จากลอกเปลือกแล้วใช้มีดที่ทำจากเหล็กไร้สนิมทำการช่วยแต่งเพื่อลดการสูญเสียแป้งติดไปกับเปลือกและลดการเกิดสี

(ง.) การขูด เครื่องขูดได้ทำการติดตั้งทดลองและแนะนำทั้งสองชนิดกล่าวคือเครื่องขูดมะพร้าวปกติทั่วไป และเครื่องขูดที่ลวดเหล็ก โครงเหล็กทุกส่วนทำจากเหล็กไร้สนิมการขูดอย่าง

ละเอียดจะทำให้มีการจับตัวของแป้งระหว่างหนามลวด และทำให้การสกัดช้าลง อย่างไรก็ตามควรเติมน้ำระหว่างการขูดจะทำให้การจับตัวของแป้งลดลงและเป็นการชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของฝอยแป้งที่ขูดได้ จากการสังเกตฝอยแป้งที่ขูดจากเครื่องมะพร้าวที่ปกติจะมีสีขาว(แกมชมพู)แต่จะเปลี่ยนเป็นสีดำและดำแดงอย่างรวดเร็วในขณะที่ฝอยแป้งจากการขูดโดยเครื่องเหล็กไร้สนิมออกมาจะมีสีเทาจัด แต่จะเปลี่ยนสีคล้ำช้ากว่า โดยเฉพาะถ้ามีการเติมน้ำปนจะทำให้การเปลี่ยนแปลงในเรื่องสีช้ากว่าปกติ

(จ.) การใช้ตะแกรง การใช้กรองโดยผ้าขาวบางธรรมดาจะได้กากอ่อนติดมากับแป้งมาก น้ำแป้งก่อนตกตะกอนควรผ่านตะแกรงขนาดใหญ่กว่า120Mesh (123 um) ซึ่งในทางห้องปฏิบัติการใช้รายละเอียดได้ถึง 175 Mesh แต่ในภาคปฏิบัติใช้ตะแกรงร่อนแป้งทำขนมขนาดทั่วๆ ไปประมาณ 30-50 mesh การสูญเสียปริมาณและคุณภาพของแป้งจากการทดสอบ (หัวข้อ 5) ไม่มากเท่ากับผลของเวลาตกตะกอน กากที่ติดบนผ้ากรองหรือตะแกรง เอามารวมกันห่อผ้าขาวบางแล้วใช้เครื่องเหวี่ยงแยกน้ำที่ใช้สำหรับแยกน้ำถั่วเหลืองที่หาได้จากท้องตลาด เหวี่ยงแยกน้ำออกจนหมด กากแห้งตากแดดแล้วเก็บไว้ใช้เป็นอาหารสัตว์ น้ำที่เหลือออกมาใช้ในการสกัดแป้งอีกต่อไป

(ฉ.) การตกตะกอน ตกตะกอนน้ำแป้งในภาชนะพลาสติกที่พอหาได้ง่ายเป็นถังพลาสติก อ่างพลาสติกการตกตะกอนไม่ควรเกิน 1 วันน้ำที่ได้จากการตกตะกอนในช่วงเวลาสั้น (1–5 ชั่วโมง) สามารถนำกลับใช้สกัดแป้งใหม่ได้

(ญ.) การตากแห้ง ในระดับชาวบ้านท้องถิ่นใช้การแตกแดด แต่สามารถใช้ตู้อบหรือโรงอบที่ดัดแปลงมาจากโรงรมควันยางพาราได้ก็จะได้แป้งคุณภาพดี ในการพัฒนาการผลิตครั้งนี้ใช้ตู้อบที่ดัดแปลงจากตู้รมควัน

3. การสกัดในระดับอุตสาหกรรมในประเทศไทยยังไม่มีการสกัดแป้งสาคูในระดับอุตสาหกรรมแต่ประเทศเพื่อนบ้านเช่น มาเลเซีย อินโดนีเซีย มีการสกัดแป้งสาคูมานานแล้วการผลิตนั้นเริ่มต้นจากการลำเลียงต้นสาคูจากป่าพรุมาโรงงานทางน้ำ แล้วเก็บวัตถุดิบไว้ในน้ำ จากนั้นทำการลอกเปลือกแล้วจึงเลื่อยแบ่งเป็นเล็กๆ แล้วขูดโดยเครื่องขนาดใหญ่ ในโรงงานขนาดเล็กๆ ยังมีการใช้แรงงานคนในการสกัดแป้ง แยกแป้งออกด้วยการตกตะตอน และทำให้แห้งโดยตากแดดหรือผึ่งบนพื้นซีเมนต์ที่ให้ความร้อน ส่วนในโรงงานขนาดใหญ่จะติดตั้ง Hammer mill หลังจาก Rasperและใช้การสกัดที่มีตะแกรงขนาด 60 และ 120 mesh เพื่อกรองแยกกากออกจากแป้งโดยเครื่องแยกเช่นเดียวกันกับการสกัดแป้งมันสำปะหลัง หลังจาก Rasper และใช้เครื่องสกัด (Extractor) ที่มี

ตะแกรงขนาด 60–120 mesh เพื่อกากออกจากน้ำแป้ง และแยกน้ำออกจากแป้งโดยเครื่องแยก (Separator) เช่นเดียวกันกับการสกัดแป้งมันสำปะหลังหลังจากใช้เครื่องเหวี่ยงสลัดน้ำ(Dewatering centrifugal) หรือ Vacuum roller dryer แป้งหมาดที่มีความชื้นประมาณ 35% ก็จะถูกทำแห้งโดย Flash dryer (กล้าณรงค์ และคณะ, 2542 อ้างจาก Azudin et al., 1991)

18. คุณสมบัติ ปริมาณ และคุณภาพของแป้งสาคู

แป้งสาคูบริสุทธิ์จะประกอบด้วย อะไมโลส 27% และอะไมโลแพคติน 73% ตัวอย่างจากแป้งจากแหล่งต่างๆ ในอินโดนีเซียมีองค์ประกอบ น้ำ 10-17% โปรตีน 0.31% ไขมัน 0.11-0.25% คาร์โบไฮเดรต 81-88% เส้นใย 1.35% เถ้า 0.15-0.28% อาหารที่มีแป้งสาคูเป็นองค์ประกอบหลักควรผสมกับอาหารอื่นๆ เพื่อปรับปรุงคุณค่าทางอาหารให้มากขึ้น

ปริมาณแป้งในลำต้นสาคูเมื่ออายุแก่เต็มที่จะมีปริมาณแป้งสูงสุดอยู่ในส่วนกลางลำต้น ซึ่งจะใหญ่กว่าส่วนอื่นมองเห็นได้ชัด แป้งจะเก็บไว้ในคลอโรพลาสต์ในเซลล์ของส่วนที่เรียกว่า pith ในด้านนอกจะเป็นเปลือกและเส้นใย ซึ่งจะมีความหนาประมาณ 2-2.5 เซนติเมตร ในการลอกเปลือกนั้นจะติดในส่วนของเปลือกและเส้นใยออกมาด้วย ซึ่งต้องพยายามให้ติดออกมาน้อยที่สุดเพราะในส่วนเส้นใยมีแป้งอยู่เป็นปริมาณสูงเช่นกัน สัดส่วนของเปลือกต่อเนื้อได้มีผู้รายงานและรวบรวมไว้พอสมควรซึ่งจากการวัดในห้องปฏิบัติการโดยใช้ต้นสาคู 2 ต้น พบว่าในส่วนปริมาณของลำต้นที่มีอายุเหมาะสมสำหรับใช้สกัดแป้งได้ปริมาณเปลือกประมาณ 25% และเนื้อ 75% ในส่วนของเนื้อนั้นจะมีความชื้นประมาณ 50% เนื่องจากลำต้นสาคูนั้นมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่สม่ำเสมอ จะมีท่อตรงกลางและด้านบนใหญ่กว่าด้านล่าง ในด้านองค์ประกอบทางเคมี จะเห็นว่าองค์ประกอบของลำต้นนั้นใกล้เคียงกัน คือแป้งอยู่ 82.7% ของน้ำหนักแห้งโดยเฉลี่ย ส่วนในเรื่องของปริมาณแป้งที่สกัดได้ จะได้ประมาณ 10% ของน้ำหนักท่อนทั้งหมด หมายความว่า ในส่วนกลางของลำต้นมีน้ำหนักมากกว่าทุกส่วนก็จะเป็นส่วนที่ให้แป้งได้มากที่สุด ต้นสาคูที่ตัดมาผลิตแป้งต้นหนึ่งมีน้ำหนัก 800 กิโลกรัม สามารถผลิตแป้งได้ 80 กิโลกรัม ถ้าเปรียบเทียบกำลังการผลิตเท่ากับการผลิตแป้งมันสำปะหลัง วันละ 200 ตัน จะต้องใช้ต้นสาคูหนัก 2,000 ตันหรือต้นสาคู 2,500 ต้น

ขนาดของเม็ดแป้งสาคูมีตั้งแต่ 20–50 um ค่าเฉลี่ยจะอยู่ประมาณ 35 um และมีเม็ดขนาด 20 um อยู่เป็นส่วนหนึ่งด้วย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าในระดับอุตสาหกรรมเม็ดแป้งมีการกระทบกระแทกกับแรงกลมาก มีจำนวนเม็ดแป้งที่แตกเสียหาย

การพองตัวและการละลาย การพองตัว (Swelling power) ของเม็ดแป้งสาคู เริ่มแสดงค่าที่อุณหภูมิมากกว่า 60 องศาเซลเซียส แป้งที่สกัดได้จากห้องปฏิบัติการจะมีค่า Swelling power ได้ถึง 100 เมื่ออุณหภูมิใกล้ 100 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับแป้งที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรมจะมีค่า Swelling power ใกล้ 100 ที่ 80 องศาเซลเซียส และมีค่าการละลายดีกว่าแป้งที่สกัดจากห้องปฏิบัติ ซึ่งเป็นลักษณะของแป้งที่มีส่วนของเม็ดแป้งแตก (Damage starch) ปนอยู่มาก

ความหนืดถือได้ว่าเป็นคุณสมบัติสำคัญที่สุดของแป้งสาคู ซึ่งคุณสมบัติอันนี้ทำให้ผู้บริโภครู้จักแป้งสาคูเนื่องจากแป้งสาคูมีเม็ดที่ใหญ่ จึงมีกำลังการพองตัวสูง ค่าความหนืดจะสูง จากรายงานกล้าณรงค์ และคณะ (2542) มีการตรวจสอบจากแป้งที่สกัดจากสาคูหลายๆพันธุ์พบว่าความหนืดประมาณ 700 B.U.และจากการทดสอบแป้งที่สกัดในห้องปฏิบัติการจะได้ความหนืดสูงอยู่ในช่วง 713–733 B.U.โดยมี Final viscosity อยู่ที่ประมาณ 584–588 B.U.

ความขาวและความใสของเนื้อแป้งสุก (Whiteness and paste clarity) ความขาวโดย Kett Scale ของแป้งสาคูทั่วไปแตกต่างกันไปตามกรรมวิธีการผลิต เนื่องจากในเม็ดแป้งสาคูในลำต้นก่อนสกัดจะมีสารพวก Phenolic compounds อยู่มาก บางโรงงานมีการฟอกขาวโดยใช้สารฟอกสี ความขาวโดยเฉลี่ยจะพบตั้งแต่ระดับ 36-82 ซึ่งปกติคุณภาพความขาวของแป้งสาคูในอินโดนีเซียอยู่ในระดับ 70-80 (กล้าณรงค์ และคณะ, 2542)

การย่อยสลายโดยอะมิเลส (%hydrolysis) การย่อยสลายของเม็ดแป้งโดยน้ำย่อยอะไมเลสภายใต้อุณหภูมิ 35°C แสดงให้เห็นเป็นซับสเตรทของแป้ง เป็นการแสดงความสามารถในการใช้ประโยชน์ของผู้บริโภคในระหว่างที่แป้งยังไม่สุก จากการทดลองพบว่า ความสามารถในการถูกย่อย in vitro ของแป้งสาคูหลังจาก 48 ชั่วโมงอยู่ระหว่าง 15-38% โดยที่แป้งที่ผลิตจากโรงผลิตจากโรงงานและแป้งที่ได้จากการสกัดโดยมือ (เนื่องจากมี Damage starch มากกว่า) จะถูกย่อยสลายได้ดีกว่า จากรายงานของ กล้าณรงค์ และคณะ (2542) พบว่าเม็ดแป้งสาคูที่สกัดจากต้นสาคูต่างๆชนิดกันก็ให้ค่าการย่อยสลายอยู่ในช่วง 30-40% (Glucoamylase 10 Internationl Unit (IU) / s-starch, 40 °C , pH 4.5,48 ชั่วโมง)

คุณสมบัติของความร้อน เมื่อแป้งถูกความร้อนมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานเพื่อที่จะมีการดูดน้ำเพิ่มขึ้น และเปลี่ยนแปลงลักษณะทางโครงสร้างของตัวเม็ดแป้ง ซึ่งจากเครื่องวัดความหนืดโดยทั่วไป เช่น Barbenderamylographหรือ Rapid Visco Analyzer จะบอกค่า Pasting temperature สำหรับการวัดค่าความร้อนโดย Differential Scanning Calorimeter จะแสดงค่า

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ความร้อนที่เม็ดแป้งรับเข้าไป โดยแสดงเป็นอุณหภูมิที่เม็ดแป้งเริ่มต้นขยายตัว (T0) สูงสุด (Tp) และอุณหภูมิสุดท้ายของการเปลี่ยนแปลง (Tf) รวมทั้งเอนทาลปีที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมดระหว่างการเปลี่ยนแปลงเมื่อเม็ดแป้งได้รับความร้อน ซึ่งจะอธิบายคุณสมบัติหลายๆประการของเม็ดแป้งได้

ตารางที่ 4 ปริมาณเปลือกและเนื้อในส่วนของลำต้นสาคูที่นำมาสกัดแป้ง

จำนวนต้นที่คิดคำนวณ	ปริมาณเปลือก (%)	ปริมาณเนื้อ (%)	น้ำหนักเฉลี่ยต่อต้น (กก.)
2	25	75	767
6	25	74	875
-	32	68	1,250
-	32	68	800
21	28	72	589

ที่มา : กล้าณรงค์ และคณะ (2542)

ตารางที่ 5 องค์ประกอบของเนื้อในลำต้นสาคู

ส่วนของลำต้น	องค์ประกอบ (%โดยน้ำหนักแห้ง)				
	แป้ง	โปรตีน	ไขมัน	เส้นใย	เถ้า
ยอด	83.06±0.00	1.55±0.05	0.12±0.05	4.04±0.30	2.63±0.01
กลางต้นบน	83.13±0.07	1.26±0.02	0.12±0.02	3.51±0.02	2.75±0.00
กลางต้นล่าง	82.09±0.33	1.16±0.00	0.1±0.04	3.38±0.11	2.64±0.01
โคน	82.56±0.45	0.94±0.03	0.16±0.05	3.94±0.02	2.26±0.00
เฉลี่ย	82.71	1.23	0.13	3.72	2.57

ที่มา : กล้าณรงค์ และคณะ (2542)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตารางที่ 6 ผลผลิตของแป้งที่สกัดได้จากส่วนต่างๆของลำต้นสาคู

ส่วนของลำต้น	น้ำหนักตัวอย่าง (กก.)	แป้งที่สกัดได้ (กก.)	ความชื้นของแป้ง (กก.)	ผลผลิต (%)	ผลผลิตเฉลี่ย (%)	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ยอด	8.00 7.10	0.9238 0.9113	8.691 8.330	10.5522 11.7660	11.159	0.8583
กลาง	6.80 5.25	0.7996 0.6076	8.624 6.382	10.7447 10.8347	10.7897	0.0636
กลาง	6.40 6.90	0.6023 0.6425	9.012 8.656	8.5628 8.5056	8.5342	0.0405
ล่าง	6.30 7.40	0.6374 0.8932	8.806 8.207	9.2265 11.0797	10.1531	1.3104

ที่มา : กล้าณรงค์ และคณะ (2542)

19. การใช้ประโยชน์จากส่วนต่างๆ ของต้นสาคู

แป้งจากปาล์มสาคูจัดเป็นอาหารหลักในปาปัวนิวกินี มีการปรุงอาหารโดยการนำแป้งไปต้ม ทอด หรือปิ้ง เพียงอย่างเดียวหรือผสมกับอาหารอื่นๆ ได้อาหารที่หลากหลาย ที่เก็บไว้ได้นานแตกต่างกันไป ในอินโดนีเซีย และมาเลเซีย มีการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมและใช้ในการผลิตเค้กและคุกกี้ เส้นก๋วยเตี๋ยวรวมไปถึงขนมต่างๆ ในสหรัฐอเมริกาใช้ทำคัสตาร์ด การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่นๆ นอกเหนือจากการใช้เป็นอาหารได้แก่เป็น ตัวรักษารูปทรงในการผลิตกระดาษและเส้นใย ผสมกับกาวในการผลิตไม้อัด จัดเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมกับอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น การผลิตน้ำหวานเข้มข้น และเอทานอล คุณประโยชน์รองได้แก่การใช้ส่วนลำต้นอ่อน ไส้กลาง และเศษวัสดุที่เหลือจากการผลิตแป้งเป็นอาหารสัตว์ เปลือกของลำต้นใช้เป็นวัสดุก่อสร้างและเชื้อเพลิง ก้านใบใช้ทำฝาผนัง ฝ้าเพดาน และ รั้ว เส้นใยในส่วนเปลือกของก้านใช้ทำเชือกและทอเสื่อ ในชวาตะวันตกมีการใช้ประโยชน์จากใบเป็นวัสดุมุงหลังคา ใบอ่อนใช้สานตะกร้า ยอดอ่อนนำมารับประทานเป็นผักได้ ในไทยจะใช้ประโยชน์จากต้นสาคูคือ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

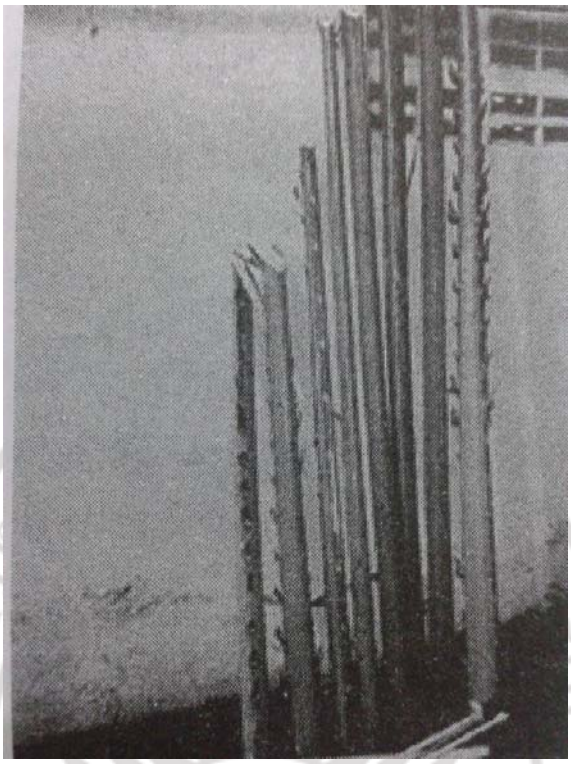
ใบ : ชาวบ้านใช้ประโยชน์ของใบของปาล์มสาคูมาตั้งแต่โบราณ โดยใช้ทำเป็นที่อยู่อาศัยใบของต้นมะพร้าว จากก็ถูกนำมาใช้เช่นเดียวกัน เช่นมุงหลังคา แต่ใบสาคูจะมีลักษณะเหนียวและคงทนไม่แตกง่าย จึงนิยมกันมาก

ภาพที่ 8 การสานตับจากใบต้นสาคู

ที่มา : กล้าณรงค์ และคณะ (2542)

ก้านใบ : ก้านใบของต้นไม้ประเภทปาล์ม เช่น กาบมะพร้าว ใบตาล ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตเครื่องจักรสานเป็นเวลานานมาแล้ว ก้านใบของต้นปาล์มสาคูมีความเหนียวและยางที่แตกต่างไปจากพืชประเภทปาล์มชนิดอื่นๆ ชาวบ้านจะนำกาบใบต้นปาล์มสาคูมาสานเป็นภาชนะต่างๆ มีการนำกาบใบแห้งมาทำโครงสร้างหลังคาบ้านเรือน เยื่อในก้านใบนำมาทำเป็นจุกขวด ทุ่นลอยน้ำ (กล้าณรงค์ และคณะ, 2542)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 9 ก้านใบต้นสาคู

ที่มา : กล้าณรงค์ และคณะ (2542)

ภาพที่ 10 เครื่องจักสานจากก้านใบต้นสาคู

ที่มา : กล้าณรงค์ และคณะ (2542)

เปลือกต้นสาคู : มีรายงานว่าชาวบ้านแถบจังหวัดปัตตานีนำเปลือกของต้นสาคูมากั้นเป็นคอกสัตว์ ทำฝาบ้านรวมทั้งทำเชื้อเพลิง (กล้าณรงค์ และคณะ, 2542) อาหารสัตว์ การใช้สาคูที่ขูดโดยเครื่องขูด เป็นอาหารสัตว์จะเป็นที่นิยมแพร่หลาย สำหรับผู้เลี้ยงสัตว์ในทางภาคใต้

การเลี้ยงเป็ดเนื้อ จะใช้เวลาเลี้ยง 3-4 เดือน ได้น้ำหนักตัวเมีย 1.5 กก. ตัวผู้ 2.5 กก.ขณะตัวเล็กให้อาหารสำเร็จรูป เมื่อโตขึ้นจะผสมรำและสาคูให้กิน (กล้าณรงค์ และคณะ, 2542) สมศักดิ์ (2536) ได้รายงานว่ามีผู้ทดลองนำเยื่อลำต้นสาคูมาใช้แทนปลายข้าวในอาหารเป็ดเนื้อในปริมาณ 10-20% พบว่าเป็ดเนื้อยิ่งอายุมากจะได้รับประโยชน์เยื่อลำต้นสาคูได้ดีขึ้น แต่ถ้าสูตรอาหารมีรำละเอียดอยู่ จะใช้เยื่อสาคูได้น้อยลง การใช้เยื่อจากลำต้นสาคูในปริมาณมากเกินไป จะทำให้ได้ผลตรงกันข้าม นักวิจัยปศุสัตว์ได้ทดลองใช้เยื่อจากลำต้นสาคูร่วมกับใบกระถินป่น พบว่าการใช้เยื่อจากลำต้นสาคูผสมอาหารระดับ 30% และ 40% มีผลทำให้เป็ดมีการเจริญเติบโตช้าลง นอกจากนี้ยังมีการทำการทดลองใช้เยื่อจากลำต้นสาคูร่วมกับกากเมล็ดปาล์ม กากเมล็ดยางพาราในอาหารเป็ดเทศ โดยใช้สาคู 30% ร่วมกับกากเมล็ดปาล์มน้ำมัน 20% หรือกากเมล็ดยางพารา 20%ผลปรากฏว่าให้ได้ผลดีกับเป็ดที่ช่วงอายุมากกว่า 9 สัปดาห์ ขึ้นไป เสาวคนธ์ และคณะ (2538)ได้ศึกษาการใช้สาคูกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม และกากเมล็ดยางพาราเป็นอาหารหลักเป็ดเทศโดยเป็ดที่ใช้เป็นพันธุ์พื้นเมือง อายุ 4 สัปดาห์ แบ่งเป็ดเป็น 4 กลุ่มให้อาหารทดลองแต่ละกลุ่มต่างกัน ดังนี้ สูตรที่ 1 หัวอาหารผสมปลายข้าวและรำละเอียด สูตร 2 หัวอาหารผสมต้นสาคูและรำละเอียด สูตรที่ 3 หัวอาหารผสมต้นสาคูและกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม สูตรที่ 4 หัวอาหารผสมต้นสาคูและกากเมล็ดยางพารา ทำการทดลองจนกระทั่งเป็ดอายุได้ 19 สัปดาห์ ผลการทดลองปรากฏว่าเป็ดเทศที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 18, 24, 17.39 และ 16.97 กรัม/วัน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ประสิทธิภาพการกินอาหารเท่ากับ 6.58, 7.57, 8.27 และ 7.94 ตามลำดับ โดยคอกที่ได้รับอาหารสูตร 1 มีความแตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ผลการศึกษาลักษณะและคุณภาพซากของเป็ดเทศที่มีอายุ 19 สัปดาห์ ปรากฏว่าการใช้สาคู กากเนื้อในปาล์ม และกากเมล็ดยางพาราเป็นอาหารเลี้ยงเป็ดเทศนั้น ไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพซาก สามารถนำต้นสาคูใช้ผสมอาหารเพื่อทดแทนปลายข้าวหรือข้าวโพด โดยใช้ได้ถึง 30% ในสูตรอาหารเพื่อทดแทนรำละเอียด

การเลี้ยงเป็ดไข่ เป็ดระยะไข่เลี้ยงด้วยสาคู ผสมรำและปลาต้ม โดยอัตราส่วนสำหรับเป็ด 450-500 ตัว มีดังต่อไปนี้ สาคู 10 ปี๊บ รำละเอียด 10 ปี๊บ และปลาเป็ด 60 กิโลกรัม รวมต้นทุน

ประมาณ 390 บาท ได้จำนวนไข่ประมาณวันละ 350 ฟอง คิดเป็นต้นทุน 1.11 บาท / ฟอง จะได้กำไรฟองละ 1.19 บาท ถ้าคิดเฉพาะต้นทุนค่าอาหาร จะได้กำไร 416.50 บาท / วัน

การเลี้ยงไก่เนื้อ ได้มีรายงานผลการทดลองว่าเยื่อในลำต้นสาคูสามารถใช้ในอาหารไก่เนื้อได้ 20% และอาจจะใช้ได้สูงถึง 25% ถ้าใช้เฉพาะหลังการเลี้ยงเท่านั้น และถ้าใช้สาคูระดับสูงในอาหารแล้วไม่ควรใช้รำละเอียดในอาหาร (กล้าณรงค์ และคณะ, 2542)

การเลี้ยงไก่ไข่ มีผลการทดลองรายงานว่า สาคูสามารถใช้ในอาหารไก่ไข่ได้ 20-30% (แทนที่ข้าวโพดโดยมีรำละเอียดในสูตรอาหาร) และใช้ได้ 30-35% (แทนที่ข้าวโพดโดยไม่มีรำละเอียดในสูตรอาหาร) แต่เยื่อในลำต้นสาคูมีผลทำให้สีไข่แดงของไข่ไก่จางลง

การเลี้ยงแกะ ได้มีการทดลองใช้สาคูเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตในอาหารผสมระดับ 0%, 49% และ 70% ร่วมกับหญ้าขนสดเพื่อเลี้ยงแกะ ผลการทดลองพบว่า แกะที่กินหญ้าสดผสมอาหารที่มีสาคูในระดับ 49% และ 70% สามารถเพิ่มน้ำหนักเฉลี่ยวันละ 5.33 กรัม และ 42.47 กรัม ตามลำดับ ส่วนแกะที่กินหญ้าขนสดเพียงอย่างเดียวมีน้ำหนักลดวันละ 8.40 กรัม ประสิทธิภาพการให้อาหารของแกะกินหญ้าขนสดร่วมกับอาหารผสมมีสาคูระดับ 70% ดีกว่าอาหารผสมที่มีสาคูระดับ 49% และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P<0.01$) และใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าด้วย(กล้าณรงค์ และคณะ, 2542)

การใช้ประโยชน์เป็นอาหารแป้งสาคูคือแป้งที่ถูกนำมาผลิตเม็ดสาคูและข้าวเกรียบกุ้ง (Keropk) ที่เราได้รับการนำเข้ามาจากประเทศเพื่อนบ้าน แต่เนื่องจากปัจจุบันเรามีแป้งมันสำปะหลังจำนวนมาก จึงถูกนำไปใช้แทนที่แป้งสาคูในอาหารต่างๆ เนื่องจากว่าแป้งทั้งสองชนิดมีลักษณะการให้ความเหนียวใกล้เคียงกัน ในการสำรวจตลาด พบว่าชาวบ้านท้องถิ่นใช้แป้งสาคูนำไปทำขนมกวน คือของหวานที่ใช้แป้งสาคูกวนกับน้ำตาลจะได้ขนมกวน ที่ให้ความเหนียวและความหวาน ส่วนแป้งสาคูที่นำเข้ามาจากต่างประเทศที่ใช้ในอุตสาหกรรมในประเทศ มีการนำเข้าผสมกับแป้งข้าวเจ้าเพื่อทำก๋วยเตี๋ยว เพื่อช่วยในการทำให้นุ่มเหนียวในกรณีแป้งข้าวเจ้าแข็งเกินไป จะใส่ไม่เกิน 10% เนื่องจากจะทำให้สีของเส้นก๋วยเตี๋ยวไม่สวย ทั้งนี้ราคาของแป้งสาคูก็มีส่วนในการเพิ่มต้นทุนในการผลิต การศึกษาในห้องปฏิบัติการ พบว่าแป้งสาคูสามารถทำผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายกับแป้งมันสำปะหลัง คือลอดช่องสิงคโปร์ ใช้แป้งสาคูทั้งหมด จะได้เส้นที่ยาวและสวยงาม เส้นก๋วยเตี๋ยว (ผสมแป้งสาคูมากกว่า 10-50% ในแป้งข้าวเจ้า) จะมีปัญหาเกี่ยวกับความเหนียวเมื่อมีปริมาณแป้งสาคูอยู่

มากกว่า 20% ขนมชั้น มีลักษณะยอมรับได้ ถ้าใช้แป้งสาคูทั้งหมดจะเหนียวคล้ายใช้แป้งมัน ทำข้าวเกรียบปากหม้อ ทำเป็นแผ่นได้ไม่ดีเท่ากับแป้งข้าวเจ้าและสีคล้ำกว่า

การเลี้ยงหนอนด้วงด้วยต้นสาคู (Sago worms) ในแถบที่ต้นสาคูขึ้นเมื่อมีการตัดต้นสาคูลงส่วนที่เหลือมักจะถูกด้วงจำพวก *Rhynchorus* sp. มาวางไข่และเป็นหนอน ซึ่งชาวบ้านจับมาเป็นอาหาร จนกระทั่งเกิดเป็นอาชีพขึ้น โดยทำการตัดต้นสาคูเป็นท่อนๆ ขนาด 1.5-2 เมตร แล้วนำไปวางเรียงในบริเวณที่เคยมีด้วงสาคูวางไข่ เมื่อด้วงได้วางไข่และหนอนเจริญเติบโต ก็จะค่อยๆเปิดเปลือกออกทีละน้อย แล้วจับหนอนด้วงออกมาขาย ซึ่งฤดูปกติจะขายอยู่กิโลกรัมละ 200 บาท มีรายงานว่าหนอนสาคูมีส่วนประกอบดังนี้ ไขมัน 63.7% โปรตีน 14.3% และน้ำ 22% ในท่อนสาคู 1 ท่อน (ยาว 1 เมตร) สามารถผลิตหนอนได้ 100 ตัว ในเวลา 2 เดือน (กล้าณรงค์ และคณะ, 2542) ในการสำรวจที่นครศรีธรรมราช พบว่าต้นสาคูท่อนหนึ่งๆ (ประมาณ 2 เมตร) สามารถให้รายได้จากหนอนได้มากกว่า 1 กิโลกรัม (200 บาท) ถ้าตัดไม้ 4 ท่อนจะได้รายได้ถึง 800-1000 บาท

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ภาพที่ 11การเลี้ยงหนอนด้วงสาคูจากต้นสาคู

ที่มา : การเลี้ยงด้วงสาคูในกะละมัง (2558)

20. การปรับปรุงพันธุ์

เป้าหมายของการปรับปรุงพันธุ์สำหรับแปลงปลูกขนาดใหญ่ ได้แก่

1. อายุเก็บเกี่ยวสั้น
2. มีอัตราการสะสมแป้งสูง
3. สามารถปลูกโดยใช้ระยะปลูกแคบลง
4. มีการตอบสนองต่อปุ๋ย
5. ทนทานต่อโรคและแมลงศัตรูพืช

21. แนวทางในอนาคต

ปาล์มสาคูเป็นทรัพยากรพืชในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้อีกชนิดหนึ่งที่นำมาใช้ประโยชน์น้อย การผลิตแป้งสาคูส่วนใหญ่เป็นการผลิตจากต้นที่ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติ โดยเฉพาะในปาปัวนิวกินียังไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์เพราะอยู่ห่างไกลและเข้าถึงได้ยาก นับตั้งแต่อดีตจนถึงกลางทศวรรษที่ 1980 มีการปลูกปาล์มสาคูเฉพาะในแหลมมาลายู ในรัฐยะโฮร์ ในปี ค.ศ. 1970 เป็นต้นมาได้มีการสนใจในปาล์มสาคูอย่างกว้างขวางในข้อที่เป็นทรัพยากรพืชในบริเวณที่ลุ่มในเขตเส้นศูนย์สูตร จากการศึกษาข้อมูลแสดงให้เห็นว่าปาล์มสาคูเป็นพืชที่ให้ผลคุ้มค่าทางเศรษฐกิจในการปลูกเป็นแปลงขนาดใหญ่ ในปี ค.ศ. 1987 มีการบุกเบิกพื้นที่ใกล้กับ มูกะห์ ในซาราวัค รวมทั้งสิ้นประมาณ 48,000 ไร่ สภาพที่ดินชั้นบนมีสภาพเป็นอินทรียวัตถุลึกเพื่อปลูกต้นสาคู มีแปลงใหม่ใน ริอู อินโดนีเซีย ตลอดจนมีแผนงานขนาดใหญ่ในการผลิตแป้งสาคูจากป่าปาล์มสาคูตามธรรมชาติขนาดใหญ่ใน ฮาอรา และอิเรียนจายา อินโดนีเซีย ในปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปาล์มสาคูเพิ่มมากขึ้นในซาราวัคมีการศึกษาปาล์มสาคูในสภาพที่ดินชั้นบนมีสภาพเป็นอินทรียวัตถุลึก ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1982 และในอินโดนีเซียมีการจัดตั้งสถานีวิจัยเพื่อศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับปาล์มสาคูโดยเฉพาะ (พีรศักดิ์ และคณะ, 2544)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อโณทัย (2553) ศึกษาผลของความเครียดจากเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อลักษณะการทนเค็มทางสรีรวิทยา และชีวเคมีบางประการของข้าว (*Oryza sativa* L.) ในระยะต้นกล้า พบว่า ต้นกล้าข้าวที่ปลูกในสภาพหลอดทดลองที่ได้รับเกลือความเข้มข้นสูงๆ ไม่แสดงความเสียหายทางสัณฐานวิทยาของใบอย่างชัดเจน ในขณะที่ต้นกล้าข้าวในสภาพไฮโดรโปนิกส์ ที่อยู่ใต้สภาวะเครียดเกลือ

ได้รับความเสียหายทางด้านสัณฐานวิทยาของใบ โดยลักษณะที่ปรากฏให้เห็นชัดเจนที่สุดคือ ใบที่ 3 ของต้นกล้าข้าวเริ่มมีลักษณะเหี่ยวแห้ง และปลายใบไหม้จากปลายลงมา การเพาะปลูกต้นกล้าข้าวทั้งในสภาพหลอดทดลองและในสภาพไฮโดรโพนิกส์ พบว่า ความเครียดเกลือเป็นสาเหตุให้การเจริญเติบโตในข้าวลดลง

ธีระพงศ์ (2549) ศึกษาผลของสภาวะขาดน้ำที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวโพด พบว่า ความสูงต้นในพื้นที่ปลูกที่ 1 ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างวิธีการให้น้ำในที่สุดแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลจากดินเค็มที่มีอยู่ ค่าดัชนีพื้นที่ใบและค่า leaf area ratio ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างวิธีการให้น้ำในการทดลองทั้ง 2 พื้นที่ปลูก การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ในช่วงก่อนออกดอกไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตเท่ากับปริมาณคลอโรฟิลล์ช่วงหลังออกดอก ทั้งนี้เพราะต้นข้าวโพดสามารถฟื้นตัวขึ้นมาได้อีกครั้งเมื่อได้รับน้ำ ในการทดลองในพื้นที่ปลูกที่ 1 การขาดน้ำช่วงก่อนออกดอกทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง 11.3 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตลดลง 29.2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในพื้นที่ปลูกที่ 2 ข้าวโพดมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง 19.1 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตลดลง 45.8 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การขาดน้ำช่วงก่อนออกดอกทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตต่ำกว่าการขาดน้ำช่วงหลังจากออกดอก แสดงให้เห็นว่าช่วงก่อนออกดอกเป็นช่วงเวลาที่สำคัญที่สุดในการกำหนดผลผลิตของข้าวโพด

อุบลรัตน์ (2544) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสรีวิทยาและชีวเคมีของข้าวเจ้าพันธุ์ไม่ไวแสง 2 พันธุ์ พันธุ์ชัยนาท 1 และสุพรรณบุรี 1 ในสภาวะขาดน้ำ พบว่า การงดให้น้ำทำให้ leaf water potential (LWP), stomatal conductance และ transpiration rate ของข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ลดต่ำมากกว่าพันธุ์ชัยนาท 1 และลดลงต่ำที่สุดในวันที่ข้าวแสดงอาการเหี่ยวถาวร (permanent wilting point: PWP) นอกจากนี้ยังพบว่าการงดให้น้ำทุกช่วงอายุของข้าวไม่มีอิทธิพลต่อความสูงและความยาวใบสำหรับ leaf area index (LAI), น้ำหนักสดของต้นและราก, น้ำหนักแห้งของต้นและราก, specific leaf area (SLA), growth rate และขนาดของเซลล์ในใบของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ลดลงเมื่อข้าวขาดน้ำ และต่ำที่สุดในวันที่ข้าวแสดงอาการเหี่ยวถาวรเช่นเดียวกัน

กัลยา และคณะ (2544) ศึกษาการทนเค็มของข้าว 8 สายพันธุ์ในพื้นที่ดินเค็มวัดจากค่าการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต พบว่า การทนเค็มของข้าวสามพันธุ์กับจำนวนหน่อต่อต้น ตามด้วยน้ำหนักฟางแห้งต่อต้น ความยาวราก และจำนวนเมล็ดต่อรวง การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนที่ถูกชักนำด้วยเกลือโซเดียมคลอไรด์ในเนื้อเยื่อของรากข้าวโดยใช้เทคนิค

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

SDS-PAGE พบว่า โพลี่เปปไทด์ขนาด 90 กิโลดาลตันถูกชักนำให้สร้างมากขึ้นในรากเมื่อได้รับความเค็มในข้าวพันธุ์ เหลืองใหญ่, เหลืองอนันต์, ขาวเม็ดเล็ก, และพอลคาลี แต่ไม่พบในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

อรุณี และคณะ (2536) ศึกษาผลของคุณภาพน้ำเค็มต่อการทนเค็มของพืช 13 ชนิด คือ ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่งลิงสง กระเจี๊ยบแดง งาขาว ดอกคำฝอย คะน้า ผักกาดกวางตุ้ง ผักกาดขาวปลี ผักกาดหัว ผักกาดหอมใบ มะเขือเทศและข้าวโพด ปลูกพืชในกระถาง ผลการทดลองสรุปได้ว่า การปลูกผักในดินและให้สารละลายน้ำเค็ม 5 ระดับ มีผลต่อการเจริญเติบโตสัมพัทธ์และผลผลิตของพืชทุกชนิด เรียงลำดับจากการที่พืชมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการลดลงของผลผลิตที่กระทบมากไปหาน้อย ดังนี้ ถั่วลิสง งาขาว ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ข้าวโพดหวาน มะเขือเทศ และดอกคำฝอย มีการเจริญเติบโตลดลง 50% เมื่อระดับความเค็มเป็น 1.6-2.95, 1.8-3.08, 3.25-5.1, 4.5-5, 7.3 และ 7.8 dS/m ตามลำดับ ส่วนผักกาดใบหอม ผักกาดขาวปลี ผักกวางตุ้ง ผักกาดหัว และผักคะน้า ณ ระดับความเค็มของน้ำเค็ม 3.95-4.1, 5.0-5.5, 6.8-6.9, 7.75-8.0 dS/m การเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง 50% กล่าวโดยสรุปถั่วลิสง และพืชผักพวกผักกาดหอมใบเมื่อได้รับอิทธิผลจากน้ำเค็มเพียงเล็กน้อย มีผลต่อการลดลงของผลผลิต มากกว่าพืชชนิดอื่นๆ ที่นำมาทดลอง แต่สำหรับถั่วเหลือง ผักกาดหัวและคะน้าสามารถทนต่อระดับของน้ำเค็มได้มากกว่าพืชชนิดอื่นๆ ที่นำมาทดลองในครั้งนี้ และพบว่าอิทธิพลของน้ำเค็มมีผลต่อการกำหนดช่วงการเจริญเติบโตให้สั้นลงและเร่งให้เข้าสู่ระยะให้ผลผลิตเร็วขึ้น

Ehara et al. (2006) รายงานว่า ต้นสาคูสามารถรักษาระดับความเข้มข้นของ Na^+ ในใบให้มีค่าต่ำ โดยการสะสม Na^+ ที่รากและกิ่งที่อยู่ตำแหน่งล่าง ในขณะที่เมื่อดูโดยรวม ไม่ได้ดูทีละตำแหน่งของใบ ความเข้มข้นของ K^+ ในราก กิ่ง และใบ ไม่มีการลดลง และอีกการทดลองหนึ่ง พบว่าต้นสาคูมีความเข้มข้นของ Na^+ ในรากและกิ่งเพิ่มขึ้น ตามความเข้มข้นของ NaCl ในสารละลายที่เพิ่มขึ้น แต่ความเข้มข้นของ Na^+ ในราก มีการเพิ่มขึ้นมากกว่า ในกิ่ง ในขณะที่ความเข้มข้นของ Na^+ ในใบไม่เกิดความแตกต่าง แต่อย่างไรก็ตามต้นสาคูที่ปลูกในสารละลายความเข้มข้น 342 mM มีแนวโน้มของอัตราการคายน้ำของใบย่อยต่ำกว่าต้นสาคูที่ปลูกในสารละลายที่มีความเข้มข้นของ NaCl ต่ำ

Ehara et al. (2008) รายงานว่า ต้นสาคูรักษาความเข้มข้นของ Na^+ ในใบให้มีระดับต่ำ โดยการสะสม Na^+ ส่วนใหญ่ในราก และกิ่งตำแหน่งล่าง ความเข้มข้นของ Na^+ ในรากชั้นใน (stele)

ของรากขนาดใหญ่ มีค่าต่ำกว่า ความเข้มข้นในรากชั้นนอก (cortex) และเมื่อใช้เครื่อง X-ray micro-analysis ตรวจสอบการแพร่กระจายของ Na รอบเซลล์ที่กั้นระหว่างรากชั้นนอกและรากชั้นใน (endodermis) ของรากขนาดใหญ่ พบว่า การกระจายตัวที่หนาแน่นของ Na พบรอบบริเวณ เซลล์ที่กั้นระหว่างรากชั้นนอกและรากชั้นใน (endodermis) แสดงให้เห็นว่า เซลล์ที่กั้นระหว่างรากชั้นนอกและรากชั้นใน (endodermis) มีกลไกที่สามารถจำกัดปริมาณ Na^+ ที่มากเกินจากรากชั้นนอกก่อนเข้าสู่รากชั้นใน นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ Na^+ ในรากและใบ ไม่ได้มีผลกระทบต่อการกระจายตัวของ K^+ในใบย่อยและกิ่ง การเพิ่มขึ้นของ Na^+ ในต้นกล้าสาคู มีผลกระทบต่อการกระจายของ Ca^{2+} และ Mg^{2+} เพียงเล็กน้อยต้นสาคูมีอัตราการคายน้ำต่ำลงมาก และใบใหม่มีอัตราการงอกช้าลง แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักแห้งของใบย่อยและกิ่งแต่ละตำแหน่ง แสดงให้เห็นว่า ต้นสาคูสามารถต้านทานเกลือได้อาจเป็นเพราะกลไกการหลีกเลี่ยงเกลือ โดยการจำกัดการกระจายตัวของ Na ในเนื้อเยื่อพืช และรักษาสภาวะน้ำในใบโดยการจำกัดอัตราการคายน้ำ

Prathumyot et al. (2011) รายงานว่า อัตราการเกิดใบใหม่ของต้นสาคูที่ปลูกในสารละลาย NaCl มีแนวโน้มที่จะช้ากว่าต้นสาคูที่ปลูกในสารละลายไม่ผสม NaCl จำนวนใบตายของต้นสาคูที่ปลูกในสารละลายไม่ผสมและผสม NaCl มีจำนวนเท่ากัน ความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในใบย่อย รวมทั้งพื้นที่ใบของแต่ละใบย่อย ของต้นสาคูไม่มีการเปลี่ยนแปลง อัตราการเพิ่มขึ้นของค่า SPAD (ค่าความเขียวของใบ) ของต้นสาคูที่ปลูกในสารละลายผสม NaCl ช้าลง การสังเคราะห์แสง, การคายน้ำ และการชักนำปากใบของต้นสาคูที่ปลูกในสารละลายผสม NaCl มีค่าลดลง 40% ของต้นสาคูที่ปลูกในสารละลายไม่ผสม NaCl ความเข้มข้นของ Na^+ เพิ่มขึ้นในทุกส่วนของต้น โดยเฉพาะในรากและกิ่งตำแหน่งล่าง ความเข้มข้นของ K^+ ลดลงในรากและกิ่ง แต่มีค่าเพิ่มขึ้นในใบย่อยบางใบ ความเข้มข้นของ Mg^{2+}ในรากชั้นนอกของต้นสาคูที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ผสม NaCl มีความแตกต่างอย่างมากจากค่าความเข้มข้นของ Mg^{2+}ในรากชั้นนอกของต้นสาคูที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ผสม NaCl แต่ความแตกต่างนี้แทบไม่พบเลยในรากชั้นใน กิ่งและใบย่อย จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวไปนั้นแสดงให้เห็นว่า ต้นสาคูที่เจริญอยู่ในบริเวณน้ำกร่อยสามารถรักษาความเข้มข้นของ Na^+ ในใบย่อยไว้ในระดับต่ำ โดยการสะสม Na^+ ส่วนใหญ่ในรากและกิ่ง ปัจจัยที่จำกัดอัตราการสังเคราะห์แสงของต้นสาคูที่อยู่ภายใต้สภาวะความเครียดจากเกลือคือ การลดลงของการชักนำปากใบ ซึ่งส่งผลให้ช่วยลดอัตราการคายน้ำ เพื่อรักษาสภาวะของน้ำภายในใบ และถึงแม้ว่าการผลิตคลอโรฟิลล์จะลดลง แต่การดูดธาตุอาหารหลักไม่ได้ถูกยับยั้งด้วยความเครียดจากเกลือ ทำให้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ปริมาณของไนโตรเจน และแมกนีเซียมสำหรับเป็นวัตถุดิบในการผลิตคลอโรฟิลล์จึงไม่ได้ขาดแคลน ดังนั้น ระหว่างการทดลองจึงพบว่า ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ สามารถเพิ่มสูงขึ้นได้เมื่อเวลาผ่านไป

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี