



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พืชไร่)

ปริญญา

พืชไร่

สาขา

พืชไร่นา

ภาควิชา

เรื่อง ระยะเวลาการให้โพแทสเซียมคลอไรด์ ที่มีผลต่อปริมาณไนเตรท คุณภาพผล และผลผลิต
ของสับปะรด

Timing of Potassium Chloride Application on Nitrate Content, Fruit Quality and Yield
of Pineapple

نامผู้วิจัย นางสาววิษุพร รักสำราจ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์จินดา รัฐ วีระวุฒิ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์สุตเขตต์ นาคะเสถียร, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์รังสฤษดิ์ กาวิตะ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ระยะเวลาการให้โพแทสเซียมคลอไรด์ ที่มีผลต่อปริมาณไนเตรท คุณภาพผล
และผลผลิตของสับปะรด

Timing of Potassium Chloride Application on Nitrate Content, Fruit Quality
and Yield of Pineapple

โดย

นางสาววิษุพร รักสำรวจ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)

พ.ศ. 2551

วิษณุพร รักสำรวจ 2551: ระยะเวลาการให้โพแทสเซียมคลอไรด์ ที่มีผลต่อปริมาณ
ไนเตรท คุณภาพผล และผลผลิตของสับปะรด ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พืชไร่)
สาขาพืชไร่ ภาควิชาพืชไร่ ไร่ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์
จินดารัฐ วีระวุฒิ, Ph.D. 66 หน้า

การศึกษาระยะเวลาในการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์หลังบังคับผลสับปะรดในฤดูฝน
และฤดูแล้ง ต่อปริมาณไนเตรทในผลสับปะรด โดยมี 6 สิ่งทดลอง คือ การฉีดพ่นโพแทสเซียม
คลอไรด์ที่ความเข้มข้น 3.6 % อัตรา 450 ลิตรต่อไร่ ที่ระยะเวลา 1 เดือน 2 เดือน 3 เดือน 1 และ 2
เดือน 2 และ 3 เดือน หลังบังคับผล และไม่มีการฉีดพ่นปุ๋ยหลังการบังคับผล ผลการทดลอง พบว่า
ในฤดูแล้งการไม่ฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์หลังบังคับผล มีผลทำให้ปริมาณไนเตรทในเนื้อ
สับปะรดมีค่าต่ำที่สุดคือ 4.9 ppm แต่เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไนเตรทในเนื้อสับปะรด ที่ได้รับ
การฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ ที่ระยะ 1 เดือน หลังบังคับผล พบว่ามีค่าไนเตรทสูงที่สุดคือ
8.3 ppm ซึ่งมีค่าต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และผลการทดลองในฤดูฝน พบว่าการฉีดพ่น
โพแทสเซียมคลอไรด์ ที่ระยะเวลา 1 และ 2 เดือน หลังบังคับผล (สิ่งทดลองที่ 4) สามารถลด
ปริมาณไนเตรทในผลสับปะรดได้ต่ำที่สุดคือ 13.7 ppm แต่การฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์
ที่ระยะเวลา 3 เดือน หลังบังคับผล ก็สามารถลดปริมาณไนเตรทในผลสับปะรดได้มาก คือ
15.0 ppm และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไนเตรทในเนื้อสับปะรด
ที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ พบว่ามีค่าไนเตรทสูงที่สุดคือ 215.0 ppm ซึ่งมีค่า
ต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ดังนั้นจึงควรฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้น
3.6 % ที่ระยะเวลา 3 เดือน หลังบังคับผล เพราะนอกจากจะลดปริมาณไนเตรทในผลสับปะรดได้
มากแล้ว ยังทำให้สิ้นเปลืองแรงงานน้อยที่สุด ซึ่งการเจริญเติบโตของผลสับปะรดในฤดูฝนต้น
สับปะรดสามารถดูดไนเตรทจากดินที่มีอยู่ตามธรรมชาติ หรือจากปุ๋ยที่ใส่ไว้มากขึ้น ฉะนั้น
ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว จึงมีผลต่อปริมาณไนเตรทที่สะสมในสับปะรด หากเก็บเกี่ยวในฤดูฝน
จะมีระยะเวลาในการย่อยสลายไนเตรทน้อย ทำให้ไนเตรทตกค้างมากกว่าผลสับปะรดที่
เจริญเติบโตในฤดูแล้ง การฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระยะต่างๆ ไม่มีผลกระทบอย่างมี
นัยสำคัญต่อน้ำหนักเฉลี่ยของผล และคุณภาพของผลเช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแข็ง
ที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) และปริมาณกรดในผลสับปะรด

Witchuporn Ruksumruad 2008: Timing of Potassium Chloride Application on Nitrate Content, Fruit Quality and Yield of Pineapple. Master of Science (Agronomy), Major Field: Agronomy, Department of Agronomy. Thesis Advisor: Associate Professor Jindarath Verawudh, Ph.D. 66 pages.

This study focus on timing of potassium chloride application after forcing in rainy season and dry season, on level of nitrate in pineapple fruit. Six treatments were used by spraying 3.6 % of potassium chloride (450 l/rai) at 1, 2, 3 months, 1 and 2 months, 2 and 3 months after forcing and non spraying after forcing. The results in dry season showed that the control had lowest level of nitrate in pineapple fruit (4.9 ppm). The treatment which sprayed 3.6 % of potassium chloride at 1 month after forcing had the highest level of nitrate in pineapple fruit (8.3 ppm) and significantly different from the control treatment. The results in rainy season showed that for the content of nitrate in pineapple fruits ,the application of potassium chloride at 1 and 2 months after forcing(treatment 4) was the lowest at 13.7 ppm. Application of potassium chloride at 3 months after obtained reduced the content of nitrate in pineapple fruits at 15.0 ppm, but the level was not significantly different from the first treatment. As compare to treatment than was not applied potassium chloride the control had the highest content of nitrate at 215.0 ppm and it was highly significant from the other treatments. From the result, application of potassium chloride 3.6 % at 3 months after forcing, is the most effective and economical practice. However, harvesting time do has influence on the level of nitrate in pineapple fruit. In rainy season, pineapple plants can absorb more nitrate from soil than in the dry season. Then pineapple fruits harvested in rainy season tend to have more nitrate content than the fruits harvested in dry season. Average fruit weight and other fruit quality, such as pH, total soluble solids (TSS) and acids content were not significantly affected by treatments of potassium chloride.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.จินดารัฐ วีระวุฒิ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่กรุณาให้คำแนะนำ ทั้งในด้านการเรียน การดำเนินงานวิจัย และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จสมบูรณ์ด้วยดี และกราบขอบพระคุณ ดร.สุตเชตต์ นาคะเสถียร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และ รศ.ดร.วาสนา วงษ์ใหญ่ ที่ให้คำปรึกษาและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ และ รศ.ดร.สุพจน์ เฟื่องฟูพงศ์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก และ รศ.ดร.จวงจันทร์ ดวงพัตรา ประธานการสอบ ที่ให้คำแนะนำตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ คุณชัชวาล เปาทอง คุณสกลวัฒน์ โอสีริ คุณระวิน จามตุรี และเจ้าหน้าที่ทุกท่านของบริษัทอาหารสยาม จำกัด (มหาชน) ซึ่งให้ความสะดวกในการปฏิบัติภาคสนามเป็นอย่างดี

ท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบิดา มารดา และน้องชายของข้าพเจ้า ที่เป็นกำลังใจให้กับข้าพเจ้าตลอดการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้

วิษณุพร รักสำราจ

ตุลาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	21
อุปกรณ์	21
วิธีการ	21
ผลและวิจารณ์	24
ผล	24
วิจารณ์	37
สรุปและข้อเสนอแนะ	40
สรุป	40
ข้อเสนอแนะ	40
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	42
ภาคผนวก	52
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	66

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าเฉลี่ยของดินที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของสับปะรด	4
2	ความสัมพันธ์ของอัตราการใช้ปุ๋ย K ต่อ % K ในใบรองรับฝักข้าวโพด	15
3	การใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมตามผลการวิเคราะห์ปริมาณที่มีในดิน	18
4	ผลวิเคราะห์ทางเคมีของดินในแปลงทดลองก่อนการปลูกเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของสับปะรด	25
5	น้ำหนักต้น น้ำหนักลำต้น สัดส่วนของน้ำหนักลำต้นต่อน้ำหนักต้น และน้ำหนักใบ ของต้นสับปะรดที่ระยะก่อนบังคับับผล เมื่ออายุ 13 เดือน (งานทดลองที่ 1 ผลเจริญเติบโตในฤดูแล้ง)	26
6	ผลผลิตของสับปะรด ที่ฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 3.6 % ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังบังคับับผล (งานทดลองที่ 1 ผลเจริญเติบโตในฤดูแล้ง)	27
7	องค์ประกอบผลผลิตของสับปะรด ที่ฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 3.6 % ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังบังคับับผล (งานทดลองที่ 1 ผลเจริญเติบโตในฤดูแล้ง)	28
8	ผลของการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 3.6 % ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังบังคับับผล ต่อคุณภาพผลผลิตสับปะรด (งานทดลองที่ 1 ผลเจริญเติบโตในฤดูแล้ง)	29
9	ผลของการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 3.6 % ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังบังคับับผล ต่อปริมาณไนโตรเจนในผลสับปะรด (งานทดลองที่ 1 ผลเจริญเติบโตในฤดูแล้ง)	30
10	น้ำหนักต้น น้ำหนักลำต้น สัดส่วนของน้ำหนักลำต้นต่อน้ำหนักต้น และน้ำหนักใบ ของต้นสับปะรดที่ ระยะก่อนบังคับับผล เมื่ออายุ 13 เดือน (งานทดลองที่ 2 ผลเจริญเติบโตในฤดูฝน)	32
11	ผลผลิตของสับปะรด ที่ฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 3.6 % ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังบังคับับผล (งานทดลองที่ 2 ผลเจริญเติบโตในฤดูฝน)	33

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
12	องค์ประกอบผลผลิตของสับปะรด ที่ฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 3.6 % ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังบังคับผล (งานทดลองที่ 2 ผลเจริญเติบโตในฤดูฝน)	34
13	ผลของการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 3.6 % ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังบังคับผล ต่อคุณภาพผลผลิตสับปะรด (งานทดลอง ที่ 2 ผลเจริญเติบโตในฤดูฝน)	35
14	ผลของการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 3.6 % ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังบังคับผล ต่อปริมาณไนโตรเจนในผลสับปะรด (งานทดลองที่ 2 ผลเจริญเติบโตในฤดูฝน)	36
 ตารางผนวกที่		
1	การส่งออกสับปะรด และผลิตภัณฑ์สับปะรดปี 2548-2550	53
2	ลักษณะประจำพันธุ์ของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย	53
3	ข้อมูลรายเดือนของอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย และอุณหภูมิ เฉลี่ย ที่ อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่ปี 2548-2551	54
4	ข้อมูลรายเดือนของปริมาณน้ำฝน และจำนวนวันที่ฝนตก ที่ อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่ปี 2548-2551	56
5	ข้อมูลรายเดือนของความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ย และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด เฉลี่ยที่ อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่ปี 2548-2551	58

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเคลื่อนย้ายในเตรทในพืช	9
ภาพผนวกที่		
1	ระยะห่างระหว่างร่องแถวคู่	60
2	ระยะห่างระหว่างแถวภายในร่อง และระยะห่างระหว่างต้นภายในแถว	60
3	ผลสับปะรดพร้อมก้าน และจุก	61
4	ต้นสับปะรด	61
5	ลำต้นสับปะรด	62
6	ใบสับปะรด	62
7	การพัฒนาของดอกสับปะรดที่อายุ 1 เดือนหลังบังคับผล	63
8	การพัฒนาของดอกสับปะรดที่อายุ 2 เดือนหลังบังคับผล	63
9	การพัฒนาของดอกสับปะรดที่อายุ 3 เดือนหลังบังคับผล	64
10	สับปะรดที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ (มีความสุก 25 %)	64
11	การวัดความกว้างผล	65
12	การวัดความยาวผล	65

**ระยะเวลาการให้โพแทสเซียมคลอไรด์ ที่มีผลต่อปริมาณไนเตรท คุณภาพผล
และผลผลิตของสับปะรด**

**Timing of Potassium Chloride Application on Nitrate Content, Fruit Quality
and Yield of Pineapple**

คำนำ

สับปะรดเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เพราะนอกจากจะบริโภคผลสดแล้ว ยังนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋อง ซึ่งจำแนกออกได้หลายชนิด อาทิเช่น สับปะรดแว่น (slice) สับปะรดชิ้นยาว (spear) สับปะรดชิ้นใหญ่ (chunk) สับปะรดลูกเต๋า (cube dice) และน้ำสับปะรด (จารุพันธุ์, 2526) ในช่วงปี 2550 ที่ผ่านมามีปริมาณการส่งออก 545,431 ตัน คิดเป็นมูลค่า 14,690 ล้านบาท เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปี 2549 ปริมาณ และมูลค่าการส่งออก ลดลงร้อยละ 21.41 และ 16.30 ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) (ตารางผนวกที่ 1) ปัญหาของสับปะรดบรรจุกระป๋องที่พบมากคือ มีสารไนเตรทตกค้างสูง เนื่องจากสารไนเตรทจะกักตรอนดินุกซึ่งเคลือบกระป๋อง ทำให้อายุการเก็บรักษาสับปะรดสั้นลง โดยกระป๋องจะมีสีดำไม่เป็นที่ต้องการของลูกค้า และเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ดังนั้นโรงงานผลิตสับปะรดกระป๋อง และทางกระทรวงสาธารณสุข ได้มีการกำหนดมาตรฐาน และอนุญาตให้มีปริมาณไนเตรทในพืชผักและอาหารได้ไม่เกิน 500 ppm (กระทรวงสาธารณสุข, 2546) ด้วยเหตุนี้ทางโรงงานแปรรูปสับปะรด จำเป็นต้องสุ่มตัวอย่างตรวจหาปริมาณสารนี้ก่อนรับซื้อผลสับปะรดสดที่ใช้เป็นวัตถุดิบ โดยค่ามาตรฐานที่โรงงานตั้งไว้ คือห้ามมีปริมาณไนเตรทในเนื้อสับปะรดเกิน 25 ppm การให้ปุ๋ยไนโตรเจนกับสับปะรด ส่งผลให้มีการเจริญเติบโตดีขึ้น แต่ถ้ามีไนโตรเจนปริมาณมาก ต้นสับปะรดจะย่อยสลายไม่ทัน ทำให้มีไนเตรทตกค้างในผลมาก (นิกร, 2530) ในฤดูฝนต้นสับปะรดสามารถดูดไนเตรทจากดินที่มีอยู่ตามธรรมชาติ หรือจากปุ๋ยที่ใส่ไว้มากขึ้น ฉะนั้นระยะเวลาการเก็บเกี่ยว จึงมีผลต่อปริมาณไนเตรทที่สะสมในสับปะรด หากเก็บเกี่ยวในฤดูฝน จะมีระยะเวลาในการย่อยสลายไนเตรทน้อย ทำให้ไนเตรทตกค้างมาก (เดช, 2536) การให้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ให้สับปะรดมีผลทำให้น้ำหนักเฉลี่ยของผล หรือน้ำหนักเป็นต้นต่อไร่เพิ่มขึ้น สีของเนื้อผลมีสีเหลืองทอง (golden yellow) ความใสของเนื้อผล (fruit translucence) เพิ่มขึ้น และลดการตกค้างของไนเตรทในผลสับปะรด (Lacoeuille, 1984)

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาถึงระยะเวลาที่เหมาะสมของการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ หลังบังคับผลใน
ฤดูแล้ง และฤดูฝน ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพผล และปริมาณไนโตรเจนในผลสับปะรด

การตรวจเอกสาร

พฤกษศาสตร์สับปะรด

สับปะรดมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Ananas comosus* (L.) Merr. เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจำพวกไม้เนื้ออ่อนที่มีอายุหลายปี จัดเป็นไม้ในวงศ์ Bromeliaceae โดยมีถิ่นกำเนิดอยู่ในอเมริกาใต้ นักวิทยาศาสตร์ได้จำแนกพันธุ์สับปะรดตามลักษณะความแตกต่างทางด้านรูปร่าง รูปทรง คุณภาพ และรสชาติ ออกเป็นกลุ่มได้ 5 กลุ่มคือ 1) กลุ่ม Smooth Cayenne (ตารางผนวกที่ 4) 2) กลุ่ม Queen 3) กลุ่ม Spanish 4) กลุ่ม Maipure และ 5) กลุ่ม Abacaxi (Chan *et al.*, 2003) โดยทั่วไประยะการเจริญเติบโตทางลำต้นขึ้นอยู่กับ การเจริญเติบโตของขนาดต้นสับปะรด ซึ่งมักแตกต่างกันออกไปตามสภาพภูมิอากาศ สำหรับในประเทศไทยจะมีแหล่งปลูกอยู่ที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี ราชบุรี กาญจนบุรี ชลบุรี ระยอง และลำปาง สำหรับพันธุ์ที่ใช้ปลูกเป็นสับปะรดบริโภคสดจะเป็นพันธุ์ในกลุ่ม Smooth cayenne ได้แก่ ปัตตาเวีย และกลุ่ม Queen ได้แก่ สวี ภูเก็ต แต่พันธุ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องในประเทศไทย คือพันธุ์ปัตตาเวียเพียงอย่างเดียว (จารุพันธุ์, 2526)

สับปะรด จัดเป็นพืช CAM (Crassulacean Acid Metabolism) ซึ่งจะตรึง CO_2 ในเวลากลางคืน และเก็บไว้ในรูปของกรดอินทรีย์ที่มีคาร์บอน 4 อะตอม ในแวคิวโอล (vacuole) กรดอินทรีย์เหล่านี้ส่วนใหญ่จะเป็นมาเลต (malate) เมื่อถึงเวลาที่มีแสง malate จะถูกเคลื่อนย้ายออกจาก vacuole และเปลี่ยนกลับไปเป็น CO_2 ต้นสับปะรดจะใช้ CO_2 ที่ได้นี้ไปในการสร้างคาร์โบไฮเดรตเหมือนพืช C_3 ทั่วไป ลักษณะการตรึง CO_2 แบบ CAM ของสับปะรดนี้ทำให้ปริมาณกรดในใบสับปะรดเพิ่มขึ้นในเวลากลางคืน และจะมีปริมาณสูงสุดในเวลาเช้า หลังจากนั้นปริมาณกรดในเนื้อเยื่อใบสับปะรดจะค่อยๆ ลดลง (Qin *et al.*, 2006)

สับปะรดเป็นพืชทนแล้งเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีการระบายน้ำ และอากาศดี มีความเป็นกรดเล็กน้อย พื้นที่ที่เหมาะสมต่อการปลูกส่วนมากเป็นดินที่มีเนื้อหยาบเช่น ดินทราย ดินร่วน ดินร่วนปนทราย หรือดินทรายปนลูกรัง ความลาดเอียงของพื้นที่ที่เหมาะสมประมาณ 1.2 % ต้องการอากาศค่อนข้างร้อน อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 20-30 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนที่ต้องการอยู่ในช่วง 1,000-1,500 มิลลิเมตรต่อปี แต่ต้องตกกระจายสม่ำเสมอตลอดปี และมีความชื้นในอากาศสูง (จินดารัฐ, 2541)

ดินที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของสับปะรดควรมี pH 5.5 และมีระดับธาตุอาหารที่สำคัญต่างๆ เช่น ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 1.5 % P_2O_5 เท่ากับ 20 ppm K_2O เท่ากับ 60-150 ppm Ca เท่ากับ 25-100 ppm และ Mg เท่ากับ 10-50 ppm (Bartholomew *et al.*, 2003) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยของดินที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของสับปะรด

สมบัติของดิน	ค่าเฉลี่ยที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของ สับปะรด
ความเป็นกรด-ด่าง (1:1)	5.5
อินทรีย์วัตถุ (%)	1.5
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ppm)	20
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)	60-150
แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)	25-100
แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)	10-50

ที่มา: Bartholomew *et al.* (2003)

การผลิตสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย

อุตสาหกรรมการผลิตสับปะรดแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ผลิตสับปะรดกระป๋องเพียงอย่างเดียว กับผลิตสับปะรดกระป๋องพร้อมผลไม้ชนิดอื่นๆ ด้วย ซึ่งสับปะรดที่โรงงานต้องการต้องมีผลขนาดกลาง และค่อนข้างเล็กรสดีต้องไม่หวานจัดเกินไป ขนาดของกระป๋องโลหะที่ใช้บรรจุสับปะรด มีอยู่ด้วยกัน 5 ขนาด คือ ขนาด 8 ออนซ์ 16 ออนซ์ 20 ออนซ์ 30 ออนซ์ และ 108 ออนซ์ ขนาดที่ใช้มากที่สุดคือ 20 ออนซ์ ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานสากล ส่วนผลสับปะรดที่เข้าสู่โรงงานหลังจากหักจุก และก้านออกแล้ว จะถูกนำไปแยกตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว 5.5 นิ้ว 6.5 นิ้ว และใหญ่กว่า แต่ขนาดที่โรงงานนิยมมากที่สุดคือ 4 และ 5.5 นิ้ว ซึ่งขนาด 4 นิ้วใช้สำหรับบรรจุกระป๋อง 20 ออนซ์ และขนาด 5.5 นิ้ว ใช้สำหรับบรรจุกระป๋อง 30 ออนซ์ ส่วนผลสับปะรดที่มีขนาดใหญ่กว่านี้โรงงานจะคัดออก เพราะขนาดไม่เหมาะสมสำหรับเครื่องเจาะแกนกลาง และเครื่องปอกเปลือก สับปะรดที่คัดขนาดไว้จะถูกส่งผ่านเข้าสายพานไปล้างน้ำ ต่อจากนั้นก็จะเป็นการนำเข้าไปเข้าเครื่องตัดหัวตัดท้าย ปอกเปลือก และเจาะแกนกลาง สับปะรดที่ได้ออกมาจะเป็นรูปทรงกระบอก

กลางตรงกลาง และก็จะเคลื่อนต่อไปยังสาขานที่มีคนงานคอยตกแต่ง และทำความสะอาดอีกทีหนึ่ง แล้วจึงนำไปคัดเกรดเพื่อบรรจุกระป๋อง สับปะรดหนึ่งผล จะมีส่วนของเนื้อตรงกลาง และเนื้อที่ติดเปลือก ที่สามารถใช้ทำสับปะรดกระป๋องได้เพียงร้อยละ 30 ของน้ำหนักทั้งหมด ส่วนที่เหลือจะถูกนำไปแปรรูปเป็นอาหารสัตว์โดยผ่านกรรมวิธีต่างๆ (ประเจิด, 2525)

ปัญหาการผลิตสับปะรดกระป๋อง

ปัญหาการผลิตสับปะรดกระป๋องที่สำคัญมีสาเหตุหลายประการคือ การขาดแคลนวัตถุดิบที่จะนำมาป้อนโรงงาน สาเหตุเนื่องมาจาก ผลผลิตต่อไร่ต่ำ ราคาสับปะรดตกต่ำตามฤดูกาลผลิต โดยในช่วงที่ผลผลิตสับปะรดออกสู่ตลาดมาก ราคาสับปะรดมักจะต่ำ ส่วนในช่วงที่ผลผลิตมีน้อย เกษตรกรก็จะขายได้ในราคาที่พอสมควรเท่านั้น เพราะโรงงานสับปะรดกระป๋องต้องประสบกับปัญหาด้านอื่น จึงไม่สามารถรับซื้อผลสับปะรดในราคาสูงได้ และปัญหาเรื่องคุณภาพของสับปะรดที่เกษตรกรผลิตได้ไม่ตรงตามความต้องการของโรงงาน โดยสับปะรดที่เกษตรกรปลูกนั้นมักเป็นสับปะรดที่มีคุณภาพต่ำ คือมีปริมาณไนเตรทสูงเกิน 25 ppm ขนาดผลใหญ่ และแกนใหญ่ ไม่เหมาะที่จะนำไปบรรจุกระป๋อง เพราะจะทำให้เนื้อสับปะรดที่ตัดบรรจุกระป๋องมีแกนติดอยู่มากกว่ามาตรฐานที่โรงงานกำหนดคือ ต้องมีแกนติดอยู่ได้ไม่เกินร้อยละ 6 และเนื่องจากผลผลิตที่ได้ส่วนใหญ่ถูกส่งออกไปจำหน่ายในตลาดต่างประเทศผู้ผลิตจึงต้องคำนึงถึงคุณภาพมาก (ประเจิด, 2525)

กลไกการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารเข้าทางใบ

กลไกการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารตลอดจนสารต่างๆ เข้าทางใบ แบ่งเป็นสองขั้นตอนด้วยกันคือ ขั้นแรกไม่ใช่พลังงานจากเมตตาโบลิซึมหรือเรียกว่า passive process ได้แก่ การที่ไอออนผ่านเข้าไปโดยการแพร่กระจาย (diffusion) และการแลกเปลี่ยนประจุ (ion exchange) การเคลื่อนที่ของสารโดยวิธีนี้เป็นไปอย่างรวดเร็วมาก ยกตัวอย่างเช่น ฟอสเฟตสามารถเข้าสู่ผิวใบข้าวสาลี และข้าวโอ๊ตในเวลาไม่เกิน 5 วินาที สาเหตุที่สารต่างๆ สามารถเคลื่อนที่เข้าสู่ผิวใบได้รวดเร็วเช่นนี้ เนื่องจากผิวใบมีช่องว่างที่เรียกว่า apparent free space (AFS) ประมาณร้อยละ 5 ถึง 20 ของปริมาตรใบหรือปริมาณร้อยละ 17 ของปริมาตรใบ ช่องว่างเหล่านี้เป็นผลรวมของช่องว่างระหว่างโมเลกุลของคิวติน เซลลูโลส และสารอื่นๆ ที่ประกอบเป็นผิวใบ และผนังเซลล์ ขั้นที่สอง

เป็นการผ่านพลาสมาเมมเบรนเข้าสู่เซลล์ผิวใบ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ต้องใช้พลังงานจากเมตาโบลิซึม เรียกว่า active process (ยงยุทธ, 2524)

การเคลื่อนที่ของปุ๋ยไนโตรเจนผ่านใบพืช

แทบทุกส่วนของพืชเช่น ราก ต้น กิ่ง และใบ ดูยูเรียได้ ประกอบกับยูเรียเป็นสารที่ละลายน้ำได้ง่ายจึงทำให้ยูเรียเหมาะที่จะใช้เป็นปุ๋ยไนโตรเจนทางใบ ยูเรียจะถูกดูดทางใบได้เร็วมากในตอนกลางวัน ตอนเช้ามืด และในตอนที่มีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูง (ยงยุทธ, 2524)

ยูเรียเป็นสารประกอบที่ไม่มีขั้วไฟฟ้า และไม่แตกตัว ขณะที่เป็นสารละลายสามารถผ่านกิวติเคิลได้ เพราะยูเรียสามารถแปลง ester ether และ diether bonds ซึ่งอยู่ระหว่าง macromolecules ของกิวติน ทำให้โครงสร้างของกิวตินหลวมขึ้นจึงทำให้เคลื่อนที่ผ่านกิวติเคิลได้ (Bonner and Varner, 1965)

ธาตุไนโตรเจนกับการเจริญเติบโตของพืช

ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบในสารอินทรีย์ที่สำคัญ เช่น กรดอะมิโน โปรตีน กรดนิวคลีอิก คลอโรฟิลล์ และสารควบคุมการเจริญเติบโต ไนโตรเจนส่วนใหญ่อยู่ในรูปแก๊ส ซึ่งมีถึง 78-79 % ไนโตรเจนในดินส่วนมากได้มาจาก การย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุในดิน โดยอาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน การตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียม ที่อาศัยอยู่ร่วมกับพืชตระกูลถั่ว และการใส่ปุ๋ยเคมี ซึ่งปุ๋ยเคมีที่นิยมใช้ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต แอมโมเนียมไนเตรท และยูเรีย เป็นต้น คุณสมบัติเด่นของปุ๋ยเคมี คือ ละลายน้ำได้ง่าย และอยู่ในรูปที่รากพืชสามารถดูดไปใช้ได้ทันที แต่ถ้ามีฝนตกหรือรดน้ำมากเกินไป ปุ๋ยไนโตรเจนก็จะถูกชะล้าง และสูญหายได้ง่ายเช่นเดียวกัน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541; ยงยุทธ, 2543; Pakrou and Dillon, 2000) ถ้ามีปริมาณไนเตรทมาก พืชจะแสดงอาการเหลืองซีด เนื่องจากขาดธาตุเหล็ก เพราะไนเตรทมีความสามารถรับอิเล็กตรอนที่รากพืชปล่อยออกมาได้ดีกว่าเฟอร์ริก (Fe(III)) ดังนั้นถ้ารากพืชอยู่ในบริเวณที่มีไนเตรทสูง และมีเหล็กในปริมาณที่จำกัด พืชจะไม่สามารถรีดิวซ์เฟอร์ริกให้กลายเป็นเฟอร์รัส (Fe(II)) และดูดไปใช้ได้ ดังนั้นพืชจึงแสดงอาการเหลืองซีดที่ใบอ่อน รวมทั้งการเคลื่อนย้ายไนเตรทผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ จะเคลื่อนย้ายแบบขนส่งร่วม (symport) กับโปรตรอน ทำให้โปรตรอนที่พืชปล่อยออกมาเพื่อลด pH บริเวณรอบรากมีประสิทธิภาพต่ำ เหล็กจึงละลายออกมาได้น้อย (Lucena, 2000) ไนเตรทที่พืช

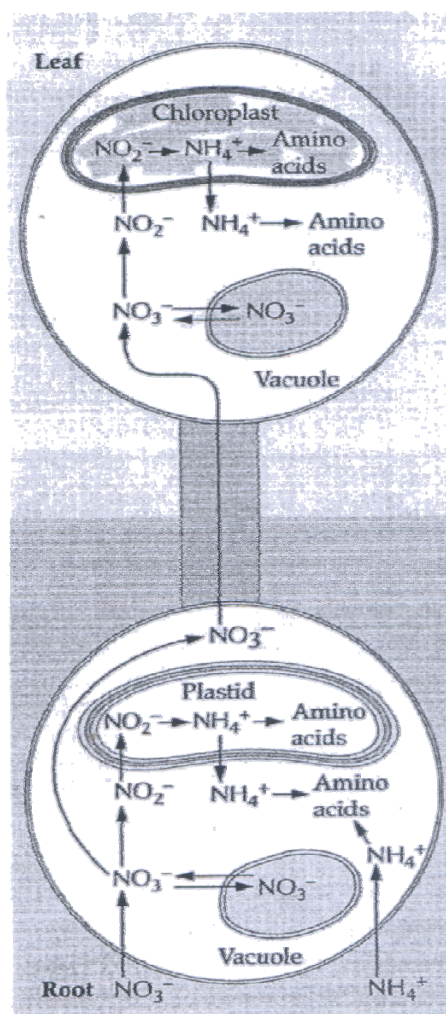
ดูดได้ต้องผ่านกระบวนการรีดักชัน ผลสืบเนื่องจากกระบวนการดังกล่าวมี 2 อย่างคือ พืชจะสะสม แคลไออน เช่น โพแทสเซียมเพื่อสร้างสมดุลทางประจุไฟฟ้าของไนเตรท ขณะเคลื่อนย้ายไนเตรท และพืชจะสังเคราะห์กรดอินทรีย์ เช่น malate ขึ้นมาให้สมดุลกับแคลไออนเหล่านี้ เหล็กจะทำปฏิกิริยากับกรดอินทรีย์ทั้งในราก และในใบ จึงเกิดขบวนการไม่ให้เหล็กเข้าร่วมในเมแทบอลิซึม แม้ว่าเหล็กจะมีอยู่มากในพืชแต่ก็แสดงอาการขาดเหล็ก นอกจากนี้กรดมาลิกที่พืชสังเคราะห์เพื่อสมดุลของแคลไออน เมื่อถูกขนส่งกลับมายังรากทางโฟลเอ็ม (phloem) แล้วจะแยกตัวกับแคลไออน มาเลตจะถูกเปลี่ยนโดยปฏิกิริยาดีคาร์บอกซิเลชันเป็นไพรูเวต และปลดปล่อยไบคาร์บอเนตที่จะถูกขับออกทางราก (ยงยุทธ, 2543; Marschner, 1995) Kosegarten *et al.* (1998) ทดลองปลูกทานตะวัน (*Heliantus annuus* L.cv. Solstar) ในสารละลายธาตุที่มีไนโตรเจนในรูปไนเตรท และไบคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ พบว่ามีการสะสมเหล็กความเข้มข้นสูงมากในราก แต่ปริมาณเหล็กในใบมีความเข้มข้นต่ำ ทำให้การเจริญเติบโตของใบลดลง ขยับยั้งการสร้างใบใหม่ของพืช และใบมีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำ การสะสมเหล็กปริมาณสูงในราก เนื่องจากการที่พืชดูดไนเตรทเข้าไปขนส่งร่วมกับโปรตรอน จะทำให้ pH ในอะโพพลาสต์ของใบสูงขึ้น ส่งผลให้กิจกรรมของเอนไซม์เพอร์อกซิเดสลดลง (Toulon *et al.*, 1992; Susin *et al.*, 1996)

ธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบหนึ่งของเอนไซม์ไนเตรรีดักเตส ดังนั้นเมื่อพืชขาดเหล็ก กิจกรรมของเอนไซม์ไนเตรรีดักเตสมีค่าลดลงด้วย จากการทดลองของ Poonnachit and Darnell (2004) พบว่าพืชที่ขาดธาตุเหล็กจะมีกิจกรรมไนเตรรีดักเตสสูงมากในสัปดาห์ที่ 3 เนื่องจากความสามารถในการใช้ NAD(P)H ซึ่งเป็นตัวให้อิเล็กตรอนของเอนไซม์ไนเตรรีดักเตสที่สูงกว่า เอนไซม์เพอร์อกซิเดส หลังจากนั้นจะลดลงในสัปดาห์ที่ 5 เนื่องจากสัปดาห์ที่ 5 พืชขาดธาตุเหล็กรุนแรง ทำให้ปริมาณเพอร์อกซิเดส ซึ่งเป็นตัวพาหะอิเล็กตรอน (electron carriers) ที่เคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนให้แก่เอนไซม์ไนเตรรีดักเตสลดลง ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ไนเตรรีดักเตสลดลง

กระบวนการใช้ประโยชน์จากไนเตรทที่พืชได้รับ

รูปของไนโตรเจนที่พืชดูดไปใช้มี 2 รูป คือ ไนเตรทไอออน (NO_3^-) แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) โดยพืชสามารถรีดิวซ์ไนเตรทให้เป็นแอมโมเนียมได้ ดังภาพที่ 1 เมื่อพืชเคลื่อนย้ายไนเตรทผ่านเยื่อหุ้มเซลล์แบบขนส่งร่วมทาง (co-transport หรือ symport) กับ H^+ หรือ K^+ โดยอาศัยพลังงาน ATP จากการหายใจของไมโทคอนเดรีย (mitochondria) ไนเตรทเข้าสู่ไซโทซอล (cytosol) ของราก พืชจะถูกสะสมใน vacuole และไนเตรทส่วนที่เหลือจะถูกส่งโดย transpiration stream ไปยังเซลล์มี

โซฟิลล์ (mesophyll) โดยผ่านทางท่อไซเลม (xylem) สำหรับไนเตรตสะสมที่อยู่ใน vacuole ของ เซลล์ราก เมื่อถูกส่งออกมาในไซโทซอล จะเกิดการรีดิวซ์ไนเตรตให้เป็นไนไตรท์ โดยเอนไซม์ ไนเตรตรีดักเทส แล้วไนไตรท์ถูกส่งไปยังลิวโคพลาสต์ (leucoplast) หลังจากนั้นจะถูกเปลี่ยนเป็น แอมโมเนียม และเอไมด์ตามลำดับ เอไมด์จะถูกส่งออกมาในไซโทซอล และขนส่งไปยังส่วนของ mesophyll ผ่านทาง xylem ต่อไป ส่วนไนเตรตที่ถูกส่งมายัง mesophyll บางส่วนจะถูกสะสมไว้ใน vacuole และบางส่วนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนไตรท์ โดยการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ไนเตรตรีดักเทส ไนไตรท์จะถูกส่งเข้าสู่คลอโรพลาสต์ (chloroplast) แล้วเอนไซม์เฟอร์รีดอกซิน-ไนเตรตรีดักเทส (ferredoxin-nitrate reductase) ซึ่งมีในโตรเจน และเหล็กเป็นองค์ประกอบ จะเร่งปฏิกิริยารีดักชันเปลี่ยนไนไตรท์เป็นแอมโมเนียม หลังจากนั้นแอมโมเนียมที่ได้จะถูกนำไปสังเคราะห์เป็น กรดอะมิโนกลูตาเมต (glutamate) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ (chlorophyll) และไซโตโครม (cytochrome) ต่อไป (Buchanan *et al.*, 2000)

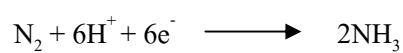


ภาพที่ 1 การเคลื่อนย้ายไนเตรทในพืช

ที่มา: Buchanan *et al.* (2000)

ไนโตรจีเนส

ไนโตรจีเนสเป็นเอนไซม์คอมเพล็กซ์ ประกอบด้วย 2 หน่วยคือ ส่วนที่ 1 มี โมลิบดีนัม เหล็ก และกำมะถัน เรียกว่า โมลิบโดเฟอร์ดอกซิน และส่วนที่ 2 เป็นโปรตีนโมเลกุลที่มีขนาดเล็กกว่า มีเหล็ก และกำมะถัน เรียกว่า อะโซเฟอร์ดอกซิน ไนโตรจีเนสเร่งปฏิกิริยารีดักชันของ N_2 เป็น NH_4^+ (Stiefel, 1993) ดังสมการ



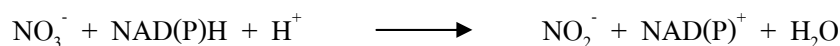
และเร่งปฏิกิริยารีดักชันของแอเซทีลีน ดังสมการ



ปฏิกิริยาการตรึงไนโตรเจนนั้น โมลิบดีนัมทำหน้าที่ในขั้นตอนการรีดิวซ์แก๊สไนโตรเจน ขณะที่เหล็กเป็นตัวส่งผ่านอิเล็กตรอน เมื่อเริ่มปฏิกิริยา N_2 เข้าจับกับโมลิบดีนัมก่อนต่อมาเมื่อมีการส่งผ่านอิเล็กตรอน และเกิดปฏิกิริยาโปรโตเนชัน พันธะเคมีระหว่างอะตอมของไนโตรเจนกับโมลิบดีนัมก็ถูกทำลาย และปลดปล่อยแอมโมเนียออกมา (Chatt, 1979)

ไนเตรทรีดักเทส

เอนไซม์ไนเตรทรีดักเทสเป็นเอนไซม์ที่ประกอบไปด้วยเหล็ก (heme iron) และโมลิบดีนัมสองอะตอม เอนไซม์นี้ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยารีดักชันของไนเตรทให้เปลี่ยนเป็นไนไตรท์ (Marchner, 1995) ดังสมการข้างล่างนี้

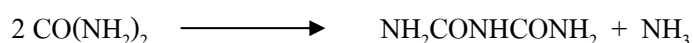


ไนเตรทรีดักเทสในพืชชั้นสูงจะอยู่ในรูป Molybdoflavo protein (Hewitt *et al.*, 1976) ซึ่งเกี่ยวข้องกับคลอโรพลาสต์ในใบ และ proplastid ในราก (Beevers and Hageman, 1983) เอนไซม์นี้จะเร่งปฏิกิริยาให้เกิดรีดักชันเปลี่ยนไนเตรทเป็นไนไตรท์ ซึ่งปฏิกิริยารีดักชันนี้ Mo^{6+} จะรับอิเล็กตรอนจาก FADH_2 ผ่านไซโตโครม b จึงกลายเป็นรูป Mo^{5+} ต่อจากนั้นอิเล็กตรอนจะเคลื่อนย้ายสู่ออกซิเจนของไนเตรท ออกซิเจนถูกแยกออก และทำปฏิกิริยาต่อไปกับโปรตรอนกลายเป็นน้ำ Srivastava (1992) รายงานว่า การทำงานของไนเตรทรีดักเทส มีหน้าที่สร้างโปรตีนโดยเป็นตัวถ่ายทอดอิเล็กตรอน จาก NADH ไปสู่ไนเตรท ตลอดจน prosthetic groups (FAD, heme และ Mo cofactor) สำหรับในพืชส่วนมากทั้งราก และใบมีความสามารถที่สังเคราะห์เอนไซม์ไนเตรทรีดักเทสโดย Martin *et al.* (1995) รายงานว่า เมื่อมีการใส่โมลิบดีนัม พบว่าเอนไซม์ไนเตรทรีดักเทสทำงานได้ดี โดยปริมาณไนเตรทในรากเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณไนเตรทในใบลดลง Taiz and Zeiger (1998) พบว่าการทำงานของไนเตรทรีดักเทส ของข้าวสาลีที่ขาดโมลิบดีนัมจะลดลง แต่การทำงานของเอนไซม์นี้จะสูงขึ้นภายในไม่กี่ชั่วโมงหากใช้โมลิบดีนัมพ่นทางใบ (Randall, 1969)

การดูดไนโตรเจนทั้งสองรูปของพืชจะขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิ โดยที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้ อัตราการดูดไนโตรเจนทั้งสองรูปลดลง pH ในสภาพที่เป็นกลางพืชจะดูดไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมได้ดีที่สุดเมื่อ pH ลดลงการดูดจะลดลงเช่นกัน ซึ่งตรงข้ามกับการดูด ในเตรท คือเมื่อ pH ต่ำพืชจะดูดไนเตรทได้อย่างรวดเร็ว และเมื่อ pH สูงขึ้น การดูดไนเตรทจะลดลง สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะ competitive effect ของไฮดรอกไซด์ไอออนไปยับยั้งกระบวนการดูดไนเตรท ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในพืชก็มีผลต่อการดูดไนโตรเจน พืชที่มีระดับคาร์โบไฮเดรตในต้นสูงมักดูดแอมโมเนียมได้สูงเช่นกันซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเพิ่ม NH_3 assimilation เพื่อให้สอดคล้องกับการจัดหา C skeleton และพลังงาน นอกจากนี้แอมโมเนียม สามารถยับยั้งการดูดไนเตรทได้ แต่ไนเตรทไม่สามารถยับยั้งการดูดแอมโมเนียมของพืชได้ การผลิตพืชส่วนใหญ่นิยมให้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ซึ่งเป็นปุ๋ยไนโตรเจนที่ประเทศไทยนำเข้ามากที่สุด (วิจารณ์, 2549)

ผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณไนโตรเจนในดินและผลผลิตของสับปะรด

ดินที่ปลูกสับปะรดโดยมากมักจะมีปริมาณไนโตรเจนไม่เพียงพอ การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนจึงนับว่าเป็นสิ่งจำเป็น ปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้กับสับปะรดนิยมใส่ในรูปแอมโมเนียมซัลเฟต ซึ่งเป็นแหล่งของไนโตรเจนที่มีราคาถูก หาได้ง่ายส่วนยูเรียก็ได้ผลดีในการพ่นทางใบในรูปสารละลาย (จารุพันธ์, 2526) Jorgensen (1969) รายงานว่าในการฉีดยูเรียทางใบนั้น ให้ผลผลิตสูงกว่าการใส่แบบโรยเป็นแถวด้วยยูเรียหรือแอมโมเนียมซัลเฟตอย่างมีนัยสำคัญ ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นเนื่องมาจากขนาดผลใหญ่ขึ้นมากกว่าการเพิ่มจำนวนผล แต่ Page (1971) พบว่าการฉีดปุ๋ยยูเรียทางใบทำให้เกิดอาการใบไหม้ การเจริญเติบโตของสับปะรดลดลง Sanford *et al.* (1954) จึงให้เห็นว่าอาการใบไหม้ของสับปะรด เมื่อให้ปุ๋ยยูเรียทางใบเป็นผลของสารไบยูเรท (biuret) ที่ปนมาในปุ๋ยยูเรียไม่ใช่เนื่องจากเนื้อปุ๋ยยูเรีย ยงยุทธ (2524) กล่าวว่าไบยูเรทเป็นสารพิษที่เกิดขึ้นมาในขณะการผลิตปุ๋ยยูเรียมีอุณหภูมิสูงเกินไปดังสมการ



ส่วนใหญ่บริษัทผู้ผลิตปุ๋ยยูเรียจะควบคุมไม่ให้ปุ๋ยยูเรียที่ผลิตได้มีปริมาณไบยูเรทเกินกว่า 1 % ซึ่งเป็นปริมาณที่ไม่เป็นพิษกับพืช การใช้ปุ๋ยยูเรียที่มีสารไบยูเรทเป็นส่วนผสมจำนวนมากกว่า 1.5-2 % มีผลทำให้เกิดอาการใบไหม้ได้ โดยเฉพาะตามขอบใบพืช น้ำอาจไปรวมกันเป็นหยด เมื่อแห้งสารพิษจะทำให้เซลล์ขอบใบแห้งตาย การป้องกันการเกิดอาการใบไหม้ของสับปะรดนั้น

สามารถกระทำได้โดยการพันสารละลายให้เป็นละอองเล็กๆ เพื่อป้องกันไม่ให้สารละลายไหลไปรวมกันที่ขอบใบ และโคนใบ

รายงานวิจัยส่วนใหญ่พบในลักษณะเดียวกันว่าอัตราการสูญเสียไนโตรเจนไปจากดินจะเพิ่มขึ้นจากปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่เพิ่ม และจะเกิดมากในฤดูฝน (Osborne *et al.*, 1999; Stout and Jung, 1995;) Luo *et al.* (2000) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม จะช่วยให้มีการสูญเสียไนโตรเจนไปจากดินน้อยกว่าการใส่ในรูปไนเตรท เพราะไนเตรทละลายน้ำได้ง่ายจึงถูกชะล้างไปอย่างรวดเร็ว และมีรายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมซัลเฟต จะเกิดการสูญเสียไนโตรเจนไปจากดินน้อยกว่าการใส่ในรูปยูเรีย รูปแอมโมเนียมไนเตรท และแคลเซียมไนเตรท (Yanai *et al.*, 1998) สำหรับการสะสมไนโตรเจนในดินหลังได้รับการใส่ปุ๋ย Unlu *et al.* (1999) รายงานว่า การสะสมไนโตรเจนในดินทราย จะเกิดขึ้นหลังการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในปีที่สอง โดยดินจะมีการสะสมไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจาก 58 เป็น 64 และ 74 % ตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นจาก 64, 67 และ 74 กก.N/ไร่/ปี ตามลำดับ ซึ่งไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นหลังจากการใส่ปุ๋ยดังกล่าวจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปไนเตรท และในที่สุดจะถูกชะล้างไปกับน้ำก่อนที่จะถึงฤดูกาลปลูกถัดไป Yanai *et al.* (1998) ได้รายงานไว้เช่นเดียวกันว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทั้งในรูปแอมโมเนียม และไนเตรท จะทำให้ดินมีปริมาณไนเตรทเพิ่มขึ้นระยะหนึ่ง หลังจากนั้นปริมาณไนโตรเจนในดินจะเริ่มลดลง และลดลงไปอีกจนเท่ากับปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่เดิมก่อนการใส่ปุ๋ยภายใน 16 วัน หลังการใส่ปุ๋ยดังกล่าว แต่อย่างไรก็ตามมีรายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนติดต่อกันเป็นเวลานาน 20 ปี จะทำให้ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่มีแนวโน้มว่าปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในดินจะลดลง เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้น (Suwanarit *et al.*, 2000) ดังนั้นการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างเหมาะสมในแง่ชนิด อัตรา และเวลาที่ใส่จะช่วยให้ผลผลิตสูง และคุณภาพดี แต่ถ้าใส่ไม่ถูกต้องจะส่งผลเสียตามมาหลายประการด้วยกัน เช่น การใส่ปุ๋ยไนเตรทในระยะใกล้เก็บเกี่ยว จะทำให้สิ้นเปลืองปุ๋ย และได้ผลผลิตเท่าเดิม คุณภาพผลผลิตในเชิงโภชนาการต่ำ เช่นผักที่มีไนเตรทสะสมอยู่ในเนตรทอาจถูกบริโภคเข้าไปเป็นไนโตรต ในระหว่างการเก็บหรือแปรรูป ผักชนิดนี้ไม่เหมาะที่จะนำมารับประทาน เนื่องจากเมื่อร่างกายได้รับปริมาณไนเตรทในปริมาณสูง จะทำให้เกิดโทษกับร่างกายได้ โดยในผู้ใหญ่ ไนเตรทที่ถูกดูดซึมจะทำปฏิกิริยากับฮีโมโกลบิน ซึ่งจะเปลี่ยนเป็น ออกซี-ฮีโมโกลบิน (oxy-hemoglobin) โดยการเกิด reducing systems เช่น NADH-methaemoglobin reductase ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ส่วนในเด็กอายุไม่เกิน 3 เดือน และสัตว์ที่ยังไม่เจริญเติบโตเต็มที่ จะมีระบบการทำงานของเอนไซม์ไม่สมบูรณ์

ดังนั้น methaemoglobin จะเพิ่มมากขึ้นมีผลให้เกิดโรค methaemoglobinaemia นอกจากนี้ ไนโตรที่ที่เกิดจากปฏิกิริยารีดักชันของไนเตรทสามารถทำปฏิกิริยาเคมีกับสารประกอบอะมิโนได้เป็นไนโตรซามีน (nitrosamine) หรือกลุ่มสารประกอบเอ็น-ไนโตรโซ (N-nitroso compound) ซึ่งเป็นสาเหตุที่สำคัญในการก่อมะเร็ง (cancerogenic) และการได้รับ N-nitroso compound ระหว่างการตั้งครรภ์ในระยะที่สอง พบว่าสามารถก่อให้เกิดเนื้องอกในรุ่นลูกได้ โดย nitrosamine มีความเป็นพิษต่อตัวอ่อน และอาจทำให้ตายได้ ในขณะที่ nitrosamine ทำให้เกิดการผิดปกติของอวัยวะและระบบต่างๆ (Tannenbaum *et al.*, 1978) พืชอาหารสัตว์ที่มีไนเตรทมากกว่า 1 % (น้ำหนักแห้ง) เป็นอันตรายต่อสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Prins, 1983) วิธีลดปริมาณไนเตรทในผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้คือใช้เกลือคลอไรด์ (โพแทสเซียมคลอไรด์) แทนเกลือไนเตรท ถ้าหากว่าต้องใช้ปุ๋ยที่มีไนเตรทหรือนิโตรเจน ก็ต้องใช้ในอัตราที่พอเหมาะ และไม่ใส่เมื่อใกล้เวลาเก็บเกี่ยว ให้พืชได้รับธาตุอื่นอย่างพอเพียง และได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่ (ยงยุทธ, 2543)

สับปะรดกับความต้องการธาตุไนโตรเจน

สับปะรดเป็นพืชที่ต้องการธาตุไนโตรเจนสูงเพราะเป็นธาตุอาหารที่สำคัญมากในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของสับปะรด การที่สับปะรดได้รับไนโตรเจนอย่างเพียงพอ นั้น ใบจะมีสีเขียวสด มีความแข็งแรง โตเร็ว ทำให้ออกดอก และผลที่สมบูรณ์ (Bartholomew *et al.*, 2003) แต่หากได้รับธาตุไนโตรเจนในปริมาณมากเกินไป ความต้องการ จะส่งผลให้มีปริมาณไนเตรทสะสมในผลสับปะรดสูงขึ้น (Mustafa *et al.*, 2007) การมีไนเตรทตกค้างในผลสับปะรดสูงอาจเกิดจากการขาดธาตุอาหารบางตัว เช่น แมงกานีส เพราะแมงกานีสมีผลทางอ้อมต่อการดูดไนเตรท เนื่องจาก แมงกานีสจำเป็นในปฏิกิริยา photosystem II และการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนจากน้ำผ่าน ferredoxin ไปยังเอนไซม์ ไนเตรทรีดักเทส โมลิบดีนัม เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเทส ซึ่งมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงไนเตรทในพืชให้เป็นกรดอะมิโน ถ้าพืชขาดจะมีปริมาณของ soluble amino acid compound ลดลง และมีการสะสมไนเตรทในเนื้อเยื่อมากขึ้น Chairidchai (2000) ทดลองฉีดพ่นต้นสับปะรดด้วยสารละลายโมลิบดีนัม 0-5.0 มิลลิกรัมต่อต้น พบว่าปริมาณไนเตรทในน้ำสับปะรดลดลงจาก 90.1 ppm เป็น 55.2 ppm เมื่อระดับโมลิบดีนัมใน D-leave ของต้นสับปะรดเพิ่มขึ้นจาก 0.72 ppm เป็น 0.96 ppm

ไนเตรทกับคุณภาพของสับปะรดกระป๋อง

การเกิดกระป๋องดำ (detinning) เป็นปัญหาที่สำคัญในอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องของไทย สาเหตุเกิดจากวัตถุดิบคือ ผลสับปะรดมีปริมาณไนเตรทสูงเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 25 ppm (ประกาศรี, 2539) ซึ่งทั้งนี้ เป็นผลมาจากการปฏิบัติในไร่ของเกษตรกรเป็นส่วนใหญ่ เช่น การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในปริมาณที่มากเกินไปจนความจำเป็น (Smith, 1988) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนหลัง บังคับดอก การทำลายจุกสับปะรด และการให้น้ำก่อนเก็บเกี่ยว 15-30 วัน เป็นต้น ซึ่งส่งผลให้ กระบวนการใช้ไนโตรเจนของพืชไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดการสะสมไนเตรทในผล ปริมาณไนเตรท จะสะสมอยู่บริเวณแกนของผลสูง และมีสูงในผลดิบมากกว่าผลสุก เนื่องจากการทำงานของ เอนไซม์ไนเตรทรีดักเทสดำเนินอยู่ตลอดเวลาแม้หลังการเก็บเกี่ยว ดังนั้น โรงงานสับปะรดกระป๋อง จะประเมินปริมาณไนเตรทในผล โดยการสุ่มตัวอย่างจากเนื้อสับปะรดบริเวณกลางผล เข้าไปลึก ไม่เกิน 4 เซนติเมตร การสะสมไนเตรทจะพบมากในช่วงเดือนสิงหาคม เนื่องจากเป็นช่วงฤดูฝนมี การดูดไนโตรเจนขึ้นไ่มาก ทำให้ใช้ในโตรเจนไม่ทัน และการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม สามารถช่วยลด ปริมาณไนเตรทในผลได้ ปัจจัยทางด้านภูมิอากาศก็มีผลต่อการสะสมไนเตรท คือ ก่อนการเก็บเกี่ยว สับปะรด ถ้าอากาศมีอุณหภูมิสูง มีความชื้นของแสงแดดต่ำ จะมีผลให้ประสิทธิภาพของไนเตรท รีดักเทสลดลง ทำให้มีปริมาณไนเตรทสูงเช่นกัน (Smith, 1988)

สับปะรดที่แก่จัดจะมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณ ไนเตรทในผลต่ำ เมื่อนำผลสับปะรดที่แก่จัดบรรจุกระป๋อง พบว่าจะทำให้ผิวภายในกระป๋อง กลายเป็นสีดำ (detinning) น้อยกว่า เมื่อมีการใช้ผลสับปะรดที่มีอายุน้อยกว่า สำหรับระดับของ pH ของน้ำเชื่อมภายในกระป๋องจะสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของปริมาณกรดซิตริก และ โพแทสเซียมไนเตรท โดยไนเตรทเพียงอย่างเดียวไม่ทำให้เกิด detinning ยกเว้นสภาพภายในเป็น กรด ฉะนั้นการเกิดกระป๋องดำจะขึ้นอยู่กับไนเตรท และปริมาณกรดในผล (Farrow *et al.*, 1971)

ผลของโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตของพืช

ธาตุโพแทสเซียมมีความสำคัญต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช เช่น การเจริญเติบโต ของเนื้อเยื่อเจริญ สถานะของน้ำภายในเซลล์เนื่องจาก การดูดน้ำเข้าไปภายในเซลล์ และเนื้อของพืช จะเป็นผลเนื่องมาจากการดูดธาตุโพแทสเซียมของพืช และในเนื้อเยื่อของพืชที่มีอายุน้อย ธาตุโพแทสเซียมมีความจำเป็นต่อความเต่งของเซลล์ ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อการขยายตัวของเซลล์

(cell expansion) และการสังเคราะห์แสงเนื่องจากธาตุโพแทสเซียม ช่วยส่งเสริมให้มีการสังเคราะห์ enzyme ribulose biphosphate carboxylase (rubisCo) นอกจากนี้ธาตุโพแทสเซียมยังช่วยลดการเกิด diffusive resistance ต่อ CO_2 ที่ mesophyll ด้วย ปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมมีหลายประการด้วยกัน เช่น ความชื้นในดิน มีบทบาทในการช่วยให้ธาตุโพแทสเซียมเคลื่อนย้ายไปยังบริเวณรากพืช ถ้ามีความชื้นน้อย จะทำให้พืชดูดธาตุโพแทสเซียมยาก และความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมก็จะต่ำ อุณหภูมิต่ำจะทำให้การดูดธาตุโพแทสเซียมลดลง การเตรียมดิน และการใส่ปุ๋ย เมื่อไม่มีการไถเตรียมดิน จะทำให้การดูดธาตุโพแทสเซียมลดลง จากผลการทดลองความสัมพันธ์ของอัตราการใช้ปุ๋ย K ต่อ % K ในใบรองรับฝักข้าวโพดของ วิจารย์ (2549) ในตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียม ในใบรองฝักของข้าวโพด จากการไม่มีการไถเตรียมดิน จะต่ำกว่าจากการไถเตรียมดิน ทั้งนี้ไม่ว่าจะให้ปุ๋ยโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นหรือไม่ก็ตาม สาเหตุอาจเกิดจากตำแหน่งที่ปุ๋ยจะเป็นประโยชน์ได้ในดิน เพราะการใส่ปุ๋ยส่วนใหญ่จะใช้วิธีหว่าน ซึ่งจะทำให้ปุ๋ยอยู่บริเวณผิวดิน หรือใกล้ผิวดินส่วนการให้ปุ๋ยเป็นแถบ ใกล้เมล็ดพืช หรือลึกลงไปดินจะช่วยทำให้การดูดธาตุโพแทสเซียมทำได้ดีขึ้น

ตารางที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ของอัตราการใช้ปุ๋ย K ต่อ % K ในใบรองรับฝักข้าวโพด

ปุ๋ย K ที่ใส่ (kg/ha) ทุกปีตั้งแต่ 1972-1976	% K ในใบรองรับฝัก	
	ไถ	ไม่ไถ
0	0.73	0.59
66	1.40	1.04
133	1.71	1.42

ที่มา: วิจารย์ (2549)

ผลการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมต่อปริมาณโพแทสเซียมในดิน

การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีผลต่อต่อปริมาณโพแทสเซียมที่สะสมอยู่ในดิน เนื่องจากพืชไม่สามารถดูดใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมได้ทั้งหมด จึงทำให้ปุ๋ยโพแทสเซียมบางส่วนสูญเสียไปกับการชะล้างและไหลบ่าของน้ำ และยังมีปุ๋ยโพแทสเซียมบางส่วนที่สะสมอยู่ในดิน ซึ่งการสูญเสียปุ๋ยโพแทสเซียม และการสะสมโพแทสเซียมในดินขึ้นอยู่กับชนิดดิน ชนิด และอัตราปุ๋ย ตลอดจน

การจัดการ ดังรายงานของ Mathews *et al.* (2001) ที่พบว่าดินที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 96 กิโลกรัมโพแทสเซียมต่อไร่ จะมีการสะสมโพแทสเซียมในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ในดินบน และดินล่าง ถึง 80 เซนติเมตรเพิ่มขึ้นโดยในดินบน (0-16 ซม.) จะสะสมโพแทสเซียมมากที่สุดเท่ากับ 76 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินแห้ง และปริมาณการสะสมจะลดลงเป็น 60 40 และ 29 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินแห้ง ตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้นเป็น 16-44 44-62 และ 62-80 เซนติเมตร ซึ่ง Blake *et al.* (1999) รายงานไว้เช่นเดียวกันว่าหลังการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ดินจะมีปริมาณโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ทั้งในรูปที่ละลายน้ำ (soluble in soil solution) รูปที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K^+) และรูปที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ (non-exchangeable K^+)

การสะสมโพแทสเซียมในดินเกิดขึ้นได้ เนื่องจากการตรึงโพแทสเซียม ซึ่งเกิดขึ้นเพราะมีการแลกเปลี่ยนที่ของแคตไอออนชนิดอื่นในดิน กับโพแทสเซียมไอออนในสารละลายดินที่ได้รับจากปุ๋ยโพแทสเซียม และการตรึงโพแทสเซียมดังกล่าวจะเกิดมากในดินที่มีแร่ดินเหนียวเป็นองค์ประกอบสูง และถ้ามีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราสูงในขณะที่ดินมีความชื้นต่ำ ยังจะช่วยส่งเสริมให้มีการสะสมโพแทสเซียมในดินเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะโพแทสเซียมเคลื่อนที่ไปกับน้ำได้น้อย (Seiffert *et al.*, 1995; Sardi and Critari, 1998) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน และฟอสฟอรัส จะช่วยลดการสูญเสียปุ๋ยโพแทสเซียมไปกับการชะล้าง และการตรึงไว้ในดิน (Blake *et al.*, 1999)

ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่ให้แก่พืช ได้แก่พวก high grade คือ potassium sulfate (K_2SO_4) ประกอบด้วยโพแทสเซียม ประมาณ 43 % (52 % K_2O) เป็นปุ๋ยที่มีราคาแพงเนื่องจากต้นทุนการผลิตสูง และ potassium chloride (KCl) ประกอบด้วย K 50 % (60 % K_2O) ซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายและมีราคาถูก ในทางการค้ารู้จักกันในชื่อ muriate of potash และพวก low grade จะมี K 41 % (58 % K_2O) และ K 33 % (40 % K_2O) นอกจากนี้ในปุ๋ยดังกล่าวจะมี NaCl เป็นส่วนประกอบค่อนข้างมาก ซึ่งเหมาะที่จะใส่ให้พืชพวก natrophilic (sugar beet cabbage และ oat) (วิจารณ์, 2549) และพบว่าพืชจะเจริญดีที่สุดเมื่อใช้คลอรีน 100 ไมโครโมลาร์ หากลดความเข้มข้นในสารละลายเหลือเพียง 10 ไมโครโมลาร์ น้ำหนักแห้งจะลดลงร้อยละ 50 (Chisholm and Blair, 1981)

พืชที่ขาดธาตุโพแทสเซียมจะทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าปกติ ลำต้นอาจหักล้มง่าย เนื่องจากการสะสมกลินินในกลุ่มท่อลำเลียงน้อยกว่าปกติ ลักษณะอีกอย่างคือ เหี่ยวเฉาง่าย เมื่อความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินมีอยู่จำกัด เพราะธาตุโพแทสเซียมมีผลต่อการควบคุมการปิดเปิด

ของปากใบ เป็นตัวละลายที่มีส่วนสำคัญในสัคย์ออสโมซิสของ vacuole และในภาวะที่ขาดน้ำพืชที่มีโพแทสเซียมเพียงพอจะสังเคราะห์ โพรลีน ได้มากกว่าพืชที่ขาดธาตุนี้ ซึ่งโพรลีนจะช่วยลดสัคย์ออสโมซิสของเซลล์ด้วย พืชที่ขาดโพแทสเซียมจะเป็นโรคได้ง่าย เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงด้านกิจกรรมของเอนไซม์ ชนิด และปริมาณของอินทรีย์สารซึ่งทำให้พืชนั้นอ่อนแอต่อเชื้อโรค (Marchner, 1995)

ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใช้ทางใบในกรณีที่พืชขาดธาตุโพแทสเซียม ต้องมีความเข้มข้นค่อนข้างสูง เกือบที่เหมาะสมเป็นปุ๋ยทางใบได้แก่ ปุ๋ยโพแทสเซียมไนเตรท และปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต Chamel (1979) รายงานว่า แอปเปิ้ลที่ขาดโพแทสเซียม แล้วมีการฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต 1 % หรือฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมไนเตรท 3-10 % นอกจากจะสามารถแก้ไขปัญหการขาดธาตุโพแทสเซียมแล้วยังช่วยเพิ่มน้ำหนักแห้งของใบแอปเปิ้ลด้วย

สับปะรดกับความต้องการธาตุโพแทสเซียม

ในการผลิตสับปะรดปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปัจจัยสำคัญอีกชนิดหนึ่งที่มีผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตที่ได้ สับปะรดต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมในปริมาณสูง เพื่อการเจริญเติบโตที่ดี และได้ผลผลิตสูง เนื่องจากปุ๋ยโพแทสเซียมมีบทบาทเกี่ยวข้องกับทางสรีระวิทยาของพืชหลายอย่างเช่น การสังเคราะห์แสง การหายใจ กระบวนการเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ในโตรเจน และการสังเคราะห์โปรตีน และช่วยในการเคลื่อนย้ายแป้ง น้ำตาล และกรดอินทรีย์จากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่งของพืช (Antonio *et al.*, 2005)

ธาตุโพแทสเซียมที่อยู่ในดิน โดยทั่วไปมักไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2535) จึงแนะนำ การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมตามผลการวิเคราะห์ปริมาณที่มีในดินดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมตามผลการวิเคราะห์ปริมาณที่มีในดิน

โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน ppm	อัตราปุ๋ย	
	กรัมต่อต้น	กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (40,000 ต้น)
0-35	16-20	640-800
36-70	12-16	480-640
71-105	8-12	320-480
106-140	4-8	160-320

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2535)

ทั้งนี้ดินที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่า 78 ppm ต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมอย่างน้อย 184 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี หากในดินมีโพแทสเซียมสูงกว่า 195 ppm โดยทั่วไปมักไม่พบการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ย

ผลของ CI ต่อการเจริญเติบโตของพืช

Cram (1973) ได้ให้เหตุผลไว้ว่าไนโตรเจนจะถูกนำไปใช้ได้น้อยในสภาพที่มีโซเดียมคลอไรด์ โดยคลอไรด์จะไปขัดขวางการดูดน้ำในเตรท Cordovilla *et al.* (1995) พบว่าปริมาณไนโตรเจนในลำต้น และรากของถั่วเหลืองลดลง 7 และ 29 % ตามลำดับเมื่อได้รับโซเดียมคลอไรด์ 50 มิลลิโมลาร์ นอกจากนี้ Lal and Bhardwaj (1984) ยังพบว่าถั่วอาหารสัตว์ (*Pisum sativum* L.) ที่ปลูกในดินเค็มจะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดลดลง ซึ่งก็สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Batra and Ghai (1988) ที่ปลูกถั่วอาหารสัตว์ในดินเค็ม 2-15 เดซิซิเมนต์ต่อเมตร แล้วพบว่าไนโตรเจนที่พืชดูดขึ้นไปจะลดลงตามความเค็มที่เพิ่มขึ้น Nieman (1965) ได้ให้ข้อสังเกตว่าความเค็มจะลดขนาดของเซลล์ และลดการสังเคราะห์ RNA โปรตีนในระยะแรกเท่านั้น

ในทางตรงกันข้าม Bernstein (1962) กล่าวว่าปริมาณไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นในพืชหลายชนิดเมื่อระดับโซเดียมคลอไรด์สูงขึ้น Langdale *et al.* (1973) พบว่าหญ้า star (*Cynodon plectostachyus*) มีอัตราการเจริญเติบโตลดลง แต่มีปริมาณโปรตีนสูงเมื่อได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น Melal

et al. (1975) ได้ให้ความเห็นว่าความเค็มอาจไม่ได้มีผลต่อการสังเคราะห์โปรตีนโดยตรง แต่อาจมีผลต่อกระบวนการต่าง ๆ Abel and McKenzie (1964) พบว่าเมื่อถั่วเหลืองพันธุ์ Lee ได้รับความเค็ม 9 มิลลิโมลต่อเซนติเมตร เปอร์เซนต์น้ำมันลดลง และเปอร์เซนต์โปรตีนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

วรรณกรณ์ (2529) พบว่าคลูทเชื้อไรโซเบียมให้กับถั่วอาหารสัตว์ จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนสูงขึ้นด้วย แต่เมื่อเพิ่มความเค็มขึ้น ปริมาณไนโตรเจนที่ถั่วอาหารสัตว์ดูดขึ้นไปใช้จะลดลง (Batra and Ghai, 1988) Cordovilla *et al.* (1995) กล่าวว่าความเค็มล้วนส่งผลกระทบต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งในลำต้น และราก โดยความเค็มจะมีผลต่อ acetylene reduction activity (ARA) ของปมรากถั่ว ทำให้ปริมาณไนโตรเจนในลำต้นลดลงขณะที่จำนวนฝักต่อต้นไม่ได้รับผลกระทบจากความเค็ม Garcia-Sanchez *et al.* (2002) พบว่าความเค็มในสารละลายที่เพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 90 mM โซเดียมคลอไรด์ ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนในรากสัมผัสเพิ่มขึ้น และแตกต่างกันไปตามแต่ละสายพันธุ์ Ashraf and Ahmad (2000) รายงานว่าปริมาณไนโตรเจนในใบฝายที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 0 ถึง 210 mol m⁻³ จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ Botella *et al.* (1997) รายงานว่าโซเดียมคลอไรด์ส่งผลให้การสะสมไนเตรต และแอมโมเนียมไอออนของข้าวสาลีลดลง นอกจากนี้เมื่อทดลองให้พืชได้รับปุ๋ยไนเตรต-ไนโตรเจนเพียงอย่างเดียว จะพบว่า การสะสมไนโตรเจนในพืชจะถูกยับยั้งโดยความเค็มที่เพิ่มขึ้นในขณะที่ความเค็มไม่มีผลต่อการสะสมไนโตรเจน ในพืชที่ได้รับปุ๋ยแอมโมเนียม-ไนโตรเจนเพียงอย่างเดียว ซึ่ง Botella *et al.* (1997) อธิบายว่าแอมโมเนียมไอออนจะยับยั้งการขนส่งไนเตรตออกจากรากพืชเพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นเนื่องจากความเค็ม แต่ Savvas and Lenz (2000) กลับพบว่าปริมาณไนเตรตในรากของ มะเขือยาวที่ได้รับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 25 mM จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับระดับควบคุม ซึ่ง Lea-Cox and Syvertsen (1993) ให้เหตุผลว่าการดูดกิน และการเคลื่อนย้ายไนเตรตเข้าสู่พืชที่ได้รับความเค็มนั้น อาจได้รับผลกระทบจากการที่รากพืชสามารถดูดน้ำได้น้อยลงนั่นเอง Lips (1999) อธิบายเพิ่มเติมว่าความเค็มจะยับยั้งไนเตรตไปยังส่วนเหนือดิน เนื่องจากการดูดกินไนเตรต และการลำเลียงของท่อน้ำถูกขัดขวาง เป็นเหตุให้มีการสะสมไนเตรตในราก ในขณะที่อัตราการเจริญเติบโตของพืชลดลงอย่างเด่นชัด แต่อย่างไรก็ตามความเค็มก็ยังมีผลให้รากใช้ไนเตรตเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ทั้งส่วนเหนือดิน และรากมีไนเตรตสะสมอยู่น้อยลงเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาของ Su (1969) โดยการปลูกสับปะรดในดินที่ขาดโพแทสเซียม แล้วใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ พบว่าการเจริญเติบโตของต้นโดยเฉพาะใบ และความสูงเพิ่มขึ้น ใบตั้งตรง

ขึ้น ทำให้แสงแดดสามารถส่องผ่านไปยังพุ่มใบได้ทั่วถึง และยังพบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น เมื่อมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ เพิ่มขึ้น จาก 0 ถึง 15 กรัม K_2O ต่อต้น นอกจากนี้ในช่วงการเจริญเติบโตสูงสุด และในช่วงกำเนิดช่อดอก ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์จาก 0 ถึง 15 กรัม K_2O ต่อต้น และความเข้มข้นของฟอสฟอรัสจะลดลง เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์สูงขึ้น (20–25 กรัม K_2O /ต้น) สูดฤดี และคณะ (2542) พบว่าการฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 3.6 % ที่ระยะเวลา 3 เดือน หลังบังคับผล จะทำให้สีของเนื้อดีขึ้น มีปริมาณน้ำตาลในผลสูง มีปริมาณกรดในผลสูง และลดปัญหาการมีปริมาณไนเตรทในผลสับปะรดสูงเกินมาตรฐานที่โรงงานตั้งไว้ด้วย และจากการทดลองของ Chongpraditnun *et al.*, (2000) พบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (5 กรัม K_2O /ต้น) และโมลิบดีนัมที่อัตรา 11.72 มิลลิกรัมต่อต้น นอกจากจะลดปริมาณไนเตรทในผลสับปะรดแล้ว ยังส่งผลต่อ % Brix pH และน้ำหนักผลด้วย Sideris (1955) รายงานว่าสับปะรดได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้นสูงจะทำให้เกิดอาการไหม้ที่ปลายใบ น้ำหนักของผล และปริมาณน้ำตาลในผลมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่กรดซิตริกเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

จากการทดลองของโกศล (2533) พบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์กับสับปะรดที่อายุ 4 6 8 11 และ 14 เดือนนั้น ที่อายุ 4 เดือน มีปริมาณไนเตรทใน D-leave มากที่สุดเท่ากับ 0.70 % น้ำหนักแห้ง และที่อายุ 14 เดือน มีปริมาณไนเตรทใน D-leave น้อยที่สุดเท่ากับ 0.16 % น้ำหนักแห้ง และการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์กับสับปะรดสามารถเพิ่มความยาวผล ความกว้างผล ปริมาณกรดในผล และปริมาณน้ำตาลในผลมากขึ้นด้วย Lacoueille (1984) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ยังมีผลต่อ สี ความใส (fruit translucence) กลิ่นหอม รสชาติ ความแน่นของเนื้อ (firmness) และความทนทานต่อความเสียหายในการขนส่งของสับปะรด

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. จุกสับประรดพันธุ์ปัตตาเวีย (Smooth Cayenne) (ภาพผนวกที่ 3)
2. Potassium chloride
3. ปุ๋ย Urea
4. ปุ๋ย Ammonium sulfate
5. สารที่ใช้หุบวัสดุปลูก สารป้องกันเชื้อรา Aliette สารฆ่าแมลง Diazinon และสารจับใบ

Zandovid

6. สารเคมีกำจัดวัชพืช Diuron ชื่อเคมี 3 - (3,4 - Dichlorophenyl) -1,1-dimethylurea และ Bromacil ชื่อเคมี 5-bromo-3-sec-butyl-6-methyluracil
7. สารเคมีบังคับผล Ethrel (ethephon 39.5 %)
8. เครื่องชั่ง
9. เครื่องวัดปริมาณไนเตรท (ion meter)
10. อุปกรณ์สำหรับการไตเตรท
11. Hand refractometer

วิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design จำนวน 4 ซ้ำ 6 สิ่งทดลอง แต่ละแปลงย่อยมีขนาด 6 x 5 ตารางเมตร พื้นที่แปลงทดลองทั้งหมดมีขนาด 36 x 20 ตารางเมตร

- สิ่งทดลองที่ 1 ฉีดพ่น KCl ความเข้มข้น 3.60 % ที่อายุ 1 เดือนหลังบังคับผล (ภาพผนวกที่ 7)
- สิ่งทดลองที่ 2 ฉีดพ่น KCl ความเข้มข้น 3.60 % ที่อายุ 2 เดือนหลังบังคับผล (ภาพผนวกที่ 8)
- สิ่งทดลองที่ 3 ฉีดพ่น KCl ความเข้มข้น 3.60 % ที่อายุ 3 เดือนหลังบังคับผล (ภาพผนวกที่ 9)
- สิ่งทดลองที่ 4 ฉีดพ่น KCl ความเข้มข้น 3.60 % ที่อายุ 1 และ 2 เดือนหลังบังคับผล
- สิ่งทดลองที่ 5 ฉีดพ่น KCl ความเข้มข้น 3.60 % ที่อายุ 2 และ 3 เดือนหลังบังคับผล
- สิ่งทดลองที่ 6 ไม่มีการฉีดพ่น KCl หลังการบังคับผล

แปลงทดลองทำในพื้นที่ปลูกสับปะรดของบริษัทอาหารสยามจำกัด (มหาชน) อำเภอ บ้านบึง จังหวัดชลบุรี เตรียมแปลงปลูก เนื่องจากเป็นแปลงที่เคยปลูกสับปะรดมาก่อน จึงไถ ด้วยพล 3 จำนวน 2 ครั้ง ไถกลบสับใบ และต้นสับปะรด โดยปล่อยให้ย่อยสลายเป็นเวลา 1 เดือน แล้วไถกลบ 1 ครั้ง ตากดิน 7-10 วัน พรวน 1-2 ครั้ง ยกแปลง สูง 15 เซนติเมตร แล้วทำแนวปลูก สับปะรด และไถด้วยพล 3 จำนวน 2 ครั้ง จึงใส่ dolomite (400 กก/ไร่) และใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 0-20-0 (100 กก/ไร่) ใช้จุลินทรีย์สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่คัดเลือกขนาดไว้น้ำหนักสด 250 ถึง 300 กรัม เป็นส่วนขยายพันธุ์ที่ใช้ปลูก ก่อนปลูกหุบจุลินทรีย์ที่คัดเลือกขนาดไว้ ด้วยสารป้องกันเชื้อรา Aliette สารฆ่าแมลง Diazinon และสารจับใบ Zandovid อัตราส่วน 1 : 2 : 1 นำไปปลูกเป็นแถวคู่บนสัน ร่องโดยใช้ระยะห่างระหว่างร่องแถวคู่ x ระยะห่างระหว่างแถวภายในร่อง x ระยะห่างระหว่างต้น ภายในแถวเท่ากับ 85 x 50 x 25 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 1 และ 2) หลังปลูก 2 สัปดาห์ปลูกซ่อม โดยใช้จุลินทรีย์ขนาดใกล้เคียงกัน เมื่อสับปะรดมีอายุหลังปลูก 1 เดือน ฉีดพ่นด้วยสารควบคุมวัชพืช Diuron อัตรา 800 กรัมต่อไร่ ผสมกับ Bromacil อัตรา 400 กรัมต่อไร่ ผสมน้ำฉีดคลุมแปลงด้วยรถ boom spray ใช้ปริมาณน้ำยา 600 ลิตรต่อไร่ หลังปลูก 4 เดือนหยอดปุ๋ยสูตร 15-8-15 (100 กก/ไร่) หลังปลูก 8 เดือนหยอดปุ๋ยสูตร 15-0-11 (100 กก/ไร่) หลังปลูก 11 เดือนฉีดพ่นปุ๋ยสูตร 5-0-5 (10 กก/ไร่) เมื่อสับปะรดอายุ 12 เดือนให้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 15 กรัม ต่อต้น และเมื่อสับปะรด อายุ 13 เดือน บังคับผล (forcing) โดยใช้สาร Ethephon ความเข้มข้น 100 ppm โดยผสมใน สารละลายปุ๋ยยูเรีย 1.5 % ฉีดพ่นให้ต้นสับปะรดในอัตรา 60 มิลลิลิตรต่อต้น หลังบังคับผล 1 เดือน เริ่มฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ในแต่ละสัปดาห์ทดลองตามแผนการทดลอง โดยฉีดพ่น โพแทสเซียมคลอไรด์อัตรา 17 กิโลกรัมต่อไร่ ผสมกับ ปุ๋ยยูเรียอัตรา 7 กิโลกรัมต่อไร่ ต่อน้ำ 450 ลิตร และหลังปลูก 18 เดือนเริ่มเก็บผลสับปะรดสุกที่มีผิวเปลือกสีเหลืองประมาณ 25 % ของผล สับปะรด

งานทดลอง 2 งานทดลอง

งานทดลองที่ 1 บังคับผลสับปะรดเดือนกันยายน เริ่มฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ครั้งแรก ในเดือนตุลาคม 2548 และ เก็บเกี่ยวผลผลิตในเดือนกุมภาพันธ์ 2549 (ผลสับปะรดเจริญเติบโตใน ฤดูแล้ง)

งานทดลองที่ 2 บังคับผลสับปะรดเดือนมิถุนายน เริ่มฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ครั้งแรกในเดือนสิงหาคม 2549 และ เก็บเกี่ยวผลผลิตในเดือนมกราคม 2550 (ผลสับปะรดเจริญเติบโตในฤดูฝน) (อุณหภูมิเฉลี่ย ปริมาณน้ำฝน และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ดังตารางผนวกที่ 3 4 และ 5)

การบันทึกข้อมูล เมื่อต้นสับปะรดอายุ 13 เดือน สุ่มเก็บตัวอย่างต้นสับปะรดในแปลงย่อย แปลงละ 3 ต้น จากร่องคู่ 1 ร่อง ด้านนอก ชั่งน้ำหนักสดของทั้งต้น (ภาพผนวกที่ 5) ใบ (ภาพผนวกที่ 7) และของส่วนลำต้น (ภาพผนวกที่ 6) ที่ระยะเก็บเกี่ยวเมื่อสับปะรดมีอายุอายุ 18 เดือน โดยเก็บตัวอย่างผลที่สุกมีเปลือกสีเหลืองประมาณ 25 % (ภาพผนวกที่ 10) ของแต่ละแปลงย่อย ชั่งน้ำหนักผลสด และคำนวณเป็นน้ำหนักผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (ภาพผนวกที่ 11) และความยาวของผลสับปะรด (ภาพผนวกที่ 12) สุ่มตัวอย่างผลสับปะรดในแปลงย่อยแปลงละ 3 ผล นำมาคั้นน้ำ และวัดปริมาณไนเตรทในน้ำคั้นโดยใช้เครื่อง Ion meter ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total Soluble Solids) โดยเครื่อง Hand refractometer วัดค่า pH โดย pH meter วัดปริมาณกรดซิตริกทั้งหมดโดยการไทเทรตด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.05 N โดยใช้ฟีนอล์ฟทาไลน์เป็นสารบ่งชี้ (indicator) จนได้สารละลายเป็นสีชมพู

ผลและวิจารณ์

ผล

ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูก

ดินที่ใช้ทำการทดลองจัดอยู่ในดินชุดบ้านบึง (sandy, siliceous, Aquic Quartzipsamments) (Soil Survey Staff, 1975) ลักษณะเป็นดินทรายจัด มีการระบายน้ำดีมาก ผลการวิเคราะห์ดินที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร พบว่า ดินมีค่า pH 3.68 ซึ่งถือว่าเป็นกรดสูง เพราะ pH ที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของสับปะรดมีค่าเท่ากับ 5.5 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 0.83 % ซึ่งถือว่าต่ำ เพราะสับปะรดต้องการอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 1.5 % มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 32 ppm ซึ่งถือว่าสูงมากเมื่อเทียบกับความต้องการของสับปะรดคือ 20 ppm โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 43 ppm ซึ่งถือว่าต่ำมาก เพราะสับปะรดต้องการโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนเท่ากับ 60-150 ppm มีปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 9.6 และ 6 ppm ซึ่งถือว่าต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการของสับปะรดคือ 25-100 และ 10-50 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

น้ำหนักต้นที่ระยะก่อนบังคับผลสับปะรดในฤดูแล้ง

น้ำหนักต้น น้ำหนักใบ น้ำหนักลำต้น และน้ำหนักลำต้นต่อน้ำหนักต้น ก่อนบังคับผล ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีน้ำหนักต้นอยู่ระหว่าง 2,472-2,883 กรัม และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,664 กรัม แสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโตของสับปะรดที่ปลูกทดลองมีความสม่ำเสมอ (ตารางที่ 5)

ผลการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อผลผลิตสับปะรดที่ผลเจริญเติบโตในฤดูแล้ง

จากการทดลองพบว่า การฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 3.6 % ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังบังคับผลในฤดูแล้งไม่มีผลให้น้ำหนักผล และผลผลิตสับปะรดมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยผลผลิตที่ฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระยะ 3 เดือนหลังบังคับผลมีค่าน้อยที่สุดคือ 11.3 ตันต่อไร่ ซึ่งผลผลิตจะลดลงร้อยละ 1.7 และผลผลิตที่ฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระยะ 2 เดือนหลังบังคับผล และ 2 และ 3 เดือนหลังบังคับผล มีค่ามากที่สุด คือ 12.1 ตันต่อไร่ ซึ่งผลผลิต

จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.2 เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตที่ไม่มีการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ และ น้ำหนักผลเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1,300 กรัม (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 4 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของดินในแปลงทดลองก่อนการปลูก เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของสับปะรด

สมบัติของดิน	ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์	ค่าเฉลี่ยที่เหมาะสมสำหรับการ เจริญเติบโตของสับปะรด
ความเป็นกรด-ด่าง (1:1)	3.68	5.5
อินทรีย์วัตถุ (%)	0.83	1.5
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ppm)	32	20
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)	43	60-150
แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)	9.6	25-100
แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)	6	10-50

ตารางที่ 5 น้ำหนักต้น น้ำหนักลำต้น สัดส่วนของน้ำหนักลำต้นต่อน้ำหนักต้น และน้ำหนักใบ ของ ต้นสับปะรดที่ระยะก่อนบังคับผล เมื่ออายุ 13 เดือน (งานทดลองที่ 1 ผลเจริญเติบโตใน ฤดูแล้ง)

ระยะเวลาการฉีดพ่น KCl หลังบังคับผล	น้ำหนักต้น (กรัม)	น้ำหนักลำต้น (กรัม)	น้ำหนักลำต้น/ น้ำหนักต้น	น้ำหนักใบ (กรัม)
1 เดือนหลังบังคับผล	2,625	454.3	0.172	2,170
2 เดือนหลังบังคับผล	2,743	436.1	0.161	2,307
3 เดือนหลังบังคับผล	2,883	471.3	0.163	2,412
1 และ 2 เดือนหลังบังคับผล	2,716	388.6	0.142	2,328
2 และ 3 เดือนหลังบังคับผล	2,472	378.4	0.153	2,094
ไม่ฉีดพ่น KCl หลังบังคับผล	2,542	427.9	0.169	2,114
mean	2,664	426.1	0.159	2,237
F-Test	ns	ns	ns	ns
CV (%)	8.9	20.6	18.1	9.5

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 5 %

ตารางที่ 6 ผลผลิตของสับปะรด ที่ฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 3.6 % ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังบังคับผล (งานทดลองที่ 1 ผลเจริญเติบโตในฤดูแล้ง)

ระยะเวลาการฉีดพ่น KCl หลังบังคับผล	น้ำหนักผล	ผลผลิต
	(กรัม)	(ตันต่อไร่)
1 เดือนหลังบังคับผล	1,316	11.9
2 เดือนหลังบังคับผล	1,344	12.1
3 เดือนหลังบังคับผล	1,250	11.3
1 และ 2 เดือนหลังบังคับผล	1,278	11.5
2 และ 3 เดือนหลังบังคับผล	1,341	12.1
ไม่ฉีดพ่น KCl หลังบังคับผล	1,270	11.5
mean	1,300	11.7
F-Test	ns	ns
CV (%)	7.0	7.1

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 5 %

ผลการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อองค์ประกอบของผลผลิตสับปะรดที่ผลเจริญเติบโตในฤดูแล้ง

จากการทดลองพบว่า การฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 3.6 % ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังบังคับผลในฤดูแล้งไม่มีผลต่อองค์ประกอบของผลผลิตสับปะรด เช่น น้ำหนักลูก ความกว้างผล ความยาวผล ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยน้ำหนักลูกของผลสับปะรด มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 171.7 กรัม ความกว้างของผลสับปะรด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.1 เซนติเมตร และความยาวของผลสับปะรดมีค่าเฉลี่ย 16.6 เซนติเมตร จึงกล่าวได้ว่าระยะเวลาการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ ไม่มีผลต่อองค์ประกอบของผลผลิตสับปะรด (ตารางที่ 7)

ผลการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพผลสับปะรดที่ผลเจริญเติบโตในฤดูแล้ง

ผลการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระยะเวลากันต่อคุณภาพผลสับปะรด เช่น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total Soluble Solid, TSS) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable

Acid, TA) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของผลสับปะรดมีค่าอยู่ในช่วง 15.9-17.5 % และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.9 % ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้จากผลสับปะรดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.33-0.36 % และมีค่าเฉลี่ย 0.34 % สำหรับ pH ของผลสับปะรดนั้น พบว่าการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระยะต่างๆ มีผลต่อ pH ของผลสับปะรด กล่าวคือ ผลสับปะรดที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์หลังบังคับผลมี pH สูงที่สุดคือ 3.8 ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 7 องค์ประกอบผลผลิตของสับปะรด ที่ฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 3.6 % ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังบังคับผล (งานทดลองที่ 1 ผลเจริญเติบโตในฤดูแล้ง)

ระยะเวลาการฉีดพ่น KCl หลังบังคับผล	น้ำหนักลูก (กรัม)	ความกว้างผล (เซนติเมตร)	ความยาวผล (เซนติเมตร)
1 เดือนหลังบังคับผล	176.2	12.1	16.4
2 เดือนหลังบังคับผล	177.5	12.2	16.6
3 เดือนหลังบังคับผล	169.4	12.1	16.7
1 และ 2 เดือนหลังบังคับผล	160.8	11.9	16.6
2 และ 3 เดือนหลังบังคับผล	176.0	12.3	17.1
ไม่ฉีดพ่น KCl หลังบังคับผล	170.6	12.3	16.3
mean	171.7	12.1	16.6
F-Test	ns	ns	ns
CV (%)	12.9	4.6	3.3

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 5 %

ตารางที่ 8 ผลของการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 3.6 % ที่ระยะเวลาต่างๆ
หลังบังคับผล ต่อคุณภาพผลผลิตสับปะรด (งานทดลองที่ 1 ผลเจริญเติบโตในฤดูแล้ง)

ระยะเวลาการฉีดพ่น KCl หลังบังคับผล	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้	
	(TSS) pH (%)	(TA) (%)	
1 เดือนหลังบังคับผล	17.2	3.7	0.36
2 เดือนหลังบังคับผล	17.5	3.6	0.35
3 เดือนหลังบังคับผล	16.9	3.6	0.33
1 และ 2 เดือนหลังบังคับผล	17.2	3.6	0.33
2 และ 3 เดือนหลังบังคับผล	16.8	3.6	0.33
ไม่ฉีดพ่น KCl หลังบังคับผล	15.9	3.8	0.33
mean	16.9	3.6	0.34
F-Test	ns	**	ns
5% LSD	0.98	0.12	0.47
CV (%)	3.8	3.3	9.2

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 5 %

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ 5 %

ผลการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณไนเตรทของน้ำคั้นสับปะรดที่ผลเจริญเติบโตในฤดูแล้ง

ผลของการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ ที่ระยะเวลาต่างๆ ต่อปริมาณไนเตรท พบว่าการไม่ฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์หลังบังคับผล มีผลทำให้ปริมาณไนเตรทในเนื้อสับปะรดมีค่าต่ำสุดคือ 4.9 ppm เปรียบเทียบกับปริมาณไนเตรทในเนื้อสับปะรด ที่ได้รับการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระยะต่างๆหลังบังคับผล พบว่ามีค่าไนเตรทอยู่ในช่วง 6.7 – 6.9 ppm ซึ่งมีระดับสูงกว่าการไม่ฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ หลังบังคับผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ผลของการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 3.6 % ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังบังคับผล ต่อปริมาณไนโตรเจนในผลสับปะรด (งานทดลองที่ 1 ผลเจริญเติบโตในฤดูแล้ง)

ระยะเวลาการฉีดพ่น KCl หลังบังคับผล	ปริมาณไนโตรเจน (ppm)
1 เดือนหลังบังคับผล	8.3
2 เดือนหลังบังคับผล	6.9
3 เดือนหลังบังคับผล	6.7
1 และ 2 เดือนหลังบังคับผล	6.9
2 และ 3 เดือนหลังบังคับผล	6.8
ไม่ฉีดพ่น KCl หลังบังคับผล	4.9
mean	6.7
F-Test	**
5 % LSD	1.25
CV (%)	12.3

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 5 %

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ 5 %

น้ำหนักต้นที่ระยะก่อนบังคับผลสับปะรดในฤดูฝน

ผลการศึกษาพบว่าที่อายุ 13 เดือนหลังปลูก สับปะรดในแต่ละสิ่งทดลองมีน้ำหนักต้น น้ำหนักใบ น้ำหนักลำต้น และสัดส่วนน้ำหนักต้นต่อน้ำหนักลำต้น ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีน้ำหนักต้นอยู่ระหว่าง 2,323-2,605 กรัม และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,459 กรัม (ตารางที่ 10) แสดงว่าการเจริญเติบโตของสับปะรดที่ปลูกทดลองมีความสม่ำเสมอ

ผลการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อผลผลิตสับปะรดที่ผลเจริญเติบโตในฤดูฝน

จากการทดลอง พบว่าการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 3.6 % ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังบังคับผลในฤดูฝนไม่มีผลให้น้ำหนักผล และผลผลิตสับปะรดมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยผลผลิตที่ฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระยะ 2 เดือนหลังบังคับผลมีค่าน้อยที่สุดคือ 8.3 ตันต่อไร่ ซึ่งผลผลิตจะลดลงร้อยละ 6.7 และผลผลิตที่ฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระยะ 1 และ 2 เดือนหลังบังคับผล มีค่ามากที่สุด คือ 9.7 ตันต่อไร่ ซึ่งผลผลิตจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.9 เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตที่ไม่มีการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ และน้ำหนักผลเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1,001 กรัม (ตารางที่ 11)

ผลการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อองค์ประกอบของผลผลิตสับปะรดที่ผลเจริญเติบโตในฤดูฝน

จากการทดลอง พบว่าการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 3.6 % ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังบังคับผลในฤดูฝนไม่มีผลต่อองค์ประกอบของผลผลิตสับปะรด เช่น น้ำหนักจากความกว้างผล ความยาวผล ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยน้ำหนักของผลสับปะรดมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 169.6 กรัม ความกว้างของผลสับปะรด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.1 เซนติเมตร และความยาวของผลสับปะรดมีค่าเฉลี่ย 14.7 เซนติเมตร จึงกล่าวได้ว่า ระยะเวลาการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ ไม่มีผลต่อองค์ประกอบของผลผลิตสับปะรด (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 10 น้ำหนักต้น น้ำหนักลำต้น สัดส่วนของน้ำหนักลำต้นต่อน้ำหนักต้น และน้ำหนักใบ
ของต้นสับปะรดที่ ระยะก่อนบังคับผล เมื่ออายุ 13 เดือน(งานทดลองที่ 2 ผล
เจริญเติบโตในฤดูฝน)

ระยะเวลาการฉีดพ่น KCl หลังบังคับผล	น้ำหนักต้น (กรัม)	น้ำหนักลำต้น (กรัม)	น้ำหนักลำต้น/ น้ำหนักต้น	น้ำหนักใบ (กรัม)
1 เดือนหลังบังคับผล	2,323	421.7	0.182	1,901
2 เดือนหลังบังคับผล	2,325	398.3	0.171	1,926
3 เดือนหลังบังคับผล	2,443	421.7	0.173	2,021
1 และ 2 เดือนหลังบังคับผล	2,605	396.7	0.152	2,208
2 และ 3 เดือนหลังบังคับผล	2,576	421.7	0.163	2,155
ไม่ฉีดพ่น KCl หลังบังคับผล	2,483	418.3	0.169	2,065
mean	2,459	413.1	0.168	2,046
F-Test	ns	ns	ns	ns
CV (%)	9.0	19.9	17.2	9.4

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 5 %

ตารางที่ 11 ผลผลิตของสับปะรด ที่ฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 3.6 % ที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลังบังคับผล (งานทดลองที่ 2 ผลเจริญเติบโตในฤดูฝน)

ระยะเวลาการฉีดพ่น KCl หลังบังคับผล	น้ำหนักผล (กรัม)	ผลผลิต (ตันต่อไร่)
1 เดือนหลังบังคับผล	988	8.9
2 เดือนหลังบังคับผล	914	8.3
3 เดือนหลังบังคับผล	983	8.9
1 และ 2 เดือนหลังบังคับผล	1,074	9.7
2 และ 3 เดือนหลังบังคับผล	1,061	9.6
ไม่ฉีดพ่น KCl หลังบังคับผล	989	8.9
mean	1,001	9.0
F-Test	ns	ns
CV (%)	19	19.1

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 5 %

ตารางที่ 12 องค์ประกอบผลผลิตของสับปะรด ที่ฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 3.6 %
ที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลังบังคับผล (งานทดลองที่ 2 ผลเจริญเติบโตในฤดูฝน)

ระยะเวลาการฉีดพ่น KCl หลังบังคับผล	น้ำหนักลูก (กรัม)	ความกว้างผล (เซนติเมตร)	ความยาวผล (เซนติเมตร)
1 เดือนหลังบังคับผล	173.8	11.9	14.4
2 เดือนหลังบังคับผล	157.6	11.9	14.4
3 เดือนหลังบังคับผล	143.1	11.9	15.6
1 และ 2 เดือนหลังบังคับผล	175.3	11.9	14.4
2 และ 3 เดือนหลังบังคับผล	187.3	11.3	13.8
ไม่ฉีดพ่น KCl หลังบังคับผล	180.7	13.8	15.6
mean	169.6	12.1	14.7
F-Test	ns	ns	ns
CV (%)	15.7	12.7	10.7

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 5 %

ผลการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพผลสับปะรดที่ผลเจริญเติบโตในฤดูฝน

ผลการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระยะเวลากันต่อคุณภาพผลสับปะรด เช่น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total Soluble Solid, TSS) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acid, TA) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของผลสับปะรดมีค่าอยู่ในช่วง 12.3-14.1 % และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.9 % pH มีค่าอยู่ในช่วง 2.1-2.3 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.2 และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้จากผลสับปะรดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.44-0.53 % และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.48 % จึงกล่าวได้ว่าระยะเวลาการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ ไม่มีผลต่อคุณภาพผลสับปะรด (ตารางที่ 13)

ผลการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณไนเตรทของน้ำคั้นสับประรดที่ผลเจริญเติบโตในฤดูฝน

ผลของการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ ที่ระยะเวลาต่างๆ ต่อปริมาณไนเตรท ปรากฏว่า การฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ในสิ่งทดลองต่างๆ มีผลกระทบต่อปริมาณไนเตรทในผลสับประรด กล่าวคือ การให้โพแทสเซียมคลอไรด์สองครั้งที่ระยะเวลา 1 และ 2 เดือนหลังบังคับผล มีผลทำให้ปริมาณไนเตรทในเนื้อสับประรดมีค่าต่ำสุดคือ 13.7 ppm ซึ่งใกล้เคียงกับการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์หนึ่งครั้งที่ระยะเวลา 3 เดือน หลังบังคับผล แต่เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไนเตรทในเนื้อสับประรดที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์เลย พบว่ามีค่าไนเตรทสูงที่สุดคือ 215.0 ppm ซึ่งมีค่าต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 13 ผลของการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 3.6 % ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังบังคับผล ต่อคุณภาพผลผลิตสับประรด (งานทดลองที่ 2 ผลเจริญเติบโตในฤดูฝน)

ระยะเวลาการฉีดพ่น KCl หลังบังคับผล	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้	
	(TSS) pH	(TA)	
	(%)	(%)	
1 เดือนหลังบังคับผล	12.8	2.3	0.44
2 เดือนหลังบังคับผล	14.1	2.2	0.46
3 เดือนหลังบังคับผล	12.9	2.1	0.53
1 และ 2 เดือนหลังบังคับผล	12.3	2.2	0.46
2 และ 3 เดือนหลังบังคับผล	12.6	2.1	0.50
ไม่ฉีดพ่น KCl หลังบังคับผล	12.8	2.1	0.47
mean	12.9	2.2	0.48
F-Test	ns	ns	ns
CV (%)	6.0	4.9	12.6

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 5 %

ตารางที่ 14 ผลของการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 3.6 % ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังบังคับผล ต่อปริมาณไนโตรเจนในผลสับปะรด (งานทดลองที่ 2 ผลเจริญเติบโตใน ฤดูฝน)

ระยะเวลาการฉีดพ่น KCl หลังบังคับผล	ปริมาณไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
1 เดือนหลังบังคับผล	24.5
2 เดือนหลังบังคับผล	44.1
3 เดือนหลังบังคับผล	15.0
1 และ 2 เดือนหลังบังคับผล	13.7
2 และ 3 เดือนหลังบังคับผล	22.2
ไม่ฉีดพ่น KCl หลังบังคับผล	215.0
mean	55.7
F-Test	**
5 % LSD	18.5
CV (%)	18.2

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ 5 %

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 5 %

วิจารณ์

ผลการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตสับปะรดในฤดูแล้ง และฤดูฝน

จากการทดลอง พบว่าผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของสับปะรดที่ปลูกในฤดูแล้ง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4 มีค่า 11.7 ตันต่อไร่ และสับปะรดที่ปลูกในฤดูฝน แสดงไว้ในตารางที่ 9 มีค่า 9 ตันต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยของประเทศ ซึ่งอยู่ประมาณ 4.1 ตันต่อไร่ โดยการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระยะต่างๆ หลังบังคับปลูกทั้งในฤดูแล้ง และฤดูฝน ไม่ทำให้น้ำหนักสับปะรดหรือผลผลิตต่อไร่แตกต่างกันแต่อย่างใด ซึ่งทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ประการแรก สับปะรดที่ใช้ในงานทดลอง ได้รับปุ๋ยอย่างเพียงพอต่อการเจริญเติบโต โดยได้รับปุ๋ย และการดูแลรักษาอื่นๆ ตามคำแนะนำเกษตรกรที่เหมาะสมสำหรับสับปะรด (กรมวิชาการเกษตร, 2545) ทั้งธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ด้วยเหตุนี้องค์ประกอบผลผลิตต่างๆ เช่น ความกว้างผล ความยาวผล และน้ำหนักลูก จึงไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับรายงานของ โกศล (2533) และ Chongpraditnun *et al.* (2000) ที่พบว่า การให้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์แก่สับปะรด ทำให้ผลผลิตของสับปะรดมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ผลการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพผลสับปะรดในฤดูแล้ง และฤดูฝน

ผลของการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ ในระยะเวลาต่างๆ หลังบังคับปลูกสับปะรด ได้แสดงไว้ในตารางที่ 7 และตารางที่ 12 จากผลการทดลองปรากฏว่า สับปะรดที่ผลเจริญเติบโตในฤดูแล้ง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total Soluble Solid, TSS) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acid, TA) จากการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระยะต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่า pH พบว่าการไม่ฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์หลังบังคับปลูกจะมีค่า pH สูงสุด ซึ่งอาจเป็นเพราะ คลอไรด์ไปมีผลทำให้ค่า pH ต่ำลง และสับปะรดที่ผลเจริญเติบโตในฤดูฝน พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ จากการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระยะต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ โพแทสเซียม และคลอไรด์ ไม่มีผลเกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างกรด และน้ำตาล และเมื่อผลสับปะรดมีการสุกมากขึ้นจะสังเกตเห็นว่า ค่า pH จะเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้จะลดลง

ผลการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณไนเตรทของน้ำคั้นสับปะรดในฤดูแล้ง และฤดูฝน

ผลของการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ ในระยะเวลาต่างๆ หลังบังคับผลสับปะรด ได้แสดงไว้ในตารางที่ 8 และตารางที่ 13 จากผลการทดลองปรากฏว่า ในฤดูแล้งการไม่ฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์เลยหลังบังคับผล จะมีปริมาณไนเตรทสะสมในผลสับปะรดน้อยที่สุด ซึ่งอาจเป็นเพราะ การฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ ต้องมีการเติมปุ๋ยยูเรียความเข้มข้น 1.5 % เข้าไปด้วย จึงไปมีผลทำให้สับปะรดที่ได้รับการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ และปุ๋ยยูเรีย ที่ระยะต่างๆ หลังบังคับผลมีปริมาณไนเตรทสูงกว่า ต้นสับปะรดที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ และปุ๋ยยูเรีย และในฤดูแล้งทุกสิ่งทดลองมีปริมาณไนเตรทต่ำมาก เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน คือ 25 ppm ดังนั้น การฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ในฤดูแล้งจึงไม่ส่งผลต่อปริมาณไนเตรทในผลสับปะรดที่ส่งเข้าโรงงาน ส่วนในฤดูฝนพบว่า การฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ ที่ระยะเวลา 1 และ 2 เดือนหลังบังคับผล มีผลทำให้ปริมาณไนเตรทในเนื้อสับปะรดมีค่าต่ำสุดคือ 13.7 ppm ซึ่งใกล้เคียงกับการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระยะเวลา 3 เดือน หลังบังคับผล ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่อย่างใด สาเหตุที่เป็นเช่นนั้นเพราะ ระยะเวลาพัฒนาของดอกสับปะรดในช่วง 3 เดือนหลังบังคับผล ดอกสับปะรดพัฒนาเป็นผลโดยสมบูรณ์แล้ว และสอดคล้องกับรายงานของสุทธฤดี และคณะ (2542) ซึ่งมีการแนะนำให้ฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 3.6 % ที่ระยะเวลา 3 เดือน หลังบังคับผล เพราะจะทำให้สีของเนื้อดีขึ้น มีปริมาณน้ำตาลในผลสูง มีปริมาณกรดในผลสูง การเกิดโรคแคงมีแวนวโน้มลดลง และลดปัญหาการมีปริมาณไนเตรทในผลสับปะรดสูงเกินมาตรฐานที่โรงงานตั้งไว้

การฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ ส่งผลทำให้ไนเตรทที่สะสมในผลสับปะรดมีปริมาณลดลงนั้น สาเหตุเนื่องมาจากเมื่อพืชได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ รากพืชจะสามารถดูดน้ำ และธาตุอาหารต่างๆ ได้น้อยลง ทำให้ไปขัดขวางการเคลื่อนที่ของไนเตรทที่จะเคลื่อนที่ไปสู่ผล จึงทำให้ไนเตรทที่สะสมในผลมีปริมาณลดลง (Lips, 1999)

ในฤดูฝนปริมาณไนเตรทที่สะสมในผลสับปะรดมีปริมาณมากกว่า ในฤดูแล้ง ทั้งนี้เป็นเพราะในฤดูฝนต้นสับปะรดสามารถดูดไนเตรทจากดินที่มีอยู่ตามธรรมชาติ หรือจากปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใส่ไว้ ฉะนั้นระยะเวลาการเก็บเกี่ยว จึงมีผลต่อปริมาณไนเตรทที่สะสมในสับปะรด ทำให้มีระยะเวลาในการย่อยสลายไนเตรทน้อย ไนเตรทจึงตกค้างมากกว่าในฤดูแล้ง (เดช, 2536) และอาจเป็นเพราะอิทธิพลของแสงแดด เพราะแสงจะชักนำให้มีการปลดปล่อยไนเตรทจาก

vacuole เข้าไปในแหล่งที่มีเมตาบอลิซึม เรียกว่า metabolic pool และไนเตรทใน metabolic pool เท่านั้นที่จะชักนำให้มีการสร้าง เอนไซม์ไนเตรทรีดักเทส ขึ้นมาใหม่เพื่อเตรียมพร้อมให้ดำเนินกิจกรรมได้ทันทีที่พืชมีการดูดกินไนเตรทจากดิน จึงมีผลให้ผลสับปะรดที่เจริญเติบโตในฤดูแล้ง มีปริมาณไนเตรทในผลต่ำกว่า ผลสับปะรดที่เจริญเติบโตในฤดูฝน (ยงยุทธ, 2543)

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาระยะเวลาการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 3.6 % อัตรา 450 ลิตรต่อไร่ หลังการบังคับผล โดยที่ผลสับปะรดเจริญเติบโตในฤดูแล้ง และฤดูฝน ต่อปริมาณไนเตรท คุณภาพผล และผลผลิตของสับปะรดสรุปได้ดังนี้

1. การปลูกสับปะรดที่มีระยะการเจริญเติบโตของผลสับปะรดในฤดูแล้งจะพบปัญหาการมีไนเตรทตกค้างในผลน้อยกว่าการปลูกสับปะรดที่มีระยะการเจริญเติบโตของผลสับปะรดในฤดูฝน
2. จากการทดลอง พบว่าการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้น 3.6 % ที่ระยะเวลา 1 และ 2 เดือนหลังบังคับผลในฤดูฝนสามารถลดปริมาณไนเตรทในผลสับปะรดได้มากที่สุด แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ ที่ระยะเวลา 3 เดือนหลังบังคับผล ซึ่งในทางปฏิบัติการฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระยะเวลา 3 เดือนหลังบังคับผลครั้งเดียวจะสิ้นเปลืองเวลา และค่าใช้จ่ายต่ำกว่า
3. การฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลังบังคับผล ทั้งในฤดูฝน และฤดูแล้งไม่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ต่อน้ำหนักผลผลิตเฉลี่ย ผลผลิต ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) ค่าความเป็นกรดค่า (pH) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ของสับปะรด

ข้อเสนอแนะ

1. จากการทดลองนี้พบว่า ต้นสับปะรดที่มีการเจริญเติบโตหลังบังคับผล ในฤดูฝน จะมีปริมาณไนเตรทตกค้างในผลสับปะรดสูงกว่าต้นสับปะรดที่มีการเจริญเติบโตหลังบังคับผลในฤดูแล้ง ดังนั้นต้นสับปะรดที่มีการเจริญเติบโตหลังบังคับผลในฤดูฝนจึงควรหลีกเลี่ยงการใส่ปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของธาตุไนโตรเจนหลังการบังคับผล เพื่อลดปัญหาการตกค้างของไนเตรทในผลสับปะรด

2. การฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้น 3.6 % ที่ระยะเวลา 3 เดือน หลังบังคับ
ผล ทำให้ลดปริมาณไนเตรทในผลสับปะรดได้มากแล้ว ยังทำให้สิ้นเปลืองแรงงานน้อยที่สุดด้วย
และยังมีแนวโน้มเพิ่มปริมาณกรดในผลสับปะรด โดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตของสับปะรด

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2545. เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับสับปะรด. กรมวิชาการเกษตร
กระทรวงเกษตร และสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กระทรวงสาธารณสุข. 2546. วัตถุเจือปนอาหาร. กระทรวงสาธารณสุข. แหล่งที่มา:
[http://elib.fda.moph.go.th/elib/cgi-bin/opacexe.exe?op=dsp&cat=sub&lang=1&db=Jindex
&pat=&cat=sub&skin=u&lpp=20&catop=&scid=zzz&bid=33990](http://elib.fda.moph.go.th/elib/cgi-bin/opacexe.exe?op=dsp&cat=sub&lang=1&db=Jindex&pat=&cat=sub&skin=u&lpp=20&catop=&scid=zzz&bid=33990), 1 ตุลาคม 2551.

โกศล เทพช่วย. 2533. ผลของรูปปุ๋ยโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพผลผลิต
ของสับปะรด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.

จารุพันธุ์ ทองแถม, ม.ล. 2526. สับปะรดและอุตสาหกรรมสับปะรดในประเทศไทย. อักษรพิทยา,
กรุงเทพฯ.

จินดารัฐ วีระวุฒิ. 2541. สับปะรดและสรีระวิทยาการเจริญเติบโตของสับปะรด.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เดช อยู่ชา. 2536. สารไนเตรตตกค้างในสับปะรด, น. 11-15. ใน จิตร ภูมิทรัพย์,
จิตศักดิ์ ไชยพาน และเดช อยู่ชา. หนังสือความรู้ การปลูกสับปะรด เนื่องในโอกาส
นิทรรศการสับปะรดไทย ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ.

นิกร บรรดิษฐ์. 2530. อิทธิพลของน้ำหนักและอายุต้นที่ระยะเร่งดอกต่อขนาด คุณภาพ ผล และ
ลักษณะบางประการของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประกาศรี จงประดิษฐ์นันท์. 2539. ความเป็นไปได้ที่ธาตุอาหารเสริมจะช่วยลดปริมาณไนเตรทใน
ผลสับปะรด, น. 64-72. ใน รายงานการสัมมนาวิชาการสับปะรดครั้งที่2. เพชรบุรี.

ประเจิด สิ้นทรัพย์. 2525. ปัญหาการผลิตและการตลาดสับปะรดกระป๋องของไทย. สถาบันวิจัย
สังคม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ขงยุทธ โอสดสภา. 2524. การให้ปุ๋ยทางใบ. โครงการวิจัยและแนะนำเทคโนโลยีของดินและปุ๋ย
ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2543. ธาตุอาหารพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วรรณกรณ์ รุ่งรัตนกลิน. 2529. ผลของฟอสฟอรัสและการคลุมเชื้อไรโซเบียมต่อการเจริญเติบโต
และการตรึงไนโตรเจนของถั่วฮามาต้าและเซนโตรชีมาที่ปลูกบนดินชุดกำแพงแสน
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิจารณ์ วิชชุกิจ. 2549. ธาตุอาหารพืชไร่. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2535. ธาตุอาหารไม้ผลเศรษฐกิจบางชนิด. สำนักงาน
คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. แปลจาก N.F. Childers, ed. **Fruit Nutrition
Horticulture Publication Rutgers.** The Iowa State University Press, Ames, Iowa.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2550. ปริมาณและมูลค่าการส่งออกสับปะรดกระป๋องรายเดือน.
สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. แหล่งที่มา
<http://www.oae.go.th/statistic/export/1301PI.xls>, 21 กันยายน 2551.

สำนักพัฒนาอตุณิยมวิทยา. 2551. กรมอตุณิยมวิทยา. กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและ
การสื่อสาร, กรุงเทพฯ.

สุดฤดี ประเทืองวงศ์, นิพนธ์ วิสารทานนท์, อภิพรรณ พุกภักดี, กวิศร์ วานิชกุล,
พัฒนา สุขประเสริฐ, สมาน ศิริภัทร, ปราณี อัมเมอลิ่งค์, ธงชัย มาลา,
รวิวรรณ ลีลิตชัยกุล และรณภพ บรรเจิดเชิดชู. 2542. เทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตและ
คุณภาพสับปะรดในสวนยางพารา. โครงการเพื่อบรรเทาผลกระทบทางสังคมจาก
วิกฤติการณ์เศรษฐกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Abel, G. H. and A. J. McKenzie. 1964. Salt tolerance of soybean varieties (*Glycine max* L. Merrill) during germination and Later growth. **Crop Sci.** 4: 157-161.

Antonio, G. S., C. T. Luiz, B. Neide and F. Luis. 2005. Reduction of internal browning of pineapple fruit (*Ananas comusus* L.) by preharvest soil application of potassium. **Postharvest Biology and Technology.** 35(2): 201-207.

Ashraf, M. and S. Ahmad. 2000. Influence of sodium chloride on ion accumulation, yield component and fibre characteristics in salt-tolerant and salt-sensitive lines of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Field Crops Res.** 66: 115-127.

Bartholomew, D. P., R. E. Paull and K. G. Rohrbach. 2003. **The Pineapple Botany Production and Uses.** CABI Publishing, New york.

Batra, L. and S. K. Ghai. 1988. Performance of different forage legume Rhizobium symbiotic systems under saline condition. **Indian J. Agr. Sci.** 58(5): 350-353.

Beevers, L. and R. H. Hageman. 1983. Uptake and reduction of nitrate: Bacteria and higher plants, pp. 351-357. In A. Lauchli and R.L. Bielecki, eds. **Encyclopedia of Plant Physiology.** New Series V 15. Springer-Verlag, Berlin.

Bernstein, L. 1962. Salt-affected soil and plants. **Arid Zone Res.** 18: 139-174.

- Blake, L., S. Mercik, M. Koerschens, K. W. T. Goulding, S. Stempen, A. Weigel, P. R. Poulton and D. S. Powlson. 1999. Potassium content in soil, uptake in plant and the potassium balance in three European long-term field experiments. **Plant and Soil**. 216: 1-14.
- Bonner, J. and J. E. Varner. 1965. **Plant Biochemistry**. Academic Press, New York.
- Botella, M. A., V. Martnez, M. Nieves and A. Cerda. 1997. Effect of salinity on the growth and nitrogen uptake by wheath seedling. **J. plant Nutr.** 20(6): 793-804.
- Buchanan, B. B., W. Gruissem and R. L. Jones. 2000. **Biochemistry and Molecular Biology of Plants**. Courier Companies, Inc., USA.
- Chairidchai, P. 2000. The relationships between nitrate and molybdenum contents in pineapple grown on an inceptisol soil, pp.211-216. *In* S. Subhadrabandhu and P. Chairidchai, eds. **The Third International Pineapple Symposium**, ISHS, Netherlands.
- Chamel, A. 1979. Some aspects of the foliar feeding of plants. **Plant and Soil**. 52: 515-525.
- Chan, Y. K., G. Coppens, D. Eeckenbrugge and G. M. Sanewski. 2003. Breeding and Variety Improvement, pp. 33-56. *In* D. P. Bartholomew, R. E. Paull and K. G. Rohrbach, eds. **The Pineapple Botany, Production and Uses**. **CABI Publishing**, New york.
- Chatt, J. 1979. Problems of nitrogen reduction and its prospects, pp. 17-26. *In* E. J. Hewitt and C.V. Cutting, eds. **Nitrogen Assimilation in Plants**. Academic Press, New York.
- Chisholm, R. H. and G. J. Blair. 1981. Phosphorus uptake and dry weight of stylo and white clover as affected by chlorine. **Agron. J.** 73: 767-771.

- Chongpraditnun, P. 2000. Effect of fertilizers on the content of nitrate in pineapple fruit, pp. 217-220. *In* S. Subhadrabandhu and P. Chairidchai, eds. **The Third International Pineapple Symposium**, ISHS, Netherlands.
- Cordovilla, M. P., A. Ocana, F. Ligerio and C. Liuch. 1995. Salinity effects at growth analysis and nutrient composition in four grain legumes-Rhizobium symbiosis. **J. Plant Nutr.** 18(8): 1595-1609.
- Cram, W. J. 1973. Internal factors regulating nitrate and chloride influx in plant cells. **J. Exp. Bot.** 24: 328-341.
- Farrow, R. P., J. H. Johnson, W. A. Gould and J. E. Charbonneau. 1971. Detinning in canned tomatoes caused by accumulation of nitrate in the fruit. **J. Food Sci.** 36: 341-345.
- Garcia-Sanchez, F., J. L. Jifon, M. Carvajal and J. P. Syvertsen. 2002. Gas exchange, chlorophyll and nutrient contents in relation to Na^+ and Cl^- accumulation in 'Sunburst' mandarin grafted on different rootstocks. **Plant Sci.** 162(5): 705-712.
- Hewitt, E. T., D. P. Hucklesby and B. A. Notton. 1976. Nitrate metabolism, pp 633-681. *In* J. Bonner and J. E. Varner, eds. **Plant Biochemistry**. Academic Press, New York.
- Jorgensen, K. R. 1969. Investigation of pineapple fertilizing methods and flower induction. **Queensland J. of Agr. And Anim. Sci.** 26: 483-493.
- Kosegarton H. U., G. H. Wilson and A. Esch. 1998. The effect of nitrate nutrition on iron chlorosis and leaf growth in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Euro.J.Agron.** 8: 283-292.
- Lacoeuille, J. J. 1984. Pineapple, pp. 569-582. *In* P.M. Prevel, J. Gagnard and P. Gautier, eds. **Plant Analysis**. Technique et Documentation-Laovisier, Paris.

- Lal, R. K. and S. N. Bhardwaj. 1984. Effect of salinity on mineral composition and ionic balance in field pea (*Pisum sativum* Linn. Var. arvensis). **Indian J. Plant Physiol.** 27(3): 351-354.
- Langdale, G. W., J. R. Thomas and T.G. Litleton. 1973. Nitrogen metabolism of Stargrass as affected by nitrogen and soil activity. **Agron. J.** 65: 468-470.
- Lea-Cox, J. D. and J. P. Syvertsen. 1993. Salinity reduces water use and nitrate-N-use efficiency of citrus. **Ann. Bot.** 72: 47-54.
- Lips, S. H. 1999. Nitrogen, stress and plant growth regulation, pp. 283-304. *In* H. S. Srivastava and R. P. Singh, eds. **Nitrogen Nutrition and Plant Growth**. Science Publishers, Inc., New Hampshire.
- Lucena, J. J. 2000. Effects of bicarbonate, nitrate and other environmental factors on iron deficiency chlorosis. A review. **J. Plant Nutr.** 23: 1591-1606.
- Luo, J., R. W. Tillman and P. R. Ball. 2000. Nitrogen loss through denitrification in soil under pasture in New Zealand. **Soil Biol. and Biochem.** 32: 497-509.
- Marschner, H. 1995. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2nd ed. Academic Press, New York.
- Martin, S., D. Saco and M. Alvarez. 1995. Nitrogen metabolism in *Nicotiana rustica* L. grown with molybdenum. II Flowering stage. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**. 26(11/12): 1733-1747.
- Mathews, B. W., J. R. Carpenter, L. C. Sollenberger and K. D. Hisashima. 2001. Macronutrient, soil organic carbon, and earthworm distribution in subtropical pasture on an Andisol with and without Long-term fertilization. **Soil Sci. Plant anal.** 32: 209-230.

- Melal, M., K. Koch and K. Mengel. 1975. Effect of salinity and potassium on the uptake of nitrogen and on nitrogen metabolism in young barley plants. **Physiol. Plant.** 35: 310-313.
- Mustafa, C., A Levent, O. B. Yavuz, S. Kamil, B. Sait and K. Muhsin. 2007. Nitrate and nitrite levels in fruity and natural mineral waters marketed in western Turkey. **Journal of Food Composition and Analysis.** 20(4): 236-240.
- Nieman, R. H. 1965. Expansion of bean leaves and its suppression by salinity. **Plant Physiol.** 40: 156-161.
- Osborne, S. L., R. R. Willian, V. J. Gordon, L. R. Jerry and A. Wadell. 1999. Burmu dagrass response to high nitrogen rates, source and season of application. **Agro. J.** 91: 438-444.
- Page, P. E. 1971. Nitrogen uptake by pineapple from urea foliage sprays. **Queensland J. of Agr. And Anim. Sci.** 28: 195-197.
- Pakrou, N and P. Dillon. 2000. Key processes of the nitrogen cycle in an irrigated and non-irrigated grazed pasture. **Plant and Soil.** 224: 231-250.
- Poonnachit, U. and R. Darnell. 2004. Effect of ammonium and nitrate on ferric chelate reductase and nitrate reductase in *Vaccinium* Species. **Annals of Botany.** 93: 399-405.
- Prins, W. H. 1983. Effect of wide range of nitrogen application on the herbage nitrate content in long-term fertilization trials on all-grass swards. **Fert.Res.** 4: 101-113.
- Qin, L., A. Syunsuke, N. Akihiro, S. Akira and K. Yoshinobu. 2006. Effects of high night temperature on Crassulacean Acid Metabolism (CAM) photosynthesis of *Kalanchoe pinnata* and *Ananus comosus*. **Plant Prod. Sci.** 9(1):10-19.

- Randall, P. J. 1969. Changes in nitrate reductase levels on restoration of molybdenum to molybdenum-deficient plants. **Australian Journal Agriculture Research**. 20: 635-642.
- Sanford, W. G. 1968. Potassium builds pineapple quality. **Better Crops with Plant Food**. 52: 12-13.
- Sardi, K. and G. Critari. 1998. Potassium fixation of different soil types and nutrient levels. **Soil Sci. Plant Anal**. 29: 1843-1850.
- Savvas, D. and F. Lenz. 2000. Effects of NaCl or nutrient-induced salinity on growth, yield and composition of eggplants grown in rockwool. **Sci. Hort**. 84: 37-47.
- Seiffert, S., J. Kaselowsky, A. Jungk and N. Claassen. 1995. Observed and calculated potassium uptake by maize as affected by soil water content and bulk density. **Agron. J**. 87: 1070-1077.
- Sideris, C. P. 1955. Effects of sea water sprays on pineapple plant. **Phytopathology**. 45: 590-594.
- Smith, B. L. 1988. Factors affecting nitrate contents of pineapple fruit for canning. **Citrus and Subtropical Fruit Journal**. 643: 12-15.
- Soil Survey Staff. 1975. **Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpretation soil survey**. Soil Conservation Service, Washington D.C.
- Srivastava, H.S. 1992. Multiple functions and forms of high plant nitrate reductase. **Phytochemistry**. Oxford : Pergamon Press. 31(89): 2941-2947.

Stiefel, E. T. 1993. Molybdenum enzymes cofactors, and chemistry : an introduction survey.
American Chemical Society. 535: 1-19.

Stout, W. L. and G. A. Jung. 1995. Biomass and nitrogen accumulation in Switchgrass: Effects of soil and environment. **Agron. J.** 87: 663-669.

Su, N. R. 1969. **Research on Fertilization of Pineapple in Taiwan and some Associated Cultural Problems.** Taipei.

Susin, S., A. Abadia. J. A. Gonzalez-Reyes, J. J. Abadia. 1996. The pH requirement for in vivo activity of the iron deficiency-induce 'turbo' ferric chelate reductase. A comparison of the iron deficiency-induce iron reductase activities of intact plants and isolated plasma membrane fractions in sugar beet. **Plant Physiol.** 110: 111-123.

Suwanarit, A., I. Suwanchatri, J. Rungchuang and V. Verasan. 2000. Residual effects of 20 annual applications of ammonium sulfate and triple superphosphate for corn on properties and productivity of Oxic Paleustults. **Kasetsart J.** 34: 41-51.

Taiz, L. and E. Zeiger. 1998. **Plant Physiology.** 2nd ed. Sinauer Associates, Inc., Massachusetts, USA.

Tannenbaum, S. R., D. Fett, V. R. Young, P. D. Lan and W. R. Bruce. 1987. Nitrite and nitrate are formed by endogenous synthesis in human intestine. **Science.** 200: 1487-1488.

Toulon, V., H. Sentenac, J. B. Thibaud, C. Davidian, C. Moulineau and C. Grignon. 1992. Role of apoplast acidification by the H⁺ pump. Effect on the sensitivity to pH and CO₂ of iron reductase. **Planta.** 186: 212-218.

Unlu, K., G. Ozenirler and C. Yurteri. 1999. Nitrogen fertilizer leaching from cropped and irrigated sandy soil in Central Turkey. **European J. soil Sci.** 50:609-620.

Yanai, J., D. Robinson, I. M. Yong, K. Kyuma and T. Kosaki. 1998. Effects of the chemical form of inorganic nitrogen fertilizers on the dynamics of the soil solution composition and on nutrient uptake by wheat. **Plant and Soil**. 202: 263-270.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 แสดงการส่งออกสับปะรด และผลิตภัณฑ์สับปะรดปี 2548-2550

(ปริมาณ:ตัน, มูลค่า:ล้านบาท)

สินค้า	ปี 2548		ปี 2549		ปี 2550	
	ปริมาณ	ปริมาณ	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
1) สับปะรดสดแช่เย็น	5,165	6,772	6,772	80	2,316	40.88
2) สับปะรดสดแช่แข็ง	4,643	2,410	2,410	143	2,771	113.11
3) สับปะรดกระป๋อง	483,070	593,030	593,030	13,369	409,604	9,991.84
4) น้ำสับปะรดเข้มข้น	119,490	187,633	187,633	5,252	110,443	3,389.22
5) สับปะรดแปรรูปอื่นๆ	25,282	27,620	27,620	1,363	20,297	1,155.26
รวม	637,650	817,465	817,465	20,207	545,431	14,690.31

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2550)

ตารางผนวกที่ 2 ลักษณะประจำพันธุ์ของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย

ส่วนของสับปะรด	ลักษณะประจำพันธุ์
ใบ	มีสีเขียวเข้มผิวใบด้านบนเป็นมันเงา ขอบใบเรียบ กลางใบ มักมีสีเขียวอมน้ำตาล ปลายใบมีหนาม เล็กน้อยหรืออาจมีหนามที่ขอบใบ
ช่อดอก	มีดอกย่อยเฉลี่ยประมาณ 150 ดอก
กลีบดอก	สีม่วงอมน้ำเงิน
ผล	มีขนาด และรูปร่างแตกต่างกันออกไป ผลขนาดใหญ่มากจะมี รูปทรงโคนใหญ่ปลายใบเรียว ผลขนาดเล็กมักมีทรงกลมป้อม หรืออาจเป็นทรงกระบอก เปลือกผลมีสีเขียวปนดำ หรืออาจมีสีเหลืองอมส้มเมื่อแก่จัด ตาตื้นแบนเรียบ
เนื้อ	มีเปอร์เซ็นต์เยื่อใยสูง รสหวานอมเปรี้ยว และสีเหลืองซีดเมื่อแก่ในช่วงฤดูฝนหรือฤดูหนาว แต่จะมีเหลืองเข้มในฤดูร้อน

ที่มา: จารุพันธุ์ (2526)

ตารางผนวกที่ 3 แสดงข้อมูลรายเดือนของอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย และอุณหภูมิเฉลี่ย ที่ อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่ปี 2548-2551

ปี	เดือน	อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
2548	มกราคม	31.9	22.5	27.2
2548	กุมภาพันธ์	33.1	25.3	29.2
2548	มีนาคม	33.2	25.4	29.3
2548	เมษายน	35.1	26.9	30.9
2548	พฤษภาคม	34.8	27.2	31.0
2548	มิถุนายน	34.1	27.0	30.5
2548	กรกฎาคม	33.2	27.0	30.0
2548	สิงหาคม	33.3	26.4	29.8
2548	กันยายน	32.9	25.6	29.2
2548	ตุลาคม	33.3	25.0	29.1
2548	พฤศจิกายน	32.2	24.3	28.2
2548	ธันวาคม	30.7	22.3	26.5
2549	มกราคม	32.7	22.8	27.7
2549	กุมภาพันธ์	33.7	24.9	29.3
2549	มีนาคม	34.0	25.9	29.9
2549	เมษายน	34.4	26.4	30.4
2549	พฤษภาคม	33.7	26.2	29.9
2549	มิถุนายน	33.6	26.4	30.0
2549	กรกฎาคม	33.3	27.0	30.1
2549	สิงหาคม	32.7	26.3	29.4
2549	กันยายน	32.4	25.2	28.8
2549	ตุลาคม	33.3	25.2	29.2
2549	พฤศจิกายน	34.2	24.8	29.1
2549	ธันวาคม	32.8	22.4	27.0
2550	มกราคม	33.3	23.3	27.6

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

ปี	เดือน	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
2550	กุมภาพันธ์	32.6	23.7	27.5
2550	มีนาคม	34.5	26.5	29.8
2550	เมษายน	34.5	26.3	29.5
2550	พฤษภาคม	33.2	26.1	29.2
2550	มิถุนายน	34.0	26.5	29.7
2550	กรกฎาคม	32.6	26.0	28.8
2550	สิงหาคม	33.0	26.2	29.3
2550	กันยายน	32.4	25.2	28.8
2550	ตุลาคม	32.4	24.3	28.3
2550	พฤศจิกายน	32.3	21.6	27.0
2550	ธันวาคม	33.7	22.6	28.1
2551	มกราคม	32.9	22.8	27.2
2551	กุมภาพันธ์	32.6	24.0	27.6
2551	มีนาคม	34.2	25.6	29.2
2551	เมษายน	34.4	26.1	29.5
2551	พฤษภาคม	33.8	26.5	29.6
2551	มิถุนายน	33.8	26.2	29.5
2551	กรกฎาคม	33.0	25.8	29.1
2551	สิงหาคม	33.0	26.0	29.0

ที่มา: สำนักพัฒนาอุนิยมวิทยา (2551)

ตารางผนวกที่ 4 แสดงข้อมูลรายเดือนของปริมาณน้ำฝน และจำนวนวันที่ฝนตกที่ อำเภอบ้านบึง
จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่ปี 2548-2551

ปี	เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	จำนวนวันที่ฝนตก (วัน)
2548	มกราคม	50	4
2548	กุมภาพันธ์	0	0
2548	มีนาคม	65.4	8
2548	เมษายน	43.7	11
2548	พฤษภาคม	87	11
2548	มิถุนายน	152.9	13
2548	กรกฎาคม	76.2	12
2548	สิงหาคม	94.1	12
2548	กันยายน	324.2	21
2548	ตุลาคม	136.1	17
2548	พฤศจิกายน	167.7	10
2548	ธันวาคม	7.4	4
2549	มกราคม	0	0
2549	กุมภาพันธ์	81.5	4
2549	มีนาคม	34.4	6
2549	เมษายน	126.6	10
2549	พฤษภาคม	205.6	17
2549	มิถุนายน	87.3	19
2549	กรกฎาคม	106.3	10
2549	สิงหาคม	136.5	12
2549	กันยายน	217.2	23
2549	ตุลาคม	301.6	16
2549	พฤศจิกายน	20.9	3
2549	ธันวาคม	0	0
2550	มกราคม	2.8	1

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

ปี	เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	จำนวนวันที่ฝนตก (วัน)
2550	กุมภาพันธ์	0.3	1
2550	มีนาคม	14.8	4
2550	เมษายน	234.1	14
2550	พฤษภาคม	238.6	17
2550	มิถุนายน	216.1	19
2550	กรกฎาคม	220.7	14
2550	สิงหาคม	51.9	19
2550	กันยายน	189	20
2550	ตุลาคม	81.1	13
2550	พฤศจิกายน	4.9	4
2550	ธันวาคม	0	0
2551	มกราคม	0	0
2551	กุมภาพันธ์	34.3	5
2551	มีนาคม	15.2	2
2551	เมษายน	144.9	12
2551	พฤษภาคม	66.2	10
2551	มิถุนายน	70.3	13
2551	กรกฎาคม	217	16
2551	สิงหาคม	178.4	21

ที่มา: สำนักพัฒนาอุทกนิคมวิทยา (2551)

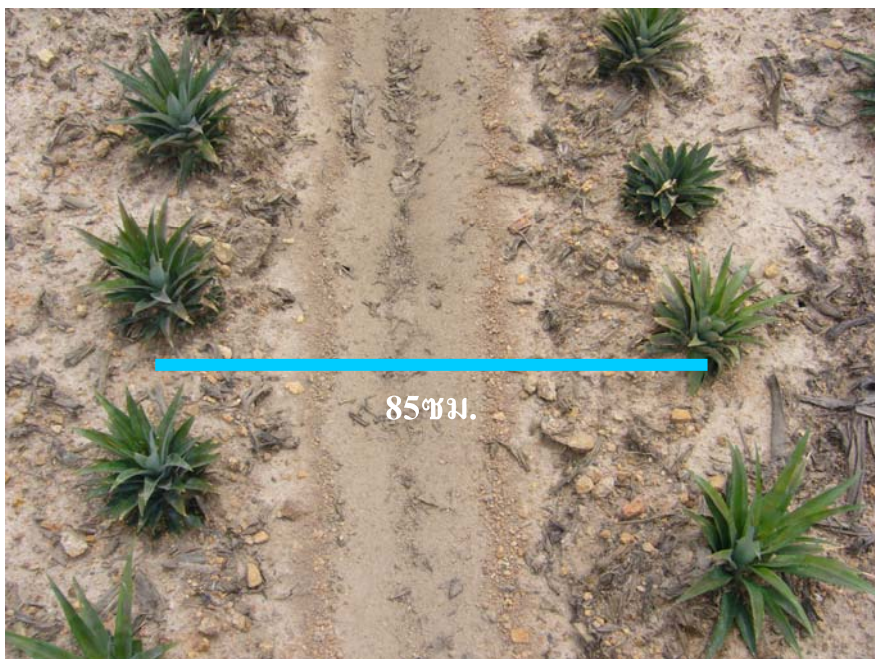
ตารางผนวกที่ 5 แสดงข้อมูลรายเดือนของความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ย และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเฉลี่ยที่ อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่ปี 2548-2551

ปี	เดือน	ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ย	ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเฉลี่ย
		(%)	(%)
2548	มกราคม	35.5	18.5
2548	กุมภาพันธ์	35.2	23.7
2548	มีนาคม	36.1	18.8
2548	เมษายน	36.6	24.0
2548	พฤษภาคม	36.9	24.7
2548	มิถุนายน	35.5	25.0
2548	กรกฎาคม	35.2	24.3
2548	สิงหาคม	35.3	23.8
2548	กันยายน	34.1	23.7
2548	ตุลาคม	35.1	22.3
2548	พฤศจิกายน	35.2	19.8
2548	ธันวาคม	34.9	16.9
2549	มกราคม	35.4	20.3
2549	กุมภาพันธ์	36.7	23.0
2549	มีนาคม	35.5	23.5
2549	เมษายน	36.2	23.3
2549	พฤษภาคม	36.3	23.5
2549	มิถุนายน	35.8	24.9
2549	กรกฎาคม	34.7	24.4
2549	สิงหาคม	34.9	21.6
2549	กันยายน	34.6	23.0
2549	ตุลาคม	35.2	23.8
2549	พฤศจิกายน	36.4	21.9
2549	ธันวาคม	36.5	17.5
2550	มกราคม	36.7	18.4

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

ปี	เดือน	ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ย	ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเฉลี่ย
		(%)	(%)
2550	กุมภาพันธ์	35.2	18.9
2550	มีนาคม	36.5	24.2
2550	เมษายน	36.9	24.1
2550	พฤษภาคม	35.3	24.3
2550	มิถุนายน	35.7	23.6
2550	กรกฎาคม	33.7	23.5
2550	สิงหาคม	34.7	24.3
2550	กันยายน	34.5	21.5
2550	ตุลาคม	35.4	22.3
2550	พฤศจิกายน	34.3	18.0
2550	ธันวาคม	36.0	17.5
2551	มกราคม	36.6	18.5
2551	กุมภาพันธ์	35.7	21.1
2551	มีนาคม	35.9	21.8
2551	เมษายน	36.7	23.0
2551	พฤษภาคม	35.1	23.8
2551	มิถุนายน	35.2	23.5
2551	กรกฎาคม	35.1	23.0
2551	สิงหาคม	35.1	24.7

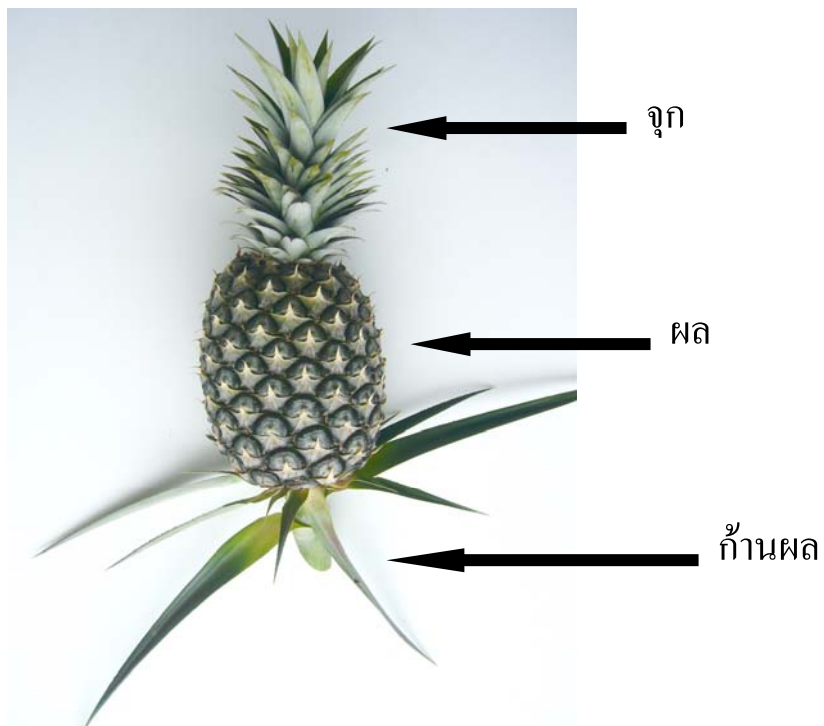
ที่มา: สำนักพัฒนาอู่ศูนย์มหาวิทยาลัย (2551)



ภาพผนวกที่ 1 แสดงระยะห่างระหว่างร่องแถวคู่



ภาพผนวกที่ 2 แสดงระยะห่างระหว่างแถวภายในร่อง และระยะห่างระหว่างต้นภายในแถว



ภาพผนวกที่ 3 แสดงผลสับปะรดพร้อมก้าน และจุก



ภาพผนวกที่ 4 แสดงต้นสับปะรด



ภาพผนวกที่ 5 แสดงลำต้นสับปะรด



ภาพผนวกที่ 6 แสดงใบสับปะรด



ภาพผนวกที่ 7 แสดงการพัฒนาของดอกสับปะรดที่อายุ 1 เดือนหลังบังคับผล



ภาพผนวกที่ 8 แสดงการพัฒนาของดอกสับปะรดที่อายุ 2 เดือนหลังบังคับผล



ภาพผนวกที่ 9 แสดงการพัฒนาของดอกสับปะรดที่อายุ 3 เดือนหลังบังคับผล



ภาพผนวกที่ 10 แสดงผลสับปะรดที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ (มีความสุก 25 %)



ภาพผนวกที่ 11 แสดงการวัดความกว้างผล



ภาพผนวกที่ 12 แสดงการวัดความยาวผล

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาววิษุพร รักสำรวจ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	29 เมษายน 2527
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (วิทยาศาสตร์เกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์