บทที่ 1 บทนำ

- ความเป็นมาของการวิจัยส้มโอ
- หลักคิดในการจัดการธาตุอาหารพืช
- การปลูกส้มโอในจังหวัดนครศรีธรรมราช
- วัตถุประสงค์ของการวิจัย
- กิจกรรมของโครงการ
- ผลที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละช่วงระยะเวลา
- แนวทาง/ขั้นตอนการดำเนินงาน
- ผลที่คาดว่าจะได้รับเมื่อการดำเนินงานเสร็จสิ้นที่เป็นรูปธรรม และตัวชี้วัดความ สำเร็จของโครงการ
- กระบวนการผลักดันผลงานดังกล่าวออกสู่การใช้ประโยชน์
- เอกสารอ้างอิง

1. ความเป็นมาของการวิจัยส้มโอ

ส้มโอเป็นพืชเมืองร้อนที่มีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สันนิฐานว่ามีผู้นำพืชชนิดนี้ไปปลูกในประเทศจีนเมื่อประมาณ 2,100-2,200 ปีมาแล้ว ปัจจุบันการปลูกส้มโอในประเทศจีนส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ทางตอนใต้ (มณฑลกวางตุ้ง กวางสี และฟูเจียน) ในปี ค.ศ. 1902 กระทรวงเกษตรของประเทศสหรัฐอเมริกาได้นำต้นพันธุ์ส้มโอจากประเทศไทยไปปลูกในเรือนกระจกที่กรุงวอชิงตัน จากนั้นขยายพันธุ์ไปปลูกในรัฐฟลอริดา แคลิฟอร์เนีย ประเทศคิวบา เปอร์โตริโก และตรินิแดด การปลูกส้มโอในสหรัฐอเมริกาไม่แพร่หลายเหมือนส้มชนิดอื่น ส่วนใหญ่ปลูกไว้เพื่อเก็บรักษาพันธุกรรมตามสถานีวิจัยของกระทรวงเกษตรและมหาวิทยาลัย ประชาชนทั่วไปมักปลูกเป็นพืชประดับในบริเวณบ้าน (Morton, 2006; Janick, 2006)

ส้มโอมีชื่อภาษาอังกฤษว่า pummelo หรือ pomelo ซึ่งเข้าใจว่ามีรากศัพท์มาจาก Pompelmoes ในภาษาดัช บางครั้งอาจเรียกส้มโอว่า shaddock ตามชื่อนักเดินเรือชาวอังกฤษ ผู้ซึ่งนำส้มโอไปปลูกในทวีปอเมริกาในปลายคริสศตวรรษที่ 17 มีชื่อในภาษาจีนว่า You (柚) และมีชื่อในภาษาญี่ปุ่นว่า Buntan (ブンタン) หรือ Zabon (ザボン) ส้มโอมีวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus maxima* Merr., *Citrus grandis* (L.)Osbeck หรือ *Citrus decumana* Murr. พืชในสกุลเดียวกับส้มโอ (สกุลส้ม : Citrus) มีหลายชนิด (Tyosabura Tanaka จำแนกได้มากกว่า 145 ชนิด ในขณะที่ Walter T. Swingle จำแนกเพียง 16 ชนิด) (Janick, 2006; Krezdorn, 2006; Porcher, 2006) ชนิดที่นิยมปลูกเพื่อการค้า ได้แก่

- Sweet oranges (*C. sinensis*) ส้มชนิดนี้มีหลายสายพันธุ์ ได้แก่ Round orange, Navel orange, Pigmented orange, และ Acid-less orange เป็นต้น ประเทศที่ปลูกส้มชนิดนี้มาก คือ อเมริกาและบราซิล ผลผลิตส่วนใหญ่ของส้มชนิดนี้มักนำไปแปรรูปเป็นน้ำผลไม้
- Mandarins (*C. reticulata*) ส้มชนิดนี้มีหลายสายพันธุ์ ได้แก่ Tangerins, Clementines, Satsumas, และ Willowleaf mandarin เป็นต้น ประเทศที่ปลูกส้มชนิดนี้มาก คือ จีน สเปน และญี่ปุ่น ส้มชนิดนี้ส่วนใหญ่จำหน่ายในรูปผลสด
- Grapefruit (*C. paradisi*) ส้มชนิดนี้มีการปลูกเพื่อการค้าไม่มาก เมื่อเทียบกับ Orange และ Mandarin ประเทศผู้ปลูกรายใหญ่คือสหรัฐอเมริกา ส้มชนิดนี้ชอบภูมิอากาศแบบร้อนชื้น
- Pummelo (*C. maxima*) ส้มชนิดนี้มีการปลูกเพื่อการค้าไม่มากเช่นเดียวกัน ส่วนใหญ่ปลูกในประเทศจีนและกลุ่มประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้
- Lemons (*C. limon*) และ Limes (*C. aurantifolia*) เป็นส้มที่มีกรดสูง ประเทศที่ปลูกมาก คือ แมกซิโก อินเดีย และอาเจนตินา

นอกจากนี้ยังมีส้มลูกผสมอีกหลายชนิด เช่น Temple, Murcott, Ortanique, และ Tangelos เป็นต้น (Hydro Agri, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์; Janick, 2006; Krezdorn, 2006; Morton, 2006)

ส้มโอเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ซึ่งมีอากาศร้อนและฝนตกชุก ไม่สูงจากระดับน้ำทะเลมากนัก เคยมีผู้ทดลองนำไปปลูกที่ประเทศนิวซีแลนด์ แต่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดี ส้มโอเป็นพืชที่สามารถทนเค็มได้ดี จึงสามารถปลูกได้ดีในพื้นที่ซึ่งดินเกิดจากตะกอนน้ำกร่อยหรือน้ำเค็ม ในพื้นที่เช่นนี้เกษตรกรมักปลูกโดยวิธียกร่อง เพื่อป้องกันน้ำท่วมขัง (Morton, 2006) ในขณะที่ Sweet orange เป็นพืชที่ไวต่อความเค็ม ผลผลิตเริ่มลดลงเมื่อความเค็มของดินสูงกว่า 1.6 mS/cm (Suals, 2006) ส้มโอจึงเป็นพืชที่มีศักยภาพที่จะปลูกในพื้นที่นากุ้งร้าง และพื้นที่ส่งเสริมการทำการเกษตรน้ำจืดเพื่อทดแทนการเลี้ยงกุ้งทะเล ทั้งในลุ่มน้ำปากพนังและพื้นที่นากุ้งร้างภาคกลาง

จากการศึกษาการปลูกส้มโอในประเทศมาเลเซียของนักวิจัยจาก University of Malaya ในปี ค.ศ. 1974 พบว่า เกษตรกรใช้ปุ๋ยน้อย แต่กลับใช้สารเคมีมากเกินความจำเป็นในส้มโอที่มีอายุน้อย ในขณะที่เกษตรกรไม่ค่อยสนใจดูแลรักษาส้มโอที่มีอายุมาก และส้มโออายุมากมักทรุดโทรมจากโรครากเน่า (phytophthara) ส้มโอในมาเลเซียมีแนวโน้มที่จะขาดแมงกานีส สังกะสี และโบรอน (Morton, 2006)

พืชสกุลส้มเป็นพืชที่ให้ผลผลิตสูง ผลผลิตเฉลี่ยทั่วโลกประมาณ 12-15 ton/ha ในพื้นที่ปลูกที่เหมาะสมและมีการจัดการที่ดี สามารถเพิ่มผลผลิตได้ถึง 30-60 ton/ha (International Fertilizer Industry Association, 2007; Hydro Agri, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์) นอกจากการคัดเลือกพันธุ์ที่ดี มีการจัดการน้ำและศัตรูพืชที่เหมาะสมแล้ว การจัดการธาตุอาหารก็มีความสำคัญอย่างมากต่อผลผลิต คุณภาพผล และความยั่งยืนในการให้ผลผลิต พืชที่ให้ผลผลิตสูง ย่อมต้องการธาตุอาหารสูงตามไปด้วย ธาตุอาหารส่วนหนึ่งถูก

นำออกไปจากพื้นที่ในรูปของผลผลิต (ตารางที่ 1-1 และ 1-2) ทำให้ธาตุอาหารในดินลดลงและเสียสมดุลอย่างรวดเร็ว การจัดการธาตุอาหารอย่างถูกต้องเหมาะสม จึงมีความสำคัญอย่างมากต่อการผลิตพืชสกุลส้ม

ตารางที่ 1-1 ปริมาณธาตุอาหารหลักและอาหารรองที่ติดไปกับผลผลิตของพืชสกุลส้มชนิดต่างๆ (หน่วย : กิโลกรัม/ตันน้ำหนักสด) (ที่มา : International Fertilizer Industry Association, 2007)

ชนิดพืช	N	P	K	Ca	Mg	S
Sweet orange	1.773	0.221	2.651	0.721	0.221	0.142
Mandarin	1.532	0.164	2.046	0.505	0.111	0.111
Lemon & Lime	1.638	0.160	1.731	0.470	0.126	0.074
Grapefruit	1.058	0.130	2.010	0.410	0.110	0.090

ตารางที่ 1-2 ปริมาณจุลธาตุที่ติดไปกับผลผลิตของพืชสกุลส้มชนิดต่างๆ (หน่วย : กรัม/ตันน้ำหนักสด) (ที่มา : International Fertilizer Industry Association, 2007)

ชนิดพืช	Fe	Mn	Zn	Cu	B	
Sweet orange	3.0	0.8	1.4	0.6	2.8	
Mandarin	2.6	0.4	0.8	0.6	1.3	
Lemon & Lime	2.1	0.4	0.7	0.3	0.5	
Grapefruit	3.0	0.4	0.7	0.5	1.6	

2. หลักคิดในการจัดการธาตุอาหารพืช

ในปัจจุบันพบว่าธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชชั้นสูงมี 17 ธาตุ โดยแบ่งเป็นกลุ่มที่พืชได้จากน้ำและอากาศ 3 ธาตุ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ธาตุกลุ่มนี้เป็นองค์ประกอบของเนื้อเยื่อพืชสูงถึง 96 % โดยน้ำหนักแห้ง ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งพืชได้จากดิน (mineral nutrition) แบ่งเป็นธาตุอาหารหลัก 3 ธาตุ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ธาตุอาหารรอง 3 ธาตุ คือ แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ธาตุอาหารเสริม 8 ธาตุ คือ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โบรอน โมลิบดีนัม คลอรีน และนิเกิล (ยงยุทธ์, 2543; Mengel and Kirkby, 1987) การจัดการธาตุอาหารกลุ่มแรกมุ่งไปที่การจัดการน้ำเป็นหลัก เนื่องจากมักเป็นปัญหามากกว่าอากาศ การจัดการธาตุอาหารกลุ่มที่พืชได้จากดิน เป็นการจัดการที่ยุ่งยากซับซ้อน เนื่องจากพืชต้องการธาตุอาหารในกลุ่มนี้จำนวนหลายธาตุ ถึงแม้ดินในทุกพื้นที่จะมีธาตุอาหารเหล่านี้อยู่ก็ตาม แต่มักมีปริมาณหรือสมดุลที่ไม่เหมาะสมต่อความต้องการของพืช ไนโตรเจนและโพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการมาก โดยเฉพาะพืชตระกูลส้ม (ตารางที่ 1-1) ในขณะที่ดินโดยทั่วไปมีไม่เพียงพอ ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่พืชต้องการไม่มาก ถึงแม้จะจัดเป็นธาตุอาหารหลัก แต่ดินหลายแห่งโดยเฉพาะดินกรดมักมีฟอสฟอรัสต่ำ แคลเซียมและแมกนีเซียมถึงแม้จะจัดเป็นธาตุอาหารรอง แต่พืชต้องการมากกว่าหรือใกล้เคียง

กับฟอสฟอรัส (ตารางที่ 1-1) ดินกรดมักมีธาตุอาหารทั้งสองนี้ต่ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ในขณะที่ดินเค็มชายทะเลมักมีธาตุทั้งสองนี้มาก แต่ขาดสมดุล ทำให้พืชดูดใช้ได้ไม่เพียงพอ

พืชที่ให้ผลผลิตสูงอย่างเช่นพืชตระกูลส้มย่อมต้องการธาตุอาหารจากดินมากตามไปด้วย ทำให้ธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นต่ำลดลงถึงระดับไม่เพียงพออย่างรวดเร็ว ส่วนธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นสูง ถึงแม้จะอยู่ในระดับเพียงพอ แต่ก็เสียสมดุลอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกัน ทำให้การเจริญเติบโต การให้ผลผลิต และคุณภาพของผลผลิตด้อยลงอย่างรวดเร็ว การจัดการธาตุอาหารที่ถูกต้อง เหมาะสม และทันเวลาจึงจะทำให้แก้ไขปัญหาเหล่านี้ได้

2.1 ทฤษฎีหลักในการจัดการธาตุอาหาร

การจัดการธาตุอาหารพืชอาศัยทฤษฎีพื้นฐานที่สำคัญ 2 ทฤษฎี คือ

1. **ทฤษฎีถังไม้โอค (Law of the minimum)** ทฤษฎีนี้เสนอโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันชื่อ Justus von Liebig ซึ่งมีชีวิตอยู่ในช่วง ค.ศ. 1803-1873 เขากล่าวว่า ผลผลิตของพืชไม่ได้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นทั้งหมดของธาตุอาหาร แต่ขึ้นอยู่กับธาตุอาหารที่พืชขาดแคลนมากที่สุด (รูปที่ 1-1) การจัดการธาตุอาหารตามทฤษฎีนี้จำเป็นต้องค้นหาว่า พืชขาดธาตุอาหารธาตุใด โดยใช้ผลการวิเคราะห์ดินและพืชเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานความต้องการธาตุอาหารแต่ละธาตุของพืชชนิดนั้นๆ (International Fertilizer Industry Association, 2007; Food & Fertilizer Technology Center, 2006; Mengel and Kirkby, 1987) จากการตรวจเอกสาร ถึงแม้จะพบว่ามีค่ามาตรฐานของพืชสกุลส้ม (Citrus) แต่ค่ามาตรฐานมักสร้างขึ้นจาก Sweet oranges ซึ่งเป็นส้มต่างชนิดจากส้มโอ (ตารางที่ 1-3, 1-4และ 1-5) ค่ามาตรฐานที่มีอยู่จึงอาจไม่เหมาะสมสำหรับส้มโอ Kallsen (2006a; 2006b) เสนอความเห็นว่า พืชสกุลส้มน่าจะต้องการธาตุอาหารโดยทั่วไปใกล้เคียงกัน ยกเว้นไนโตรเจน ซึ่งมะนาวต้องการน้อยกว่า ส่วนส้มโอน่าจะต้องการมากกว่า เนื่องจากเป็นส้มที่เจริญเติบโตได้รวดเร็ว การศึกษาค่ามาตรฐานของธาตุอาหารสำหรับส้มโอจึงมีความสำคัญต่อการผลิตส้มโอเพื่อการค้า เนื่องจากเป็นเครื่องมือสำคัญที่จำเป็นต่อการค้นหาชนิดของธาตุอาหารที่เป็นธาตุจำกัดการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต

รูปที่ 1-1 แนวคิดทฤษฎีถังไม้โอคของ Justus von Liebig ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลผลิตของพืชถูกจำกัดด้วยธาตุอาหารที่มีอยู่ในระดับไม่เพียงพอมากที่สุด (ตัวอย่างในรูปคือฟอสฟอรัส) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของธาตุที่จำกัดมากที่สุดแล้ว ธาตุจำกัดถัดขึ้นไป จะเป็นตัวจำกัดผลผลิตแทน
(ที่มา : http://www.avocadosource.com/)

ตารางที่ 1-3 ค่าความเข้มข้นมาตรฐานของธาตุอาหารและธาตุที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตในใบส้ม (Sweet oranges) ในระยะโตเต็มที่ ใบที่ใช้วิเคราะห์เป็นใบที่แตกใหม่ช่วงฤดูใบไม้ผลิ อายุใบ 4-7 เดือน เก็บจากกิ่งที่ไม่ติดผล ค่ามาตรฐานนี้เป็นค่าแนะนำโดยสำนักงานสงเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยแคลิฟอเนีย (ที่มา : Kallsen, 2006a)

ธาตุอาหาร	หน่วย	ขาดแคลน	ต่ำ	เหมาะสม	สูง	สูงเกินไป
N	%	<2.2	2.2-2.4	2.5-2.7	2.7-3.0	>3.0
P	%	<0.09	0.09-0.11	0.12-0.16	0.17-0.29	>0.3
K	%	<0.40	0.40-0.69	0.70-1.09	1.1-2.0	>2.3
Ca	%	<1.5	1.6-2.9	3.0-5.5	5.6-6.9	>7.0
Mg	%	<0.16	0.16-0.25	0.26-0.6	0.7-1.1	>1.2
S	%	<0.14	0.14-0.19	0.2-0.3	0.4-0.5	>0.6
Cl	%	?	?	<0.03	0.4-0.6	>0.7
Na	%	?	?	<0.16	0.17-0.24	>0.25
Fe	mg/kg	<36	36-59	60-120	130-200	>250?
Mn	mg/kg	<16	16-24	25-200	300-500	>1000
Cu	mg/kg	<3.6	3.6-4.9	5-16	17-22?	>22
Zn	mg/kg	<16	16-24	25-100	110-200	>300
B	mg/kg	<21	21-30	31-100	101-260	>260

ตารางที่ 1-4 ค่าความเข้มข้นมาตรฐานของธาตุอาหารและธาตุที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตในใบส้ม (Sweet oranges) ในระยะโตเต็มที่ ใบที่ใช้วิเคราะห์เป็นใบที่แตกใหม่ช่วงฤดูใบไม้ผลิ อายุใบ 4-6 เดือน เก็บจากกิ่งที่ไม่ติดผลระหว่างเดือนกรกฎาคม – กันยายน ตามคำแนะนำของสำนักงานสงเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยฟลอริดา (ที่มา : Sauls, 2006)

ธาตุอาหาร	หน่วย	ขาดแคลน	ต่ำ	เหมาะสม	สูง	สูงเกินไป
N	%	<2.20	2.20-2.40	2.50-2.80	2.90-3.20	>3.30
P	%	<0.09	0.09-0.11	0.12-0.17	0.18-0.29	>0.30
K	%	<0.70	0.70-1.10	1.20-1.70	1.80-2.30	>2.40
Ca	%	<1.50	1.50-2.90	3.00-5.00	5.10-6.90	>7.00
Mg	%	<0.20	0.20-0.29	0.30-0.50	0.51-0.70	>0.80
S	%	<0.14	0.14-0.19	0.20-0.40	0.41-0.60	>0.60
Cl	%	-	-	<0.5	0.5-0.7	>0.7
Na	%	-	-	<0.2	0.2-0.5	>0.5
Fe	mg/kg	<35	35-59	60-120	121-200	>250
Mn	mg/kg	<18	18-24	25-100	101-300	>500
Cu	mg/kg	<4	4-5	6-16	17-20	>20
Zn	mg/kg	<18	18-24	25-100	101-300	>300
B	mg/kg	<20	20-35	36-100	101-200	>250

ตารางที่ 1-5 ค่าความเข้มข้นมาตรฐานของธาตุอาหารและธาตุที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตในใบส้ม (orange) ในระยะโตเต็มที่ ใบที่ใช้วิเคราะห์เป็นใบที่แตกใหม่ช่วงฤดูใบไม้ผลิ อายุใบ 4-7 เดือน เก็บจากกิ่งที่ไม่ติดผล (ที่มา : Davies and Albrigo, 1994)

ธาตุอาหาร	หน่วย	ขาดแคลน	ต่ำ	เหมาะสม	สูง	สูงเกินไป
N	%	2.2	2.2-2.4	2.5-2.7	2.8-3.0	3.0
P	%	0.09	0.09-0.11	0.12-0.16	0.17-0.29	0.3
K	%	0.7	0.7-1.1	1.2-1.7	1.8-2.3	2.4
Ca	%	1.5	1.5-2.9	3.0-4.5	4.6-6.0	7.0
Mg	%	0.2	0.2-0.29	0.3-0.49	0.5-0.7	0.8
S	%	0.14	0.14-0.19	0.2-0.39	0.4-0.6	0.6
Cl	%	-	-	<0.2	0.3-0.5	0.7
Na	%	-	-	<0.16	0.17-0.24	0.25
Fe	mg/kg	35	35-49	50-120	130-200	250
Mn	mg/kg	18	18-24	25-49	50-500	1000
Cu	mg/kg	3.6	3.7-4.9	5-12	13-19	20
Zn	mg/kg	18	18-24	25-49	50-200	200
B	mg/kg	20	20-35	36-100	101-200	260
Mo	mg/kg	0.05	0.06-0.09	0.1-1.0	2-50	100
Li	mg/kg	-	-	<1	1-5	12

2. **ทฤษฎีการตอบสนองต่อธาตุอาหาร** (Law of Diminishing returns) ทฤษฎีนี้เสนอโดย E.A. Mitscherlich ในปี ค.ศ. 1909 ซึ่งกล่าวไว้ว่าพืชจะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมาก เมื่อเราให้ธาตุอาหารขณะที่พืชขาดแคลนธาตุอาหารนั้นมาก แต่ผลผลิตส่วนที่เพิ่มขึ้น จะลดลงตามระดับที่พืชขาดแคลน ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการคณิตศาสตร์ ได้ดังนี้

$$\frac{dy}{dx} = (A - y)\ c$$

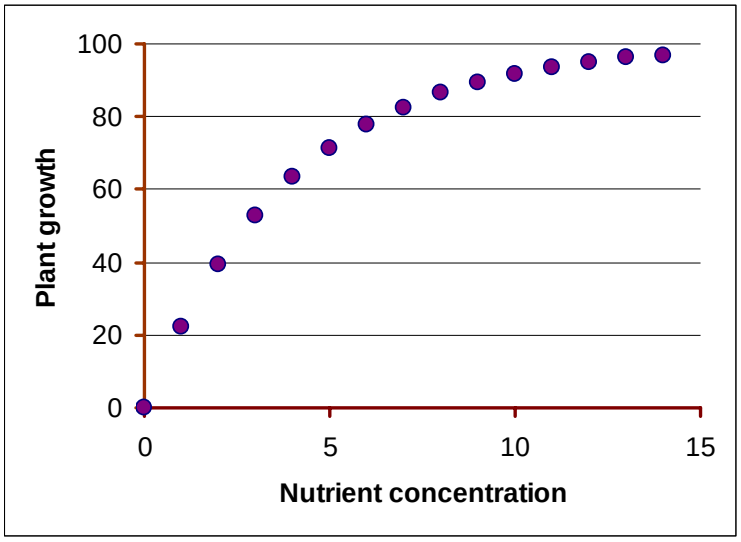
หรือ

$$y = A\ (1 - e^{-cx})$$

เมื่อ y คือผลผลิต x คือความเข้มข้นของธาตุอาหาร A คือผลผลิตสูงสุด และ c คือค่าคงที่ของสมการ (Rossiter, 2006; Mengel and Kirkby, 1987) เมื่อนำสมการนี้มาสร้างแบบจำลองโดยสมมุติให้พืชเจริญเติบโตหรือให้ผลผลิตได้สูงสุด 100 หน่วย (A = 100) และ x ที่ทำให้พืชได้ผลผลิตสูงสูดคือ 15 หน่วย จะได้กราฟของแบบจำลองดังรูปที่ 1-2

จากแบบจำลองจะพบว่า ถ้าในดินไม่มีธาตุอาหารพืชอยู่เลย เกษตรกรเพิ่มความเข้มข้นของธาตุอาหารเป็น 5 หน่วย พืชจะเจริญเติบโตหรือให้ผลผลิตได้เพิ่มขึ้นประมาณ 70 หน่วย แต่หากในดินมีธาตุอาหารอยู่ก่อน

แล้ว 5 หน่วย เกษตรกรเพิ่มความเข้มข้นของธาตุอาหารขึ้นอีก 5 หน่วย เป็น 10 หน่วย การเจริญเติบโตหรือการให้ผลผลิตของพืชจะเพิ่มขึ้นเพียงประมาณ 20 หน่วย เท่านั้นเอง สมมุติให้ธาตุอาหารมีราคา 1000 บาท/หน่วย และผลผลิตของพืชมีราคา 100 บาท/หน่วย กรณีแรกเกษตรกรลงทุน 5000 บาท ขายผลผลิตได้ 7000 บาท เป็นการลงทุนที่คุ้มค่าและมีกำไร แต่ในกรณีหลัง เกษตรกรลงทุน 5000 บาท เช่นกัน แต่ขายผลผลิตได้เพิ่มขึ้นเพียง 2000 บาท เท่านั้นเอง การเพิ่มความเข้มข้นของธาตุอาหารในกรณีนี้จึงไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน หากพืชที่เกษตรกรปลูกเป็นพืชที่มีราคาแพง เช่น 1000 บาท/หน่วย การลงทุนทั้งสองกรณียังคงมีกำไร เพียงแต่การลงทุนในกรณีหลังมีกำไรลดลงเท่านั้นเอง



รูปที่ 1-2 กราฟของแบบจำลองตามทฤษฎีการตอบสนองต่อธาตุอาหารของ Mitscherlich เมื่อสมมุติให้ A เท่ากับ 100 หน่วย และ x ที่ทำให้พืชได้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 15 หน่วย

ทฤษฎีนี้แสดงให้เห็นว่า พืชแต่ละชนิดต้องการธาตุอาหารในระดับที่เหมาะสมระดับหนึ่งเท่านั้น การใช้ปุ๋ยน้อยเกินไป หรือมากเกินไปย่อมไม่เป็นผลดีต่อพืช เช่น ส้มที่ขาดไนโตรเจนจะให้ผลผลิตต่ำ ใบมีสีเหลืองหรือเขียวอมเหลือง ใบร่วงเร็ว ทรงพุ่มมีความหนาแน่นต่ำ หากให้ปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไป จะทำให้ผลมีขนาดเล็ก เปลือกผลหนา รสหวานลดลง ผลสุกช้า ส้มเข้าสู่ระยะพักตัวช้า และทำให้ไนโตรเจนส่วนเกินปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เป็นต้น (Food & Fertilizer Technology Center, 2006; Kallsen, 2006b; Tisdale, 1993) การคำนวณความต้องการธาตุอาหารของพืชตามทฤษฎีของ Mitscherlich ในทางปฏิบัติทำได้ยาก เนื่องจากค่า A และ c ในสมการมิได้เป็นค่าคงที่แท้จริง แต่ค่าทั้งสองนี้เปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของพืชมากมายหลายปัจจัย ทำให้ต้องใช้ข้อมูลจากผลการทดลองจำนวนมาก เพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเหล่านั้นกับค่า A และ c (Rossiter, 2006; Mengel and Kirkby, 1987) สมการของ Mitscherlich จึงใช้ได้ผลเฉพาะกรณีที่ปัญหาการขาดธาตุอาหารของพืชไม่ซับซ้อน เช่น Suwannarit et al. (1999) แสดงให้เห็นว่า สมการของ Mitscherlich สามารถใช้คำนวณอัตราปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับข้าวดอกมะลิ-105 จากค่า mineralizable N ของดินได้ ซึ่งเป็นการคำนวณเฉพาะธาตุไนโตรเจนเพียงธาตุเดียว เป็นต้น ส่วนกรณีที่ซับซ้อน การประมาณค่าด้วยโมเดลสมดุลมวล (mass balance model) ให้ผลการคำนวณที่น่าพอใจ และไม่ต้องใช้ข้อมูลจากการทดลองจำนวนมาก

ถึงแม้งานวิจัยในเวลาต่อมาจะพบว่าทฤษฎีทั้งสองนี้ไม่ถูกต้องสมบูรณ์นัก ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินกับผลผลิตเป็นไปได้ 4 แบบ คือ รูป U คว่ำ, V คว่ำ, S และ C ทุกแบบผลผลิตของพืชลดลงเมื่อความเข้มข้นของธาตุอาหารสูงเกินไป ซึ่งไม่เป็นไปตามสมการของ Mitscherlich (Reuter and Robinson, 1997) แต่ทฤษฎีทั้งสองยังคงเป็นพื้นฐานมีมีประโยชน์อย่างมากต่อการจัดการธาตุอาหาร

2.2 **เครื่องมือในการจัดการธาตุอาหาร**

เครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการจัดการธาตุอาหารคือ การวิเคราะห์ดินและพืช การวิเคราะห์ดินช่วยให้ทราบความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินที่พืชมีศักยภาพที่จะดูดใช้ได้ (available index) แต่ไม่หมายความว่าพืชสามารถดูดใช้ได้ตามความเข้มข้นที่ปรากฏ และพืชทุกชนิดมักตอบสนองต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินคล้ายกัน การแปลผลการวิเคราะห์ดินจึงไม่ซับซ้อน การวิเคราะห์พืชมีความซับซ้อนทั้งขั้นตอนเก็บตัวอย่างและขั้นตอนแปลผล พืชแต่ละชนิดตอบสนองต่อธาตุอาหารไม่เหมือนกัน วิธีแปลผลสำหรับพืชชนิดหนึ่งจึงไม่สามารถนำไปใช้กับพืชอีกชนิดหนึ่งได้ การเก็บตัวอย่างจะต้องมีความถูกต้องทั้งชนิดของชิ้นส่วน (พืชโดยทั่วไปนิยมใช้ใบ) ตำแหน่งของสิ้นส่วน และอายุของชิ้นส่วน ส่งผลให้การแปลความหมายมีความซับซ้อนตามไปด้วย ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบแตกต่างกันตามอายุใบและตำแหน่งใบที่เก็บ ในพืชไร่ เช่น Alfalfa ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม กำมะถัน แมงกานีส และโบรอน มีความเข้มข้นลดลงตามอายุใน ในขณะที่แคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นจนถึงระยะออกดอก จากนั้นจึงลดลง ในมันฝรั่ง ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และสังกะสีลดลงตามอายุใบ (Wolworth and Sumner, 1987)

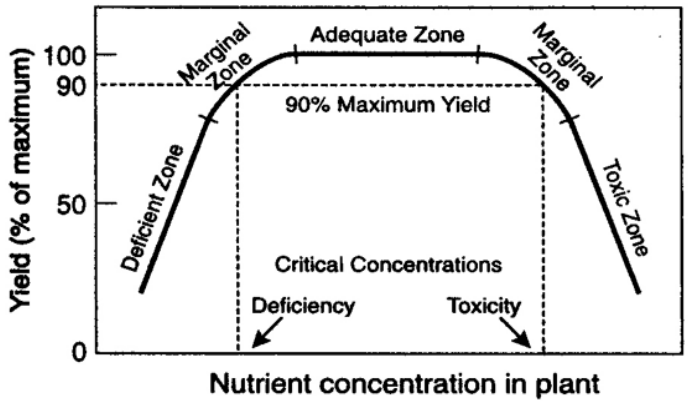
วิธีแปลผลการวิเคราะห์พืชที่นิยมใช้ในปัจจุบันมี 3 วิธี คือ

1. Critical value (CV)
2. Sufficient range approach (SRA)
3. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS)

การแปลผลโดยวิธี CV ผู้จัดทำค่ามาตรฐานจะต้องสำรวจความเข้มข้นของธาตุอาหารเพื่อหาว่า ค่าที่อยู่ระหว่างระดับขาดแคลนและเพียงพอสำหรับธาตุอาหารแต่ละธาตุมีค่าเท่าไร โดยทั่วไปจะถือเอาค่าที่ทำให้พืชให้ผลผลิต 90 % ของผลผลิตสูงสุด (Reuter and Robinson, 1997) ส่วนผู้แปลผลจะต้องเก็บตัวอย่างให้สอดคล้องกับวิธีที่ผู้จัดทำค่ามาตรฐานใช้ นำตัวอย่างพืชมาวิเคราะห์ทางเคมีและเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับค่ามาตรฐาน

การแปลผลโดยวิธี SRA ผู้จัดทำค่ามาตรฐานจะต้องสำรวจความเข้มข้นของธาตุอาหาร เพื่อหาว่าช่วงความเข้มข้นต่ำ เพียงพอ และสูงเกินไป ของธาตุอาหารแต่ละธาตุอยู่ในช่วงใด (รูปที่ 1-3) ส่วนผู้แปลผลจะต้องเก็บตัวอย่างพืชให้สอดคล้องกับวิธีที่ผู้จัดทำค่ามาตรฐานใช้ นำตัวอย่างพืชมาวิเคราะห์ทางเคมีและเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับค่ามาตรฐาน การแปลผลด้วยวิธี SRA จึงเป็นเสมือนการขยายรายละเอียดของวิธี CV โดยยังคงใช้หลักการพื้นฐานเหมือนกัน

การแปลผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี CV และ SRA เป็นการแปลผลแต่ละธาตุที่เป็นอิสระจากกัน การวิเคราะห์พืชจึงสามารถดำเนินการเฉพาะธาตุที่ต้องการตรวจสอบ เช่น ถ้าการวิเคราะห์ดินและพืชในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งพบว่า ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอยู่ในระดับที่เพียงพออยู่แล้ว พืชมีปัญหาเฉพาะไนโตรเจน การวิเคราะห์ครั้งต่อๆ ไปก็อาจไม่จำเป็นต้องวิเคราะห์ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอีก การแปลผลการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีนี้มีจุดอ่อนเหมือนกัน คือ ความเข้มข้นของธาตุอาหารเปลี่ยนแปลงตามตำแหน่ง และอายุใบ ทำให้วิธีทั้งสองขาดความแม่นยำ ผู้เก็บตัวอย่างจะต้องมีความชำนาญ และจะต้องรอถึงช่วงอายุใบที่เหมาะสมจึงจะสามารถเก็บตัวอย่างได้ นอกจากนี้ ช่วงความเข้มข้นเหมาะสมหรือความเข้มข้นวิกฤติ ของธาตุอาหารธาตุใดธาตุหนึ่ง ไม่ได้เป็นอิสระจากกัน ตามสมมุติฐานของวิธีแปลผลทั้งสองวิธีนี้ พืชหลายชนิดต้องการฟอสฟอรัสมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงขึ้น (Hanan, 1998)



รูปที่ 1-3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารกับผลผลิต และการแบ่งช่วงความเข้มข้น (ที่มา : Reuter and Robinson, 1997)

DRIS เป็นเทคนิคการแปลผลการวิเคราะห์พืชที่พัฒนาขึ้นโดย E.R. Beaufils ในช่วงทศวรรษที่ 1950 จากการศึกษาธาตุอาหารของยางพาราในประเทศกัมพูชาและเวียดนาม เดิมเรียกเทคนิคนี้ว่า physiological diagnosis system ต่อมาเปลี่ยนชื่อเป็น DRIS การแปลผลด้วยเทคนิคนี้จะต้องนำผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารมาคำนวณหาสัดส่วน และดัชนีบ่งชี้สมดุล (nutrient balance index : NBI) แล้วใช้ค่า NBI เป็นตัวบ่งชี้ความพอดีของธาตุอาหารที่พืชดูดใช้ได้ และลำดับความผิดปกติด้านธาตุอาหารของพืช (Mourao Filho, 2004; Black,)

Beaufils พบว่า เมื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของธาตุอาหารกับผลผลิตของตัวอย่างจำนวนมากพอ ตำแหน่งความสัมพันธ์จะกระจายอยู่ภายใต้เส้นโค้ง Gaussian distribution สวนที่มีผลผลิตสูงจะมีสัดส่วนของธาตุอาหารอยู่บริเวณยอดของเส้นโค้ง ดังนั้น หากทำการสำรวจธาตุอาหารและคัดเลือกสวนที่ให้ผลผลิตสูงจำนวนหนึ่ง (reference population) ค่ากลางของสัดส่วนธาตุอาหารของสวนกลุ่มนี้สามารถใช้เป็นค่า “norm” เพื่อใช้อ้างอิงในการจัดการสัดส่วนธาตุอาหาร (รูปที่ 1-4)

เมื่อต้องการใช้เทคนิค DRIS แปลผลการวิเคราะห์พืช จะต้องนำข้อมูลผลการวิเคราะห์มาหาสัดส่วนและคำนวณฟังชันตามสมการ

$$f\left(\frac{A}{B}\right) = \left[\frac{(A/B)}{(a/b)} - 1\right]\frac{100k}{CV} \quad where \quad A/B > a/b$$

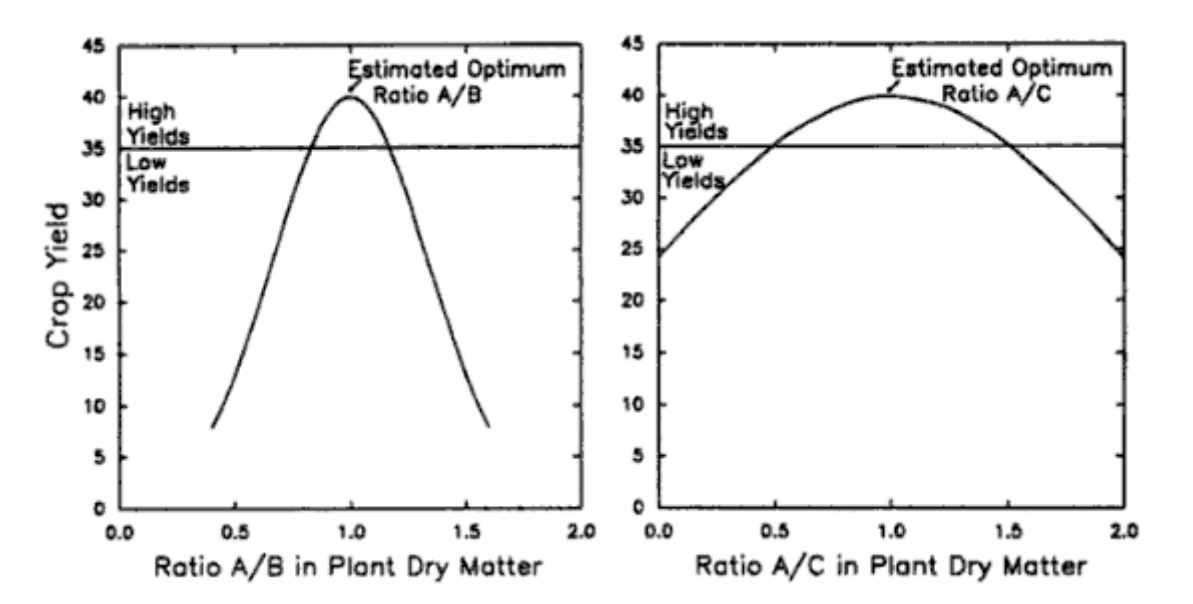
$$f\left(\frac{A}{B}\right) = \left[1 - \frac{(a/b)}{(A/B)}\right]\frac{100k}{CV} \quad where \quad A/B < a/b$$

เมื่อ A/B = สัดส่วนของธาตุอาหาร A และ B ใดๆ จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างจากสวนที่ต้องการประเมินธาตุอาหาร

a/b = สัดส่วนของธาตุอาหาร A และ B ใดๆ จากกลุ่มสวนอ้างอิง

CV = Coefficient of variation

k = ค่าคงที่



รูปที่ 1-4 การกระจายของความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของธาตุอาหาร A/B และ A/C กับผลผลิต ค่าสัดส่วนที่เหมาะสมเท่ากับ A/B และ A/C ที่ยอดของส่วนโค้ง (ที่มา : Black,)

และคำนวณ NBI จากสมการ

$$A \quad index = \frac{f\left(\frac{A}{B}\right) + f\left(\frac{A}{C}\right) + f\left(\frac{A}{D}\right) + \bullet\bullet\bullet + f\left(\frac{A}{N}\right)}{Z}$$

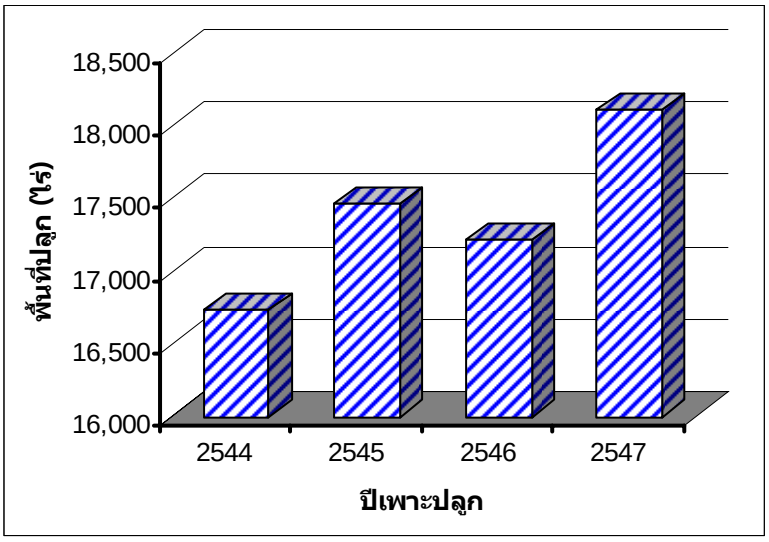
$$B \quad index = \frac{-f\left(\frac{A}{B}\right) + f\left(\frac{B}{C}\right) + f\left(\frac{B}{D}\right) + \bullet\bullet\bullet + f\left(\frac{B}{N}\right)}{Z}$$

ค่า NBI ของธาตุอาหารใดมีค่าใกล้เคียง 0 แสดงว่าพืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารคู่นั้นได้ในสัดส่วนเหมาะสม ค่า NBI ของธาตุอาหารใดห่างจาก 0 มาก แสดงว่าพืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารนั้นได้ในสัดส่วนไม่เหมาะสม ค่า NBI ยิ่งห่างจาก 0 มากเท่าไหร่ ธาตุอาหารนั้นจำเป็นต้องแก้ไขก่อน

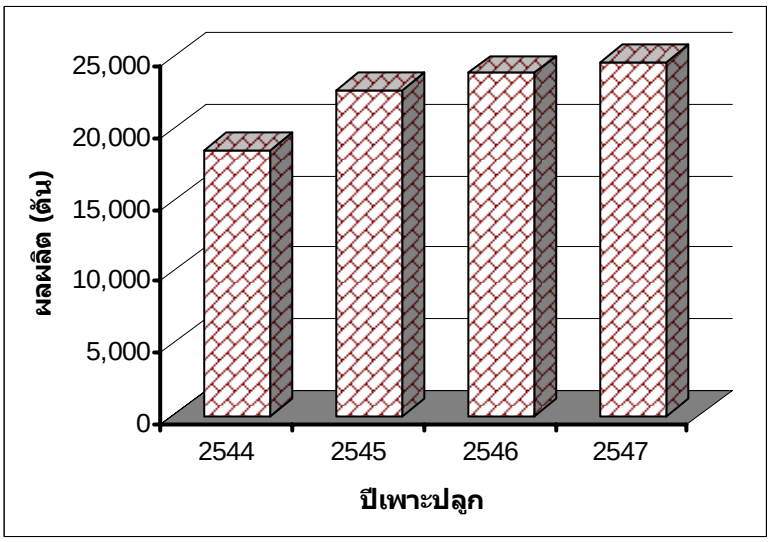
เทคนิค DRIS ไม่สามารถระบุได้ว่าความเข้มข้นของธาตุอาหารอยู่ในระดับที่เหมาะสมหรือไม่ ดังนั้นเทคนิคนี้จึงจำเป็นต้องใช้ร่วมกับ CV หรือ SRA

3. การปลูกส้มโอในจังหวัดนครศรีธรรมราช

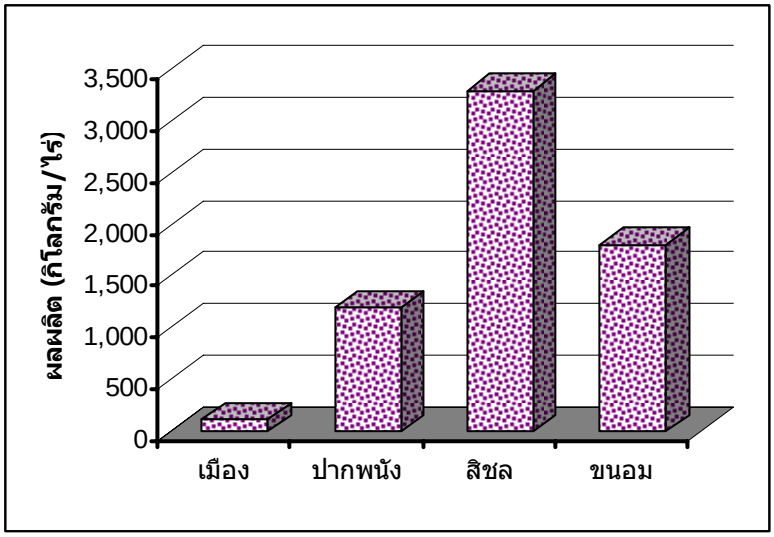
จังหวัดนครศรีธรรมราชมีพื้นที่ปลูกส้มโอทั้งจังหวัดในปีเพาะปลูก 2547 เพียง 18,117 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.85 ของพื้นที่ปลูกไม้ผลไม้ยืนต้นทั้งจังหวัด (ตารางที่ 5) ถึงแม้จะมีพื้นที่ปลูกไม่มาก แต่พบว่าเกษตรกรนิยมปลูกส้มโอมากกว่าส้มชนิดอื่น (พื้นที่ปลูกส้มเขียงหวาน 167 ไร่ และส้มจุก 47 ไร่) พันธุ์ที่นิยมปลูกคือ ทองดี ขาวพวง และขาวแป้น ทั้งพื้นที่ปลูกและผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (รูปที่ 1-3 และ 1-4) แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรนิยมปลูกส้มชนิดนี้มากกว่าพืชชนิดอื่นในสกุลเดียวกัน อำเภอที่มีพื้นที่ปลูกส้มโอมากกว่า 1,000 ไร่ คือ อ.เมือง อ.ปากพนัง อ.สิชล และ อ.ขนอม ผลผลิตเฉลี่ยทั้งจังหวัดประมาณ 1,500 กิโลกรัม/ไร่ แต่มีความแตกต่างระหว่างอำเภอในช่วงกว้าง (รูปที่ 1-5) ซึ่งต่ำกว่าศักยภาพการให้ผลผลิตของพืชสกุลนี้มาก แสดงให้เห็นว่า เกษตรกรน่าจะมีปัญหาการจัดการธาตุอาหาร (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครศรีธรรมราช, 2548)



รูปที่ 1-3 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ปลูกส้มโอในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่าง พ.ศ. 2544-2547 (ที่มา : สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครศรีธรรมราช, 2548)



รูปที่ 1-4 การเปลี่ยนแปลงผลผลิตส้มโอในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่าง พ.ศ. 2544-2547 (ที่มา : สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครศรีธรรมราช, 2548)



รูปที่ 1-5 ผลผลิตส้มโอต่อไร่ในปี พ.ศ. 2546 ของอำเภอต่างๆ ในจังหวัดนครศรีธรรมราชที่มีพื้นที่ปลูกส้มโอมากกว่า 1000 ไร่ (ที่มา : สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครศรีธรรมราช, 2548)

ตารางที่ 5 พื้นที่เพาะปลูกไม้ผลไม้ยืนต้น ปี 2547 ในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช (ที่มา : สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครศรีธรรมราช, 2548)

พืช/พันธุ์	พื้นที่ปลูก (ไร่)			ผลผลิตเฉลี่ย	ผลผลิตรวม
	ให้ผล	ไม่ให้ผล	รวม	(กก./ไร่)	(ตัน)
กระท้อน	7,658	1,008	8,666	1,077	8,248
กล้วยไข่	3,112	310	3,422	2,375	7,391
กล้วยน้ำว้า	19,816	1,690	21,506	1,763	34,935
กล้วยหอม	646	75	721	1,944	1,256
ขนุนหนัง	896	2	898	3,612	3,236
เงาะ	55,255	9,465	64,720	1,530	84,530
จำปาดะ	513	0	513	758	389

ชมพู่	2,456	220	2,676	584	1,435
ทุเรียน	39,056	5,593	44,649	1,192	46,560
ฝรั่ง (กลมสาลี่)	1,179	10	1,189	565	667
มะขาม	1,315	20	1,335	658	865
มะนาว	13,399	1,709	15,108	176	2,354
มะม่วง	10,871	574	11,445	359	3,904
มะม่วงหิมพานต์	3,810	0	3,810	180	686
มะละกอ	3,197	467	3,664	1,211	3,872
มังคุด	53,819	21,841	75,660	936	50,369
ลองกอง	18,763	9,684	28,447	1,034	19,409
ละมุด	6,635	553	7,188	593	3,936
ลางสาด	4,848	195	5,043	758	3,675
ลิ้นจี่	200	0	200	45	9
ส้มเขียวหวาน	95	72	167	473	45
ส้มจุก	27	20	47	920	25
ส้มโอ	**16,115**	**2,002**	**18,117**	**1,535**	**24,740**
กาแฟ	6,199	375	6,574	175	1,086
โกโก้	299	0	299	119	36
ปาล์มน้ำมัน	26,387	7,933	34,320	2,444	64,501
มะพร้าว	125,376	4,389	129,765	1,337	167,671
ยางพารา	1,350,824	261,624	1,612,448	292	393,798
สะตอ	10,429	1,152	11,581	442	4,605
หมาก	15,970	821	16,791	5,952	95,052
หน่อไม้ไผ่ตง	83	0	83	1,665	138
กระวาน	85	0	85	70	6
พลู	98	0	98	62	6
พริกไทย	202	0	202	348	70
รวมจังหวัด	**1,799,633**	**331,804**	**2,131,437**	-	**1,029,508**

4. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

3.1 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารในดิน ในใบ ลักษณะการเจริญเติบโต และผลผลิต

3.2 เพื่อศึกษาอิทธิพลของสมดุลธาตุอาหารในดินและในใบของส้มโอต่อองค์ประกอบของผล (yield component) และคุณภาพผลของส้มโอ

5. กิจกรรมของโครงการ

วัตถุประสงค์	กิจกรรม	ช่วงเวลา	จำนวนวัน
1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารในดิน ในใบ ลักษณะการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพผลของส้มโอ	1. จัดหาเกษตรกรอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการ 2-3 ราย จำนวน 2-3 แปลง ในพื้นที่ อ.ปากพนังและ อ.สิชล เพื่อใช้พื้นที่เป็นแปลงติดตามการเจริญเติบโต (monitoring site)	มี.ค. 50–เม.ย. 50	60
	2. เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของส้มโอในแปลงติดตาม เช่น การแตกใบอ่อน การเปลี่ยนแปลงเส้นรอบวงของกิ่ง การแตกช่อดอก และพัฒนาการของผล เป็นต้น	เม.ย. 50-เม.ย. 51	365
	3. ติดตามการเปลี่ยนแปลงความชื้นดินที่ระดับความลึก 15-20 cm และ 35-40 cm ในแปลงติดตาม	เม.ย. 50-เม.ย. 51	365
	4. สำรวจความผิดปกติของธาตุอาหารพร้อมทั้ง เก็บตัวอย่างดินและใบส้มโอจากสวนเกษตรกรจำนวนไม่น้อยกว่า 25 สวน โดยเน้นสวนส้มโอในพื้นที่ อ.ปากพนัง อ.เมือง อ.สิชล และอ.ขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นแหล่งปลูกส้มโอของจังหวัด	พ.ค. 50-มี.ค. 51	330
	5. สำรวจข้อมูลการปลูกส้มโอ เช่น พันธุ์ ที่มาของกิ่งพันธุ์ อายุ ผลผลิต ระยะปลูก การให้ปุ๋ย และการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น ในแปลงซึ่งเก็บตัวอย่างดินและใบในแปลงสำรวจของกิจกรรมที่ 4	พ.ค. 50-มี.ค. 51	330
	6. วิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในตัวอย่างดินและใบส้มโอ โดยจะวิเคราะห์ทั้ง	ก.ย. 50-ก.ค. 51	330

	ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุ		
2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของสมดุลธาตุอาหารในดินและในใบของส้มโอต่อองค์ประกอบของผล (yield component) และคุณภาพผลของส้มโอ	7. เก็บตัวอย่างผลส้มโอจากแปลงติดตาม นำมาวิเคราะห์สัดส่วนองค์ประกอบของผล (yield component)	ก.ย. 50-ก.ค. 51	330
	8. เก็บตัวอย่างผลส้มโอจากแปลงติดตาม นำมาวิเคราะห์การกระจายของธาตุอาหารในผล	ก.ย. 50-ก.ค. 51	330
	9. เก็บตัวอย่างผลส้มโอจากแปลงติดตาม นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำคั้น เช่น ชนิดและความเข้มข้นของน้ำตาล ชนิดและความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ ชนิดและความเข้มข้นของเกลือแร่ และชนิดและความเข้มข้นของกรดอะมิโน เป็นต้น	ก.ย. 50-ก.ค. 51	330

หมายเหตุ ช่วงเวลาและจำนวนวันเป็นไปตามตารางนี้ เมื่อได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยก่อนวันที่ 1 มีนาคม 2550 และดำเนินการวิจัยระหว่าง มีนาคม 2550 – สิงหาคม 2551

6. ผลที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละช่วงระยะเวลา

เดือนที่	กิจกรรมที่	ผลที่คาดว่าจะได้รับ
6 เดือนที่ 1	1	ได้เกษตรกรที่สนใจร่วมวิจัยอย่างน้อย 2 ราย จากต่างพื้นที่กัน เพื่อช่วยเหลือดูและการเก็บข้อมูลที่ต้องการเก็บอย่างต่อเนื่อง
	2	ทราบการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในรอบปีของส้มโอ
	3	ได้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน เพื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของส้มโอ
	4	ได้ตัวอย่างดินและใบส้มโอจากแปลงที่แตกต่างกัน (แตกต่างด้านพื้นที่และความเข้มข้นของธาตุอาหารในดิน) เพื่อนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในกิจกรรมที่ 6
	5	ได้ข้อมูลส้มโอในแปลงที่เก็บตัวอย่าง และการจัดการแปลงปลูก
6 เดือนที่ 2	2	กิจกรรมต่อเนื่องจาก 6 เดือนที่ 1
	3	กิจกรรมต่อเนื่องจาก 6 เดือนที่ 1
	4	กิจกรรมต่อเนื่องจาก 6 เดือนที่ 1
	5	กิจกรรมต่อเนื่องจาก 6 เดือนที่ 1
	6	ได้ข้อมูลความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินและใบส้มโอจากสวนที่แตกต่างกัน เพื่อนำมาสร้างความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตและผลผลิต และหาชนิดของธาตุอาหารที่จำกัดการเจริญเติบโตของส้มโอ
	7	ได้ข้อมูลองค์ประกอบของผล (yield component)
	8	ได้ข้อมูลความเข้มข้นของธาตุต่างๆ ในส่วนต่างๆ ของผล
	9	ได้ข้อมูลชนิดและปริมาณของสารต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของน้ำคั้น เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพผล
6 เดือนที่ 3	2	กิจกรรมต่อเนื่องจาก 6 เดือนที่ 2
	3	กิจกรรมต่อเนื่องจาก 6 เดือนที่ 2
	6	กิจกรรมต่อเนื่องจาก 6 เดือนที่ 2
	7	กิจกรรมต่อเนื่องจาก 6 เดือนที่ 2
	8	กิจกรรมต่อเนื่องจาก 6 เดือนที่ 2
	9	กิจกรรมต่อเนื่องจาก 6 เดือนที่ 2

<u>หมายเหตุ</u> จัดทำรายงานความก้าวหน้าและรายงานฉบับสุดท้ายตามข้อกำหนดของผู้ให้ทุน

7. แนวทาง/ขั้นตอนการดำเนินงาน

7.1 พื้นที่ศึกษา : โครงการวิจัยนี้จะทำการศึกษาการจัดการธาตุอาหารส้มในพื้นที่ 4 อำเภอของจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งมีพื้นที่ปลูกส้มโอมากกว่า 1,000 ไร่ คือ อ.เมือง อ.ปากพนัง อ.สิชล และ อ.ขนอม โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 เขต คือ เขตผลิตส้มในพื้นที่ลุ่มและมีผลผลิตต่ำ (อ.เมือง และ อ.ปากพนัง) กับเขตผลิตส้มในพื้นที่เชิงเขและมีผลผลิตสูง (อ.สิชล และ อ.ขนอม)

7.2 สมมุติฐานการวิจัย : โครงการวิจัยนี้ดำเนินการภายใต้สมมุติฐาน 2 ข้อ คือ

7.2.1 ส้มโอในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราชให้ผลผลิตเฉลี่ยเพียงปีละ 1.5 ตัน/ไร่ ในขณะที่มีรายงานว่าพืชสกุลนี้สามารถให้ผลผลิตได้สูงถึงประมาณปีละ 8.0 ตัน/ไร่ การจัดการธาตุอาหารน่าจะเป็นปัญหาหนึ่งของการผลิต

7.2.2 พื้นที่ผลิตส้มโอส่วนใหญ่ของจังหวัดนครศรีธรรมราชอยู่ทางด้านฝั่งตะวันออกของเทือกเขานครศรีธรรมราช ซึ่งดินเกิดจากการสลายตัวของหินแกรนิตโดยตรงหรือโดยอ้อม ดินจึงมีสมบัติเป็นกรดและมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำโดยธรรมชาติ สมบัติของดินดังกล่าวจึงน่าจะเป็นปัญหาสำคัญทำให้ผลผลิตส้มโอต่ำ การวิจัยเพื่อค้นหาชนิดของธาตุอาหารที่เป็นธาตุจำกัดการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของส้มโอตามทฤษฎีถังไม้โอค (Low of the minimum) จึงมีความสำคัญต่อการแก้ปัญหาธาตุอาหาร

7.3 แผนการดำเนินงาน :

กิจกรรม	6 เดือนที่ 1			6 เดือนที่ 2			6 เดือนที่ 3		
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
1. จัดหาแปลงติดตาม (monitoring site)	▨								
2. เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต		▨	▨	▨	▨	▨	▨		
3. ติดตามการเปลี่ยนแปลงความชื้นดิน		▨	▨	▨	▨	▨	▨		
4. เก็บตัวอย่างดินและพืช			▨	▨	▨	▨			
5. สำรวจข้อมูลการปลูก			▨	▨	▨	▨			
6. วิเคราะห์ธาตุอาหารในดินและพืช				▨	▨	▨	▨	▨	
7. วิเคราะห์องค์ประกอบผล				▨	▨	▨	▨	▨	
8. วิเคราะห์ธาตุอาหารในผล				▨	▨	▨	▨	▨	
9. วิเคราะห์น้ำส้มโอ				▨	▨	▨	▨	▨	
10. จัดทำรายงาน			▨			▨			▨

7.4 **วิธีเก็บข้อมูล** :

ข้อมูล	วิธีเก็บข้อมูล
การแตกใบ การแตกช่อดอก ความผิดปกติของธาตุอาหาร พันธุ์ อายุ การใช้ปุ๋ย การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช	สำรวจ สังเกต และสอบถาม
เส้นรอบวงกิ่ง ขนาดผล ระยะปลูก	วัดด้วยเครื่องมือวัดขนาด
ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)	pH meter
ความเค็มของดิน	Electrical conductometer
ความชื้นดิน	FDR probe with data logger
อินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนในดิน	CN autoanalyzer (Dumas method)
ไนโตรเจนในพืช	Modified Kjeladhl method
ฟอสฟอรัสในดิน	Bray No 2 & Molybdenum blue method
ฟอสฟอรัสในพืช	$HNO_3/HClO_4$ digestion & Vanadomolybdate method
โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในดิน	NH_4OAc extraction & AAS method
โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในพืช	$HNO_3/HClO_4$ digestion &
เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงในดิน	DTPA extraction & AAS method
เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงในพืช	$HNO_3/HClO_4$ digestion &
น้ำตาลในน้ำส้มโอ	HPLC
กรดอินทรีย์ในน้ำส้มโอ	HPLC
กรดอะมิโนในน้ำส้มโอ	HPLC
เกลือแร่ในน้ำส้มโอ	Ion chromatography

8. เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครศรีธรรมราช. 2548. ข้อมูลเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครศรีธรรมราช ประจำปี 2548. สำนักงานจังหวัดนครศรีธรรมราช.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2543. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

Black, C.A. Soil Fertility Evaluation and Control. CRC Press.

Davies, F.S and Albrigo, L.G.1994. Citrus, CAB International. Oxon, UK.

Food & Fertilizer Technology Center. Visited 25 December 2006. Fertilizer Management for Citrus Orchards. http://www.agnet.org/library/article/bc52006.html.

International Fertilizer Industry Association. Visited 3 January 2007. World Fertilizer Use Manual. http://www.fertilizer.org/ifa/publicat/html/pubman/manual.htm.

Janick, J. visited 28 December 2006. Tropical Horticulture. http://www.hort.purdue.edu/newcrop/tropical/lecture_32/lec_32.html.

Kallsen, C. visited 26 December 2006a. Fall leaf tissue samples important for maintaining citrus growth, fruit quality and yield. Topics in Subtropics Newsletter. 1(3). http://ceventura.ucdavis.edu/newsletterfiles/newsletter653.htm.

Kallsen, C. visited 26 December 2006b. Kern Citrus and Subtropical Fruit. http://cekern.ucdavis.edu/Custom%5FProgram143/

Krezdorn, A.H. visited 26 December 2006. Classification of Citrus. http://www.hort.purdue.edu/newcrop/tropical/lecture_32/citrus_R.html.

Mengel, K. and Kirkby, E.A. 1987. Principles of Plant Nutrition, 4th ed. International Potash Institute, Bern, Switzerland.

Morton, J. visited 20 December 2006. Pummelo. http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/pummelo.html

Mourao Filho, F.A.A 2004. DRIS : Concepts and applications on nutritional diagnosis in fruit crops. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.). 61:550-560.

Hydro Agri. Citrus PlantMaster. Oslo, Norway.

Porcher, M.H. visited 31 December 2006. Multilingual Multiscript Plant Name Database. http://www.plantnames.unimelb.edu.au/Sorting/Citrus_1.html

Reuter, D.J. and Robinson, J.B. 1997. Plant Analysis : An Interpretation Manual. CSIRO Publishing. Collingwood, Australia.

Rossiter, D.G. visited 31 December 2006. Land Evaluation Part 3: Modeling. http://wwwscas.cit.cornell.edu/landeval/le_notes/s494ch3p.htm

Sauls, J.W. visited 29 December 2006. Nutrition and Fertilization. http://aggie-horticulture.tamu.edu/citrus/nutrition/L2288.htm.

Suwannarit, A., Buranakarn, S., Kreetapirom,S., Kangkae, P., Phumphet, J., Phiatanen, P., Somboonpong, S., Ratanasupa, S., Romyen, P., Wattanapayapkul, S., Naklang, K., Rotjanakusol, S., Charoendham, P., Palaklang, W., Satawathananon, S. and Inthalang, W. 1999. Equations for calculating N-fertilizer rates for Khaw Dauk Mali-105 rice from soil analysis. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 33:224-233.

Tisdale, S.L., W.L. Nelson, J.D. Beaton and J.L. Havlin. 1993; Soil Fertility and Fertilizer. 5th ed. Macmillan Publishing Company. New York.

Wolworth, J.L. and Sumner, M.E.1987. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) . Advances in Soil Science, vol. 6 p.149-188.