บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังจัดเป็นพืชหัว (Root) ชนิดหนึ่ง มีชื่อสามัญหลายชื่อตามภาษาต่าง ๆเช่น ในภาษาอังกฤษเรียกว่า Cassava ทวีปอเมริกาใต้แถบประเทศบราซิล อาร์เจนตินา เรียกว่า Madioca ประเทศในทวีปแอฟริกาที่ใช้ภาษาฝรั่งเศสเป็นหลักเรียกว่า Manioc สำหรับประเทศในแถบทวีปเอเชีย เรียกว่า Tapioca ซึ่งแต่เดิมคนไทยเรียกว่ามันไม้หรือมันสำโรง แต่ปัจจุบันคนไทยเรียกว่ามันสำปะหลัง มันสำปะหลังเป็นพืชกลุ่มไม้พุ่มยืนต้นสูงประมาณ 1-4 เมตร ใบมีลักษณะเป็นแฉก ๆ 5-9 แฉก สีเขียวเข้ม และมีระบบรากเป็นลักษณะรากฝอย (Fibrous root system) ซึ่งเป็นคลังสะสมอาหารขนาดใหญ่เรียกว่า "หัว" โดยมีแป้งเป็นส่วนประกอบสำคัญร้อยละ 14-40 ในการจัดหมวดหมู่ Taxonomy นักวิทยาศาสตร์ได้จัดมันสำปะหลังไว้เป็นหมวดหมู่ดังนี้

Order	:	Geraniales
Class	:	Dicotyledonae
Subclass	:	Angiospermae
Family	:	Euphorbiaceae
Genus	:	Manihot
Species	:	Esculenta

มันสำปะหลังที่ปลูกในปัจจุบันมีชื่อวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องคือ *Manihot esculenta* Crantz. จัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae ในสมัยก่อนการใช้ชื่อวิทยาศาสตร์ของมันสำปะหลังจะเรียกตามชนิดของมันสำปะหลัง คือมีการแบ่งมันสำปะหลังเป็นชนิดหวานกับชนิดขมโดยที่ *Manihot esculenta* เป็นชนิดหวาน ส่วน *Manihot palmate* และ *Manihot dulcis* เป็นชนิดขม แต่ในปัจจุบันจัดเป็น *Manihot esculenta* Crantz. ทั้งหมด จะเป็นชนิดหวานหรือขมจะแตกต่างกันที่พันธุ์ ส่วนมันสำปะหลังพันธุ์ป่า (Wild species) ซึ่งมีประมาณ 150 ชนิด จะมีชื่อวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างออกไป ตามชื่อของนักวิทยาศาสตร์ที่ค้นพบ (ดนัย ศุภาหาร, 2537)

1.1 สายพันธุ์มันสำปะหลัง

โดยทั่วไปมันสำปะหลังในแหล่งปลูกทั่วโลกและในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามปริมาณไซยาไนด์ (Cyanide) ได้แก่ มันสำปะหลังชนิดขม (Bitter type) และมันสำปะหลังชนิดหวาน (Sweet type) (จรุงสิทธิ์ ลิ่มศิลา และ อัจฉรา ลิ่มศิลา, 2537) สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

ชนิดขม (Bitter type) เป็นมันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์สูง เป็นพิษและมีรสขมไม่เหมาะสำหรับการบริโภคของมนุษย์หรือใช้หัวสดเลี้ยงสัตว์โดยตรง จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูกเพื่อใช้สำหรับอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น มันเส้น มันอัดเม็ด และแป้งมันสำปะหลัง และในอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่น ๆ เช่น กลูโคส แอลกอฮอล์ แป้งดัดแปร เป็นต้น เนื่องจากมีปริมาณแป้งในหัวสูง เป็นชนิดที่ปลูกมากในประเทศไทย

ชนิดหวาน (Sweet type) หรือ "มันห้านาที" เป็นมันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำ มีปริมาณแป้งต่ำมันสำปะหลังชนิดหวานไม่มีรสขม มีเนื้อสัมผัสที่ดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค มีทั้งชนิดเนื้อร่วนเนื้อนุ่ม

และชนิดเนื้อแน่นเหนียว จึงนิยมนำมาบริโภคโดยตรง เช่น ต้ม ปิ้ง และเชื่อม เป็นต้นทำให้มีราคาสูงกว่าชนิดขม ซึ่งในไทยไม่มีการปลูกเป็นพื้นที่ใหญ่ เนื่องจากมีตลาดจำกัด และมีราคาสูงกว่าชนิดขม

มันสำปะหลังที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นชนิดขมใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรม โดยเริ่มต้นนั้นมันสำปะหลังส่วนใหญ่ที่ใช้จะเป็นพันธุ์พื้นเมือง ต่อมากรมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ได้ทำงานวิจัยและพัฒนาเพื่อปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง ปัจจุบันมีพันธุ์ที่นิยมปลูกและได้รับการรับรองว่าเป็นพันธุ์ที่แนะนำเพื่อส่งโรงงานอุตสาหกรรม โดยแบ่งออกเป็นพันธุ์ที่พัฒนาปรับปรุงจากกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ พันธุ์ระยอง 1, ระยอง 2, ระยอง 3, ระยอง 5, ระยอง 7, ระยอง 9, ระยอง 60, ระยอง 90, ระยอง 72, ระยอง 90 พันธุ์ที่พัฒนาปรับปรุงจากมหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50, ห้วยบง 60 และพันธุ์ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ร่วมกับมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทยได้ปรับปรุงพันธุ์ใหม่ และน้อมเกล้าถวายสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา สยามบรมราชกุมารี ให้ทรงพระราชทานชื่อว่า ห้วยบง 80 เป็นพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงที่สุด โดยได้ส่งเสริมให้เกษตรกรทดลองปลูกในปี พ.ศ. 2552 ซึ่งในรายละเอียดของคุณลักษณะในแต่ละพันธุ์นั้นได้รวบรวมไว้ ดังภาคผนวก จ

1.2 การปลูกมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีศักยภาพในด้านการทนแล้งและสามารถปลูกได้ดีโดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยทั่วไปแล้วเกษตรกรส่วนใหญ่จะปลูกทิ้งไว้โดยขาดการดูแลการจัดการที่ดี ทำให้ผลผลิตต่ำ แต่หากมีการจัดการที่ดีก็จะทำให้ผลผลิตต่อไร่และเปอร์เซ็นต์แป้งสูง วิจารณ์ วิชชุกิจ (2552) กล่าวว่าการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังสามารถกระทำได้ 3 วิธีการร่วมกัน วิธีการแรกคือ การเลือกใช้หรือเลือกปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ดีซึ่งต้องให้ผลผลิตและปริมาณแป้งสูง เปอร์เซ็นต์ความงอกสูง โตเร็ว คลุมวัชพืชได้ดี ต้านทานโรคแมลง เป็นต้น วิธีการที่สอง คือการจัดการดินให้ดีโดยต้องมีการปรับปรุงโรงสร้างของดินให้เหมาะสม บำรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ และวิธีการที่สามจะต้องจัดการดูแลดี โดยเริ่มตั้งแต่การปลูก การเลือกท่อนพันธ์ดี การใช้ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราเหมาะสม การดูแลเรื่องโรคแมลง ตลอดจนระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม

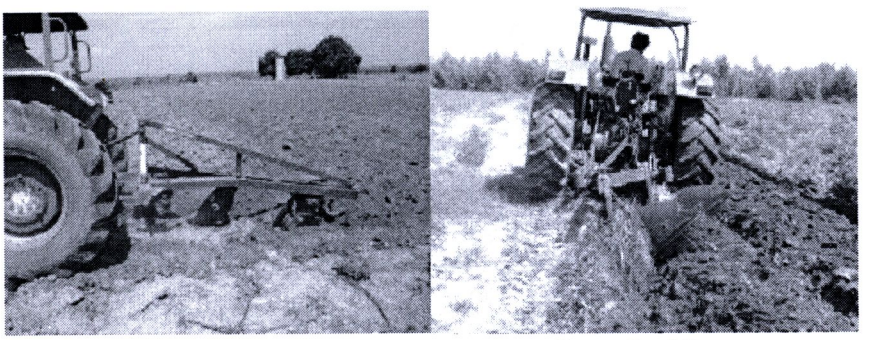
การเตรียมดิน

การเตรียมดินสำหรับปลูกมันสำปะหลังควรเตรียมดินให้ลึก ร่วนซุย และ ทำลายวัชพืชให้หมด เนื่องจากการเตรียมดินให้ลึก ร่วนซุย มีผลทำให้มันสำปะหลัง ที่ปลูกมีความงอก และต้นอยู่รอดสูง โดยให้ท่อนพันธุ์ที่ปลูกสัมผัสกับดินมากที่สุด เมื่อมันสำปะหลังงอกต้นอ่อนแล้วจะสามารถเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว การแข่งขันจากวัชพืชมีน้อย การไถเตรียมดินให้ทำการไถดะโดยใช้ผาล 3 ครั้งแรก ในช่วงที่ดินมีความชื้นพอเหมาะ และไถกลบวัชพืช ซากพืช เช่น ใบ ต้น ของมันสำปะหลังที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวลงไปในดิน เพื่อให้ธาตุอาหารที่มีอยู่ในเศษเหลือดังกล่าวกลับคืนสู่ดิน แล้วทิ้งไว้ 7-14 วัน เพื่อเก็บความชื้นและปล่อยให้ซากจากมันสำปะหลังและวัชพืชเน่าสลาย เมื่อพร้อมที่จะปลูกจึงไถแปรด้วยจานพรวนหรือผาล 7 ในกรณีที่เป็นดินร่วนเหนียว แต่ถ้าเป็นดินร่วนทราย ก็ไม่จำเป็นต้องไถแปร ห้ามไถดะ ครั้งแรกด้วยผาล 7 เพราะจะไถได้ไม่ลึก การไถดะให้ลึกจะเพิ่มความสามารถในการเก็บกักความชื้นของดินได้มากขึ้น และมันสำปะหลังลงหัวได้ดี

การปลูก

การปลูกมันสำปะหลังเกษตรกรจะปลูกอยู่ 2 ช่วงคือ ช่วงปลายฤดูฝน (พฤศจิกายน-มกราคม) และการปลูกในช่วงต้นฤดูฝน (กุมภาพันธ์-เมษายน) สำหรับการปลูกมันสำปะหลังในช่วงฤดูฝน เกษตกรจะยกร่องแล้วปลูกบนสันร่อง ซึ่งกรณีฝนตกชุกน้ำสามารถระบายไปตามร่องได้ ไม่พัดพาทำความเสียหาย กับท่อนพันธุ์ที่ปลูก หลักที่สำคัญของการปลูกควรเลือกต้นพันธุ์ที่มีอายุ 8-12 เดือน จะให้ความงอกดีที่สุด โดยเลือกต้นพันธุ์

ที่แข็งแรง มีตาถี่ ขนาดโตพอควร และต้องตัดท่อนปลูกด้วยมีดที่คม เพื่อไม่ให้ท่อนปลูกช้ำ ความยาวของท่อนพันธุ์ที่ปลูกต้องไม่ต่ำกว่า 20 เซนติเมตร สำหรับปลูกในฤดูฝน หรือ 25 เซนติเมตร สำหรับปลูกช่วยปลายฤดูฝน การปักท่อนพันธุ์ให้ปักตรงหรือเอียงโดยในการปลูกในช่วงฤดูฝนควรปักให้ลึก 5-10 เซนติเมตร และปลูกในช่วงปลายฤดูฝนควรปักให้ลึก 10- 15 เซนติเมตร โดยในพื้นที่ราบกำหนดระยะห่างระหว่างแถว 80-100 เซนติเมตร ระหว่างต้น 80-100 เซนติเมตร จะได้มันสำปะหลังประมาณ 1,600-2,500 ต้น/ไร่ ในพื้นที่ลาดเอียงใช้ระยะปลูกระหว่างแถว 80 เซนติเมตร ระหว่างต้น 80 เซนติเมตร เพื่อช่วยลดปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน



การไถดะโดยใช้ผาล 3 การไถแปรโดยใช้ผาล 7

ภาพที่ 1 การเตรียมดินโดยใช้ผาล 3 และการใช้ผาล 7

ภาพที่ 2 การปลูกโดยวิธียกร่องและปลูกบนสันร่อง

การปรับปรุงบำรุงดิน

การใช้ปุ๋ยเคมี

กรมวิชาการเกษตรแนะนำให้ใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราส่วน N:P:K เท่ากับ2:1:2 ซึ่งในทางปฏิบัติจะใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ ผสมกับปุ๋ยยูเรียและโปรแตสเซียมคลอไรด์อย่างละ 10 กิโลกรัม/ไร่ หรืออาจใช้ปุ๋ยเคมีที่มีอัตราส่วนปุ๋ยใกล้เคียง เช่น สูตร 15-7-18 ใส่อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ ใส่เพียงครั้งเดียวเมื่อมันสำปะหลังอายุ 1-2 เดือนในขณะที่ดินมีความชื้นเพียงพอ โดยขุดหลุมใส่ทั้ง 2 ข้างของต้นมันสำปะหลังในระยะพุ่มใบแล้วกลบดิน

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อช่วยให้มีธาตุอาหารในดินที่สมดุล และเป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดินในระยะยาว ซึ่งต้องใช้ในปริมาณมาก เช่น ปุ๋ยมูลไก่ แกลบ เปลือกมันสำปะหลังจากโรงงาน หรือปุ๋ยพืชสดจากปอเทือง ถั่วพร้า ปลูกแล้วไถกลบ

ภาพที่ 3 แกลบและปุ๋ยมูลไก่ที่ใช้ในการปรับปรุงบำรุงดิน

1.3 การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ไม่จำกัดอายุการเก็บเกี่ยวโดยทั่วไปอายุการเก็บเกี่ยวจะขึ้นกับปริมาณแป้ง ซึ่งมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น พันธุ์มันในแต่ละพันธุ์จะมีเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวไม่เท่ากัน ในพันธุ์ห้วยบง80 มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุด รองลงมาคือพันธุ์ระยอง90 เกษตรศาสตร์50 ระยอง5 ระยอง72 และระยอง60 ตามลำดับมันสำปะหลังจะมีหัวตั้งแต่อายุ 3 เดือนขึ้นไป จนกระทั่งมีอายุ 6 เดือน เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังจะไม่เปลี่ยนแปลง แต่ปริมาณแป้งในหัวจะเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากน้ำหนักหัวสดที่เพิ่มขึ้น การเก็บเกี่ยวควรเก็บที่มันสำปะหลังมีอายุ 12 เดือนจะได้ผลผลิตดี หากเก็บที่อายุมากกว่า 12 เดือนจะมีผลทำให้การปลูกรุ่นต่อไปไม่ตรงกับฤดูกาล (กรมพัฒนาที่ดิน, 2546; จำลอง เจียมจำนรรจา, 2542) โดยหลังจากขุดหัวมันสำปะหลังแล้วควรรีบนำส่งโรงงานทันทีในระยะ 2 วันแรกหัวมันยังไม่เน่าเสียและเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวยังไม่ลดลงหากปล่อยทิ้งไว้เกิน 4 วัน หัวมันสำปะหลังจะเน่าเสียมากและเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวจะลดลง

มันสำปะหลังชนิดขมหรือมันสำปะหลังทางการค้า เป็นพืชไร่ที่ได้เปรียบพืชไร่ชนิดอื่น โดย สามารถยืดหยุ่นอายุการเก็บเกี่ยวได้ โดยทั่วไปจะเก็บเกี่ยวที่อายุประมาณ 8-12 เดือน เนื่องจากให้ผลผลิตต่อไร่สูงและมีเชื้อแป้งในหัวมันสูง (จิณณจาร์ เศรษฐสุข, 2537) เกษตรกรจะเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังตามความจำเป็น เช่น ราคา และแรงงาน เป็นต้น

2. การปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

เกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือนิยมปลูกมันสำปะหลัง เนื่องจากเป็นพืชเศรษฐกิจที่รัฐบาลให้ความสำคัญ ต้นทุนในการปลูกต่ำกว่าพืชอื่น เช่น อ้อยและยางพารา มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดี เช่น ทนต่อ โรค แมลง และความแห้งแล้ง ปัจจุบันมีหลายจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งราคาขายยังมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้เกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเลือกที่จะปลูกมันสำปะหลังกันอย่างแพร่หลายและเพิ่มพื้นที่ปลูกขึ้นอย่างรวดเร็ว ราคาของมันสำปะหลังที่ปรับตัวสูงขึ้นตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2548 ถึงปี พ.ศ. 2551 ที่มีราคา 1.9 บาท/ก.ก ผลตอบแทนสุทธิ 2,894 บาท/ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551ค) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีจังหวัดที่ปลูกมันสำปะหลังที่เป็นแหล่งผลิตที่สำคัญของประเทศ ได้แก่ จังหวัด

นครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ ขอนแก่น กาฬสินธุ์ มหาสารคาม อุดรธานี เป็นต้น โดยมีพื้นที่ปลูกทั้งภาคประมาณ 4 ล้านไร่ หรือ 57 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก และมีผลผลิตรวมทั้งภาคสูงถึง 14 ล้านตัน ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 3.6 ตัน/ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550)

ปัญหาในการผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยและภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตนั้น พบว่าการขยายพื้นที่ปลูกจะไม่สามารถกระทำได้ เนื่องจากมีอัตราการแข่งขันสูงกับพืชชนิดอื่น เช่น อ้อย ข้าวโพด และยางพารา อัตราแรงงานที่มีน้อยและค่าแรงสูง นโยบายของรัฐบาลเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรโดยการผลักดันให้มีราคาขายสูงขึ้น ทำให้เกษตรกรจะมีรายได้สูงขึ้น แต่ในขณะเดียวกันกลับมีผู้บริโภคที่ลดลงเนื่องจากค่าต้นทุนในการผลิตที่สูง (Charae Chutharatkul, 2002) นโยบายในการแก้ปัญหาการผลิตด้วยการส่งเสริมพัฒนาพื้นที่ปลูกด้วยการนำเทคโนโลยีเข้าไปส่งเสริม เช่น การลดพื้นที่ปลูกแต่ส่งเสริมการจัดการพื้นที่ปลูกที่มีศักยภาพให้มีผลผลิตต่อไร่ที่สูงขึ้น การพัฒนาด้านเครื่องจักรสำหรับเก็บหัวมันสำปะหลัง การพัฒนาพันธุ์ที่เหมาะสมในแต่ละสภาพพื้นที่ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่นำมันสำปะหลังมาเป็นวัตถุดิบ เช่น เอทานอล พลาสติก เป็นต้น

3. การวิเคราะห์ความต้องการของมันสำปะหลัง

3.1 คุณสมบัติทางกายภาพของดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกมันสำปะหลัง

ในการผลิตมันสำปะหลังให้ได้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ดีนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายปัจจัยด้วยกัน ในส่วนของปัจจัยทางด้านกายภาพของดินมีส่วนสำคัญในการให้ผลผลิตของมันสำปะหลัง

กรมวิชาการเกษตร (2529) ได้วิเคราะห์และรายงานผลความต้องการการใช้ที่ดินทางด้านคุณสมบัติทางกายภาพของดิน สำหรับปลูกมันสำปะหลัง คือต้องเป็นดินร่วน ดินร่วนปนทราย หรือดินทรายมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีอินทรียวัตถุไม่ต่ำกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีการระบายน้ำดีและถ่ายเทอากาศดี ระดับหน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร

โดยทั่วไปมันสำปะหลังจะเจริญเติบโตได้ดีในดินทุกชนิด ชอบดินร่วนปนทราย มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางมีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.5-8.0 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2546) ผลผลิตของหัวมันสำปะหลังจะขึ้นอยู่กับเนื้อดินมากกว่าธาตุอาหารในดิน ซึ่งในดินเนื้อหยาบ (Corse-Loamy : Entisols < Fine - Loamy : Untisols) จะมีศักยภาพสูงกว่าดินเนื้อปานกลาง (Loamy : Alfisol) ดินร่วนตื้น (Loamy - Skelat) และดินเนื้อละเอียดที่มีปริมาณดินเหนียวมาก (Very fine : Oxisols > Vertisols) (กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ, 2550)

ลักษณะทางกายภาพของดิน มีส่วนสำคัญในการกำหนดการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นโดยเฉพาะความชื้นในดิน หากดินมีความชื้นสูง ความสูงของทรงพุ่ม การเจริญเติบโตรวมทั้งการสะสมน้ำหนักแห้งจะมีสูง (Conner, Cock, & Para, 1981)

3.2 คุณสมบัติทางเคมีของดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกมันสำปะหลัง

ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชนั้น มีอยู่ 16 ธาตุ เป็นธาตุที่ได้จากอากาศได้แก่ คาร์บอน ในรูปของ CO_2 (คาร์บอนไดออกไซด์) ธาตุที่ได้จากน้ำ ได้แก่ ไฮโดรเจน (H) และ ออกซิเจน (O) ในรูปของ H_2O (น้ำ) ธาตุที่ได้จากดิน ปุ๋ย โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

ธาตุอาหารหลัก (Major element)

ธาตุอาหารหลักเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณมาก ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโปตัสเซียม (K) ธาตุอาหารหลักในดินจะเป็นตัวปัจจัยหลักด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง เช่น ในดินเปรี้ยว มันสำปะหลังจะมีผลผลิตที่ต่ำอันเนื่องมาจากความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินไม่เพียงพอ (Howeler, 1985) การขาดแคลนโปแตสเซียมในดินก็เป็น

ปัจจัยจำกัดการเจริญเติบโตด้วยเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันหลายปีซึ่งจะมีผลต่อเนื่องทำให้เกิดการนำเอาธาตุโปตัสเซียมออกไปจากดินในพื้นที่ปลูกในช่วงการเก็บเกี่ยวขุดหัวมันสำปะหลัง (Howeler, 1991)

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อมันสำปะหลัง เนื่องจากเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน เอนไซม์ ฮอร์โมน นิวคลีโดโปรตีน อะดีโนซีนไตร-ฟอสเฟต (ATP) คลอโรฟิลล์ และสารประกอบอินทรีย์มากมาย ซึ่งทั้งหมดนี้มีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง การหายใจ ดังนั้นธาตุอาหารไนโตรเจนจึงมีส่วนช่วยในการสร้างผลผลิต และคุณภาพผลผลิตอย่างมาก หากมันสำปะหลังได้รับไนโตรเจนน้อยเกินไปจะทำให้ต้นแคระแกรน หัวมันเล็ก แต่ในทางกลับกันหากได้รับมากจนเกินไป จะทำให้เกิดการสะสมแป้งลดลง และหัวมันเล็ก เปอร์เซ็นต์แป้งลดลงอย่างมาก หัวไม่มีคุณภาพ ดังนั้นดินต้องมีปริมาณธาตุไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อความต้องการของต้นมันสำปะหลัง

ฟอสฟอรัส เป็นธาตุอาหารที่สำคัญสำหรับการสร้างพลังงานและการควบคุมความเป็นกรดเป็นด่างภายในต้นพืช และเป็นตัวช่วยในเรื่องของการขนย้ายสารต่าง ๆภายในต้นพืช มันสำปะหลังที่ขาดฟอสฟอรัสจะทำให้การสะสมแป้งในหัวลดลง

โพแทสเซียม เป็นธาตุอาหารที่สำคัญต่อการควบคุมการเคลื่อนย้ายทางท่ออาหาร ทำให้อินทรีย์สารเคลื่อนย้ายไปยังส่วนต่าง ๆ ได้อย่างสะดวก และช่วยในการควบคุมการสร้างเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแป้งในหัวมันสำปะหลัง

ธาตุอาหารรองหรือธาตุรอง (Secondary element)

ธาตุอาหารรอง คือธาตุอาหารที่เป็นส่วนประกอบของพืชเป็นปริมาณรองลงไปจากธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ธาตุแคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S)

ธาตุอาหารปริมาณน้อย (Minor element)

ธาตุอาหารปริมาณน้อย คือกลุ่มธาตุที่พืชต้องการเป็นปริมาณเพียงน้อย ๆ เท่านั้น ถ้ามีอยู่ในดินเพียงเล็กน้อยพืชก็สามารถเจริญเติบโตได้อย่างปกติ หรือเรียกอีกอย่างว่า “ธาตุเสริม” ได้แก่ เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) แมงกานีส (Mn) โบรอน (Bo) โมลิบดินั่ม (Mo) และคลอรีน (Cl)

มันสำปะหลังมีความต้องการอาหารธาตุแต่ละอย่างไม่เท่ากัน ธาตุอาหารแต่ละชนิดมีหน้าที่แตกต่างกันไป ส่วนใหญ่แล้วเป็นองค์ประกอบในเนื้อเยื่อ (Plant tissue) และเป็นตัวเร่ง (Catalyst) ในขบวนการต่าง ๆ บางอย่างทำหน้าที่สนับสนุนหรือควบคุม Membrane permeability ค่าปฏิกิริยาดินหรือความเป็นกรดด่างในดินที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 5.5 - 7.5 ตัวอย่างเช่น โปตัสเซียมพบอยู่ใน Cytoplasm ของ Cell เป็นธาตุสำคัญที่ช่วยในขบวนการสร้างน้ำตาลและแป้ง ช่วยเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลจากส่วนยอดไปสะสมในหัวแคลเซียมอยู่ในผนังเซลล์ แมกนีเซียมในโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ ไนโตรเจน กำมะถันและฟอสฟอรัส ในโปรตีนรูปต่าง ๆ แร่ธาตุอื่น เช่น เหล็ก ทองแดง และสังกะสี เป็นธาตุปริมาณน้อยที่บทบาทสำคัญใน Enzyme system

3.3 ปัจจัยด้านภูมิอากาศ

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกในเขตร้อน ตั้งแต่เส้นรุ้งที่ 30 องศาใต้ ถึงเส้นรุ้งที่ 30 องศาเหนือในเขตหนาวหรือในเขตอบอุ่นที่มีอุณหภูมิเย็นจัดจนถึงขั้นมีหิมะตก มันสำปะหลังจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ในเขตร้อนที่ปลูกมันสำปะหลัง พบว่าเจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินฟ้าอากาศแตกต่างกันอย่างกว้างขวาง โดยเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่มีฝนตกชุก อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต 25–37 องศาเซลเซียส และต้องการแสงแดดประมาณ 10-12 ชั่วโมง/วัน (กรมวิชาการเกษตร, 2547) มันสำปะหลังเป็นพืชที่ชอบแสงแดด ในระบบที่จำกัดแสงแดดทำให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโต และสร้างหัวลดลง เช่นการปลูกมันสำปะหลังในสวนมะพร้าว เป็นต้น เมื่อจำกัดการรับแสงแดดให้มันสำปะหลัง 32 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 12 มี.ค. 2556
เลขทะเบียน 209101
เลขเรียกหนังสือ

แสงแดดทั้งหมดที่จะได้รับ จะมีผลทำให้การเจริญเติบโต อัตราการสร้างรากฝอยลดลงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อจำกัดการรับแสงแดดให้มันสำปะหลัง 78 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณแสงแดดที่จะได้รับ จะมีผลต่ออัตราการสร้างรากฝอยและในช่วงการสร้างหัวและสร้างแป้งของมันสำปะหลัง (Aresta & Fukai, 1984)

3.4 ปัจจัยด้านน้ำ

มันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถทนแล้งได้ดี ทนต่อการขาดน้ำได้นาน 3-4 เดือน สามารถปลูกในพื้นที่ที่มีกระจายสม่ำเสมอประมาณ 1,000 -1,500 มิลลิเมตร/ปี (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีต้องมากกว่า 1,000 มิลลิเมตร จนถึง 1,300 มิลลิเมตร/ปี แต่ทั้งนี้ในพื้นที่ที่มีฝนตกชุกจะต้องมีการระบายน้ำดี เพราะหากมีน้ำท่วมเพียงวันเดียวอาจทำให้เสียหายได้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2546)

3.5 ปัจจัยด้านสภาพพื้นที่

กรมวิชาการเกษตร (2529) กล่าวว่าสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับปลูกมันสำปะหลังควรมีคุณลักษณะของสภาพพื้นที่ ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 200 เมตร ไม่มีน้ำท่วมขัง ซึ่งจะทำให้หัวมันสำปะหลังเน่าได้หากมีน้ำท่วมขังในพื้นที่ปลูก

3.6 ปัจจัยด้านอื่น ๆ

ในระหว่างเดือนแรกหลังการปลูกมันสำปะหลังจะมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นเป็นส่วนใหญ่ โดยอัตราการเจริญเติบโตจะช้าลงเรื่อย ๆ ตามอายุ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ซึ่งเป็นตัวกำหนดด้วย (Cock, et al, 1979)

จำลอง เจียมจำนรรจา (2542) รายงานว่ามันสำปะหลังสามารถปลูกได้ตลอดปี การเลือกฤดูกาลปลูกขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ปริมาณน้ำฝน ชนิดดิน และ พันธุ์ เป็นต้น จากการปรับปรุงพันธุ์ของกรมวิชาการเกษตรร่วมกับมหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์ เช่น พันธุ์ระยอง 5 และเกษตรศาสตร์ 50 จะให้ผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสูงทุกฤดู จึงสามารถปลูกได้ทั้งปี

ปัญหากษัยการดินเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อการให้ผลผลิตมันสำปะหลัง ซึ่งในด้านการจัดการพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเพื่อลดการกษัยการดิน (Tongglum, Suriyapan, & Howeler, 2000) รายงานการวิจัยการปลูกมันสำปะหลังโดยให้มีการไถให้น้อยลง นอกจากจะลดต้นทุนการผลิตแล้วยังสามารถลดการกษัยการดินได้ ซึ่งการให้ผลผลิตมันสำปะหลังไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับในแปลงที่มีการไถในพื้นที่อย่างต่อเนื่อง ในด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ เช่นการปลูกหญ้าแฝกในพื้นที่ที่มีกษัยการดิน สามารถลดอัตราการสูญเสียดิน และความอุดมสมบูรณ์ของดินในแปลงมันสำปะหลังได้อย่างดี ซึ่งกรมพัฒนาที่ดินได้ส่งเสริมให้ปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวขวางความลาดเทของพื้นที่ โดยให้ปลูกสลับกับแถวปลูกของมันสำปะหลัง ในทุก ๆระยะที่ 20-30 เมตร ซึ่งแถวของหญ้าแฝกจะเป็นกำแพงในการลดแรงไหลบ่าของน้ำและดักตะกอนดินได้ดีมาก สามารถลดการสูญเสียดินและน้ำอย่างเห็นได้ชัด

4. การประเมินที่ดิน

การประเมินที่ดิน (Land evaluation) เป็นกระบวนการคัดเลือก วิเคราะห์ และพิจารณาศักยภาพของคุณลักษณะของที่ดิน ปัจจัยวินิจฉัยร่วมกัน เพื่อกำหนดเป็นคุณภาพที่ดินที่มีผลต่อการใช้ที่ดินประเภทต่าง ๆ เป็นกระบวนการที่มีความสำคัญสำหรับการสนับสนุนการตัดสินใจการใช้ที่ดิน และการวางแผนการใช้ที่ดิน ให้ถูกต้องและตรงกับความต้องการการใช้ที่ดินและสมรรถนะของที่ดิน หน่วยงานและนักวิจัยได้ให้คำจำกัดความและแนวทางในการประเมินที่ดิน ดังตัวอย่างพอสังเขปต่อไปนี้

FAO (1983) หน่วยงานที่มีความสำคัญด้านพืชเกษตรและอาหารโลก ได้เสนอแนวทาง และหลักในการประเมินที่ดินสำหรับพืชไร่อาศัยน้ำฝน (Guidelines: Land evaluation for rainfed agriculture) โดยเสนอคุณภาพที่ดินไว้ทั้งหมดจำนวน 25 คุณภาพที่ดิน ซึ่งถือว่าเป็นหลักในการประเมินที่ดินสากลและที่เป็นที่ยอมรับในหลายประเทศ และหลายหน่วยงานของประเทศไทย โดยในแนวทางในการประเมินที่ดินตามหลักของ FAO เป็นการนำคุณภาพที่ดิน เปรียบเทียบกับความต้องการการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งแบ่งออกความต้องการด้านพืช (Crop requirements) ความต้องการด้านการจัดการ (Management requirements) และความต้องการด้านการอนุรักษ์ (Conservation requirements)

Sys, Ranst, and Debaveye (1991) กล่าวว่า การประเมินที่ดินเป็นกระบวนการเบื้องต้นในการตัดสินใจการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งต้องพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินกับคุณลักษณะการใช้ที่ดิน ซึ่งในการประเมินจากปัจจัยของที่ดิน 2 ด้าน ได้แก่ ด้านกายภาพ (Physical) ด้านเศรษฐกิจสังคม (Socio-economic) ด้านการอนุรักษ์ (Conservation) และสิ่งแวดล้อม (Environment)

กรมพัฒนาที่ดิน (2530) ได้ให้คำจำกัดความของคำว่า "การประเมินที่ดิน" (Land evaluation) ว่า เป็นการคาดคะเนเกี่ยวกับการใช้ที่ดินตามศักยภาพของทรัพยากรที่ดินบนพื้นฐานการวางแผนการใช้ที่ดิน โดยเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติและลักษณะของที่ดินกับความเหมาะสมทางการเกษตร ความต้องการของผู้ใช้ที่ดินกับการตอบสนองในทรัพยากรต่าง ๆ ในบริเวณนั้น เพื่อให้มีผลตอบแทนมากที่สุด โดยคำนึงถึงศักยภาพ เศรษฐกิจ และสภาวะแวดล้อม สำหรับการประเมินที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินในอดีตที่ผ่านมานั้นได้ยึดหลักในการประเมินคุณภาพที่ดินของกระทรวงเกษตรแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (USDA) เป็นระบบที่เรียกว่า Land capability classification ซึ่งสามารถตอบวัตถุประสงค์ได้เพียงในระดับกว้างทั่ว ๆไปเท่านั้น ต่อมาในปี พ.ศ. 2527 กรมพัฒนาที่ดินได้เริ่มนำวิธีการประเมินที่ดินคุณภาพที่ดินของ FAO framework ค.ศ. 1983 มาใช้ เนื่องจากเห็นว่าวิธีการนี้สามารถใช้ได้กับทุกระดับมาตราส่วนของการสำรวจ และตอบวัตถุประสงค์ได้เที่ยงตรงในทุกระดับของการสำรวจ (บัณฑิต ตันศิริ และ คำรณ ไทรฟัก, 2539)

5. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการรับรู้จากระยะไกลในการประเมินที่ดิน

Eiumnoh, Rajendra, and Shrestha (1999) ได้ประเมินพื้นที่และผลผลิตของมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยใช้เทคโนโลยีทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการรับรู้จากระยะไกล ซึ่งข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้คือภาพถ่ายดาวเทียม NOAA-AVHRR ในการประเมินพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 2 ปี คือ 1995 และ1996 นำข้อมูลพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเชิงพื้นที่เปรียบเทียบกับข้อมูลพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังจากมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย (TTDI) และ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (OAE) พบว่าการนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเมินพื้นที่ปลูกพืช สามารถเป็นฐานข้อมูลในการติดตามสถานการณ์การเพาะปลูก และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินได้เป็นอย่างดี

สุวิทย์ วิบูลย์เศรษฐ์ และคณะ (2538) ได้นำภาพถ่ายดาวเทียมและสารสนเทศ มาจัดทำแผนที่เหมาะสมต่อการปลูกยางอำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม โดยใช้ปัจจัยในการประเมินประกอบด้วย การใช้ประโยชน์ของที่ดิน ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา และข้อมูลดิน และนำมาสร้างเป็นฐานข้อมูลและนำมาวิเคราะห์ด้วยการซ้อนทับกันภายใต้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่าพื้นที่ศึกษามีความเหมาะสมต่อการปลูกยางในระดับพื้นที่ปลูกยางชั้นที่ 3 เป็นส่วนใหญ่ และให้ผลผลิตระหว่าง 128-258 กิโลกรัม/ไร่/ปี การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มาเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ ทำให้สามารถจัดทำแผนที่เพื่อแสดงผลได้สะดวกและเหมาะสม นอกจากนี้สามารถปรับปรุงและแก้ไขฐานข้อมูลได้ง่าย

Patil, Prathumchai, Samarakoon, and Honda (2001) ได้พัฒนาการใช้ข้อมูลสังคม - เศรษฐกิจร่วมกับการวิเคราะห์ความเหมาะสมและสถานะการใช้ที่ดินปัจจุบันในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (สกลนคร นครพนม มุกดาหาร และกาฬสินธุ์) พบว่าในพื้นที่ที่มีการทำการเกษตรไม่สามารถยกระดับพื้นฐานทางสังคมได้ ดังนั้นการวางแผนกลยุทธ์ซึ่งมีความจำเป็นด้านทรัพยากรทั้งหมด รวมทั้งทรัพยากรมนุษย์ สถานภาพของสิ่งแวดล้อมเพื่อนำไปสู่การเปลี่ยนแปลง การที่จะเพิ่มผลผลิตต้องใช้ประโยชน์จากปัจจัยต่าง ๆ เพื่อกำหนดความเหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นนาข้าว มันสำปะหลัง หรือยางพารา

Ali, Farzin, and Mohammad (2009) ได้ประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืช 3 ชนิดได้แก่ข้าว สาลี ถั่ว และ ข้าวโพด โดยใช้ระบบ MicroLEIS DSS ซึ่งเป็นโปรแกรมสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อประเมินความเหมาะสมของที่ดินด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเหมาะสม ได้แก่ ข้อมูลเนื้อดิน และการระบายน้ำของดิน

Bhagat, et al (2009) วิเคราะห์ความเหมาะสมของที่ดินสำหรับธัญพืชในพื้นที่หุบเขาของประเทศอินเดียด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยในการวิเคราะห์ได้แบ่งออกเป็นช่วงฤดูกาลเพาะปลูก เพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมทางด้านกายภาพตามฤดูกาลผลิต ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการประเมินได้แก่ ข้อมูลฤดูกาลผลิต ความสูงของพื้นที่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ลักษณะดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

Lui, Wang, and Guo (2006) ได้ศึกษาความเหมาะสมของที่ดินบนฐานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับหาพื้นที่ในการปลูกพืชโดยพิจารณาจากปัจจัยด้านกายภาพและการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน จากการวิเคราะห์พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินน่าจะปรับเปลี่ยนพื้นที่ให้อยู่ในชั้นที่ดินที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการ เสื่อมโทรมของที่ดิน

Boix and Zinck (2008) ได้รายงานเกี่ยวกับการใช้ที่ดินในประเทศอาร์เจนตินา ซึ่งเป็นการประเมินความเหมาะสมของที่ดินเพื่อสนับสนุนการปลูกพืชหลายอย่าง การประเมินที่ดินได้ใช้ข้อเสนอแนะของ FAO สำหรับคุณภาพที่ดินที่ได้ทำการทดสอบกับ ถั่วเหลือง ข้าวโพด ข้าวสาลี อ้อย และดอกคำฝอย พบว่าในพื้นที่ศึกษามีเพียง 16 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่มีความเหมาะสม สำหรับพืชที่กำหนด ข้อจำกัดของการปลูกพืชในพื้นที่นี้คือ ปริมาณน้ำฝนที่ค่อนข้างต่ำ ปัญหาน้ำท่วม ปัญหาความลาดชั้นของพื้นที่ งานวิจัยนี้สามารถที่จะสนับสนุนแผนการตัดสินใจในการปลูกพืช

Charuppat and Mongkolsawat (2003) ได้สร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่การประเมินที่ดินภายใต้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในลุ่มน้ำลำพระเพลิงซึ่งช่วยให้การประเมินมีประสิทธิภาพมากและมีความถูกต้องสูง และเป็นฐานข้อมูลที่สนับสนุนการวางแผนการตัดสินใจการใช้ที่ดินของลุ่มน้ำได้เป็นอย่างดี

ธงชัย จารุพพัฒน์ (2545) ได้ทำการศึกษาการวางแผนการใช้ที่ดินในบริเวณลุ่มน้ำลำพระเพลิง ด้วยการสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ความเหมาะสมต่อการปลูกพืช และนำฐานข้อมูลที่ได้มาสนับสนุนการวางแผนการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำลำพระเพลิง การศึกษาพบว่าการประเมินที่ดินเพื่อการวางแผนเพื่อการตัดสินใจด้วยการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มีความสอดคล้องกับพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังสามารถอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้และทรัพยากรดินในลุ่มน้ำได้อย่างยั่งยืน

Adornado and Yoshida (2008) พัฒนาข้อมูลความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วยระบบสาสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินความเหมาะสมของพืช ในพื้นที่จังหวัด Bukidnon และจังหวัด Mindanao ประเทศฟิลิปปินส์ โดยพิจารณาจากข้อมูลลักษณะทางกายภาพดิน และลักษณะทางเคมีดิน เพื่อประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็น อุดมสมบูรณ์สูง ปานกลาง และต่ำ ตามลำดับ จากนั้นนำผลการประเมินมาจับคู่ (Matching) กับความต้องการของพืช ซึ่งระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถวิเคราะห์ในรูปแบบของเชิงพื้นที่ได้อย่างมีศักยภาพ เพื่อการวางแผนการจัดการฟาร์มตามปัจจัยต่าง ๆที่มี

Yamamoto and Sukchan (2003) ได้ประเมินพื้นที่ที่มีความเหมาะสมสำหรับพืชเศรษฐกิจในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 3 ชนิด ได้แก่ ข้าว อ้อย และมันสำปะหลัง โดยในการประเมินด้วยการบูรณาการเชิงพื้นที่โดยใช้คุณสมบัติของดิน และความเป็นประโยชน์ของน้ำ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินและภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้จากการเก็บรวบรวมหลายช่วงเวลา พบว่า พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลังและอ้อย มีมากกว่า 130,000 เฮกแตร์ ซึ่งพบว่ากระจายอยู่ทั่วทั้งภาค และลักษณะของพื้นที่เหมาะสมของทั้ง 2 พืชนั้นมีความใกล้เคียงกันมากโดยส่วนใหญ่จะพบในทิศตะวันออกเฉียงใต้ของภาค

Paiboonsak and Mongkolsawat (2004) สร้างแบบจำลองการวางแผนการใช้ที่ดินสำหรับปลูกข้าว พืชไร่และไม้ยืนต้น ในจังหวัดขอนแก่น จากการบูรณาการเชิงพื้นที่จากการประเมินที่ดินหาพื้นที่ที่เหมาะสมของพืชเศรษฐกิจได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง มะม่วง และยางพารา ซึ่งสามารถนำไปสนับสนุนการตัดสินใจการวางแผนการใช้ที่ดินในระดับจังหวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นแนวทางในการวางแผนในระดับภูมิภาคต่อไป

สถาพร ไพบูลย์ศักดิ์ (2548) ได้ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกพืช จังหวัดขอนแก่น ได้แก่ ข้าว พืชไร่ (อ้อย และมันสำปะหลัง) และไม้ยืนต้น (มะม่วง และยางพารา) โดยใช้ปัจจัยบ่งชี้และคุณภาพที่ดินในการประเมิน ได้แก่ความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ลักษณะทางกายภาพของดิน ลักษณะทางเคมีของดิน สภาพภูมิประเทศ และ การมีปริมาณเกลือที่มาก โดยสร้างหน่วยแผนที่ความเหมาะสมของแต่ละชนิดพืช และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์เพื่อวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งสามารถนำข้อมูลไปสนับสนุนการตัดสินใจในระดับจังหวัดได้เป็นอย่างดี

Mongkolsawat and Paiboonsak (2006) ได้ทำการประเมินที่ดินโดยนำเทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่ที่มีความเหมาะสมสำหรับการปลูก ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และยางพารา ในบริเวณลุ่มน้ำชี โดยใช้แนวทางการประเมินที่ดินของ FAO (1983) เพื่อนำข้อมูลความเหมาะสมของพื้นที่ต่อการปลูกพืชเศรษฐกิจทั้ง 4 มาบูรณาการด้วยการซ้อนทับ เพื่อเป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในการสนับสนุนการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำชี อันก่อให้เกิดการวางแผนเพื่อจัดการทรัพยากรดิน และทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ลุ่มน้ำ ได้ตรงตามศักยภาพและยั่งยืน

Kishore and Jayasuriya (2008) ได้ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับปลูกถั่วเหลืองในพื้นที่ที่มีผลผลิตปานกลางในประเทศไทย โดยประเมินความเหมาะสมทางด้านกายภาพจาก 12 ปัจจัย และวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจ 3 ปัจจัย จากการศึกษาพบว่ามีพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกถั่วเหลืองถึง 77 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด โดยกำหนดค่าคะแนนปัจจัย และพบว่า 86 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่มีความศักยภาพสูงในการปลูกถั่วเหลือง ในการตรวจสอบความถูกต้องโดยการนำข้อมูลผลผลิตเฉลี่ยมาเปรียบเทียบกับระดับความเหมาะสมในพื้นที่ ซึ่งการศึกษาดังกล่าวสามารถเป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจในการผลิตถั่วเหลืองเพื่อให้ได้ผลผลิตที่สูง และเป็นข้อมูลในการเลือกพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองในเขตที่มีศักยภาพ และหาพืชอื่น ๆมาปลูกในพื้นที่ที่ไม่มีศักยภาพสำหรับปลูกถั่วเหลือง

Yanfang and Limin (2002) ใช้หลักการโครงข่ายใยประสาทเทียม (Artificial neural networks: ANN) ในการประเมินความเหมาะสมของที่ดิน ซึ่งพบว่าการประยุกต์ใช้ ANN มีข้อดีมากกว่าวิธีทั่วไปคือ ไม่ต้องกำหนดน้ำหนักในแต่ละปัจจัย และได้ผลตามเป้าหมาย ไม่จำเป็นที่จะต้องหา Function ของการประเมิน อีกประการหนึ่งคือเมื่อสถานการณ์เปลี่ยนแปลงไป เพียงแต่ใช้ตัวอย่างใหม่ก็สามารถที่จะประเมินเพื่อแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว โดยการใช้กระบวนการวิเคราะห์ผ่านโครงข่ายใยประสาทเทียม

Qin and Jixian (2002) ได้ทำการวางแผนการใช้ที่ดินโดยออกแบบบนพื้นฐานของการประเมินความเหมาะสมของการใช้ที่ดิน จากการบูรณาการจากเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งศึกษาในเมือง Yoqyakarta ประเทศอินโดนีเซีย ในการประเมินความเหมาะสมนั้นได้ใช้ ความลาดชันของ

พื้นที่ ปริมาณน้ำฝน ระดับความสูงที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม ชนิดดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน เนื้อดิน ความลึกของดิน โดย ให้น้ำหนักแตกต่างกันในระดับย่อยของคุณภาพที่ดิน

6. วิธีการบูรณาการคุณภาพที่ดินเพื่อกำหนดเขตความเหมาะสมเพื่อการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)

การนำเทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อการประเมินที่ดิน และวางแผนการใช้ที่ดิน มีหลายวิธีการด้วยกัน ซึ่งแต่ละวิธีมีการประเมินแตกต่างกันไป โดยปกติการวิเคราะห์เชิงพื้นที่เพื่อประเมินหาพื้นที่ที่เหมาะสมหรือพื้นที่เสี่ยงภัย มักจะใช้ปัจจัยตัวแปรตั้งแต่ 2 ประเภทขึ้นไปร่วมกับข้อจำกัดของสภาพพื้นที่ โดยการกำหนดระดับคะแนนของตัวแปร (Factor rating) และค่าน้ำหนักของตัวแปร (Criteria weight) ซึ่งมีอยู่หลายวิธี เช่น การกำหนดจากผู้เชี่ยวชาญ (Expert systems) (Van Lanen, Van Diepen, Reinds, De Koning, Bulens, & Bregt, 1992; Habarurema & Steiner, 1997; Cool et al., 2003) การอ้างอิงจากเอกสารงานวิจัยที่มีอยู่และนำมาปรับปรุงให้เหมาะสมกับสภาพของพื้นที่ การกำหนดด้วยวิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือทางสถิติ รวมทั้งการกำหนดโดยใช้แนวคิดของการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ เช่น การใช้เทคนิค Fuzzy logic (Burrough, 1989; Wang, Hall, & Subaryono, 1990; Reshmidevi, Eldho, & Jana, 2009; Nisar Ahamed, Gopal Rao, & Murthy, 2000; Samranpong, Ekasingh B., & Ekasingh M., 2009) การใช้เทคนิค Analytic hierarchy process: AHP (Perveen, Nagasawa, Uddin, & Delowar, 2007) การใช้เทคนิค Pairwise Comparison (Deng, 1999) การใช้เทคนิค Composite mapping analysis (Boonyanuphap, Suratmo, Jaya & Amhar, 2001) และการใช้เทคนิค Simple additive weighting (Malczewski, 1999) เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีเป็นวิธีที่ใช้สำหรับแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับตัดสินใจเชิงพื้นที่ (Spatial multi-attribute) หรือการตัดสินใจจากการประเมินหลายหลักเกณฑ์ (Multi-criteria evaluation: MCE) และใช้ร่วมกันได้อย่างเหมาะสมกับความสามารถของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้านการวิเคราะห์การซ้อนทับ ซึ่งวิธีการดังกล่าวเป็นการกำหนดระดับคะแนนและค่าความสำคัญของตัวแปรด้วยวิธีการบนฐานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS-based approach) ที่จะได้มาซึ่งข้อมูลเชิงพื้นที่สามารถทราบพิกัดตำแหน่ง และในขณะเดียวกันก็สามารถที่จะเก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ได้อย่างเป็นระบบนำมาตรวจสอบแก้ไขได้ง่าย ยกตัวอย่างงานวิจัยในการประเมินที่ดินพอสังเขปได้ดังนี้

6.1 การประเมินจากการกำหนดของผู้เชี่ยวชาญ (Expert system)

การประเมินที่ดิน ในเชิงปริมาณ และคุณภาพ สามารถที่จะพัฒนาและเชื่อมโยงต่อได้ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อประเมินศักยภาพการผลิตพืชในพื้นที่ (Van Lanen et al., 1992) ซึ่งได้ทำการประเมินที่ดินสำหรับข้าวสาลีในแถบทวีปยุโรป โดยในการประเมินและสร้างแบบจำลองจากการกำหนดค่าคะแนนแต่ละปัจจัย โดยใช้ความรู้ความเชี่ยวชาญจากผู้มีประสบการณ์ และนักวิชาการ (Expert knowledge system) ร่วมกับการประเมินสถานการณ์น้ำ สำหรับการผลิตข้าวสาลี ผลการศึกษาที่ได้คือพื้นที่ในเชิงปริมาณเฉพาะในพื้นที่ที่ให้ผลผลิตมาก หรือในพื้นที่ที่ให้ผลผลิตต่ำ ซึ่งในพื้นที่มีศักยภาพสูงในการผลิตควรจะมีมาตรการรองรับในการผลิตข้าวสาลี

Mongkolsawat, Thirangoon, and Kuptawatinan (1997) ได้สร้างแบบจำลองการประเมินที่ดินสำหรับปลูกข้าวในลุ่มน้ำพองตอนล่าง ใช้หลักการประเมินที่ดินของ FAO พืชอาศัยน้ำฝน (FAO guideline for land evaluation for rainfed agriculture) ผลที่ได้จากการศึกษามีความถูกต้องสูงและสามารถเป็นฐานข้อมูลในการสนับสนุนการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งหน่วยที่ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าว ได้มาจากการบูรณาการเชิงพื้นที่ด้วยการซ้อนทับคุณภาพที่ดิน 5 คุณภาพที่ดินจากสมการดังนี้

$$Suitability = W * NAI * R * S * T$$

โดยที่ W แทน ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์
NAI แทน ปริมาณธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์
R แทน การรักษาน้ำและธาตุอาหารของดิน
S แทน ผลกระทบจากดินเค็ม และ T คือสภาพพื้นที่

Habarurema and Steiner (1997) ได้ประเมินความเหมาะสมของที่ดิน ในพื้นที่ภูเขา ทางตอนใต้ของประเทศ Rwanda ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีปัญหาจากษัยการดิน จึงต้องหาวิธีการการจัดพื้นที่ที่เหมาะสม โดยที่อนุรักษ์พื้นที่เกษตรนิเวศ (Agro-ecological zone) พร้อมกันด้วย โดยวิธีการประเมินที่ดินนั้นได้ยึดหลักจากประสบการณ์ความเชี่ยวชาญของเกษตรกรในพื้นที่เอง ซึ่งเกษตรกรสามารถเข้าใจสภาพพื้นที่ของตนเองเป็นอย่างดี และจำแนกความเหมาะสมของที่ดิน และการจัดการกับพืชที่ตนเองปลูกได้ โดยกำหนดคุณภาพที่ดินหลัก ได้แก่ ความอุดมสมบูรณ์ของดีน ความลึกดิน โครงสร้าง สีดิน และเกษตรกรสามารถกำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่นได้ เช่น พืชที่ปลูก เนื้อดิน วัตถุต้นกำเนิดดิน เป็นต้น

Kalogirou (2002) ได้ประเมินที่ดินด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ด้วยการสร้างแบบจำลองความเหมาะสมพืช (ข้าวสาลี, ข้าวบาเล่ย์, ข้าวโพด, ฝ้าย, และหัวบีท) ตามหลักการประเมินของ FAO ในการประเมินแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือการประเมินทางด้านกายภาพ และการประเมินทางด้านเศรษฐกิจสังคม โดยการบูรณาการที่ดินจำนวน 17 ปัจจัยแบ่งออกเป็น 3 คุณภาพที่ดิน ได้แก่ Factor A (สภาวะการเขตกรรม ความเป็นพิษของดิน ความลาดชันของพื้นที่ กษัยการดิน สภาวะการหยั่งลึกของราก) Factor B (ความเป็นพิษจากเกลือ) และ Factor C (ระดับน้ำ ความเสียหายจากน้ำท่วม และสภาพการระบายน้ำของดิน) ประเมินผลภาพรวม จากสมการดังนี้

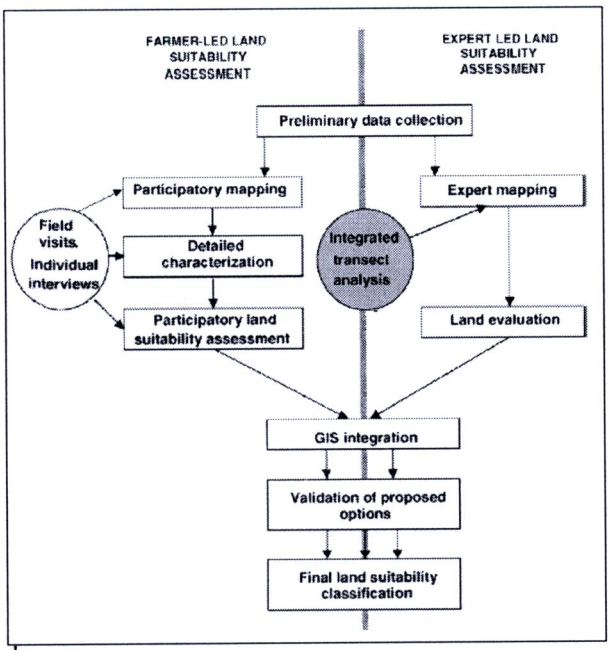
$$Final\ Score = (Factor\ A)*(Factor\ B)*(Factor\ C)/1000$$

โดยที่ Factor A = (soil tox + var7 + var8 + var9 + var10 + var11 + var12)/6
soil-tox = (var1 + var2 + var3 + var4 + var5 + var6)/6
Factor B = (var13 + var14)/2
Factor C = (var15 + var16 + var17)/3

การวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจจากการรวบรวมข้อมูลรายได้สูงสุด ซึ่งการประเมินด้วยวิธีการกำหนดจากผู้เชี่ยวชาญ เป็นวิธีที่ช่วยในการประเมินที่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัย ภายใต้หลักเกณฑ์ที่แตกต่างและความหลากหลายของพื้นที่

Cool, De Pauw, and Deckers (2003) ประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกมะกอก (Olive) ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ตามหลักการประเมินที่ดิน และการประเมินจากเกษตรกร นักวิชาการในพื้นที่ทางตะวันตกเฉียงเหนือ ของประเทศซีเรีย โดยในการบูรณาการเพื่อให้ได้ความเหมาะสมเพื่อหาแนวทางการผลิตอย่างยั่งยืน แล้วทำการผสมผสานระหว่างวิธีการประเมินจากเกษตรกร (Farmer-led land suitability assessment: FLSA) กับการประเมินจากนักวิชาการ (Expert-led land suitability assessment: ELSA) โดยนำข้อมูลของเกษตรกรที่เข้าใจถึงสภาพพื้นที่ สภาพอากาศ มาทำการประเมินแบบมีส่วนร่วมกับการ

ประเมินตามหลักการของนักวิชาการที่ได้ประเมินความเหมาะสมทางกายภาพตามหลักการของ FAO จากการบูรณาการปัจจัยทางด้าน สภาพพื้นที่ (Topography) ความชื้นของดิน (Wetness) ลักษณะทางกายภาพของดิน (Physical soil characteristics) ความอุดมสมบูรณ์ดิน (Soil fertility characteristics) และความเค็มของดิน (Salinity and alkalinity) ดังภาพที่ 4 ผลการศึกษาพบว่าการประเมินด้วยการบูรณาการของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถผสมผสานและรองรับการประเมินจากข้อมูลความรู้ของเกษตรกรกับนักวิชาการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเกษตรกรสามารถนำวิธีการประเมินของนักวิชาการไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่เพาะปลูกของตนเองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต่อไป



ที่มา: Cool et al. (2003)

ภาพที่ 4 การประเมินความเหมาะสมของที่ดินด้วยการผสมผสานระหว่างวิธี FLSA กับวิธี ELSA

พรเพ็ญ คุปตวุฒินันท์ (2541) ได้สร้างโมเดลเชิงพื้นที่เพื่อใช้ประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกพืชเศรษฐกิจได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ ในลุ่มน้ำสงคราม การประเมินได้ยึดแนวทางของ FAO (1983) ปัจจัยที่ใช้ในการประมินความเหมาะสมประกอบด้วยน้ำที่เป็นประโยชน์ ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจน ดัชนีความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร การักษาน้ำ สภาวะการหยั่งลึกของราก ความเสียหายจากความเค็ม และสภาพภูมิประเทศ ผลจากการศึกษาพบว่าเมื่อนำผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินไปตรวจสอบความถูกต้องกับแผนที่ความเหมาะสมของที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งก็พบว่าให้ผลเป็นที่น่าพอใจ

Paiboonsak, Chanket, Yommaraka, and Mongkolsawat (2004) ได้สร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่สำหรับปลูกอ้อย ในจังหวัดอุดรธานี จากการวิเคราะห์ความต้องการการใช้ที่ดินสำหรับอ้อย และประเมินที่ดินตามหลักการของ FAO guideline ให้ค่าคะแนนคุณภาพที่ดินโดยการรวบรวมงานวิจัยและจากผู้เชี่ยวชาญ เช่น กรมพัฒนาที่ดิน ได้แก่ ภูมิอากาศ สภาพพื้นที่ คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของดิน และความเป็นพิษของดิน บูรณาการคุณภาพที่ดินเชิงพื้นที่ เพื่อสร้างแบบจำลองความเหมาะสมของพื้นที่สำหรับปลูกอ้อย โดยระบบ

สารสนเทศภูมิศาสตร์ นั้นเป็นระบบหนึ่งที่จะช่วยในการวางแผนการจัดการทรัพยากรในพื้นที่ และที่สำคัญเพื่อนำไปสู่การวางแผนในเชิงยุทธศาสตร์ต่อไป

Martin and Saha (2009) ประเมินที่ดินโดยการบูรณาการด้วยเทคโนโลยีการับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการปลูกพืชไร่ในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยวัตถุประสงค์เพื่อการกำหนดการปลูกพืชที่เหมาะสมสำหรับในฤดูร้อนและฤดูหนาว โดยการบูรณาการข้อมูลได้แก่ข้อมูลดิน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ปริมาณน้ำฝน และภูมิอากาศ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้มาจากภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat TM และการสำรวจดินประกอบไปด้วย โดยหลักการที่ใช้ในการประเมินความเหมาะสมโดยทำการแยกพื้นที่ที่ไม่ใช่การเกษตรออก ด้วยวิธีการกำหนดสมรรถนะของที่ดินตามหลักการของ USDA Land capability classification (USDA LCC) และจากนั้นนำหลักการการประเมินที่ดินของ FAO กำหนดคุณภาพที่ดินที่พืชต้องการ ได้แก่ เนื้อดิน ความลึกดิน การระบายน้ำของดิน กษัยการดิน ปริมาณกรวดบนชั้นดิน และ ข้อมูลความเสียหายจากน้ำท่วม เพื่อประเมินความเหมาะสมสำหรับปลูกข้าว ข้าวสาลี ข้าวโพด กะหล่ำปลี อ้อย เป็น เหมาะสมมาก (S1) เหมาะสมปานกลาง (S2) เหมาะสมน้อย (S3) และไม่เหมาะสม (N) ซึ่งในการพัฒนาลุ่มน้ำการประเมินที่ดินด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีส่วนสำคัญอย่างยิ่งและเป็นระบบการวิเคราะห์ที่เป็นแบบแผนเพื่อการกำหนดความเหมาะสมตามลักษณะของหน่วยที่ดินที่แตกต่างกัน

6.2 การประเมินแบบการถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย (Simple additive weighting: SAW)

เชาว์ ยงเฉลิมชัย, ชาญชัย ธนาวุฒิ, สุรชาติ เพชรแก้ว, สุรจรรยา (บุณวรรณโณ) พงศ์สวรรค์ และณัลลิกา โตจินดา (2552) ประเมินความเหมาะสมของพื้นที่ต่อการปลูกปาล์มน้ำมันในอำเภออ่าวลึก จังหวัดกระบี่ โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักและค่าคะแนนของปัจจัย โดยปัจจัยที่ใช้ประเมิน ได้แก่คุณสมบัติของดิน สภาพพื้นที่ สภาพภูมิอากาศ โดยจัดลำดับเป็นเหมาะสมมาก ปานกลาง เล็กน้อย และไม่เหมาะสม โดยในการประเมินระดับความเหมาะสมของที่ดินจากปัจจัยดังกล่าว โดยให้ค่าคะแนนรวมของปัจจัยที่ใช้ในการประเมินระดับความเหมาะสมของที่ดินสำหรับการปลูกปาล์มน้ำมัน โดยคิดค่าคะแนนสมการดังต่อไปนี้

$$Wt = \sum_{i=1}^{n} MiWi$$

โดยที่ Wt แทน ระดับความเหมาะสมของดินต่อการปลูกปาล์มน้ำมัน
Mi แทน ค่าคะแนนของปัจจัยที่ 1 ถึง n
Wi แทน ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยที่ 1 ถึง n
n แทน จำนวนของปัจจัยทั้งหมด

วรวิทย์ อัคนิพัชร (2552) ได้ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่เหมาะสมของทำเลที่ตั้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มในจังหวัดชุมพร ในการประเมินพื้นที่แบบซ้อนทับข้อมูล และกำหนดค่าน้ำหนักแบบการถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย (Simple additive weighting: SAW) ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ 6 ปัจจัย ได้แก่ (1) ความใกล้เคียงแหล่งวัตถุดิบ (2) ราคาที่ดิน (3) ความใกล้แหล่งน้ำ (4) การมีเส้นทางคมนาคมสะดวก (5) การอยู่ในเขตที่รัฐให้การส่งเสริม และ (6) การใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งการคำนวณค่าพื้นที่เหมาะสมของทำเลที่ตั้งโรงงานได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$M_i = \sum_j W_j X_{ij}$$

โดยที่ M_i แทน ผลรวมทั้งหมดของค่าน้ำหนักและค่ามาตรฐานในชั้นข้อมูล i

X_{ij} แทน ค่ามาตรฐานของค่าลำดับชั้นข้อมูลย่อย i ในชั้นข้อมูล j

W_j แทน ค่าน้ำหนักในรูปปกติจากชั้นข้อมูล j

6.3 การประเมินแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multi-criteria evaluation: MCE)

การประเมินแบบหลายหลักเกณฑ์ เป็นวิธีเลือกพิจารณาหลักเกณฑ์ที่แตกต่างกันในหลายมุมมอง ซึ่งวิเคราะห์จากการพิจารณาหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องหลายหลักเกณฑ์ไปพร้อมกัน (Malczewski, 1999) เนื่องจากกระบวนการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ เมธี เอกะสิงห์ (2544) กล่าวว่า การประเมินแบบหลายหลักเกณฑ์มักประกอบด้วยหลักเกณฑ์เป็นจำนวนมาก ซึ่งมีข้อจำกัด และปัจจัยที่เป็นค่าต่อเนื่อง จึงจำเป็นต้องมีกฎเกณฑ์สำหรับตัดสินใจ (decision rule) ในการประเมินการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multiple criteria decision making, MCDM) ผลลัพธ์ที่ได้ เป็นค่าดัชนีแสดงลำดับความสำคัญหรือความเหมาะสม ของทางเลือกแต่ละทางเลือก

Wan Fan, Wang Zhen, Li Fengmin, Cao Huhua, and Sun Guojun (2009) ได้จำแนกความเหมาะสมของที่ดินสำหรับข้าวโอ๊ต (Avena sativa L.) และข้าวโอ๊ตไร้เปลือก (Avena nuda L.) ในประเทศจีน โดยใช้เทคนิคการประเมินจากหลายหลักเกณฑ์ และบูรณาการข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการประเมิน ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ สภาพพื้นที่ ดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน และพันธุ์ข้าวโอ๊ต ผลการศึกษามีความเหมาะสมและถูกต้องสามารถเอื้อประโยชน์ในพื้นที่เพาะปลูกหญ้าและพื้นที่แห้งแล้งในทางตอนเหนือของประเทศจีน และแผนที่ความเหมาะสมที่ได้สามารถสนับสนุนและส่งเสริมการปลูกข้าวโอ๊ตในประเทศจีน และยังสามารถเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูลความรู้จากนักวิชาการ และเทคโนลียีการผลิตข้าวโอ๊ตได้เป็นอย่างดี

Saroinsong, Harashina, Arifin, Gandasasmita, and Sakamoto (2007) ได้พัฒนาข้อมูลทรัพยากรที่ดินโดยวิธีการบูรณาการและใช้การวิเคราะห์แบบการประเมินแบบหลายหลักเกณฑ์ เพื่อวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตลุ่มน้ำ Cianjur ในเกาะชวาตะวันตก ประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้คือ ข้อมูลการกษัยการดินซึ่งเป็นข้อมูลหลายปีหรือหลายช่วงเวลา กระบวนการวางแผนการใช้ที่ดินประกอบด้วย การวิเคราะห์หลัก ๆ 3 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์ข้อมูลความเสี่ยงต่อการเกิดกษัยการดิน, การวิเคราะห์ความเหมาะสมของที่ดิน, และการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านการตลาด เศรษฐกิจและสังคม ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง3 เงื่อนไขจะนำไปบูรณาการเพื่อวางแผนการประโยชน์ที่ดินตามระบบเกษตรเชิงนิเวศและเปรียบเทียบกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน ซึ่งคำนึงถึงประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ (LUT) พบว่าการวางแผนการประโยชน์ที่ดินตามระบบเกษตรเชิงนิเวศ สามารถลดอัตราการสูญเสียดินในพื้นที่ลุ่มน้ำถึง 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทำให้ลดกำไรสุทธิของผลผลิตเพียง 3.1 เปอร์เซ็นต์

คงเดช ธีรรัตนเขต (2546) ได้การประเมินแบบหลายหลักเกณฑ์ในการประเมินทางเลือกโครงข่ายรถสองแถวในเมืองเชียงใหม่ พบว่าการวิเคราะห์จากหลายหลักเกณฑ์ สามารถประยุกต์ใช้ในการคัดเลือกโครงข่ายรถสองแถวได้อย่างเหมาะสมโดยมีข้อดีหลาย ๆด้าน ได้แก่ ได้แบบจำลองที่สามารถจัดลำดับทางเลือกได้อย่างมีระบบและมีเหตุผล สามารถพิจารณาผู้ได้รับผลกระทบหลายกลุ่มและผู้ได้รับผลกระทบสามารถมีส่วนร่วมในการประเมินผ่านค่าน้ำหนักความสำคัญและคัดเลือกหลักเกณฑ์ แบบจำลองมีความยืดหยุ่นสูงสามารถปรับเปลี่ยนหลักเกณฑ์และค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์ได้ง่าย

6.4 การประเมินแบบลำดับชั้น (Analytical hierarchy process: AHP)

วิธีการประเมินแบบลำดับชั้น เป็นวิธีการวิเคราะห์กระบวนการตัดสินใจแบบมีส่วนร่วม และไม่ต้องการข้อมูลและองค์ความรู้เกี่ยวกับปัญหานั้นๆ อย่างสมบูรณ์ เหมาะสำหรับนำมาประยุกต์ใช้กับการประเมินทางเลือกในการเกษตรและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ (เมธี เอกะสิงห์, 2543) ข้อดีของการประเมินแบบลำดับชั้น คือผู้ประเมินสามารถทราบว่าการวิเคราะห์แบบมีส่วนร่วมนี้มีความลำเอียงในการประเมินมากน้อยเพียงใด โดยพิจารณาจากค่า Consistency ratio (CR) ซึ่งคำนวณได้จากเมทริกซ์เปรียบเทียบ ซึ่งเมื่อพบว่าค่า CR มีค่าสูงเกินกว่าที่ยอมรับได้ จะต้องร่วมกันทำการประเมินใหม่ จนกระทั่งผลลัพธ์ที่ได้ค่า CR อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (Saaty, 1980)

Perveen et al. (2007) ได้ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประเมินที่ดินโดยใช้เงื่อนไขหลายประเภท ซึ่งเป็นวิธีการที่ให้ผลที่ยืดหยุ่นและถูกต้องสำหรับผู้ตัดสินใจ โดยการประเมินผลิตผลของข้าวในบังกลาเทศใช้ตัวแปรชีวภาพของดินและภูมิประเทศ และใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการบูรณาการข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยการประเมินแบบลำดับชั้น และใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Terra/ASTER ในการประมวลผลเพื่อจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ที่ศึกษาพร้อมทั้งซ้อนทับ แผนที่ความเหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อต้องการทราบความแตกต่างของความเหมาะสมของที่ดินกับการใช้ประโยชน์จริง และแสดงสัดส่วนของที่ดินกับการใช้ประโยชน์ที่ดินตามระดับความเหมาะสม

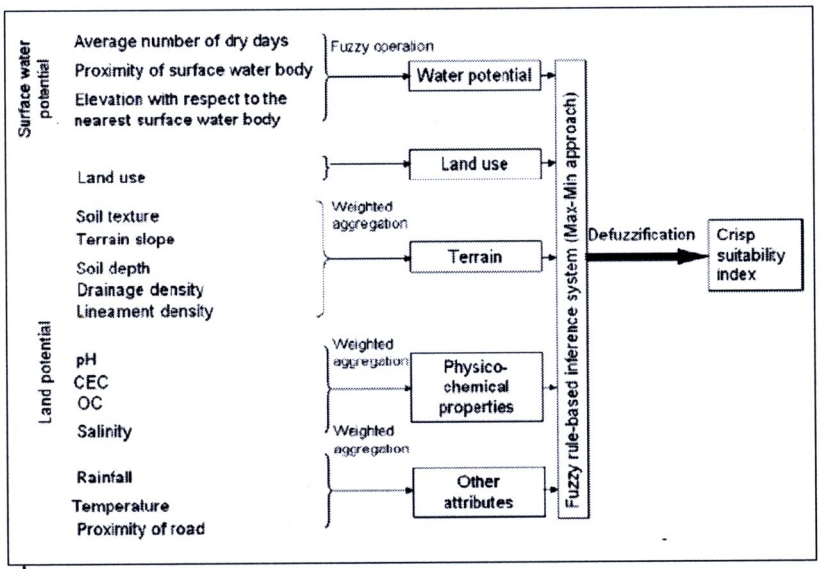
6.5 การประเมินโดยใช้หลักคณิตศาสตร์สำหรับตัวเลขคลุมเคลือ (Fuzzy set)

Wang et al. (1990) ได้เสนอแนวทางการประเมินความเหมาะสมของที่ดินด้วยวิธีการประเมินจากข้อมูลที่มีลักษณะคลุมเครือ (Fuzzy set) เพื่อให้การประเมินในพื้นที่ที่มีลักษณะของหน่วยที่ดินที่เหมาะสมและไม่เหมาะสมที่ใกล้เคียงกันมาก มีความถูกต้องและใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งการประเมินด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แบบ Fuzzy set ซึ่งไม่เพียงแต่เป็นการพิจารณาในพื้นที่เท่านั้น แต่ยังสามารถบอกถึงศักยภาพของพื้นที่อีกด้วย

Reshmidevi et al. (2009) ได้ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อประเมินความศักยภาพของที่ดินสำหรับพืชเกษตรที่เหมาะสมกับศักยภาพของแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย Gandheshwari ของประเทศอินเดีย จากการสร้างแบบจำลองโดยใช้หลักการการตัดสินใจแบบ Fuzzy set ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถประเมินสถานการณ์จากข้อมูลที่มีลักษณะคลุมเครือ หรือข้อมูลเป็นพลวัตร ไม่แน่นอนอยู่ตลอดเวลา ซึ่งจะทำการประเมินสถานการณ์และการพัฒนา จัดการสิ่งแวดล้อม พื้นที่ลุ่มน้ำ ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ใช้ข้อมูลที่เป็นลักษณะอรรถาธิบายจำนวน 16 ชุดข้อมูล แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มหลักได้แก่ ชั้นข้อมูลศักยภาพของน้ำบนผิวดิน (Surface water potential) ชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) ชั้นข้อมูลสภาพพื้นที่ (Terrain) ชั้นข้อมูลลักษณะทางกายภาพและเคมีของดิน (Physico-chemical properties) และข้อมูลอื่นๆ มีขั้นตอนการประเมิน 5 ขั้นตอน โดยเริ่มตั้งแต่ การคัดเลือกข้อมูล การสร้างชั้นข้อมูลเพื่อประเมินความเหมาะสม การกำหนดความเหมาะสมโดยให้หลัก Fuzzy set, การประเมินในภาพรวม, การคัดแยกพื้นที่ที่มีดัชนีที่เหมาะสม ดังภาพที่ 5

Samranpong et al. (2009) ได้ประเมินความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจและสังคมสำหรับการจัดการปลูกพืชเศรษฐกิจในภาคเหนือของประเทศไทย ในการประเมินประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลักได้แก่ การประเมินความเหมาะสมทางด้านกายภาพ โดยใช้หลักการในการกำหนดค่าคะแนนแบบ Fuzzy set approach และการประเมินความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจ ตามหลักการประเมินที่ดินของ FAO (1976) โดยการสำรวจข้อมูลการพื้นฐานการผลิต ข้อมูลต้นทุน และราคา ในแต่ละหน่วยความเหมาะสมที่ได้จากการวิเคราะห์

ทางด้านกายภาพ ผลลัพธ์ที่ได้ใช้ในการวางแผนการตัดสินใจสำหรับปลูกพืชตามราคาที่ผันผวนในท้องตลาดได้เป็นอย่างดี



ที่มา: Reshmidevi et al. (2009)

ภาพที่ 5 ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อประเมินศักยภาพของพื้นที่ตามหลักการ Fuzzy rule-base

Bandyopadhyay, Jaiswal, Hegde, and Jayaraman (2009) ได้นำเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการบูรณาการข้อมูลที่มีอยู่เพื่อประเมินศักยภาพของพื้นที่ในการทำการเกษตรในแต่ละการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งมีขั้นตอน 3 ขั้นตอนหลักได้แก่ 1) การกำหนดปัจจัยที่มีผลต่อพืช โดยข้อมูลที่ได้คัดเลือกมาจากภาพถ่ายจากดาวเทียมหรือข้อมูลการวิจัยต่าง ๆ 2) การจำแนกข้อดีข้อเสียของแต่ละปัจจัยที่มีผลกระทบเพื่อกำหนดเป็นคุณลักษณะของแต่ละปัจจัย และ 3) การสร้างแบบจำลองด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งในการวิเคราะห์ความเหมาะสมในแต่ละการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ใช้สมการดังต่อไปนี้

$$LSP = 0.2(LU)_{i=1-12} + 0.2(ST)_{j=1-5} + 0.1(SL)_{k=1-6} + 0.25(OC)_{l=1-5} + 0.25(D)_{m=1-4}$$

โดยที่ LSP แทน ความเหมาะสมของการใช้ที่ดิน
LU แทน การใช้ประโยชน์ที่ดินลักษณะต่าง ๆ (class 1-12)
ST แทน ลักษณะดิน เช่น เนื้อดิน กษัยการดิน (class 1-5)
SL แทน ปัจจัยความลาดชัน (class 1-6)
OC แทน ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (class 1-5)
D แทน ความลึกของดิน
i,j,k,l แทน ค่าความเหมาะสมในแต่ละปัจจัย

7. การบูรณาการคุณภาพที่ดินสำหรับปลูกมันสำปะหลัง

Igué, Stahr, and Weller (2000) ประเมินที่ดินสำหรับปลูกมันสำปะหลัง โดยยึดหลักในการประเมินที่ดิน และวิเคราะห์ความต้องการการใช้ที่ดินของ FAO (1976) และ Sys et al. (1993) เพื่อเปรียบเทียบกับสมรรถนะของที่ดิน คุณภาพที่ดินที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมด 9 คุณภาพที่ดิน โดย 4 คุณภาพที่ดินด้านสภาพอากาศ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ปริมาณความชื้น และปริมาณแสงแดด 5 คุณภาพที่ดินด้านดิน ได้แก่ สภาพพื้นที่ ความชื้นในดิน ลักษณะทางกายภาพของดิน ความอุดสมบูรณ์ของดิน ความเค็มของดิน และความเป็นด่างในดิน โดยให้ค่าคะแนนด้านภูมิอากาศ และด้านดิน สภาพพื้นที่ ตามข้อจำกัดหลักของความต้องการใช้ที่ดินของพืช เป็นหลัก และประเมินความเหมาะสมในภาพรวมและกำหนดเป็น เหมาะสมมาก (S1) เหมาะสมปานกลาง (S2) เหมาะสมน้อย (S3) ไม่เหมาะสม (N1) ไม่เหมาะสมเลย (N2) พบว่า การประเมินที่ดินควรมีการประเมินหลายด้านร่วมกัน และนำเสนอในเชิงพื้นที่และปริมาณ ตามเงื่อนไขที่หลากหลาย และควรใช้วิธีการกำหนดความเหมาะสมของที่ดินด้วยการวิเคราะห์แบบ Fuzzy Set (Burrough, 1989) ซึ่งได้เปรียบเทียบวิธีการและลำดับความถูกต้องของการวิเคราะห์จากวิธีการต่าง ๆ ดังนี้ Maximum limitation << Parametric method = Multivariate analysis < Fuzzy classification

Gaiser, Hilger, Ferreira, Herfort, Barros and Stahr (2000) ได้ประเมินศักยภาพของพื้นที่ในการผลิตมันสำปะหลัง ในรัฐ Piauí และรัฐ Ceará ประเทศบราซิล โดยในการประเมินได้พัฒนาจากโปรแกรมสภาพพื้นที่และลักษณะดิน (Soil and terrain information system: SOTER) ซึ่งมีทั้งหมด 300 สภาพพื้นที่ และลักษณะดิน 600 ชนิด นำคุณลักษณะของที่ดิน ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (Rainfall) ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ย (Temperature) ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ (Air humidity) ข้อมูลรังสีความร้อน (Radiation) ข้อมูลสภาพพื้นที่ (Topography) ข้อมูลความชื้นและปริมาณออกซิเจนในดิน (Moisture/Oxygen dynamics) ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของดิน (Physical properties) ข้อมูลทางเคมีดิน (Chemical properties) ข้อมูลความเค็มของดิน (Salinity/alkalinity) จากนั้นทำการหาความสัมพันธ์กับข้อมูลภูมิอากาศและความต้องการของพืช 6 ชนิด ได้แก่ ข้าวโพด ถั่ว ฝ้าย มันฝรั่ง มันสำปะหลัง และข้าว เมื่อประเมินความเหมาะสมของพื้นที่สำหรับพืชในแต่ละชนิดแล้วจึงนำผลมาเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์กับผลผลิตของพืชในแต่ละชนิด เพื่อกำหนดศักยภาพของพื้นที่ในการผลิตพืช ดังสมการต่อไปนี้

$$YI_i = \frac{Y_i}{Ypot_i} \times 100$$

โดยที่ YI_i แทน ค่าดัชนีผลผลิตต่อหน่วย

Y_i แทน ค่าดัชนีผลผลิตที่ประเมินต่อหน่วย

$Ypot_i$ แทน ค่าดัชนีศักยภาพการผลิตของพืช (i)

Yamamoto and Sukchan (2003) ได้ประเมินพื้นที่ที่มีความเหมาะสมสำหรับพืชเศรษฐกิจในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 3 ชนิด ได้แก่ ข้าว อ้อย และมันสำปะหลัง ซึ่งใช้ข้อมูลในการประเมิน 2 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ปัจจัยด้านดิน และปัจจัยด้านความเป็นประโยชน์ของน้ำ เมื่อได้พื้นที่เหมาะสมแล้วนำไปเปรียบเทียบกับระยะทางที่ห่างจากแหล่งน้ำแบ่งซึ่งออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ <100 เมตร <300 เมตร <1000 เมตร <3000 เมตร และ >=3,000 เมตร

Charuppat and Mongkolsawat (2003) ได้ประเมินที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ 8 ชนิด ได้แก่ ข้าว อ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง ยางพารา มะม่วง มะขาม และหญ้าเลี้ยงสัตว์ สำหรับวางแผนการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำลำพระเพลิง โดยวิธีการสร้างแบบจำลองพื้นที่ยึดถือแนวทางการวางแผนการใช้ที่ดิน Guidelines for land use planning (FAO, 1983) เป็นหลัก ซึ่งได้ดัดแปลงให้มีความเหมาะสมกับสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินของประเทศไทย โดยในการประเมินที่ดินมีคุณภาพที่ดินที่นำมาวิเคราะห์รวม 8 คุณภาพที่ดิน ได้แก่ (1) สภาพอุณหภูมิ กำหนดให้เป็นชั้นข้อมูล T (2) น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช กำหนดให้เป็นชั้นข้อมูล W (3) ความจุในการดูดยึดอาหาร กำหนดให้เป็นชั้นข้อมูล N (4) ดัชนีความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร กำหนดให้เป็นชั้นข้อมูล NAI (5) การรักษาน้ำของเนื้อดิน กำหนดให้เป็นชั้นข้อมูล X (6) สภาวะการหยั่งลึกของราก กำหนดให้เป็นชั้นข้อมูล R (7) ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจน กำหนดให้เป็นชั้นข้อมูล O (8) สภาพภูมิประเทศ กำหนดให้เป็นชั้นข้อมูล G ให้ค่าคะแนนแต่ละคุณภาพที่ดินตามหลักของ FAO กล่าวคือ เหมาะสมมากให้ค่าคะแนน 1.0 เหมาะสมปานกลางให้ค่าคะแนน 0.8 เหมาะสมน้อยให้ค่าคะแนน 0.5 และไม่เหมาะสมให้ค่าคะแนน 0.2 จากนั้นบูรณาการคุณภาพที่ดินด้วยการซ้อนทับชั้นข้อมูล (Overlay) และทำการประเมินแบบผลคูณจากสมการ Suitability = T * W * N * NAI * X * R * O * G นำไปจำแนกความเหมาะสมของการใช้ที่ดิน ออกเป็น 4 ระดับคือ (1) มีความเหมาะสมมาก (2) มีความเหมาะสมปานกลาง (3) มีความเหมาะสมน้อย (4) ไม่มีความเหมาะสม ซึ่งพบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิงมีพื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกมันสำปะหลังในระดับเหมาะสมมาก ปานกลาง น้อย และไม่เหมาะสม เท่ากับ 0.00, 27.01, 54.93 และ 81.94 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด ตามลำดับ และแนะนำว่าหากจะให้ได้รับผลการประเมินที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น สมควรประเมินที่ดินทั้งทางด้านกายภาพ (Physical evaluation) และการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐกิจและสังคม (Socio-economic evaluation) ตามวิธี Two-stage approach

Tieng, Dasananda, and Navanugraha (2009) ได้ประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกพืชที่สำคัญทางด้านพลังงานทดแทน และทางด้านเศรษฐกิจ ได้แก่ มันสำปะหลัง และอ้อย ในจังหวัดกาญจนบุรี ของประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multi criteria decision making: MCDM) จากการบูรณาการคุณภาพที่ดินตามหลักการของ FAO framework เพื่อประเมินความเหมาะสมของที่ดินในการปลูกพืช โดยคุณภาพที่ดินที่นำมาบูรณาการจำนวน 9 ชั้นคุณภาพที่ดิน ได้แก่ ความลาดชัน (Slope) ปริมาณน้ำฝน (Rainfall) อุณหภูมิ (Temperature) ความเหมาะสมของดิน (Soil suitability) ลำน้ำ (Stream) แหล่งน้ำ (Waterbody) พื้นที่ชลประทาน (Irrigation zone) ระยะห่างจากถนน (Distance from road) ระยะทางห่างจากโรงงานน้ำตาล (Distance from sugar factory) ดังตารางที่ 1 และได้การประเมินทางด้านชีวภาพ และเศรษฐกิจสังคม ตามแนวทางการประเมินของ FAO framework และหลักการกำหนดของผู้เชี่ยวชาญ (Experts' opinions) โดยมีการจัดเก็บข้อมูลและแสดงข้อมูลในรูปแบบของชั้นข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และให้ค่าน้ำหนักเพื่อประเมินความเหมาะสมด้วยวิธีการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น ซึ่งเป็นวิธีที่มีการใช้อย่างกว้างขวางในการประเมินแบบหลายหลักเกณฑ์ จำแนกชั้นความเหมาะสมจำนวน 4 ชั้นตามเกณฑ์ของ FAO จากนั้นคัดเกลือกเฉพาะพื้นที่ที่เหมาะสมมากและปานกลาง พบว่าจังหวัดกาญจนบุรีมีพื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกมันสำปะหลัง 45 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่จังหวัด และพื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกอ้อย 52 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่จังหวัด ซึ่งพื้นที่ที่เหมาะสำหรับปลูกพืชพลังงานส่วนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันออกของจังหวัดซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดิน และศักยภาพของปริมาณน้ำเหมาะสม ซึ่งเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับเพาะปลูกทั้งมันสำปะหลังและอ้อย

ตารางที่ 1 การให้ค่าคะแนนความเหมาะสมสำหรับมันสำปะหลังและอ้อย

Classification criterion	Factor suitability rating for cassava				Factor suitability rating for sugarcane			
	S1	S2	S3	N	S1	S2	S3	N
Slope (%)	0-12%	12-20%	20-35%	>35%	0-12%	12-20%	20-35%	>35%
Rainfall (mm.)	1,600-2,500	1,200-1,600 2,500-3,000	900-1,200 3,000-4,000	<900 >4,000	1,200-1,500	1,500-2,500 900-1,200	2,500-4,000 500-900	<500 >4,000
Temperature (°C)	24-27	28-31 19-23	32-35 18-15	>35 <15	25-29	30-32 14-24	33-35 10-13	>35 <10
Soil suitability	high	moderate	marginal	not	high	moderate	marginal	not
Stream (m)	< 500	500-1,000	1,000-1,500	>1,500	< 500	500-1,000	1,000-1,500	>1,500
Water body (m)	< 500	500-1,000	1,000-1,500	>1,500	< 500	500-1,000	1,000-1,500	>1,500
Irrigation zone (km)	inside	outside	outside	outside	inside	outside	outside	outside
Distance from road (km)	<1	0-1 1-5	1-5 5-10	>5 >10	<1	0-1 1-5	1-5 5-10	>5 >10
Distance from sugar factory (km)	<50	50-75	75-100	>100	<50	50-75	75-100	>100

ที่มา: Tieng et al. (2009)

บัณฑิต ตันศิริ และ คำรณ ไทรฟัก (2539) ได้กำหนดคุณภาพที่ดินเพื่อใช้ในการประเมินที่ดินสำหรับมันสำปะหลัง ซึ่งในการประเมินได้คัดเลือกคุณภาพที่ดินใหม่ จากเดิม FAO framework (1983) ได้กำหนดไว้ 25 คุณภาพที่ดินนั้นมีจำนวนมาก หากนำมาสู่ขบวนการประเมินทั้งหมดอาจทำให้ได้ผลที่ไม่ตรงกับความเป็นจริง ดังนั้นจึงคัดเลือกคุณภาพที่ดินเสียใหม่ ตามเงื่อนไขของการคัดเลือกว่าคุณภาพที่ดินที่จะนำมาประเมินได้ต้องมีลักษณะของข้อมูลครบอย่างน้อย 3 ประการ คือ 1) จะต้องมีผลต่อพืชหรือประเภทการใช้ที่ดิน 2) ค่าวิกฤตต้องพบในพื้นที่ที่จะปลูกพืช และ 3) การวบรวมข้อมูลสามารถปฏิบัติได้ บัณฑิต ตันศิริ และ คำรณ ไทรฟัก (2539) ได้กำหนดคุณภาพที่ดินที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลังจำนวน 12 คุณภาพที่ดิน ได้แก่ อุณหภูมิ, ความชุ่มชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช, ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช, ดัชนีความเป็นประโยชน์ธาตุอาหารพืช, ความจุในการดูดยึดธาตุอาหาร, สภาวะการหยั่งลึกของราก, ความเสียหายจากน้ำท่วม, การมีเกลือมากเกินไป, ความเป็นพิษของดิน, สภาวะการเขตกรรม, ศักยภาพการใช้เครื่องจักร และ ความเสียหายจากการกัดกร่อน โดยในการประเมินได้กำหนดค่าพิสัยในแต่ละระดับความเหมาะสมของคุณภาพที่ดินสำหรับปลูกมันสำปะหลัง ได้แก่ ระดับความเหมาะสมมาก (S1) ให้คะแนนเท่ากับ 1.0 เหมาะสมปานกลาง (S2) ให้คะแนนเท่ากับ 0.8 เหมาะสมน้อย (S3) ให้คะแนนเท่ากับ 0.5 และ ไม่เหมาะสม (N) ให้คะแนนเท่ากับ 0.0 โดยอาศัยหลักเกณฑ์ในรูปแบบของผลผลิตและการลงทุน จากนั้นนำค่าคะแนนในแต่ละคุณภาพที่ดินมาวิเคราะห์แบบผลคูณ (Multiplicative) และกำหนดความช่วงความเหมาะสมในภาพรวม (Overall land suitability class) ดังตารางที่ 2

สถาพร ไพบูลย์ศักดิ์ (2549) ได้ประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกมันสำปะหลังด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในจังหวัดขอนแก่น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างฐานข้อมูลความเหมาะสมของพื้นที่ จากการวิเคราะห์ประมวลผลหรือประเมินคุณภาพที่ดิน (Land evaluation) ตามแนวทางของ FAO framework for land evaluation 1976 การวิเคราะห์ความต้องการใช้ที่ดินของมันสำปะหลังได้คัดเลือกเฉพาะที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต 11 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยพื้นที่ชลประทาน เนื้อดิน การระบายน้ำของดิน ความลึกของดิน ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกการอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่าง

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ภูมิสัณฐานความลาดชัน และความเค็มของดินทุกขั้นตอนการวิเคราะห์ประมวลผลได้สร้างแบบจำลองเชิ งพื้นที่ขึ้นมา ด้วยการนำฐานข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้วิเคราะห์ซ้อนทับกัน (Overlay analysis) ผลลัพธ์ที่ได้จำแนก ระดับความเหมาะสมตามน้ำหนักของปัจจัยที่พบในแต่ละหน่วยแผนที่ ซึ่งแบ่งเป็น 4 ระดับ ได้แก่ เหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมเล็กน้อย และ ไม่เหมาะสม

วินัย ศรวัต ปานชีวัน ปอนพังงา สุกิจ รัตนศรีวงษ์ และ ก้อนทอง พวงประโคน (2547)สร้างแผนที่ภูมินิเวศ ในรัศมี 50 กิโลเมตรรอบโรงงาน โดยนำข้อมูลเชิงพื้นที่ชุดดินที่มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังหนาแน่น และข้อมูลภูมิอากาศ มาวิเคราะห์แบบซ้อนทับ (Overlay operation) ซึ่งเป็นเทคนิคของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ทำให้ได้ชั้นข้อมูลใหม่ในแต่ละหน่วยแผนที่ ประกอบด้วยรหัสชุดดิน เขตภูมิอากาศ และขอบเขตการปกครองระดับตำบลกำกับอยู่ เรียกว่า หน่วยการจำลองการผลิต (Simulating mapping unit : SMU) จำนวน 78 หน่วย ซึ่งในแต่ละ SMU จะมีข้อมูลอรรถาธิบายที่ระบุ ชุดดิน และเขตภูมิอากาศ ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับแบบจำลองมันสำปะหลัง ในการคาดการณ์ผลผลิตต่อไป

ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์, สถาพร ไพบูลย์ศักดิ์ และ วาสนา พุฒกลาง (2550) วิเคราะห์เชิงบูรณาการพื้นที่ที่มีความเหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลังด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยในการวิเคราะห์ทำการกำหนดหน่วยที่ดินที่มีความเหมาะสมในการปลูกมันสำปะหลัง ด้วยการวิเคราะห์ความต้องการ และเปรียบเทียบกับหน่วยที่ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งหน่วยที่ดินหรือคุณภาพที่ดินที่กำหนดความเหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลัง ประกอบด้วย ความเป็นประโยชน์ของน้ำ (W) คุณสมบัติทางกายภาพของดิน (H) ดัชนีความเป็นประโยชน์ธาตุอาหารพืช (NAI) ความเป็นเกลือของดิน(S) และภูมิประเทศของพื้นที่ (T) จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างภูมิสัณฐานกับความลาดชันของพื้นที่ สร้างเป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ ของคุณภาพที่ดินทั้ง 5 ประเภท โดยจัดการข้อมูลเป็น 5 ชั้น และทำการวิเคราะห์แบบซ้อนทับตลอดจนกำหนดอัตราของปัจจัยจากปัจจัยวินิจฉัยของคุณภาพที่ดินซึ่งกำหนดค่าคะแนน ดังตารางที่ 3 และ ตารางที่ 4 วิเคราะห์ทดสอบแบบจำลองที่ใช้หลายซ้ำ และปรับเปลี่ยนอัตราของปัจจัยและตรวจสอบความถูกต้องภาคสนาม จากนั้นเลือกเอาแบบจำลองที่ดีที่สุด ซึ่งความเหมาะสมของดินคำนวนจากวิธีผลคูณจากสมการความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกมันสำปะหลัง Cassava suitability = W * H * NAI * S * T ซึ่งผลการประเมินมีความถูกต้องในระดับดี โดยแนะนำว่าเพื่อให้แบบจำลองมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นควรประเมินทางด้านเศรษฐกิจร่วม

ตารางที่ 2 การกำหนดความช่วงความเหมาะสมในภาพรวม (Overall land suitability class)

ระดับความเหมาะสม	ช่วงความเหมาะสมจากผลคูณค่าพิสัยของคุณภาพที่ดิน
เหมาะสมมาก (S1)	0.8-0.1
เหมาะสมปานกลาง (S2)	0.4-0.8
เหมาะสมเล็กน้อย (S3)	0.2-0.4
ไม่เหมาะสม (N)	0.0-0.2

ที่มา: บัณฑิต ตันศิริ และ คำรณ ไทรฟัก (2539)

ตารางที่ 3 ความต้องการการใช้ที่ดินและการให้ค่าคะแนนแต่ละปัจจัยของคุณภาพที่ดินสำหรับมันสำปะหลัง

ความต้องการการใช้ที่ดินสำหรับปลูกมันสำปะหลัง (Land use requirement)			การกำหนดช่วงชั้นความเหมาะสม (Factor rating)			
คุณภาพที่ดิน	ปัจจัยบ่งชี้	หน่วย	S1 (1.0)	S2 (0.8)	S3 (0.4)	N (0.1)
ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (W)	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี (RN)	mm.	1,100-1,500	900-1,100 1,500-2,500	500-900 2,500-4,000	<500 >4,000
ดัชนีความเป็นประโยชน์ธาตุอาหารพืช (NAI)	NAI = N x P x K x pH	-	> 0.6400	0.1024 - 0.6400	0.0010 - 0.1024	< 0.001
	ไนโตรเจน (N)	%	>0.2	0.1-0.2	<0.1	-
	ฟอสฟอรัส (P)	ppm	>25	6-25	<6	-
	โพแทสเซียม (K)	ppm	>60	30-60	<30	-
	ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	-	6.1-7.3	7.4-7.8, 5.1-6.0	7.9-8.4, 4.0-4.5	>8.4, <4
คุณสมบัติทางกายภาพของดิน (H)	H = tx x dpt x cf	-	> 0.800	0.300 - 0.800	0.100 - 0.300	< 0.100
	เนื้อดิน (tx)	-	L,SCL,SiL, Si,CL,L,SL,SiCL	LS	SiC	C,G,SC,AC,S
	ความลึก (dpt)	cm.	>100	50-100	25-50	<25
	ปริมาณกรวดในชั้นดิน (cf)	%	0-3	3-15	15-35	> 35
ผลกระทบจากเกลือ (S)	ศักยภาพการเกิดดินเค็ม	-	non-saline	Low	Medium	High
สภาพพื้นที่ (T)	ภูมิสัณฐาน และความลาดชันของพื้นที่	Class, %	รายละเอียดตามตารางที่ 3			

หมายเหตุ: เนื้อดิน : L=Loam, SiCL=Silty clay loam, SiL=Silty loam, SCL= Sandy clay loam, CL=Clay loam, SL=Sandy loam, C=Clay, LS=Loamy sand, SC=Sandy clay, SiC=Silty clay, S=Sand, G=Gravel soil, SC=slop complex, AC=Alluvial complex ศักยภาพการเกิดดินเค็ม : High=บริเวณที่มีผลกระทบจากเกลือมากที่สุด, Medium= บริเวณที่มีผลกระทบจากเกลือปานกลาง, Low=บริเวณที่มีผลกระทบจากเกลือน้อย, non-saline=บริเวณที่ไม่เค็ม

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างภูมิสัณฐานและความลาดชันของพื้นที่ สำหรับการปลูกมันสำปะหลัง

% ความลาดชัน	ภูมิสัณฐาน					
	Flood plain	Low terrace	Middle terrace	High terrace	Dissected erosion surface	Denudation / Hill
0-2	N	N	S1	S2	S1	N
2-5	-	S1	S2	S3	S2	N
5-12	-	S2	S3	S3	S3	N
12-20	-	S3	S3	N	N	N
>20	-	N	N	N	N	N

ที่มา: ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์, สถาพร ไพบูลย์ศักดิ์ และ วาสนา พุฒกลาง (2550)