แผนการผลิตพืชโดยใช้แบบจำลองเชิงเส้น ภายใต้ข้อจำกัดน้ำที่ไม่แน่นอน ในพื้นที่ชลประทานอ่างเก็บน้ำห้วยแม่สอด จังหวัดตาก

Crop production plan using linear programming under fuzzy water constraints in Huai Mae Sot reservoir irrigated areas, Tak province

วราภรณ์ แก้วทันคำ[1*], จิรวรรณ กิจชัยเจริญ[1] และ เบญจพรรณ เอกะสิงห์[1]

Waraporn Kaewtankham[1*], Jirawan Kitchaicharoen[1] and Benchaphun Ekasingh[1]

บทคัดย่อ: ความไม่แน่นอนของปริมาณน้ำแต่ละปีส่งผลต่อการตัดสินใจใช้ที่ดินในปลูกพืชในแต่ละฤดูการผลิต ทรัพยากรน้ำถือเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อรายได้ของเกษตรกร ในการศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อวางแผนการผลิตพืชที่เหมาะสมในพื้นที่ชลประทานอ่างเก็บน้ำห้วยแม่สอด โดยใช้แบบจำลองเชิงเส้นภายใต้ข้อจำกัดปริมาณน้ำที่ไม่แน่นอน ข้อมูลปฐมภูมิเก็บรวบรวมจากกลุ่มผู้ใช้น้ำในพื้นที่ชลประทานอ่างเก็บน้ำห้วยแม่สอดจำนวน 81 ครัวเรือน และเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิเพื่อให้ทราบปริมาณน้ำฝน และปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำย้อนหลัง ผลการศึกษาพบว่า พืชที่เกษตรกรควรปลูกเพื่อให้มีรายได้สูงสุดในแต่ละสถานการณ์ปริมาณน้ำมีความแตกต่างกัน โดยในสถานการณ์ที่ปริมาณน้ำมากเท่ากับ 15.57 ล้าน ลบ.ม. เกษตรกรควรปลูกข้าวนาปี ข้าวโพดในฤดูฝนและฤดูร้อน เพื่อให้มีรายได้สูงสุด 4.78 ล้านบาท แต่ในสถานการณ์ที่ปริมาณน้ำน้อยที่สุดคือ 6.73 ล้าน ลบ.ม. เกษตรกรควรลดการปลูกข้าวนาปี ข้าวโพดในฤดูร้อน เปลี่ยนมาปลูกข้าวโพดในฤดูฝน และปลูกแตงกวาในช่วงฤดูร้อน เพื่อให้มีรายได้สูงสุด 3.32 ล้านบาท อย่างไรก็ตาม สถานการณ์ดังกล่าวนี้มีโอกาสเกิดขึ้นน้อยมากเทียบกับสถานการณ์ที่มีโอกาสเกิดขึ้นมากที่สุด คือ มีปริมาณน้ำ 11.65 ล้าน ลบ.ม. ในสถานการณ์นี้ควรปลูกข้าวนาปี และแตงกวา เพื่อให้มีรายได้สูงสุด 4.29 ล้านบาท ภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดของเกษตรกร ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถใช้เป็นแนวทางการตัดสินใจใช้ที่ดินในปลูกพืชที่เหมาะสม ภายใต้ข้อจำกัดน้ำที่ไม่แน่นอนได้

คำสำคัญ : แผนการผลิตพืชที่เหมาะสม, ความไม่แน่นอน

ABSTRACT: Uncertainty in reservoir water supply in each year affects the land use decision in crop production each season. Water resource is an important variable affecting farmers' income. The purpose of this study is to find an optimal crop production planning in the Huai Mae Sot reservoir irrigation areas using linear programming under Fuzzy water constraints. The primary data collected from 81 water user households in Huai Mae Sot reservoir irrigation areas. The availability of rainfall and reservoir water supply in last 5 years was collected as the secondary data. The study results indicated that the crops that farmers should grow to maximize their income are different in each situation of different water supplies. In the situation that the reservoir water supply is highest m3,at 15.57 million farmers should grow in-season rice and maize in both rainy and dry seasons to maximize their income at 4.78 million baht. In the situation that reservoir water

[1] ภาควิชาพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200
Department of Agricultural Economy and Development, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

* Corresponding author: waraporn_kaew@cmu.ac.th

supply is lowest at 6.73 million m3, farmers should reduce growing in-season rice, maize in the dry season by changing to grow maize in the rainy season as well as cucumber in the dry season to maximize their income at 3.32 million baht. However, these two situations have least possibility compared with the situation that has highest possibility, which is the situation that water supply is 11.65 million m3. In this situation, farmers should grow in-season rice, maize and cucumber to maximize their farm income at 4.29 million baht under limited resources of farmers. The study results can be used as a guideline for optimal land use decision-making under Fuzzy water constraints.

Keywords: optimal crop production plans, fuzzy

บทนำ

การวางแผนการผลิตทางการเกษตรโดยใช้แบบจำลองเชิงเส้นมักมีการกำหนดให้ข้อมูลที่ใช้สร้างแบบจำลองมีค่าคงที่แน่นอนและทราบค่าที่แท้จริง ในการแก้ไขปัญหาทางการจัดสรรปัจจัยและทรัพยากรที่มีลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ เป็นแบบเชิงเส้น โดยมีจุดหมายเพื่อแก้ปัญหา และตัดสินใจให้เกิดผลตามแนวทางการดำเนินงานที่ดีที่สุด (optimal) เช่น การกำหนดให้ทรัพยากรที่ใช้ในการผลิต ไม่ว่าจะเป็นที่ดิน น้ำ แรงงาน และทุน มีปริมาณที่มีอยู่อย่างจำกัดและแน่นอนจำนวนหนึ่ง แต่ในความเป็นจริงแล้วทรัพยากรธรรมชาติมักจะมีลักษณะที่ไม่แน่นอน และค่อนข้างที่จะควบคุมได้ยาก เช่น ปริมาณน้ำ เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ได้มีแหล่งน้ำเป็นของตนเอง ต้องใช้แหล่งน้ำสาธารณะร่วมกัน ซึ่งน้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความไม่แน่นอนมาก ในการวางแผนการผลิตจึงควรให้ความสำคัญในความไม่แน่นอนของปริมาณน้ำที่มีอยู่ โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีความไม่แน่นอนเข้ากับแบบจำลองเชิงเส้น เพื่อให้ได้แบบจำลองที่สามารถให้แผนการผลิตพืชที่สะท้อนให้เห็นถึงการใช้ข้อมูลที่เป็นข้อจำกัดที่มีความไม่แน่นอนร่วมด้วยได้ เช่น ศึกษาการวางแผนการผลิตในพื้นที่ชลประทานภายใต้ข้อจำกัดที่มีความไม่แน่นอนของปริมาณน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินในการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรที่น้ำใต้ดินมีอยู่รวมกับน้ำผิวดินซึ่งมีความไม่แน่นอนมาพิจารณาในการตัดสินใจ รับมือกับความต้องการในการชลประทานให้สอดคล้องกับภาวะขาดดุลในช่วงเวลาที่ฝนตกน้อย (Regulwar and Pradhan, 2013) หรืองานของ Amini (2015) ซึ่งใช้แบบจำลองเชิงเส้นหลายวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการวางแผนการผลิตพืช โดยมีเป้าหมายและข้อจำกัดที่มีความไม่แน่นอน ส่วนการใช้แบบจำลองเชิงเส้นภายใต้ข้อจำกัดที่ไม่แน่นอนในประเทศไทยส่วนใหญ่ พบในด้านวิศวกรรม เช่น ศึกษาการพัฒนาแบบจำลองสำหรับการจัดการอ่างเก็บน้ำโดยเกณฑ์แบบฟัซซี (ภาณุวัฒน์ และเอกสิทธิ์, 2547)

ในภาคการเกษตร ทรัพยากรที่จำเป็นและมีความไม่แน่นอนมาก คือ ปริมาณน้ำ แม้ว่าจะมีการนำระบบชลประทานมาใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน แต่ปริมาณน้ำที่กักเก็บได้ในอ่างเก็บน้ำหรือแหล่งกักเก็บน้ำต่าง ๆ ในแต่ละปีมักมีความผันผวนเป็นไปตามสภาพภูมิอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงไป ยิ่งในสภาวะปัจจุบันโลกมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศมากกว่าในอดีต (ธชณัฐ, 2558) การศึกษาเพื่อหาแผนการผลิตที่เหมาะสมจึงควรมีการนำชุดข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนในด้านปริมาณน้ำเข้ามาใช้ร่วมกับแบบจำลองเชิงเส้น เพื่อนำไปสู่การผลิตที่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทราบแผนการผลิตพืชในพื้นที่ชลประทานอ่างเก็บน้ำห้วยแม่สอดที่เหมาะสมภายใต้ความไม่แน่นอนของปริมาณน้ำในระดับต่าง ๆ

วิธีการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ ได้รวบรวมข้อมูลจากกลุ่มเกษตรกรผู้ใช้น้ำของพื้นที่ชลประทานที่อาศัยอยู่และทำการเกษตรในพื้นที่ชลประทานอ่างเก็บน้ำห้วยแม่สอด จังหวัดตาก ในปีการผลิต 2558/59 การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีของ Yamane (1973) จากจำนวนครัวเรือนเกษตรกรในพื้นที่ศึกษาที่มี 97 ครัวเรือน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้จำนวน

ครัวเรือนตัวอย่าง 81 ครัวเรือน เก็บข้อมูลปฐมภูมิจากการสัมภาษณ์ครัวเรือนเกษตรกรที่ทำการเพาะปลูกพืชที่อยู่ในเขตที่มีการชลประทาน 4 ตำบล กระจายจำนวนตัวอย่างในแต่ละพื้นที่ตามสัดส่วนของจำนวนครัวเรือนเกษตรกรในแต่ละหมู่บ้าน แล้วใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (accidental sampling) ได้จำนวนตัวอย่างในตำบลแม่สอด 15 ครัวเรือน ตำบลพระธาตุผาแดง 34 ครัวเรือน ตำบลแม่ตาว 19 ครัวเรือน และตำบลแม่ปะ 13 ครัวเรือน ส่วนข้อมูลทุติยภูมิได้แก่ ข้อมูลทางด้านกายภาพและชีวภาพเกี่ยวกับสภาพพื้นที่ และข้อมูลด้านเศรษฐกิจสังคมทั่วไปของพื้นที่เขตชลประทานอ่างเก็บน้ำห้วยแม่สอด ในอำเภอแม่สอด จังหวัดตาก เช่น จำนวนครัวเรือน ระดับการศึกษา การประกอบอาชีพ การถือครองที่ดิน รวมทั้งข้อมูลปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่สามารถปล่อยให้เกษตรกรใช้ได้ ซึ่งรวบรวมเป็นข้อมูลรายเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 - 2558 จากคลังข้อมูลน้ำของฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่อ่างเก็บน้ำห้วยแม่สอด จังหวัดตาก และปริมาณน้ำฝน ได้รวบรวมเป็นข้อมูลรายเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 - 2558 จากสถิติปริมาณฝน ณ สถานีอุตุนิยมวิทยา

แบบจำลองเชิงเส้น (Linear Programming) เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการผลิตและการจัดการทรัพยากรต่าง ๆ เพื่อให้ได้ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด (optimal solution) ตามวัตถุประสงค์ (objective) ที่ตั้งไว้ ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดต่าง ๆ (restrictions and constraints) โดยอาศัยความสัมพันธ์ของปัจจัยการผลิตและผลผลิต ซึ่งแบบจำลองเชิงเส้นโดยทั่วไปจะมีการกำหนดข้อจำกัดทางด้านทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดไว้ในปริมาณที่คงที่แน่นอน แต่ในการศึกษานี้ได้ใช้แบบจำลองเชิงเส้นที่ได้คำนึงถึงความไม่แน่นอนของทรัพยากร (linear programming with fuzzy resources) โดยความไม่แน่นอนของทรัพยากร เช่น จำนวนวัตถุดิบ จำนวนแรงงานที่ใช้ในการผลิต เป็นต้น ข้อมูลที่เป็นฟัซซี่จะเป็นข้อจำกัดด้านขวามือของสมการเชิงเส้น หรือ $\tilde{b}_i$ แบบจำลองจะหาค่าตัวแปร x ที่เหมาะสม ภายใต้ความไม่แน่นอนของทรัพยากร

แบบจำลองเชิงเส้นที่ใช้ในการศึกษานี้ ประกอบด้วย ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (objective function) ซึ่งในการศึกษานี้กำหนดให้เป็นรายได้เหนือต้นทุนเงินสดสูงสุดที่เกษตรกรได้รับ และสมการข้อจำกัด ซึ่งกำหนดให้ข้อจำกัดด้านปริมาณน้ำในที่มีอยู่มีความไม่แน่นอน ขณะที่ทรัพยากรอื่นที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ ที่ดิน แรงงาน และเงินทุน มีความแน่นอนในปริมาณที่มีอยู่อย่างจำกัด ทั้งนี้ มีรูปแบบสมการอย่างย่อ เขียนได้ดังท้ายนี้

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$$\text{Max } Z = \sum_{j=1}^{6} I_j X_j - WHL_i - (CR \times r)$$

Z หมายถึง รายได้เหนือต้นทุนเงินสด จากการทำกิจกรรมผลิตพืช (บาท)

I_j หมายถึง รายได้เหนือต้นทุนเงินสดที่หักค่าใช้จ่ายอื่น ๆ (บาท/ไร่) ยกเว้นค่าแรง (บาท) และค่าดอกเบี้ยเงินกู้ (ร้อยละ) จากการทำกิจกรรมผลิตพืชที่ j

X_j หมายถึง กิจกรรมการผลิตพืชที่ j (ไร่) (j = 1,2,...,6) โดยกำหนดให้ 1 = ข้าวนาปี 2 = ถั่วเหลือง 3 = ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ฤดูฝน 4 = ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ฤดูร้อน 5 = แตงกวาฤดูหนาว 6 = แตงกวาฤดูร้อน

W หมายถึง ค่าจ้างแรงงาน (บาท/ วันทำงาน)

HL_i หมายถึง จำนวนแรงงานที่จ้างเพิ่มในเดือนที่ i (i = 1,2,...,12) (วันทำงาน)

CR หมายถึง จำนวนเงินกู้ (บาท)

r หมายถึง อัตราดอกเบี้ย (ร้อยละ)

ข้อจำกัดการใช้ที่ดิน

ในการเพาะปลูกพืช ได้สร้างสมการการใช้ที่ดิน ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ที่ดินของพืชแต่ละชนิด (ไร่) รวมกันมีข้อจำกัด คือ มีพื้นที่ทั้งหมดไม่เกิน bL_i (ไร่) สำหรับข้อจำกัดนี้ จะแบ่งการใช้ที่ดินเป็น ทั้งหมด 12 เดือน และสมการข้อจำกัดการผลิตข้าวให้เพียงพอต่อการบริโภคของคนในครัวเรือน (ไร่) สามารถเขียนสมการอย่างย่อได้ ดังนี้

$$\sum_{i=1}^{12}\sum_{j=1}^{6} aL_{ij}X_j \leq bL_i$$

$$aL_1X_1 \geq RL$$

aL_{ij} หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ที่ดินของพืชชนิด j ในเดือนที่ i (ไร่)

aL_1 หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ที่ดินของข้าวนาปี (ไร่)

bL_i หมายถึง ข้อจำกัดที่ดินที่มี ในเดือนที่ i (ไร่)

RL หมายถึง พื้นที่ที่ต้องการสำหรับการผลิตข้าวให้เพียงพอต่อการบริโภคของคนในครัวเรือน (ไร่)

ข้อจำกัดการใช้แรงงาน

การศึกษานี้ กำหนดให้สมการการใช้แรงงานแบ่งย่อยเป็นรายเดือน โดยค่าสัมประสิทธิ์การใช้แรงงานเพื่อการผลิตพืชชนิดที่ j รวมกันต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ แรงงานครัวเรือนมีอยู่ในแต่ละเดือน (bHL_i) แต่กำหนดให้สามารถจ้างแรงงานเพิ่มได้ในแต่ละเดือน (HL_i) สามารถเขียนสมการอย่างย่อได้ดังนี้

$$\sum_{i=1}^{12}\sum_{j=1}^{6} aHL_{ij}X_j - HL_i \leq bHL_i$$

aHL_{ij} หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การใช้แรงงานในการผลิตพืชชนิด j ในเดือนที่ i (วันทำงาน/ไร่)

bHL_i หมายถึง ข้อจำกัดการใช้แรงงานครัวเรือนที่มีในเดือน i (วันทำงาน)

ข้อจำกัดการใช้เงินทุน

สมการเงินทุน ประกอบด้วย ค่าสัมประสิทธิ์การใช้เงินทุนในการผลิตพืชชนิดที่ j จำแนกเป็นการใช้เงินทุนในแต่ละเดือน (บาท/เดือน) ค่าใช้จ่ายเพิ่มในแต่ละเดือนจากการจ้างแรงงานภายนอกในการผลิต (บาท/เดือน) โดยกำหนดให้ค่าจ้างเท่ากับ 180 บาท/วันทำงาน ซึ่งเป็นค่าจ้างแรงงานเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา โดยมีข้อจำกัดว่าเงินทุนที่ใช้ในการผลิตต้องไม่เกินเงินทุนในครัวเรือนมีอยู่ (บาท) อย่างไรก็ตาม เพื่อสะท้อนความเป็นจริง ในการศึกษานี้กำหนดให้เกษตรกรสามารถกู้ยืมเงินเพิ่มได้ในต้นปีการผลิต (บาท) และมีการถ่ายโอนเงินทุนที่เหลืออยู่ในแต่ละเดือนไปยังเดือนถัดไป สามารถเขียนสมการอย่างย่อได้ ดังนี้

$$\sum_{i=1}^{12}\sum_{j=1}^{6} aM_{ij}X_j + (180 \times HL_i) - CR + TR_i - TR_{i-1} - aS_{(i+1)j}X_j \leq bCT$$

aM_{ij} หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การใช้เงินทุนในการผลิตพืชชนิด j ในเดือนที่ i (บาท/ไร่)

$aS_{(i+1)j}$ หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ต้นทุนเงินสดทั้งหมดโอนไปในเดือนถัดไปหลังจากขายผลผลิตพืชชนิด j (บาท/ไร่)

TR_i หมายถึง เงินทุนของเดือนที่ i โอนไปในเดือนถัดไป (บาท)

TR_{i-1} หมายถึง เงินทุนโอนมาจากในเดือนที่ผ่านมา (บาท)

bCT หมายถึง ข้อจำกัดเงินทุนในครัวเรือน (บาท)

ข้อจำกัดการใช้ทรัพยากรน้ำ

สมการใช้ทรัพยากรน้ำ ประกอบด้วย ค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการน้ำของพืชชนิดที่ j จำแนกเป็นความต้องการน้ำของพืชในแต่ละเดือน (m^3) รวมกันต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในแต่ละเดือน (m^3) ซึ่งเกิดจากปริมาณน้ำฝน (bR_i) รวมกับปริมาณน้ำจากชลประทานที่ปล่อยให้ใช้ในการเกษตร (bR_i) สมการการใช้ทรัพยากรน้ำ แบ่งเป็น 3 กรณี 1) ปริมาณน้ำที่มีความเป็นไปได้สูงที่สุด 2) ปริมาณน้ำมากที่สุดที่มีความเป็นไปได้ 3) ปริมาณน้ำที่น้อยที่สุด สามารถเขียนสมการอย่างย่อได้ ดังนี้

กรณี: ปริมาณน้ำที่มีความเป็นไปได้สูงที่สุด

$$\sum_{j=1}^{6} aW_{ij}X_j \leq bR_i + bW_i$$

การศึกษานี้ข้อจำกัดปริมาณน้ำ มีลักษณะความเป็นสมาชิกของความไม่แน่นอนแบบสามเหลี่ยม (triangular fuzzy number) สามารถอธิบายได้ดังนี้ (Figure 1) ให้แกน X แสดงถึงปริมาณทรัพยากรที่ไม่แน่นอนที่กำลังศึกษาอยู่ สมมติเป็นปริมาณน้ำที่มีอยู่ว่าเป็นเท่าไร เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ b ส่วนแกน Y แสดงค่าความเป็นสมาชิก (membership) ของค่า b ซึ่งจะมีค่าระหว่าง [0-1] แสดงถึงโอกาสความน่าจะเป็น (probability) ของการเกิดค่า b ใด ๆ แทนด้วยสัญลักษณ์ λ โดยค่า b ที่อยู่ในแกน X ของรูปแบบสามเหลี่ยมนี้ จะสะท้อนสภาพที่แท้จริงของการมีทรัพยากรใด ๆ มากกว่าเซตแบบดั้งเดิม ตัวอย่างเช่น เซตปริมาณน้ำในที่มีอยู่

สมาชิกในเซตนี้จะไม่มีเฉพาะปริมาณน้ำที่มีคงที่ (b_i) ในระดับเดียวกันหมดของเดือน i (i = 1,2,...,12) แต่ในสถานการณ์ที่แท้จริง ในปีที่ฝนตกมากทำให้สามารถกักเก็บน้ำได้ปริมาณมาก โดยปริมาณน้ำมีปริมาณมากขึ้นกว่าที่เกิดขึ้นประจำ (b_i^+) ขณะที่บางปีเกิดภัยแล้งทำให้ระดับการกักเก็บน้ำที่มีมีน้อยกว่าปกติ (b_i^-) ซึ่งการใช้เซตแบบดั้งเดิมจึงไม่เหมาะสม

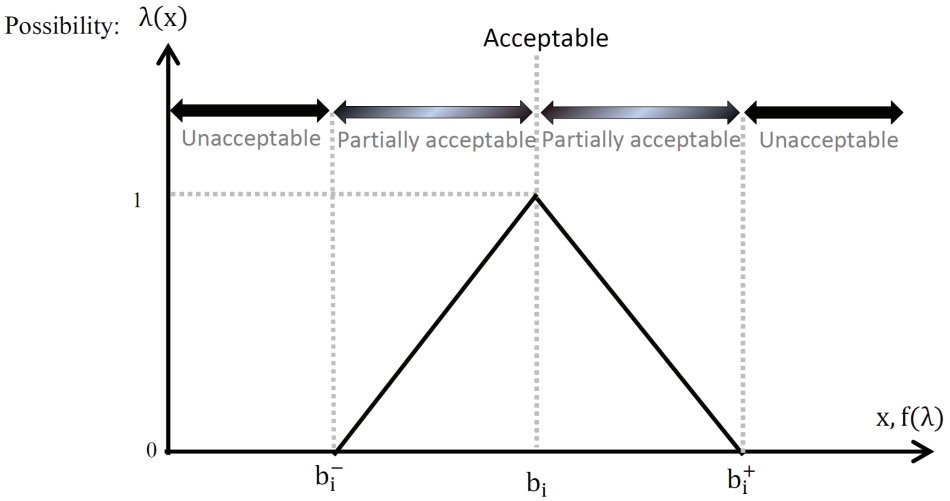


Figure 1 degree of membership

สมการข้อจำกัดด้านทรัพยากรน้ำแบบที่คำนึงถึงความไม่แน่นอนของปริมาณน้ำ สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\lambda(Z_U - Z_L) - \sum_{j=1}^{6} I_j X_j - WHL_i - (CR \times r) + Z_L \leq 0$$

โดยกาหนดให้

λ หมายถึง ค่าความเป็นไปได้ของข้อจำกัดปริมาณน้ำที่มี มีค่าเท่ากับ 0-1

Z_U หมายถึง ค่าที่มากที่สุดของวัตถุประสงค์รายได้เหนือต้นทุนเงินสดสูงสุด (บาท/ไร่)

Z_L หมายถึง ค่าที่น้อยที่สุดของวัตถุประสงค์รายได้เหนือต้นทุนเงินสดสูงสุด (บาท/ไร่)

กรณี: ปริมาณน้ำที่มีอยู่มีปริมาณมากที่สุด

$$\sum_{j=1}^{6} aW_{ij}X_j + \lambda pR_i^+ + \lambda pW_i^+ \leq bR_i^+ + bW_i^+$$

ส่วนของข้อจำกัดปริมาณน้ำฝนที่ตกอยู่มากที่สุด (bR_i^+) มีความเป็นไปได้น้อยที่สุด ($\lambda = 0$) ได้มาจากปริมาณน้ำฝนที่ตกอยู่ในระดับที่เกิดขึ้นเป็นปกติ (bR_i) ซึ่งความเป็นไปได้มากสุด ($\lambda = 1$) รวมกับค่าความเบี่ยงเบนของข้อจำกัดระหว่างปริมาณน้ำฝนที่ตกมากที่สุดกับปริมาณน้ำที่มีอยู่คงที่ (pR_i^+) ดังนั้น ข้อจำกัดปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละเดือนกำหนดโดยใช้ตัวแปรความเป็นไปได้ (λ) ที่มีค่าระหว่าง 1-0 และส่วนของข้อจำกัดปริมาณน้ำจากชลประทานที่ปล่อยให้ใช้ในการเกษตรมากที่สุด (bW_i^+) มีความเป็นไปได้น้อยที่สุด ($\lambda = 0$) ได้มาจากปริมาณน้ำจากชลประทานที่ปล่อยให้ใช้ในระดับที่เกิดขึ้นเป็นปกติ (bW_i) ซึ่งความเป็นไปได้มากสุด ($\lambda = 1$) รวมกับค่าความเบี่ยงเบนของข้อจำกัดระหว่างปริมาณน้ำจากชลประทานที่ปล่อยให้ใช้มากที่สุดกับปริมาณน้ำที่มีอยู่คงที่ (pW_i^+) ดังนั้นข้อจำกัดปริมาณน้ำที่มีในแต่ละเดือน กำหนดโดยใช้ตัวแปรความเป็นไปได้ (λ) ที่มีค่าระหว่าง 1-0 ซึ่งในส่วนของการศึกษาจะแทนค่าตัวแปรความเป็นไปได้ในหลายระดับเพื่อเปรียบเทียบผลได้

กรณี: ปริมาณน้ำที่มีอยู่มีปริมาณน้อยที่สุด

$$\sum_{j=1}^{6} aW_{ij}X_j - bR_i^- - \lambda pW_i^- \leq bR_i^- + bW_i^-$$

ส่วนของข้อจำกัดปริมาณน้ำฝนที่ตกน้อยที่สุด (bR_i^-) มีความเป็นไปได้น้อยที่สุด ($\lambda = 0$) ได้มาจาก

ปริมาณน้ำฝนที่ตกในระดับที่เกิดขึ้นเป็นปกติ (bW_i) ซึ่งความเป็นไปได้มากสุด ($\lambda = 1$) ลบค่าความเบี่ยงเบนของข้อจำกัดระหว่างปริมาณน้ำฝนที่ตกคงที่กับปริมาณน้ำฝนที่ตกน้อยที่สุด (pR_i^-) และข้อจำกัดปริมาณน้ำจากชลประทานที่ปล่อยให้ใช้น้อยที่สุด (bW_i^-) มีความเป็นไปได้น้อยที่สุด ($\lambda = 0$) ได้มาจากปริมาณน้ำจากชลประทานที่ปล่อยให้ใช้ในระดับที่เกิดขึ้นเป็นปกติ (bW_i) ซึ่งความเป็นไปได้มากสุด ($\lambda = 1$) ลบค่าความเบี่ยงเบนของข้อจำกัดระหว่างปริมาณน้ำจากชลประทานที่ปล่อยให้ใช้คงที่กับปริมาณน้ำที่มีอยู่น้อยที่สุด (pW_i^-) ดังนั้นข้อจำกัดปริมาณน้ำที่มีในแต่ละเดือน กำหนดโดยใช้ตัวแปรความเป็นไปได้ (λ) ที่มีค่าระหว่าง 1-0

โดยกำหนดให้

aW_{ij} หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำในการผลิตพืชชนิด j ในเดือนที่ i (m^3/ไร่)

bR_i หมายถึง ข้อจำกัดปริมาณน้ำฝนที่ตกอยู่คงที่ ในเดือน i (m^3)

bW_i หมายถึง ข้อจำกัดปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่มีอยู่คงที่ ในเดือน i (m^3)

bR_i^+ หมายถึง ข้อจำกัดปริมาณน้ำฝนที่ตกมากที่สุด ในเดือน i (m^3)

bR_i^- หมายถึง ข้อจำกัดปริมาณน้ำฝนที่ตกน้อยที่สุด ในเดือน i (m^3)

pR_i^+ หมายถึง ค่าความเบี่ยงเบนของข้อจำกัดระหว่างปริมาณน้ำฝนที่ตกมากที่สุดกับปริมาณน้ำฝนที่ตกคงที่

pR_i^- หมายถึง ค่าความเบี่ยงเบนของข้อจำกัดระหว่างปริมาณน้ำฝนที่ตกคงที่กับปริมาณน้ำฝนที่ตกน้อยที่สุด

bW_i^+ หมายถึง ข้อจำกัดปริมาณน้ำจากชลประทานที่ปล่อยมากที่สุด ในเดือน i (m^3)

bW_i^- หมายถึง ข้อจำกัดปริมาณน้ำจากชลประทานที่ปล่อยน้อยที่สุด ในเดือน i (m^3)

pW_i^+ หมายถึง ค่าความเบี่ยงเบนของข้อจำกัดระหว่างปริมาณน้ำจากชลประทานที่ปล่อยมากที่สุดกับปริมาณน้ำจากชลประทานที่ปล่อยคงที่

pW_i^- หมายถึง ค่าความเบี่ยงเบนของข้อจำกัดระหว่างปริมาณน้ำจากชลประทานที่ปล่อยคงที่กับปริมาณน้ำจากชลประทานที่ปล่อยน้อยที่สุด

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สภาพเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน

การเก็บข้อมูลในกลุ่มเกษตรกรผู้ใช้น้ำของพื้นที่ชลประทานอ่างเก็บน้ำห้วยแม่สอด พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีหัวหน้าครัวเรือนอายุโดยเฉลี่ย 57 ปี ส่วนใหญ่เป็นวัยกลางคน (ร้อยละ 60.49) จบการศึกษาระดับประถมศึกษาที่ 4 (ร้อยละ 69.14) อาชีพหลัก คือ การทำไร่ (ร้อยละ 81.48) มีจำนวนสมาชิกเฉลี่ยครัวเรือนละ 3.88 คน โดยมีสมาชิกที่เป็นแรงงานในการทำเกษตรเฉลี่ย 1.65 คน/ครัวเรือน ส่วนใหญ่มีแรงงานประจำเพื่อการเกษตร (ร้อยละ 92.59) แหล่งที่มาของแรงงานทั้งจ้างประจำและไม่ประจำเป็นแรงงานต่างด้าวสัญชาติพม่า (ร้อยละ 100) สำหรับข้อมูลการถือครอง และการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้น มีพื้นที่ทำการเกษตร เฉลี่ย 16.23 ไร่/ครัวเรือน ลักษณะการถือครองที่ดินโดยส่วนใหญ่เป็นการเช่าเพื่อการเกษตร (ร้อยละ 66.67) ลักษณะที่ดินเป็นที่ราบ (ร้อยละ 97.53) คุณภาพดินเป็นดินร่วนปนทราย (ร้อยละ 76.54) โดยเป็นพื้นที่ชลประทานทั้งหมด บางครัวเรือนมีปัญหาการขาดแคลนน้ำ (ร้อยละ 20.99) สัดส่วนของจำนวนเงินทุนส่วนตัวกับจำนวนเงินกู้เท่ากับ 46:54 แหล่งที่มาของเงินกู้คือ ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ร้อยละ 41.10) พืชที่เกษตรกรเลือกปลูกมีอยู่ 4 ชนิด ได้แก่ ข้าวนาปี ถั่วเหลือง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แตงกวา โดยพืชแต่ละชนิดมีพื้นที่ปลูก ต้นทุนเงินสด รายได้เหนือต้นทุนเงินสด ความต้องการแรงงานและปริมาณน้ำที่แตกต่างกันดังแสดงใน Table 1 โดยส่วนใหญ่ในช่วงฤดูฝน จะปลูกข้าวนาปี (ร้อยละ 58.17) และฤดูแล้งส่วนมากจะเลือกปลูกถั่วเหลือง (ร้อยละ 24.41) และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ร้อยละ 15.84) พืชที่มีรายได้เหนือต้นทุนเงินสดมากที่สุด คือ ข้าวนาปี (ร้อยละ 27.86) รองลงมาเป็นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูแล้ง (ร้อยละ 20.41) พืชที่มีต้นทุนเงินสด และความต้องการแรงงานในการผลิตมากที่สุด คือ แตงกวา และพืชที่มีความต้องการน้ำที่พืชต้องการมากที่สุดคือ ข้าวนาปี (ร้อยละ 30.86) และข้าวเป็นพืชที่ใช้ที่ดินตั้งแต่การเตรียมแปลงปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยวนานที่สุด คือใช้เวลาในการผลิตทั้งสิ้น 7 เดือน

Table 1 Survey on crop production plan in Huai Mae Sot irrigation area, Tak province

Crop Production Plan	Land	Income over cash cost	Cash cost	Labor requirement	Water requirement	Planting period
	(rai)	(baht/ rai)	(baht/ rai)	(man-day/ rai)	(m^3/rai)	(month)
Rice	1245.80	2,907	3,488	22	1,395	7
	(58.17)	(27.86)	(4.15)	(11.39)	(30.86)	
Soy beans	522.80	935	3,409	15	797	5
	(24.41)	(8.96)	(4.06)	(8.03)	(17.63)	
Maize (Rainy season)	12.00	1,883	4,467	22	754	5
	(0.56)	(18.05)	(5.32)	(11.26)	(16.68)	
Maize (Summer season)	339.20	2,129	3,991	17	754	5
	(15.84)	(20.41)	(4.75)	(8.94)	(16.68)	
Cucumber (Winter season)	11.00	1,294	34,094	58	410	3
	(0.51)	(12.41)	(40.59)	(30.02)	(9.07)	
Cucumber (Summer season)	11.00	1,283	34,550	58	410	3
	(0.51)	(12.30)	(41.13)	(30.36)	(9.07)	

Source: Survey

ความเป็นไปได้ของปริมาณน้ำในที่มีอยู่

การวางแผนการผลิตพืชได้คำนึงถึงความไม่แน่นอนของปริมาณน้ำในพื้นที่อ่างเก็บน้ำห้วยแม่สอด ซึ่งมีการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝน ได้รวบรวมเป็นข้อมูลรายเดือน ย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 - 2558 และปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำ และสามารถปล่อยให้เกษตรกรใช้ได้เป็นระยะเวลา 5 ปี ตั้งแต่ปี 2554 ถึงปี 2558 ได้ข้อมูลปริมาณน้ำในอดีตซึ่งมีความไม่แน่นอน โดยพบว่าปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดที่เคยปล่อยให้เกษตรกรใช้อยู่ที่ 6.73 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำที่มากที่สุดที่เคยมีอยู่ที่ปริมาณ 19.42 ล้าน ลบ.ม. และปริมาณน้ำที่มีอยู่โดยเฉลี่ยที่มีโอกาสการเกิดขึ้นบ่อยที่สุดอยู่ที่ 11.65 ล้าน ลบ.ม. (Figure 2)

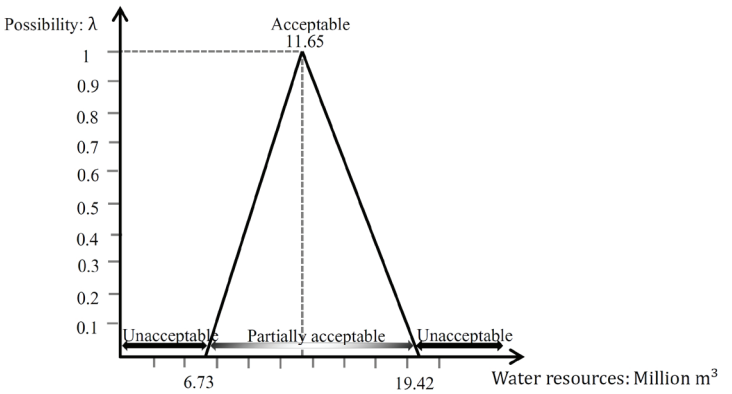


Figure 2 Opportunity possibilities (λ) water resources

แผนการผลิตพืชในพื้นที่ชลประทานอ่างเก็บน้ำห้วยแม่สอดที่เหมาะสมเชิงเศรษฐกิจ

ผลการวิเคราะห์การวางแผนการผลิตพืช โดยมีเป้าหมาย คือ รายได้เหนือต้นทุนเงินสดสูงสุด ภายใต้ข้อจำกัดปริมาณน้ำที่ไม่แน่นอน โดยใช้โอกาสความเป็นไปได้ (λ) แบ่งเป็นปริมาณน้ำมากที่สุดที่เป็นไปได้ และปริมาณน้ำน้อยที่สุดที่มีความเป็นไปได้ โดยกำหนดให้ปริมาณน้ำที่มีความเป็นไปได้สูงที่สุดเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่มีอยู่มีค่าไม่แน่นอน ในกรณีที่ปริมาณน้ำที่มีอยู่เพิ่มขึ้น สถานการณ์ที่เป็นสาเหตุของการเพิ่มปริมาณน้ำ คือการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม ส่งผลให้มีปริมาณน้ำฝนที่มากขึ้น จากการศึกษาพบว่า พื้นที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำที่มีอยู่เพิ่มขึ้น แต่โอกาสความเป็นได้จะน้อยกว่าเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำที่กำหนดให้เป็นค่าคงที่ลดลง (Table 2)

กรณีที่กำหนดให้ปริมาณน้ำที่มีอยู่เพิ่มขึ้นที่โอกาสความเป็นไปได้ร้อยละ 75 ($\lambda = 0.75$) ทำให้ข้อจำกัดของปริมาณน้ำที่มีอยู่เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับกรณีที่กำหนดให้ปริมาณน้ำมีค่าคงที่ ณ จุดที่มีความเป็นไปได้สูงที่สุด ($\lambda = 1$) จำนวน 1.96 ล้าน ลบ.ม. (ร้อยละ 16.85) ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่เพาะปลูก โดยเพิ่มพื้นที่ปลูกข้าวนาปีจำนวน 22.01 ไร่ (ร้อยละ 1.78) เนื่องจากเป็นพืชที่มีรายได้เหนือต้นทุนเงินสดมากที่สุด และเพิ่มพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ฤดูร้อนจำนวน 163.47 ไร่ (ร้อยละ 24.32) ลดพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูฝนจำนวน 7.89 ไร่ (ร้อยละ 6.24) เพราะเป็นช่วงเวลาเดียวกันกับการปลูกข้าวนาปี และลดพื้นที่ปลูกแตงกวาในฤดูร้อนจำนวน 16.88 ไร่ (ร้อยละ 52.68) เนื่องจากเป็นพืชที่ใช้ต้นทุนเงินสดมากที่สุด มีความต้องการใช้แรงงานมากขึ้นจำนวน 2,134 วันทำงาน (ร้อยละ 4.94) ได้จ้างแรงงานนอกครัวเรือนเพิ่มขึ้นจำนวน 237 วันทำงาน (ร้อยละ 4.32) และใช้เงินทุนมากขึ้นจำนวน 151,565 บาท (ร้อยละ 1.57) ต้องการเงินทุนนอกครัวเรือนมากขึ้นจำนวน 99,020 บาท (ร้อยละ 20.44) พืชมีความต้องการใช้น้ำในปีการผลิตมากขึ้นจำนวน 123,843.11 ลบ.ม. (ร้อยละ 5.31) ทำให้รายได้เหนือต้นทุนเงินสดเพิ่มขึ้นเท่ากับ 324,982 บาท (ร้อยละ 22.68)

เมื่อกำหนดให้ปริมาณน้ำที่มีอยู่เพิ่มขึ้น ที่โอกาสความเป็นไปได้ร้อยละ 50 ($\lambda = 0.5$) ทำให้ข้อจำกัดของปริมาณน้ำที่มีอยู่เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับกรณีที่กำหนดให้ปริมาณน้ำมีค่าคงที่ ณ จุดที่มีความเป็นไปได้สูงที่สุด ($\lambda = 1$) จำนวน 3.93 ล้าน ลบ.ม. (ร้อยละ 33.70) ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่เพาะปลูก โดยเพิ่มพื้นที่ปลูกข้าวนาปีจำนวน 79.32 ไร่ (ร้อยละ 6.40) และเพิ่มพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ฤดูร้อนจำนวน 310.32 ไร่ (ร้อยละ 46.17) ลดพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูฝนจำนวน 28.44 ไร่ (ร้อยละ 22.48) และลดพื้นที่ปลูกแตงกวาในฤดูร้อนจำนวน 32.04 ไร่ (ร้อยละ 100) มีความต้องการใช้แรงงานมากขึ้นจำนวน 4,580 วันทำงาน (ร้อยละ 10.59) ได้จ้างแรงงานนอกครัวเรือนเพิ่มขึ้นจำนวน 1,492 วันทำงาน (ร้อยละ 27.22) และใช้เงินทุนมากขึ้นจำนวน 546,195 บาท (ร้อยละ 5.65) ต้องการเงินทุนนอกครัวเรือนมากขึ้นจำนวน 356,846 บาท (ร้อยละ 73.67) พืชมีความต้องการใช้น้ำในปีการผลิตมากขึ้นจำนวน 278,984.23 ลบ.ม. (ร้อยละ 11.96) ทำให้รายได้เหนือต้นทุนเงินสดเพิ่มขึ้นเท่ากับ 499,516 บาท (ร้อยละ 11.66)

Table 2 Crop production plan in Huai Mae Sot reservoir irrigated areas, Tak province

Crop Production Plan	Lower Bound for Fuzzy Resources		Constant Resources	Upper Bound for Fuzzy Resources	
	($\lambda = 0.01$)	($\lambda = 0.5$)	($\lambda = 1$)	($\lambda = 0.75$)	($\lambda = 0.5$)
Rice (Rai)	446.32	1,202.93	1,238.64	1,260.65	1,317.96
	(- 63.97)	(- 2.88)		(1.78)	(6.40)
Maize: Rainy season (Rai)	410.54	139.28	126.48	118.59	98.04
	(224.59)	(10.12)		(- 6.24)	(- 22.48)
Maize: Summer season (Rai)	102.52	406.95	672.15	835.62	982.46
	(- 84.75)	(- 39.46)		(24.32)	(46.17)
Cucumber (Winter season (Rai)	66.14	-	-	-	-
	(100.00)				
Cucumber: Summer season (Rai)	-	59.42	32.04	15.16	-
	(- 100.00)	(85.46)		(- 52.68)	(- 100.00)
Labor (Man-day)	24,215	39,772	43,233	45,367	47,813
	(- 43.99)	(- 8.01)		(4.94)	(10.59)
Hire labor (Man-day)	-	5,098	5,482	5,719	6,974
	(- 100.00)	(- 7.01)		(4.32)	(27.22)
Capital (Baht)	6,055,216	9,419,623	9,665,496	9,817,061	10,211,691
	(- 37.35)	(- 2.54)		(1.57)	(5.65)
Credit (Baht)	-	323,718	484,356	583,376	841,201
	(- 100.00)	(- 33.17)		(20.44)	(73.67)
Water availability (million m^3)	6.73	8.32	11.65	13.61	15.57
	(- 42.24)	(- 28.59)		(16.85)	(33.70)
Water requirement (m^3)	1,048,166	2,132,697	2,333,602	2,457,445	2,612,586
	(-55.08)	(-8.61)		(5.31)	(11.96)
Income over cash cost (Baht)	**2,374,106**	**3,757,797**	**4,285,004**	**4,609,986**	**4,784,520**
	(- 44.60)	(- 12.30)		(22.68)	(11.66)

Source: Analysis

ส่วนในกรณีกำหนดให้ที่ปริมาณน้ำในที่มีอยู่ลดลง ซึ่งสาเหตุของการลดปริมาณน้ำสามารถเกิดขึ้นได้จากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ และสิ่งแวดล้อม ปริมาณน้ำฝนน้อย แหล่งเก็บเสื่อมสภาพตื้นเขิน ทำให้มีประสิทธิภาพต่ำ เก็บกักน้ำไว้ได้น้อย จนถึงไม่สามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ การบริหารจัดการน้ำเกิดความผิดพลาด มีความบกพร่องในการระบายน้ำ ทำให้มีน้ำเหลือเก็บกักไว้น้อย จากการศึกษาพบว่า พื้นที่เพาะปลูกลดลง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำที่มีอยู่ลดลง แต่โอกาสความเป็นได้จะน้อยกว่า เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำที่กำหนดให้เป็นค่าคงที่ลดลง (Table 2)

เมื่อสถานการณ์ปริมาณน้ำที่มีอยู่ลดลง ที่โอกาสความเป็นไปได้ร้อยละ 50 ($\lambda = 0.5$) ทำให้ข้อจำกัดของปริมาณน้ำที่มีอยู่ลดลงจากปริมาณน้ำที่มีความเป็นไปได้สูงที่สุดจำนวน 3.33 ล้าน ลบ.ม. (ร้อยละ 28.59) ส่งผลให้มีการเพิ่มพื้นที่ปลูกแตงกวาในฤดูร้อนจำนวน 27.38 ไร่ (ร้อยละ 85.46) เนื่องจากเป็นพืชที่มีความต้องการน้ำน้อยที่สุด ใช้เวลาในการปลูกเพียง 3 เดือน และเพิ่มพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ฤดูฝนจำนวน 12.80 ไร่ (ร้อยละ 10.12) ลดพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปีลงจำนวน 35.71 ไร่ (ร้อยละ 2.88) เพราะเป็นช่วงเวลาเดียวกันกับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ฤดูฝน และเป็นพืชที่มีความต้องการน้ำมากที่สุด และลดพื้นที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ฤดูร้อน จำนวน 265.20 ไร่ (ร้อยละ 39.46) มีความต้องการใช้แรงงานลดลงจำนวน 3,461 วันทำงาน (ร้อยละ 8.01) จ้างแรงงานนอกครัวเรือนลดลงจำนวน 384 วันทำงาน (ร้อยละ 7.01) และใช้เงินทุนทั้งหมดลดลงจำนวน 245,873 บาท (ร้อยละ 2.54) ต้องการเงินทุนนอกครัวเรือนลดลงจำนวน 160,637 บาท (ร้อยละ 33.17) พืชมีความต้องการใช้น้ำทั้งปีการผลิตลดลงจำนวน 200,904.36 ลบ.ม. (ร้อยละ 8.61) ทำให้รายได้เหนือต้นทุนเงินสดลดลง 527,207 บาท (ร้อยละ 12.30) ส่วนการกำหนดให้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ลดลง ที่โอกาสความเป็นไปได้ร้อยละ 1 ($\lambda = 0.01$) ซึ่งเป็นระดับที่มีโอกาสที่จะเกิดขึ้นน้อยที่สุด ทำให้ข้อจำกัดของปริมาณน้ำที่มีอยู่ลดลง จำนวน 4.92 ล้าน ลบ.ม. (ร้อยละ 42.24) ส่งผลให้มีการปลูกข้าวนาปีลดลงจำนวน 792.32 ไร่ (ร้อยละ 63.97) ลดพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ฤดูร้อน จำนวน 569.62 ไร่ (ร้อยละ 84.75) เพิ่มพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ฤดูฝน จำนวน 284.06 ไร่ (ร้อยละ 224.59) และลดพื้นที่ปลูกแตงกวาในฤดูร้อนทั้งหมด มีความต้องการใช้แรงงานลดลงจำนวน 19,018 วันทำงาน (ร้อยละ 43.99) ใช้เงินทุนลดลง -3,610,280 บาท (ร้อยละ 37.35) ทำให้ไม่ต้องการเงินทุนนอกครัวเรือน และพืชมีความต้องการใช้น้ำทั้งปีการผลิตลดลงจำนวน 1,285,435.98 ลบ.ม. (ร้อยละ 55.08) ทำให้รายได้เหนือต้นทุนเงินสดลดลงเท่ากับ 1,910,898 บาท (ร้อยละ 44.60)

ผลการศึกษาที่ได้มีความสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงในพื้นที่ ซึ่งปริมาณน้ำฝน และปริมาณน้ำในแหล่งกักเก็บน้ำในแต่ละปี ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้ที่ดินในปลูกพืชในแต่ละฤดูการผลิต ทรัพยากรน้ำถือเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อรายได้ของเกษตรกร ในสถานการณ์ที่ปริมาณน้ำมากขึ้นจะทำให้รายได้สูงสุดเพิ่มมากขึ้น มีการใช้ทรัพยากรที่ดิน แรงงาน และเงินลงทุนเพิ่มขึ้นหาก ปริมาณน้ำลดลงจะทำให้รายได้สูงสุดลดลง มีการใช้ทรัพยากรที่ดิน แรงงาน และเงินลงทุนลดลง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Amini (2015) เนื่องจากลักษณะการทำการเกษตรโดยทั่วไป เกษตรกรต้องตัดสินใจภายใต้ความเสี่ยงและความไม่นอน ดังนั้นการศึกษาต่อไปควรพิจารณาความเสี่ยง และความไม่แน่นอนของการทำกิจกรรมและการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ในแบบจำลอง เพื่อจะได้แผนการผลิตที่เหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงมากขึ้น

สรุป

ข้อจำกัดปริมาณน้ำเป็นตัวแปรสำคัญส่งผลต่อการตัดสินใจใช้ที่ดินในปลูกพืชในแต่ละฤดูการผลิต และส่งผลต่อรายได้ของเกษตรกร จากผลการศึกษาพืชที่เกษตรกรควรปลูกเพื่อให้มีรายได้สูงสุดแตกต่างกันไปตามสถานการณ์น้ำที่แตกต่างกัน โดยในสถานการณ์ที่ปริมาณน้ำมีมากที่สุดเท่ากับ 15.57 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งมีโอกาสความเป็นไปได้ร้อยละ 50 ($\lambda = 0.5$) เกษตรกรควรปลูกข้าวนาปีมากที่สุด เนื่องจากเป็นพืชที่มีรายได้เหนือต้นทุนเงินสดมากที่สุด ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แตงกวาในฤดูร้อน และ

ลดการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูฝน ซึ่งจะทำให้มีรายได้สูงสุด 4,784,520 บาท ส่วนในสถานการณ์ที่ปริมาณน้ำยังมีมากที่เท่ากับ 13.61 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งมีโอกาสความเป็นไปได้ร้อยละ 75 ($\lambda = 0.75$) แผนการผลิตแนะนำให้เกษตรกรปลูกข้าวนาปี ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูร้อน ลดการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูฝน และแตงกวาในฤดูร้อน ทำให้มีรายได้สูงสุดเท่ากับ 4,609,986 บาท แต่ในสถานการณ์ที่ปริมาณน้ำน้อยคือ 8.32 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งโอกาสความเป็นไปได้ร้อยละ 50 ($\lambda = 0.5$) เกษตรกรควรลดการปลูกข้าวนาปี ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูร้อน เพิ่มการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูฝนและแตงกวาในช่วงฤดูร้อน ซึ่งจะทำให้รายได้สูงสุดลดลงเหลือ 3,757,797 บาท และในสถานการณ์ที่ปริมาณน้ำน้อยที่สุดคือ 6.73 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งโอกาสความเป็นไปได้ร้อยละ 1 ($\lambda = 0.01$) เกษตรกรควรลดการปลูกข้าวนาปี ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูร้อนแตงกวาในช่วงฤดูหนาว เพิ่มการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูฝนและแตงกวาในช่วงฤดูร้อน ซึ่งจะทำให้มีรายได้สูงสุดลดลงเหลือ 2,374,106 บาท

อย่างไรก็ตาม สถานการณ์ที่มีโอกาสเกิดขึ้นมากที่สุดคือ มีปริมาณน้ำ 11.65 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งเกษตรกรควรปลูกข้าวนาปี ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูฝนและฤดูร้อน แตงกวาในฤดูร้อน เพื่อให้มีรายได้สูงสุด 4,285,004 บาท การเปรียบเทียบกรณีที่ปริมาณน้ำ ณ ระดับที่มีความเป็นไปได้สูงที่สุดกับกรณีที่ปริมาณน้ำอยู่ในระดับมากแต่มีความเป็นไปได้น้อย พบว่า ปริมาณน้ำที่มากขึ้นจะทำให้รายได้สูงสุดเพิ่มมากขึ้น มีการใช้ทรัพยากรที่ดิน แรงงาน และเงินลงทุนเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกัน ขณะที่เมื่อเทียบกับกรณีที่ปริมาณน้ำมีอยู่ในระดับน้อยและมีความเป็นไปได้น้อย พบว่า ปริมาณน้ำที่ลดลงจะทำให้รายได้สูงสุดลดลง มีการใช้ทรัพยากรที่ดิน แรงงาน และเงินลงทุนลดลงในทิศทางเดียวกัน

เอกสารอ้างอิง

ธชณัฐ ภัทรสถาพรกุล. 2558. ภาพรวมสถานการณ์ปริมาณน้ำของประเทศไทย. สถาบันน้ำเพื่อความยั่งยืน. 9: 10-13.

ภาณุวัฒน์ ปิ่นทอง และเอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย. 2547. การพัฒนาแบบจำลองสำหรับการจัดการอ่างเก็บน้ำโดยเกณฑ์แบบฟัซซี: กรณีศึกษาเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์. น. 358-367. ใน: ประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42: สาขาวิศวกรรมศาสตร์ 3-6 กุมภาพันธ์ 2547. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

Abbas Amini. 2015. Application of fuzzy multi-objective programming in optimization of crop production planning. Asian Journal of Agricultural Research. 9: 208-222.

Deepak, K., M.K. Jat, and J. D. Sunder. 2007. Assessment of water resources allocation options: Conjunctive use planning in a link canal command. Conservation and Recycling. 51: 487–506.

Regulwar, D. G. and V. S. Pradhan. 2013. Irrigation planning with conjunctive use of surface and groundwater using fuzzy resources. Water Resource and Protection. 5: 816-822.

Yamane, T.1973. Statistics: An Introductory Analysis. Harper and Row Publication, New York.