

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ประกอบไปด้วย ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา เช่น วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง การวิเคราะห์ข้อมูลแบบจำลองลิเนียร์โปรแกรมมิ่ง (linear programming) การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความเต็มใจจ่าย (willingness to pay: WTP) เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลในการศึกษานี้รวบรวมมาจากข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) โดยการเก็บข้อมูล จากกลุ่มตัวอย่างในเขตพื้นที่และข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) โดยรวบรวมจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล มีดังนี้

1. **ข้อมูลแบบปฐมภูมิ (primary data)** เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านเศรษฐกิจและสังคม ของกลุ่มตัวอย่างในเขตพื้นที่การศึกษา ข้อมูลส่วนนี้เป็นข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์โดยใช้ แบบสอบถาม (questionnaire) ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง เกษตรกรผู้ใช้น้ำในระบบชลประทานรูปแบบต่าง ๆ เพื่อการเกษตรในเขตพื้นที่อำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน ซึ่งข้อมูลในการสัมภาษณ์มีรายละเอียดพอสังเขป ดังนี้ จำนวนสมาชิกในครัวเรือน อายุ ระดับการศึกษา การประกอบอาชีพและสัมภาษณ์เกษตรกรในเขตพื้นที่การศึกษาเพื่อให้ได้ ข้อมูลทางด้านสภาพการผลิต การใช้ปัจจัยการผลิตและข้อจำกัดด้านการผลิตต่าง ๆ ของเกษตรกร เช่น พื้นที่ถือครอง จำนวนแรงงานครัวเรือน แรงงานจ้าง แหล่งจ้างงาน ค่าจ้างแรงงาน ทรัพย์สิน เงินทุนของตนเอง สินเชื่อ การกระจายผลผลิต ราคาผลผลิต ต้นทุนและผลตอบแทนจากการผลิต ข้อมูลการใช้จ่ายค่าน้ำจากเขตต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลให้ทราบถึงมูลค่าการใช้น้ำที่ดูจากต้นทุนและ ทราบความเต็มใจจ่ายของเกษตรกรในการใช้น้ำเพื่อการเพาะปลูก

2. ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) เป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปทฤษฎี แนวคิดและผลการวิจัย ซึ่งรวบรวมได้จากการค้นคว้าจากบทความทางวิชาการ รายงานการวิจัยต่าง ๆ รวมถึงหนังสือ วารสาร สิ่งพิมพ์ เอกสารด้านสถิติที่เกี่ยวข้องและข้อมูลจากหน่วยงานราชการ นอกจากนี้ยังมีข้อมูลพื้นฐานของอำเภอป่าซาง ประกอบด้วยข้อมูลทางด้านกายภาพชีวภาพเกี่ยวกับสภาพพื้นที่การศึกษา เช่น ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะภูมิอากาศและทรัพยากรธรรมชาติ เป็นต้น รวมถึงข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ น้ำของพืช ทำการรวบรวมจากส่วนเกษตรชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ สำนักงานเกษตรอำเภอป่าซาง เป็นต้น

3.1.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้ คือ กลุ่มเกษตรกรที่ใช้น้ำในระบบชลประทานรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งสามารถแบ่งได้ตามเขต ดังนี้ ใช้น้ำด้วยไฟฟ้า ใช้น้ำใต้ดินตื้น (< 50 m)ร่วมกับใช้น้ำใต้ดินลึก (\geq 50 m) โครงการชลประทานฝาย โครงการชลประทานร่วมกับ ใช้น้ำใต้ดินตื้น (< 50 m) และโครงการชลประทานร่วมกับใช้น้ำใต้ดินลึก (\geq 50 m) ในเขตอำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน ซึ่งเป็นชลประทานที่ได้รับน้ำจากแม่น้ำปิงและแม่น้ำทา โดยครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 9 ตำบล ได้แก่ ตำบลป่าซาง ตำบลท่าตุ้ม ตำบลน้ำดิบ ตำบลบ้านเรื่อน ตำบลปากบ่อง ตำบลม่วงน้อย ตำบลมะกอก ตำบลแม่แรงและตำบลนครเจดีย์ ที่ได้ทำการเพาะปลูกพืช ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลจากการสำรวจของเกษตรกรของปี 2552-2553 ซึ่งแบบการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างได้ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (stratified random sampling) โดยใช้ตัวอย่าง 233 ตัวอย่าง โดยสุ่มจากการแบ่งพื้นที่ออกเป็นการใช้น้ำในระบบชลประทานรูปแบบต่าง ๆ โดยคิดเป็นสัดส่วนเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่การใช้น้ำและพืชที่สำคัญ ได้แก่ ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน หอมแดงฤดูแล้ง ในระดับครัวเรือนของเขตพื้นที่อำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน

แบบสอบถามที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้จะประกอบไปด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรตัวอย่างซึ่งมีรายละเอียดการสร้างแบบสอบถาม ดังนี้

ส่วนที่ 1 ประกอบด้วยข้อมูลทั่วไปของครัวเรือนเกษตรกร เช่น สถานภาพในครัวเรือน อายุของหัวหน้าครัวเรือน ระดับการศึกษา จำนวนสมาชิก จำนวนแรงงานในครัวเรือน ปัญหาในการทำเกษตร เป็นต้น

ส่วนที่ 2 ประกอบด้วยข้อมูลการถือครองที่ดินและการใช้ประโยชน์จากที่ดินในการเพาะปลูกปี 2552-2553 ได้แก่ จำนวนที่ดินในการถือครอง กรรมสิทธิ์ในที่ดินและการใช้ดิน เป็นต้น

ส่วนที่ 3 ประกอบด้วยข้อมูลด้านการเพาะปลูกพืช เช่น ปัจจัยการผลิต ราคาปัจจัยแรงงานที่ใช้ ต้นทุนในการผลิต ผลผลิตที่ได้และการจำหน่ายผลผลิต ซึ่งสามารถแบ่งได้อีก 5 ข้อย่อย ดังนี้

ข้อที่ 1 ประกอบด้วยค่าปัจจัยผันแปรที่ใช้กับพืชที่สัมภาษณ์ทั้งหมด โดยจะเป็น ค่าวัสดุปัจจัยที่ลงทุน ปุ๋ยและสารเคมีที่ใช้ในการบำรุงรักษาตลอดอายุพืช

ข้อที่ 2 ประกอบด้วยจำนวนแรงงานครัวเรือนและแรงงานจ้างในการผลิต ซึ่งจะ เป็นกิจกรรมการผลิตที่ดูแลรักษาพืช ตั้งแต่การเตรียมดิน การเพาะกล้า การปลูก การให้น้ำ การดูแลรักษา การเก็บเกี่ยวและรวมถึงการนำไปเก็บและนำไปขาย

ข้อที่ 3 ประกอบด้วยค่าเสื่อมราคา ค่าซ่อมแซม หรือค่าเช่า เครื่องจักร เครื่องมือ ในการผลิตพืช

ข้อที่ 4 ประกอบด้วยต้นทุนคงที่ ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายหรืออัตราค่าเช่าที่ดิน ภาษีที่ดิน

ข้อที่ 5 ประกอบด้วยผลผลิตทั้งหมด ราคาจำหน่าย รวมไปถึงรายได้

ส่วนที่ 4 เป็นส่วนของรายได้และเงินทุน ซึ่งประกอบไปด้วยรายละเอียดการกู้ยืมเงิน หนี้สิน รายได้ที่ได้จากการผลิตของครัวเรือนมาจากภาคเกษตรและรายได้จากนอกภาคเกษตร เป็นต้น

ส่วนที่ 5 ประกอบด้วยข้อมูลการใช้น้ำในการผลิตและเทคโนโลยีการเกษตรของพืชที่ สัมภาษณ์ ได้แก่ ประเภทของแหล่งน้ำที่เกษตรกรใช้ในการผลิตพืช ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ เป็นต้น

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์เชิงพรรณนา (descriptive method) และการวิเคราะห์เชิงปริมาณ (quantitative method) โดยการวิเคราะห์ข้อมูล ของกลุ่มตัวอย่างนี้จะวิเคราะห์และประเมินผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปโดยใช้คอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถ อธิบายได้ ดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์เชิงพรรณนา (descriptive method) เป็นการอธิบายถึงข้อมูลทั่วไปของ เกษตรกรในอำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน โดยใช้สถิติอย่างง่ายในรูปของการหาค่าร้อยละ (percentage) การหาค่าเฉลี่ย (mean) เป็นต้น ซึ่งนำมาใช้ในการวิเคราะห์เบื้องต้นและนำผลที่ได้มาวิเคราะห์และ อธิบายในเชิงพรรณนา ได้แก่ สภาพทางกายภาพชีวภาพ เช่น สภาพพื้นที่ ระบบน้ำเพื่อการเกษตร

สภาพทางเศรษฐกิจสังคม เช่น แรงงานในครัวเรือน การถือครองที่ดินและสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ตลอดจนสภาพการผลิตและการใช้ปัจจัยการผลิตในพื้นที่ทำการศึกษา นำเสนอในรูปแบบแผนภาพ แผนที่และตารางข้อมูลของเกษตรกร

การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (quantitative method) แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

(1) การวิเคราะห์ข้อมูลแบบจำลองลิเนียร์โปรแกรมมิ่ง (linear programming) เป็นการสร้างแบบจำลองเพื่อหาแผนการผลิตที่เหมาะสม แบบจำลองลิเนียร์โปรแกรมมิ่งที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นแบบจำลองเชิงเส้น มีลักษณะโครงสร้างโดยทั่วไป ประกอบด้วยฟังก์ชันวัตถุประสงค์และสมการข้อจำกัดต่าง ๆ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการผลตอบแทนรวมหรือรายได้สุทธิรวมของการผลิต โดยต้องทราบข้อมูลด้านต้นทุนและผลตอบแทนจากการทำกิจกรรมการผลิตพืชแต่ละชนิดของเกษตรกรในเขตพื้นที่การใช้น้ำในระบบชลประทานรูปแบบต่าง ๆ ในอำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน

สำหรับการศึกษาจะใช้การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (quantitative method) โดยการนำข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการสอบถามและข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากรวบรวมข้อมูลการเพาะปลูกของครัวเรือนเกษตรกรในปีการเพาะปลูก 2552-2553 นำไปใช้กับโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ (mathematical programming) เพื่อวิเคราะห์หาการวางแผนการผลิตที่เหมาะสมของเกษตรกรโดยใช้ลิเนียร์โปรแกรมมิ่งวิเคราะห์การผลิตที่เหมาะสมของกิจกรรมทางเลือกที่มีช่วงเวลาการลงทุนไม่เกิน 1 ปี เช่น การปลูกข้าว หอมแดง

แบบจำลองลิเนียร์โปรแกรมมิ่ง ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (objective functions) ข้อจำกัดของทรัพยากร (resource constraints) และกิจกรรมทางเลือกต่าง ๆ (activities) โดยมีจุดประสงค์เพื่อต้องการหาการผลิตที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด จะทำให้ได้ผลในรูปแบบของแผนการผลิตที่เหมาะสมบรรลุผล คือกำไรสูงสุด ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด

ข้อจำกัดและเงื่อนไข

1. การใช้ที่ดิน กำหนดจากพื้นที่ที่เกษตรกรถือครองและเป็นพื้นที่ที่สามารถทำการเกษตรได้
2. ปริมาณน้ำ ได้นำเรื่องการใช้น้ำเข้ามาวิเคราะห์ ให้เหมาะสมกับชนิดพืชที่ปลูก ดังนั้น พืชที่ถูกเลือกเข้ามาในแผนการผลิตจะเป็นพืชที่ใช้น้ำไม่มากกว่าน้ำที่มีในเขตพื้นที่การศึกษามีตนเองมีอยู่
3. การจ้างแรงงาน กำหนดให้มีการจ้างแรงงานจากภายนอกได้ เมื่อการใช้แรงงานในครัวเรือนไม่เพียงพอ
4. การกู้ยืมเงินทุนจากสถาบันการเงิน กำหนดให้มีการกู้ยืมเงินจากสถาบันการเงิน เนื่องจากทุนตนเองไม่เพียงพอต่อการเพาะปลูก

(2) การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความเต็มใจจ่าย (willingness to pay: WTP) โดยศึกษาจากการสังเกตพฤติกรรมผู้บริโภคและสร้างแบบจำลองพฤติกรรมจากการประมาณค่าใช้จ่ายในตลาดจริงของแต่ละบุคคล เมื่อทำการศึกษาลิขสิทธิ์โปรแกรมมิ่งแล้ว ทำให้เราทราบถึงต้นทุนการผลิต ข้อมูลนำไปใช้ก็คือ ต้นทุนการใช้น้ำ เมื่อเกษตรกรได้รับปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นที่เพียงพอต่อความต้องการเพื่อใช้เป็นปัจจัยในการปลูกพืชแล้ว เกษตรกรมีความพอใจในการได้รับน้ำและจะมีความเต็มใจจ่ายค่าน้ำเพิ่มขึ้นหรือไม่ โดยดูจากการประมาณเส้นอุปสงค์ของการใช้น้ำ ค่าความยืดหยุ่นของอุปสงค์ ซึ่งจะเป็นราคาหรือต้นทุนการใช้น้ำ ซึ่งจะเป็นการประเมินหาค่าความเต็มใจจะจ่ายส่วนเพิ่มของการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้น (marginal willingness to pay)

3.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบจำลองลิเนียร์โปรแกรมมิ่ง (linear programming)

การวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้วิธีการอธิบายและใช้ข้อมูลทางสถิติในรูปของค่าเฉลี่ย ร้อยละ ความถี่และการวิเคราะห์เชิงปริมาณ เพื่อเป็นการอธิบายถึงต้นทุนการใช้น้ำและมูลค่าความเต็มใจจ่ายของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษา

วิธีการและแนวคิดในการศึกษาครั้งนี้ ใช้แบบจำลองของภาคทรัพยากรน้ำ เพื่อหาฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ หาความต้องการปัจจัยการผลิต ซึ่งหาได้จากตัวแปรทางด้านคณิตศาสตร์จากแบบจำลองลิเนียร์โปรแกรมมิ่ง เพื่อหาผลตอบแทนรวมสุทธิสูงสุดของการผลิตต่อพื้นที่รับน้ำทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา โดยการรวมกิจกรรมการผลิตในการจัดการตามเงื่อนไขที่จะได้รับผลผลิตสูงสุด แบบจำลองที่ใช้ศึกษาในเรื่องต่างๆ คือ 1) ศึกษาช่วงระยะเวลาการผลิตใน 12 เดือน

ภายใต้เงื่อนไขการลงทุนที่มีอยู่ ซึ่งจะใช้ข้อมูลของความต้องการน้ำต่อหน่วยพื้นที่ สำหรับพืชแต่ละชนิด 2) พื้นที่ทั้งหมดและปริมาณน้ำที่มีอยู่ 3) พื้นที่สูงสุดที่สามารถปลูกพืชได้และความสามารถของตลาดสำหรับพืชแต่ละตัว (ชนิดต่าง ๆ) โดยดูจากต้นทุนในการใช้น้ำของแต่ละเดือนในการปลูกพืชต่างๆ เมื่อได้รับน้ำเพิ่มขึ้นและผลผลิตที่ได้รับดูได้จากผลตอบแทนส่วนเพิ่มจากการได้รับน้ำ และเมื่อได้รับน้ำเพิ่มขึ้น ความเต็มใจจ่ายจะเป็นเท่าไร โดยดูความพอใจในการได้รับน้ำของพื้นที่ทั้งหมด การศึกษาครั้งนี้สามารถแสดงแบบจำลอง (ดัดแปลงจาก Salman and Al-Karablieh, 2004) ได้ดังนี้

$$\text{Max } Z = \sum_{jl} x_{jl} (\text{WRC}_{jl} - \sum_i p_i w_{ij}) \quad (1)$$

โดยที่ Z คือ ผลตอบแทนรวมสุทธิในระดับเขต
 x_{jl} คือ พื้นที่รับน้ำในกิจกรรมการผลิตพืชที่ j ในเขตการใช้น้ำ l (โดยที่ $l = 1, 2, \dots, 5$ คือ $l_1 =$ โครงการชลประทานร่วมกับสูบน้ำใต้ดินตื้น (< 50 m), $l_2 =$ โครงการชลประทานฝาย, $l_3 =$ โครงการชลประทานร่วมกับสูบน้ำใต้ดินลึก (≥ 50 m), $l_4 =$ สูบน้ำใต้ดินตื้น (< 50 m) ร่วมกับสูบน้ำใต้ดินลึก (≥ 50 m) และ $l_5 =$ สูบน้ำด้วยไฟฟ้า)
 WRC_{jl} คือ รายได้เหนือต้นทุนผันแปร ยกเว้น ค่าใช้จ่ายด้านน้ำของกิจกรรมการผลิตพืชที่ j ในเขตการใช้น้ำ l
 p_i คือ ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยของน้ำในเดือนที่ i ($i = 1, 2, 3, \dots, 12$) (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)
 w_{ij} คือ ปริมาณความต้องการน้ำจากน้ำชลประทานในเดือนที่ i ของกิจกรรมการผลิตที่ j (ลูกบาศก์เมตร)

โดยที่ w_{ij} ที่รวมอยู่ในสมการนั้นมีไว้เพื่อหักต้นทุนของน้ำ ซึ่งได้จากรายได้เหนือต้นทุนผันแปรจากการได้รับน้ำที่ให้กับผลผลิตส่วนเพิ่มของแต่ละพืช จากปฏิทิน 12 เดือนของการใช้น้ำชลประทาน (Amir and Fisher, 1999)

ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยของน้ำ p_i จะหาได้จากค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิงในการสูบน้ำ ดังนั้น ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของแบบจำลองจากผลตอบแทนส่วนเพิ่มจากการใช้น้ำ (water related contribution: WRC) ต่อหน่วยพื้นที่ของกิจกรรมการผลิตต่างๆ WRC สะท้อนให้เห็นถึงมูลค่าตลาดของการผลิตพืชหักด้วยต้นทุนผันแปรทั้งหมด อาทิ แรงงาน ปุ๋ยและปัจจัยการผลิตอื่น ยกเว้นน้ำ (Salman *et al.*, 2001) การแบ่งส่วนของต้นทุนน้ำนั้น ทำให้สามารถตรวจสอบและหาจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อเปลี่ยนแปลงต้นทุนของน้ำและแหล่งที่มาของฟังก์ชันความต้องการน้ำ หลังจากนั้น ทำการประมาณความยืดหยุ่นของราคาในแต่ละแบบจำลองและนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ใน

การประมาณค่าความเต็มใจจ่ายส่วนเพิ่มต่อการรักษาอุปสงค์ของน้ำ (Salman and Al-Karablieh, 2004) ดังนั้น เมื่อทำการวิเคราะห์สมการที่ (1) จะได้ค่า Z ซึ่งเป็นผลตอบแทนรวมสุทธิและในสมการนี้สามารถหาต้นทุนสูงสุดในการใช้น้ำของเกษตรกรที่ใช้ในกิจกรรมการปลูกพืชได้

นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดด้านปริมาณน้ำชลประทานและข้อจำกัดด้านพื้นที่เพาะปลูก ข้อจำกัดดังกล่าวสามารถแสดงในสมการได้ ดังนี้

$$\sum_j a_{ijl} x_{jl} \leq w_{il}^o \quad (2)$$

$$\sum_j x_{jl} \leq A \quad (3)$$

โดยที่ a_{ijl} คือ ปริมาณน้ำที่ต้องการในหน่วยลูกบาศก์เมตรต่อไร่ของกิจกรรมการผลิตพืชที่ j ในเดือนที่ i ในเขตการใช้น้ำที่ l

x_{jl} คือ ปริมาณพื้นที่ในหน่วยไร่ที่ถูกใช้โดยกิจกรรมการผลิตพืชที่ j ในเขตการใช้น้ำ l

w_{il}^o คือ จำนวนปริมาณน้ำทั้งหมดที่ได้รับอนุญาตให้ใช้เพื่อการชลประทานในเดือนที่ i ในเขตการใช้น้ำ l

A คือ จำนวนพื้นที่ทั้งหมดที่ปลูกพืช

ในการศึกษาแบบจำลองลิเนียโปรแกรมมิ่งในครั้งนี้ ได้ใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์ คือ Excel solver โดยนำเอาข้อมูลจากสมการของแบบจำลองของลิเนียโปรแกรมมิ่งที่เป็นกิจกรรมและข้อจำกัดลงในโปรแกรมการวิเคราะห์

กิจกรรมที่กำหนดในแบบจำลองประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ ดังนี้

$X_1 - X_4$ หมายถึง พื้นที่ในการทำกิจกรรมการผลิตระบบข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้งและหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน ในเขตโครงการชลประทานฝาย (หน่วย: ไร่)

$X_5 - X_8$ หมายถึง พื้นที่ในการทำกิจกรรมการผลิตระบบข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้งและหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน ในเขตโครงการชลประทานร่วมกับสูบน้ำใต้ดินตื้น (< 50 m) (หน่วย: ไร่)

$X_9 - X_{12}$	หมายถึง	พื้นที่ในการทำกิจกรรมการผลิตระบบข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้งและหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน ในเขตโครงการชลประทานร่วมกับสูบน้ำใต้ดินลึก (≥ 50 m) (หน่วย: ไร่)
$X_{13} - X_{16}$	หมายถึง	พื้นที่ในการทำกิจกรรมการผลิตระบบข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้งและหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน ในเขตสูบน้ำใต้ดินตื้น (< 50 m)ร่วมกับสูบน้ำใต้ดินลึก (≥ 50 m) (หน่วย: ไร่)
$X_{17} - X_{20}$	หมายถึง	พื้นที่ในการทำกิจกรรมการผลิตระบบข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้งและหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน ในเขตสูบน้ำด้วยไฟฟ้า (หน่วย: ไร่)
$X_{21} - X_{56}$	หมายถึง	กิจกรรมการจ้างแรงงานในช่วงตั้งแต่ต้นเดือนมกราคมถึงปลายเดือนธันวาคม (หน่วย: วันทำงาน)
$X_{57} - X_{59}$	หมายถึง	กิจกรรมการกู้เงิน ได้แก่ กองทุนหมู่บ้าน ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ (ช.ก.ส.) และสหกรณ์เพื่อการเกษตร ตามลำดับ เพื่อนำมาใช้ในการผลิต ถ้าหากเงินทุนภาคเกษตรของตนเองไม่พอเพียง (หน่วย: บาท)
$X_{60} - X_{63}$	หมายถึง	ปริมาณการขายผลผลิตข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้ง และหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน ตามลำดับ ในเขตโครงการชลประทานฝาย (หน่วย: กิโลกรัม)
$X_{64} - X_{67}$	หมายถึง	ปริมาณการขายผลผลิตข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้ง และหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน ตามลำดับ ในเขตโครงการชลประทานร่วมกับสูบน้ำใต้ดินตื้น (< 50 m) (หน่วย: กิโลกรัม)
$X_{68} - X_{71}$	หมายถึง	ปริมาณการขายผลผลิตข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้ง และหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน ตามลำดับ ในเขตโครงการชลประทานร่วมกับสูบน้ำใต้ดินลึก (≥ 50 m) (หน่วย: กิโลกรัม)

- $X_{72} - X_{75}$ หมายถึง ปริมาณการขายผลผลิตข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้ง และหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน ตามลำดับ ในเขตสубน้ำใต้ดินตื้น (< 50 m) ร่วมกับสубน้ำใต้ดินลึก (≥ 50 m) (หน่วย: กิโลกรัม)
- $X_{76} - X_{79}$ หมายถึง ปริมาณการขายผลผลิตข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้ง และหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน ตามลำดับ ในเขตสубน้ำด้วยไฟฟ้า (หน่วย: กิโลกรัม)
- X_{80} หมายถึง กิจกรรมรายได้สุทธิ (หน่วย: บาท)
- $X_{81} - X_{89}$ หมายถึง ปริมาณการใช้น้ำต้นเดือนที่ใช้ในการผลิตระบบข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้งและหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน ตามลำดับ ตลอดทั้งปี ยกเว้น เดือนเมษายน เดือนพฤศจิกายน และเดือนธันวาคม ในเขตโครงการชลประทานฝาย (หน่วย: ลูกบาศก์เมตร)
- $X_{90} - X_{98}$ หมายถึง ปริมาณการใช้น้ำต้นเดือนที่ใช้ในการผลิตระบบข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้งและหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน ตามลำดับ ตลอดทั้งปี ยกเว้น เดือนเมษายน เดือนพฤศจิกายน และเดือนธันวาคม ในเขตโครงการชลประทานร่วมกับสубน้ำใต้ดินตื้น (< 50 m) (หน่วย: ลูกบาศก์เมตร)
- $X_{99} - X_{107}$ หมายถึง ปริมาณการใช้น้ำต้นเดือนที่ใช้ในการผลิตระบบข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้งและหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน ตามลำดับ ตลอดทั้งปี ยกเว้น เดือนเมษายน เดือนพฤศจิกายน และเดือนธันวาคม ในเขตโครงการชลประทานร่วมกับสубน้ำใต้ดินลึก (≥ 50 m) (หน่วย: ลูกบาศก์เมตร)
- $X_{108} - X_{116}$ หมายถึง ปริมาณการใช้น้ำต้นเดือนที่ใช้ในการผลิตระบบข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้งและหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน ตามลำดับ ตลอดทั้งปี ยกเว้น เดือนเมษายน เดือนพฤศจิกายน และเดือนธันวาคม ในเขตสубน้ำใต้ดินตื้น (< 50 m) ร่วมกับสубน้ำใต้ดินลึก (≥ 50 m) (หน่วย: ลูกบาศก์เมตร)

$X_{117} - X_{125}$ หมายถึง ปริมาณการใช้น้ำคันเดือนที่ใช้ในการผลิตระบบข้าวนาปี
ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้งและหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน
ตามลำดับ ตลอดทั้งปี ยกเว้น เดือนเมษายน เดือนพฤษภาคม
และเดือนธันวาคม ในเขตสูบน้ำด้วยไฟฟ้า (หน่วย: ลูกบาศก์
เมตร)

$X_{126} - X_{135}$ หมายถึง ปริมาณการใช้น้ำปลายเดือนที่ใช้ในการผลิตระบบข้าวนาปี
ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้งและหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน
ตามลำดับ ตลอดทั้งปี ยกเว้น เดือนเมษายนและเดือนพฤษภาคม
ในเขตโครงการชลประทานฝาย (หน่วย: ลูกบาศก์เมตร)

$X_{136} - X_{145}$ หมายถึง ปริมาณการใช้น้ำปลายเดือนที่ใช้ในการผลิตระบบข้าวนาปี
ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้งและหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน
ตามลำดับ ตลอดทั้งปี ยกเว้น เดือนเมษายนและเดือนพฤษภาคม
ในเขตโครงการชลประทานร่วมกับสูบน้ำใต้ดินตื้น (<50m)
(หน่วย: ลูกบาศก์เมตร)

$X_{146} - X_{155}$ หมายถึง ปริมาณการใช้น้ำปลายเดือนที่ใช้ในการผลิตระบบข้าวนาปี
ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้งและหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน
ตามลำดับ ตลอดทั้งปี ยกเว้น เดือนเมษายนและเดือนพฤษภาคม
ในเขตโครงการชลประทานร่วมกับสูบน้ำใต้ดินลึก ($\geq 50m$)
(หน่วย: ลูกบาศก์เมตร)

$X_{156} - X_{165}$ หมายถึง ปริมาณการใช้น้ำปลายเดือนที่ใช้ในการผลิตระบบข้าวนาปี
ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้งและหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน
ตามลำดับ ตลอดทั้งปี ยกเว้น เดือนเมษายนและเดือนพฤษภาคม
ในเขตสูบน้ำใต้ดินตื้น (< 50 m)ร่วมกับสูบน้ำใต้ดินลึก ($\geq 50 m$)
(หน่วย: ลูกบาศก์เมตร)

$X_{166} - X_{175}$ หมายถึง ปริมาณการใช้น้ำปลายเดือนที่ใช้ในการผลิตระบบข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้งและหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน ตามลำดับ ตลอดทั้งปี ยกเว้น เดือนเมษายนและเดือนพฤษภาคมในเขตสูบน้ำด้วยไฟฟ้า (หน่วย: ลูกบาศก์เมตร)

สมการข้อจำกัด และเงื่อนไขในการทำกิจกรรมต่างๆ อธิบายได้ดังนี้

R_1 หมายถึง สมการข้อจำกัดของจำนวนที่ดินที่สามารถทำกิจกรรมการปลูกพืชของเกษตรกรผู้ทำการเพาะปลูกในพื้นที่ในเขตโครงการชลประทานฝาย (หน่วย: ไร่)

R_2 หมายถึง สมการข้อจำกัดของจำนวนที่ดินที่สามารถทำกิจกรรมการปลูกพืชของเกษตรกรผู้ทำการเพาะปลูกในพื้นที่ในเขตโครงการชลประทานร่วมกับสูบน้ำใต้ดินตื้น (< 50 m) (หน่วย: ไร่)

R_3 หมายถึง สมการข้อจำกัดของจำนวนที่ดินที่สามารถทำกิจกรรมการปลูกพืชของเกษตรกรผู้ทำการเพาะปลูกในพื้นที่ในเขตโครงการชลประทานร่วมกับสูบน้ำใต้ดินลึก (≥ 50 m) (หน่วย: ไร่)

R_4 หมายถึง สมการข้อจำกัดของจำนวนที่ดินที่สามารถทำกิจกรรมการปลูกพืชของเกษตรกรผู้ทำการเพาะปลูกในพื้นที่ในเขตสูบน้ำใต้ดินตื้น (< 50 m)ร่วมกับสูบน้ำใต้ดินลึก (≥ 50 m) (หน่วย: ไร่)

R_5 หมายถึง สมการข้อจำกัดของจำนวนที่ดินที่สามารถทำกิจกรรมการปลูกพืชของเกษตรกรผู้ทำการเพาะปลูกในพื้นที่ในเขตสูบน้ำด้วยไฟฟ้า (หน่วย: ไร่)

$R_6 - R_{41}$ หมายถึง สมการที่กำหนดจำนวนแรงงานครัวเรือนที่มีอยู่ของเกษตรกร โดยสามารถใช้แรงงานรวมทุกกิจกรรมได้ไม่เกินแรงงานที่มีอยู่ (หน่วย: วันทำงาน)

$R_{42} - R_{77}$ หมายถึง สมการข้อจำกัดขั้นต่ำของการจ้างงาน กรณีที่แรงงานครัวเรือนไม่เพียงพอสามารถจ้างได้ไม่จำกัด (หน่วย: วันทำงาน)

- R₇₈ หมายถึง ข้อจำกัดทางด้านเงินทุนของเกษตรกรที่สามารถนำไปใช้ในการลงทุนในการผลิตพืชระบบข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้ง และหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน ถ้าหากเงินทุนไม่พอต่อความต้องการที่จะกู้เงินเพื่อมาใช้ในภาคเกษตรได้ (หน่วย: บาท)
- R₇₉–R₈₁ หมายถึง เงื่อนไขการกู้ยืมเงิน ในกรณีที่จำนวนเงินทุนของเกษตรกรที่มีอยู่ถูกใช้หมด สามารถที่จะขอกู้จากแหล่งเงินทุนจากกองทุนหมู่บ้าน ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ (ธ.ก.ส.) และสหกรณ์เพื่อการเกษตร ตามลำดับ (หน่วย: บาท)
- R₈₂–R₈₅ หมายถึง ปริมาณผลผลิตที่ได้จากกิจกรรมการผลิตพืชระบบข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้งและหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝนในเขตโครงการชลประทานฝ่าย (หน่วย: กิโลกรัมต่อไร่)
- R₈₆–R₈₉ หมายถึง ปริมาณผลผลิตที่ได้จากกิจกรรมการผลิตพืชระบบข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้งและหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน เขตโครงการชลประทานร่วมกับสูบน้ำได้ดินตื้น (< 50 m) (หน่วย: กิโลกรัมต่อไร่)
- R₉₀–R₉₃ หมายถึง ปริมาณผลผลิตที่ได้จากกิจกรรมการผลิตพืชระบบข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้งและหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน เขตโครงการชลประทานร่วมกับสูบน้ำได้ดินลึก (≥ 50 m) (หน่วย: กิโลกรัมต่อไร่)
- R₉₄–R₉₇ หมายถึง ปริมาณผลผลิตที่ได้จากกิจกรรมการผลิตพืชระบบข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้งและหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน เขตสูบน้ำได้ดินตื้น (< 50 m)ร่วมกับสูบน้ำได้ดินลึก (≥ 50 m) (หน่วย: กิโลกรัมต่อไร่)
- R₉₈–R₁₀₁ หมายถึง ปริมาณผลผลิตที่ได้จากกิจกรรมการผลิตพืชระบบข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้งและหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน เขตสูบน้ำด้วยไฟฟ้า (หน่วย: กิโลกรัมต่อไร่)

R₁₀₂ – R₁₂₀ หมายถึง สมการข้อจำกัดของปริมาณความต้องการน้ำต้นเดือนและปลายเดือนที่ใช้ในการผลิตระบบข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้ง และหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน ตามลำดับ ตั้งแต่ต้นเดือนมกราคมถึงปลายเดือนธันวาคม ยกเว้น เดือนเมษายนและเดือนพฤศจิกายน ในเขตโครงการชลประทานฝาย (หน่วย: บาทต่อลูกบาศก์เมตร)

R₁₂₁ – R₁₃₉ หมายถึง สมการข้อจำกัดของปริมาณความต้องการน้ำต้นเดือนและปลายเดือนที่ใช้ในการผลิตระบบข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้ง และหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน ตามลำดับ ตั้งแต่ต้นเดือนมกราคมถึงปลายเดือนธันวาคม ยกเว้น เดือนเมษายนและเดือนพฤศจิกายน ในเขตโครงการชลประทานร่วมกับสูบน้ำใต้ดินตื้น (<50m) (หน่วย: บาทต่อลูกบาศก์เมตร)

R₁₄₀ – R₁₅₈ หมายถึง สมการข้อจำกัดของปริมาณความต้องการน้ำต้นเดือนและปลายเดือนที่ใช้ในการผลิตระบบข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้ง และหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน ตามลำดับ ตั้งแต่ต้นเดือนมกราคมถึงปลายเดือนธันวาคม ยกเว้น เดือนเมษายนและเดือนพฤศจิกายน ในเขตโครงการชลประทานร่วมกับสูบน้ำใต้ดินลึก (≥50m) (หน่วย: บาทต่อลูกบาศก์เมตร)

R₁₅₉ – R₁₇₇ หมายถึง สมการข้อจำกัดของปริมาณความต้องการน้ำต้นเดือนและปลายเดือนที่ใช้ในการผลิตระบบข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้ง และหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน ตามลำดับ ตั้งแต่ต้นเดือนมกราคมถึงปลายเดือนธันวาคม ยกเว้น เดือนเมษายนและเดือนพฤศจิกายน ในเขตสูบน้ำใต้ดินตื้น (<50m) ร่วมกับสูบน้ำใต้ดินลึก (≥ 50 m) (หน่วย: บาทต่อลูกบาศก์เมตร)

R₁₇₈ – R₁₉₆ หมายถึง สมการข้อจำกัดของปริมาณความต้องการน้ำต้นเดือนและปลายเดือนที่ใช้ในการผลิตระบบข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้ง และหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน ตามลำดับ ตั้งแต่ต้นเดือนมกราคมถึงปลายเดือนธันวาคม ยกเว้น เดือนเมษายนและเดือนพฤศจิกายน ในเขตสูบน้ำด้วยไฟฟ้า (หน่วย: บาทต่อลูกบาศก์เมตร)

R₁₉₇ หมายถึง สมการการชำระหนี้หลังจากสิ้นฤดูกาลผลิต (หน่วย: บาท)

จากกิจกรรมการเพาะปลูกระบบพืชตามแผนการผลิตที่เหมาะสม ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรม (ตามแนวนอน) จำนวน 5 กิจกรรม จำนวน 175 ตัวแปร ข้อจำกัดและเงื่อนไขในการเพาะปลูก (ตามแนวตั้ง) จำนวน 8 กิจกรรม จำนวน 197 ตัวแปร ได้นำมาวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองลิเนียโปรแกรมมิ่ง ในการวิเคราะห์นี้ได้นำปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ในแต่ละเขตของระบบชลประทานรูปแบบต่างๆ มาใช้ในแบบจำลอง ได้แก่ เขตโครงการชลประทานฝ่าย โครงการชลประทานร่วมกับสูบน้ำใต้ดินตื้น (<50m) และโครงการชลประทานร่วมกับสูบน้ำใต้ดินลึก (≥ 50 m) สูบน้ำใต้ดินตื้น (< 50 m) ร่วมกับสูบน้ำใต้ดินลึก (≥ 50 m) และเขตสูบน้ำด้วยไฟฟ้า ข้อมูลด้านปริมาณน้ำนี้ได้มาจากโครงการวิจัยการจัดการที่ดินเพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตรให้เหมาะสมกับหลายวัตถุประสงค์ (เบญจพรหมและคณะ, 2552) ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการใช้น้ำของพืชแต่ละเขตและพืชแต่ละชนิดด้วย นอกจากนี้ยังได้กำหนดค่าน้ำซึ่งเป็นค่าสมมติมาใช้ในการวิเคราะห์ แต่เป็นการเปรียบเทียบจากค่าน้ำในปัจจุบัน ค่าน้ำที่สมมติขึ้นนี้จะมีค่าสูงกว่าค่าน้ำในปัจจุบัน เนื่องจากเราต้องการทราบค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำในแต่ละเดือนของเขตต่างๆ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะได้ผลตอบแทนรวมสุทธิสูงสุดและปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการปลูกพืชในพื้นที่ที่เหมาะสม ผลจากการวิเคราะห์ในส่วนนี้จะนำไปศึกษาต่อในเรื่องความเต็มใจจ่ายของเกษตรกรในการจ่ายค่าน้ำที่เพิ่มขึ้นในการได้รับปริมาณน้ำส่วนเพิ่มต่อไปในบทที่ 6 ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างโดยย่อของแบบจำลองลิเนียโปรแกรมมิ่งที่ใช้ในการศึกษา มีรายละเอียดดังในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 โครงสร้างโดยย่อของแบบจำลองนิยโพรแกรมมิ่งที่ใช้ในการศึกษา

ข้อจำกัดกิจกรรมการผลิต	การผลิตพืช	แรงงาน	การกู้เงิน	ขายผลผลิต	รายได้สุทธิ	ปริมาณน้ำ	
						ที่สูบน้ำ	ปริมาณจำกัด
วัตถุดิบ	$X_1 \dots X_{20}$	$X_{21} \dots X_{56}$	$X_{57} \dots X_{59}$	$X_{60} \dots X_{79}$	X_{80}	$X_{81} \dots X_{175}$	ปริมาณจำกัด
วัตถุประสงค์	$-[C]$	$-[W]$	$-[r]$	$[price]$	$[R]$	$-[CW]$	=
ที่ดิน	$a_{ij} \dots a_{in}$						\leq $b_1 \dots b_5$
แรงงานครัวเรือน	$a_{ij} \dots a_{in}$	$-1 \dots -1$					\leq $b_5 \dots b_{41}$
ทุนตนเอง	$a_{ij} \dots a_{in}$	$[W]$	-1		$[CW]$		\leq b_{78}
เงินกู้	$[P]$		1				\leq $b_{79} \dots b_{81}$
การกระจายผลผลิต	$[Q_1]$			-1			= 0
ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้เฉพาะ	$[Q_2]$						\leq $b_{107} \dots b_{142}$
ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ในเขตฝาย+สูบน้ำ	$[Q_3]$					-1	\leq $b_{143} \dots b_{178}$
ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ในเขตสูบอย่างเดียว	$[Q_4]$					-1	= 0
ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้เขตสูบน้ำไฟฟ้า			$[1+r]$			-1	= 0
การชำระหนี้					1		= 0

ที่มา: จากการวิเคราะห์

$[C]$ = ต้นทุนเงินสด, $[P]$ = ผลผลิตพืชเฉลี่ยต่อไร่, $[r]$ = อัตราดอกเบี้ย, $[Q_{1..4}]$ = ปริมาณน้ำที่พืชต้องการในแต่ละเขต, $[W]$ = ค่าจ้างแรงงาน, $[price]$ = ราคาผลผลิต, $[CW]$ = ค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำ (หน่วย: บาทต่อลูกบาศก์เมตร), $[R]$ = รายได้

จากการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองลิเนียร์โปรแกรมมิ่งตั้งข้างต้น เมื่อเราได้พื้นที่ปลูกและระบบพืชที่เหมาะสมในแต่ละเขตพื้นที่แล้ว สามารถแจกแจงรายละเอียดของข้อมูลในส่วนต่างๆ มีดังต่อไปนี้

ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองที่ศึกษา

แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาเป็นแบบจำลองระบบการผลิตในรอบหนึ่งปี การศึกษาครั้งนี้รอบปีของการผลิตพืชของเกษตรกรในอำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน พิจารณาข้อมูลจากการสำรวจของเกษตรกรของปี 2552–2553 ดังรายละเอียด ดังนี้

1. ข้อจำกัดทรัพยากรที่ดิน

การปลูกระบบพืชในรอบหนึ่งปี ในเขตพื้นที่การใช้น้ำ ได้แก่ เขตโครงการชลประทานฝายปลูกได้ไม่เกิน 53,482 ไร่ เขตโครงการชลประทานร่วมกับสูบน้ำใต้ดินตื้น (< 50 m) ปลูกได้ไม่เกิน 28,937 ไร่ เขตโครงการชลประทานร่วมกับสูบน้ำใต้ดินลึก (≥ 50 m) ปลูกได้ไม่เกิน 1,363 ไร่ เขตสูบน้ำใต้ดินตื้น (< 50 m) ร่วมกับเขตสูบน้ำใต้ดินลึก (≥ 50 m) ปลูกได้ไม่เกิน 794 ไร่ และเขตสูบน้ำด้วยไฟฟ้า ปลูกได้ไม่เกิน 4,955 ไร่ โดยปลูกระบบพืชข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมแดงฤดูแล้งและหอมแดงทำพันธุ์ฤดูฝน ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 พื้นที่การเพาะปลูกพืชในแต่ละเขต

เขต	พื้นที่ปลูกจริง (ไร่)
เขตโครงการชลประทานฝาย	53,482
เขตโครงการชลประทานร่วมกับสูบน้ำใต้ดินตื้น (< 50 m)	28,937
เขตโครงการชลประทานร่วมกับสูบน้ำใต้ดินลึก (≥ 50 m)	1,363
เขตสูบน้ำใต้ดินตื้น (< 50 m) ร่วมกับสูบน้ำใต้ดินลึก (≥ 50 m)	794
เขตสูบน้ำด้วยไฟฟ้า	4,955

ที่มา: เบลอจพรรณและคณะ, 2552

2. ข้อจำกัดแรงงานจ้างและค่าจ้างแรงงาน

จากการสำรวจข้อมูลด้านการจ้างแรงงานเพื่อการเกษตร พบว่า แรงงานจ้างที่ทำงานในพื้นที่ศึกษามีทั้งจากแรงงานภายในและภายนอกหมู่บ้านรวมถึงแรงงานต่างด้าวที่เข้ามารับจ้างทำการเกษตรภายในหมู่บ้านด้วย ดังนั้นจึงกำหนดให้แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษานี้ สามารถจ้างแรงงานเพิ่มได้ไม่จำกัดและสามารถจ้างได้ตลอดทั้งปี

ส่วนอัตราค่าจ้างแรงงาน จากการสำรวจพบว่า การทำการผลิตพืชนั้น เกษตรกรสามารถจ้างแรงงานมาใช้ในการผลิตในแต่ละเดือน ได้อย่างไม่จำกัด โดยมีอัตราค่าจ้างแรงงานในพื้นที่เฉลี่ย 162 บาทต่อวัน ดังนั้น จึงใช้อัตราค่าจ้างนี้เป็นอัตราค่าจ้างเดียวในแบบจำลองที่ศึกษาโดยไม่แบ่งแยกตามกิจกรรม

3. ข้อจำกัดของปัจจัยเงินทุน

ข้อจำกัดด้านเงินทุนที่ใช้เพื่อการเกษตร กำหนดจากรายได้เหนือต้นทุนที่เป็นเงินสดทั้งในภาคการเกษตรและนอกภาคเกษตร กำหนดให้เงินทุนตั้งต้นในการผลิตพืช มาจากรายได้สุทธิเฉลี่ยต่อครัวเรือนลบด้วยค่าใช้จ่ายในครัวเรือน ในปีการเพาะปลูก 2552-2553 ที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม ซึ่งเกษตรกรนำเงินส่วนที่เหลือมาใช้เป็นเงินทุนเริ่มต้นในการทำการเกษตรของครัวเรือนจากการศึกษา พบว่า เกษตรกรมีเงินทุนสำหรับใช้ในการทำการเกษตร เท่ากับ 30,018 บาทต่อครัวเรือนต่อปี

4. ข้อจำกัดเงินกู้

เมื่อเกษตรกรเกิดการขาดแคลนเงินทุน แหล่งเงินทุนที่แบบจำลองกำหนดให้เกษตรกรสามารถกู้ยืมเงินได้จาก 3 แหล่ง ได้แก่

1) กองทุนหมู่บ้าน โดยเกษตรกรสามารถกู้ได้ไม่เกิน 20,000 บาทต่อปี มีอัตราดอกเบี้ยเฉลี่ย ร้อยละ 6 ต่อปี

2) ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธ.ก.ส.) โดยเกษตรกรแต่ละรายสามารถกู้ได้ไม่เกิน 1,000,000 บาท ซึ่งเป็นวงเงินกู้สูงสุดที่ ธ.ก.ส. ในระดับอำเภอสามารถให้กู้ได้ โดยมีอัตราดอกเบี้ยเฉลี่ย ร้อยละ 9 ต่อปี

3) สหกรณ์การเกษตรในพื้นที่ โดยเกษตรกรสมาชิกแต่ละรายสามารถกู้ได้ไม่เกิน 350,000 บาท โดยมีอัตราดอกเบี้ยเฉลี่ย ร้อยละ 9.5 ต่อปี ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ข้อจำกัดด้านเงินทุน

ระบบที่ให้กู้	จำนวนเงิน (บาท)	ดอกเบี้ย (ร้อยละต่อปี)
กองทุนหมู่บ้าน	20,000	6
ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธ.ก.ส.)	1,000,000	9
สหกรณ์การเกษตร	350,000	9.5

ที่มา: จากการสำรวจ

5. ข้อจำกัดด้านปริมาณน้ำ

สำหรับการผลิตทางการเกษตร น้ำที่ใช้ในการผลิตพืชเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากพืชบางชนิดถ้าได้รับน้ำไม่เพียงพอก็จะส่งผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิต โดยปริมาณการใช้น้ำของพืชขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 4 อย่างด้วยกัน คือ สภาพภูมิอากาศรอบๆ ต้นพืช ชนิดและอายุของพืชเอง จำนวนความชื้นและคุณสมบัติของดิน และองค์ประกอบอื่นๆ การที่จะวัดการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดในทุกสภาพภูมิอากาศ ดิน ฯลฯ ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก นักวิทยาศาสตร์จึงได้พยายามหาวิธีที่ง่ายกว่า โดยสามารถคำนวณได้ดังสมการ (วิบูลย์, 2526)

$$\text{การใช้น้ำของพืช (ET)} = K_c \cdot ET_p$$

โดยกำหนดให้ ET หมายถึง การใช้น้ำของพืช

K_c หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

ET_p หมายถึง การใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Potential Evapotranspiration)

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) และค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_p) ได้ใช้ข้อมูลจากการคำนวณของกลุ่มงานวิจัยการใช้น้ำชลประทาน ส่วนการใช้น้ำชลประทาน สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน และในส่วนของข้อมูลด้านการใช้น้ำของพืช (ET) ซึ่งเป็นลักษณะข้อมูลด้านข้อจำกัดปริมาณน้ำของพืชได้มาจากโครงการวิจัยการจัดการที่ดินเพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตรให้เหมาะกับหลายวัตถุประสงค์ (เบญจพรหมและคณะ, 2552) นำข้อมูลปริมาณน้ำที่ใช้ในแต่ละพืชมาหาปริมาณน้ำที่ใช้แต่ละเขตในแต่ละเดือน โดยหาได้จาก การนำเอา

ปริมาณน้ำของพืชที่ใช้มาคูณกับจำนวนพื้นที่ในแต่ละเขต รวมเป็นรายเดือน จะทำให้ได้ข้อมูลปริมาณน้ำที่ใช้ในแต่ละเขต เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ในแบบจำลองลิเนียโปรแกรมมิ่ง

ข้อจำกัดด้านปริมาณน้ำในแบบจำลองลิเนียโปรแกรมมิ่ง แบบจำลองนี้ได้กำหนดให้เกษตรกรสามารถใช้น้ำในการเพาะปลูกระบบพืชในพื้นที่เพาะปลูกได้ไม่เกินปริมาณน้ำชลประทานที่มีอยู่ในแต่ละเขต

จากการศึกษาข้อมูลปริมาณน้ำ พบว่า คริวเรือนเกษตรกรตัวอย่างที่ทำการเกษตรอยู่ในเขตพื้นที่ระบบน้ำชลประทานในรูปแบบต่างๆ จะมีข้อจำกัดของปริมาณน้ำในแต่ละเขต ดังนี้ เขตโครงการชลประทานฝาย 243,010,777 ลูกบาศก์เมตร เขตโครงการชลประทานร่วมกับสูบน้ำใต้ดินตื้น (< 50 m) 131,727,358 ลูกบาศก์เมตร เขตโครงการชลประทานร่วมกับสูบน้ำใต้ดินลึก (≥ 50 m) 6,202,337 ลูกบาศก์เมตร เขตสูบน้ำใต้ดินตื้น (< 50 m) ร่วมกับสูบน้ำใต้ดินลึก (≥ 50 m) 1,712,189 ลูกบาศก์เมตรและเขตสูบน้ำด้วยไฟฟ้า 22,563,483 ลูกบาศก์เมตร ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ข้อจำกัดปริมาณน้ำ

ข้อมูล	ข้อจำกัดปริมาณน้ำ (ลูกบาศก์เมตร)
เขตโครงการชลประทานฝาย	243,010,777
เขตโครงการชลประทานร่วมกับสูบน้ำใต้ดินตื้น (< 50 m)	131,727,358
เขตโครงการชลประทานร่วมกับสูบน้ำใต้ดินลึก (≥ 50 m)	6,202,337
เขตสูบน้ำใต้ดินตื้น (< 50 m) ร่วมกับสูบน้ำใต้ดินลึก (≥ 50 m)	1,712,189
เขตสูบน้ำด้วยไฟฟ้า	22,563,483

ที่มา: เบญจพรหมและคณะ, 2552

3.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความเต็มใจจ่าย (willingness to pay: WTP)

หลังจากการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองลิเนียร์โปรแกรมข้างต้นแล้ว เมื่อได้พื้นที่ปลูกที่เหมาะสมว่าควรปลูกพืชแต่ละชนิดจำนวนเท่าใดแล้ว เรายังทราบปริมาณน้ำที่เกษตรกรต้องการในแต่ละเขตการใช้น้ำ (Q_i) ด้วย (ในหน่วยลูกบาศก์เมตร)

ในการประเมินมูลค่าความเต็มใจจ่ายที่ระดับราคาน้ำที่แตกต่างกัน เราจะใช้สมการอุปสงค์ดังต่อไปนี้

$$Q_i = b_i P^{\eta_i} \quad (4)$$

โดยที่ Q_i คือ ปริมาณน้ำที่เกษตรกรต้องการในแต่ละเขตการใช้น้ำ / (หน่วยลูกบาศก์เมตร)

P คือ ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในการใช้น้ำต่อหน่วยลูกบาศก์เมตร

b_i, η_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่จะได้จากการประมาณค่า

จากการประมาณ เส้นอุปสงค์ของการใช้น้ำ เมื่อ $b > 0$ และ $\eta < 0$ เป็นพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณค่า ค่า η ที่ได้ คือ ค่าความยืดหยุ่นของอุปสงค์ นั่นคือ ค่าหรือต้นทุนการใช้น้ำ โดยค่าความยืดหยุ่นของอุปสงค์ (η) สามารถหาได้ ดังนี้

$$\eta = \frac{d \log Q}{d \log P} \quad (5)$$

หรือ

$$\frac{1}{\eta} = \frac{d \log P}{d \log Q} \quad (6)$$

ดังนั้น เมื่อต้องการประเมินหาค่าความเต็มใจจ่ายส่วนเพิ่มของการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้น (marginal willingness to pay) สามารถทำได้โดยการประมาณจากค่าหรือต้นทุนการใช้น้ำที่ได้จากการวิเคราะห์ข้างต้นโดยใช้แบบจำลองลิเนียร์โปรแกรมมิ่ง ได้สมการดังนี้ (Salman and Al-Karablieh, 2004)

$$\log P - \log P_0 = \frac{1}{\eta} (\log Q - \log Q_0) \quad (7)$$

แล้วทำการ take anti-log;
$$P = P_0 \left(\frac{Q}{Q_0} \right)^{1/4} \quad (8)$$

โดยที่ P คือ ค่าหรือความเต็มใจจ่ายส่วนเพิ่มสำหรับการใช้ประโยชน์ที่เพิ่มขึ้น

P_0 คือ ค่าหรือต้นทุนการใช้น้ำต่อหน่วยลูกบาศก์เมตรในปัจจุบัน

Q_0 คือ ปริมาณที่ใช้น้ำปัจจุบัน

Q คือ ปริมาณน้ำที่เกษตรกรต้องการเพื่อการผลิตพืชที่เหมาะสม (optimal cropping pattern) ตามข้อจำกัดในสมการที่ (2) - (3)

จากสมการที่ (8) จะทำให้เราได้การประมาณค่าความเต็มใจจ่ายส่วนเพิ่ม (P) สำหรับการใช้ประโยชน์จากน้ำที่เพิ่มขึ้นและค่าที่ได้จะเป็นความแตกต่างของแต่ละเขตพื้นที่ระบบชลประทานรูปแบบต่าง ๆ (Jorgensen *et al.*, 2004) ความเต็มใจจ่ายสามารถบอกถึงอุปสงค์ในการใช้น้ำของเกษตรกรซึ่งนำไปสู่การขยายพื้นที่เขตชลประทานในรูปแบบต่าง ๆ ในการใช้น้ำต่อไปในอนาคตได้