วิธีการศึกษา

การประเมินข้อจำกัดของการปลูกถั่วเหลืองในสภาพไร่นา ประกอบด้วยการศึกษาการจัดการของเกษตรกร และสภาพแวดล้อมทางด้านชีวภาพและกายภาพในแปลงเกษตรกรโดยเลือกพื้นที่ที่ทำการศึกษาในเขตอำเภอสันป่าตอง และอำเภอหางดง และเลือกแปลงเกษตรกร 2 กลุ่ม ตามความแตกต่างของโอกาสที่จะได้รับน้ำชลประทานตลอดฤดูปลูก โดยเลือกเกษตรกรจำนวน 16 ราย ในสภาพพื้นที่ได้รับน้ำดี และอีก 16 รายในสภาพพื้นที่ได้รับน้ำไม่ดี ทั้งนี้มีสมมติฐานว่าสภาพพื้นที่ของเกษตรกร แต่ละรายมีความแปรปรวนทางธาตุอาหารในดิน ปริมาณวัชพืช การทำลายของโรคและแมลงและจำนวนประชากรถั่วเหลือง ซึ่งความแปรปรวนของตัวแปรเหล่านี้มีช่วงกว้างพอที่จะศึกษาผลกระทบต่อผลผลิต อันจะนำไปสู่การระบุข้อจำกัดของผลผลิตถั่วเหลืองได้ ได้ทำการติดตามการเขตกรรมของเกษตรกรแต่ละรายทุกขั้นตอน พร้อมทั้งบันทึกการเจริญเติบโตของพืช ความเสียหายเนื่องจากศัตรูพืชและผลผลิตของพืชโดยให้แปลงติดตามข้อมูลมีขนาด 4 x 6 ตารางเมตร รายละ 2 ซ้ำ และมีพื้นที่เก็บเกี่ยวชั้นสุดท้าย 10 ตารางเมตร

การเก็บและบันทึกข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาข้อมูล โดยการเก็บตัวอย่างดินก่อนการปลูกและหลังเก็บเกี่ยวเพื่อวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัส และโปแตสเซียมที่เป็นประโยชน์ ทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โปแตสเซียมของใบพืชใบบนสุดที่คลี่เต็มที่ในระยะออกดอกแรก ในระหว่างศึกษาทำการวัดดัชนีการขาดน้ำของพืช(crop water stess index) โดยใช้ Infra-red thermometer และ Psychrometer (Idso 1982) ทุก ๆ 7 วันหลังจากปลูกแล้ว 45 วัน โดยค่าของดัชนีการขาดน้ำที่สูงจะบ่งว่าพืชนั้นอยู่ในสภาวะที่ขาดน้ำ บันทึกชนิดและปริมาณวัชพืชในช่วง 5 สัปดาห์แรกของการเจริญเติบโต และน้ำหนักแห้งของวัชพืชในช่วงเก็บเกี่ยวรวมทั้งความเสียหายของโรคและแมลง นอกจากนี้ยังทำการบันทึกการเจริญเติบโตของพืชเช่น ความสูง ระยะการพัฒนาการเจริญเติบโตและ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำหนักแห้งทุก 10 วัน

สำหรับองค์ประกอบของผลผลิตและผลผลิตในระยะเก็บเกี่ยวนั้น ทำการวัดจากพื้นที่ขนาด 10 ตารางเมตร นำข้อมูลทางด้านผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตมาศึกษาถึงการกระจายและประเมินผลหาข้อจำกัดของผลผลิตถั่วเหลือง โดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของผลผลิตและผลผลิต เพื่อหาความแปรปรวนของผลผลิตพร้อมทั้งสร้างเส้นพรมแดน (frontier) เพื่อที่บ่งค่าสูงสุดของตัวแปรตาม (dependent variable)ที่ระดับต่าง ๆ ของตัวแปรอิสระ (independent variable) ซึ่งนำไปสู่การระบุปัจจัยตัวอื่นที่มีผลกระทบต่อตัวแปรตาม และประเมินค่าเปอร์เซนต์องค์ประกอบผลผลิตที่ลดลงเนื่องจากปัจจัยนั้น ๆ นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้างต้นมาสร้างเป็นรูปแบบซึ่งอธิบายข้อจำกัดต่อผลผลิตของถั่วเหลืองในไร่นา ดังรายละเอียดข้างล่าง

<u>วิธีการประเมินแหล่งความแปรปรวนของผลผลิตถั่วเหลือง</u>

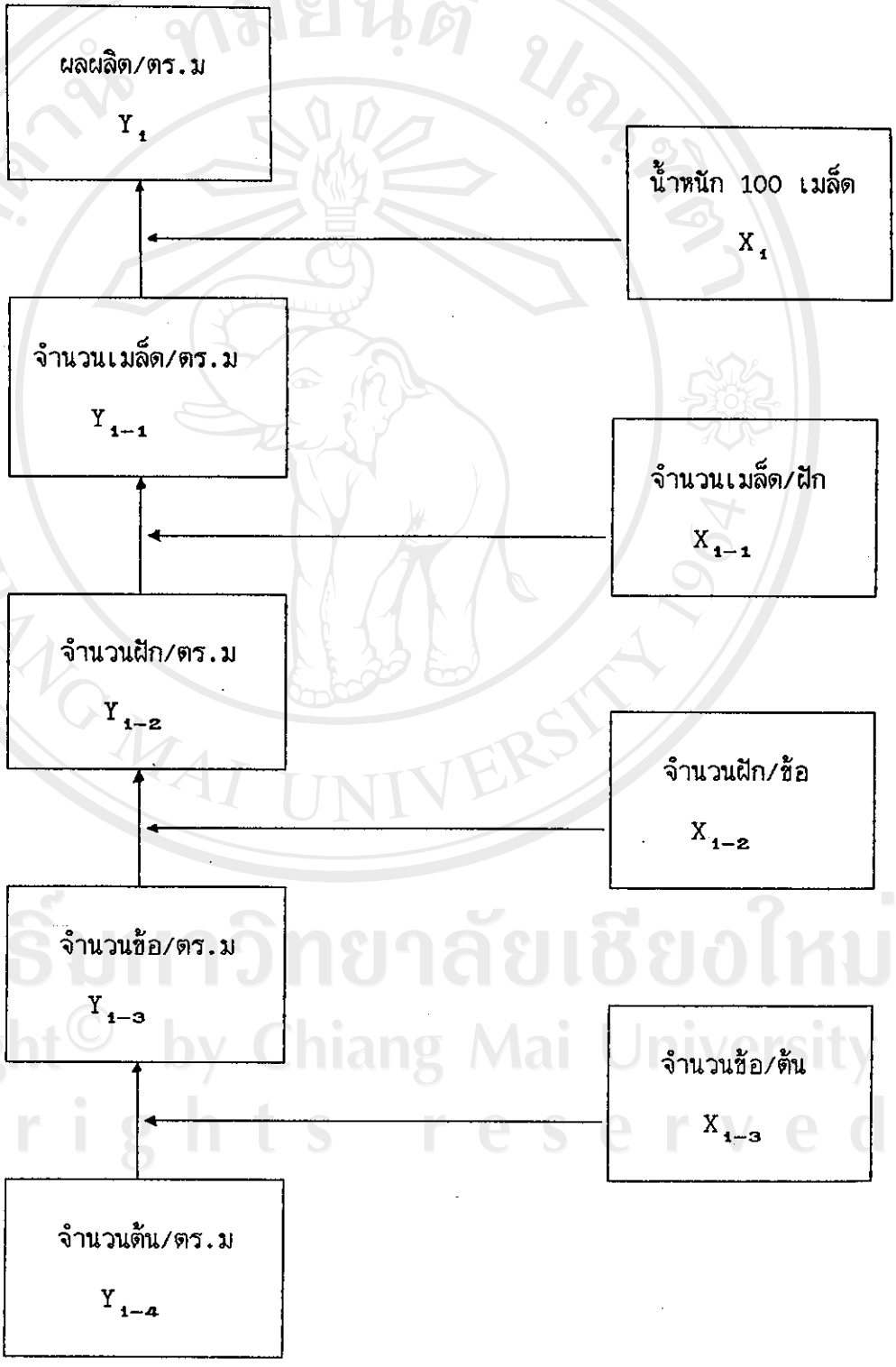
การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตถั่วเหลือง เริ่มด้วยการพิจารณากระบวนการสร้างองค์ประกอบของผลผลิตในขั้นตอนต่าง ๆ จากจำนวนต้นต่อตารางเมตรจนถึงผลผลิตต่อตารางเมตร สำหรับถั่วเหลืองกระบวนการเหล่านี้สามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังรูปที่ 2. นอกจากนี้ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตอาจเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ :

$$\frac{\text{ผลผลิต}}{\text{ตร.ม.}} = \frac{\text{จำนวนต้น}}{\text{ตร.ม.}} * \frac{\text{จำนวนข้อ}}{\text{จำนวนต้น}} * \frac{\text{จำนวนฝัก}}{\text{จำนวนข้อ}} * \frac{\text{จำนวนเมล็ด}}{\text{จำนวนฝัก}} * \text{น้ำหนักเมล็ด} \quad \ldots(1)$$

สมการที่ (1) อาจแตกเป็นอนุกรมของสมการได้ดังต่อไปนี้ :

$$Y_i = Y_{i-1} * X_i \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 2. พื้นฐานขององค์ประกอบในการสร้างผลผลิตของถั่วเหลือง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$Y_{1-1} = Y_{1-2} * X_{1-1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

$$Y_{1-2} = Y_{1-3} * X_{1-2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

$$Y_{1-3} = Y_{1-4} * X_{1-3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

เมื่อ Y_1 = ผลผลิตต่อตารางเมตร

Y_{1-1} = จำนวนเมล็ดต่อตารางเมตร

Y_{1-2} = จำนวนฝักต่อตารางเมตร

Y_{1-3} = จำนวนข้อต่อตารางเมตร

Y_{1-4} = จำนวนต้นต่อตารางเมตร

X_1 = น้ำหนักหนึ่งเมล็ด

X_{1-1} = จำนวนเมล็ดต่อฝัก

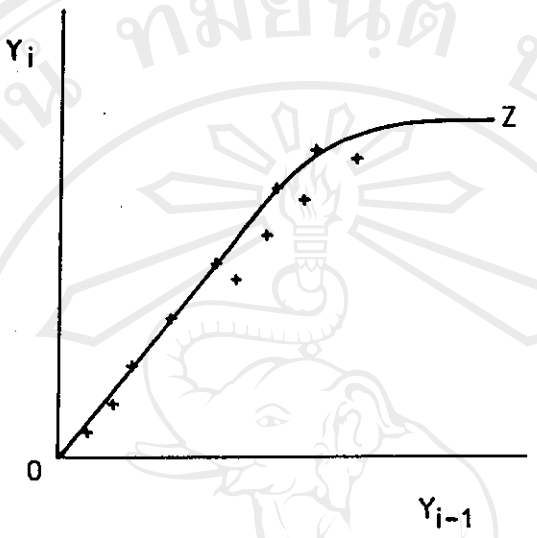
X_{1-2} = จำนวนฝักต่อข้อ

X_{1-3} = จำนวนข้อต่อต้น

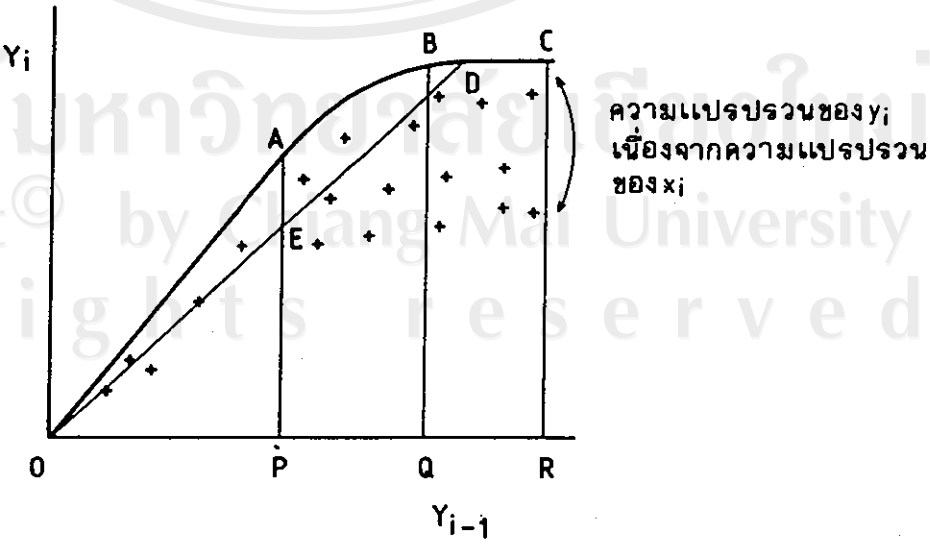
ในแต่ละสมการนั้น X เป็นองค์ประกอบของผลผลิตที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการที่สร้าง Y ตัวอย่างเช่น X_1 เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการสร้าง Y_1 และ Y_{1-1} ในสมการที่ (2) X_{1-1} เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการสร้าง Y_{1-1} และ Y_{1-2} ในสมการที่ (3) เป็นต้น

ดังนั้นถ้าเขียนกราฟ scatter plot ระหว่าง Y_1 และ Y_{1-1} ซึ่งเป็นตัวแปรตามและตัวแปรอิสระในสมการที่ (2) จะทราบถึงการกระจายตัวของข้อมูลและสามารถประเมินบทบาทของ X_1 ต่อความแปรปรวนของ Y_1 ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่าง Y_i กับ Y_{i-1} ในกรณีที่ X_i ไม่มีส่วนก่อให้เกิดความแปรปรวนของ Y_i



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง Y_i กับ Y_{i-1} ในกรณีที่ X_i ในแต่ละระดับของ Y_{i-1} มีความแปรปรวน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ถ้า X_1 ไม่ได้สร้างความแปรปรวนต่อ Y_1 (X_1 มีค่าคงที่) จุดข้อมูลบนกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y_1 กับ Y_{1-1} จะมีลักษณะไม่กระจายตัว (รูปที่ 3.) โดยมี envelope curve (OZ) ซึ่งลากผ่านจุดที่แสดงสูงสุดของ Y_1 ที่ระดับต่าง ๆ ของ Y_{1-1} ในสภาพแวดล้อมที่เกษตรกรเผชิญอยู่ รูปร่างของ envelope curve ขึ้นอยู่กับค่าสูงสุดของ X_1 ที่ระดับของ Y_{1-1} ต่าง ๆ ถ้าค่า X_1 คงที่ เมื่อ Y_{1-1} เพิ่มขึ้น ลักษณะของ envelope curve จะเป็นเส้นตรง แต่ถ้า Y_{1-1} เพิ่มขึ้นจนถึงระดับที่ทำให้ค่าของ X_1 ลดลง ลักษณะของ envelope curve จะไม่เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรง แต่อัตราการเพิ่มขึ้นของ Y_1 จะลดลงจนเส้นนี้มีลักษณะขนานกับแกน Y_{1-1} แสดงให้เห็นพิกัดสูงสุดของค่า Y_1

<u>การสร้างเส้นพรมแดน (frontier)</u>

การสร้างเส้น envelope curve เท่าที่ผ่านมา(Crozat and Chitapong 1987) ผู้วิจัยไม่ได้แสดงรายละเอียดอย่างชัดเจน นอกจากนี้การสร้างเส้น envelope curve ดูเหมือนจะไม่ได้ใช้วิธีการเชิงสถิติเพื่อระบุทิศทางของเส้นที่แน่นอน ซึ่งจะทำให้ผู้วิเคราะห์ตัดสินใจลากเส้นนี้ยากในกรณีที่ข้อมูลมีจำนวนจำกัด ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ได้นำเอาวิธีการสร้างเส้นพรมแดน (frontier) เพื่อบ่งบอกถึงขอบเขตสูงสุดของค่า Y_1 เนื่องจากอิทธิพลของ X_1 และ Y_{1-1} ภายใต้สภาพแวดล้อมหนึ่ง ๆ วิธีการสร้างเส้นพรมแดนนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการวัดประสิทธิภาพของการผลิตในงานวิจัยสาขาเศรษฐศาสตร์ หรือสาขาวิชาอื่นที่เกี่ยวข้อง (Farrell 1957 และ Russell and Young 1983)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เส้นพรมแดน (OC ในรูปที่ 4) อาจแบ่งได้เป็น 3 ช่วง ช่วงแรกคือช่วง OA เป็นช่วงที่ค่าสูงสุดของ Y_1 เพิ่มขึ้นในลักษณะเส้นตรง เมื่อ Y_{1-1} เพิ่มขึ้นในขณะที่ค่า X_1 ในสมการที่ (2) มีค่าสูงสุด และคงที่ตลอดช่วงที่Y_{1-1} มีค่าเท่ากับ O ถึง P การสร้างเส้นพรมแดนในช่วงนี้ในทางปฏิบัติจะลากเส้นตรงจากจุดกำเนิด (origin) ไปยังจุดที่ X_1 ที่ได้จากการวัดในสนามมีค่าสูงสุด (จุด A)

ในช่วงที่สองของเส้นพรมแดน (ช่วง AB) การตอบสนองของค่า Y_i ต่อการเพิ่มขึ้นของ Y_{i-1} จะไม่เป็นเส้นตรง เนื่องจากมีการแก่งแย่ง (competition) ทางด้านอาหารสังเคราะห์ในพืชระหว่าง Y_{i-1} และ X_i ทำให้ X_i มีค่าลดลงจากค่าสูงสุดที่เกิดขึ้นในช่วงแรก (OA) ของเส้นพรมแดน เนื่องจากเส้นพรมแดนในช่วงที่สองนี้ไม่เป็นเส้นตรง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y_i และ Y_{i-1} ในช่วงนี้ โดยใช้ฟังก์ชั่นอื่นที่ไม่ใช่สมการเส้นตรง วิธีการหนึ่งซึ่งสามารถทำได้คือการใช้โปรแกรมเชิงเส้นที่กำหนดขอบเขตของค่าตัวแปร (linear programming with bounded variables) ซึ่งอยู่ในรูปของโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีชื่อว่า BLP88 เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ วิธีการนี้ดำเนินการโดยแปลงค่า Y_i และ Y_{i-1} ด้วยฟังก์ชั่นที่เหมาะสม เช่น logarithm จากนั้นนำค่าที่แปลงแล้วไปวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง โดยมีเงื่อนไขว่าค่าของ Y_i ที่คำนวณได้จากสมการจะต้องมากกว่าหรือเท่ากับ ค่า Y_i ที่วัดได้จริงในสนามเสมอ หลังจากนั้นจึงสร้างเส้นพรมแดนจากค่า Y_i ซึ่งคำนวณจากสมการดังกล่าวที่ระดับ Y_{i-1} ต่าง ๆ ในช่วง PQ

เนื่องจากเส้นพรมแดนในช่วงที่ 3 เป็นช่วงที่ Y_i ตอบสนองต่อ Y_{i-1} น้อยมาก การสร้างเส้นพรมแดนในช่วงนี้ได้จากการลากเส้นขนานกับแกน Y_{i-1} จากจุดสุดท้ายของช่วงที่สอง

ในกรณีที่ค่า X_i มีความแปรปรวนในแต่ละระดับของค่า Y_{i-1} จุดข้อมูลบนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y_i และ Y_{i-1} จะมีการกระจายมาก การกระจายตัวของจุดข้อมูลสามารถบอกความหมายได้ถึงบทบาทของ X_i ต่อความแปรปรวนของ Y_i ได้ เนื่องจากสมการที่ (2) เป็นสมการเส้นตรงผ่านจุดกำเนิด ดังนั้นจึงสามารถสร้างเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y_i และ Y_{i-1} ที่ X_i ระดับต่าง ๆ ได้โดยใช้สมการที่ (2) รูปที่ 4 แสดงให้เห็นถึงเส้นความสัมพันธ์ระหว่าง Y_i และ Y_{i-1} เมื่อ X_i มีค่าเท่ากับ a (เส้น OA) และ b (เส้น OD) เมื่อ a เป็นค่าสูงสุดของ X_i ที่บันทึกได้จากสนาม และ b เป็นค่าของ X_i ที่น้อยกว่า a

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เส้น OA ที่คำนวณได้จากสมการที่ (2) จะทับบนเส้นพรมแดน แต่เส้น OD จะอยู่ใต้เส้นพรมแดน โดยมีจุดที่ค่า Y_1 สูงสุดอยู่ที่จุด D บนเส้นพรมแดน ข้อมูลที่กระจายระหว่างส่วนโค้ง OAD และเส้นตรง OD เป็นค่า Y_1 ที่ได้จากการบันทึกในสนาม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลผลิตที่ระดับ Y_{1-1} ต่าง ๆ มีค่าน้อยกว่าค่าผลผลิตสูงสุดในสภาพแวดล้อมนั้น ๆ สาเหตุของการลดต่ำลงของผลผลิต เนื่องจาก X_1 มีค่าเท่ากับ b ซึ่งลดลงจากค่าสูงสุด (a) ในสภาพที่ศึกษา ดังนั้นจึงสามารถทราบการกระจายของจำนวนตัวอย่างที่มีผลผลิตลดลงเนื่องจากความแปรปรวนของค่า X_1 ในระดับต่าง ๆ ได้

ความแปรปรวนซึ่งเกิดจาก X_1 จะนำไปสู่การหาปัจจัยหรือสภาพที่จำกัดในช่วงที่มีการพัฒนาองค์ประกอบของผลผลิตที่เป็น X_1 ส่วนความแปรปรวนซึ่งเกิดขึ้นจาก Y_{1-1} จะนำไปสู่การค้นหาข้อจำกัดโดยการวิเคราะห์สมการที่ (3) ต่อไปคือ ($Y_{1-1} = Y_{1-2} * X_{1-1}$) และถ้าทำการวิเคราะห์ในทำนองเดียวกันนี้กับสมการที่ (4) และ (5) จะทำให้ทราบถึงข้อจำกัดต่าง ๆ ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองต่อไป

<u>ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบผลผลิตที่จำกัดผลผลิตและปัจจัยสภาพแวดล้อม</u>

เมื่อสามารถระบุองค์ประกอบของผลผลิตที่เป็นตัวจำกัดผลผลิตได้แล้ว ได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้นกับตัวแปรอื่นที่ตั้งสมมติฐานไว้ว่าอาจเป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดความแปรปรวนขององค์ประกอบนั้น ค่าตัวแปรเหล่านี้ได้จากการเก็บข้อมูลในสนามในแปลงเกษตรกรดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น เนื่องจากแหล่งความแปรปรวนอาจมาจากตัวแปรมากกว่าหนึ่งตัวแปร จะใช้วิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างหลายตัวแปร (multiple regression) และใช้ค่าสถิติต่าง ๆ จากผลการวิเคราะห์เพื่อสรุปแหล่งความแปรปรวนที่สำคัญ ซึ่งจะนำไปสู่การระบุวิธีการเขตกรรมที่สามารถลดข้อจำกัดของผลผลิตของถั่วเหลืองต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved