อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. ลักษณะพื้นที่ทดลอง

การศึกษาการทดลองกระทำที่สถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สภาพแปลงทดลองมีลักษณะเป็นที่ดอนเคยปลูกพืชไร่อื่นมาก่อนอย่างต่อเนื่อง คุณสมบัติของดินแปลงทดลองแสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1 และสภาพภูมิอากาศได้แสดงไว้ในภาพผนวกที่ 1 โดยเริ่มศึกษาระหว่างเดือนพฤษภาคม 2532 ถึงเดือนมีนาคม 2533

2. แผนการทดลองและการบันทึกข้อมูล

<u>การทดลองที่ 1</u> ศึกษาถึงผลของวันปลูกถั่วดำที่ปลูกเหลื่อมกับข้าวโพดที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชทั้งสอง

การวางแผนการทดลอง ได้มีการแผนการทดลองแบบ randomized completed block design มี 4 ซ้ำ โดยมีวันปลูก 5 วันปลูกคือ ปลูกถั่วดำแซมระหว่างต้นข้าวโพดที่มีระยะ 60, 70, 80, 90 และ 100 วัน หลังข้าวโพดงอก และปลูกถั่วดำโดยลำพัง (sole crop) ที่ทุกๆ วันปลูกข้างต้นตามลำดับ กับปลูกข้าวโพดโดยลำพังเป็นแปลงตรวจสอบ

การเตรียมแปลงปลูก โดยเริ่มไถดะตากดินทิ้งไว้ตั้งแต่หลังฝนแรกในช่วงเดือนพฤษภาคม หลังจากนั้น 7-10 วันตีด้วยจอบหมุนอีก 1 ครั้ง เพื่อให้ดินร่วยซุยจากนั้นหว่านปูนขาวในอัตรา 50 กก/ไร่ ขึ้นแปลงขนาด 4.5 เมตร * 10 เมตร แล้วหว่านปุ๋ยรองพื้นด้วยปุ๋ยเกรด 16-20-0 อัตรา 25 กก/ไร่ และปุ๋ยโปตัสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) อัตรา 10 กก/ไร่ แล้วคราดกลบ การปลูกข้าวโพดปลูกในช่วงต้นเดือนมิถุนายน ในระยะที่มีความชื้นเหมาะสม ใช้วิธีหยอดหลุมโดยใช้ระยะระหว่างแถวและต้นเป็น 75 และ 25

เซนติเมตร ตามลำดับ ปลูกหลุมละ 3-4 เมล็ด เมื่องอกได้ 7-10 วัน ทำการถอนแยกให้เหลือหลุมละ 1 ต้น สำหรับในระบบการปลูกเหลื่อมจะปลูกถั่วดำแซมระหว่างข้าวโพด โดยมีระยะปลูก เช่นเดียวกับข้าวโพด แต่จะถอนแยกให้เหลือหลุมละ 3 ต้น ส่วนในแปลงถั่วที่ปลูกโดยลำพังอย่างเดียวใช้ระยะปลูกและจำนวนต้นต่อหลุมเช่นเดียวกัน การป้องกันกำจัดวัชพืช ฉีดพ่นด้วยสารกำจัดวัชพืช Alachlor อัตรา 500 ลบ.ซม./ไร่ (0.23 กก.สารออกฤทธิ์) พ่นทันทีหลังปลูกข้าวโพดเสร็จและตามด้วยการกำจัดวัชพืชด้วยแรงงานคนอีกหนึ่งครั้ง หลังจากข้าวโพดงอกได้ 30 วัน สำหรับการป้องกันกำจัดแมลงใช้สารเคมี Carbofuran หว่านหลังปลูกอัตรา 5 กก./ไร่ (0.15 กก.สารออกฤทธิ์) และถ้ามีแมลงระบาดในระยะหลังฉีดพ่นด้วยสารกำจัดแมลง Monocrotophos ครั้งละอัตรา 100 ลบ.ซม./ไร่ (0.06 กก.สารออกฤทธิ์) ส่วนการป้องกันกำจัดโรค ฉีดพ่นด้วยสารเคมีที่เหมาะสมตามความจำเป็น

ในระหว่างการศึกษาได้ทำการเก็บตัวอย่างและบันทึกข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าต่างๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 **ข้อมูลเกี่ยวกับพืช**

2.1.1 **ถั่วดำ**

2.1.1.1 **ช่วงก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิตพืช**

เก็บตัวอย่างครั้งแรกเมื่อถั่วดำอายุได้ 10 วันหลังงอก และเก็บต่อเนื่องทุก 10 วัน ในพื้นที่ขนาด 1.5 เมตร * 1.5 เมตร ต่อครั้งต่อแปลงย่อย ซึ่งมีจำนวนต้น 12 ต้นต่อครั้ง จนถึงระยะออกดอก 50 % ข้อมูลที่เก็บได้แก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินและพื้นที่ใบ ตัวอย่างพืชที่เก็บจากพื้นที่ดังกล่าวแต่ละครั้ง นำมาแยกส่วนลำต้น(เถา) ใบ นำไปวัดพื้นที่ใบ หลังจากนั้นนำมารวมกันแล้วนำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซนเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วชั่งหาน้ำหนักแห้ง จากข้อมูลดังกล่าวนำไปคำนวณหาค่าดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index, LAI) อัตราการเจริญเติบโตของพืช (crop growth rate, CGR) และอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ใบ (net assimilation rate, NAR) โดยใช้สูตรตามหลักของ Hunt (1981) ดังต่อไปนี้

$$\text{ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI หรือ L)} = \frac{LA}{P}$$

เมื่อ LA = พื้นที่ใบรวมเหนือพื้นที่ดินที่เก็บตัวอย่างนั้นๆ (ซม^2)
P = พื้นที่ดินเก็บตัวอย่าง (ซม^2)

อัตราการเจริญเติบโต (crop growth rate, CGR) หรือ $\bar{C}_{1-2}$

$$\bar{C}_{1-2} = \frac{1}{P}\,\frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1}$$

เมื่อ W_2 = น้ำหนักแห้ง(กรัม) ที่เวลา T_2 (วัน)
W_1 = น้ำหนักแห้ง(กรัม) ที่เวลา T_1 (วัน)
P = พื้นที่ดินที่เก็บตัวอย่าง (ม^2)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อหน่วยพื้นที่ใบต่อเวลา (NAR) หรือ $\bar{E}_{1-2}$

$$\bar{E}_{1-2} = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1} \cdot \frac{\log_e L_2 - \log_e L_1}{L_2 - L_1}$$

เมื่อ W_2 = น้ำหนักแห้ง(กรัม) ที่เวลา T_2 (วัน)

W_1 = น้ำหนักแห้ง(กรัม) ที่เวลา T_1 (วัน)

L_2 = พื้นที่ใบ($ม^2$) เหนือพื้นที่ดินที่เก็บตัวอย่างที่เวลา T_2 (วัน)

L_1 = พื้นที่ใบ($ม^2$) เหนือพื้นที่ดินที่เก็บตัวอย่างที่เวลา T_1 (วัน)

$\log_e$ = L_N

นอกจากนี้ได้วิเคราะห์หาสมการการเจริญเติบโต (น้ำหนักแห้ง, ต้น+ใบ) ของถั่วดำในช่วงที่การเจริญเติบโตเป็นเส้นตรงโดยวิธี linear regression และเปรียบเทียบค่าอัตราการเจริญเติบโต (CGR) ในช่วงดังกล่าวอีกด้วย

2.1.1.2 **ช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตพืช**

เมื่อถั่วดำสุกแก่ ทำการตรวจวัดผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต ซึ่งประกอบด้วยจำนวนฝัก/ตารางเมตร จำนวนเมล็ด/ฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ด โดยสุ่มเก็บจากบริเวณกลางแปลงในพื้นที่ขนาด 2 เมตร * 3 เมตร ไม่รวมแถวคลุมหัว-ท้ายแปลง นอกจากนี้ทำการบันทึกน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งรวมของซากพืชหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว เพื่อวิเคราะห์หาน้ำหนักแห้งของพืชที่จะกลับคืนลงสู่ดิน และดัชนีการเก็บเกี่ยวพืช (Harvest Index, HI) โดยใช้สูตรตามหลักการของ (Davis et al., 1984) ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$HI = \frac{\text{dry weight of seeds}}{\text{total above ground biomass at harvest (stems + remaing leaves + pod walls + seeds)}}$$

2.1.2 **ข้าวโพด**

2.1.2.1 **ช่วงก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิตพืช**

เก็บตัวอย่างครั้งแรกเมื่อข้าวโพดอายุได้ 70 วันหลังงอก และทำการเก็บต่อเนื่องทุก 10 วัน บริเวณกลางแปลงในพื้นที่ขนาด 0.75 เมตร x 1.00 เมตรต่อครั้งต่อแปลงย่อย ซึ่งมีจำนวนต้น 4 ต้นต่อครั้ง จนถึงระยะเก็บเกี่ยว (R6 ตามหลักของ Ritchie and Henway, 1982) ข้อมูลที่เก็บได้แก่

น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน และพื้นที่ใบ

ตัวอย่างพืชที่เก็บจากพื้นที่ดังกล่าว แต่ละครั้งนำมาแยกส่วนลำต้น ใบ นำไปวัดพื้นที่ใบ หลังจากนั้นนำมารวมกันแล้วนำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซนเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วชั่งหาน้ำหนักแห้ง จากข้อมูลดังกล่าวนำไปคำนวณหาค่าดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index, LAI), อัตราการเจริญเติบโตของพืช (crop growth rate, CGR) และอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ใบ (net assimilation rate, NAR) โดยใช้สูตรตามหลักของ Hunt (1981) เช่นเดียวกับการคำนวณจากข้อมูลของถั่วดำ

2.1.2.2 **ช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตพืช**

เมื่อข้าวโพดสุกแก่ ทำการตรวจวัดผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต ซึ่งประกอบด้วย จำนวนฝัก/ต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ด โดยสุ่มเก็บจากบริเวณกลางแปลงในพื้นที่ขนาด 1 เมตร * 3 เมตร ซึ่งมีจำนวนต้น 16 ต้น ไม่รวมแถวคลุมหัว-ท้ายแปลง

2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับดัชนีที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพของระบบการปลูกพืช

ทำการวิเคราะห์หาดัชนีเพื่อใช้ประเมินถึงประสิทธิภาพของระบบการปลูกพืช ด้วยวิธีการคำนวณค่าทั้งในรูปของ Land Equivalent Ratio (LER) และ Area Time Equivalent Ratio (ATER) ตามหลักการของ Mead and Willey (1980) ตามลำดับดังนี้

$$LER = L_i + L_j = (Y_{ij} / Y_{ii}) + (Y_{ji} / Y_{jj})$$

เมื่อ L_i = partial LER ของพืช I = (Y_{ij} / Y_{ii})

L_j = partial LER ของพืช J = (Y_{ji} / Y_{jj})

Y_{ij} = ผลผลิตต่อพื้นที่ของพืช I เมื่อปลูกร่วมกับพืช J

Y_{ii} = ผลผลิตต่อพื้นที่ของพืช I เมื่อปลูกโดยลำพัง

Y_{ji} = ผลผลิตต่อพื้นที่ของพืช J เมื่อปลูกร่วมกับพืช I

Y_{jj} = ผลผลิตต่อพื้นที่ของพืช J เมื่อปลูกโดยลำพัง

$$ATER = [(L_i \times t_i) + (L_j \times t_j)]/T$$

เมื่อ L_i และ L_j = partial LER ของพืช I และ J ตามลำดับ

t_i และ t_j = จำนวนวัน ที่ใช้ปลูกพืช I และ J ตามลำดับ

T = จำนวนวัน ที่ใช้ปลูกพืชในระบบการปลูกพืชนั้น ๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 **ข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานแสง**

ทำการบันทึกครั้งแรกเมื่อถั่วอายุได้ 10 วันหลังงอกและบันทึกต่อเนื่องทุก 10 วัน จนถึงระยะออกดอก 50 % ของถั่วทั้งสอง โดยทำการบันทึกพลังงานแสง (photosynthically active radiation, PAR) ที่เหนือยอดข้าวโพด และแสงที่ส่องผ่านมาถึงต้นถั่ว เพื่อคำนวณเปอร์เซนต์การรับแสง (light interception) ด้วยเครื่องวัดแสงแบบ photosynthically photon flux density (Licor Ltd. Model Li-188 B) โดยทำการบันทึกก่อนเก็บตัวอย่างพืชแต่ละครั้ง

2.4 **ข้อมูลเกี่ยวกับดินและความชื้นในดิน**

ทำการเก็บตัวอย่างดินจากแปลงย่อยทุกแปลง ก่อนปลูกและหลังการเก็บเกี่ยวมาวิเคราะห์หาความเป็นกรด-ด่าง อินทรียวัตถุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม โครงสร้างของดิน และ C.E.C. โดยเก็บที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร และเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 3 ระดับคือ 20, 40 และ 60 เซนติเมตร เพื่อหาความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร (permanant wilting point,- 15 bars) ความจุความชื้นในสนาม (field capacity, - 0.3 bar) ความชื้นที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturation) โดยวิธี pressure plate extractor (Campbell G.S. 1985) เพื่อทราบความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดิน (available water capacity) และเก็บตัวอย่างดินตั้งแต่วันปลูกพืช และทุกๆ 10 วัน จนถึงอายุการเก็บเกี่ยวพืช เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดินที่ระดับความลึก 20, 40 และ 60 เซนติเมตร โดยทำการเก็บตัวอย่างดินมาชั่ง แล้วนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วชั่งหาน้ำหนักแห้ง เพื่อหาเปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาผลของวันปลูกถั่วแปยีที่ปลูกเหลื่อมข้าวโพด ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชทั้งสอง

วิธีการดำเนินการต่างๆ เช่น การวางแผนการทดลอง การปลูก การดูแลรักษา ตลอดจนการเก็บเกี่ยวและบันทึกข้อมูล กระทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 แต่ถั่วแปยีมีอายุยาวนานกว่าถั่วดำ โดยสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เสร็จสิ้นประมาณเดือนมีนาคม 2533

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการทดลอง

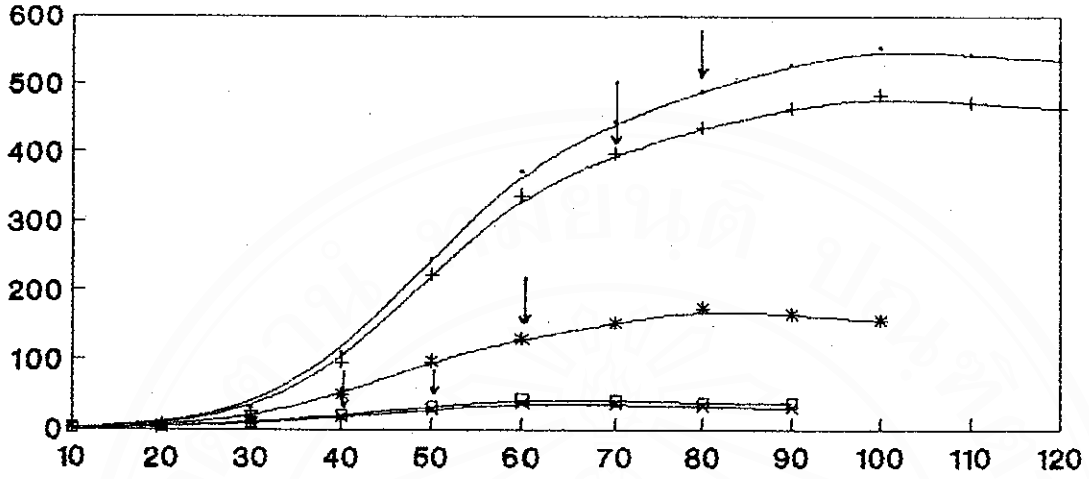
การเจริญเติบโตของถั่วดำที่ปลูกเหลื่อมกับข้าวโพดและปลูกโดยลำพังที่วันปลูกต่างๆ

การเจริญเติบโตของถั่วดำที่ปลูกเหลื่อมกับข้าวโพดและปลูกโดยลำพังที่วันปลูกต่าง ๆ ได้วิเคราะห์ในแง่ของการสะสมน้ำหนักแห้ง (ต้น+ใบ) อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ดิน (CGR)และอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ใบ (NAR) ตลอดจนการพัฒนาและสะสมดัชนีพื้นที่ใบ(LAI)

การสะสมน้ำหนักแห้ง (ต้น+ใบ) โดยเฉลี่ยของถั่วดำที่อายุต่างๆ เมื่อปลูกเหลื่อมกับข้าวโพดและปลูกโดยลำพังที่วันปลูกต่างๆ ได้แสดงในภาพที่ 1 และตารางภาคผนวกที่ 5 พบว่า ทุกวันปลูกถั่วดำได้สะสมน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นเป็นลำดับจนถึงจุดสูงสุด หลังจากนั้นมีแนวโน้มว่าค่อยๆลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น แต่เวลาที่ใช้เพื่อพัฒนาและสะสมน้ำหนักแห้งจนถึงจุดสูงสุดแตกต่างกันขึ้นกับวันปลูก โดยมีแนวโน้มว่าวันปลูกแรกๆ ถั่วดำใช้เวลาที่ยาวนานกว่าแล้วลดลงเป็นลำดับตามวันปลูกที่ล่าช้าออกไป แต่ไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างการปลูกเหลื่อมกับการปลูกโดยลำพัง โดยวันปลูกแรก(60 วันหลังข้าวโพดงอก) และวันปลูกที่สอง(70 วัน) ถั่วดำใช้เวลายาวนานที่สุดประมาณ 100 วันหลังงอก วันปลูกที่สาม(80 วัน) ใช้เวลาลดลงคือประมาณ 80 วัน สำหรับวันปลูกที่สี่ และวันปลูกสุดท้าย (90 และ 100 วัน) ใช้เวลาต่ำสุดประมาณ 60 วัน นอกจากนี้ยังพบอีกว่าการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดของวันปลูกต่างๆ มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวันปลูกแรก ถั่วดำสะสมน้ำหนักแห้งได้สูงสุด แล้วลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ($P<0.01$) ตามวันปลูกที่ล่าช้าออกไปทั้งการปลูกเหลื่อม และปลูกโดยลำพัง(ตารางที่ 1) อนึ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการปลูกเหลื่อมกับการปลูกโดยลำพัง(ที่วันปลูกเดียวกัน) ก็พบว่า การปลูกถั่วดำโดยลำพังมีผลทำให้มีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติ ($P<0.01$) นอกจากนี้น้ำหนักแห้งของถั่วดำขณะเริ่มออกดอกที่วันปลูกแรก วันปลูกที่สอง สามสี่และห้า (ประมาณ 80, 70, 60, 50 และ 40 วันหลังงอก) ยังไม่ถึงจุดที่มีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุด (ภาพที่ 1)

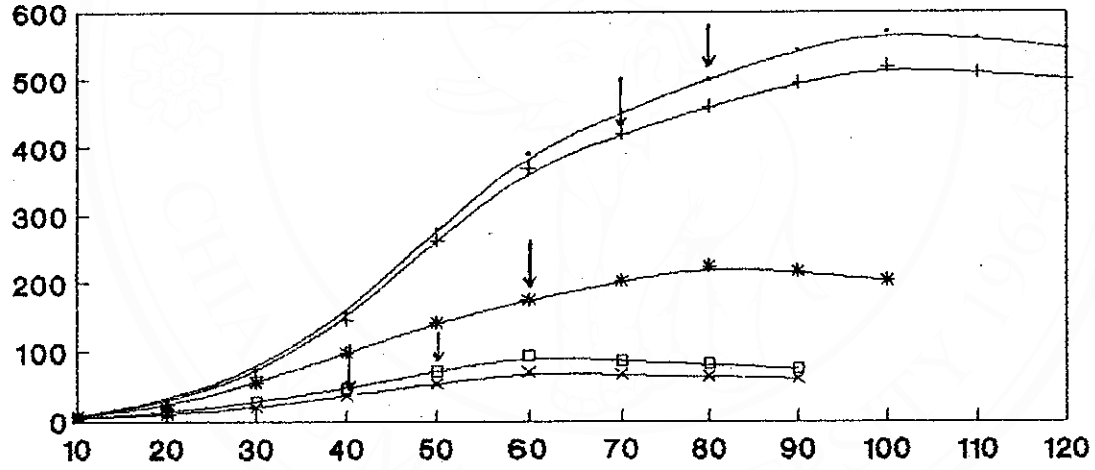
กรัม/ตารางเมตร

ก)

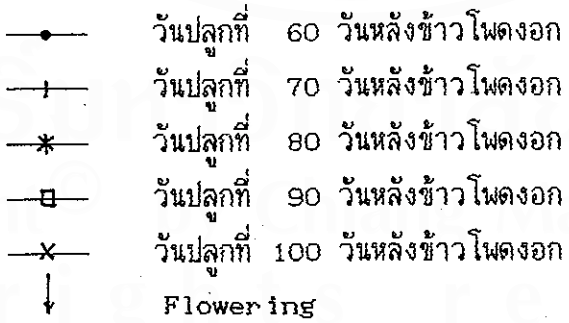


อายุถั่วดำหลังงอก (วัน)

ข)



อายุถั่วดำหลังงอก (วัน)



ภาพที่ 1 การสะสมน้ำหนักแห้ง(ต้น+ใบ)ของถั่วดำที่วันปลูกต่างๆ (กรัม/ตารางเมตร)
ก)ปลูกเหลื่อมกับข้าวโพด ข)ปลูกโดยล้ำพัง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 การสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดของถั่วดำ (maximum accumulated dry weight, กรัม/ตารางเมตร)

วันปลูก (วันหลังข้าวโพดงอก)	การสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุด (ต้น+ใบ)
ปลูกเหลื่อม	
60	553.52
70	482.90
80	173.55
90	42.76
100	37.03
ปลูกโดยลำพัง	
60	571.85
70	520.00
80	224.52
90	94.36
100	70.15
F-test	**
$LSD_{0.05}$	2.72
$LSD_{0.01}$	3.67
% CV	0.68

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2 สมการการเจริญเติบโต (น้ำหนักแห้ง,ต้น+ใบ) ของถั่วดำในช่วงที่เป็นเส้นตรง (linear) ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี regression ที่วันปลูกต่างๆ

วันปลูก (วันหลัง–ข้าวโพดงอก)	สมการ regression		ช่วงที่เป็นเส้นตรง (จำนวนวันหลังงอก)	
	ปลูกเหลื่อม (R^2)	ปลูกโดยลำพัง (R^2)	ปลูกเหลื่อม	ปลูกโดยลำพัง
60	Y = 10.92X-306.11(0.989)	Y = 9.98X-229.18(0.989)	30-70	30-70
70	Y = 10.24X-300.46(0.978)	Y = 9.32X-213.56(0.987)	40-70	30-70
80	Y = 3.83X-99.70(0.994)	Y = 3.76X-54.12(0.994)	30-60	30-70
90	Y = 1.12X-24.07(0.999)	Y = 2.25X-41.04(0.998)	30-60	30-60
100	Y = 0.98X-21.42(0.999)	Y = 1.69X-30.62(0.999)	30-60	30-60

เมื่อ Y = น้ำหนักแห้ง (ต้น+ใบ) (กรัม/ตร.ม.)

X = จำนวนวันหลังงอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการวิเคราะห์หาสมการการเจริญเติบโต (น้ำหนักแห้งต้น+ใบ) ของถั่วดำ ในช่วงที่การเจริญเติบโตเป็นเส้นตรงโดยวิธี regression (ตารางที่ 2) ชี้ให้เห็นว่า วันปลูกถั่วดำที่แตกต่างกันมีผลทำให้ การเจริญเติบโตในช่วงที่เป็นเส้นตรงแตกต่างกันไม่มากนัก โดยอยู่ในระหว่างช่วง 30-70 วันหลังงอกทั้งการปลูกเหลื่อมและปลูกโดยลำพัง

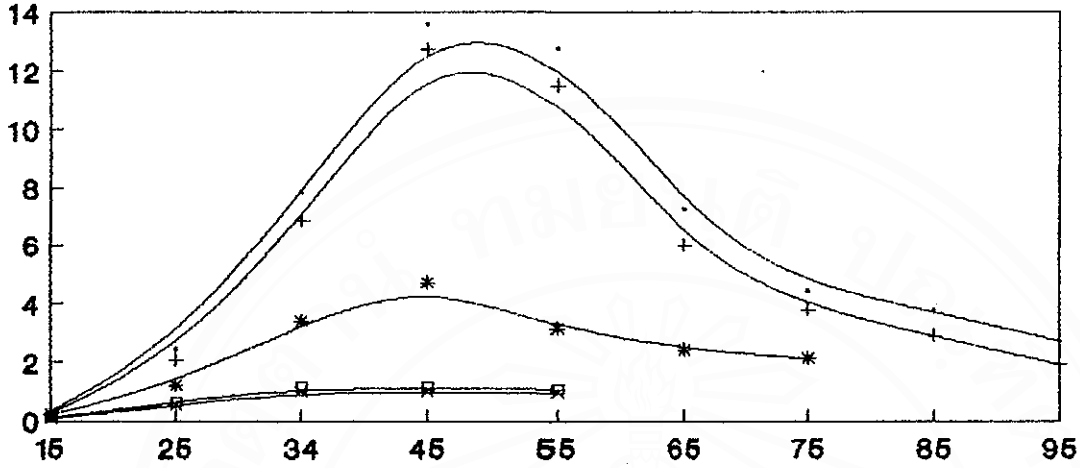
อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ดิน (CGR)

อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ดินโดยเฉลี่ย (CGR) ของถั่วดำที่ปลูกเหลื่อมกับข้าวโพดและปลูกโดยลำพัง ได้แสดงในภาพที่ 2 และตารางภาคผนวกที่ 6 พบว่าที่ทุกวันปลูกถั่วดำได้พัฒนาอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเป็นลำดับจนถึงจุดสูงสุด หลังจากนั้นค่อยๆ ลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น และยังพบอีกว่าทุกวันปลูกถั่วดำได้ใช้เวลาเพื่อพัฒนา และสะสมค่า CGR จนถึงจุดสูงสุดได้พร้อมๆกัน คือประมาณ 45 วันหลังงอก ทั้งการปลูกเหลื่อมและปลูกโดยลำพัง แต่ค่า CGR สูงสุดแตกต่างกันขึ้นกับวันปลูก จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (ตารางที่ 3) พบว่า วันปลูกแรก (60 วันหลังข้าวโพดงอก) และวันปลูกที่สอง (70 วัน) มีผลทำให้ถั่วดำมีค่า CGR สูงสุด สูงกว่าวันปลูกอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ทั้งการปลูกเหลื่อมและการปลูกโดยลำพัง อนึ่งเมื่อเปรียบเทียบในระหว่างการปลูกเหลื่อมกับการปลูกโดยลำพัง (ที่วันปลูกเดียวกัน) พบว่า ทุกๆ วันปลูกให้ค่า CGR สูงสุดไม่แตกต่างกันทางสถิติ($P>0.05$)

จากการวิเคราะห์หาสมการการเจริญเติบโตของถั่วดำในช่วงที่การเจริญเติบโตเป็นเส้นตรงโดยวิธี regression (ตารางที่ 4) ทำให้ทราบค่าอัตราการเจริญเติบโต (CGR) ของถั่วดำในช่วงดังกล่าว ซึ่งชี้ให้เห็นว่า วันปลูกถั่วดำที่แตกต่างกันมีแนวโน้มทำให้อัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกัน โดยมีค่าลดลงเป็นลำดับตามวันปลูกที่ล่าช้าออกไป โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 10.92 - 0.98 กรัม/ตารางเมตร/วัน เมื่อปลูกเหลื่อมข้าวโพดและ 9.98 - 1.69 กรัม/ตารางเมตร/วัน เมื่อปลูกโดยลำพัง อนึ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการปลูกเหลื่อมและปลูกโดยลำพัง (ที่วันปลูกเดียวกัน) ก็มีแนวโน้มว่า การปลูกเหลื่อมให้อัตราการเจริญเติบโตมากกว่าปลูกโดยลำพัง ยกเว้นวันปลูกที่ 90 และ 100 วันหลังข้าวโพดงอก

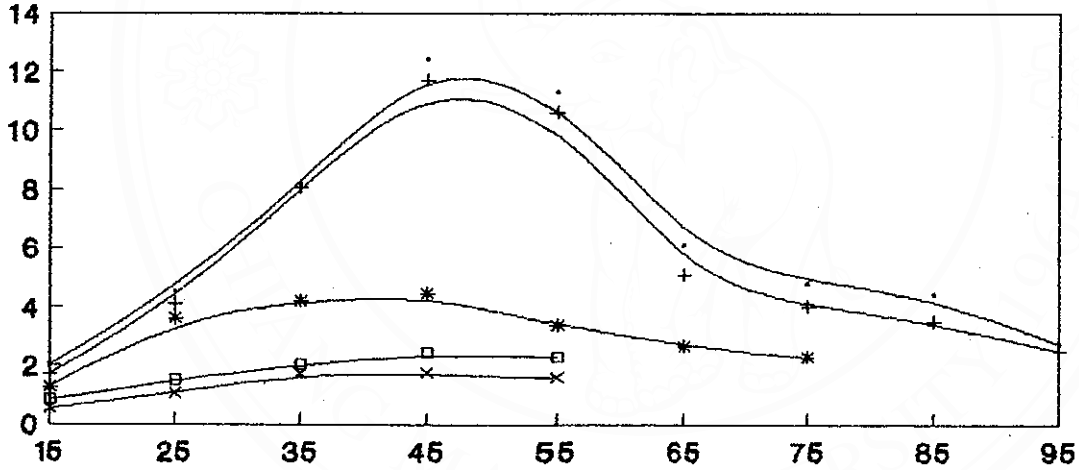
กรัม/ตารางเมตร/วัน

ก)



อายุถั่วดำหลังงอก (วัน)

ข)



อายุถั่วดำหลังงอก (วัน)

—•— วันปลูกที่ 60 วันหลังข้าวโพดงอก
—+— วันปลูกที่ 70 วันหลังข้าวโพดงอก
—*— วันปลูกที่ 80 วันหลังข้าวโพดงอก
—□— วันปลูกที่ 90 วันหลังข้าวโพดงอก
—×— วันปลูกที่ 100 วันหลังข้าวโพดงอก

ภาพที่ 2 อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ดินของถั่วดำที่วันปลูกต่างๆ (กรัม/ตารางเมตร/วัน)
ก)ปลูกเหลื่อมกับข้าวโพด ข)ปลูกโดยลำพัง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3 อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดต่อพื้นที่ของถั่วดำ (maximum crop growth rate, CGR, กรัม/ตารางเมตร/วัน)

วันปลูก (วันหลังข้าวโพดงอก)	อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่
ปลูกเหลื่อม	
60	13.57
70	12.74
80	4.71
90	1.14
100	0.99
ปลูกโดยลำพัง	
60	12.43
70	11.70
80	4.44
90	2.42
100	1.74
F-test	**
$LSD_{0.05}$	1.36
$LSD_{0.01}$	1.84
% CV	14.25

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P < 0.01$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4 อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของถั่วดำในช่วงที่เป็นเส้นตรง(linear) ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี regression ที่วันปลูกต่างๆ

วันปลูก (วันหลังข้าวโพดงอก)	อัตราการสะสมน้ำหนักแห้ง (ก./ตร.ม./วัน)	
	ปลูกเหลื่อม	ปลูกโดยลำพัง
60	10.92	9.98
70	10.24	9.32
80	3.83	3.76
90	1.12	2.25
100	0.98	1.69

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

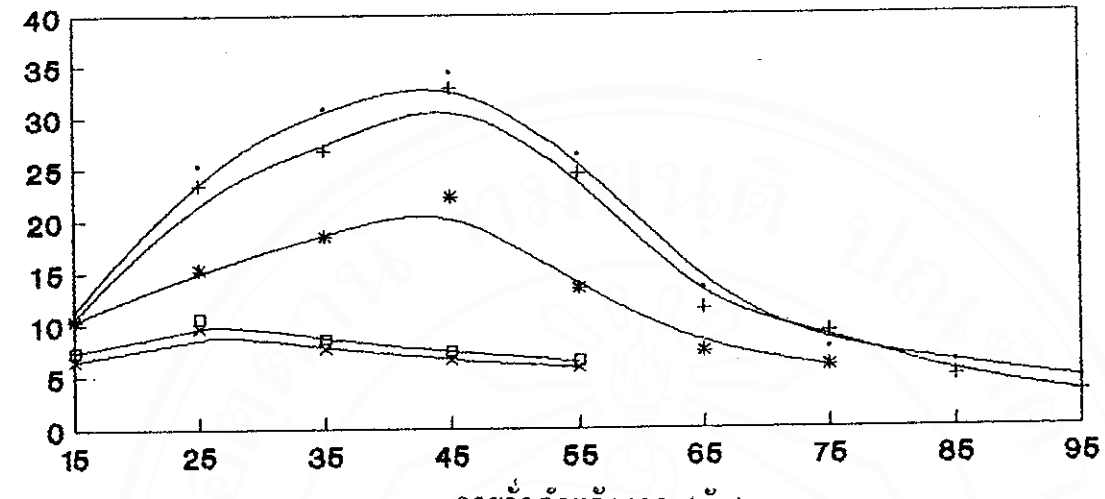
อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ใบ (NAR)

ภาพที่ 3 และตารางภาคผนวกที่ 7 แสดงอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ใบ (NAR) โดยเฉลี่ยของถั่วดำที่ปลูกเหลื่อมกับข้าวโพด และปลูกโดยลำพังที่วันปลูกต่างๆพบว่าที่ทุกวันปลูกของการปลูกเหลื่อมในช่วงแรกๆ ของการเจริญเติบโต NAR มีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดหลังจากนั้นลดลงอย่างรวดเร็วอยู่ช่วงหนึ่ง ต่อจากนั้นการลดลงเป็นไปอย่างช้าๆ หรือค่อนข้างคงที่ตามอายุที่เพิ่มขึ้น (LAI เพิ่มขึ้น) และยังพบอีกว่าถั่วดำใช้เวลาในการพัฒนาและสะสม NAR จนถึงจุดสูงสุดได้แตกต่างกันขึ้นกับวันปลูก โดยพบว่า สามวันปลูกแรก (60, 70 และ 80 วันหลังข้าวโพดงอก) ใช้เวลายาวนานที่สุด แต่ก็ไม่แตกต่างกัน คือประมาณ 45 วันหลังงอก เทียบกับ 25 วันในสองวันปลูกสุดท้าย (90 และ 100 วัน) ในแง่ของการปลูกโดยลำพังพบว่าทุกวันปลูกในช่วงแรกๆมีค่า NAR สูง แล้วลดลงอย่างรวดเร็วอยู่ช่วงหนึ่งต่อจากนั้นการลดลงเป็นไปอย่างช้าๆ และค่อนข้างคงที่ในช่วงหลังๆ ของการเจริญเติบโต แต่ระดับของการลดลงแตกต่างกันโดยมีแนวโน้มว่า ที่ทุกวันปลูกของการปลูกเหลื่อมลดลงช้ากว่า และค่อนข้างสม่ำเสมอเมื่อเทียบกับการปลูกโดยลำพัง อนึ่งจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบค่า NAR ที่ถั่วดำสามารถพัฒนาและสะสมจนถึงจุดสูงสุดของการปลูกเหลื่อมเทียบกับการปลูกโดยลำพัง ณ ช่วงเวลาเดียวกัน พบว่าวันปลูกแรก และวันปลูกที่สอง มีผลทำให้ค่า NAR สูงสุดและแตกต่างจากวันปลูกอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ($P<0.01$) ทั้งการปลูกเหลื่อมและปลูกโดยลำพัง อนึ่งเมื่อเปรียบเทียบในระหว่างการปลูกเหลื่อมและปลูกโดยลำพัง (ที่วันปลูกเดียวกัน) พบว่า การปลูกเหลื่อมที่วันปลูกแรก วันปลูกที่สอง และวันปลูกที่สาม มีค่า NAR สูงกว่าการปลูกโดยลำพังอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) สำหรับวันปลูกอื่นๆ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 5)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

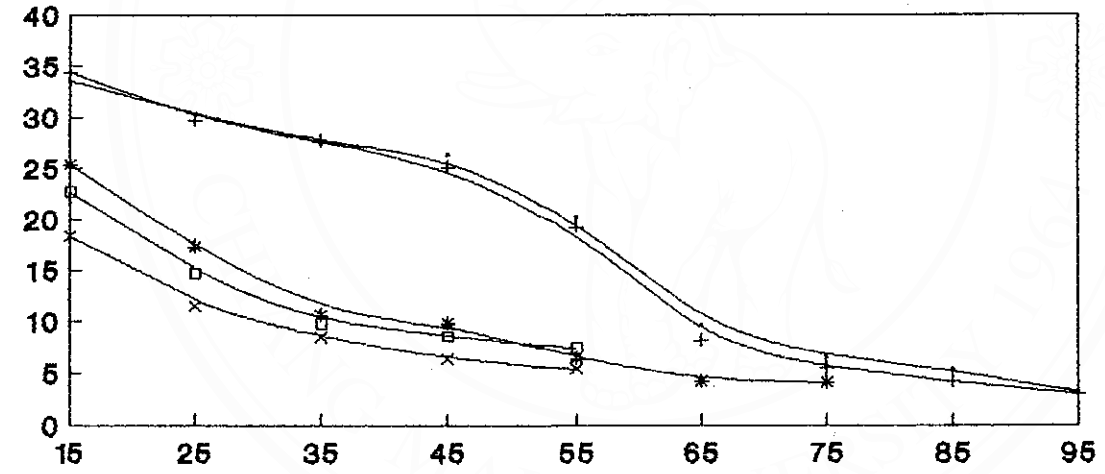
กรัม/ตารางเมตร/วัน

ก)



อายุถั่วดำหลังงอก (วัน)

ข)



อายุถั่วดำหลังงอก (วัน)

วันปลูกที่ 60 วันหลังข้าวโพดงอก
วันปลูกที่ 70 วันหลังข้าวโพดงอก
วันปลูกที่ 80 วันหลังข้าวโพดงอก
วันปลูกที่ 90 วันหลังข้าวโพดงอก
วันปลูกที่ 100 วันหลังข้าวโพดงอก

ภาพที่ 3 อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ใบของถั่วดำที่วันปลูกต่างๆ (กรัม/ตารางเมตร/วัน)
ก)ปลูกเหลื่อมกับข้าวโพด ข)ปลูกโดยลำพัง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5 อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ใบของถั่วดำ (net assimilation rate, NAR, กรัม/ตารางเมตร/วัน)

วันปลูก (วันหลังข้าวโพดงอก)	อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ใบ
ปลูกเหลื่อม	
60	34.32
70	32.75
80	22.18
90	7.26
100	6.48
ปลูกโดยลำพัง	
60	26.25
70	25.10
80	9.82
90	8.54
100	6.36
F-test	**
$LSD_{0.05}$	2.48
$LSD_{0.01}$	3.35
% CV	9.55

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

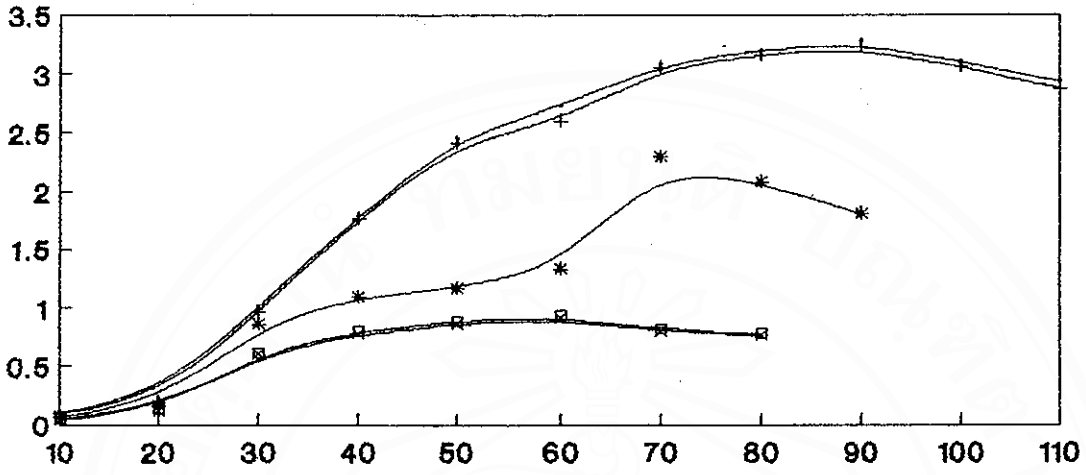
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index, LAI)

จากภาพที่ 4 และตารางภาคผนวกที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยของดัชนีพื้นที่ใบปริมาณของแสง เมื่อคิดเป็นเปอร์เซนต์ในรูปของการส่องผ่านของแสงของถั่วดำที่ปลูกเหลื่อมข้าวโพดและปลูกโดยลำพังที่วันปลูกต่างๆ โดยบันทึกตั้งแต่ถั่วดำอายุได้ 10 วันหลังงอกจนสิ้นสุดอายุการออกดอก ในแง่ของดัชนีพื้นที่ใบพบว่า เพิ่มขึ้นเป็นลำดับตามอายุพืชโดยในระยะแรกๆ ค่อยๆ เพิ่มขึ้น แล้วเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วอยู่ช่วงหนึ่งจนถึงสูงสุด หลังจากนั้นจะค่อยๆ ลดลงอันเป็นผลมาจากการร่วงหล่นของใบชั้นล่างที่ถูกบังแสง แต่เวลาที่ใช้เพื่อการพัฒนาและสะสมค่า LAI จนถึงสูงสุดแตกต่างกันขึ้นกับวันปลูก โดยวันปลูกแรกๆ ใช้เวลาที่ยาวนานกว่าแล้วค่อยๆลดลงในวันปลูกที่ล่าช้าออกไป กล่าวคือ วันปลูกแรกและวันปลูกที่สอง (60 และ 70 วันหลังข้าวโพดงอก) ใช้เวลาไม่แตกต่างกันคือประมาณ 90 วันหลังถั่วดำงอก วันปลูกที่สาม (80 วัน) ใช้เวลาประมาณ 70 วัน สำหรับวันปลูกที่สี่ และห้า (90 และ 100 วัน) ใช้เวลาสั้นที่สุดประมาณ 60 วัน ทั้งการปลูกเหลื่อมและปลูกโดยลำพัง นอกจากนี้ยังพบอีกว่าดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดของวันปลูกต่างๆ มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 6) โดยพบว่าวันปลูกแรกมีผลทำให้ถั่วดำสามารถพัฒนาดัชนีพื้นที่ใบได้สูงสุด ได้มากกว่าวันปลูกอื่นๆ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเทียบกับวันปลูกที่สองและสาม แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเทียบกับวันปลูกอื่นๆ ทั้งการปลูกเหลื่อมและปลูกโดยลำพัง อนึ่งเมื่อเปรียบเทียบในระหว่างการปลูกเหลื่อมกับปลูกโดยลำพัง(ที่วันปลูกเดียวกัน) พบว่า เฉพาะวันปลูกแรก วันปลูกที่สอง และสามเท่านั้นที่มีผลทำให้ถั่วดำที่ปลูกโดยลำพังสามารถพัฒนาพื้นที่ใบจนทำให้มีดัชนีพื้นที่ใบสูงสุด สูงกว่าการปลูกเหลื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนวันปลูกอื่นๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม ดัชนีพื้นที่ใบของถั่วดำในระยะเริ่มออกดอกนั้นยังไม่ถึงจุดสูงสุด โดยวันปลูกแรก วันปลูกที่สอง สาม สี่ และห้า ใช้เวลาประมาณ 80, 70, 60, 50 และ 40 วัน ตามลำดับทั้งการปลูกเหลื่อมและปลูกโดยลำพัง

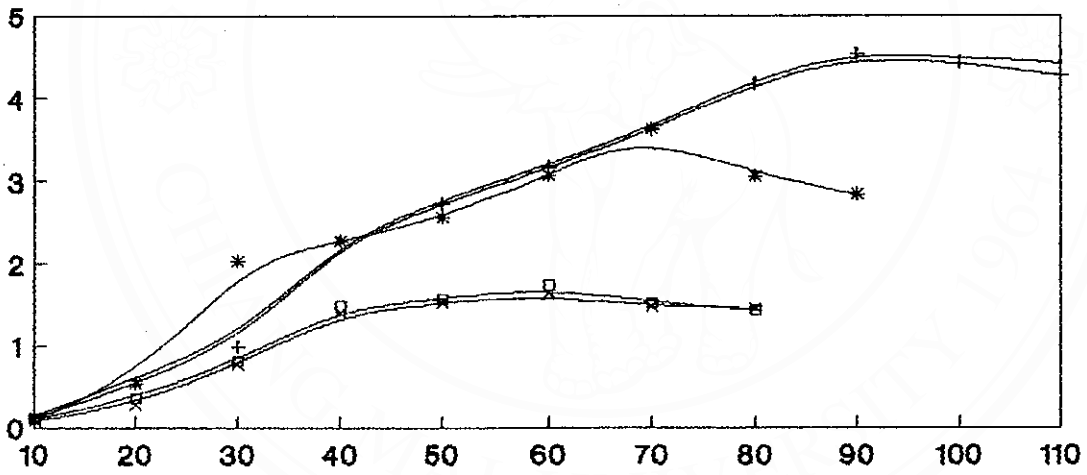
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ก)



อายุถั่วดำหลังงอก (วัน)

ข)



อายุถั่วดำหลังงอก (วัน)

วันปลูกที่ 60 วันหลังข้าวโพดงอก
วันปลูกที่ 70 วันหลังข้าวโพดงอก
วันปลูกที่ 80 วันหลังข้าวโพดงอก
วันปลูกที่ 90 วันหลังข้าวโพดงอก
วันปลูกที่ 100 วันหลังข้าวโพดงอก

ภาพที่ 4 ดัชนีพื้นที่ใบของถั่วดำที่วันปลูกต่างๆ
ก)ปลูกเหลื่อมกับข้าวโพด ข)ปลูกโดยลำพัง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 6 ดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดของถั่วดำ (maximum leaf area index, max. LAI)

วันปลูก (วันหลังข้าวโผล่งอก)	ดัชนีพื้นที่ใบสูงสุด
ปลูกเหลื่อม	
60	3.28
70	3.23
80	2.29
90	0.93
100	0.91
ปลูกโดยล้ำพัง	
60	4.59
70	4.53
80	3.63
90	1.73
100	1.63
F-test	**
$LSD_{0.05}$	1.22
$LSD_{0.01}$	1.64
% CV	31.36

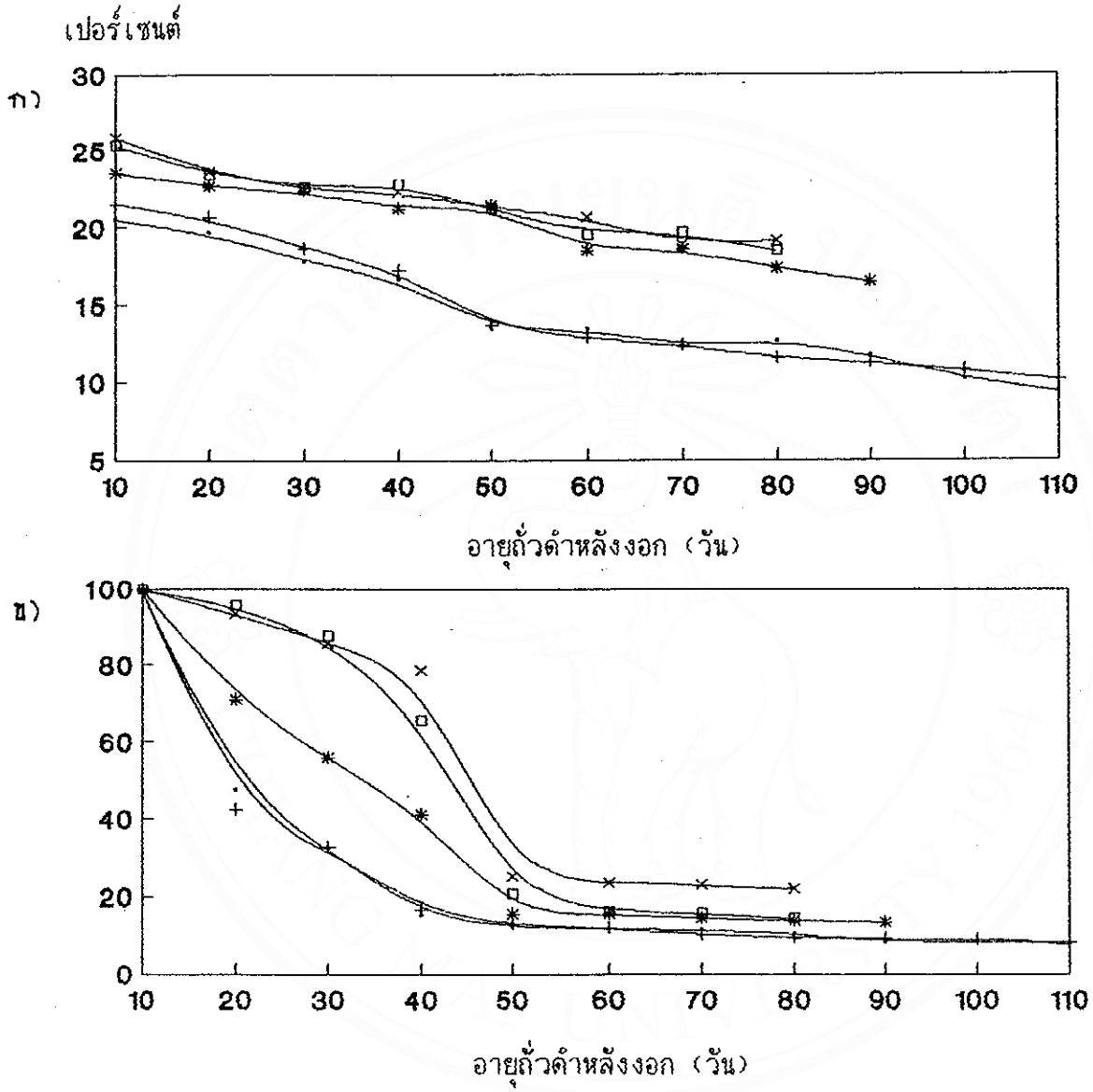
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การส่องผ่านของแสง (light penetration)

จากภาพที่ 5 และตารางภาคผนวกที่ 9 มีแนวโน้มว่าทุกวันปลูกของการปลูกเหลื่อมในช่วงแรกๆ ของการเจริญเติบโต (10-40 วันหลังงอกขึ้นกับวันปลูก) มีค่าต่ำกว่าการปลูกโดยลำพัง และยังพบอีกว่าทุกวันปลูกมีการส่องผ่านของแสงลดลงเป็นลำดับตามอายุที่เพิ่มขึ้น (ดัชนีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น) ทั้งการปลูกเหลื่อม และปลูกโดยลำพัง แต่อัตราของการลดลงแตกต่างกัน โดยพบว่าการปลูกเหลื่อมมีแนวโน้มลดลงในอัตราค่อนข้างช้า และสม่ำเสมอ โดยเฉพาะภายหลังจากที่ถั่วดำสามารถเลื้อยพันขึ้นคลุมยอดข้าวโพดได้แล้ว (ประมาณ 40 วันหลังงอก) ในขณะที่อัตราการลดลงอย่างรวดเร็วจากการปลูกโดยลำพัง โดยพบว่าที่วันปลูกแรก วันปลูกที่สอง สาม สี่ และห้าของการปลูกเหลื่อมมีค่าลดลง 3.82, 4.25, 2.31, 2.53 และ 3.58 เปอร์เซนต์ตามลำดับ (จากระยะที่ถั่วดำอายุได้ 10 วันหลังงอกถึงระยะที่สามารถคลุมถึงยอดข้าวโพดได้) ในขณะที่ลดลงถึง 84.02, 82.83, 58.81, 34.36 และ 21.46 เปอร์เซนต์ตามลำดับจากการปลูกโดยลำพัง (ในช่วงเวลาเดียวกัน) อนึ่งเมื่อพิจารณาจากระยะที่ถั่วดำคลุมยอดข้าวโพดได้จนถึงระยะออกดอกก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกันคือ การส่องผ่านของแสงจากการปลูกเหลื่อมลดลงในอัตราที่ต่ำกว่าและค่อนข้างสม่ำเสมอเมื่อเทียบกับการปลูกโดยลำพัง โดยลดลง 7.31, 7.09, 4.69, 4.26 และ 3.10 เปอร์เซนต์ตามลำดับ เทียบกับลดลง 7.38, 8.41, 27.59, 51.12 และ 56.48 เปอร์เซนต์ตามลำดับจากการปลูกโดยลำพัง (ในช่วงเวลาเดียวกัน)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 5 การส่องผ่านของแสงของถั่วดำที่วันปลูกต่างๆ (%)
ก)ปลูกเหลื่อมกับข้าวโพด ข)ปลูกโดยลำพัง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และเปอร์เซนต์การกระเทาะเมล็ดของข้าวโพด เมื่อปลูกเหลื่อมถั่วดำ และปลูกโดยลำพัง

เนื่องจากการปลูกถั่วดำเหลื่อมข้าวโพดที่ 60, 70, 80, 90 และ 100 วันหลังข้าวโพดงอก ซึ่งในช่วงดังกล่าวข้าวโพดกำลังอยู่ระหว่างออกดอกและติดฝักแล้ว ประกอบกับใบของข้าวโพดก็ได้เหี่ยวแห้งและร่วงหล่นไปบางส่วนดังนั้นจึงไม่ได้เก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์การเจริญเติบโต แต่อย่างไรก็ตามได้ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงสุกแก่เพื่อวิเคราะห์ถึงความแตกต่างในแง่ของผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพด ตลอดจนนำผลดังกล่าวไปประเมินถึงความสามารถในการผลิต และประสิทธิภาพของระบบในรูปของค่า Land equivalent ratio (LER) และ Area time equivalent ratio (ATER) อีกด้วย

ตารางที่ 7 แสดงผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเมื่อปลูกเหลื่อมถั่วดำและปลูกโดยลำพังที่วันปลูกต่างๆ ตลอดจนเปอร์เซนต์การกระเทาะเมล็ด ผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่า การปลูกถั่วดำเหลื่อมข้าวโพดที่วันปลูกต่างๆ ไม่ทำให้ผลผลิตของข้าวโพดแตกต่างกันแต่ประการใด ผลผลิตที่ได้รับอยู่ระหว่าง 912.5 - 928.8 กก./ไร่ และผลผลิตที่ได้นี้ต่ำกว่าผลผลิตข้าวโพดที่ปลูกโดยลำพังอย่างเดียว แต่ไม่ถึงระดับมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้ยังมีแนวโน้มว่าผลผลิตของข้าวโพดเพิ่มขึ้นตามวันปลูกถั่วดำที่ล่าช้าออกไปอีกด้วย

ในกรณีองค์ประกอบของข้าวโพดอันประกอบด้วย จำนวนฝัก/ต้น จำนวนเมล็ด/ฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ด ตลอดจนเปอร์เซนต์การกระเทาะเมล็ด ก็พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ไม่ว่าจะเปรียบเทียบในระหว่างกลุ่มของการปลูกเหลื่อมหรือปลูกโดยลำพังก็ตาม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเมื่อปลูกเหลื่อมกับถั่วดำที่วันปลูกต่างๆ และปลูกโดยลำพัง

วันปลูกถั่วดำ (วันหลัง-ข้าวโพดงอก)	น้ำหนักเมล็ดแห้ง (กก./ไร่)	จำนวนฝัก/ต้น	จำนวนเมล็ด/ฝัก	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	การกระเทาะ (%)
60	912.5	1.10	457.63	24.45	75.21
70	920.8	1.08	450.74	24.27	75.32
80	915.4	1.05	443.85	24.35	74.74
90	922.4	1.05	470.24	24.29	75.55
100	928.8	1.03	468.33	24.42	75.37
ปลูกโดยลำพัง	932.6	0.99	464.52	24.30	76.15
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
% CV	3.4	8.43	8.01	3.52	1.51

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของถั่วดำ

ผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่า วันปลูกถั่วดำที่แตกต่างกันมีผลทำให้ผลผลิตของถั่วดำที่ปลูกเหลื่อมข้าวโพดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติ (P<0.01) ยกเว้นวันปลูกที่ 90 และ 100 วันหลังข้าวโพดงอกเท่านั้นที่ความแตกต่างไม่ถึงระดับมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) นอกจากนี้มีแนวโน้มว่าผลผลิตของถั่วดำลดลงเป็นลำดับตามวันปลูกที่ล่าช้าออกไป โดยผลผลิตอยู่ระหว่าง 140.5 - 10.3 กก./ไร่ ขึ้นกับวันปลูก วันปลูกที่ 60 วันข้าวโพดงอกให้ผลผลิตสูงสุด รองลงมาได้แก่วันปลูกที่ 70, 80 วัน ส่วนวันปลูกที่ 90 และ 100 วันให้ผลผลิตต่ำสุดและไม่แตกต่างกัน หากเปรียบเทียบในกลุ่มของถั่วดำที่ปลูกโดยลำพังด้วยกันแล้วก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกันคือ ผลผลิตลดลงเป็นลำดับตามวันปลูกที่ล่าช้าออกไป โดยให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 120.2 - 12.1 กก./ไร่ ขึ้นกับวันปลูก อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลผลิตของถั่วดำที่ปลูกเหลื่อมกับปลูกโดยลำพัง (ที่วันปลูกเดียวกัน) แล้วพบว่า การปลูกถั่วดำเหลื่อมข้าวโพดที่วันปลูก 60 และ 70 วันหลังข้าวโพดงอกเท่านั้น ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติ (P<0.01) ส่วนวันปลูกอื่นๆ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.01) (ตารางที่ 8)

ในกรณีขององค์ประกอบผลผลิตอันประกอบด้วยจำนวนฝักต่อตารางเมตร จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ดนั้น เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มของการปลูกเหลื่อมแล้วพบว่า การปลูกถั่วดำเหลื่อมข้าวโพดที่วันปลูกที่ 60 และ 70 วันหลังข้าวโพดงอก มีผลทำให้เฉพาะจำนวนฝักต่อตารางเมตรเท่านั้นที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) ส่วนความแตกต่างในแง่ของจำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ด ไม่ถึงระดับมีนัยสำคัญ (P>0.05) และเมื่อเปรียบเทียบกับวันปลูกอื่นๆ ก็พบว่าทั้งจำนวนฝักต่อตารางเมตร และจำนวนเมล็ดต่อฝัก สูงกว่าวันปลูกอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ยกเว้นน้ำหนัก 100 เมล็ดเท่านั้นที่ความแตกต่างไม่ถึงระดับมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการปลูกเหลื่อมกับปลูกโดยลำพัง (ที่วันปลูกเดียวกัน) พบว่าการปลูกถั่วดำเหลื่อมข้าวโพดทุกวันปลูก (ยกเว้นวันปลูกสุดท้าย) มีผลทำให้จำนวนฝักต่อตารางเมตร สูงกว่าปลูกโดยลำพังอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) สำหรับจำนวน

ตารางที่ 8 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วดำเมื่อปลูกเหลื่อมข้าวโพดและปลูกโดยลำพังที่วันปลูกต่างๆ

วันปลูกถั่วดำ (วัน)	น้ำหนักเมล็ดแห้ง (กก./ไร่)	จำนวนฝักต่อตารางเมตร	จำนวนเมล็ดต่อฝัก	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)
ปลูกเหลื่อม				
60	140.5	22.75	17.75	17.46
70	125.8	20.00	17.50	17.25
80	60.6	9.75	15.75	16.53
90	15.8	7.25	15.75	16.34
100	10.3	3.75	15.50	16.36
ปลูกโดยลำพัง				
60	120.2	6.50	17.50	17.47
70	110.2	4.25	17.25	17.23
80	55.4	3.75	15.25	16.42
90	18.3	2.50	15.25	16.37
100	12.1	2.25	15.25	16.17
F-test	**	**	**	**
$LSD_{0.05}$	12.2	2.56	1.73	1.18
$LSD_{0.01}$	16.5	3.45	2.33	1.59
% CV	12.6	21.29	7.31	4.85

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ด พบว่า ทุกวันปลูกไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 8)

ความสามารถในการผลิตและประสิทธิภาพของระบบการปลูกพืช

ตารางที่ 9 และภาพที่ 6 แสดงผลการประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีคำนวณค่า Land equivalent ratio (LER) ตามหลักการของ Mead and Willey (1980) และค่า Area time equivalent ratio (ATER) ตามหลักการของ Hiebisch (1980) และ Mc. Collum (1982) พบว่า วันปลูกถั่วดำเหลื่อมข้าวโพดที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ค่า LER ต่างกันทางสถิติ(P>0.05) ทุกวันปลูกให้ค่า LER สูงกว่า 1 นั้นหมายความว่า การปลูกถั่วดำเหลื่อมข้าวโพดที่ทุกวันปลูกให้ประโยชน์ (yield advantage) เหนือกว่าการปลูกพืชทั้งสองเดี่ยวๆ หรือได้ผลผลิตจากพืชทั้งสองรวมกันต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่าการปลูกพืชใดพืชหนึ่งโดยลำพัง แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะพืชแล้วพบว่า ค่า LER ของถั่วดำ (L_1) ขึ้นกับวันปลูก โดยวันปลูกที่ 60 วันหลังข้าวโพดงอก ให้ค่า LER สูงสุด (1.17) แล้วลดลงเป็นลำดับตามวันปลูกที่ล่าช้าออกไปดังนี้ 1.42, 1.1, 0.86 และ 0.85 ส่วนค่า LER ของข้าวโพด (L_2) ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก คืออยู่ระหว่าง 0.98 - 1.00 หากพิจารณาในแง่ของค่า ATER แล้วพบว่า ทุกวันปลูกให้ค่า ATER สูงกว่า 1 (ยกเว้นวันปลูกสุดท้าย, 100 วันหลังข้าวโพดงอก) ซึ่งแสดงว่าการปลูกถั่วดำเหลื่อมข้าวโพดที่วันปลูก 60, 70, 80 และ 90 วันหลังข้าวโพดงอก ให้ประโยชน์เหนือกว่าการปลูกพืชทั้งสองเดี่ยวๆ นอกเหนือไปกว่านั้นยังพบอีกว่า การปลูกถั่วดำเหลื่อมข้าวโพดที่วันปลูก 60, 70 และ 80 วันหลังข้าวโพดงอกให้ค่า ATER ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ(P>0.05) โดยวันปลูกที่ 60 วันหลังข้าวโพดงอก ให้ค่า ATER สูงสุด รองลงมาคือวันปลูก 70 และ 80 วันหลังข้าวโพดงอก โดยมีค่า ATER เป็น 1.398, 1.317 และ 1.219 ตามลำดับ ส่วนวันปลูกสุดท้าย (100 วันหลังข้าวโพดงอก) ให้ค่าต่ำสุด แต่ก็ไม่แตกต่างกับวันปลูก 90 วันหลังข้าวโพดงอก โดยให้ค่า ATER เป็น 0.933 และ 1.044 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม Ofori and Stern (1987) ได้ชี้แนะว่าการประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือประสิทธิภาพของระบบการปลูกพืชร่วมกันที่มีอายุการเจริญแตกต่างกันมากๆ ควรใช้ค่า ATER เพราะว่าสามารถประเมินได้ถูกต้องกว่าค่า LER

ตารางที่ 9 Land equivalent ratio (LER) และค่า Area time equivalent ratio (ATER) เมื่อปลูกถั่วดำเหลื่อมข้าวโพดที่วันปลูกต่างๆ

วันปลูก (วันหลัง-ข้าวโพดงอก)	น้ำหนักเมล็ดแห้ง (กก./ไร่) ข้าวโพด ปลูกเหลื่อม	ถั่วดำ ปลูกเหลื่อม	ถั่วดำ ปลูกโดยลำพัง	L_1^1	L_3^2	LER	ATER
60	912.5	140.5	120.2	0.98	1.17	2.15	1.40
70	920.8	125.8	110.2	0.99	1.14	2.13	1.32
80	915.4	60.6	55.4	0.98	1.10	2.08	1.22
90	922.4	15.8	18.3	0.93	0.86	1.85	1.04
100	928.8	10.3	12.1	1.00	0.85	1.85	0.99
ปลูกข้าวโพดโดยลำพัง	932.6	-	-	1.00	-	1.00	-
F-test						NS	**
$LSD_{0.05}$						0.41	0.21
$LSD_{0.01}$						0.58	0.29
% CV						13.32	11.20

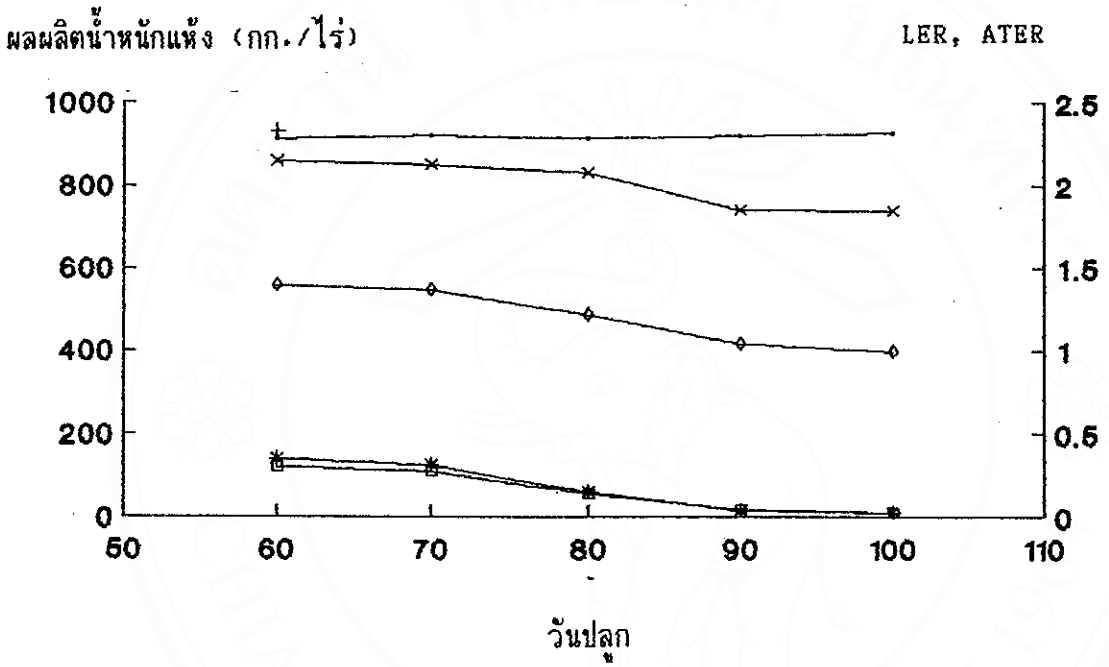
1 = partial LER ของข้าวโพด = ผลผลิตข้าวโพดเมื่อปลูกเหลื่อม/ผลผลิตข้าวโพดเมื่อปลูกโดยลำพัง

2 = partial LER ของถั่วดำ = ผลผลิตถั่วดำเมื่อปลูกเหลื่อม/ผลผลิตข้าวโพดเมื่อปลูกโดยลำพัง

NS ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 6 ผลผลิตของข้าวโพดและถั่วดำเมื่อปลูกเหลื่อม และปลูกโดยลำพัง (กก./ไร่) ตลอดจนค่า LER, ATER ที่วันปลูกต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดัชนีการเก็บเกี่ยว (harvest index)

ดัชนีการเก็บเกี่ยวของถั่วดำเมื่อปลูกเหลื่อมข้าวโพดและปลูกโดยลำพังที่วันปลูกต่างๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 10 จากการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่า ดัชนีการเก็บเกี่ยวของถั่วดำเพิ่มขึ้นเป็นลำดับตามวันปลูกที่ล่าช้าออกไป โดยวันปลูกที่ 60 และ 70 วันหลังข้าวโพดงอกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่แตกต่างจากวันปลูกอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ทั้งการปลูกเหลื่อมและปลูกโดยลำพัง อนึ่งเมื่อเปรียบเทียบดัชนีการเก็บเกี่ยวระหว่างการปลูกเหลื่อมและปลูกโดยลำพัง (ที่วันปลูกเดียวกัน) ก็พบว่า เฉพาะวันปลูกที่ 60, 70 และ 80 วันหลังข้าวโพดงอก ที่การปลูกเหลื่อม มีผลทำให้ดัชนีการเก็บเกี่ยวสูงกว่าเมื่อปลูกโดยลำพังอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ส่วนความแตกต่างของดัชนีการเก็บเกี่ยวในระหว่างวันปลูกอื่นๆ ไม่ถึงระดับมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 10 ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวของถั่วดำที่ปลูกเหลื่อมข้าวโพดและปลูกโดยลำพังที่วันปลูกต่างๆ

วิธีปลูก (วันหลังข้าวโพดงอก)	ดัชนีการเก็บเกี่ยว
ปลูกเหลื่อม	
60	0.16
70	0.17
80	0.21
90	0.22
100	0.23
ปลูกโดยลำพัง	
60	0.14
70	0.14
80	0.19
90	0.23
100	0.23
F-test	**
$LSD_{0.05}$	0.01
$LSD_{0.01}$	0.02
% CV	4.49

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved