บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

มันฝรั่งจัดเป็นพืชล้มลุกที่ใช้หัวใต้ดินสำหรับบริโภค อยู่ในตระกูล Solanaceae ชื่อสามัญคือ potato หรือ Irish potato มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Solanum tuberosum L. พันธุ์ในอดีตที่ใช้ปลูกทั่วไปตามอาณานิคมของอเมริกานั้นมาจากประเทศไอร์แลนด์ หลังจากนั้นมีการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ในยุโรปจนกลายเป็นพืชอาหารหลักของหลายประเทศทั่วโลกในปัจจุบัน พันธุ์ที่ใช้ปลูกทั่วโลกคือ Solanum tuberosum spp. tuberosum ซึ่งมีจำนวนโครโมโซมเป็นเตตราพลอยด์ (tetraploid) คือ 2n = 4X = 48 ในทวีปอเมริกาได้พบและจำแนกพันธุ์ป่าออกได้ประมาณ 200 ชนิด พันธุ์เหล่านี้ขึ้นอยู่ทั่วไปจากทางตอนใต้ของประเทศสหรัฐอเมริกา ในแถบอเมริกากลาง ประเทศแถบเทือกเขาแอนดีสไปจนถึงตอนใต้ของชิลี ยังพบว่าขึ้นอยู่ทั่วไปจนถึงระดับ 4,000 เมตร สูงจากระดับน้ำทะเล พันธุ์ป่าเกือบทั้งหมดมักจะไม่ลงหัว สภาพแวดล้อมเช่น อุณหภูมิ ความยาวของวัน ความชื้นและความสมบูรณ์ของดินจะมีอิทธิพลต่อลักษณะทางสรีรวิทยา สำหรับในจังหวัดเชียงใหม่มีฤดูกาลเพาะปลูกแบ่งออกได้เป็น 2 ฤดูขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ที่ปลูก ได้แก่การปลูกในสภาพพื้นที่ราบระหว่างฤดูหนาวและบนพื้นที่สูงในฤดูฝน

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

มันฝรั่งมีการเจริญเติบโตแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์ สามารถจำแนกทรงต้นออกเป็นทรงพุ่มกลมกระทัดรัด(rosette) ทรงพุ่มเลื้อยเอนราบเหนือผิวดิน(prostrate) และทรงพุ่มตั้งตรง(erect)หรือกึ่งตั้งตรง(semi-erect) รากของมันฝรั่งเจริญมาจากเมล็ดและหัวพันธุ์ การปลูกจากเมล็ดให้รากแก้ว ส่วนการปลูกด้วยหัวพันธุ์จะเกิดรากพิเศษ (adventitious root) ขึ้นที่บริเวณส่วนโคนของหน่อหรือต้นอ่อนบนหัวพันธุ์ นอกจากนี้ยังมีรากออกตามส่วนข้อของลำต้นใต้ดินและจากไหล(stolon) ระบบรากของมันฝรั่งถือว่าอ่อนแอกว่าพืชอื่นๆจึงจำเป็นต้องจัดเตรียมดินให้ดีก่อนการเพาะปลูก ส่วนของรากนี้ยังนำไปขยายพันธุ์ได้โดยวิธีการขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว(rapid

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

multiplication techniques)

ลำต้น ระบบลำต้นของมันฝรั่งประกอบด้วย ลำต้น ไหลและหัว ลำต้นแบ่งออกเป็นลำต้นหลักและลำต้นรอง ไหลเจริญมาจากทั้งลำต้นหลักและลำต้นรองที่มีการเจริญในแนวราบใต้ดิน ส่วนปลายสุดของไหลจะขยายตัวและพัฒนาเป็นหัวเมื่ออยู่ใต้ดิน หรืออาจพัฒนาเป็นลำต้นรองเมื่อโผล่พ้นดินขึ้นมา ความยาวของไหลใช้จำแนกพันธุ์ได้ มันฝรั่งพันธุ์ป่าจะมีไหลที่ยาวกว่า แต่ในการปรับปรุงพันธุ์มักตั้งวัตถุประสงค์ให้มีไหลสั้น

หัว เป็นส่วนของลำต้นที่ปรับตัวเองมาเป็นอวัยวะสะสมอาหาร แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนโคนที่ติดอยู่กับไหลกับส่วนปลายที่อยู่ตรงข้าม ตา(eye)จัดเรียงตัวอยู่รอบผิวของหัวและมักมีมากตรงส่วนปลาย อาจมีเกล็ดหุ้มตา(eyebrow)มีหน้าที่ป้องกันอันตรายไม่ให้เกิดขึ้นกับตา ความลึกของเกล็ดหุ้มตาใช้จำแนกพันธุ์มันฝรั่งได้ แต่ละตาประกอบด้วยตาเจริญ(bud)หลายอัน ตาเจริญเหล่านี้จะพัฒนาเป็นหน่อเจริญหรือต้นอ่อนซึ่งจะเป็นลำต้นหลัก ลำต้นรองและไหลในภายหลัง เมื่อหัวแก่พอแล้วตาเจริญจะพักตัวไม่มีการพัฒนาใด ๆ จนกว่าจะถึงระยะเวลาที่เหมาะสมจึงจะทำลายการพักตัว จากนั้นตาเจริญอื่นๆจึงจะพัฒนาเป็นต้นอ่อน หัวมันฝรั่งที่ปลูกเป็นการค้าทั้งหมด มีรูปร่างเป็นทรงกลมรูปไข่หรือยาวรี ส่วนในพันธุ์ป่านั้นมักมีรูปร่างที่ผิดไปจากนี้

เมื่อผ่าหัวตามยาวจะพบส่วนต่างๆจากด้านนอกสุดเข้าไปด้านในเป็นดังนี้ ผิวชั้นนอก (skin หรือ periderm) ผิวชั้นใน(cortex) ระบบท่อน้ำท่ออาหาร(vascular system) กลุ่มเนื้อเยื่อที่ใช้เก็บอาหาร(storage parenchyma) และกลุ่มเนื้อเยื่อชั้นในสุด(pith)

ผิวชั้นนอก เป็นกลุ่มเนื้อเยื่อห่อหุ้มอยู่นอกสุด มีสีแตกต่างกันไป ตั้งแต่สีขาว ครีม เหลือง ส้ม แดง ม่วง ในบางพันธุ์อาจมี 2 สี เมื่อหัวมันฝรั่งถูกแสงจะเปลี่ยนเป็นสีเขียว ผิวชั้นนอกปกติจะเรียบแต่ในบางพันธุ์อาจเป็นตาข่ายหรือขรุขระ หากหัวมันฝรั่งยังไม่แก่พอจะเกิดความเสียหายได้โดยง่ายในขณะเก็บเกี่ยว การแลกเปลี่ยนก๊าซจะผ่านทางรูอากาศ(lenticel) ที่กระจายอยู่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รอบผิว ดังนั้นเมื่อหัวมันฝรั่งอยู่ในสภาพเปียกชื้นรูอากาศเหล่านี้จะขยายใหญ่และเป็นจุดขาว ถัดมาจากผิวชั้นนอกคือผิวชั้นในซึ่งเป็นกลุ่มเนื้อเยื่อรูปร่างแคบและยาว ภายในบรรจุโปรตีนและแป้ง กลุ่มท่อน้ำท่ออาหารทำหน้าที่เชื่อมติดระหว่างผิวชั้นในกับตาของหัวมันฝรั่ง กลุ่มเนื้อเยื่อถัดเข้าไปคือกลุ่มเนื้อเยื่อที่ใช้เก็บอาหาร และกลุ่มเนื้อเยื่อชั้นในสุดมีหน้าที่หลักในการเก็บสะสมอาหาร

เนื้อของหัวมันฝรั่ง(flesh)คือชั้นจากผิวชั้นในเข้าไปจนถึงกลุ่มเนื้อเยื่อชั้นในสุด ปกติจะมีสีขาว ครีม และเหลืองอ่อน สำหรับในพันธุ์ป่าอาจมีสีเหลืองเข้ม แดง ม่วงหรือมี 2 สี

ต้นอ่อนหรือหน่อเจริญ เจริญมาจากตาเจริญที่บริเวณตาของหัวมันฝรั่ง สีของต้นอ่อนส่วนมากเป็นสีขาวใช้จำแนกพันธุ์ได้ ส่วนโคนหรือยอดอาจมีสีไม่เหมือนกันหรืออาจเป็นสีเดียวกันตลอด ต้นอ่อนที่เป็นสีขาวเมื่อถูกแดดจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวได้ ส่วนล่างของต้นอ่อนคือส่วนที่จะเป็นต้น ราก และไหล ส่วนยอดคือส่วนที่จะกลายเป็นใบ

ใบ ใบมันฝรั่งเป็นใบประกอบ ประกอบด้วยก้านใบ ต่อจากก้านใบคือ rachis เป็นตัวเชื่อมใบย่อยซึ่งมีจำนวน 2-3 คู่ให้เรียงคู่ขนานกัน นอกจากนี้ยังมี interjected leaflet ซึ่งเป็นใบย่อยขนาดเล็ก 2 คู่แทรกอยู่ระหว่างใบย่อย ปลายสุดของใบประกอบมีใบย่อยใบเดียวเรียกว่า terminal leaflet ที่ฐานของก้านใบเชื่อมติดกับลำต้นนั้นจะมีใบขนาดเล็กอยู่ 1 คู่ เรียกว่า pseudostipular leaf ใช้ประโยชน์ในการจำแนกพันธุ์ได้

ดอก มันฝรั่งมีดอกเป็นช่อประกอบด้วยก้านช่อดอก 1 ก้านและแยกช่อดอกออกเป็น 2 ช่อต่อ 1 ก้าน เรียกช่อดอกแบบนี้ว่า cymose inflorescence แต่ละดอกในช่อดอกจะมีก้านดอกย่อย ส่วนที่ต่อเชื่อมกันระหว่างฐานรองดอกกับก้านช่อดอกเรียกว่า articulation เป็นจุดที่ดอกหรือผลหลุดร่วง ในบางพันธุ์ส่วนนี้จะมีสีและใช้จำแนกพันธุ์ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มันฝรั่งมีดอกสมบูรณ์เพศประกอบด้วย 4 ส่วนที่สำคัญคือ กลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรตัวผู้ และเกสรตัวเมีย กลีบเลี้ยงมี 5 กลีบเป็นสีเขียวบางส่วนหรือสีเขียวทั้งหมด กลีบดอกมี 5 กลีบ ปลายกลีบดอกแต่ละอันเป็นมุมสามเหลี่ยม(acumen) กลีบดอกมีสีขาว ฟ้าอ่อน ฟ้าเข้ม แดงหรือม่วง เกสรตัวผู้มี 5 อัน เกสรตัวเมีย 1 อัน เนื่องจากส่วนของเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียมีความพร้อมในการผสมพันธุ์ในเวลาต่างกัน เกสรตัวเมียมักได้รับละอองเกสรตัวผู้จากต้นอื่นจึงถือเป็นการผสมข้าม(Pohl, 1987) ก้านเกสรตัวเมียอาจยาวกว่าหรือยาวเท่ากับความยาวของเกสรตัวผู้

ผลและเมล็ด ภายหลังการผสมเกสร รังไข่จะพัฒนาไปเป็นผลแบบ berry ผลมีสีเขียวและกลม ในบางพันธุ์เป็นสีขาวหรือเป็นจุดประหรือเป็นแถบลาย ใน 1 ผลจะมีเมล็ดจำนวนมากอาจมีเมล็ดถึง 200 เมล็ด เมล็ดมีรูปร่างยาวรีและแบน ใน 1 กรัมมีเมล็ด 1,000 - 5,000 เมล็ด

คัพภะเป็นรูปโค้งคล้ายตัวยู(U)จึงมีส่วนปลายเป็น 2 จุดอยู่ตรงกันข้าม ส่วนแรกคือจุดเจริญของราก(radicle) อีกส่วนหนึ่งเป็นจุดเจริญของยอด(plumule) การขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดเรียกว่าการใช้ true seed หรือ botanical seed สำหรับการใช้หัวพันธุ์ปลูกเพื่อขยายพันธุ์นั้นเรียกว่าการใช้ seed tuber (Burton, 1966; Huaman, 1986; Purseglove, 1968)

<u>การเจริญเติบโตของพืช</u>

ในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดจะมีการเปลี่ยนแปลงขนาด รูปร่างและปริมาณ การศึกษาถึงรายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงในแต่ละสภาพแวดล้อมจะช่วยให้สามารถทำนายหรือประเมินผลการเจริญเติบโตของพืชได้(Hunt, 1981) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้ Milthrope and Moorby (1979)ได้ให้ความหมายไว้ว่า การพัฒนาของพืชมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องและกลับคืนสู่สภาพเดิมไม่ได้ การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะวัดได้จากความสูง ปริมาตร น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง การวิเคราะห์การเจริญเติบโตนั้นเป็นการแสดงโดยความสัมพันธ์ของน้ำหนักแห้งของต้นพืชที่มีต่อระยะเวลา(Evans,1972) ในมันฝรั่งมีขบวนการที่สำคัญ 2 อย่างเหมือน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พืชอื่นคือ การสังเคราะห์แสงและการหายใจ การสังเคราะห์แสงเป็นการสร้างคาร์โบไฮเดรต ในขณะที่การหายใจเป็นการใช้คาร์โบไฮเดรต อัตราการสังเคราะห์แสงเป็นผลมาจากความเข้มของแสง คาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณน้ำ คลอโรฟิลล์ในใบ อายุของใบ รวมทั้งปฏิกิริยาอื่นๆที่เกี่ยวกับการสร้างผลผลิต ต้นมันฝรั่งสามารถสร้างหัวได้ย่อมขึ้นอยู่กับการเจริญเติบโตของใบ(Burton, 1966) คาร์โบไฮเดรตบางส่วนที่สร้างขึ้นนี้จะถูกนำไปสร้างเป็นน้ำหนักแห้งในต้นพืช และประมาณ 40% ของคาร์โบไฮเดรตที่สร้างขึ้นพืชจะนำไปใช้ในขบวนการหายใจ(van Heemst, 1986a) ดังนั้นจำนวนคาร์โบไฮเดรตจากการสร้าง(การสังเคราะห์แสง) หักลบด้วยจำนวนคาร์โบไฮเดรตที่พืชนำไปใช้(การหายใจ)ก็คือการเพิ่มน้ำหนักแห้งหรืออัตราการเจริญเติบโต (Beukema and van der Zaag, 1979)

อัตราการเจริญเติบโตที่ได้จากการสะสมน้ำหนักแห้งแบ่งออกเป็น 3 ระยะคือในระยะแรกพืชแต่ละต้นยังมีพุ่มใบไม่หนาแน่นไม่บังร่มเงาซึ่งกันและกันและมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้การเพิ่มน้ำหนักแห้งของต้นพืชต่อวันเป็นไปอย่างรวดเร็ว(exponential growth) ระยะที่ 2 ต้นพืชมีพุ่มใบหนาแน่นขึ้นจึงคลุมดินทั้งหมดทำให้เกิดการบังแสงของใบมากขึ้นเช่นกัน พื้นที่รับแสงจึงไม่เพิ่มตามจำนวนใบ การเจริญเติบโตจึงคงที่หรือเป็นเส้นตรง(linear growth) การสะสมน้ำหนักแห้งหรือการสร้างน้ำหนักแห้งรวมของพืชจึงอยู่ในระยะที่ 2 มากที่สุด ดังนั้นในระยะนี้จึงเกี่ยวข้องกับชนิดและพันธุ์พืชตลอดจนสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ ธาตุอาหาร น้ำ วัชพืช โรคและแมลง ส่วนในระยะที่ 3 เป็นระยะการแก่ของพืช มีอัตราการเจริญเติบโตลดลง (decreasing growth)

ในการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของพืช ประกอบด้วยหลักพื้นฐาน 2 ประการได้แก่ การใช้น้ำหนักแห้งของพืชและพื้นที่ใบที่พืชใช้ในการสังเคราะห์แสง การศึกษาถึงรายละเอียดของขบวนการพื้นฐานในการเจริญเติบโตของพืชเช่น พื้นที่ใบ ดัชนีพื้นที่ใบ อัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้งของพืชทั้งต้นและอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ดินมีผลต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของพืช การสะสมน้ำหนักแห้งที่มีผลต่อรูปแบบการเจริญเติบโตของพืช (growth pattern หรือ dry matter

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

distribution)รวมทั้งศึกษาถึงอิทธิพลของสภาพแวดล้อม เช่น แสงและอุณหภูมิที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต ซึ่งอาจนำไปใช้เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงสภาพการผลิตได้ต่อไป

1. **พื้นที่ใบกับการเจริญเติบโตของพืช**

การสร้างน้ำหนักแห้งขึ้นอยู่กับอัตราการสังเคราะห์แสง ใบพืชเมื่อได้รับแสงแล้วจะเกิดขบวนการสังเคราะห์แสงและสร้างน้ำหนักแห้งในเวลาต่อมา อัตราการสังเคราะห์แสงของพืชสูงขึ้นได้หากไม่มีการแข่งขันในระหว่างต้นพืชและอาจสูงขึ้นถึง 100 เปอร์เซ็นต์ หากใบพืชปกคลุมเหนือพื้นที่ดินที่ต้นพืชขึ้นอยู่นั้น Watson(1952) กล่าวว่าพื้นที่ใบอาจใช้ในการศึกษาการเจริญเติบโตของพืช โดยการนำพื้นที่ใบมาวิเคราะห์หาดัชนีพื้นที่ใบ(Leaf area index,L) การหาประสิทธิภาพของใบโดยหาน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ใบ(Net assimilation rate,E) สำหรับพื้นที่ใบที่เปลี่ยนแปลงตามระยะเวลา(Leaf area duration, D)นั้น ในบางครั้งอาจเกี่ยวข้องกับผลผลิตแต่ก็ไม่แน่นอนเสมอไป(Gunasena and Harris, 1969, 1971; Ifenkwe, 1975) ส่วน Monteith (1979) ชี้ให้เห็นว่าอัตราการเจริญเติบโตเกี่ยวข้องกับการรับแสงของต้นพืชโดยได้ทำการทดลองกับมันฝรั่งพันธุ์เบา พบว่าอัตราการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการรับแสงเพิ่มขึ้น ซึ่ง Biscoe and Gallagher(1977)ได้พบการตอบสนองที่คล้ายคลึงกันนี้ในข้าวบาร์เล่ย์ ข้าวสาลี ข้าวโพดและถั่วเหลือง

Scott and Wilcockson(1978) ได้ทดลองเกี่ยวกับการรับแสง(light interception)ที่เหมาะสมในการปลูกมันฝรั่ง เขาพบว่าน้ำหนักแห้งรวมของผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณแสงที่พืชได้รับและการบังแสงมีผลให้น้ำหนักแห้งลดลง และเสนอแนะว่าปริมาณการรับแสงคือสิ่งชี้ให้เห็นถึงการสะสมน้ำหนักแห้ง ในการสร้างแบบจำลองการเจริญนั้น Ivins and Bremner (1965) ระบุไว้ว่าการเจริญเติบโตของใบเป็นการบ่งบอกถึงขนาดของต้นเมื่อเริ่มการลงหัวและการเริ่มการลงหัวมักเกิดขึ้นก่อนที่จะมีการเพิ่มขนาดพื้นที่ใบ อย่างไรก็ตามสำหรับในมันฝรั่งแล้วโดยทั่วไปเมื่อใบเริ่มแก่และน้ำหนักแห้งของใบลดลงนั้น มีการเพิ่มน้ำหนักแห้งของหัวและน้ำหนักแห้งรวม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(Bremner and Radley, 1966) ดังนั้น เพื่อให้มันฝรั่งมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น จึงมีความจำเป็นต้องให้ใบรับแสงและมีชีวิตได้ยาวนานขึ้น

2. **ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index, L)**

ดัชนีพื้นที่ใบหมายถึงสัดส่วนของพื้นที่ใบต่อหน่วยพื้นที่ดินที่พืชนั้นปกคลุมอยู่ ดัชนีพื้นที่ใบจะเปลี่ยนไปตามอายุของพืช เมื่อดัชนีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นอัตราการสังเคราะห์แสงต่อพื้นที่ดินจะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มขึ้นถึงจุดๆหนึ่งอัตราการสังเคราะห์แสงอาจลดลงหรือคงที่ก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และหากค่าดัชนีพื้นที่ใบน้อยแสดงว่าใบทุกใบจะได้รับแสงเต็มที่ ไม่มีการบังแสงซึ่งกันและกัน การรับแสงมีความสัมพันธ์กับดัชนีพื้นที่ใบ นั่นคือเมื่อพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นการรับแสงจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับพันธุ์ เช่น ในพันธุ์ Vanessa และ Maris Bard เป็นพันธุ์ที่มีดัชนีพื้นที่ใบต่ำ (Allen et al, 1979) ส่วนประกอบของทรงพุ่มมันฝรั่งจะประกอบด้วยใบที่มีขนาด จำนวนและอายุต่างกัน ต้นมันฝรั่งมีใบตามลำต้นหลัก และกิ่งแขนง 150 - 200 ใบต่อต้น(Ifenkwe, 1975) มันฝรั่งจะให้ใบใหม่อยู่ตลอดเวลาจึงมีอายุใบแตกต่างกัน Winkler(1971)ได้สนับสนุนแนวคิดดังกล่าวนี้และเน้นว่าสถานที่หรือพื้นที่และช่วงเวลาที่ใช้ปลูกเป็นสิ่งจำกัดการเจริญเติบโตของใบได้ พืชมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุดก็ต่อเมื่อมีดัชนีพื้นที่ใบอยู่ในระดับที่เหมาะสม ในพืชโดยทั่วไปมีดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดประมาณ 3 หากค่าสูงกว่านี้จะทำให้ดัชนีพื้นที่ใบลดลงอย่างรวดเร็วได้เนื่องจากการหักล้มของลำต้น Gunasena and Harris (1971) ให้ความเห็นว่า ควรปลูกมันฝรั่งโดยให้มีการเจริญเติบโตของใบและให้ลงหัวเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

ปัจจัยที่มีผลต่อดัชนีพื้นที่ใบอย่างหนึ่งคือ ความหนาแน่นของลำต้น(stem density) การเพิ่มความหนาแน่นของลำต้นทำให้ใบคลุมพื้นที่ดินได้เร็วขึ้น ทั้งนี้อาจด้วยการใช้หัวพันธุ์ขนาดใหญ่และการเพิ่มจำนวนหัวในการปลูก อย่างไรก็ตาม Jarvis(1977)และ Allen(1978)ได้แสดงความเห็นว่าการเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นมันฝรั่งเป็นอิสระไม่ขึ้นกับขนาดของหัวพันธุ์ ซึ่งขัดแย้งกับข้อเสนอของ Evans(1975) ที่ระบุว่าหัวพันธุ์ขนาดใหญ่จะให้ผลผลิตสูงสุด ในทางปฏิบัติ การเพิ่ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จำนวนต้นต่อพื้นที่ทำให้พื้นที่ใบคลุมพื้นที่ดินเร็วขึ้นแล้วส่งผลต่อการให้หัวได้ จำนวนหัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเพิ่มความหนาแน่นของต้น การเพิ่มจำนวนต้นต่อพื้นที่อีก 1 เท่าตัวไม่สามารถเพิ่มจำนวนหัวขึ้นได้เนื่องจากไม่ได้คำนึงการรับแสงของต้นพืช Allen and Scott(1980) ให้ความเห็นว่า เมื่อพืชไม่อยู่ในสภาพขาดน้ำและปลอดจากโรคซึ่งก็คือพืชเจริญอย่างเต็มที่แล้ว สภาพของดัชนีพื้นที่ใบและการรับแสงจะมีมากขึ้น พืชที่อยู่ในสภาพขาดน้ำและมีโรครบกวน อัตราการเจริญเติบโตและค่าดัชนีพื้นที่ใบจะลดลง

Monteith (1965) พบว่า ในสภาพที่ดวงอาทิตย์มีการแผ่รังสีสูง การสังเคราะห์แสงในทรงพุ่มของต้นและค่าดัชนีพื้นที่ใบสูงเพราะมีใบที่ตั้งตรง แสดงว่า การสังเคราะห์แสงสูงขึ้นได้เนื่องจากมุมที่ตั้งขึ้นของใบ มีเพียงบางพืชเท่านั้นที่มีดัชนีพื้นที่ใบสูง(3-4)และสามารถรักษาค่านี้อยู่ในระยะเวลานานได้ สำหรับบางพืชมักจะมีไม่ถึง Watson (1968) กล่าวว่าการคงสภาพทางสรีรวิทยาเกี่ยวกับปัจจัยทั้งภายนอกและภายในที่ควบคุมการสร้าง การเจริญและอายุของใบนั้นยังต้องศึกษาเพิ่มอีกมาก รวมทั้งการศึกษาทางสัณฐานวิทยาที่จะทำให้เข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของต้นพืชว่าเปลี่ยนแปลงได้อย่างไร

3. อัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้งของพืชทั้งต้น (Leaf area ratio, F)

ขบวนการสังเคราะห์แสงมีผลต่อการผลิต ซึ่งจะวัดได้จากอัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้งของพืชทั้งต้น อัตราส่วนที่เหมาะสมของพืชแต่ละพันธุ์จึงมีความสำคัญมากต่อผลผลิตภายใต้สภาพแวดล้อมที่ได้รับในขณะนั้นและยังสามารถนำไปใช้เป็นแบบจำลองเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ต่อไปได้ อัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้งทั้งต้นมักเปลี่ยนแปลงไปได้ค่อนข้างง่ายในมันฝรั่ง เนื่องจากเป็นอัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้งที่หักลบน้ำหนักแห้งของหัวมันฝรั่งออกแล้ว ในพันธุ์ที่มีจำนวนลำต้นมากจะแสดงค่าอัตราส่วนนี้สูง นอกจากนั้นยังมีการใช้ตำแหน่งที่ใบติดอยู่หรือมุมการรับแสงจากดวงอาทิตย์ของใบมาใช้ในการหาอัตราส่วนของพื้นที่ใบนี้ด้วย (Anderson, 1970; Tooming, 1970) อย่างไรก็ตาม การที่จะกำหนดค่าอัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้งของพืชที่เหมาะสมนั้นกำหนดได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ยาก ต้องพิจารณาลักษณะการเจริญเติบโตอย่างอื่นประกอบไปด้วย

4. อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ดิน (Crop Growth Rate, CGR)

การเจริญเติบโตของมันฝรั่งในรูปของอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อหน่วยพื้นที่ดินเป็นตัวชี้ที่สำคัญของการเจริญเติบโตของพืช และเกี่ยวข้องกับผลผลิตคือหัวมันฝรั่งที่จะได้รับในแต่ละฤดูปลูก (Khurana and McLaren, 1982) อัตราการเจริญเติบโตของพืชเป็นอัตราการสร้างน้ำหนักแห้งของพืชต่อหน่วยของพื้นที่ดินที่พืชนั้นขึ้นอยู่ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง น้ำหนักแห้งของต้นพืชเป็นผลผลิตที่พืชสร้างขึ้นจากขบวนการสังเคราะห์แสง ปริมาณสารสังเคราะห์ที่พืชสร้างขึ้นมาจะถูกนำไปใช้สำหรับการเจริญเติบโต สร้างอวัยวะต่างๆเช่น ใบ ลำต้น บางส่วนจะถูกนำไปเก็บไว้ในส่วนหัวใต้ดิน การวิเคราะห์การเจริญเติบโตเป็นวิธีการติดตามการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตจากการสังเคราะห์แสงที่วัดออกมาในรูปผลผลิตน้ำหนักแห้งที่ได้จากการเก็บตัวอย่างของพืชทุกๆระยะการเติบโตแล้วนำมาหาความสัมพันธ์ที่มีต่อระยะเวลา(เทวา, 2531) ในแต่ละพันธุ์และแต่ละสภาพแวดล้อมที่ใช้เพาะปลูกนั้นจึงน่าจะมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตที่นำมาเปรียบเทียบหาความแตกต่างกัน อัตราการเจริญเติบโตหรืออัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักแห้งต่อหน่วยของเวลาจึงใช้ตรวจสอบ หรือเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์และวิธีการที่ใช้ในการทดสอบได้

ในการวัดหรือตรวจสอบการเจริญเติบโตของพืชจึงได้นำสิ่งที่ใช้เป็นตัวกำหนดความสามารถในการสร้างผลผลิต(yielding capacity) แบ่งออกเป็นส่วนที่นำมาวัดปริมาณความสามารถในการสังเคราะห์แสงหรือคุณสมบัติของพื้นที่ใบได้แก่ พื้นที่ใบ ดัชนีพื้นที่ใบ อัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อหน่วยพื้นที่และพื้นที่ใบที่เปลี่ยนแปลงตามระยะเวลา อีกส่วนหนึ่งถือเป็นคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไป (dynamic properties) ซึ่งเป็นการวัดประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสงและการเจริญ นั่นคืออัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักแห้งต่อหน่วยของพื้นที่ต่อหน่วยของเวลา สิ่งกำหนดความสามารถในการสร้างผลผลิตเหล่านี้ จะส่งผลถึงการสร้างน้ำหนักแห้งของลำต้นและหัวมันฝรั่ง โดยมีปัจจัยต่าง ๆ จากสภาพแวดล้อมของฤดูปลูกที่แตกต่างกันมากำหนดขอบเขตความสามารถในการสร้าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลผลิตอีกชั้นหนึ่ง

การผลิตมันฝรั่งในประเทศไทย

ขณะนี้ประเทศไทยใช้วิธีผลิตหัวมันฝรั่งโดยการนำเข้าหัวพันธุ์มันฝรั่งพันธุ์รับรองที่มีราคาแพงจากต่างประเทศมาใช้ปลูกเพื่อผลิตเป็นหัวพันธุ์ แต่เกษตรกรผู้ปลูกมันฝรั่งไม่สามารถเก็บหัวพันธุ์มันฝรั่งหรือส่วนขยายพันธุ์อื่นๆไว้ทำพันธุ์ต่อไปได้นานกว่า 3-4 รุ่น เนื่องจากเนื้อมันฝรั่งมีสีเปลี่ยนไป หัวมีขนาดเล็กลง ผลผลิตจะลดลงไปทุกฤดูกาลที่นำไปขยายพันธุ์ต่อไป สาเหตุที่สำคัญเนื่องจากเชื้อโรคที่ติดเข้ามาจากต่างประเทศ และ/หรือที่เกิดขึ้นกับหัวมันฝรั่งระหว่างการปลูกเพื่อขยายพันธุ์ในแปลงภายในแหล่งปลูกในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อโรคในกลุ่มไวรัส หัวมันฝรั่งที่ติดเชื้อไวรัสเหล่านี้ เมื่อนำไปปลูกหรือใช้เป็นท่อนพันธุ์จะทำให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงต่อผลผลิต ทำให้ผลผลิตต่อต้นต่ำมาก ทั้งยังมีการแพร่ระบาดไปยังต้นมันฝรั่งในแปลงเดียวกันหรือแปลงอื่นๆที่ไกลออกไปโดยมีพาหะคือ แมลง และเครื่องมือทางการเกษตร นอกจากนี้เชื้อไวรัสหลายชนิดยังเข้าทำลายพืชอาศัยที่เป็นพืชตระกูลเดียวกับมันฝรั่งเช่น มะเขือเทศ ยาสูบ และพริก รวมทั้งวัชพืชเช่น ลำโพง โทงเทง สาบเสือ ผักโขม ไวรัสเหล่านี้จึงสามารถอยู่ข้ามฤดูได้ ดังนั้นการใช้หัวพันธุ์จากต้นที่ได้จากต่างประเทศหรือในประเทศเพื่อขยายพันธุ์โดยวิธีปกติคือ การผ่าหัวพันธุ์ (seed cutting) จึงหลีกเลี่ยงการติดเชื้อไวรัสได้ยาก จะเห็นได้จากงานทดลองของปราณีและคณะ(2529) ที่ได้นำหัวพันธุ์มันฝรั่งสปุนต้าจากตลาดบางเขนมาเพาะให้งอกโดยการผ่าชิ้นมันฝรั่งให้ติดตาขนาด 1.5 x 1.5 นิ้วชำในกระบะทรายที่อบฆ่าเชื้อคลุมด้วยพลาสติกเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง(ประมาณ 25 องศาเซลเซียส) นาน 7 วัน แล้วนำชิ้นตาไปตรวจสอบเชื้อไวรัสด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนและจำแนกชนิดด้วยวิธีอิมมูโนอิเล็กโตรไมโครสโคป(Immunoelectromicroscope, IEM)พบว่า ชิ้นตามันฝรั่งพันธุ์สปุนต้าที่เพาะให้งอกแล้วมีเชื้อไวรัสที่ทำให้เกิดอาการเส้นใบดำ (Potato Virus Y หรือ PVY) เป็นส่วนมาก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาวิธีผลิตหัวมันฝรั่งที่ปราศจากโรคไวรัสในประเทศไทย เพื่อลดต้นทุนการผลิตแก่เกษตรกรต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แนวทางที่จะผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ปราศจากเชื้อไวรัสได้ในสภาพของประเทศไทยมีจำกัดอยู่ 2 วิธีการคือ

1. การผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและการขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว (Tissue culture and rapid multiplication techniques, RMT) ในส่วนของเกษตรกรจะใช้วิธีการปักชำจากต้นแม่เพื่อผลิตเป็นต้นกล้าก่อนแล้วนำไปปลูกในแปลง

2. การผลิตหัวพันธุ์จากต้นที่ปลูกจากเมล็ด(True Potato Seed, TPS)

การขยายพันธุ์ด้วยหัวพันธุ์จะให้สัดส่วนการสร้างหัว(หัวเก่า:หัวใหม่) ในฤดูปลูกได้ตั้งแต่ 1:3 ถึง 1:5 ในขณะที่การปักชำจะกระทำได้ต่อเนื่องตลอดปี สามารถเพิ่มสัดส่วนได้ตั้งแต่ 1:40 ถึง 1:หลายพันต้นต่อปีและต้นปักชำแต่ละต้นจะสร้างหัวพันธุ์ได้ตั้งแต่ 5 หัวหรือมากกว่านั้น ส่วนเจริญที่นำมาทำต้นปักชำได้แก่ หน่ออ่อน ข้อเดี่ยว ลำต้น และส่วนของตาที่เจริญเป็นกิ่งหรือใบ Bryan et al (1981) รายงานว่า โดยวิธีการเหล่านี้สามารถผลิตหัวมันฝรั่งขนาดเล็ก(tuberlet)เพื่อใช้เป็นหัวพันธุ์ได้ในฤดูปลูกต่อไป Uyen and van der Zaag (1985) ยืนยันว่าเกษตรกรชาวเวียดนามใช้วิธีการปักชำเพื่อผลิตมันฝรั่งและได้รับผลผลิตเพิ่มขึ้นอีก 1 เท่าตัว หรือเท่ากับ 18 ตันต่อเฮกตาร์ ศิริพรและเมธี (2529) รายงานข้อดีจากการใช้ต้นปักชำปลอดโรคปลูกแทนหัวพันธุ์นี้ว่า ทำให้ได้ผลผลิตต่อต้นและผลผลิตต่อพื้นที่ไม่ต่างจากการปลูกโดยใช้หัวพันธุ์ โดยพบว่ามี 4 พันธุ์ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยหรือน้ำหนักหัวต่อต้นสูงกว่า 440 กรัม คือ พันธุ์ดีทีโอ2 พันธุ์720088 พันธุ์แซงจีมาและพันธุ์สปุนต้า ซึ่งให้น้ำหนักหัวต่อต้นเท่ากับ 618.65 526.35 465.9 และ 444.15 กรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานจากศูนย์มันฝรั่งระหว่างชาติ (CIP) ประเทศเปรู ปรากฏว่าได้ผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 500 กรัมจากวิธีเดียวกัน จึงแนะนำให้ใช้วิธีการนี้เพื่อผลิตหัวส่งตลาดหรือเพื่อใช้เป็นหัวสำหรับปลูกแทนหัวพันธุ์จากต่างประเทศ จะช่วยลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อหัวพันธุ์จากต่างประเทศได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับการปลูกจากเมล็ดได้เริ่มงานทดลองขึ้นที่ศูนย์มันฝรั่งระหว่างชาติ ประเทศเปรู ในปี 1977 พบว่าใช้ต้นทุนที่ถูกกว่า การเก็บรักษาและการขนส่งเมล็ดทำได้สะดวก หัวมันฝรั่งที่ได้รับมีความสม่ำเสมอ ทั้งนี้ต้องผลิตต้นกล้าก่อนแล้วย้ายลงปลูกในแปลง เมื่อปี พ.ศ.2524 กรมวิชาการเกษตรได้ทดลองปลูกมันฝรั่งจากวิธีการเพาะเมล็ดจำนวน 2 พันธุ์จากประเทศนิวซีแลนด์ที่สถานีทดลองพืชสวนฝางและดอยผาหลวง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่ามันฝรั่งที่ปลูกด้วยเมล็ดบนดอยผาหลวงให้หัวขนาดเล็กเมื่อเก็บเกี่ยว(มาโนชและบุญเลิศ, 2526) Tsao and Chang (1982) รายงานว่า การปลูกมันฝรั่งจากเมล็ดเป็นการลดต้นทุนการผลิตทั้งยังช่วยให้ผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งได้ในระยะเวลาที่สั้น ส่วน Hermsen(1980) พบว่าการปลูกมันฝรั่งจากเมล็ดลูกผสมให้ผลดีในด้านความสม่ำเสมอกว่าเมล็ดจากการผสมเปิด Warrit et al(1986) ได้สรุปรายงานการทดลองไว้ว่า การปลูกมันฝรั่งด้วยเมล็ดในสภาพพื้นที่ราบกับพื้นที่สูงโดยใช้พันธุ์ลูกผสมกับพันธุ์ผสมเปิดที่ระยะปลูก 20 x 20 25 x 25 และ 30 x 30 เซนติเมตร พันธุ์ลูกผสมให้ผลผลิตดีกว่าพันธุ์ผสมเปิด คือ 840 และ 549 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ ยังพบว่าการปลูกมันฝรั่งจากเมล็ดในสภาพพื้นที่ราบให้ผลผลิตสูงกว่าบนพื้นที่สูง และพันธุ์ลูกผสมปลูกได้ดีทั้งในสภาพพื้นที่สูงและที่ราบ ส่วนพันธุ์ผสมเปิดปลูกได้ดีในสภาพพื้นที่ราบและในกรณีของ Hoang et al(1988) รายงานว่า ในประเทศเวียดนามใช้พันธุ์ผสมเปิดเพาะเป็นต้นกล้า แล้วนำไปปลูกเพื่อผลิตเป็นหัวพันธุ์รับรองซึ่งมีการติดเชื้อไวรัสเพียง 3-6 % หัวพันธุ์ขนาดเล็กสามารถนำไปขยายพันธุ์ได้เป็นอย่างดีและให้ผลผลิตได้ถึง 17.6 ตันต่อเฮคตาร์ อย่างไรก็ตาม การปลูกมันฝรั่งจากเมล็ดไม่สามารถผลิตเพื่อการอุตสาหกรรมได้โดยตรงมีแนวโน้มว่าควรผลิตเป็นหัวพันธุ์ก่อนแล้วจึงนำไปปลูกเพื่อการอุตสาหกรรม หรือใช้บริโภคต่อไป

<u>การตรวจสอบพันธุ์</u>

Tonguthaisri et al(1989) กล่าวถึงพันธุ์มันฝรั่งที่ปลูกในประเทศไทยไว้ว่า

<u>พันธุ์สปุนต้า</u> เป็นพันธุ์ลูกผสมระหว่างพันธุ์ Béa x USDA x 96-56 หัวมีลักษณะยาวรี ผิวสีเหลือง เรียบเป็นมัน เนื้อมีสีเหลือง น้ำหนักแห้งในหัวประมาณ 17.2% ผลผลิตประมาณ 17.9 ตันต่อเฮกตาร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พันธุ์เคนนีเบค เป็นพันธุ์ลูกผสมระหว่างพันธุ์ Chippewa x Katahdin x Earlaine x W-hybrid หัวมีทั้งลักษณะยาวรีและกลม ผิวสีเหลืองครีมเรียบเป็นมัน เนื้อมีสีขาว น้ำหนักแห้งในหัวประมาณ 16.9% ผลผลิตประมาณ 20.9 ตันต่อเฮกตาร์

พันธุ์รัสเสทเบอร์แบงค์ หัวมีลักษณะยาวรี ผิวสีน้ำตาลเป็นตาข่าย เนื้อมีสีขาว น้ำหนักแห้งในหัวประมาณ 18.5% ผลผลิตประมาณ 17 ตันต่อเฮกตาร์

พันธุ์ไฮ-อัลต้าหมายเลข3 เป็นพันธุ์ผสมเปิด หัวมีลักษณะกลม ผิวสีขาวครีม เนื้อสีขาว น้ำหนักแห้งในหัวประมาณ 21%

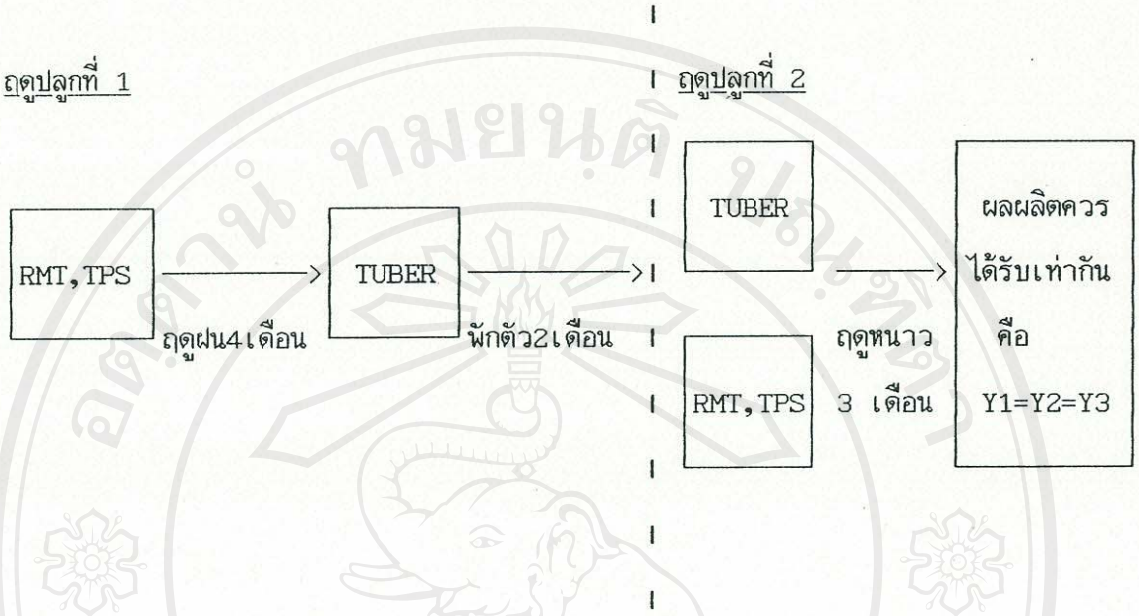
แนวความคิดพื้นฐานในการผลิตมันฝรั่งที่ผ่านมาของไทยจะเห็นว่านอกจากจะใช้หัวพันธุ์ปลูกเพื่อสร้างผลผลิต ยังเชื่อว่าสามารถนำต้นปักชำมาปลูกเพื่อการอุตสาหกรรมได้ มีการเสนอแนวความคิดออกเป็นสองทาง คือ

1. หากมีการปฏิบัติรักษาในแปลงปลูกเป็นอย่างดีแล้ว ผลผลิตของต้นปักชำ(Y1) และต้นจากเมล็ด(Y2)ไม่แตกต่างไปจากการปลูกจากหัวพันธุ์(Y3) จึงตั้งสมมติฐานว่า ต้นปักชำ ต้นจากเมล็ดและต้นจากหัวพันธุ์จะให้ผลผลิตเท่ากัน นั่นคือ Y1=Y2=Y3

2. หากแนวความคิดใน 1 ยังไม่ถูกต้อง กล่าวคือทั้งต้นปักชำและต้นจากเมล็ดจะใช้เป็นผลผลิตโดยตรงไม่ได้ภายในฤดูปลูกแรก ซึ่งอาจเป็นเพราะมีขนาดลำต้นเล็กไม่แข็งแรงและมีการเจริญเติบโตไม่ดี จึงต้องนำผลผลิตที่ได้ในฤดูปลูกที่ 1 ไปปลูกอีก 1 ฤดูปลูกจึงจะเป็นผลผลิตได้

จึงจำเป็นต้องพิสูจน์ว่าการปลูกมันฝรั่งจากต้นปักชำ ต้นจากเมล็ดและต้นจากหัวพันธุ์ จะให้ผลผลิตเท่ากันเมื่อปลูกในแปลงปลูก ไม่ว่าจะเป็นการปลูกในสภาพใดก็ตาม สำหรับกรณีของจังหวัดเชียงใหม่ซึ่งสามารถปลูกมันฝรั่งได้ทั้งฤดูฝนบนสภาพพื้นที่สูง และในฤดูหนาวในสภาพพื้นที่ราบ จึงมีรูปแบบของการทดสอบสมมติฐานเป็นดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ในฤดูปลูกที่ 1 เป็นการปลูกนอกฤดู นำต้นปักชำ(RMT)และต้นจากเมล็ด(TPS)ไปปลูกในฤดูฝนบนพื้นที่สูงที่มีอุณหภูมิต่ำพอที่จะชักนำการสร้างหัว ใช้เวลานานประมาณ 4 เดือนจะได้รับผลผลิตเป็นหัวพันธุ์(tuber)หลังจากนั้นจะได้หัวพันธุ์จากต้นปักชำและต้นจากเมล็ด เก็บรักษาไว้นานประมาณ 2 เดือน ให้พ้นระยะการพักตัวแล้วนำไปปลูกในฤดูที่ 2 ต่อไป ในฤดูปลูกที่ 2 เป็นการปลูกในฤดู ใช้หัวพันธุ์จากฤดูที่ 1 ต้นปักชำและต้นจากเมล็ดมาปลูกในฤดูหนาวในสภาพพื้นที่ราบ นานประมาณ 3 เดือน เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตของการขยายพันธุ์ทั้ง 3 วิธี เมื่อนำผลผลิตมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกันทางสถิติแล้ว ต้นปักชำ(Y1) ต้นจากเมล็ด(Y2) และต้นจากหัวพันธุ์(Y3) จะต้องให้ผลผลิตเท่ากัน(Y1 = Y2 = Y3)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับทางสรีรวิทยาพืช เป็นที่ทราบกันดีว่าหัวพันธุ์คือแหล่งสะสมอาหารที่ต้นพืชนำไปใช้ในระยะแรกของการเจริญเติบโต ต้นพืชที่ได้ใช้อาหารสะสมจึงควรจะมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงกว่าต้นปักชำและต้นจากเมล็ด หากผลผลิตแสดงค่าเท่ากันก็แสดงว่าการสะสม

อาหารในหัวไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต และหากไม่เท่ากันแสดงว่าการสะสมอาหารในหัวมีผลต่อการเจริญเติบโต

ผลที่คาดว่าจะได้รับทางการเกษตรสามารถแสดงได้ดังนี้

ถ้าผลผลิตที่ได้รับไม่เท่ากันคือ Y1 = Y2 < Y3 แสดงว่าไม่สามารถใช้ต้นจากเมล็ดและต้นปักชำมาใช้ผลิตมันฝรั่งภายในฤดูปลูกเดียวได้

ถ้าผลผลิตที่ได้รับเท่ากันคือ Y1 = Y2 = Y3 แสดงว่าเป็นไปได้ที่จะใช้ต้นจากเมล็ด ต้นปักชำ หรือต้นจากหัวพันธุ์มาปลูกเพื่อผลิตมันฝรั่ง เพราะต้นจากเมล็ดและต้นปักชำให้ผลผลิตไม่ต่างไปจากต้นจากหัวพันธุ์

ผลที่ได้รับจะเป็นการพิสูจน์ว่าแนวความคิดในข้อ 1 หรือข้อ 2 ข้อใดจะถูกต้องและเป็นที่ยอมรับนำไปปฏิบัติต่อไป

การสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์

แบบจำลองคณิตศาสตร์จัดทำขึ้นเพื่อใช้ทำนายหาศักยภาพการผลิตน้ำหนักแห้งของมันฝรั่งจะช่วยในการทำนายการเจริญเติบโตและผลผลิตภายใต้สภาวะที่มีแสงและอุณหภูมิมาเกี่ยวข้อง จากสมมติฐานที่ว่า ศักยภาพการผลิตน้ำหนักแห้งของพืชในขณะที่มีการเจริญเติบโตจะขึ้นอยู่กับการได้รับน้ำ ธาตุอาหารที่เหมาะสม ไม่มีการรบกวนจากวัชพืช โรคและแมลง พืชจะสร้างส่วนต่างๆเป็นน้ำหนักแห้ง และจะสามารถคำนวณหาการสร้างน้ำหนักแห้งและผลผลิตนี้ได้โดยการใช้ปริมาณแสงและอุณหภูมิที่พืชได้รับในขณะนั้นเข้ามามีส่วนร่วมในการวิเคราะห์ ทั้งปริมาณแสงและอุณหภูมิเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า อัตราการเจริญเติบโตอย่างมีศักยภาพ (potential growth rate)

van Heemst(1986b)กล่าวว่า สภาพแวดล้อมที่สำคัญและมีอิทธิพลต่อการพัฒนาของต้นพืชได้แก่ อุณหภูมิและความยาวของวัน ในพืชไร่ทุกชนิดเมื่อได้รับอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้ระยะการเจริญเติบโตสั้นลง พืชแต่ละชนิดมีอุณหภูมิวิกฤติ(Threshold temperature, T_o)ที่ระดับหนึ่ง ซึ่งอุณหภูมิที่จุดนี้หรือต่ำกว่านี้จะไม่มีการเจริญเติบโต แต่ถ้าสูงกว่าจุดนี้ขึ้นไปพืชจะเจริญเติบโตต่อไปได้ ค่าของอุณหภูมิวิกฤติจะอยู่ระหว่าง 0-10 องศาเซลเซียสแล้วแต่ชนิดของพืช เช่นข้าวโพดและถั่ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เหลือง มีค่าเท่ากับ 10 ข้าวสาลีมีค่าเท่ากับ 0-5 และข้าวมีค่าเท่ากับ 0-10 องศาเซลเซียส เป็นต้น เมื่อนำพืชไร่หลายชนิดมาปลูกในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ในอุณหภูมิที่ต่ำลงจะทำให้จำนวนวันหลังจากวันงอกไปจนถึงวันดอกบานเพิ่มขึ้น เช่นข้าวโพด เมื่อปลูกในอุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ดอกจะบานเมื่ออายุได้ 46 วัน และเมื่อปลูกที่อุณหภูมิ 17.5 องศาเซลเซียส ดอกจะบานเมื่ออายุได้ 80 วัน

ผลรวมของอุณหภูมิเรียกว่า Thermal Unit (TU) มีหน่วยเป็น Day degree ซึ่งเป็นผลรวมของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละวันที่สูงกว่าอุณหภูมิวิกฤติ ดังนั้น ในอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้ช่วงระยะเวลาที่ใช้ปลูกพืชในแปลงสั้นลงได้ หรืออีกนัยหนึ่งทำให้มีอัตราการพัฒนาของพืชสูงขึ้นได้

หากกำหนดให้มีการพัฒนาเป็นตัวเลขมีช่วงระยะเวลาระหว่าง 0 ถึง 2 โดยที่ให้ 0 เป็นระยะดอกบาน และที่ 2 เป็นระยะการแก่ของต้นพืชแล้ว อัตราการพัฒนา(development rate)คือการสะสมต่อหน่วยของเวลาซึ่งจะมีอัตราการพัฒนาในระยะก่อนดอกบาน(pre-anthesis) แตกต่างไปจากระยะหลังดอกบาน(post-anthesis)ในอุณหภูมิที่เท่ากันได้ เช่น ในการปลูกพืชที่มีระยะเวลาจากวันที่พืชงอกไปจนถึงวันที่ดอกบานเท่ากับ 50 วัน และมีระยะออกดอกจนถึงระยะวันแก่เท่ากับ 25 วัน จะมีค่าเฉลี่ยอัตราการพัฒนาของระยะก่อนดอกบานเป็น 1/50 หรือ $0.02d^{-1}$ ในขณะที่ระยะหลังดอกบานจะแสดงค่าเป็น 1/25 หรือ $0.04d^{-1}$ แสดงว่าในระยะหลังดอกบานจะเร็วขึ้นกว่าระยะก่อนดอกบานหรือมีอัตราการพัฒนาของพืชสูงขึ้นกว่าระยะก่อนดอกบาน

การคำนวณจะเริ่มจากการตรวจหาปริมาณน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน น้ำหนักของรากและปริมาณพื้นที่ใบในขบวนการสร้างคาร์โบไฮเดรต สภาพแวดล้อมจะเข้ามาเกี่ยวข้องในขบวนการสร้างคาร์โบไฮเดรตและขบวนการหายใจ การคำนวณหาปริมาณน้ำหนักแห้งตั้งแต่ในระยะแรกที่พืชเริ่มสร้างน้ำหนักแห้งไปจนถึงระยะสุดท้ายของการเจริญเติบโต ในการคำนวณจะทำให้ทราบถึงน้ำหนักแห้งของครั้งต่อไปจนถึงการเจริญครั้งสุดท้ายของพืช จากนั้นจะสามารถสร้างกราฟการเจริญเติบโตจากการสะสมน้ำหนักแห้งได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเจริญเติบโตของพืชเกิดจากขบวนการสังเคราะห์แสง โดยคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศจะถูกเปลี่ยนไปเป็นคาร์โบไฮเดรต คาร์โบไฮเดรตที่สร้างขึ้นนี้จะนำไปใช้ในขบวนการหายใจ ปริมาณแสงที่ใบพืชได้รับจึงมีความสำคัญต่อขบวนการสังเคราะห์แสง และในขณะเดียวกับที่อุณหภูมิจะเกี่ยวข้องกับการหายใจของต้นพืชเช่นกัน

นอกจากพื้นที่ใบที่มีส่วนสำคัญคือการสังเคราะห์แสงแล้ว ดัชนีพื้นที่ใบซึ่งหมายถึงสัดส่วนของพื้นที่ใบต่อหน่วยพื้นที่ดินที่พืชปกคลุมอยู่ก็มีส่วนสำคัญตามด้วย ดัชนีพื้นที่ใบจะเปลี่ยนแปลงไปตามอายุพืช เมื่ออัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นน้ำหนักแห้งของต้นพืชที่เป็นผลผลิตที่พืชสร้างขึ้นจากขบวนการสังเคราะห์แสง(เกี่ยวข้องกับปริมาณพื้นที่ใบ)จะเพิ่มขึ้น ปริมาณสารสังเคราะห์แสงที่พืชได้นี้ จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโต สร้างอวัยวะต่างๆ เช่น ใบ ลำต้น ราก ดอก บางส่วนจะเก็บไว้แล้วเคลื่อนย้ายสู่หัวมันฝรั่งหรือถูกใช้เป็นแหล่งพลังงาน โดยพืชต้องการพลังงานอันเกิดจากขบวนการสังเคราะห์นำไปใช้ให้เกิดพลังงานขึ้น และเพื่อใช้น้ำตาลที่ผลิตได้ไปใช้ในการสังเคราะห์ส่วนประกอบต่างๆ ในส่วนเจริญใหม่ของต้นพืช พืชสะสมน้ำหนักแห้งโดยแบ่งแยกการกระจายน้ำหนักแห้งไปตามส่วนต่าง ๆ โปรแกรมที่จัดสร้างขึ้นนี้สามารถคำนวณหาน้ำหนักแห้งที่กระจายตามส่วนเหล่านี้และวิเคราะห์หาน้ำหนักแห้งรวมได้ แม้ว่าปัจจัยต่างๆ เช่น แสงหรืออุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้คำนวณหาน้ำหนักแห้งของมันฝรั่งได้จัดทำขึ้นโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัณฑูรย์ วาฤทธิ์ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในปี พ.ศ.2532 โดยใช้โปรแกรมภาษาเบสิก เรียกโปรแกรมนี้ว่า แบบจำลองศักยภาพการผลิต หรือ Potential crop production model รายละเอียดของโปรแกรมนี้ปรากฏตามตารางผนวกที่ 25 เมื่อนำข้อมูลเกี่ยวกับแสง อุณหภูมิ และน้ำหนักแห้งบางส่วนของต้นพืชที่ได้จากการทดลองบนพื้นที่สูงในฤดูฝนและพื้นที่ราบในฤดูหนาวมาทดสอบกับโปรแกรมแบบจำลองศักยภาพการผลิตนี้ โปรแกรมจะสามารถให้ค่าทำนายน้ำหนักแห้ง(predicted data) ซึ่งจะใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริง(measured data)หรือไม่นั้น ต้องทำการตรวจสอบอีกครั้งหนึ่งโดยใช้วิธีสมการของเส้นตรงรีเกรสชั่นจะสามารถทำนายน้ำหนักแห้งออกมาได้ แบบจำลองนี้ประกอบด้วยการวิเคราะห์หาศักยภาพการผลิต 4 ขั้นตอน และมีรายละเอียดเป็นดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการคำนวณผลผลิตโดยทั่วไปของน้ำตาล (gross assimilation rate) สำหรับจังหวัดเชียงใหม่ ณ เส้นรุ้งที่ 18 °เหนือ จากสมการ

$$Fgc = Fo.\ Fov + (1 - fo).Fd \text{----(1)} \quad (kg\ ha^{-1}d^{-1})$$

โดยที่ Fgc = gross canopy CO_2 assimilation rate

Fo = fraction of the day the sky is overcast (0 -1)

Fov = gross CO_2 assimilation rate on completely overcast day ($kg\ ha^{-1}d^{-1}$)

Fcl = gross CO_2 assimilation rate on a perfectly clear day ($kg\ ha^{-1}d^{-1}$)

โดยทั้งนี้ fo สามารถหาได้จาก

$$Fo = (Hg - Ha)/(Hg - 0.2\ Hg) \text{------(2)}$$

โดยที่ Hg = total global irradiation on perfectly clear day ($Jm^{-2}d^{-1}$)

Ha = measured total global irradiation ($Jm^{-2}d^{-1}$)

สำหรับค่า Fov, Fcl และ Hg ของจังหวัดเชียงใหม่หาได้จากสมการ

$$Fov = 202.561 + 1.491D - 0.002D^2$$

$$Fcl = 517.571 + 2.790D - 0.001D^2$$

และ $$Hg = 18.206 + 0.090D + 0.0007D^2$$

โดยที่ D คือจำนวนวันนับจากวันที่ 1 มกราคมไปจนถึงวันที่ 31 ธันวาคม รวมเป็น 365 วัน

หลังจากนั้น ค่าของ assimilation rate ก็ถูกเปลี่ยนไปเป็นค่าของน้ำตาล โดยคูณค่า Fgc ด้วย 30/44 ก็จะได้ค่าของ Fgs (ค่า assimilation rate ในรูปของน้ำตาล)

ดังนั้น $$Fgs = Fgc \times 30/44 \text{----------(3)}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการบันทึกลงในคอมพิวเตอร์ถึงค่าน้ำหนักแห้งทั้งหมดของพืชก่อนจะเริ่มคำนวณ(total dry weight of plant) จะประกอบด้วย น้ำหนักแห้งของราก(root dry weight) น้ำหนักแห้งของใบ(leaf dry weight) น้ำหนักแห้งของลำต้น(stem dry weight) และน้ำหนักแห้งของหัว(tuber dry weight) หากมีหลังจากนั้นก็จะมีการรวบรวมน้ำหนักแห้งของพืชในส่วนที่ตายแล้ว(total non-living dry weight)

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการคำนวณการเพิ่มน้ำหนักแห้งของพืชในช่วงเวลาที่ทำการทดลอง เป็นช่วงๆ โดยทั้งนี้จะเจาะลึกลงไปในพืชแต่ละชนิดโดยที่ครั้งนี้จะใช้มันฝรั่งเป็นตัวหลัก ดังนั้นจึงจะต้องทราบข้อมูลดังต่อไปนี้

Tat = total air temperature from previous period (°C)

Ta = average air temperature during that period (°C)

Tstoant = total temperature from 0 to anthesis (°C)

LAI = leaf area index

Rm = Relative maintenance respiration rate

Eg = growth respiration rate

Rf = Reduction factor for gross assimilation rate due to LAI

จากนั้นจึงสามารถหาอุณหภูมิรวม (Tsum) ขณะนั้นได้จาก

$$Tsum = Ta \times 7 + Tat \quad \text{----------(4)}$$

และหาช่วงการเจริญเติบโต (Dvs, development stage) จาก

$$Dvs = Tsum/Tstoant \quad \text{----------(5)}$$

ซึ่งช่วง Dvs นี้นำมาใช้ในตอนแบ่งแยกค่าน้ำหนักแห้งไปยังส่วนต่างๆของพืช

หลังจากนั้นจึงคำนวณหาค่า gross assimilation rate (Gass)

$$Gass = Fgs \times Rf \quad \text{----------(6)}$$

แต่เพื่อหา total rate of increase in dry weight จะได้

$$Dmi = Asag \times Eg \quad \text{----------(7)}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยที่ Asag = structural dry weight ซึ่งหาได้จาก

Asag = Gass - Mres

โดยที่ Mres = Maintenance respiration

ได้จาก Mres = Tdwl x Rm

ทั้งนี้ Tdwl = Total living dry weight

ขั้นตอนที่ 4 เมื่อได้ Dmi แล้วจะหาส่วนสุดท้ายที่จะแบ่งแยก Dmi ไปยังราก ลำต้น ฯลฯ จึงจำเป็นต้องทราบ Dvs แล้วจึงนำข้อมูลจากของจริงที่วัดได้มาเทียบส่วนว่าสัดส่วน Dvs นั้นๆ ไปเป็นรากกี่ส่วน(Fr) ใบกี่ส่วน(Fl) ลำต้นกี่ส่วน(Fs) ทั้งนี้จะต้องทราบจำนวนวันที่ทำการเก็บเกี่ยวด้วย(Nd)

ดังนั้นก็จะทราบการเพิ่มของน้ำหนักแห้งของราก(Iwrt) น้ำหนักแห้งของใบ(Wrlv) น้ำหนักแห้งของลำต้น(Iwst) น้ำหนักอื่นๆ

หลังจากนั้นโปรแกรมก็ทำงานหาน้ำหนักทั้งหมดที่เพิ่ม(total dry weight)

การทำงานก็จะเป็นวงจรไปเรื่อยๆ จนกว่าจะหมดการทดลอง

จากนั้นเปลี่ยนค่าน้ำหนักแห้งให้เป็นกิโลกรัมต่อไร่ จะสามารถนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดได้จริงต่อไป

แบบจำลองคณิตศาสตร์จะช่วยทำนายการเจริญเติบโต หรือการสร้างศักยภาพการผลิตของพืชชนิดใดก็ตามที่สามารถเจริญเติบโตภายใต้สภาวะที่มีแสงและอุณหภูมิเกี่ยวข้อง เนื่องจากแบบจำลองคณิตศาสตร์นั้นถือว่าพืชสร้างอาหารได้จากใบ(อาหารนี้คือการสะสมน้ำหนักแห้ง) หรือมีการเจริญเติบโตจากใบเท่านั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved