บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

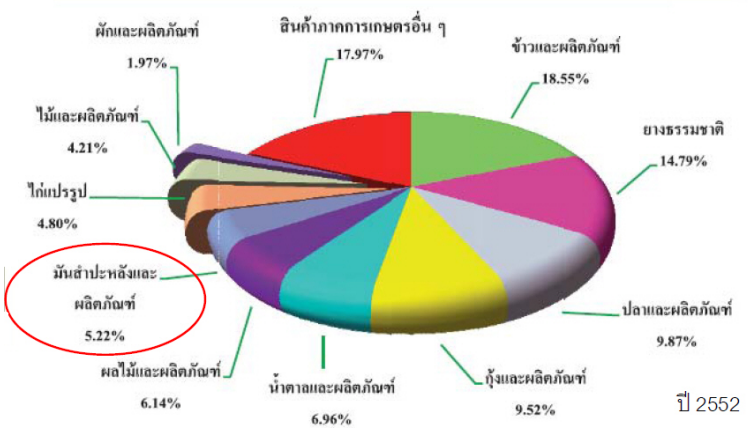
2.1 ประวัติของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชอาหารสำคัญอันดับ 5 รองจากข้างสาลี ข้าวโพด ข้าว และมันฝรั่ง เป็นพืชอาหารสำคัญในเขตร้อน โดยเฉพาะประเทศต่างๆ ในทวีปแอฟริกาและทวีปอเมริกาใต้ ส่วนในทวีปเอเชีย ประเทศอินเดีย มีการบริโภคมันสำปะหลังเป็นจำนวนมาก และมันสำปะหลังยังเป็นพืชสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เป็นพืชที่ปลูกง่ายทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศที่แปรปรวน สามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ๆ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ในทวีปเอเชียมีการนำมันสำปะหลังมาปลูกครั้งแรกที่ประเทศฟิลิปปินส์ในคริสต์ศตวรรษที่ 17 โดยชาวสเปนได้นำมาจากเม็กซิโกและในเวลาต่อมาก็มีการปลูกที่ อินโดนีเซีย และเมื่อ พ.ศ. 2337 ได้มีการนำมันสำปะหลังจาก แอฟริกามาปลูกที่อินเดียเพื่อใช้ในการทดลอง สำหรับประเทศไทยไม่มีหลักฐานที่แน่นอนว่ามีการนำมันสำปะหลังเข้ามาปลูกเมื่อใดคาดว่าคงเข้ามาในระยะเดียวกันกับการเข้าสู่ศรีลังกาและฟิลิปปินส์คือประมาณ พ.ศ. 2329–2383 มันสำปะหลังเดิมเรียกกันว่ามันสำโรง มันไม้ ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือเรียกว่ามันต้นเตี้ย ทางภาคใต้เรียกว่ามันเทศ

2.2 ความสำคัญของมันสำปะหลังในประเทศไทย

ความสำคัญของมันสำปะหลังต่อประเทศไทย

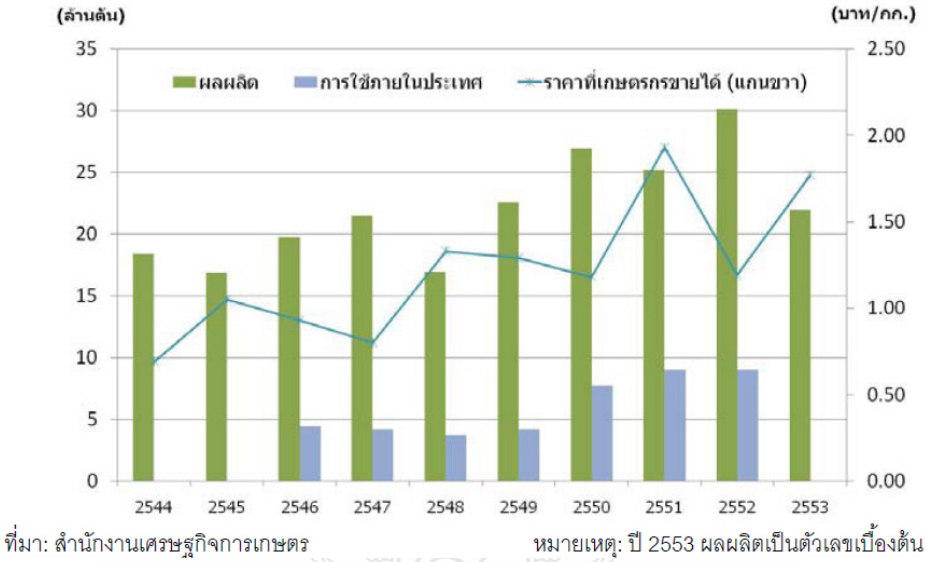
มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย รองจากข้าว ยางพารา และอ้อย (น้ำตาลและผลิตภัณฑ์) ซึ่งมีมูลค่าการส่งออก (พ.ศ.2552) กว่า 51,641 ล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 5.2 ของมูลค่าการส่งออกสินค้าภาคการเกษตรดังรูปที่ 2.1 โดยมีอัตราการขยายตัวคิดเป็นร้อยละ 9.61 และมีแนวโน้มขยายตัวอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 2.1 สัดส่วนมูลค่าการส่งออกสินค้าภาคการเกษตรที่สำคัญ 10 อันดับ

การผลิต การใช้ การค้า และการเคลื่อนไหวราคาภายในประเทศ

ไทยมีปริมาณการผลิตมันสำปะหลัง (พ.ศ.2552) ประมาณ 30 ล้านตัน (หัวมันสด) ใช้ภายในประเทศประมาณ 9 ล้านตัน หรือคิดเป็นร้อยละ 30 ที่เหลือส่งออกไปยังตลาดโลก ด้านการเคลื่อนไหวราคาที่เกษตรกรขายได้สอดคล้องกับปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังในแต่ละปี โดยในปีที่มีผลผลิตออกมากราคามักจะอยู่ในระดับต่ำและปีที่มีผลผลิตน้อยราคาจะปรับตัวสูงขึ้นดังรูปที่ 2.2

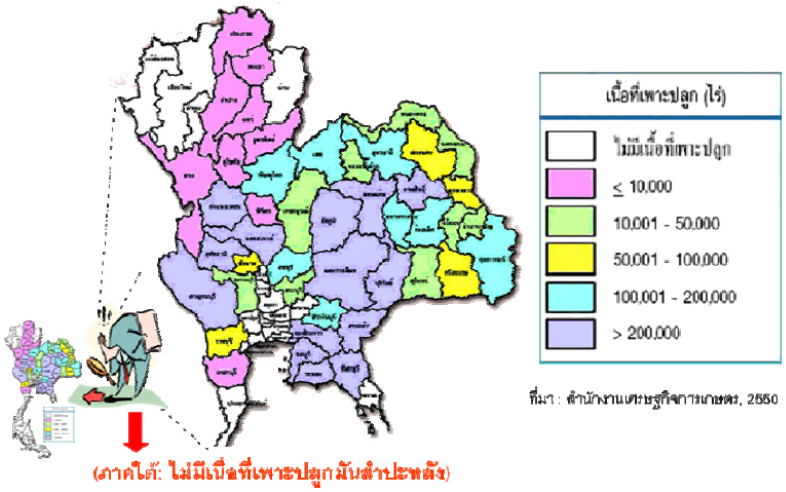


รูปที่ 2.2 ปริมาณการผลิต การใช้ และราคาภายในประเทศไทย

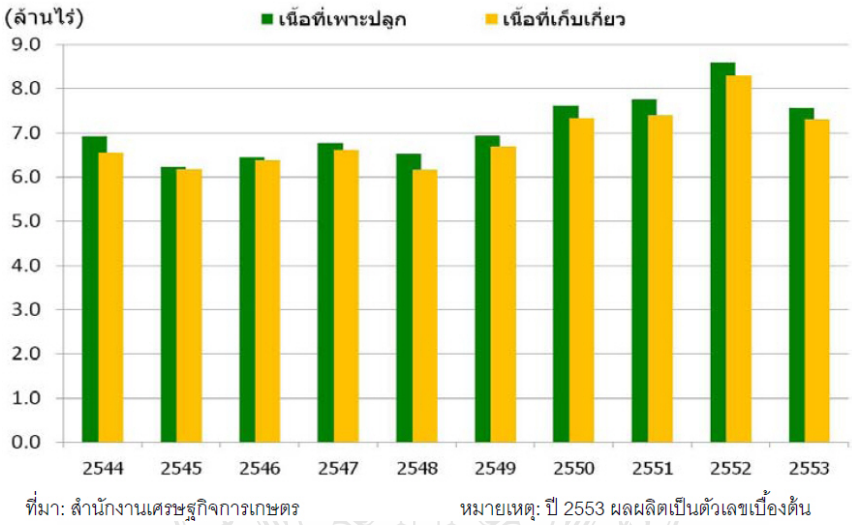
พื้น ที่เพาะปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญของไทย

แหล่งผลิตมันสำปะหลัง 5 อันดับแรก ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา กำแพงเพชร สระแก้ว ชัยภูมิ และกาญจนบุรี (ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจปี 2552) โดยเนื้อที่เพาะปลูกมันสำปะหลังนั้นมีกระจายอยู่ทั่วประเทศ (ยกเว้นภาคใต้) โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีเนื้อ ที่เพาะปลูกและเก็บเกี่ยวมากที่สุดรองลงมาได้แก่ภาคกลาง และภาคเหนือตามลำดับดังรูปที่ 2.3

เนื้อที่เพาะปลูกมันสำปะหลัง (พ.ศ.2552) มีประมาณ 8.6 ล้านไร่ เป็นพื้น ที่เก็บเกี่ยวประมาณ 8.3 ล้านไร่ดังรูปที่ 2.4 หรือคิดเป็นร้อยละ 97 ของพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด



รูปที่ 2.3 แผนที่แสดงเนื้อที่เพาะปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทย



รูปที่ 2.4 พื้นที่เพาะปลูกและเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังของประเทศไทย

2.3 พันธุ์ของมันสำปะหลังที่นิยมปลูกในประเทศไทย

2.3.1 มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

มีลักษณะลำต้นโค้งเล็กน้อย สีเขียวเงิน สูง 180-250 เซนติเมตร แตกกิ่งระดับแรกที่ความสูง 80-150 เซนติเมตร ผลผลิตเฉลี่ย 4.4 ตันต่อไร่ มีแป้งเฉลี่ย 23 เปอร์เซ็นต์ในฤดูแล้ง ต้นพันธุ์เก็บไว้ได้ประมาณ 30 วันหลังจากตัดต้น

2.3.2 มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 90

มีลักษณะลำต้นโค้งปานกลาง สีน้ำตาลลอมส้ม สูง 150-200 เซนติเมตร แตกกิ่งระดับแรกที่ระดับความสูง 80-120 เซนติเมตร ผลผลิตเฉลี่ย 4.0 ตันต่อไร่ มีแป้งเฉลี่ย 25 เปอร์เซ็นต์ในฤดูฝนและ 30 เปอร์เซ็นต์ในฤดูแล้ง ทนทานต่อโรคใบไหม้ปานกลาง ต้นพันธุ์เก็บไว้ได้ไม่เกิน 15 วันหลังจากตัดต้น

2.3.3 มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72

มีลักษณะลำต้นตรงสีเขียว สูง 180 - 250 เซนติเมตร แตกกิ่งน้อย สามารถปรับตัวกับสภาพแวดล้อมได้ดีโดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ผลผลิตเฉลี่ย 5.2 ตันต่อไร่ มีแป้งเฉลี่ย 20 เปอร์เซ็นต์ในฤดูฝน และ 27 เปอร์เซ็นต์ในฤดูแล้ง ต้นพันธุ์เก็บไว้ได้ประมาณ 30 วัน หลังจากตัดต้น

2.3.4 มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5

มีลักษณะลำต้นตรงสีเขียว สูง 150-200 เซนติเมตร แตกกิ่งระดับแรกที่ความสูง 80-150 เซนติเมตร ผลผลิตเฉลี่ย 4.4 ตันต่อไร่ มีแป้งเฉลี่ย 23 เปอร์เซ็นต์ในฤดูฝน และ 28 เปอร์เซ็นต์ในฤดูฝน ต้นพันธุ์เก็บไว้ได้ประมาณ 30 วัน หลังจากตัดต้น

2.4 ประโยชน์ของมันสำปะหลัง

นอกจากการบริโภคเป็นอาหารหลักแล้ว มนุษย์ยังสามารถนำมันสำปะหลังบริโภคได้หลายแบบ เช่น ทำเป็นแป้งมัน เพื่อนำไปปรุงเป็นอาหารอย่างอื่นๆ ต่อไป ในประเทศไทยมักนิยมมันสำปะหลังไปทำขนม ส่วนของหัวสด โดยการย่าง เชื่อม และในส่วนของแป้งมัน ทำขนมอื่นๆ และการใช้มันสำปะหลังทำเป็นอาหารสัตว์

2.4.1 บริโภคเป็นอาหารโดยตรง

มันสำปะหลังที่นิยมรับประทานจะเป็นหัวมันสำปะหลังชนิดหวานโดยนำมาปลอกเปลือกแล้วต้มให้เดือดและทิ้งไว้ในหม้อต้มยาอย่างน้อยครึ่งชั่วโมงและนำมาเชื่อมหวานก็จะมีรสอร่อย เช่น เดียวกับมันห้านาทีถ้ารับประทานโดยนำหัวมันสดมาปิ้งหรือย่างต้องให้แน่ใจว่าสุกดีถ้าแป้งมีรสขมอยู่ให้หลีกเลี่ยงการบริโภค

2.4.2 อุตสาหกรรมมันเส้น

มันเส้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากการนำหัวมันสำปะหลังสดมาผ่านกรรมวิธีแปรรูปโดยใช้เครื่องตีหัวมันเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วตากบนลานซีเมนต์ ประมาณ 2-3 วัน เมื่อมันสำปะหลังเส้นแห้งแล้ว เกษตรกรจะนำไปจำหน่ายให้กับโรงงานอาหารสัตว์ และโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศที่ใช้มันสำปะหลังเส้นเป็นวัตถุดิบในการผลิต สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากมันสำปะหลังเส้น ได้แก่ ผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์, แอลกอฮอล์และเอทานอลที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมัน

2.4.3อุตสาหกรรมแป้งมันและมันอัดเม็ด

มันอัดเม็ดสามารถผลิตได้โดยการนำมันเส้นมาอัดโดยเครื่องอัดภายใต้ภาวะความร้อนและความดัน หลังจากอัดแล้วจะมีลักษณะเป็นท่อนยาวประมาณ 2-3 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร ความชื้นประมาณร้อยละ 14 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากมันอัดเม็ด ได้แก่ ผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตแป้งมันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดของโลก และมีเทคโนโลยีในการผลิตแป้งมันสูงที่สุด แป้งมันสำปะหลังถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตอาหาร สารให้ความหวาน ผงชูรส สิ่งทอ กระดาษ ยารักษาโรค กาว ไม้อัด วัสดุภัณฑ์ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ กรดมะนาว เป็นต้น

2.5 การปลูกและการเก็บเกี่ยวดูแลรักษามันสำปะหลัง

2.5.1 สภาพดิน มันสำปะหลังชอบดินหยาบหรือดินที่ร่วนซุย ดินที่เหมาะสมที่สุดในการปลูกมันสำปะหลังคือดินร่วนปนทราย (Loamy soil) ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง หน้าดินลึกและระบายน้ำได้ดี ดินที่มีหน้าดินตื้น ดินเหนียวและดินที่มีน้ำขังจะไม่เหมาะแก่การปลูกมันสำปะหลังเลย โดยทั่วไปอาจกล่าวได้ว่าดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังควรจะเป็นดินร่วน ระบายน้ำได้ดีและอุดมสมบูรณ์ด้วยธาตุอาหาร ควรมีค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) 5.8-6 ดินที่มีน้ำขังจะทำให้หัวเน่าและตายได้ การปลูกมันสำปะหลังในดินที่เสื่อมโทรมจะได้หัวมันที่มีเปอร์เซ็นต์กรดไฮโดรไซยานิคสูง (ไสว, 2534) [4]

2.5.2 การดูแลรักษากิ่งพันธุ์ อายุกิ่งพันธุ์เก็บได้ไม่เกิน 15 วัน ถ้านานกว่านี้เปอร์เซ็นต์ความงอกจะลดลง ต้นที่คัดไว้ทำพันธุ์ควรวางให้ส่วนยอดตั้งขึ้นและโคนต้นแตะพื้นดิน เกษตรกรควรทำแปลงพันธุ์ไว้ใช้ปลูกในฤดูปลูกต่อไป เพื่อให้ได้ท่อนพันธุ์ที่มีคุณภาพและเปอร์เซ็นต์ความงอกสูง โดยเฉพาะเกษตรกรที่เก็บเกี่ยวในฤดูแล้งและไม่สามารถปลูกต่อได้ทันที

2.5.3 การปลูกในการปลูกมันสำปะหลังสามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

2.5.3.1 การเตรียมดิน ไถด้วยผานสาม 1 ครั้ง ลึก 20-30 เซนติเมตร ตากดินไว้ 7-10 วัน พรวนด้วยผานเจ็ด 1 ครั้ง แล้วคราดเก็บเศษซาก ราก เหง้า หัว ไหลของวัชพืชข้ามปีออกจากแปลง พื้นที่ลุ่มหรือลาดเอียงให้ยกร่องขวางแนวลาดเอียง ความสูงสันร่องประมาณ 30-40 เซนติเมตร ระยะระหว่างร่อง 80 เซนติเมตร สำหรับพื้นที่ราบไม่ต้องยกร่อง พื้นที่ลาดเอียงมากกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ ควรปลูกแฝกตามแนวระดับระหว่างแถวมันสำปะหลังเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน ทุกระยะ 20-30 เมตร ระยะระหว่างหลุมแฝก 10 เซนติเมตร หลุมละ 1 ต้น พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องเป็นเวลานาน ควรเพิ่มอินทรียวัตถุเพื่อปรับปรุงดิน โดยหว่านปุ๋ยมูลไก่ที่ย่อยสลายดีแล้วอัตรา 1000 กิโลกรัมต่อไร่ทุก 2 ปี หรือควรปลูกพืชบำรุงดิน เช่น ปอเทือง หรือถั่วพุ่ม อัตรา 5 กิโลกรัมต่อไร่ โดยโรยเป็นแถวระยะระหว่างแถว 50 เซนติเมตร หรือปลูกถั่วพร้าอัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ ระยะระหว่างแถว 50-100 เซนติเมตร แล้วไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสดเมื่ออายุประมาณ 2 เดือน ก่อนปลูกมันสำปะหลังทุกปี (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

2.5.3.2 การปลูก ระยะปลูก 80x80 หรือ 80x100หรือ 100x100 เซนติเมตร จำนวนต้น 1600-2500 ต้นต่อไร่ กรณียกร่องปลูกให้ปลูกบนสันร่อง เลือกต้นพันธุ์ใหม่และสดหรือตัดไว้นานไม่เกิน 15-30 วัน จากต้นที่สมบูรณ์ อายุ 8-12 เดือน ปราศจากโรคใบไม้หรือการทำลายของแมลงศัตรูพืช หรือได้รับความเสียหายจากสารกำจัดวัชพืช ตัดท่อนพันธุ์ยาวประมาณ 20 เซนติเมตร มีจำนวนตาไม่น้อยกว่า 5 ตา ปักท่อนพันธุ์ตั้งตรงลึกประมาณ 10 เซนติเมตร

2.5.3.3 การให้ปุ๋ย ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 หรือสูตร 15-15-15 หรือสูตร 16-8-14 อัตรา 70 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย และอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับดินทราย ให้ปุ๋ยครั้งเดียวหลังจากปลูก 1-2 เดือน เมื่อดินมีความชื้นเพียงพอ โดยโรยสองข้างของต้นตามแนวกว้างของพุ่มใบแล้วพรวนดินกลบ

2.6 วิธีการเก็บเกี่ยวต้นพันธุ์มันสำปะหลังในปัจจุบัน

การเก็บต้นพันธุ์มันสำปะหลังสำหรับนำไปปลูกในฤดูกาลต่อไปหรือนำไปจำหน่ายของประเทศไทยในปัจจุบันนั้นยังคงใช้แรงงานคนเป็นหลัก โดยใช้มีดตัดท่อนพันธุ์จากต้นแม่ที่มีอายุระหว่าง 8-12 เดือน ก่อนที่จะทำการขุดหัวมันสำปะหลัง (รูปที่ 2.5 ก) แล้วนำมามัดรวมกันมัดละ 30-50 ต้น (รูปที่ 2.5 ข) หลังจากนั้นจะขนย้ายไปวางไว้รวมกันใต้ต้นไม้หรือกลางแปลงปลูก (รูปที่ 2.5 ค) เพื่อรอการปลูกหรือจำหน่ายต่อไป อายุในการเก็บรักษาต้นพันธุ์นั้นไม่ควรเกิน 30 วัน เพราะจะทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของต้นพันธุ์น้อยกว่า 80% (Sinthuprama et al., 1984) ทำให้ต้องเสียเวลาปลูกทดแทน ถ้าไม่ปลูกทดแทนจะทำให้ผลผลิตของหัวมันสดต่อไร่ลดลง

จากขั้นตอนการตัดเก็บต้นพันธุ์มันสำปะหลังข้างต้นยังคงใช้แรงงานคนเป็นหลัก และยังไม่มีเครื่องจักรกลเกษตรใช้ในขั้นตอนนี้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องวิจัยเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทุนแรงที่สามารถตัดและวางรายต้นพันธุ์มันสำปะหลังออกจากต้นแม่สำหรับใช้ทดแทนแรงงานคน เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเก็บต้นพันธุ์มันสำปะหลัง สะดวกรวดเร็ว ลดปัญหาการขาดแคลนแรงงานอีกทางหนึ่ง

ก) ใช้มีดตัดยอดอ่อนทิ้งในไร่และตัดต้นพันธุ์ออกจากต้นแม่

ข) มัดท่อนพันธุ์รวมกันประมาณ 30-50 ต้น

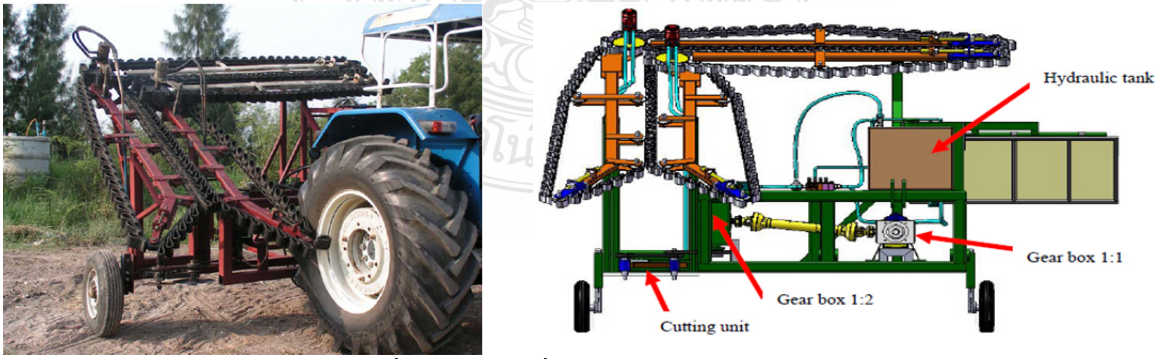
ค) ตั้งท่อนพันธุ์ไว้รอการปลูก

รูปที่ 2.5 วิธีการเก็บเกี่ยวต้นพันธุ์มันสำปะหลังสำหรับนำไปปลูกของประเทศไทยในปัจจุบัน

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาของ Lungkapin และคณะ (2007) พบว่าการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังด้วยใบเลื่อยวงเดือนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 เซนติเมตร มีฟันตั้งแต่ 60 ฟันขึ้นไป ที่ความเร็วเพลาตัด 1,200 รอบต่อนาที จะไม่ทำให้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเกิดความเสียหาย และยังสามารถใช้ตัดท่อนพันธุ์ได้ทุกขนาดและทุกพันธุ์ ดังนั้นจึงเลือกใบเลื่อยวงเดือนมาเป็นใบมีดตัดท่อนพันธุ์ และนำค่าความเร็วรอบต่างๆ มาใช้ในการออกแบบระบบส่งกำลังของเครื่องตัดวางรายต้นพันธุ์มันสำปะหลังต้นแบบ

Chaiyan (2009) ได้นำเครื่องตัดอ้อยมาพัฒนาเพื่อตัดมันแบบวางกอง โดยเครื่องจะต่อพ่วงกับจุดต่อ 3 จุดของรถแทรกเตอร์ และใช้กำลังจากเพลาอำนวยกำลังของรถแทรกเตอร์เป็นหลัก เครื่องตัดต้นมันสำปะหลังนี้เหมาะที่จะใช้กับรถแทรกเตอร์ที่มีแรงม้ามากกว่า 70 แรงม้าขึ้นไป ในการตัดต้นมันนั้นจะใช้เป็นใบมีดวงเดือนขนาด 60 ฟัน 2 ใบมีดวางชิดกัน ส่วนระบบลำเลียงต้นมันนั้น ในขณะที่ทำการตัดต้นมันอยู่จะมีแผ่นยาง วิ่งมาประกบกันเพื่อหนีบต้นมันให้เคลื่อนที่ไปตามรางเพื่อเข้าไปสู่ที่รองรับต้นมัน เมื่อต้นมันเต็มแล้วก็ทำการปล่อยต้นมันให้ร่วงลงมาที่พื้นเป็นกองๆ โดยชุดลำเลียงทั้งหมดจะใช้กำลังจากระบบไฮดรอลิกในการทำงาน โดยเครื่องจะมีล้อยางในการช่วยขับเคลื่อน 2 ล้อทั้งซ้ายขวา ตัวเครื่องจะอยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 50 เซนติเมตร ส่วนใบมีดจะอยู่ห่างจากพื้นดินประมาณ 30 เซนติเมตร เพื่อเวลาที่ตัดต้นมันสำปะหลังแล้วจะมีส่วนที่เหลือไว้สำหรับดึงหัวมันขึ้นมาจากพื้นดิน โดยใบมีดจะอยู่เยื้องมาทางด้านขวาของตัวเครื่องตัดต้นมันสำปะหลังจึงต้องให้รถแทรกเตอร์วิ่งวนขวารอบแปลงมันสำปะหลังโดยให้ตัวรถแทรกเตอร์อยู่ด้านนอกของแปลงแล้วให้ล้อขวาของเครื่องตัดต้นมันวิ่งอยู่ในร่องแรกของแปลงมัน ให้ใบมีดอยู่คร่อมร่องต้นมันเพื่อทำการตัด ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงเครื่องตัดต้นมันแบบวางกอง

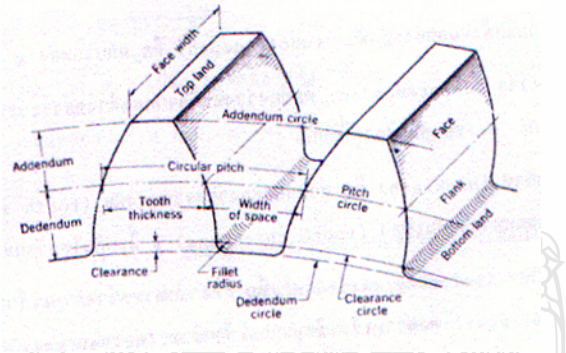
ที่มา: Chaiyan ,2009

2.8 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการออกแบบชุดลำเลียงมันสำปะหลังได้ใช้ความรู้พื้นฐานทางวิศวกรรมศาสตร์ เข้ามาช่วยในการออกแบบชิ้นส่วนอุปกรณ์หลักของเครื่องลำเลียงมันสำปะหลัง เช่น การคำนวณเพลา การคำนวณสายพาน ซึ่งมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.8.1 เฟืองฟันตรง (Spur Gears)

เฟืองตรงเป็นชิ้นส่วนส่งกำลังชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นล้อทรงกลมมีฟันขนานกับแกนของตัวเฟืองหรือแกนของเพลา หน้าตัดของฟันเฟืองมีขนาดเท่ากันและเหมือนกันตลอดทั้งฟันเฟือง การส่งกำลังด้วยเฟืองจะต้องให้เพลาทั้งสองอัน ได้แก่ เพลาขับและเพลาตามมีความขนานกัน ส่วนมากแล้วเฟืองขับ (Driving Gears) จะมีขนาดเล็กกว่าเฟืองตาม (Driven Gears) และมีชื่อเรียกเฉพาะว่า พิเนียน (Pinion) แต่การใช้งานในบางครั้งอาจจะใช้เฟืองใหญ่เป็นตัวขับก็ได้ เฟืองที่ผลิตใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ มีทั้งที่เป็นระบบอังกฤษ และระบบ SI แต่ในที่นี้จะใช้ระบบ SI



รูปที่ 2.7 ชื่อส่วนต่างๆของฟันเฟือง

ที่มา: วริทธิ์ และชาญ, 2535

2.8.2 การออกแบบการส่งกำลังโดยใช้โซ่ขับ

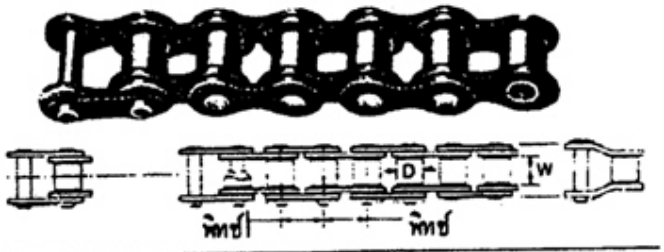
วิธีการส่งกำลังโดยใช้โซ่หมุนมี ลักษณะคล้ายกับสายพาน แต่มีความยืดหยุ่นน้อยกว่าและมีความแข็งแรงมากกว่า โซ่ที่ใช้ส่งกำลังในเครื่องจักรกลเกษตรที่นิยมกันมากคือ โซ่หมุน (Roller chain) ซึ่งมีลักษณะการจัดเรียงตัวเป็น 2 แบบ คือ โซ่เส้นเดียว (Single strand) และโซ่หลายเส้น (Multiple strand) การคำนวณหาขนาดโซ่หมุนในทางปฏิบัติมักจะใช้วิธีเลือกขนาดโซ่จากแบบของบริษัทผู้ผลิตโซ่ (วริทธิ์ และชาญ. 2535) [9]

โซ่ทำหน้าที่เหมือนเฟือง แต่ไม่มีการลื่นไถลในการส่งกำลัง การขับด้วยโซ่จึงส่งกำลังได้มากกว่าการขับที่ความเร็วรอบต่ำ จะใช้โซ่มากกว่าสายพาน ข้อเสียของโซ่ก็คือ

1. มีเสียงรบกวน

2. ต้องการการหล่อลื่นบ่อย

3. ยอมให้มีการเยื้องศูนย์ได้เล็กน้อยเท่านั้น



หมายเลขโซ่	พิทช์	กว้าง	เส้นผ่าศูนย์กลางลูกกลิ้ง
40	1/2 [12.7]	5/16 [7.9]	5/16 [7.9]
50	5/8 [15.9]	3/8 [9.5]	0.400 [10.2]
60	3/4 [19.0]	1/2 [12.7]	15/32 [11.9]
80	1 [25.4]	5/8 [15.9]	5/8 [15.9]
100	1-1/4 [31.8]	3/4 [19.0]	3/4 [19.0]
120	1-1/2 [38.1]	1 [25.4]	7/8 [22.2]
140	1-3/4 [44.4]	1 [25.4]	1 [25.4]

รูปที่ 2.8 ขนาดมาตรฐานของโซ่

ที่มา: วริทธิ์ และชาญ, 2535

2.8.3 การออกแบบการส่งกำลังโดยใช้สายพานขับ

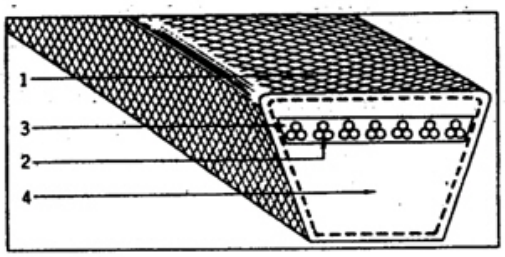
สายพานที่นิยมใช้กันมากในการส่งกำลังสำหรับเครื่องจักรกลเกษตร คือ สายพานลิ่ม เนื่องจากใช้ส่งกำลังได้ค่อนข้างมาก โดยต้องการแรงดึงชั้นต้นในสายพานค่อนข้างน้อยเพราะผลจากการเกาะยึดกันระหว่างด้านข้างของสายพานที่เรียวกับร่องรูปลิ่มของล้อสายพาน ทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง เป็นผลให้สายพานทำงานมีประสิทธิภาพดี การส่งกำลังด้วยสายพานลิ่มมีข้อดีคือ เรียบ สะอาด สามารถรับแรงกระตุกได้ ขนาดกะทัดรัด และแบริ่งของเพลาไม่ต้องรับแรงมากเกินไป สายพานลิ่มมีหน้าตัดเป็นรูปลิ่ม ดังนั้นการกำหนดขนาดจึงมักกำหนดโดยใช้ความกว้างพิตช์ และความหนาของสายพาน ซึ่งแบ่งออกเป็นสายพานลิ่มแบบแคบและสายพานลิ่มแบบธรรมดา

การคำนวณทางด้านการส่งกำลังโดยสายพานลิ่มทางปฏิบัติจะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของล้อสายพานเป็นพื้นฐาน และเลือกขนาดของสายพานตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต [9]

2.7.1 การขับโดยสายพาน-V

สายพาน -V ทำมาจากยางและมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู แสดงโครงสร้างภายในของสายพาน -V ที่ใช้กันอยู่ทั่ว ๆไป บริเวณส่วนแกน (Core) ของสายพานจะมีวัสดุจำพวกเททรอน (Tetron)

1. ผ้าใบ
2. ส่วนรับแรงดึง
3. ยางป้องกัน
4. เบาะยาง



รูปที่ 2.9 โครงสร้างของสายพานวี (V)
ที่มา: วริทธิ์ และชาญ, 2535

2.8.4 การออกแบบเพลา

เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง เพลาอาจรับแรงดึง แรงกด แรงบิด แรงอัด หรือแรงหลายอย่างรวมกันได้ ดังนั้นการคำนวณจึงต้องใช้ความเค้นผสมเข้าช่วย แรงเหล่านั้นยังมีการเปลี่ยนแปลงขนาดตลอดเวลาทำให้เพลาเสียหายเพราะความล้าได้ ฉะนั้นต้องมีการออกแบบเพลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งาน นอกจากนี้เพลายังต้องมีความแข็งเกร็ง (Rigidity) เพียงพอเพื่อลบมุมบิดภายในเพลาให้มีขีดจำกัดที่พอเหมาะระยะโก่ง (Deflection) ของเพลาก็เป็นสิ่งที่สำคัญในการกำหนดขนาดเพลาเช่นเดียวกัน เพราะถ้าเพลามีระยะโก่งมากก็จะเกิดการแกว่งขณะหมุน ทำให้ความเร็ววิกฤต (critical Speed) ของเพลาลดลง

(1) วัสดุเพลา

วัสดุที่ใช้สำหรับทำเพลาโดยทั่วไปคือเหล็กกล้าละมุน (Mind Steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียว และความทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้วมักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพลา เช่น AISI 1347, 3140, 4150, 4340 เป็นต้น เพลาที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า 90 มิลลิเมตร มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอนซึ่งผ่านการรีดร้อน อย่างไรก็ตามเพื่อให้เพลามีราคาถูกที่สุดควรเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาก่อนจึงเลือกใช้เหล็กกล้าชนิดอื่น

เพื่อให้เพลามีมาตรฐานเหมือนกัน จึงได้มีการกำหนดมาตรฐานซึ่งเป็นขนาดระบุ (Normal Size) ใน ISO/R775-1969 เอาไว้สำหรับให้ผู้ออกแบบเลือกใช้ทั้งนี้เพื่อให้สามารถซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพลาด้วย

(2) การคำนวณแกนและเพลา

วัสดุการผลิตการทำแกนและเพลา

ในภาระปกติ เช่น ในกระปุกเกียร์ , เครื่องจักรกล, ส่วนใหญ่นิยมใช้เหล็กโครงสร้าง St 37, St 42 , St 50 และ St 60 ในภาระสูงสำหรับเพลา เช่น ในรถยนต์ , เครื่องกลหนัก , กระปุกเกียร์ , เทอร์ไบน์ จะนิยมใช้เหล็กกล้าอบชุบ เช่น 25MrCO4 , 40Mn4 , และอื่นๆ

ในงานภาระที่ต้องทนต่อการสึกหรอ จะใช้เหล็กกล้าเพิ่มคาร์บอน เช่น C 15, 18 CrNi18 และอื่นๆ แกนและเพลาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-200 มิลลิเมตร จะสามารถผลิตได้โดยไม่ต้องทำงานเพิ่มเติมอีกโดยการดึง, รีดหรือเจียระไนผิว, ขัดมันผิว แกนเพลาที่โตและมีรูปร่างพิเศษจะผลิตด้วยการทุบหรือขึ้นรูป, อัดหรือหล่อขึ้นรูปได้

การหาโมเมนต์บิด

$$M_t = 9550.P/N \qquad (2.1)$$

เมื่อกำหนดให้ M_t = โมเมนต์บิดระบุ มีหน่วยเป็น นิวตัน-เมตร

P = กำลังงานระบุในเพลา มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์

N = ความเร็วรอบของเพลา มีหน่วยเป็น รอบ/นาที

การหาโมเมนต์บิดในสภาพงาน

$$M_B = M_t . C_B \qquad (2.2)$$

เมื่อกำหนดให้ M_B = โมเมนต์ที่อยู่ในสภาพงาน (Working Torque)
มีหน่วยเป็น นิวตัน-เมตร

C_B = ค่าแฟกเตอร์ในการใช้งาน (Working-Factor)

ในการคำนวณความเค้นทางปฏิบัติจะมีค่า C_B ดังนี้

เครื่องกลทำงานด้วยไฟฟ้า	1,0-1,1
ชุดเครนเครื่องไส , Reciprocating Engine	1,2-1,5
เครื่องตีอัด, เครื่องปั๊มรู	1,6-2,0
ค้อนกล, เครื่องย่อยหิน, เครื่องรีดโลหะ	2,0-3,0

การคำนวณเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาโดยประมาณ

ส่วนใหญ่ในการคำนวณอันดับแรกจะยังไม่ทราบค่าโมเมนต์ดัดที่แน่นอน เพราะระยะของเพลาล้อหรือแรงยังไม่ทราบค่า จึงมาทำการคำนวณจากค่าโมเมนต์บิด และจำนวนรอบเพื่อหาขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางได้โดยประมาณ ดังสูตร

$$Ød = C_1 . \sqrt[3]{M_B} \qquad (2.3)$$

เมื่อกำหนดให้ Ød = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

M_B = โมเมนต์บิดในสภาพงาน (Working Torque) มีหน่วยเป็น นิวตัน-เมตร

C_1 = เป็นแฟกเตอร์ขึ้นอยู่กับโมเมนต์

$C_1 = 6,9$ เมื่อ τ_{all} = 15 นิวตัน/มิลลิเมตร^2 สำหรับเหล็กโครงสร้าง St 37 , St 42

$C_1 = 6,3$ เมื่อ τ_{all} = 20 นิวตัน/มิลลิเมตร^2 สำหรับเหล็กโครงสร้าง St 50 , St 60

$C_1 = 5,8$ เมื่อ τ_{all} = 25 นิวตัน/มิลลิเมตร^2 สำหรับเหล็กกล้าที่มีความเค้นสูงกว่า

(3) การคำนวณเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาที่แท้จริง

ความเค้นอนุญาตในขณะรับภาระพลวัต (Dynamic) σ

ชิ้นส่วนที่มีร่องบาก จะมีการพิจารณาปฏิกิริยาของมัน โดยนำค่า σ_D หรือ (τ_D) (Fatigue Strength) มาเป็นเกณฑ์ในการคำนวณ ค่าความเค้นอนุญาตในขณะรับภาระทางพลวัตจะหาได้จากสูตร

$$\sigma_{all} \text{ หรือ} (\tau_{all}) = \sigma_D . b_1 . b_2 / \beta_k . S.C_B \text{ หน่วยเป็น นิวตัน/มิลลิเมตร}^2 \qquad (2.4)$$

เมื่อ σ_D = ความเค้นล้า-ดัด หน่วย นิวตัน/มิลลิเมตร^2

τ_D = ความเค้นล้า-หมุนบิด หน่วย นิวตัน/มิลลิเมตร^2

b_1 = แฟกเตอร์ผิว

b_2 = แฟกเตอร์ขนาดสำหรับพื้นที่ผิวหน้าตัดกลม

β_k = แฟกเตอร์ปฏิกิริยาของร่องบาก

S = ค่าความปลอดภัย (Safety Factor)

C_B = แฟกเตอร์งาน

S = ค่าความปลอดภัย (Safety Factor)

S = 2 เมื่อแรงภายนอกไม่สามารถรู้ได้อย่างแม่นยำหรือภาระสลับ หรือความถี่ในการรับภาระสูงสุดอยู่ราว 100 เปอร์เซ็นต์ หรือกรณีแรงกระแทกสูง เช่น เครื่องยนต์ ปั๊ม เทอร์ไบน์ในการใช้งานเวลานาน

S = 1,5 ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ของความถี่ที่รับแรงสูงสุด (เช่น เครื่องมือกล เครื่องลำเลียง) และในกรณีปกติ

S = 1,25 ที่ 25 เปอร์เซ็นต์ ของความถี่ที่รับแรงสูงสุด (เช่น เครื่องมือยก) หรือเมื่อค่าแรงภายนอกที่กระทำในลักษณะงานสม่ำเสมอ หรือการตรวจสอบชิ้นส่วนข้อมูลการนำไปใช้งาน

C_B = แฟกเตอร์งาน(Working Factor)สำหรับเครื่องจักรหมุน(เทอร์ไบน์ที่ใช้กับน้ำและไอน้ำ)

ในการคำนวณความเค้นปฏิบัติจะมีค่า C_B ดังนี้

เครื่องกลทำงานด้วยไฟฟ้า	1,0-1,1
ชุดเครนเครื่องไส , Reciprocating Engine	1,2-1,5
เครื่องตีอัด , เครื่องปั๊มรู	1,6-2,0
ค้อนกล , เครื่องย่อยหิน, เครื่องรีดโลหะ	2,0-3,0

เนื่องจากโมเมนต์ที่เกิดในเพลามี 2 ลักษณะคือ โมเมนต์ดัดและโมเมนต์หมุนบิด จึงต้องเป็นค่าโมเมนต์รวม ซึ่งได้จาก

$M_c^2 = M_B^2 + 0{,}75 . \alpha_0 . M_t^2$

$$M_c = \sqrt{M_b^2 + 0{,}75 + \alpha_0 + M_t^2} \qquad (2.5)$$

M_c = โมเมนต์รวมมีหน่วยเป็น นิวตัน-มิลลิเมตร (มิลลิเมตร)

M_b = โมเมนต์ดัดสำหรับพื้นที่หน้าตัดน้อยและเป็นอันตราย หน่วยเป็น นิวตัน-มิลลิเมตร (นิวตัน-เมตร)

M_t = โมเมนต์ดัดสำหรับเพลาหาได้จากสมการ (1) แต่หน่วยต้องเป็น นิวตัน-มิลลิเมตร (นิวตัน-เมตร)

α_0 = อัตราส่วนการเกร็งตัวโดย :

α_0 = 0.7 เมื่อภาระการบิดหมุนอยู่ในลักษณะภาระสถิต Static (Dead) Load หรือ ภาระการเปลี่ยนแปลง (Varying Load) หรือเป็นภาระสลับดัด (Alternating Bending Load)

α_0 = 1 เมื่อภาระการหมุนบิดในเพลา จะได้ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาที่แท้จริงดังสูตร

$$Ø = \sqrt[3]{\frac{M_t}{0,2.\tau_{b.all}}} \qquad (2.6)$$