ถั่วเกษตร

Agricultural Legumes

เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คำนำ

ถั่ว เป็นกลุ่มพืชที่มีความหลากหลาย สมาชิกส่วนใหญ่มีความสามารถพิเศษ ในการนำก๊าซไนโตรเจนในอากาศมาสังเคราะห์หรือตรึง ให้อยู่ในรูปที่พืชอื่นรวมทั้งสัตว์สามารถใช้ประโยชน์ได้ ถั่วมีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศน์ ด้วยเป็นตัวการสำคัญในวัฏจักรไนโตรเจน และเป็นแหล่งอาหารโปรตีนสูงแต่ราคาถูกสำหรับคนและสัตว์ หนังสือนี้ได้รวบรวมความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับถั่วที่จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการในการเพาะปลูกและการนำส่วนต่างๆ ของถั่วไปใช้ประโยชน์

ถั่วในระบบนิเวศ (ตอนที่ 1) กล่าวถึงถั่วในระบบการเพาะปลูก ที่ครอบคลุม ถั่วอาหารและถั่วในระบบการเพาะปลูก (บทที่ 1) ถั่วในระบบปศุสัตว์ ปุ๋ยพืชสด พืชอนุรักษ์บำรุงดินและไม้โตเร็วเอนกประสงค์ (บทที่ 2) และบทบาทของถั่วในวัฏจักรไนโตรเจน (บทที่ 3) โดยขยายความในรายละเอียดของการตรึงไนโตรเจนในถั่ว (ตอนที่ 2) ด้วยเรื่องราวของแบคทีเรียปมถั่วหรือไรโซเบียม (บทที่ 4) เงื่อนไขในภาวะแวดล้อมที่กำหนดการตรึงไนโตรเจน (บทที่ 5) การเพิ่มสมรรถนะการตรึงไนโตรเจนในถั่วด้วยเทคโนโลยีไรโซเบียม (บทที่ 6) และการประเมินปริมาณไนโตรเจนที่ถั่วตรึงได้จากอากาศ (บทที่ 7) ตามด้วยลักษณะของถั่วโดยทั่วไป (ตอนที่ 3) ตามรูปพรรณสัณฐานและพัฒนาการ (บทที่ 8) และเงื่อนไขในดินที่กำหนดการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิต (บทที่ 9) บทบาทของถั่วในโภชนาการของคนและสัตว์ (ตอนที่ 4) ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารอาหาร (บทที่ 10) แต่อาจถูกจำกัดด้วยสารที่ก่อให้เกิดทุโภชนาการ (บทที่ 11) ถั่วสำคัญในทางเศรษฐกิจ 5 ชนิด (ตอนที่ 5) ประกอบด้วย ถั่วเหลือง (บทที่ 12) ถั่วเมล็ดไร้น้ำมันหรือถั่วแห้ง (Pulses) (บทที่ 13) ถั่วลิสง (บทที่ 14) และถั่วอาหารสัตว์สำหรับเขตร้อน กระถิน (บทที่ 15)

เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม

คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ธันวาคม 2563

สารบัญ

คำนำ I

สารบัญ II

สารบัญภาพ III

สารบัญตาราง XIII

ตอนที่ 1 ถั่วในระบบนิเวศ 1

บทที่ 1 ถั่วในการเกษตร I: ถั่วอาหารและถั่วในระบบการเพาะปลูก 4

บทที่ 2 ถั่วในการเกษตร II: ถั่วในระบบปศุสัตว์ ปุ๋ยพืชสด พืชอนุรักษ์บำรุงดิน และไม้โตเร็วเอนกประสงค์ 25

บทที่ 3 ถั่วกับวัฏจักรไนโตรเจน 42

ตอนที่ 2 ระบบซิมไบโอซิสระหว่างถั่วกับแบคทีเรียปมถั่ว 52

บทที่ 4 แบคทีเรียปมถั่วกับการตรึงไนโตรเจน 54

บทที่ 5 เงื่อนไขในภาวะแวดล้อมที่กำหนดการตรึงไนโตรเจน 72

บทที่ 6 เทคโนโลยีไรโซเบียม 90

บทที่ 7 วิธีวัดไนโตรเจนที่ตรึงจากอากาศ 107

ตอนที่ 3 ลักษณะทางสัณฐาน และการปรับตัวต่อภาวะแวดล้อม 125

บทที่ 8 ลักษณะทางสัณฐาน พัฒนาการ และการสร้างผลผลิต 127

บทที่ 9 เงื่อนไขในดินที่กำหนดการเจริญเติบโต และผลผลิต 143

ตอนที่ 4 ถั่วในโภชนาการของคนและสัตว์ 162

บทที่ 10 สารอาหารในถั่ว 164

บทที่ 11 ทุโภชนาการจากถั่ว 179

ตอนที่ 5 ถั่วสำคัญ 186

บทที่ 12 ถั่วเหลือง 188

บทที่ 13 ถั่วเมล็ดไร้น้ำมัน 205

บทที่ 14 ถั่วลิสง 222

บทที่ 15 กระถิน ถั่วอาหารสัตว์สำหรับเขตร้อน 232

อ้างอิง 242

ชื่อถั่วที่ปรากฏในหนังสือ 283

ดัชนี 289

ตัวอย่าง

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1.1	พื้นที่ปลูกถั่วอาหารชนิดหลักของโลก เทียบกับธัญพืชหลัก 3 ชนิด	5
ภาพที่ 1.2	ถั่วลันเตา (Pisum sativum) ผักชนิด เมล็ด (Garden pea, green pea) ถั่วลันเตาฝักแบน (Sugar pea, snow pea) ถั่วลันเตาฝักกลม หรือ ถั่วลันเตาหวาน (Snap pea, Sugar snap pea)	6
ภาพที่ 1.3	ความหลากหลายในถั่วคอมมอนบีน (Phaseolus vulgaris) จำแนกตามรูปร่าง ขนาด และสีของเมล็ดแห้ง	9
ภาพที่ 1.4	ฝักและดอกถั่วพู และรากกินได้(หัว) 2 ชนิดของถั่วพู ในตลาดมันฑะเลย์ พม่า	10
ภาพที่ 1.5	รากกินได้ของมันแกว (Yam bean)	10
ภาพที่ 1.6	ถั่วปากอ้า ชื่อของ Broad bean ในภาษาไทย มาจากลักษณะหลังจากการปรุง โดยการทอด ที่เหลือเปลือกติดอยู่	11
ภาพที่ 1.7	ระบบพืชตามที่ (1) เชียงใหม่ (2) เพชรบูรณ์ (3) มณฑลยูนนาน ประเทศจีน (4) ข้าวสาลีฤดูหนาวใต้หิมะ ที่จะเก็บเกี่ยวในปลายฤดูใบไม้ผลิ และตามด้วยถั่วเหลืองในฤดูร้อนประเทศสหรัฐอเมริกา และประเทศแคนาดา	14
ภาพที่ 1.8	ขี้เหล็กที่ปลูกไว้ทำไม้ฟืนที่สิบสองปันนา มณฑลยูนนาน สาธารณรัฐประชาชนจีน	15
ภาพที่ 1.9	ผลผลิตมวลชีวะ และผลผลิตเมล็ด กระทบจากข้าวโพด (Z) ต่อการใช้ไนโตรเจนจากอากาศและดิน ในถั่วนางแดง (V) โดยการทดลองชุดทดแทน (Replacement series)	16
ภาพที่ 1.10	ลักษณะที่หลากหลายของใบทองหลาง	18
ภาพที่ 1.11	ผลผลิตข้าวโพดหมุนเวียนสลับกับถั่วเหลืองปีต่อปี และปลูกตามหลังถั่วเหลือง เปรียบเทียบกับผลผลิตข้าวโพดปลูกซ้ำที่ จากการทดลองระยะยาว 10 ปี ที่รัฐมินเนโซตา ประเทศสหรัฐอเมริกา อักษรต่างกันเหนือแท่ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $P<0.05$	20

ตัวอย่าง

ภาพที่ 1.12	ผลกระทบของถั่วคลุมดินชนิดต่างๆ ต่อวัชพืช เมื่อปลูกโดยลำพัง ที่ประเทศปารากวัย และปลูกแซมข้าวโพดที่โครงการหลวงปางดะ จ.เชียงใหม่	23
ภาพที่ 2.1	หญ้าแห้งสำหรับเลี้ยงสัตว์ (Hay) มัดเป็นแท่ง หรืออัดเม็ด	27
ภาพที่ 2.2	ไข่แดงสีเข้ม ได้จากแม่ไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารแคโรทีนสูง เช่น ใบกระถินหรือลูเซิร์นป่น	27
ภาพที่ 2.3	การให้น้ำชลประทานอัลฟัลฟาด้วยระบบไซฟอน ที่รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา	29
ภาพที่ 2.4	Tagasaste - ลูเซิร์นต้น (Chamaecytisus palmensis) ถั่วอาหารสัตว์ทนแล้ง ที่ยังมีอาหารสดให้สัตว์ได้แทะเล็มในฤดูแล้ง ที่ร้อนจัดในภูมิอากาศแบบเมดิเตอเรเนียน และภูมิประเทศเขตอบอุ่น	31
ภาพที่ 2.5	แพะปีนต้นไม้เพื่อแทะเล็มกินอาหารจากต้นไม้สูง ที่โมร็อคโก	32
ภาพที่ 2.6	ปมที่ลำต้น ในโสนแอฟริกัน (Sesbania rostrata)	36
ภาพที่ 2.7	ปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบสำคัญของกระบวนการชีวภาพในดิน ที่ขับเคลื่อนด้วยอินทรียวัตถุ และส่งผลในการ “การบำรุงดิน”	39
ภาพที่ 3.1	วัฏจักรไนโตรเจนในโลก แสดงบทบาทของแบคทีเรีย ที่มีหน้าที่จำเพาะ 3 กลุ่ม	43
ภาพที่ 3.2	ตำรับการผลิตดินปืน จากตำราการสงครามจีน Wujing Zongyao พ.ศ. 1587	45
ภาพที่ 3.3	ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงโดยวิธีทางอุตสาหกรรม และที่ใช้เป็นปุ๋ย และสัดส่วนไนโตรเจนในการเกษตรที่มาจากปุ๋ย และที่ตรึงในถั่ว	46
ภาพที่ 3.4	พื้นที่ปลูกถั่วเหลืองโลก แบ่งเป็นพื้นที่ใน อเมริกาใต้ (90% อยู่ในอาร์เจนตินา และบราซิล) อเมริกาเหนือ (90% อยู่ในสหรัฐอเมริกา) และอื่นๆ (70% อยู่ในสาธารณรัฐประชาชนจีนและอินเดีย)	49
ภาพที่ 4.1	ปมถั่วเหลือง และการอยู่ร่วมแบบพึ่งพา โดยการแลกเปลี่ยน คาร์โบไฮเดรต (ซูโครส มาเลต = Fixed C) จากต้นถั่ว และแอมโมเนีย (NH_3 = Fixed N) จากแบคทีเรีย	55

ภาพที่ 4.2	ประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจน โดยสายพันธุ์แบคทีเรียปมถั่วที่แยกจาก *Erythrina velutina* จากเขตกึ่งแล้งภาคเหนือของประเทศบราซิล (ESA70, ESA71, ESA75) ในพืชตระกูลถั่วชนิดเดียวกัน เปรียบเทียบกับ *E. Velutina* ที่ปลูกเชื้อด้วย *Bradyrhizobium elkanii* B5609 และไม่ปลูกเชื้อ แต่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน (N^+) กับไปไม่ได้รับ ปุ๋ยไนโตรเจน (N^-)	61
ภาพที่ 4.3	รากถั่วเหลืองที่เปลี่ยนไปเป็นปม ภาพจำลองแสดงรูปแบบปม (ดูคำอธิบาย และถั่วชนิดอื่นๆที่มีปมในแต่ละแบบ ในตาราง 4.3)	62
ภาพที่ 4.4	ลักษณะภายในปมถั่ว แสดงให้เห็นสีแดงของ “เล็กฮีโมโกลบิน” (Leghaemoglobin) ที่มีหน้าที่ลำเลียงออกซิเจน และภาพขยายเซลล์ปมถั่วเต็มไปด้วยถุง “ซิมไบโอโซม” ที่บรรจุ “แบคทีเรียรอยด์” ที่มีรูปลักษณ์และกิจกรรมทางชีวภาพ เปลี่ยนไปจากเดิม	64
ภาพที่ 4.5	การส่งสัญญาน “สื่อสาร” ระหว่างต้นถั่ว กับแบคทีเรียปมถั่ว	65
ภาพที่ 4.6	ขั้นตอนการพัฒนาปม จาก (1) การโค้งงอของขนราก ที่ชักนำโดยแบคทีเรีย (2) การสร้างท่อนำเชื้อที่นำแบคทีเรีย เข้าสู่ภายในราก (3) ท่อนำเชื้อพาเอาแบคทีเรียเข้าสู่ภายในราก (4) ปมถั่วที่ขยายใหญ่จากการแบ่งเซลล์รากพืช บรรจุแบคทีรอยด์	65
ภาพที่ 4.7	ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ถั่วลูกไก่กับสายพันธุ์ไรโซเบียม ที่มีผลต่อการเกิดปม และตรึงไนโตรเจน	68
ภาพที่ 4.8	ถั่วเหลืองพันธุ์ Enrei กับพันธุ์ En1282 Non-nod mutant	69
ภาพที่ 5.1	ความแตกต่างระหว่างอาการรากบวมที่เกิดจากไส้เดือนฝอย และปมถั่วที่เกิดจากไรโซเบียม	73
ภาพที่ 5.2	ผลกระทบจากไนโตรเจนประสมในดินและปุ๋ย ต่อปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในถั่วทั้งต้น	74
ภาพที่ 5.3	เปรียบเทียบผลกระทบจากการปลูกเชื้อไรโซเบียม และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้แก่ถั่วเหลือง	76

ตัวอย่าง

ภาพที่ 5.4	สหสัมพันธ์ในทุ่งหญ้าอาหารสัตว์ที่มีผลกระทบต่อการตรึงไนโตรเจนในถั่ว	78
ภาพที่ 5.5	ขั้นตอนพัฒนาการระบบซิมไบโอซิสระหว่างไรโซเบียมกับต้นถั่ว ตามลำดับก่อนหลัง ภายในเวลาประมาณ 4 วัน	79
ภาพที่ 5.6	ความแตกต่างในจำนวนไรโซเบียม และจำนวนปม ในถั่วเหลืองปลูกแบบไม่ไถ ที่มีอุณหภูมิหน้าดินต่ำกว่าถั่วเหลืองปลูกแบบไถ 6° C	81
ภาพที่ 5.7	การมีชีวิตอยู่รอดของไรโซเบียมถั่วเหลือง 3 สายพันธุ์ ในดินแห้ง ดินชื้น และดินอิ่มน้ำที่ปลอดเชื้ออื่น ภายในเวลา 45 วัน	82
ภาพที่ 5.8	การเกิดปม และการสะสมไนโตรเจนในคอมมอนบีน โดยเชื้อไรโซเบียม ต่างสายพันธุ์ที่อุณหภูมิปกติ (กลางวัน/กลางคืน 28/23° C) และอุณหภูมิสูง (กลางวัน/กลางคืน 38/23° C) เปรียบเทียบกับที่ไม่ได้ปลูกเชื้อ (-I) ที่ได้รับ (+N) และไม่ได้รับ (-N) KNO_3 ในอัตรา 30 มิลลิกรัม N/ต้น	84
ภาพที่ 5.9	การสำรวจเพื่อแยกเชื้อจากปมถั่วในท้องถิ่นในหมู่เกาะไซเคลดส์ ของประเทศกรีก ที่มีสภาพภูมิประเทศใกล้เคียงกับพื้นที่เป้าหมาย ในประเทศออสเตรเลียตอนใต้ (ดินกรดมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีฝนน้อยกว่า 400 มม./ปี)	85
ภาพที่ 5.10	ความแตกต่างในการตอบสนองต่อแคลเซียมในสารละลายอาหาร ระหว่างการเกิดปมกับการสะสมน้ำหนักต้น+ราก ใน subterranean clover	86
ภาพที่ 5.11	ผลกระทบของการได้รับธาตุเหล็ก และไม่ได้รับธาตุเหล็ก ต่อการเกิดปมเริ่มต้น (Nodule initials) ในถั่วลิสงพันธุ์ ไทนาน 9 และโรบัต 33-1 ในดินขาดเหล็ก	87
ภาพที่ 5.12	ผลกระทบของปริมาณโมลิบดีนั่มในเมล็ด และปุ๋ยโมลิบดีนั่ม ที่คลุกไปกับเมล็ด ต่อผลผลิตถั่วเหลือง และการเพิ่มปริมาณโมลิบดีนั่ม ในเมล็ดถั่วเหลือง โดยการให้ปุ๋ยโมลิบดีนั่มที่ให้ทางใบ ในระยะเริ่มสร้างเมล็ด ที่ประเทศบราซิล	87

ภาพที่ 6.1	ผลการทดสอบปลูกเชื้อให้แก่ *Vicia villosa* โดยการชุบเมล็ดในน้ำผสมดินจากแปลง *Vicia sativa* โดย JF Dugger, 1897	92
ภาพที่ 6.2	สรุปผลการปลูกเชื้อไรโซเบียมแก่ถั่วเมล็ดจาก 20 ประเทศ เลขในวงเล็บตามชื่อถั่ว คือจำนวนการทดลอง	93
ภาพที่ 6.3	ตราสัญลักษณ์ประกันคุณภาพหัวเชื้อไรโซเบียมของประเทศออสเตรเลีย	94
ภาพที่ 6.4	การทดสอบประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนของเชื้อไรโซเบียมกับถั่วเป้าหมายที่เลี้ยงด้วยสารละลายอาหารปราศจากไนโตรเจน บนกระดาษซับในถุงพลาสติกสำหรับถั่วเมล็ดเล็กในกระถาง และในแปลง	96
ภาพที่ 6.5	พาหะนำเชื้อไรโซเบียม (1) พีท (2) ดินเหนียว Bentonite (3) ดินเหนียว Attapulgite (4) หัวเชื้อเหลว (5) หัวเชื้อแห้งเยือกแข็ง	101
ภาพที่ 6.6	หัวเชื้อไรโซเบียมถั่วในประเทศไทย ผลิตโดยกรมวิชาการเกษตร	102
ภาพที่ 6.7	ผลกระทบต่อความเป็นกรดในดิน ของไรโซเบียมถั่วลันเตา และลูเซิร์น	102
ภาพที่ 6.8	การให้คะแนนปมในถั่วเมล็ดหรือถั่วอาหารสัตว์ที่ขึ้นในแปลง อายุประมาณ 12 สัปดาห์	106
ภาพที่ 7.1	ระดับการเกิดปม 0-1 ไม่พอ 2-3 พอใช้ 4-5 ดี	109
ภาพที่ 7.2	ความแตกต่างระหว่างถั่วเหลืองที่มีปมตรึงไนโตรเจนได้ดี และถั่วเหลืองด้อยประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจน แสดงอาการขาดไนโตรเจนชัดเจน	110
ภาพที่ 7.3	สมดุลไนโตรเจน (N balance) ที่มีไนโตรเจนตรึงจากอากาศเป็นส่วนหนึ่งการนำเข้า (N inputs)	111
ภาพที่ 7.4	สมดุลในโตรเจน แสดงที่มาของไนโตรเจนที่นำเข้าสู่ดินในแปลง และที่ถูกนำออกจากแปลง โดยกระบวนการจัดการในการเกษตร และกระบวนการตามวัฏจักรไนโตรเจนตามธรรมชาติ	113
ภาพที่ 7.5	เปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนในดินและในถั่วลิสง กับ คาวพี	113
ภาพที่ 7.6	ถั่วเหลืองพันธุ์ไม่เกิดปม กับพันธุ์ธรรมดาที่มีปม และตรึงไนโตรเจนได้ ปลูกในดินขาดไนโตรเจน	114
ภาพที่ 7.7	การเก็บตัวอย่างก๊าซจากขวดปิดสนิท เพื่อวัดประสิทธิภาพของระบบเอนไซม์ไนโตรจีเนส ต้นถั่วด้วยวิธีอะเซทธีลีนรีดักชั่น	116

ภาพที่ 7.8	การลำเลียงไนโตรเจนออกจากปม และส่งขึ้นไปเลี้ยงส่วนต้น ใบ ฝัก เมล็ด ในท่อ Xylem	121
ภาพที่ 7.9	วิธีเก็บตัวอย่างน้ำหล่อเลี้ยงลำต้น (Xylem sap) ที่ไหลออกจากตอ และที่ดูดออกจากต้น	122
ภาพที่ 7.10	ผลกระทบต่อการตรึงไนโตรเจน	124
ภาพที่ 8.1	ฝักถั่ว	128
ภาพที่ 8.2	เมล็ดถั่ว	128
ภาพที่ 8.3	ขนาด Hilum ต่อความยาวเมล็ด	129
ภาพที่ 8.4	ตัวอย่างโครงสร้างต้นถั่ว	130
ภาพที่ 8.5	ใบถั่วแบบต่างๆ	131
ภาพที่ 8.6	ดอกแบบ Actinomorphic ของถั่วตระกูลย่อย Mimosoideae และดอกแบบ Zygomorphic ของถั่วตระกูลย่อย Caesalpinioideae	132
ภาพที่ 8.7	ดอกแบบผีเสื้อ (Papilionaceous) ของถั่วในตระกูลย่อย Papilionaceae	132
ภาพที่ 8.8	ปมถั่วเหลือง และลูเซิร์น	133
ภาพที่ 8.9	แบบจำลองการตอบสนองต่ออุณหภูมิของขบวนการชีวภาพ แสดง 3 จุดอ้างอิง และอิทธิพลของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ในการเร่ง (A) และชะลอ (B) อัตราของขบวนการ	136
ภาพที่ 8.10	ความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละวัน ระหว่างฤดูฝน และฤดูหนาวที่จังหวัดเชียงใหม่	137
ภาพที่ 8.11	ความยาววันตามตำแหน่งเส้นรุ้งบนพื้นผิวโลก ในซีกโลกเหนือ เส้นศูนย์สูตร และความยาววันในพื้นที่ปลูกถั่วในภาคเหนือของประเทศไทย บนเส้นรุ้ง 18-19 °N	138
ภาพที่ 8.12	ความเข้มแสง และอัตราการมีเมฆปกคลุม	139
ภาพที่ 8.13	การผ่านทะลุของแสงในพุ่มถั่ว (clover) และหญ้า ที่สัมพันธ์กับ LAI และ การหาค่า k_L โดยการ plot Ln (I/I_0) กับ LAI (วัดได้ k_L ถั่ว = 0.8; k_L หญ้า = 0.4)	140

ตัวอย่าง

ภาพที่ 9.1	ความแตกต่างในความทนทานต่อการถูกน้ำขังเป็นเวลา 14 วัน (ที่อายุ 56 ถึง 70 วัน) ในถั่วลูพิน	145
ภาพที่ 9.2	แบบจำลองการปลูกถั่วเหลืองหรือถั่วฝักยาวบนร่องสวน	146
ภาพที่ 9.3	ความสูญเสียผลผลิตเมล็ดในถั่วลูกไก่ จากการถูกน้ำขังเป็นเวลา 10 วัน ที่ต่างระยะการเจริญเติบโต	147
ภาพที่ 9.4	ผลกระทบจากการปลูกถั่วเหลืองในดินอิ่มน้ำ ต่ออาการขาดไนโตรเจน ที่ปรากฏในระดับความเข้มของสีเขียวใบ	147
ภาพที่ 9.5	ความสัมพันธ์ระว่างการตรึงไนโตรเจน	149
ภาพที่ 9.6	แบบจำลองแสดงผลของความเป็นกรด-ด่างของดิน ต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช ชี้ด้วยความหนาของแต่ละธาตุ	151
ภาพที่ 9.7	ความเข้มข้นธาตุอาหารในระดับพอเพียงโดยเฉลี่ย ในถั่วเปรียบเทียบกับในข้าว	153
ภาพที่ 9.8	ถั่วแบมบาร่า และถั่วลิสง ที่มีผลอยู่ใต้ดิน มักจะแสดงอาการขาดธาตุอาหารที่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ในโฟลเอ็มที่ผลหรือเมล็ด ต้องได้โดยตรงจากดิน	155
ภาพที่ 9.9	ความแตกต่างในการตอบสนองต่อ Mo x N ในถั่ว และพืชไม่ตรึงไนโตรเจน	156
ภาพที่ 9.10	ผลกระทบจากปริมาณฟอสฟอรัสและสังกะสีในสารละลายอาหาร ต่อปริมาณสังกะสีในเมล็ดถั่วเหลือง	157
ภาพที่ 9.11	ความแตกต่างในประสิทธิภาพการใช้โบรอน ในพืชต่างชนิด และต่างพันธุ์ในแต่ละชนิด	159
ภาพที่ 9.12	ความแตกต่างในถั่วอาหารสัตว์ Sub clover ที่ได้รับ (Mo+) และไม่ได้รับ (Mo-0) ปุ๋ยโมลิดีนั่ม	160
ภาพที่ 9.13	การทดลองให้ปุ๋ยโบรอนเป็นแถบ (+B) ในแปลงทานตะวันขาดโบรอน (-B)	160
ภาพที่ 9.14	ผลกระทบจากสหสัมพันธ์ธาตุอาหารพืช	161
ภาพที่ 10.1	เปรียบเทียบปริมาณโปรตีนในถั่วต่างชนิด	166

ภาพที่ 10.2	ปริมาณโปรตีนในถั่วเหลือง 4 พันธุ์ ปลูกในเวลา 6 ปี	166
ภาพที่ 10.3	ความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นต่างชนิด ใน 3 กลุ่มอายุ	170
ภาพที่ 10.4	ใยอาหารจากเมล็ดถั่วและธัญพืช (ความชื้น 12%)	171
ภาพที่ 10.5	ผลผลิตน้ำมันถั่วเหลือง ถั่วลิสง และน้ำมันพืชอื่นๆ ของโลก	172
ภาพที่ 10.6	โมเลกุลกรดไขมันอิ่มตัว ไม่มีพันธะคู่ระหว่างอะตอมคาร์บอน (Palmitic acid - C16:0; Stearic acid – C18:0) และกรดไขมันไม่อิ่มตัว มีพันธะคู่ 1 (Oleic acid – C18:1) พันธะคู่ 2 (Linoleic acid – C18:2)	172
ภาพที่ 10.7	เปรียบเทียบปริมาณโฟเลตในเมล็ดถั่วและธัญพืช (ความชื้น 12%)	174
ภาพที่ 11.1	ผลของการทำให้สุกต่อคุณภาพทางโภชนาการของถั่วชนิดต่างๆ	181
ภาพที่ 12.1	การเติบโตของการผลิตถั่วเหลืองโลก ในช่วงเวลา พ.ศ. 2504-2557	190
ภาพที่ 12.2	การกระจายพื้นที่ถั่วเหลืองโลก พ.ศ. 2557 (รวม 735 ล้านไร่)	190
ภาพที่ 12.3	เปรียบเทียบผลผลิตเมล็ดและผลผลิตโปรตีนของถั่วเหลือง กับถั่วแห้ง ถั่วเขียว และ Cowpea จากพื้นที่ 1 ไร่	191
ภาพที่ 12.4	ผลผลิตถั่วเหลืองในไทยและอินเดียเปรียบเทียบกับผลผลิตในอเมริกา (ข้อมูล 2553-2557 พร้อมด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	192
ภาพที่ 12.5	พื้นที่ถั่วเหลืองในประเทศไทย พ.ศ. 2504-2557	193
ภาพที่ 12.6	ใบชุด 3 ใบของถั่วเหลือง แบบใบกว้าง และใบแคบ	193
ภาพที่ 12.7	ระยะการเจริญเติบโตทางต้นและใบ (V) และการเจริญพันธุ์ (R) ในถั่วเหลือง	194
ภาพที่ 12.8	กลุ่มถั่วเหลือง (Maturity Group) ตามลักษณะการปรับตัวต่อฤดูปลูกในอเมริกา	197
ภาพที่ 12.9	การแพร่กระจายของถั่วเหลือง	198
ภาพที่ 13.1	ไดฟูกุ (ขนมโมจิไส้ถั่วแดง)	208
ภาพที่ 13.2	แผงขายฟาลาเฟลที่ปารีส นิวยอร์ค และการทอดฟาลาเฟลที่รามัลล่า ในปาเลสไตน์	208
ภาพที่ 13.3	การนำเข้าถั่วลันเตาเมล็ดแห้ง ในอินเดียกับสาธารณรัฐประชาชนจีน และถั่วเมล็ดแห้ง (คอมมอนบีน) ในบราซิล พ.ศ. 2526-2555	214

ภาพที่ 13.4	การเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ และสัดส่วน ของพืชไร่ที่ไม่ใช่ข้าวของประเทศไทย ในระหว่าง พ.ศ. 2504-2555	214
ภาพที่ 13.5	แปลงถั่วลันเตาเมล็ด และถั่วเล็นทิล ที่มีทรงพุ่มชูขึ้นด้วยมือเกาะที่พยุงกันเองระหว่างต้น	217
ภาพที่ 13.6	แปลงถั่วคอมมอนบีนแซมข้าวโพดในระวันดา แบบมีไม้ค้างในอูกันดา และถั่วแขกพืชผักในพื้นที่สูงของไทย	218
ภาพที่ 13.7	ส่วนแบ่งในตลาดโลก และมูลค่าการส่งออก ของถั่วเมล็ดไร้น้ำมันในแคนาดา และออสเตรเลีย (เฉลี่ย พ.ศ. 2553-2557)	220
ภาพที่ 13.8	พื้นที่ และผลผลิตถั่วเมล็ดไร้น้ำมัน ในแคนาดาและออสเตรเลีย พ.ศ. 2504-2557	220
ภาพที่ 13.9	ผลผลิตถั่วเมล็ดไร้น้ำมัน ในแคนาดา ออสเตรเลีย และอินเดีย (เฉลี่ย พ.ศ. 2553-2557)	221
ภาพที่ 13.10	ราคาถั่วเมล็ดไร้น้ำมัน ในประเทศผู้ส่งออกและนำเข้าหลัก (เฉลี่ย พ.ศ. 2553-2557)	221
ภาพที่ 14.1	พื้นที่และผลผลิตถั่วลิสงโลก ในช่วงระหว่าง พ.ศ. 2504-2557	223
ภาพที่ 14.2	การกระจายพื้นที่และผลผลิตถั่วลิสงโลก พ.ศ. 2557	223
ภาพที่ 14.3	เปรียบเทียบผลผลิตถั่วลิสง ในภูมิภาคต่างๆ ของโลก ใน พ.ศ. 2504-2508 และ พ.ศ. 2553-2557	224
ภาพที่ 14.4	พื้นที่ และผลผลิตถั่วลิสง ในประเทศผู้ผลิตหลัก ในทวีปเอเชีย (ข้อมูล พ.ศ. 2557)	224
ภาพที่ 14.5	พื้นที่และผลผลิตถั่วลิสงในประเทศไทย พ.ศ. 2504-2557	225
ภาพที่ 14.6	การหีบน้ำมันถั่วลิสง และน้ำมันพืชอื่นๆแบบโบราณในอินเดีย	226
ภาพที่ 14.7	เปรียบเทียบถั่วลิสงพันธุ์เมล็ดโตของอินเดีย TG39 กับเมล็ดขนาดทั่วไป	227
ภาพที่ 14.8	ขนาดเมล็ด และเปอร์เซ็นต์ฝักใหญ่พิเศษ ในถั่วลิสงในกลุ่มพันธุ์ “เวอร์จิเนีย จัมโบ” ของสหรัฐอเมริกา	228

ภาพที่ 14.9	ต้นถั่วลิสง แสดงดอกที่บานอยู่เหนือดิน และฝักที่ฝังอยู่ในดิน จาก“เข็ม” (ฐานชูรังไข่ที่ยืดขยาย) ที่แทงลงดินหลังจากการผสมเกสร และรายละเอียดของการแทงเข็มและติดฝักของถั่วลิสง	229
ภาพที่ 14.10	ในการสะสมความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 10° C ถั่วลิสงที่ต้องการอุณหภูมิสะสม 2,000 degree-days	231
ภาพที่ 15.1	กระถิน (*Leucaena leucocephala*) แสดง ยอด ช่อดอก ใบ และฝัก	233
ภาพที่ 15.2	กระถินที่ยังเป็นอาหารสด ในทุ่งหญ้าเลี้ยงวัวเขตร้อนในฤดูแล้งในออสเตรเลีย	235
ภาพที่ 15.3	เปรียบเทียบคุณภาพโปรตีน ด้วยปริมาณกรดอะมิโนในกระถินและอัลฟัลฟา	236
ภาพที่ 15.4	หัวเชื้อแบคทีเรียย่อย DHP แช่แข็ง ขนาด 500 มล.	239

ตัวอย่าง

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1	พื้นที่และผลผลิตถั่วอาหารชนิดหลักของโลก (เฉลี่ย พ.ศ. 2553-2557)	7
ตารางที่ 1.2	ถั่วอาหารที่ปลูกและบริโภคในประเทศไทย	11
ตารางที่ 1.3	ถั่วในระบบการเพาะปลูก	13
ตารางที่ 1.4	ไนโตรเจนในต้นถั่วที่มาจากอากาศ จากแหล่งปลูกในหลายประเทศทั่วโลก	20
ตารางที่ 1.5	สมดุลไนโตรเจนหลังการปลูกถั่ว	21
ตารางที่ 1.6	ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในดิน และปฏิสัมพันธ์ระหว่างจำนวนสัตว์ในดิน (Macrofauna) และไส้เดือน กับปริมาณมวลชีวะและไนโตรเจนในส่วนเหนือดิน ในระบบการปลูกข้าวโพดที่สูง 5 แบบ	23
ตารางที่ 1.7	ชนิดของสัตว์ในดิน (Soil macrofauna) ที่พบในแปลงข้าวโพด และข้าวโพดแซมถั่ว ที่โครงการหลวงปางดะ จ.เชียงใหม่	24
ตารางที่ 2.1	ปริมาณอาหารที่ใช้ในปศุสัตว์ในรูปแบบต่างๆ ในสหรัฐอเมริกา	26
ตารางที่ 2.2	ตัวอย่างถั่วทุ่งหญ้าและอาหารสัตว์สำหรับเขตภูมิอากาศต่างๆ ของโลก	28
ตารางที่ 2.3	ต้นไม้ตระกูลถั่ว (Tree and shrub legumes) ที่ใช้เป็นอาหารสัตว์	30
ตารางที่ 2.4	ตัวอย่างถั่วอาหารสัตว์ที่มีคอนเดนส์แทนนิน (Condensed tannins หรือ pro-anthocyanidins) ในปริมาณสูง	33
ตารางที่ 2.5	ถั่วที่ใช้หรือเคยใช้เป็นปุ๋ยพืชสดและถั่วบำรุงดิน ในญี่ปุ่น สาธารณรัฐประชาชนจีน และอินเดีย	34
ตารางที่ 2.6	ตัวอย่างระดับการใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ จากพืชตระกูลถั่วเอนกประสงค์	40
ตารางที่ 2.7	ผลผลิตและคุณภาพเชื้อเพลิงจากไม้โตเร็วตระกูลถั่ว	41
ตารางที่ 3.1	เปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้ในระบบต่างๆ	47
ตารางที่ 3.2	การตรึงไนโตรเจนในถั่วเมล็ดชนิดหลักของโลก	50
ตารางที่ 3.3	การตรึงไนโตรเจนในถั่วอาหารสัตว์และถั่วทุ่งหญ้า	51
ตารางที่ 4.1	อนุกรมวิธานของไรโซเบียม จาก พ.ศ. 2475-2555	57
ตารางที่ 4.2	ไรโซเบียม 15 สกุล ใน 7 ตระกูล ของ Proteobacteria	59

ตารางที่ 4.3	รูปแบบปมของถั่วต่างสกุล	63
ตารางที่ 4.4	การเกิดปมและการทำงานของปมโดยแบคทีเรียจากปมไมยราบยักษ์ในถั่วเหลือง Siratro (*Macroptilium autropurpureum*) และ กระถิน	67
ตารางที่ 4.5	ตัวอย่างยีนควบคุมการเกิดและพัฒนาปมในถั่วเหลือง	68
ตารางที่ 5.1	ผลกระทบของโคบอล์ทต่อพัฒนาการ และการทำงานในการตรึงไนโตรเจน ของปมถั่วลูพิน (*Lupinus angustifolius*) อายุ 6 สัปดาห์	88
ตารางที่ 5.2	ผลจากการใส่ปุ๋ย Co ในถั่วลิสง	89
ตารางที่ 6.1	มาตรฐานขั้นต่ำของหัวเชื้อไรโซเบียมในออสเตรเลีย	95
ตารางที่ 6.2	การเกิดปมในถั่วเหลืองโดยหัวเชื้อจากสหรัฐอเมริกา 6 ยี่ห้อ และไม่มีการปลูกเชื้อที่เอกวาดอร์	95
ตารางที่ 6.3	ตัวอย่างสายพันธุ์ไรโซเบียม ที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนสูงกับถั่วเป้าหมายหลายพันธุ์หรือหลายชนิดในออสเตรเลีย	97
ตารางที่ 6.4	ผลของการปลูกเชื้อต่อการเกิดปมและความสามารถในการเกิดปมของเชื้อที่ปลูกในถั่วเหลืองในสหรัฐอเมริกา	100
ตารางที่ 6.5	ตัวอย่างการปลูกเชื้อด้วยหัวเชื้อที่มีไรโซเบียม 1,000 ล้านเซลล์/กรัม (10^9 เซลล์/กรัม)	104
ตารางที่ 6.6	ผลการทดลอง 7 แบบของการทดสอบความจำเป็นในการปลูกเชื้อไรโซเบียมแก่ถั่ว	105
ตารางที่ 7.1	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในดิน การตรึงไนโตรเจน ผลผลิตถั่วและศักยภาพในการบำรุงดิน ในกรณีที่ต้นถั่วกับไรโซเบียมมีความสมพงศ์เข้ากันได้ดี ระบบซิมไบโอซิสพัฒนาไปได้อย่างราบรื่น	109
ตารางที่ 7.2	ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงใน *Erythrina velutina* โดยสายพันธุ์ไรโซเบียมท้องถิ่น ในบราซิล 3 สายพันธุ์	112
ตารางที่ 7.3	ผลกระทบจากการปลูกพืชแซม และการใส่ปุ๋ย N ต่อการตรึงไนโตรเจน ในถั่วนางแดง วัดโดยวิธี ^{15}N จำนวน 2 แบบ	118
ตารางที่ 7.4	คำจำกัดความและคำอธิบายศัพท์เฉพาะ เกี่ยวกับวิธีการ ไอโซโทป ^{15}N	119

ตารางที่ 7.5	ตัวอย่าง $\delta^{15}N$ ในดินในรูป $NO_3^- + NH_4^+$ (N ประสม หรือ Mineral N) ที่สอดคล้องกับ $\delta^{15}N$ ในพืชไม่ตรึง N และสูงกว่า $\delta^{15}N$ ในดินโดยรวม ที่ประกอบด้วย N ประสมที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้ บวกกับ N ในอินทรีย์วัตถุที่พืชไม่สามารถดูดไปใช้	120
ตารางที่ 7.6	กลุ่มถั่วที่ลำเลียงไนโตรเจนที่ตรึงจากอากาศออกปมในรูปยูรีไอด์ และเอไมด์	122
ตารางที่ 7.7	ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่าง % N ในน้ำหล่อเลี้ยงลำต้นในรูปยูรีไอด์ และ % N ที่ตรึงจากอากาศ ที่วัดด้วยวิธีไอโซโทป ^{15}N	124
ตารางที่ 8.1	อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการงอกของเมล็ดถั่วชนิดต่างๆ เทียบกับพืชเมืองหนาว 3 ชนิด	137
ตารางที่ 9.1	ความสูญเสียผลผลิตเมล็ดในถั่วเมล็ดและธัญพืชจากการขาดน้ำในระยะเจริญพันธุ์	148
ตารางที่ 9.2	ธาตุอาหารจำเป็นในกระบวนการสร้างผลผลิตในถั่วเกษตร	152
ตารางที่ 9.3	เปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหาร ที่ถูกเก็บเกี่ยวออกไปจากแปลงพร้อมกับผลผลิตเมล็ด 1 ตัน ในถั่วเหลืองและข้าว	156
ตารางที่ 9.4	ประสิทธิภาพการใช้โบรอนในถั่วเขียว 16 สายพันธุ์ และถั่วเขียวผิวดำ 10 สายพันธุ์ วัดด้วย ผลผลิตในดินโบรอนจำกัด (B_0) คิดเป็น % ในดินโบรอนพอเพียง (B_+)	159
ตารางที่ 10.1	องค์ประกอบเมล็ดถั่ว	167
ตารางที่ 10.2	ปริมาณกรดอะมิโนสำคัญในอาหารกลุ่มต่างๆ	168
ตารางที่ 10.3	คะแนนกรดอะมิโนจำกัด (LAA, Limiting amino acid score) ในเมล็ดถั่วและธัญพืช	169
ตารางที่ 10.4	ความต้องการโปรตีนและกรดอะมิโน	169
ตารางที่ 10.5	เปรียบเทียบองค์ประกอบน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันถั่วลิสง และน้ำมันปาล์ม	173
ตารางที่ 10.6	ธาตุอาหารจำเป็นในเถ้า ในเมล็ดถั่วและธัญพืช (ความชื้น 12%)	175

ตัวอย่าง

ตารางที่ 10.7 ตัวอย่างคุณภาพทางโภชนาการของอาหารสัตว์แบบต่างๆ 177
ตารางที่ 11.1 สารทุโภชนาการในเมล็ดถั่วชนิดสลายตัวในความร้อน (Heat-labile anti-nutrition factors) 180
ตารางที่ 11.2 สารทุโภชนาการในเมล็ดถั่วชนิดทนความร้อน (Heat-stable anti-nutrition factors) 182
ตารางที่ 11.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอัลคาลอยด์ กับการถูกกินและเข้าทำลาย โดยกระต่ายและแมลงศัตรูพืชในลูพิน 183
ตารางที่ 12.1 ประเทศผู้ผลิตถั่วเหลืองรายใหญ่ในแต่ละภูมิภาค การผลิตในอาเซียน 191
ตารางที่ 12.2 การผลิตถั่วเหลืองในอาเซียน 191
ตารางที่ 12.3 ระยะพัฒนาการในถั่วเหลือง และข้อแนะนำในการจัดการสำหรับรัฐไอโอวา (เส้นรุ้ง 42° N) 196
ตารางที่ 12.4 อายุถั่วเหลืองที่ปลูกในฤดูฝนและฤดูหนาว ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ 197
ตารางที่ 12.5 การประเมินการตรึงไนโตรเจนในถั่วเหลือง ในต่างพื้นที่ของโลก 201
ตารางที่ 12.6 ข้อมูลการดัดต่อพันธุกรรมในถั่วเหลือง Intacta™ Roundup Ready™ 2 Pro (HT/IR MON87701 x MON89788) ของบริษัทมอนซานโต้ ได้รับการอนุมัติในบราซิล พ.ศ. 2553 203
ตารางที่ 13.1 ถั่วเมล็ดไร้น้ำมัน (Pulses) ในโลก ระหว่าง พ.ศ. 2504-2557 206
ตารางที่ 13.2 ถั่วเมล็ดไร้น้ำมัน (Pulses) ในโลก พ.ศ. 2557 210
ตารางที่ 13.3 การเปลี่ยนแปลงในการผลิตถั่วเมล็ดไร้น้ำมันในประเทศผู้ผลิตหลัก (อินเดีย สาธารณรัฐประชาชนจีน และบราซิล) และส่งออก (แคนาดา และออสเตรเลีย) ในช่วง พ.ศ. 2504-2557 212
ตารางที่ 13.4 การส่งออกถั่วเมล็ดไร้น้ำมัน พ.ศ. 2556 213
ตารางที่ 13.5 ผลผลิต ดัชนีการเก็บเกี่ยว ในถั่วเมล็ดไร้น้ำมัน 4 ชนิด ที่ปลูกเหลื่อมที่ 30 วันก่อนเก็บเกี่ยวข้าวโพด และสมดุลย์ไนโตรเจน หลังการเก็บเกี่ยวเมล็ดข้าวโพดและถั่ว 219
ตารางที่ 14.1 ระยะพัฒนาการในถั่วลิสง 230
ตารางที่ 15.1 เปรียบเทียบคุณภาพทางโภชนาการ จากใบกระถินและใบลูเซิร์น 237

ตารางที่ 15.2 ผลของการเสริมโปรตีนในอาหารด้วยกระถิน ต่อผลผลิตในไก่ไข่ 237
ตารางที่ 15.3 ผลของการเลี้ยงหมูด้วยอาหารสูตรมาตรฐาน และสูตรกระถิน 20% เป็นเวลา 42 วัน 237
ตารางที่ 15.4 การแพร่กระจายของ แบคทีเรียย่อย DHP ในประเทศต่างๆ 240

ตัวอย่าง

ถั่วเป็นแหล่งอาหารโปรตีนสูงแต่ราคาถูก สำหรับคนและสัตว์ การปลูกถั่วยังช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีในการเพาะปลูกด้วยความสามารถพิเศษในการนำก๊าซไนโตรเจนในอากาศมาสังเคราะห์ให้อยู่ในรูปที่พืชอื่นรวมทั้งสัตว์สามารถใช้ประโยชน์ได้ หนังสือนี้ได้รวบรวมความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับถั่วที่จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการในการเพาะปลูกและการนำเมล็ดและส่วนอื่นๆ ของต้นถั่วไปใช้ประโยชน์

ตัวอย่าง

CHIANG MAI UNIVERSITY PRESS

ISBN: 978-616-398-542-2

9 789786 163987

ตอนที่

1

ถั่วในระบบนิเวศ

ตัวอย่าง

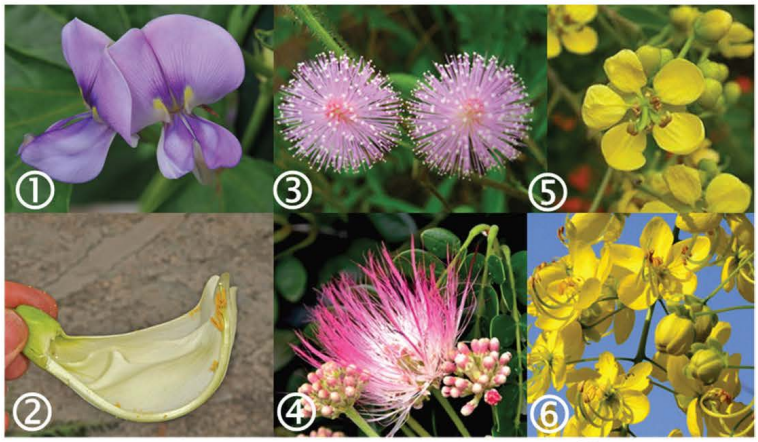
ถั่ว (Family: Leguminosae, Fabaceae หรือ Papilionaceae) เป็นวงค์พืชที่มีความหลากหลาย เป็นที่ 3 รองจาก วงค์กล้วยไม้ (Orchidaceae) and วงค์ทานตะวัน (Asteraceae) ด้วยจำนวน 19,000 ชนิด (Species) ใน 751 สกุล (Genera) นับเป็นร้อยละ 7 ของชนิดพืชมีดอก แบ่งออกเป็น 3 ตระกูลย่อย ได้แก่

1) Papilionoideae หรือ Faboideae (กลุ่ม peas และ beans คือถั่วเกษตรเกือบทั้งหมด ในตารางที่ 1.1, 1.2 ยกเว้น กระถิน ชะอม กระเฉด ขี้เหล็ก มะขาม)
2) Mimosoideae (กลุ่มกระถิน ชะอม กระเฉด ฉำฉา)
3) Caesalpinioideae (กลุ่มขี้เหล็ก มะขาม ลมแล้ง)

ดอกเป็นลักษณะเด่นที่ใช้ในการจำแนกชนิดถั่ว ลงในตระกูลย่อย เผ่า สกุล และ ชนิด (Sub-family, tribe, genus, species) มาตั้งแต่มีการเริ่มตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ให้แก่พืช เป็นสกุล-ชนิด (*Genus species*) ในยุคสมัยของ Carl Linnaeus (ค.ศ. 1707-1778) ผู้เป็นต้นฉบับของอักษร “L.” ตามหลังชื่อพืชหลากหลายชนิด อาทิ *Glycine max* L., *Vigna radiata* L., *Orzya sativa* L., *Zea mays* L.

การจำแนกส่วนใหญ่ได้รับการยืนยันจากการวิเคราะห์ดีเอ็นเอ มีการปรับเปลี่ยนเพียงในบางกรณีเท่านั้น เช่น พืชในสกุล *Cassia* หลายชนิดได้ถูกย้ายไปอยู่ในสกุล *Senna* (Marazzi et al., 2006) ดังตัวอย่าง ขี้เหล็กได้ถูกเปลี่ยนจาก *Cassia siamea* ไปเป็น *Senna siamea* ชะอม เปลี่ยนจาก *Acacia pennata* เป็น *Senegalia pennata* จามจุรี เปลี่ยนจาก *Samanea saman* เป็น *Albizzia saman* และ *Acacia albida* ถูกเปลี่ยนไปเป็น *Faidherbia albida*

ตัวอย่าง



ดอกแบบ Papilionaceous: ① ถั่วฝักยาว ② แค
ดอกแบบ Mimosaceous: ③ ไมยราบ ④ จามจุรี/ก้ามปู/ฉำฉา
ดอกแบบ Caesalpinaceous: ⑤ ชี้เหล็ก ⑥ ชัยพฤกษ์/ลมแล้ง

ถั่วเป็นแหล่งโปรตีนที่มีต้นทุนการผลิตและราคาถูกกว่าโปรตีนจากสัตว์ จึงใช้เป็นอาหารเสริมสำหรับทั้งคนและสัตว์ ที่เพิ่มคุณภาพทางโภชนาการ (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในบทที่ 9) ให้แก่อาหารหลักที่ประกอบด้วย ธัญพืช พืชหัว ตลอดจนหญ้าและฟางที่เป็นอาหารหยาบสำหรับสัตว์ การผลิตอาหารโปรตีนจากถั่วยังส่งกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความหลากหลายทางชีวภาพน้อยกว่าการประมงในทะเล ด้วยสกุลและชนิดที่หลากหลาย มีการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมทางภูมิอากาศและดินต่างแบบทั่วโลก จึงมีถั่วมากมายหลายชนิดที่ถูกนำมาปลูกในระบบการเพาะปลูกแบบต่างๆ เพื่อผลิตอาหารแก่ผู้คนที่มีวัฒนธรรมการบริโภคในแบบต่างๆ (บทที่ 1) ใช้เป็นอาหารสัตว์ อนุรักษ์บำรุงดิน ตลอดจนไม้โตเร็วเอนกประสงค์ (บทที่ 2) ความสามารถอยู่ร่วมแบบพึ่งพากับแบคทีเรียปมถั่ว ที่สามารถดึงเอาก๊าซไนโตรเจน (N_2) ในอากาศมาใช้ได้ เป็นเอกลักษณ์ที่ทำให้พืชตระกูลถั่วส่วนใหญ่มีบทบาทสำคัญในวัฏจักรไนโตรเจนในระบบนิเวศ (บทที่ 3)

บทที่ 1

ตัวอย่าง

ถั่วในการเกษตร I:
ถั่วอาหารและถั่วในระบบการเพาะปลูก

1. ถั่วอาหาร (Food legumes)
2. ถั่วในระบบการเพาะปลูก
3. วิธีการวัดผลผลิตพืชแซม
4. ผลกระทบต่อพืชร่วมระบบ

กรอบที่ 1.1

Pea หรือ Bean ความสับสนจากชื่อสามัญของถั่ว

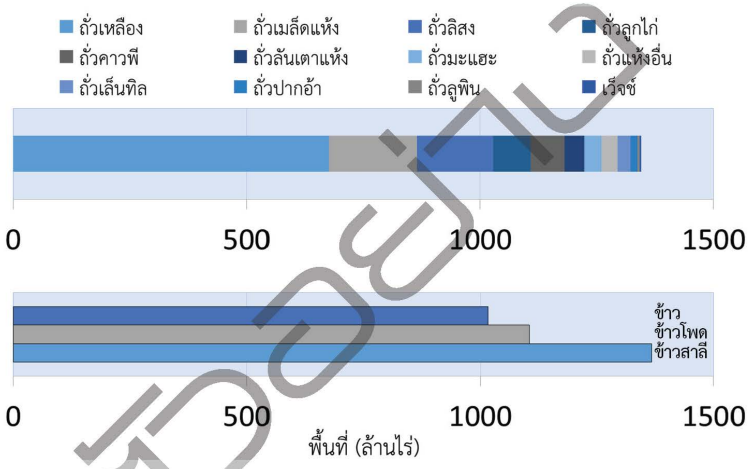
กรอบที่ 1.2

ทองหลางในสวนไม้ผลเมืองนนท์

ตัวอย่างของถั่วต้นไม้ในวนเกษตรไทย

1. ถั่วอาหาร (Food legumes)

ถั่วที่ใช้เป็นอาหารมีหลากหลายชนิด “ถั่วเมล็ด” (grain legumes) เป็นชนิดที่เก็บเกี่ยวเมื่อเมล็ดสุกแก่และแห้ง เป็นกลุ่มหลักที่มีพื้นที่ปลูกรวมกันทั้งโลกใน พ.ศ. 2557 ถึง 1,400 ล้านไร่ ถั่วเหลือง เป็นชนิดที่ปลูกมากที่สุดด้วยพื้นที่เก็บเกี่ยวร้อยละ 52 และผลผลิตร้อยละ 70 ของถั่วเมล็ด (ภาพที่ 1.1) นอกจากถั่วเมล็ดที่เก็บเกี่ยวเมื่อเมล็ดสุกแก่ ถั่วอีกกลุ่มหนึ่งที่เก็บเกี่ยวก่อนการสุกแก่ ใช้ฝักอ่อนและเมล็ดที่ยังไม่แก่เป็นผัก โดยมี 2 ชนิดหลัก ได้แก่ ถั่วลันเตา และถั่วแขก (ตารางที่ 1.1)



ภาพที่ 1.1 พื้นที่ปลูกถั่วอาหารชนิดหลักของโลก (บน) เทียบกับธัญพืชหลัก 3 ชนิด (ล่าง)
ข้อมูลเฉลี่ย 2553-255น7
ที่มา: วาดจากข้อมูล FAOSTAT (2017)

ถั่วเป็นแหล่งโปรตีนสำคัญที่ช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของคาร์โบไฮเดรตจากอาหารหลักที่ประกอบด้วยธัญพืชเป็นส่วนใหญ่ ในแต่ละภูมิประเทศมีการปลูกและบริโภคชนิดถั่วที่แตกต่างกัน อาทิ ถั่วเขียวและถั่วเหลืองในเอเชียตะวันออก ถั่วคาวพี (cowpea) ในแอฟริกา คอมมอนบีน (common bean) ในลาตินอเมริกาและแอฟริกา ถั่วมะแฮะ ถั่วเขียว ถั่วเขียวผิวดำ ในภูมิอากาศเขตร้อนของชมพูทวีปทางภาคใต้ ถั่วลูกไก่ ถั่วเล็นทิล ในฤดูหนาวของเขตกึ่งร้อนและแล้งทางภาคใต้ และครอบคลุมไปถึงตะวันออกกลาง

ถั่วลันเตา และถั่วแขก เป็นพืชผักชนิดหลักของอุตสาหกรรมผักแช่แข็ง ถั่วลันเตาผักส่วนใหญ่เก็บเกี่ยวก่อนเมล็ดแก่เมื่อน้ำตาลส่วนใหญ่ในเมล็ดยังไม่ได้เปลี่ยนเป็นแป้ง แต่ถั่วลันเตาที่บริโภคได้ทั้งฝัก เป็นพันธุ์ที่มีเยื่อใยในผนังฝักน้อย มีน้ำตาลสูง และเก็บเกี่ยวเมื่อฝักโตเต็มที่แต่ก่อนที่เมล็ดเริ่มโต มี 2 กลุ่มพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ดั้งเดิมฝักแบน (snow pea, sugar pea, var. *Saccharatum*) ที่แพร่หลายมานานในเอเชียรวมทั้งประเทศไทย และพันธุ์ฝักกลม เรียกว่าถั่วลันเตาหวาน (sugar snap pea, var. *Macrocarpon*) (ภาพที่ 1.2)

ภาพที่ 1.2 ถั่วลันเตา (*Pisum sativum*) ผักชนิด เมล็ด (Garden pea, green pea) (ซ้าย) ถั่วลันเตาฝักแบน (Sugar pea, snow pea) (กลาง) ถั่วลันเตาฝักกลม หรือ ถั่วลันเตาหวาน (Snap pea, Sugar snap pea)
ที่มา: wikicommons

ถั่วหลายชนิดในตารางที่ 1 มีความสำคัญเฉพาะถิ่นในต่างประเทศ ยังเป็นที่รู้จักไม่กว้างขวางในประเทศไทย จึงไม่มีชื่อภาษาไทยที่เป็นที่รู้จักแพร่หลาย นอกจากนี้ถั่วหลายชนิดยังถูกรวมเอาไว้ในกลุ่มเดียวกัน เพื่อความสะดวกในการจัดการ ฐานข้อมูลการเพาะปลูกโลก FAOSTAT (กรอบที่ 1.1) ซึ่งรวมถั่วพืชผักอีกหลากหลายชนิด ที่เก็บเกี่ยวเพื่อบริโภคทั้งฝักก่อนสร้างเมล็ด เช่น ถั่วฝักยาว ถั่วพู ถั่วแปบ หรือเมล็ดสดก่อนแก่ เช่น ถั่วเหลืองฝักสด มะแป้ ถั่วปากอ้าสด ฯลฯ

ตารางที่ 1.1 พื้นที่และผลผลิตถั่วอาหารชนิดหลักของโลก (เฉลี่ย พ.ศ. 2553-2557)

ชื่อสามัญ (*Species*)	พื้นที่ (ล้านไร่)	ผลผลิต (ล้านตัน)	แหล่งปลูกหลัก
ถั่วเมล็ด (Grain legumes)			
ถั่วเหลือง (*Glycine max*)	684.451	271.889	อเมริกา บราซิล อาร์เจนตินา อินเดีย
ถั่วเมล็ดแห้ง[1]	187.564	24.615	
สกุล *Vigna* กลุ่มอาเซีย	(95.6)	(11.2)	อินเดีย พม่า
Phaseolus spp.	(93.3)	(13.3)	อเมริกา แอฟริกา
ถั่วลิสง (*Arachis hypogaea*)	162.066	42.981	อินเดีย จีน ไนจีเรีย
ถั่วลูกไก่ (*Cicer arietinum*)	81.952	12.593	อินเดีย ปากีสถาน ตุรกี
ถั่วคาวพี (*Vigna unguiculata*)	72.973	6.715	แอฟริกา
ถั่นลันเตาแห้ง (*Pisum sativum*)	42.872	10.870	ยุโรป แคนาดา
ถั่วมะแฮะ (*Cajanus cajun*)	38.781	4.461	อินเดีย
ถั่วเมล็ดแห้งอื่นๆ[2]	35.146	4.166	ทุกทวีปทั่วโลก
ถั่วเล็นทิล (*Lens culinaris*)	27.416	4.725	อินเดีย บังคลาเทศ แอฟริกาเหนือ
ถั่วปากอ้า (*Vicia faba*)	14.705	4.411	จีน อีธิโอเปีย โมร็อคโก
ถั่วลูพิน (*Lupinus spp.*)	4.853	1.038	ออสเตรเลีย
เว็ช (*Vicia* spp.)	3.640	0.921	ยุโรป แอฟริกาเหนือ
ถั่วแบมบารา (*Vigna subterranea*)	1.376	0.155	แอฟริกาตะวันตก
ถั่วพืชผัก (ผลผลิตเป็นน้ำหนักสด)			
1. ถั่วลันเตา (*Pisum sativum*)	14.216	17.056	จีน อินเดีย
2. ถั่วแขก (*Phaseolus vulgaris*)	9.518	20.787	ทั่วไป
3. ถั่วฝักสดอื่นๆ	3.004	3.573	ทั่วไป

[1]ในวงเล็บเป็นข้อมูลโดยประมาณ แยกเป็นถั่วสกุล Vigna กลุ่มเอเชีย (*V. radiata* ถั่วเขียว *V. mungo* ถั่วเขียวผิวดำ *V. anglaris* ถั่วอะซูกิ *V. acontifolia* ถั่วมอธ) และคอมมอนบีน รวมกับถั่วชนิดอื่นๆ ในสกุล *Phaseolus*
ที่มา: ข้อมูลจากฐานข้อมูล FAOSTAT (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในกรอบที่ 1.1)

cDaiju

นอกจากข้อได้เปรียบในเชิงเศรษฐกิจ ถั่วยังเป็นแหล่งโปรตีนและสารอาหารจำเป็นสำหรับผู้ที่เลือกบริโภคอาหารมังสวิรัติ โดยเฉพาะในกลุ่มที่เคร่งครัด ไม่กินอาหารที่มาจากสัตว์เลยแม้แต่นมและไข่ ด้วยเหตุผลทางสุขภาพ ทางศีลธรรมและศาสนา และในเชิงอนุรักษ์ธรรมชาติ เนื่องจากการผลิตถั่วยังใช้ทรัพยากรน้ำและพลังงานปิโตรเลียมน้อยกว่า และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการผลิตอาหารจากสัตว์ (Pimentel and Pimentel, 2003; Steinfeld et al., 2006)

กรอบที่ 1.1 ความสับสนจากชื่อสามัญของถั่ว และการจำแนกชนิดถั่วในฐานข้อมูล FAOSTAT

Pea กับ Bean เป็นชื่อทั่วไปที่ใช้เรียกถั่วต่างกลุ่ม ที่มีความชัดเจน เมื่อ Pea จำกัดอยู่เฉพาะชนิด *Pisum sativum* - ถั่วลันเตา และ Bean เฉพาะ *Phaseolus vulgaris* - คอมมอนบีน แต่ความสับสนเกิดขึ้นจากการขยายไปใช้กับถั่วอีกมากมายหลายชนิดและสกุล ที่มิได้มีความสัมพันธ์กับพลักกรมวิธานแต่อย่างใด เห็นได้จากการจำแนกในระดับต่างๆ เช่น ในเผ่า Vicieae นอกจากถั่วลันเตา มีทั้ง chick pea (ถั่วลูกไก่) และ broad bean (ถั่วปากอ้า) ในขณะที่ pigeon pea (ถั่วมะแฮะ) กลับอยู่ ในเผ่า Phaseoleae เช่นเดียวกับถั่วในสกุล *Vigna* เช่น mung bean (ถั่วเขียว ถั่วเขียวผิวดำ) rice bean (ถั่วนางแดง) adzuki bean (ถั่วอะซูกิ) moth bean (ถั่วมอธ หรือถั่วตุรกี) ภายใน *Vigna unguiculata* มีทั้ง cowpea และ yard-long bean หรือ snake bean (ถั่วฝักยาว) peanut ชื่อเรียกถั่วลิสงในสหรัฐอเมริกา นอกจากไม่ใช่ pea แล้วยังไม่ใช่ nut ซึ่งเป็นผลไม้เปลือกแข็ง เนื้อมีไขมัน ใช้บริโภคเป็นอาหารกินเล่น (snack) ซึ่งมิได้อยู่ในวงศ์ Leguminosae แต่มักจะถูกเรียกเป็นถั่วในภาษาไทย เช่น ถั่วแม็คคะเดเมีย ถั่วอัลมอนด์ ถั่วพิตาสชิโอ ฯลฯ คอมมอนบีน เป็นชนิดถั่วที่มีความหลากหลาย ในรูปร่างและสีของเมล็ด มีชื่อสามัญที่แตกต่างกัน (ภาพที่ 1.3) ชื่อพื้นๆ ตามสีเมล็ด เช่น ถั่วดำ หรือถั่วแดง ยังอาจก่อเกิดความสับสน เมื่อซ้ำกับถั่วชนิดอื่น เช่น ถั่วดำ-คาวพี หรือถั่วนางแดง หรือถั่วอะซูกิ ที่เรียกว่าถั่วแดงด้วย

ภาพที่ 1.3 ความหลากหลายในถั่วคอมมอนบีน (Phaseolus vulgaris) จำแนกตามรูปร่าง ขนาด และสีของเมล็ดแห้ง

① Borlotti (อิตาลี) ② Black turtle bean ③ Flageolet (ฝรั่งเศส)
④ ถั่วแดงหลวง ⑤ ถั่วขาว ⑥ ถั่วดำ
⑦ ถั่วปินโต ⑧ Painted pony bean
ที่มา: wikicommons

ในฐานข้อมูล FAOSTAT

- ถั่วเมล็ดแห้ง (dry beans) ประกอบด้วยถั่ว 2 กลุ่ม สกุล *Phaseolus vulgaris* (คอมมอนบีน) รวมทั้งถั่วชนิดอื่นในสกุลเดียวกัน และ สกุล *Vigna* กลุ่มเอเชีย ได้แก่ ถั่วเขียว ถั่วเขียวผิวดำ ถั่วอะซูกิ ถั่วนางแดง ถั่วตุรกี ถั่วมอธ
- ถั่วเมล็ดแห้งอื่นๆ ประกอบด้วย ถั่วพร้า มันแกว ถั่วแปยี ถั่วพู และหมามุ่ย ชนิดกินได้
- ถั่วชนิดอื่นๆ ที่ใช้ฝักสดหรือเมล็ดสดเป็นพืชผัก ถั่วเหลืองฝักสด หรือถั่วแระ ถั่วฝักยาว คาวพีฝักสด ถั่วปากอ้าเมล็ดสด ฯลฯ

ตัวอย่าง

ภาพที่ 1.4 ฝักและดอกถั่วพู (ซ้าย) และรากกินได้(หัว) 2 ชนิดของถั่วพู ในตลาดมันฑะเลย์ พม่า
ที่มา: wikicommons

ภาพที่ 1.5 รากกินได้ของมันแกว (Yam bean)
ที่มา: wikicommons

ความหลากหลายของถั่วอาหารที่มีความสำคัญเฉพาะท้องถิ่น ยังเห็นได้จากถั่วมากชนิดที่เป็นที่คุ้นเคยแพร่หลายในประเทศไทย (ตารางที่ 1.2) แม้สถิติการเพาะปลูกจะไม่มีปรากฏในฐานข้อมูล อาทิ ถั่วเมืองหนาว ที่ปลูกในพื้นที่สูง ได้แก่ ถั่วแดงหลวง ถั่วขาว ถั่วแขก ถั่วอะซูกิ และชื่อเรียกตามภาษาท้องถิ่น เช่น ถั่วแปยี หรือแป๊ะหล่อ (*Lablab purpureus*) ในจังหวัดแม่ฮ่องสอน ถั่วแป๋หรือมะแป๋ (*Vigna umbellata*)

ในภาษาคำเมือง ถั่วปากอ้าทอด (ภาพที่ 1.6) และถั่วลันเตาทอด อาหารกินเล่น (snack) ที่แพร่หลาย ผลิตจากถั่วแห้งนำเข้าจากแหล่งเพาะปลูกในภูมิอากาศเขตอบอุ่น เพราะให้ผลผลิตได้ไม่ดีในภูมิอากาศเขตร้อนของประเทศไทย

ภาพที่ 1.6 ถั่วปากอ้า ชื่อของ Broad bean ในภาษาไทย มาจากลักษณะหลังจากการปรุงโดยการทอด ที่เหลือเปลือกติดอยู่ (ซ้าย)
ที่มา: wikicommons

ตารางที่ 1.2 ถั่วอาหารที่ปลูกและบริโภคในประเทศไทย

ชนิด	Species	ส่วนที่ใช้ (ลักษณะการบริโภค)
ถั่วชนิดหลัก		
ถั่วเขียว	*Vigna radiata + V. mungo*	ถั่วเมล็ด (พื้นที่ปลูก 878,000 ไร่)
ถั่วเหลือง	*Glycine max*	ถั่วเมล็ด (พื้นที่ปลูก 312,986 ไร่)
ถั่วลิสง	*Arachis hypogaea*	ถั่วเมล็ด (พื้นที่ปลูก 174,242 ไร่)
ถั่วชนิดอื่นๆ		
ส้มป่อย	*Acacia concinna*	ยอด/ดอกอ่อน (ผัก, สมุนไพร)
ชะอม	*Senegalia pennata*	ยอด (ผัก)
ชงโค เสี้ยว	*Bauhinia purpurea*	ยอด (ผัก)
ถั่วเหลืองฝักสด	*Glycine max*	เมล็ดโตเต็มที่แต่ยังไม่สุกแก่ (อาหารกินเล่น)

ตารางที่ 1.2 ถั่วอาหารที่ปลูกและบริโภคในประเทศไทย (ต่อ)

ชนิด	Species	ส่วนที่ใช้ (ลักษณะการบริโภค)
ถั่วชนิดอื่นๆ		
ถั่วแปบ แปยี	*Lablab purpureus*	ฝักอ่อน (ผัก) ถั่วเมล็ดแห้ง (อาหารกินเล่น)
กระถิน	*Leucaena leucocephala*	ยอด (ผัก)
กระเฉด	*Neptunia oleracea*	ต้น/ใบ อ่อน (ผัก)
มันแกว	*Pachyrhizus spp*	รากที่เปลี่ยนเป็นหัว (อาหารกินเล่น)
สะตอ	*Parkia speciosa*	เมล็ดโตเต็มที่แต่ยังไม่สุกแก่ (ผัก สมุนไพร)
ถั่วแขก	*Phaseolus vulgaris*	ฝักอ่อน (ผัก)
ถั่วแดงหลวง ถั่วขาว	*Phaseolus vulgaris*	เมล็ดแห้ง (ถั่วเมล็ดแห้ง)[1]
ถั่วลันเตา	*Pisum sativum*	ฝักอ่อน (ผัก)
ถั่วพู	*Psocarpus tetragonolobus*	ฝักอ่อน (ผัก) รากที่เปลี่ยนเป็นหัว (สมุนไพร)
แค	*Sesbania gradiflora*	ดอก (ผัก)
โสน	*Sesbania javanica*	ดอก (ผัก)
ขี้เหล็ก	*Senna siamea*	ยอด-ดอก (ผัก สมุนไพร)
มะขาม	*Tamarindus indica*	ยอด-ดอก (ผัก, สมุนไพร) ผล (ผลไม้ สมุนไพร)
ถั่วอะซูกิ	*Vigna angularis*	เมล็ดแห้ง (ถั่วเมล็ดแห้ง)
ถั่วงอก	*Vigna radiata*	ผัก
ถั่วนางแดง	*Vigna umbellata*	เมล็ดแห้ง (ถั่วเมล็ดแห้ง)
ซื่อท้องถิ่น ภาคเหนือ-มะแป๋	*Vigna unguiculata*	เมล็ดโตเต็มที่แต่ยังไม่สุกแก่ (อาหารกินเล่น)
ถั่วดำ	ssp. *unguiculata*	เมล็ดแห้ง (ถั่วเมล็ดแห้ง)
ถั่วปี๋	ssp. *biflora*	เมล็ดแห้ง (ถั่วเมล็ดแห้ง) ฝักสด และเมล็ดโตเต็มที่แต่ยังไม่สุกแก่ (ผัก)
ถั่วฝักยาว	ssp. *sesquipedalis*	ฝักสด (ผัก)

[1] ใช้ปรุงอาหารแบบถั่วเมล็ดแห้งทั่วไป

CBOBTU

2. ถั่วในระบบการเพาะปลูก

การเพาะปลูกพืชเพื่อผลิตอาหารเลี้ยงพลเมืองโลก ทั้งที่บริโภคโดยตรงและใช้เลี้ยงสัตว์เพื่อผลิตอาหาร เนื้อ ไข่ และนม และเพื่อการใช้สอยอื่นๆ ใน "ระบบพืช" (cropping system) ที่มีรูปแบบการจัดการในเชิงพื้นที่ดินและเวลาที่แตกต่างกัน ในรูปแบบหลัก 4 แบบ (ตารางที่ 1.3) ได้แก่

ตารางที่ 1.3 ถั่วในระบบการเพาะปลูก

ระบบการเพาะปลูก	ช่วงเวลา	พื้นที่/ภูมิอากาศ	ระบบพืชตัวอย่าง
ก. ระบบพืชตาม (sequential cropping)	ปีเดียวกัน	เขตร้อน-เขตกึ่งร้อน ไทย เขตร้อน ไทย เอเชียเขตอบอุ่น -เขตกึ่งร้อน สหรัฐอเมริกา แคนาดา	ข้าว-ถั่วเหลือง ข้าว-ถั่วเขียว ข้าว-ถั่วปากอ้า ข้าว-ถั่วเล็นทิล ข้าว-ถั่วลูกไก่ ถั่วเหลือง-ข้าวสาลีฤดูหนาว
ข. ระบบพืชหมุนเวียน (rotation)	ปีต่อปี หลายปี	ทวีปอเมริกา จีน แคนาดา ออสเตรเลีย ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์	ข้าวโพด-ถั่วเหลือง ข้าวสาลี-ถั่วลันเตาเมล็ด ข้าวสาลี-ทุ่งหญ้าผสมถั่วเลี้ยงสัตว์
ค. ระบบพืชแซม (intercropping) ระบบพืชเหลื่อม (relay-cropping)	เวลาเดียวกัน	ทวีปอเมริกา แอฟริกา เอเชียเขตร้อน ไทย	ข้าวโพด/คอมมอนบีน ข้าวฟ่าง/ถั่วคาวพี มันสำปะหลัง/ถั่วลิสง หรือถั่วมะแฮะ หรือถั่วคาวพี ข้าวโพด/ถั่วดำ (ถั่วคาวพี) หรือ ถั่วนางแดง
ง. ระบบวนเกษตร	เวลาเดียวกัน	ไทย ออสเตรเลีย เขตกึ่งร้อน แอฟริกา	ทองหลางในร่องสวน กระถินในทุ่งหญ้าเลี้ยงโค อะเคเซีย ในทุ่งหญ้าเลี้ยงโค พืชอาหารระหว่างแนวกระถิน หรือแคฝรั่ง

ตัวอย่าง

ก. **ระบบพืชตาม (sequential cropping)** คือ การปลูกพืชต่างชนิด ในพื้นที่เดียวกัน ในฤดูกาลต่อเนื่องกัน ภายในช่วงเวลา 1 ปี ใน พ.ศ. เดียวกันหรือข้ามไปในปีปฏิทินถัดไป ได้แก่ ข้าวตามด้วยถั่วเหลือง ที่เชียงใหม่ ข้าวตามด้วยถั่วปากอ้า ที่ประเทศจีน และถั่วเหลืองตามด้วยข้าวสาลีฤดูหนาว ในสหรัฐอเมริกา ที่ปลูกข้าวสาลีฤดูหนาว (Winter wheat) ให้งอกและตั้งตัวก่อนหิมะตก เข้าระยะพักตัวอยู่ใต้หิมะในฤดูหนาว และเจริญเติบโตต่อไปหลังจากหิมะละลายและเก็บเกี่ยวในปลายฤดูใบไม้ผลิ ตามด้วยถั่วเหลืองในฤดูร้อน (ภาพที่ 1.7)

ภาพที่ 1.7 ระบบพืชตามที่ (1) เชียงใหม่ (2) เพชรบูรณ์ (3) มณฑลยูนนาน ประเทศจีน (4) ข้าวสาลีฤดูหนาวใต้หิมะ ที่จะเก็บเกี่ยวในปลายฤดูใบไม้ผลิ และตามด้วยถั่วเหลืองในฤดูร้อน ประเทศสหรัฐอเมริกา และประเทศแคนาดา (ขวา)
ที่มา: ภาพข้าวสาลีฤดูหนาวที่แคนาดา จาก http://farmforum.ca

ข. **ระบบพืชหมุนเวียน (rotation)** คือ การปลูกพืชต่างชนิดสลับกันปีต่อปี หรือหนึ่งปีในหลายปี เช่น การปลูกข้าวโพดสลับกับถั่วเหลือง ในอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ ข้าวสาลีสลับกับทุ่งหญ้าเลี้ยงแกะ ที่ออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ ที่มีรอบการหมุนเวียนในช่วงเวลา ตั้งแต่ 1 ปี ถึง 5 ปี

ค. **ระบบพืชแซม (Intercropping)** คือ การปลูกพืชอาหารหลัก อาทิ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง หรือมันสำปะหลัง แซมด้วยถั่วในพื้นที่เดียวกันในเวลาเดียวกัน พืชที่ปลูกร่วมกันในบางช่วงอายุเวลา โดยเฉพาะถั่วที่ปลูกถั่วแซมลงไปหลังจากที่ข้าวโพด/ข้าวฟ่างอายุประมาณ 4-6 สัปดาห์ หรือ 4-6 สัปดาห์ก่อนการเก็บเกี่ยวข้าวโพด/ข้าวฟ่าง เรียกว่า ระบบพืชเหลื่อม (relay cropping) เนื่องจากความแตกต่างในมูลค่าของผลผลิตจากแต่ละพืชในระบบพืชแซม อีกทั้งราคาผลิตผลยังมีการแปรปรวนตามเวลา

และพื้นที่ จึงมีการพัฒนาวิธีการการวัดผลผลิตพืชแซม ให้เป็นดัชนีเพื่อเป็นมาตรฐาน สามารถอ้างอิงหรือเปรียบเทียบได้เป็นสากล (ดูในข้อ 3 ตอนถัดไป)

ง. **ระบบวนเกษตร (agroforestry)** คือระบบเกษตรที่มีไม้ยืนต้น (woody perennials) ที่มักจะเป็นพืชตระกูลถั่วเป็นองค์ประกอบสำคัญร่วมกับพืชเกษตรหรือสัตว์เลี้ยง หรือร่วมกับทั้งสองอย่างพร้อมกัน ในแอฟริกามีการปลูกพืชอาหาร สลับกับแถว หรือแถบ (alley cropping, strip cropping) ต้นกระถินหรือแคฝรั่ง ที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ ทำฟืน วัสดุก่อสร้าง บำรุงดิน ให้ร่มเงาสำหรับพืชที่ขึ้นในร่ม หรือเพื่อบริโภค กระถินเป็นพืชอาหารสัตว์สำคัญ ที่ปลูกร่วมกับหญ้าในทุ่งหญ้าเลี้ยงโคในออสเตรเลียเขตกึ่งร้อน ทองหลางในสวนไม้ผลเมืองนนท์ เป็นตัวอย่างของการใช้ต้นไม้ตระกูลถั่วในวนเกษตรไทย (กรอบที่ 1.2) ต้นไม้ตระกูลถั่ว (tree and shrub legumes) มีบทบาทสำคัญในวนเกษตร ด้วยความสามารถในการงอกต้นขึ้นใหม่จากตอหลังจากตัด (ภาพที่ 1.8) นอกจากนี้ด้วยรากที่หยั่งลึกกว่าพืชล้มลุก ต้นไม้จึงทนทานต่อความแล้งได้ดี ในพื้นที่ที่มีฤดูแล้งยาวนานหลายเดือน เช่น ในภูมิอากาศเขตมรสุมและเขตกึ่งแล้ง (semi-arid climate)

ภาพที่ 1.8 ขี้เหล็กที่ปลูกไว้ทำไม้ฟืนที่สิบสองปันนา มณฑลยูนนาน สาธารณรัฐประชาชนจีน
ที่มา: www.forest.ku.ac.th

3. การวัดผลผลิตพืชแซม

การวัดผลผลิตจากพืชแซม ที่ประกอบด้วยผลผลิตที่มีมูลค่าแตกต่างกัน ในทางเศรษฐกิจหรือทางโภชนาการ เช่น เมล็ดข้าวโพดและถั่วที่มีราคาต่างกัน หรือมวลชีวะที่แตกต่างกันในปริมาณธาตุอาหาร ด้วยดัชนี RY (relative yield) ที่คำนวนจากผลผลิตจากพืชแซมที่คิดเป็นสัดส่วนต่อผลผลิตจากการปลูกเดี่ยว ใน 3 แบบ ที่บ่งชี้ถึงข้อได้เปรียบปลูกพืชแซมเหนือพืชเดี่ยว ได้แก่ ดัชนี RYT, LER และ ATER ที่มีค่าสูงกว่า 1.00