เอกสารวิชาการ

ISBN: 978-616-358-578-3

กรมวิชาการเกษตร

# คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน
# สำหรับพืชไร่เศรษฐกิจ

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
2564

# คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน
# สำหรับพืชไร่เศรษฐกิจ

## ที่ปรึกษา

| | |
|---|---|
| นางสาวลมัย ชูเกียรติวัฒนา | ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร |
| นายกอบเกียรติ ไพศาลเจริญ | ข้าราชการบำนาญกรมวิชาการเกษตร |
| นางสาวศรีสุดา ทิพยรักษ์ | ข้าราชการบำนาญกรมวิชาการเกษตร |
| นางสาวพรพรรณ สุทธิแย้ม | ข้าราชการบำนาญกรมวิชาการเกษตร |
| นายสมควร คล้องช้าง | ข้าราชการบำนาญกรมวิชาการเกษตร |

## ผู้จัดทำ

| | |
|---|---|
| นางสาวศุภกาญจน์ ล้วนมณี | ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา |
| นางสาวสมฤทัย ตันเจริญ | นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ |
| นางสาวชัชธนพร เกื้อหนุน | นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ |
| นางสาววนิดา โนบรรเทา | นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ |
| นางสาวสายน้ำ อุดพ้วย | นักวิชาการเกษตรชำนาญการ |
| นางสาวปิยะนันท์ วิวัฒน์วิทยา | นักวิชาการเกษตรชำนาญการ |
| นางสาวรมิดา ขันตรีกรม | นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ |
| นางสาวนุชนาฏ ตันวรรณ | นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ |
| นายบรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์ | นักวิชาการเกษตรชำนาญการ |
| นายมนต์ชัย มนัสสิลา | นักวิชาการเกษตรชำนาญการ |
| นางสาวอมรรัตน์ ใจยะเสน | นักวิชาการเกษตรชำนาญการ |
| นายดาวรุ่ง คงเทียน | ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรราชบุรี |
| นางวัลลีย์ อมรพล | นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ |
| นายชยันต์ ภักดีไทย | นักวิชาการเกษตรชำนาญการ |
| นางสาวสุมาลี โพธิ์ทอง | นักวิชาการเกษตรชำนาญการ |
| นางสาวจิราลักษณ์ ภูมิไธสง | นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ |
| นางสาววิลัยรัตน์ แป้นแก้ว | นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ |
| นายเนติรัฐ ชุมสุวรรณ | นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ |

# คำนำ

ปุ๋ย เป็นปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่มีความสำคัญและเป็นต้นทุนหลักในการผลิตพืช การใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุอาหารให้กับพืช ควรใช้ให้เหมาะสมกับสภาพดิน ชนิดพืช ระยะเวลาที่พืชต้องการ รวมทั้งวิธีการใส่ที่ถูกต้อง และควรทำการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกพืชในแต่ละปี เพื่อประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ช่วยให้สามารถจัดการดินและปุ๋ยในการผลิตพืชได้อย่างเหมาะสม และสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน เป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืช ลดต้นทุน และเพิ่มรายได้เกษตรกรอย่างมั่นคงและยั่งยืน

คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร ได้มีการพัฒนาและทดสอบมาอย่างต่อเนื่อง เพื่อปรับปรุงคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ซึ่งกลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ร่วมกับสถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจังหวัดต่างๆ ได้ดำเนินงานวิจัยในการพัฒนาและปรับปรุงคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับพืชไร่เศรษฐกิจ โดยศึกษาการตอบสนองต่อธาตุอาหารของพืชแต่ละชนิดและแต่ละพันธุ์ในแหล่งปลูกสำคัญซึ่งดินมีสมบัติทางกายภาพ เคมี และความอุดมสมบูรณ์ของดินแตกต่างกัน ศึกษาปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชและปริมาณธาตุอาหารที่สูญหายไปกับผลผลิต วิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของพืชในการสร้างผลผลิตและชีวมวล และวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์เพื่อประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนจากการใช้ปุ๋ย รวมทั้งรวบรวมผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อจัดทำเอกสารคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและการปรับปรุงดินในการผลิตพืชไร่เศรษฐกิจ ได้แก่ อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดฝักสด และพืชตระกูลถั่ว

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า เอกสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อนักวิชาการ เกษตรกร และผู้เกี่ยวข้อง สามารถนำความรู้การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินกับพืชไร่เศรษฐกิจไปปรับใช้ในการผลิตและการจัดการธาตุอาหารพืชได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุน และรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินได้อย่างยั่งยืน

(นางสาวลมัย ชูเกียรติวัฒนา)
ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทที่ 1 การใช้ปุ๋ยสำหรับอ้อย | 1 |
| บทที่ 2 การใช้ปุ๋ยสำหรับมันสำปะหลัง | 29 |
| บทที่ 3 การใช้ปุ๋ยสำหรับข้าวโพด | 51 |
| บทที่ 4 การใช้ปุ๋ยสำหรับพืชตระกูลถั่ว | 72 |
| บทที่ 5 เอกสารอ้างอิง | 93 |

# บทที่ 1
# การใช้ปุ๋ยสำหรับอ้อย

## 1. ข้อมูลทั่วไป

อ้อย เป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศ ในปีการผลิต พ.ศ. 2562/2563 มีพื้นที่ปลูกอ้อย 11,959,140 ไร่ ผลผลิตทั้งหมด 85,369,690 ตัน ผลผลิตเฉลี่ยทั้งประเทศ 7.09 ตันต่อไร่ ความหวานของอ้อย เฉลี่ย 12.68 CCS โดยพื้นที่ปลูกอ้อยส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวม 5,229,405 ไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 7.43 ตันต่อไร่ แหล่งปลูกสำคัญอยู่ในจังหวัดอุดรธานี นครราชสีมา ขอนแก่น ชัยภูมิ และกาฬสินธุ์ รองลงมาเป็นเขตภาคกลางมีพื้นที่รวม 3,172,574 ไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 6.44 ตันต่อไร่ แหล่งปลูกสำคัญอยู่ในจังหวัดกาญจนบุรี ลพบุรี สุพรรณบุรี อุทัยธานี และราชบุรี ตามด้วยภาคเหนือมีพื้นที่รวม 2,878,687 ไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 7.16 ตันต่อไร่ แหล่งปลูกสำคัญอยู่ในจังหวัดนครสวรรค์ กำแพงเพชร เพชรบูรณ์ สุโขทัย และพิษณุโลก และภาคตะวันออกมีพื้นที่รวม 678,474 ไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 7.53 ตันต่อไร่ แหล่งปลูกสำคัญอยู่ในจังหวัดสระแก้ว และชลบุรี (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2563) เนื่องจากพื้นที่ปลูกอ้อยส่วนใหญ่อยู่ในเขตอาศัยน้ำฝน ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และขาดแหล่งน้ำ ทำให้ได้ผลผลิตต่ำในขณะที่ต้นทุนการผลิตสูง (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2563) แนวทางในการลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรชาวไร่อ้อย คือ การเพิ่มความสามารถในการไว้ตอเพื่อลดต้นทุนการเตรียมดินและท่อนพันธุ์ หากเกษตรกรชาวไร่อ้อยสามารถไว้ตอได้มากขึ้น โดยที่อ้อยยังคงให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่า 10 ตันต่อไร่ จะช่วยสร้างความมั่นคงและยั่งยืนให้กับอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลของไทยให้สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ดียิ่งขึ้น

## 2. สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการผลิตอ้อย

### 2.1 สภาพพื้นที่และสมบัติของดินที่เหมาะสม

พื้นที่ปลูกอ้อยควรเป็นพื้นที่ราบถึงพื้นที่ลอนลาดที่มีความชันไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ และเป็นที่ดอนหรือที่ลุ่มไม่มีน้ำท่วมขัง ความสูงไม่เกิน 1,500 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง พื้นที่ปลูกอ้อยควรอยู่ในรัศมี 50 กิโลเมตรจากโรงงาน ไม่อยู่ในแหล่งมลพิษ และเป็นพื้นที่ประกาศเป็นเขตเศรษฐกิจสำหรับอ้อยโรงงาน

ลักษณะดินที่เหมาะสมกับการปลูกอ้อย ต้องมีโครงสร้างดี ควรมีเนื้อดินร่วนปนทรายถึงร่วนเหนียว ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) เป็นกรดจัดถึงด่างเล็กน้อย (5.5 - 7.5) อินทรียวัตถุ 1.5 - 2.5 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 10 - 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 80 - 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็นต้น (ตารางที่ 1.1)

### 2.2 สภาพภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศที่เหมาะสม ควรมีปริมาณน้ำฝน 1,200 - 1,500 มิลลิเมตรต่อปี และฝนตกสม่ำเสมอในช่วง 1 ถึง 8 เดือนแรก อุณหภูมิเฉลี่ย 30 - 35 องศาเซลเซียส มีแสงแดดมากกว่า 8 ชั่วโมง (สมศรี และรังสิมันตุ์, 2549)

**ตารางที่ 1.1** ค่ามาตรฐานความเหมาะสมของดินที่ปลูกอ้อย

| สมบัติต่าง ๆ | ระดับที่เหมาะสม |
|---|---|
| ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน | 5.5 - 7.5 |
| อินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์) | 1.5 - 2.5 |
| ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | 10 - 20 |
| โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | 80 - 150 |
| แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | 110 - 125 |
| แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | 12 - 30 |
| ทองแดงที่สามารถสกัดได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | มากกว่า 0.2 |
| สังกะสีที่สามารถสกัดได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | มากกว่า 0.6 |
| ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (เซนติโมลต่อกิโลกรัม) | มากกว่า 15 |
| ค่าการนำไฟฟ้าของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (เดซิซีเมนต่อเมตร) | ต่ำกว่า 2.5 |
| ร้อยละความอิ่มตัวของด่าง | มากกว่า 75 |
| ความลึกของดิน (เซนติเมตร) | มากกว่า 100 |
| ความลึกของระดับน้ำใต้ดิน (เซนติเมตร) | มากกว่า 160 |
| เนื้อดิน | ร่วนปนทรายถึงร่วนเหนียว |

ที่มา: ปรีชา (2547)

**2.3 ฤดูการปลูก**

การปลูกอ้อยสามารถแบ่งตามฤดูปลูกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้ (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2547)

**2.3.1 อ้อยต้นฝน** แบ่งเป็น 2 เขต ได้แก่ (1) อ้อยต้นฝนในเขตชลประทาน ปลูกในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน และ (2) อ้อยต้นฝนในเขตอาศัยน้ำฝน ปลูกในช่วงเดือนเมษายนถึงมิถุนายน โดยพื้นที่ปลูกอ้อยต้นฝนในเขตชลประทานส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคกลางและภาคตะวันออก ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตอ้อยสูง วิธีการให้น้ำสามารถทำได้โดยให้น้ำตามร่องหลังจากวางลำปลูก หรือที่เรียกว่า “อ้อยน้ำราด” โดยให้น้ำตามร่องหลังวางลำแล้วใช้ดินกลบเพื่อรักษาความชื้นในดิน ช่วยให้อ้อยงอกและเจริญเติบโตได้ในระยะสั้นก่อนเข้าสู่ฤดูฝน หรือสามารถทำได้โดยใช้เครื่องปลูกที่มีการหยอดน้ำทำให้อ้อยงอกได้ดีและอยู่รอดจนถึงฤดูฝนได้ เรียกระบบนี้ว่า “อ้อยน้ำหยอด” อ้อยต้นฝนในเขตชลประทาน หากมีการจัดการที่ดีจะได้ผลผลิตอ้อยไม่ต่ำกว่า 15 ตันต่อไร่ ส่วนอ้อยต้นฝนในเขตอาศัยน้ำฝนจะครอบคลุมพื้นที่ปลูกอ้อยส่วนใหญ่ของประเทศ ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยที่มีความแปรปรวนในเรื่องผลผลิตสูง เนื่องจากปริมาณและการกระจายตัวของฝนไม่สม่ำเสมอและดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ จึงทำให้ได้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำกว่า 10 ตันต่อไร่

**2.3.2 อ้อยปลายฝนหรืออ้อยข้ามแล้ง** เป็นการปลูกอ้อยโดยอาศัยความชื้นในดินช่วงปลายฤดูฝน เพื่อให้อ้อยงอกและเจริญเติบโตอย่างช้า ๆ ไปจนกว่าอ้อยจะได้รับน้ำฝนต้นฤดู เป็นการปลูกอ้อยที่ใช้ได้ผลในเขตปลูกอ้อยโดยอาศัยน้ำฝนที่ดินเป็นดินทรายหรือร่วนปนทราย ที่สำคัญจะต้องมีปริมาณน้ำฝนไม่ต่ำกว่า 1,200 มิลลิเมตรต่อปี และมีการกระจายตัวสม่ำเสมอ โดยเฉพาะในช่วงต้นฤดู (กุมภาพันธ์ถึงเมษายน) จะต้องมีปริมาณฝนที่พอเพียงกับการเจริญเติบโตของอ้อยในช่วงแรก อ้อยที่ปลูกในเขตนี้จะมีอายุไม่น้อยกว่า 12 เดือนในขณะตัดอ้อยเข้าโรงงาน ทำให้ได้ผลผลิตและคุณภาพ (ความหวาน) สูงกว่าอ้อยที่ปลูกต้นฝน และมีปัญหาเรื่องวัชพืชรบกวนน้อย เพราะหน้าดินจะแห้งอยู่ตลอดเวลาในช่วงแรกของการเจริญเติบโต แต่ถ้าต้นฤดูมีฝนตกน้อยหรือตกล่าช้า อาจทำให้อ้อยเสียหายได้

**2.4 ความต้องการน้ำของอ้อย** ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ และช่วงการเจริญเติบโต ซึ่งสามารถแบ่งระยะความต้องการน้ำตามช่วงการเจริญเติบโตในอ้อยปลูกและอ้อยตอ ดังนี้ (กอบเกียรติ, 2556)

**2.4.1 อ้อยปลูก** แบ่งระยะการเจริญเติบโตได้ เป็น 4 ระยะ ได้แก่

1) ระยะตั้งตัว (0 - 30 วัน) เป็นระยะที่อ้อยเริ่มงอกจนมีใบจริง และเป็นต้นอ่อน ระยะนี้อ้อยต้องการน้ำน้อย เฉลี่ย 1.1 มิลลิเมตรต่อวัน เพราะรากอ้อยยังสั้นและการคายน้ำยังมีน้อย แต่ดินจะต้องมีความชื้นพอเหมาะกับการงอก ถ้าความชื้นในดินมากเกินไปจะทำให้ตาอ้อยเน่า แต่หากความชื้นในดินน้อยเกินไปจะทำให้ตาอ้อยไม่งอก หรือ ถ้างอกแล้วอาจจะเหี่ยวเฉาหรือตายไป ในดินที่ผิวหน้าฉาบเป็นแผ่นแข็งเมื่ออยู่ในสภาพแห้ง อาจทำให้หน่ออ้อยไม่สามารถแทงโผล่ขึ้นมาได้ ดังนั้น ในระยะนี้การให้น้ำอ้อยควรให้ในปริมาณที่น้อยและบ่อยครั้ง เพื่อทำให้ความชื้นดินเหมาะสม

2) ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (31 - 170 วัน) ระยะนี้รากอ้อยเริ่มแพร่กระจายทั้งในแนวดิ่งและแนวราบ เป็นระยะที่อ้อยกำลังแตกกอและสร้างปล้องเป็นช่วงที่อ้อยต้องการน้ำเฉลี่ย 4.4 มิลลิเมตรต่อวัน ถ้าอ้อยได้รับน้ำในปริมาณที่เพียงพอในระยะนี้ จะทำให้อ้อยมีจำนวนลำต่อกอมาก ปล้องยาวมีลำยาว และผลผลิตสูง การให้น้ำจึงต้องให้บ่อยครั้ง

3) ระยะสร้างน้ำตาลหรือช่วงสร้างผลผลิต (171 - 295 วัน) เป็นระยะที่อ้อยมีการเจริญเติบโตสูงสุด อ้อยในระยะนี้มีความต้องการน้ำในปริมาณมาก เฉลี่ย 10.2 มิลลิเมตรต่อวัน ช่วงนี้ใบอ้อยบางส่วนจะเริ่มแห้งจึงทำให้พื้นที่ใบที่ทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสง และคายน้ำลดน้อยลง จึงไม่จำเป็นต้องให้น้ำบ่อย แต่จะให้เฉพาะช่วงที่อ้อยเริ่มแสดงอาการขาดน้ำ

4) ระยะสุกแก่ (296 – 330 วัน) เป็นช่วงที่อ้อยต้องการน้ำลดน้อยลง เฉลี่ย 6.4 มิลลิเมตรต่อวัน ในช่วงก่อนเก็บเกี่ยว 6 - 8 สัปดาห์ ควรหยุดให้น้ำเพื่อลดปริมาณน้ำในลำต้นอ้อยและบังคับให้น้ำตาลทั้งหมดในลำอ้อยเปลี่ยนเป็นน้ำตาลซูโครส

**2.4.2 อ้อยตอ** แบ่งระยะการเจริญเติบโตได้ เป็น 4 ระยะ ได้แก่

1) ระยะตั้งตัว (0 - 45 วัน) อ้อยตอต้องการน้ำเฉลี่ย 3.4 มิลลิเมตรต่อวัน

2) ระยะพักตัว (46 - 120 วัน) อ้อยตอต้องการน้ำเฉลี่ย 2.6 มิลลิเมตรต่อวัน

3) ระยะแตกกอ (121 - 225 วัน) เป็นช่วงที่มีความสำคัญต่อการให้ผลผลิต อ้อยต้องได้รับน้ำในปริมาณที่เพียงพอ อ้อยตอมีความต้องการน้ำเฉลี่ย 5.8 มิลลิเมตรต่อวัน

4) ระยะยืดปล้องและสะสมน้ำตาล (226 - 330 วัน) เป็นช่วงที่อ้อยต้องการน้ำเฉลี่ย 12.5 มิลลิเมตรต่อวัน แม้ในระยะดังกล่าวนี้อ้อยจะมีความต้องการน้ำในปริมาณมาก แต่ไม่จำเป็นต้องให้น้ำบ่อย อาจให้น้ำเฉพาะช่วงที่อ้อยเริ่มแสดงอาการขาดน้ำ

5) ระยะสุกแก่ (331 - 360 วัน) เป็นช่วงที่อ้อยต้องการน้ำน้อย เฉลี่ย 3.3 มิลลิเมตรต่อวัน

**2.5 ปัจจัยที่ใช้พิจารณาปริมาณและความถี่ของการให้น้ำในอ้อย** มีดังนี้ (กอบเกียรติ, 2556)

**2.5.1 สมบัติทางกายภาพของดิน** ได้แก่ ความสามารถของดินในการอุ้มน้ำ ดินที่มีเนื้อละเอียดหรือเหนียวสามารถอุ้มน้ำไว้ได้มากไม่จำเป็นต้องให้น้ำบ่อยครั้ง ในขณะที่ดินที่มีเนื้อหยาบหรือดินทรายที่มีความสามารถอุ้มน้ำต่ำจำเป็นต้องให้น้ำบ่อยครั้ง อ้อยจะเจริญเติบโตได้ดีเมื่อความชื้นในดินเหมาะสม ถ้าดินมีความชื้นสูงเกินไป เช่น ในสภาพน้ำขังจะทำให้รากพืชขาดออกซิเจน โดยทั่วไปถ้าในดินมีอากาศน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ รากอ้อยจะชะงักการดูดธาตุอาหาร น้ำ และออกซิเจน เป็นเหตุให้พืชชะงักการเจริญเติบโต แต่ถ้าหากอยู่ในสภาวะขาดน้ำ อ้อยจะแสดงอาการใบห่อในเวลากลางวัน

**2.5.2 สภาพลมฟ้าอากาศ** ในช่วงที่อุณหภูมิสูงอ้อยจะคายน้ำมาก ดังนั้นความต้องการน้ำจึงมากตามไปด้วย จำเป็นต้องให้น้ำบ่อยขึ้น แต่ในช่วงที่มีฝนตกควรงดให้น้ำ และหาทางระบายน้ำแทน เพื่อให้ดินมีความชื้นและอากาศในดินเหมาะสม ถ้าฝนทิ้งช่วง ควรให้น้ำช่วย จะทำให้การเจริญเติบโตของอ้อยดีขึ้น

**2.5.3 พันธุ์อ้อย** อ้อยแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อปริมาณน้ำและให้ผลผลิตแตกต่างกัน (ตารางที่ 1.2)

**ตารางที่ 1.2** ปริมาณการใช้น้ำของพันธุ์อ้อยต่าง ๆ ต่อการให้ผลผลิต

| พันธุ์อ้อย | | ผลผลิตอ้อย (ตัน/ไร่) | ปริมาณการใช้น้ำ (มม.) | ปริมาณน้ำ (มม.) | | แหล่งข้อมูล |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ฝน | ให้น้ำ | |
| ขอนแก่น 3 | 1) อ้อยปลูก | 34.8 | 1,591 | 1,149 | 379 | กอบเกียรติ และคณะ (2555) |
| | 2) อ้อยตอ 1 | 21.1 | 1,703 | 1,308 | 71 | |
| อู่ทอง 3 | 1) อ้อยปลูก | 27.2 | 1,686 | 453 | 1,233 | Prakunhungsit *et al*. (2006) |
| ซีโอ376 | 1) อ้อยปลูก | 30.7 | 1,496 | - | - | Thompson *et al*. (1963) |
| | 2) อ้อยตอ 1 | 29.0 | 1,110 | | | |
| | 3) อ้อยตอ 2 | 23.8 | 1,069 | | | |

**2.5.4 ระยะการเจริญเติบโต** ปริมาณความต้องการน้ำของอ้อยขึ้นอยู่กับระยะการเจริญเติบโตและความลึกที่รากหยั่งลงไปถึง (ตารางที่ 1.3 และ 1.4)

**ตารางที่ 1.3** ความต้องการน้ำของอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ

| ระยะการเจริญเติบโตของอ้อยปลูก | อายุ (วัน) | Kc | ปริมาณความต้องการน้ำ (มม./วัน) | ปริมาณความต้องการน้ำ (ลบ.ม./ไร่/วัน) |
|---|---|---|---|---|
| ระยะตั้งตัว | 0-30 | 0.21 | 1.1 | 1.7 |
| ระยะเติบโตทางลำต้น | 31-170 | 0.73 | 4.4 | 7.1 |
| ระยะสร้างน้ำตาล | 171-295 | 1.70 | 10.2 | 16.3 |
| ระยะสุกแก่ | 296-330 | 1.17 | 6.4 | 10.3 |

1/ หาค่า Kc จากวิธีการของ FAO Blaney-Criddle (ดัดแปลงจาก กอบเกียรติ และคณะ, 2555)

**ตารางที่ 1.4** ความต้องการน้ำของอ้อยตอพันธุ์ขอนแก่น 3 ในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ

| ระยะการเจริญเติบโตของอ้อยตอ | อายุ (วัน) | Kc | ปริมาณความต้องการน้ำ (มม./วัน) | ปริมาณความต้องการน้ำ (ลบ.ม./ไร่/วัน) |
|---|---|---|---|---|
| ระยะตั้งตัว | 0-45 | 0.69 | 3.4 | 5.4 |
| ระยะพักตัว | 46-120 | 0.39 | 2.6 | 4.2 |
| ระยะเติบโตทางลำต้น | 121-225 | 0.84 | 5.8 | 9.4 |
| ระยะสร้างน้ำตาล | 226-330 | 2.28 | 12.5 | 20.0 |
| ระยะสุกแก่ | 331-360 | 0.75 | 3.3 | 5.2 |

1/ หาค่า Kc จากวิธีการของ FAO Blaney-Criddle (ดัดแปลงจาก กอบเกียรติ และคณะ, 2555)

**3. ความต้องการธาตุอาหารของอ้อย**

อ้อยต้องการธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและใช้สะสมน้ำตาล สำหรับธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) เป็นธาตุอาหารที่ทำให้อ้อยให้ผลผลิตสูง ธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) กำมะถัน (S) ธาตุอาหารจุลภาค ได้แก่ เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) แมงกานีส (Mn) ทองแดง (Cu) โบรอน (B) คลอรีน (Cl) โมลิบดีนัม (Mo) และธาตุเสริมประโยชน์ ได้แก่ ซิลิคอน (Si) ธาตุอาหารเหล่านี้มีความสำคัญในการช่วยการเจริญเติบโตของอ้อย ถ้าขาดอาจทำให้อ้อยเจริญเติบโตไม่ปกติ โดยธาตุอาหารแต่ละตัว มีระดับความเหมาะสมที่อ้อยต้องการแตกต่างกันไป (ตารางที่ 1.5)

**ตารางที่ 1.5** ระดับวิกฤติความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชและระดับที่เหมาะสมของธาตุอาหารในใบอ้อย

| ธาตุอาหาร | ระดับวิกฤต | ระดับที่เหมาะสม |
|---|---|---|
| ไนโตรเจน (N, %) | 1.80 | 2.00 - 2.60 |
| ฟอสฟอรัส (P, %) | 0.19 | 0.22 - 0.30 |
| โพแทสเซียม (K, %) | 0.90 | 1.00 - 1.60 |
| แคลเซียม (Ca, %) | 0.20 | 0.20 - 0.45 |
| แมกนีเซียม (Mg, %) | 0.13 | 0.15 - 0.32 |
| กำมะถัน (S, %) | 0.13 | 0.13 - 0.18 |
| ซิลิกอน (Si, %) | 0.50 | มากกว่า 0.60 |
| เหล็ก (Fe, มก./กก.) | 50 | 55 - 105 |
| แมงกานีส (Mn, มก./กก.) | 16 | 20 - 100 |
| สังกะสี (Zn, มก./กก.) | 15 | 17 - 32 |
| ทองแดง (Cu, มก./กก.) | 3 | 4 - 8 |
| โบรอน (B, มก./กก.) | 4 | 15 - 20 |
| โมลิบดินัม (Mo, มก./กก.) | 0.05 | - |

ที่มา: Anderson and Bowen (1990) และ McCray and Mylavarapu (2010)

**หมายเหตุ:** ปริมาณธาตุอาหารที่ระดับวิกฤต เป็นระดับที่สามารถทำให้ผลผลิตของอ้อยลดลง 5-10% เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณธาตุอาหารที่ระดับเหมาะสม

**ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารของอ้อย**

กอบเกียรติ (2558) ได้รายงานปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารของอ้อยที่ปลูกในชุดดินต่างๆ พบว่า อ้อยปลูกมีการดูดใช้ไนโตรเจนเฉลี่ย 1.64 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1 ตัน ฟอสฟอรัสเฉลี่ย 0.66 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1 ตัน โพแทสเซียมเฉลี่ย 2.53 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1 ตัน ในขณะที่อ้อยตอมีการดูดใช้ไนโตรเจนเฉลี่ย 1.34 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1 ตัน ฟอสฟอรัสเฉลี่ย 0.60 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1 ตัน โพแทสเซียมเฉลี่ย 2.07 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1 ตัน โดยธาตุอาหารในส่วนของใบประกอบด้วยไนโตรเจน 0.85 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1 ตัน ฟอสฟอรัส 0.24 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1 ตัน โพแทสเซียม 1.20 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1 ตัน และในส่วนของลำ (ต้น) ประกอบด้วยไนโตรเจน 0.64 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1 ตัน ฟอสฟอรัส 0.39 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1 ตัน โพแทสเซียม 1.09 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1 ตัน ซึ่งหากเก็บเกี่ยวนำเฉพาะลำออกไปจากพื้นที่ ก็จะมีการสูญหายของไนโตรเจน 8.59 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัส 5.30 กิโลกรัมต่อไร่ และโพแทสเซียม 14.76 กิโลกรัมต่อไร่ แต่หากนำออกไปทั้งต้นและใบ จะทำให้มีธาตุอาหารสูญหายออกไปจากพื้นที่รวมไนโตรเจน 1.49 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1 ตัน (20.10 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่)

ฟอสฟอรัส 0.63 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1 ตัน (8.47 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อไร่) และโพแทสเซียม 2.30 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1 ตัน (31 กิโลกรัมโพแทสเซียมต่อไร่) (ตารางที่ 1.6) ซึ่งมีผลทำให้ดินเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ได้ หากมีการใส่ปุ๋ยไม่เพียงพอที่จะชดเชยกับปริมาณที่สูญหายออกไป

**ตารางที่ 1.6** ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของอ้อยและปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารทั้งหมด

| เนื้อดิน/ชุดดิน/จังหวัด | อ้อยปลูก/อ้อยตอ | พันธุ์ | ผลผลิต (ตัน/ไร่) | ส่วนของพืช | ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของพืช (กก.ธาตุอาหาร/ผลผลิต 1 ตัน) | | | | | แหล่งที่มา |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | N | P | K | Ca | Mg | |
| ดินทราย ชุดดินบ้านไผ่ จ.ขอนแก่น | อ้อยปลูก | ขอนแก่น 3 | 14.20 | ต้น | 0.59 | 0.20 | 1.35 | 0.18 | 0.27 | ศุภกาญจน์ และคณะ (2558ก) |
| | | | | ใบ | 0.49 | 0.08 | 0.77 | 0.18 | 0.09 | |
| | | | | รวม | 1.08 | 0.29 | 2.12 | 0.36 | 0.36 | |
| | | LK92-11 | 12.59 | ต้น | 0.61 | 0.21 | 1.33 | 0.16 | 0.25 | |
| | | | | ใบ | 0.54 | 0.09 | 0.83 | 0.21 | 0.10 | |
| | | | | รวม | 1.15 | 0.29 | 2.15 | 0.37 | 0.34 | |
| | อ้อยตอ | ขอนแก่น 3 | 15.40 | ต้น | 0.63 | 0.17 | 0.81 | 0.27 | 0.18 | |
| | | | | ใบ | 0.43 | 0.08 | 0.77 | 0.34 | 0.09 | |
| | | | | รวม | 1.06 | 0.25 | 1.58 | 0.60 | 0.27 | |
| | | LK92-11 | 13.01 | ต้น | 0.62 | 0.16 | 0.52 | 0.25 | 0.15 | |
| | | | | ใบ | 0.50 | 0.08 | 0.74 | 0.46 | 0.09 | |
| | | | | รวม | 1.12 | 0.25 | 1.26 | 0.71 | 0.24 | |
| ดินทราย ชุดดินสัตหีบ จ.ระยอง | อ้อยปลูก | ขอนแก่น 3 | 14.12 | ต้น | 0.51 | 0.78 | 1.0 | - | - | วัลลีย์ และคณะ (2558จ) |
| | | | | ใบ | 0.82 | 0.41 | 0.54 | - | - | |
| | | | | รวม | 1.33 | 1.19 | 1.59 | - | - | |
| | | LK92-11 | 12.13 | ต้น | 0.52 | 0.85 | 1.30 | - | - | |
| | | | | ใบ | 1.17 | 0.54 | 0.80 | - | - | |
| | | | | รวม | 1.69 | 1.39 | 2.10 | - | - | |
| | อ้อยตอ | ขอนแก่น 3 | 8.28 | ต้น | 0.66 | 0.68 | 1.29 | - | - | |
| | | | | ใบ | 0.64 | 0.25 | 1.21 | - | - | |
| | | | | รวม | 1.30 | 0.93 | 2.50 | - | - | |
| | | LK92-11 | 10.27 | ต้น | 0.62 | 0.67 | 1.30 | - | - | |
| | | | | ใบ | 0.76 | 0.27 | 1.22 | - | - | |
| | | | | รวม | 1.38 | 0.94 | 2.51 | - | - | |
| ดินทราย ชุดดินบ้านบึง จ.ระยอง | อ้อยปลูก | ขอนแก่น 3 | 15.71 | ต้น | 0.50 | 0.42 | 0.55 | - | - | วัลลีย์ และคณะ (2558ค) |
| | | | | ใบ | 0.37 | 0.15 | 0.53 | - | - | |
| | | | | รวม | 0.87 | 0.57 | 1.08 | - | - | |
| | | LK92-11 | 13.28 | ต้น | 0.69 | 0.61 | 1.11 | - | - | |
| | | | | ใบ | 0.71 | 0.28 | 0.96 | - | - | |
| | | | | รวม | 1.39 | 0.89 | 2.07 | - | - | |
| | อ้อยตอ | ขอนแก่น 3 | 13.42 | ต้น | 0.58 | 0.60 | 1.63 | - | - | |
| | | | | ใบ | 0.44 | 0.20 | 0.97 | - | - | |
| | | | | รวม | 1.02 | 0.80 | 2.60 | - | - | |
| | | LK92-11 | 12.86 | ต้น | 0.58 | 0.57 | 1.76 | - | - | |
| | | | | ใบ | 0.82 | 0.35 | 1.46 | - | - | |
| | | | | รวม | 1.40 | 0.92 | 3.22 | - | - | |

**ตารางที่ 1.6** (ต่อ) ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของอ้อยและปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารทั้งหมด

| เนื้อดิน/ ชุดดิน/ จังหวัด | อ้อยปลูก/ อ้อยตอ | พันธุ์ | ผลผลิต (ตัน/ไร่) | ส่วนของพืช | ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของพืช (กก.ธาตุอาหาร/ผลผลิต 1 ตัน) | | | | | แหล่งที่มา |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | N | P | K | Ca | Mg | |
| ดินเหนียว ชุดดินเพชรบุรี จ.นครปฐม | อ้อยปลูก | ขอนแก่น 3 | 13.9 | ต้น | 0.56 | 0.37 | - | - | - | สมควร และคณะ (2558ข) |
| | | | | ใบ | 1.22 | 0.35 | - | - | - | |
| | | | | รวม | 1.78 | 0.72 | - | - | - | |
| | | LK92-11 | 12.3 | ต้น | 0.52 | 0.40 | - | - | - | |
| | | | | ใบ | 1.30 | 0.36 | - | - | - | |
| | | | | รวม | 1.82 | 0.76 | - | - | - | |
| ดินเหนียว ชุดดินทับกวาง จ.นครสวรรค์ | อ้อยปลูก | ขอนแก่น 3 | 11.01 | ต้น | 0.87 | 0.30 | 1.31 | - | - | สมควร และคณะ (2558ข) |
| | | | | ใบ | 1.01 | 0.24 | 1.90 | - | - | |
| | | | | รวม | 1.88 | 0.54 | 3.21 | - | - | |
| | | LK92-11 | 10.98 | ต้น | 0.75 | 0.31 | 1.28 | - | - | |
| | | | | ใบ | 0.85 | 0.20 | 1.45 | - | - | |
| | | | | รวม | 1.59 | 0.51 | 2.73 | - | - | |
| | อ้อยตอ | ขอนแก่น 3 | 13.49 | ต้น | 0.79 | 0.20 | 0.79 | - | - | |
| | | | | ใบ | 0.23 | 0.05 | 0.41 | - | - | |
| | | | | รวม | 1.02 | 0.24 | 1.19 | - | - | |
| | | LK92-11 | 13.31 | ต้น | 0.81 | 0.20 | 0.67 | - | - | |
| | | | | ใบ | 0.26 | 0.05 | 0.38 | - | - | |
| | | | | รวม | 1.07 | 0.25 | 1.05 | - | - | |
| ดินเหนียว ชุดดินราชบุรี จ.ราชบุรี | อ้อยปลูก | สุพรรณบุรี 80 | 15.59 | ต้น | 1.04 | 0.53 | 1.86 | - | - | อุดม และคณะ (2558) |
| | | | | ใบ | 1.05 | 0.30 | 1.10 | - | - | |
| | | | | รวม | 2.09 | 0.82 | 2.96 | - | - | |
| | | LK92-11 | 12.98 | ต้น | 1.09 | 0.50 | 1.70 | - | - | |
| | | | | ใบ | 1.06 | 0.33 | 1.30 | - | - | |
| | | | | รวม | 2.15 | 0.83 | 3.00 | - | - | |
| | อ้อยตอ | สุพรรณบุรี 80 | 12.59 | ต้น | 0.52 | 0.56 | 1.83 | - | - | |
| | | | | ใบ | 0.81 | 0.28 | 1.27 | - | - | |
| | | | | รวม | 1.33 | 0.83 | 3.10 | - | - | |
| | | LK92-11 | 11.13 | ต้น | 0.55 | 0.54 | 1.67 | - | - | |
| | | | | ใบ | 0.82 | 0.24 | 1.32 | - | - | |
| | | | | รวม | 1.37 | 0.78 | 2.99 | - | - | |
| ดินเหนียว ชุดดินตาคลี จ.นครสวรรค์ | อ้อยปลูก | อู่ทอง 14 | 17.1 | ต้น | 0.62 | 0.18 | 1.05 | - | - | สมฤทัย และคณะ (2558ก) |
| | | | | ใบ | 1.66 | 0.38 | 2.91 | - | - | |
| | | | | รวม | 2.27 | 0.56 | 3.96 | - | - | |
| | | LK92-11 | 14.0 | ต้น | 0.76 | 0.19 | 0.74 | - | - | |
| | | | | ใบ | 2.25 | 0.49 | 5.27 | - | - | |
| | | | | รวม | 3.02 | 0.68 | 6.01 | - | - | |
| | อ้อยตอ | อู่ทอง 14 | 11.0 | ต้น | 0.62 | 0.10 | 0.36 | - | - | |
| | | | | ใบ | 0.50 | 0.12 | 0.71 | - | - | |
| | | | | รวม | 1.12 | 0.22 | 1.07 | - | - | |
| | | LK92-11 | 9.3 | ต้น | 0.98 | 0.17 | 0.42 | - | - | |
| | | | | ใบ | 0.68 | 0.16 | 1.31 | - | - | |
| | | | | รวม | 1.66 | 0.33 | 1.73 | - | - | |

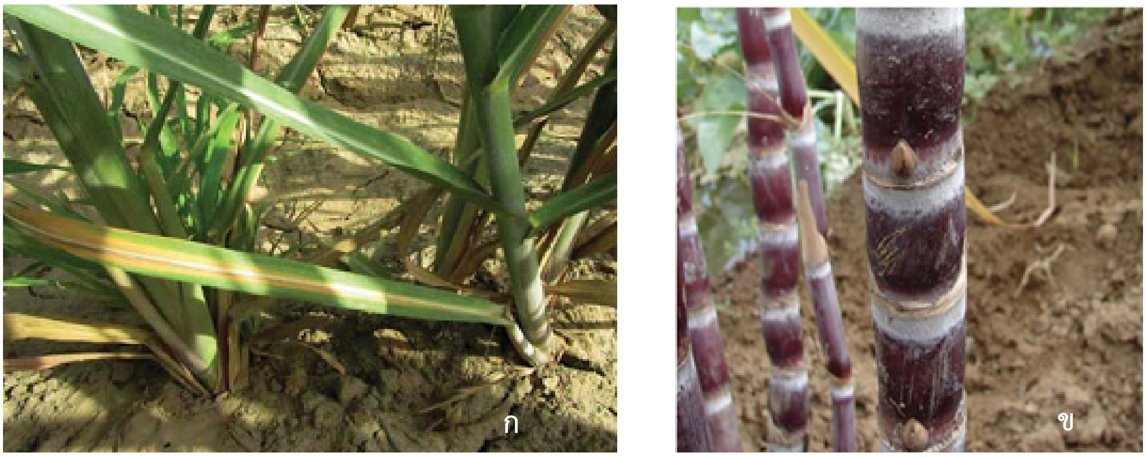
**ตารางที่ 1.6** (ต่อ) ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของอ้อยและปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารทั้งหมด

| เนื้อดิน/ชุดดิน/จังหวัด | อ้อยปลูก/อ้อยตอ | พันธุ์ | ผลผลิต (ตัน/ไร่) | ส่วนของพืช | ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของพืช (กก.ธาตุอาหาร/ผลผลิต 1 ตัน) | | | | | แหล่งที่มา |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | N | P | K | Ca | Mg | |
| ดินเหนียว ชุดดินสมอทอด จ.นครสวรรค์ | อ้อยปลูก | อู่ทอง 14 | 21.0 | ต้น | 0.27 | 0.09 | 0.40 | - | - | สมฤทัย และคณะ (2558ก) |
| | | | | ใบ | 0.60 | 0.11 | 0.60 | - | - | |
| | | | | รวม | 0.87 | 0.20 | 0.99 | | | |
| | | LK92-11 | 18.1 | ต้น | 0.35 | 0.14 | 0.41 | - | - | |
| | | | | ใบ | 0.86 | 0.14 | 1.02 | - | - | |
| | | | | รวม | 1.20 | 0.28 | 1.43 | - | - | |
| | อ้อยตอ | อู่ทอง 14 | 16.2 | ต้น | 0.41 | 0.46 | - | - | - | |
| | | | | ใบ | 1.39 | 0.28 | - | - | - | |
| | | | | รวม | 1.80 | 0.74 | - | - | - | |
| | | LK92-11 | 16.9 | ต้น | 0.51 | 0.60 | - | - | - | |
| | | | | ใบ | 1.65 | 0.28 | - | - | - | |
| | | | | รวม | 2.16 | 0.88 | - | - | - | |
| เฉลี่ย | อ้อยปลูก | | 14.31 | ต้น | 0.64 | 0.38 | 1.10 | 0.17 | 0.26 | |
| | | | | ใบ | 1.00 | 0.28 | 1.43 | 0.20 | 0.10 | |
| | | | | รวม | 1.64 | 0.66 | 2.53 | 0.37 | 0.36 | |
| | อ้อยตอ | | 13.54 | ต้น | 0.63 | 0.41 | 1.09 | 0.26 | 0.17 | |
| | | | | ใบ | 0.71 | 0.19 | 0.98 | 0.40 | 0.09 | |
| | | | | รวม | 1.34 | 0.60 | 2.07 | 0.66 | 0.26 | |
| | รวม | | 13.48 | ต้น | 0.64 | 0.39 | 1.09 | 0.22 | 0.21 | |
| | | | | ใบ | 0.85 | 0.24 | 1.20 | 0.30 | 0.09 | |
| | | | | รวม | 1.49 | 0.63 | 2.30 | 0.51 | 0.31 | |

ที่มา: กอบเกียรติ (2558)

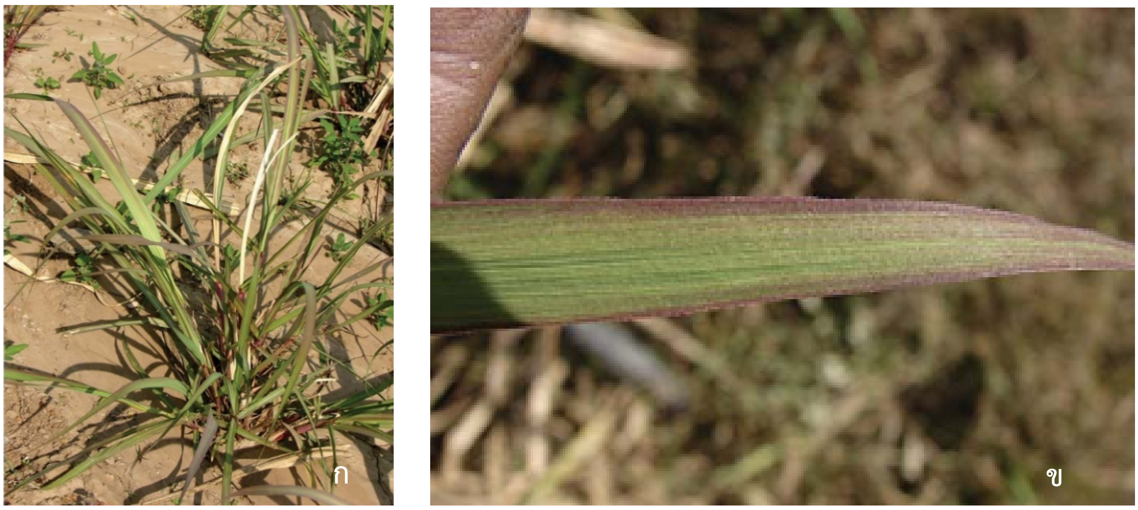
## 4. อาการขาดธาตุอาหารของอ้อย

**4.1 ไนโตรเจน** เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน และส่วนที่เป็นสีเขียวของพืช (chlorophyll) มีหน้าที่ช่วยทำให้พืชตั้งตัวได้เร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต ส่งเสริมการแตกยอดอ่อน ใบและกิ่งก้าน ไนโตรเจนจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของอ้อย อ้อยมักขาดไนโตรเจนในช่วงระยะยืดปล้องและสร้างลำมากกว่าระยะอื่น หากอ้อยขาดไนโตรเจนจะชะงักการเจริญเติบโต ต้นเตี้ยแคระแกร็น ใบล่างจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นเหลืองซีดจนถึงสีน้ำตาลและร่วงก่อนกำหนด (ภาพที่ 1.1) ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตลดน้อยลง จากการวิเคราะห์ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนของอ้อย พบว่า อ้อยดูดใช้ไนโตรเจนไปสะสมในส่วนของใบ และลำต้นเฉลี่ย 0.85 และ 0.64 กิโลกรัม N ต่อผลผลิต 1 ตัน ตามลำดับ (ตารางที่ 1.6) ดังนั้น หากอ้อยให้ผลผลิตเฉลี่ย 13.54 ตันต่อไร่ จะมีไนโตรเจนสูญเสียไปกับผลผลิต 8.59 กิโลกรัม N ต่อไร่ เทียบเท่าปุ๋ยยูเรีย 18.68 กิโลกรัมต่อไร่ แต่หากมีการเผาใบจะทำให้มีไนโตรเจนสูญหายเพิ่มอีก 11.50 กิโลกรัม N ต่อไร่ หรือเท่ากับปุ๋ยยูเรีย 25.01 กิโลกรัมต่อไร่ การป้องกันแก้ไขการขาดธาตุไนโตรเจนทำได้โดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ปรับปรุงดิน ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน สำหรับการปลูกอ้อยในดินเนื้อหยาบ เช่น ดินทราย หรือดินร่วนปนทราย ซึ่งมักเกิดการชะล้างไนโตรเจนได้ง่าย ควรแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างน้อย 2 ครั้ง และหากปลูกอ้อยในดินที่เป็นด่าง หรือมีค่าความเป็นกรด-ด่างของดินมากกว่า 7.0 ควรใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) แทนการใช้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) เพื่อปรับระดับความเป็นกรด-ด่างของดินให้ลดลง และลดการสูญหายของไนโตรเจนโดยการระเหิดในรูปของก๊าซแอมโมเนีย ($NH_3$)




**ภาพที่ 1.1** ลักษณะการขาดธาตุไนโตรเจนในอ้อย
แหล่งที่มาภาพ : (ก) Dr. Manoj Kumar Sharma (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
(ข) Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)

**4.2 ฟอสฟอรัส** มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของราก ทำให้พืชตั้งตัวได้ดี ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ (mobile) ในต้นพืช ดังนั้นอาการขาดธาตุฟอสฟอรัสจึงแสดงออกเริ่มต้นจากบริเวณที่เป็นเนื้อเยื่อแก่ โดยใบแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้มจนถึงเขียวอมน้ำเงิน แดงหรือม่วง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนปลายใบและขอบใบ (ภาพที่ 1.2) ปล้องสั้น ต้นเตี้ย ลำมีขนาดเล็ก การแตกกอและความแข็งแรงของอ้อยจะลดลง จำนวนลำต้นต่อพื้นที่และผลผลิตจึงลดลงตามไปด้วย อาการขาดฟอสฟอรัส มักพบในอ้อยที่มีการแตกกอมากเกินไป หรืออ้อยที่ขยายพันธุ์ด้วยเนื้อเยื่อ หรือในดินแน่นทึบ เป็นดินดานหรือขาดอากาศ เป็นต้น อ้อยตอมักจะขาดฟอสฟอรัสในช่วงระยะแตกกอมากกว่าระยะอื่น ๆ นอกจากนี้ยังพบอาการขาดฟอสฟอรัส เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 12 องศาเซลเซียส นานติดต่อกันเกิน 3 วัน




**ภาพที่ 1.2** ลักษณะการขาดธาตุฟอสฟอรัสในอ้อย
แหล่งที่มาภาพ : (ก) Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
(ข) Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)

จากการวิเคราะห์ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสของอ้อย พบว่า ฟอสฟอรัสสะสมอยู่ในส่วนใบ และลำต้นเฉลี่ย 0.24 และ 0.39 กิโลกรัม P ต่อผลผลิต 1 ตัน ตามลำดับ (ตารางที่ 1.6) หากผลผลิตอ้อยเฉลี่ย 13.48 ตันต่อไร่ ฟอสฟอรัสที่สูญหายออกไปจากพื้นที่โดยติดไปกับลำต้นเท่ากับ 5.30 กิโลกรัม P ต่อไร่ หรือคิดเทียบเท่าปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) 11.51 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายในดินได้น้อยมาก ดังนั้นการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตควรใส่ให้ใกล้บริเวณรากอ้อยมากที่สุด โดยใส่รองพื้นพร้อมปลูกหรือโรยข้างแถวของอ้อยตอ

**4.3 โพแทสเซียม** มีความจำเป็นต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง การดูดและคายน้ำ การสร้างคาร์โบไฮเดรตและน้ำตาล การลำเลียงน้ำตาล และการงอกของตาอ้อย โพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์พืชโดยทำให้ผนังเซลล์หนาและแข็งแรง พบมากในส่วนที่กำลังขยายตัวและในส่วนที่เซลล์แบ่งตัว ช่วยให้พืชมีความต้านทานโรค เพิ่มผลผลิตและคุณภาพ เช่น ความหวาน เป็นต้น อ้อยที่ขาดโพแทสเซียมจะมีการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ต่ำกว่าปกติ โดยแสดงอาการขาดภายใน 2 - 5 เดือน อ้อยจะไม่มีการแตกกอ ลำเล็กกว่าปกติ ยอดและขอบใบมีจุดประสีส้ม มีแผลแห้งตายระหว่างเส้นใบ ใบแก่เริ่มเหลืองจากปลายใบและขอบใบจนกระทั่งใบมีสีน้ำตาลทั้งใบคล้ายไฟลวก เส้นกลางใบด้านบนมีสีแดง ใบอ่อนมีสีเขียวเข้ม บิดเบี้ยวผิดรูปร่างใบจะเป็นพุ่มหรือคล้ายพัด (ภาพที่ 1.3)


**ภาพที่ 1.3** ลักษณะการขาดธาตุโพแทสเซียมในอ้อย
แหล่งที่มาภาพ : (ก) Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
(ข) Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)

อ้อยตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยโพแทชต่ำมาก แม้ว่าในดินมีโพแทสเซียมรูปที่แลกเปลี่ยนได้ในปริมาณต่ำกว่าค่าวิกฤต 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ก็ตาม ดังนั้นอ้อยจึงมักไม่แสดงอาการขาดโพแทสเซียม แต่จากการวิเคราะห์พืชกลับพบว่า อ้อยดูดใช้โพแทสเซียมมากกว่าไนโตรเจนเล็กน้อย ดังนั้นคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับปุ๋ยโพแทชจะพิจารณาถึงปริมาณปุ๋ยโพแทชที่จำเป็นต้องใช้ เพื่อชดเชยปริมาณโพแทสเซียมที่มีโอกาสสูญเสียไปกับผลผลิต จากการวิเคราะห์ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมของอ้อย พบว่า มีการสะสมโพแทสเซียมในส่วนใบและลำต้น เฉลี่ย 1.20 และ 1.09 กิโลกรัม K ต่อผลผลิต 1 ตัน (ตารางที่ 1.6) ดังนั้นถ้าอ้อยให้ผลผลิตเฉลี่ย 13.48 ตันต่อไร่ เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตออกไปจากพื้นที่จะสูญเสียโพแทสเซียมที่ติดไปกับลำต้นเท่ากับ 14.76 กิโลกรัม K ต่อไร่ หรือคิดเป็นปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) เท่ากับ 24.60 กิโลกรัมต่อไร่ หากไถกลบเศษซากใบ โพแทสเซียมในเศษซากใบก็จะยังคงอยู่ในพื้นที่ แต่เมื่อมีการนำใบออกไปจากพื้นที่

โพแทสเซียมในส่วนของใบก็จะสูญหายออกไปด้วย ดังนั้นถ้าต้องการรักษาศักยภาพของดินในการผลิตพืชอย่างยั่งยืน จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยโพแทชชดเชยกลับลงไปในพื้นที่เพิ่มเติมมากขึ้น การป้องกันแก้ไขการขาดโพแทสเซียมทำได้โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน กรณีดินทรายควรปรับปรุงดินด้วยวัสดุอินทรีย์ เช่น กากตะกอนหม้อกรองอ้อย หรือใช้น้ำกากส่า เป็นต้น

**4.4 แคลเซียม** เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ และช่วยในการทำงานของเอนไซม์บางชนิด อ้อยที่ขาดแคลเซียมจะแสดงอาการทั้งส่วนเนื้อเยื่ออ่อนและแก่ ใบอ่อนส่วนยอดจะตาย ใบไม่เจริญเติบโตเต็มที่ ปลายใบติดกันคล้ายขั้นบันได (ladder-like) (ภาพที่ 1.4) จากรายงานของ ศุภกาญจน์ และคณะ (2558ก) พบว่า อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 และ พันธุ์แอลเค 92-11 มีการดูดใช้แคลเซียมไปสะสมอยู่ในส่วนของต้นและใบ เฉลี่ย 0.2 และ 0.3 กิโลกรัม Ca ต่อผลผลิต 1 ตัน (ตารางที่ 1.6) การป้องกันแก้ไขการขาดแคลเซียม กรณีดินกรดควรปรับปรุงดินด้วยหินปูนบดหรือปูนโดโลไมต์ หากเป็นดินเค็ม ควรปรับปรุงดินด้วยยิปซัม

**ภาพที่ 1.4** ลักษณะการขาดธาตุแคลเซียมในอ้อย
แหล่งที่มาภาพ : Dr. Manoj Kumar Sharma. (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)

**4.5 แมกนีเซียม** เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ซึ่งมีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง ส่งเสริมการดูดใช้ฟอสฟอรัส การสังเคราะห์กรดอะมิโนและวิตามิน และการหายใจของเซลล์พืช อ้อยที่ขาดแมกนีเซียมจะแสดงอาการเริ่มต้นจากปลายใบและขอบใบ ใบแก่หรือใบล่างเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแต่เส้นใบยังมีสีเขียวอยู่ มีจุดประคล้ายสนิมบนแผ่นใบ จากนั้นสีใบจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและแห้งตายในที่สุด ใบจะมีขนาดเล็ก ขอบใบงอเข้าหากันและเปราะง่าย กิ่งแขนงของพืชมักอ่อนแอง่ายต่อการเข้าทำลายของโรค ดังแสดงภาพที่ 1.5 ภายในลำอ้อยจะพบเส้นสีน้ำตาลแดง ศุภกาญจน์ และคณะ (2558ก) รายงานว่า อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 และ พันธุ์แอลเค 92-11 มีการดูดใช้แมกนีเซียมไปสะสมอยู่ในส่วนลำต้นและใบ เฉลี่ย 0.2 และ 0.1 กิโลกรัม Mg ต่อผลผลิต 1 ตัน ตามลำดับ (ตารางที่ 1.6) การขาดแมกนีเซียมมักพบในดินทรายและดินที่มีโพแทสเซียมสูง การป้องกันและแก้ไขการขาดแมกนีเซียม สำหรับดินกรดที่มีแมกนีเซียมต่ำ ควรปรับปรุงดินด้วยปูนโดโลไมต์ ส่วนดินที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างของดินมากกว่า 6 หากพบอาการขาดแมกนีเซียม ควรแก้ไขโดยการใส่แมกนีเซียมซัลเฟต

**ภาพที่ 1.5** ลักษณะการขาดธาตุแมกนีเซียมในอ้อย
แหล่งที่มาภาพ : D.L. Anderson (McCray *et al.*, 2019)

**4.6 กำมะถัน** เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโนและโปรตีน อ้อยที่ขาดกำมะถันมีอาการใบเหลืองอย่างสม่ำเสมอคล้ายกับอาการขาดธาตุไนโตรเจน แต่การขาดกำมะถันจะแสดงอาการเริ่มต้นจากบริเวณใบอ่อน โดยใบจะแคบและสั้น ใบมีแถบสีขาวหรือเหลืองขนานไปกับแกนใบ ลำต้นเรียวเล็ก ส่งผลให้ผลผลิตลดลงตามไปด้วย (ภาพที่ 1.6) การขาดกำมะถันมักพบในพื้นที่ที่ไม่มีน้ำชลประทาน ดินมีอินทรียวัตถุต่ำ และไม่มีการใส่ปุ๋ยที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ หากดินขาดกำมะถันควรปรับปรุงดินด้วยยิปซัม หรือใช้ปุ๋ยที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0 + 24S) เป็นต้น


**ภาพที่ 1.6** ลักษณะการขาดธาตุกำมะถันในอ้อย
แหล่งที่มาภาพ : (ก) Dr. Manoj Kumar Sharma (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
(ข) Dr. Manoj Kumar Sharma (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)

**4.7 เหล็ก** เป็นองค์ประกอบของโปรตีนที่มีความสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การหายใจ และการนำก๊าซไนโตรเจนจากอากาศและดินมาใช้ประโยชน์ อ้อยที่ขาดเหล็กจะเจริญเติบโตผิดปกติและแห้งตาย แสดงอาการเหลืองระหว่างเส้นใบ (interveinal chlorosis) โดยเริ่มจากปลายของฐานใบ หลังจากนั้นทั้ง

ต้นจะเหลืองซีด อ้อยตอมักแสดงอาการขาดธาตุเหล็ก เนื่องจากรากมีการเจริญเติบโตลดลง (ภาพที่ 1.7) การขาดเหล็กของอ้อยมักพบในดินด่าง เนื่องจากเหล็กจะถูกตรึงให้อยู่ในรูปไม่เป็นประโยชน์ ในดินโซดิกที่มีการระบายน้ำเลว รากอ้อยไม่พัฒนาและถูกทำลายเป็นบางส่วน อ้อยจะแสดงอาการขาดเหล็ก นอกจากนี้อ้อยที่ขาดเหล็กยังแสดงอาการอ่อนแอต่อเชื้อรา *Cercospora* sp. ซึ่งเป็นเชื้อสาเหตุของโรคใบจุดสีน้ำตาล (ธวัช, 2559) การขาดเหล็กอาจแก้ไขโดยการทำให้ความเป็นกรดของดินลดลง หรือฉีดพ่นสารละลายเฟอรัสซัลเฟต 1 เปอร์เซ็นต์ อาการขาดเหล็กจะหายไปภายหลังฉีดพ่น 3 เดือน และทำให้อ้อยเติบโตอย่างรวดเร็ว ส่วนอ้อยที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นเฟอรัสซัลเฟตจะแสดงอาการแคระแกร็นและใบมีสีขาว

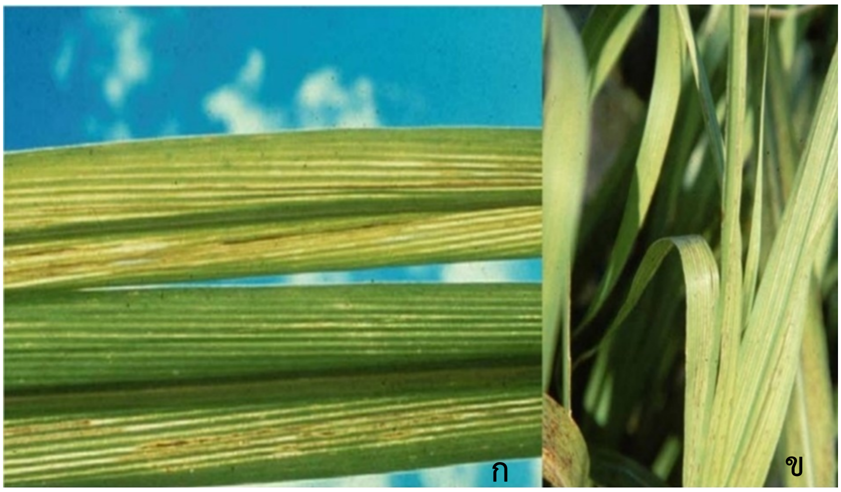

**ภาพที่ 1.7** ลักษณะการขาดธาตุเหล็กในอ้อย

แหล่งที่มาภาพ : (ก) Dr. Prakash Kumar and Dr Manoj Kumar Sharma. (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
(ข) Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)

**4.8 สังกะสี** เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงและสารเร่งการเจริญเติบโตของอ้อย อ้อยที่ขาดสังกะสีจะมีเส้นใบเหลือง โดยเริ่มแสดงอาการเหลืองที่ฐานของใบก่อน (ภาพที่ 1.8) ใบจะมีขนาดเล็กเป็นคลื่นลอน และหากมีการขาดอย่างรุนแรงใบจะแห้งตาย อ้อยที่ขาดสังกะสีจะแตกกอและไว้ตอได้ลดลง อ้อยต้องการสังกะสีในปริมาณค่อนข้างมาก จากการวิเคราะห์ใบอ้อยที่ปกติจะพบปริมาณสังกะสี 15 - 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หากอ้อยมีปริมาณสังกะสีต่ำกว่า 15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ถือว่าอยู่ในระดับวิกฤต (ตารางที่ 1.5) ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการให้ผลผลิตของอ้อยได้ การป้องกันการขาดสังกะสีสามารถทำได้โดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีในการผลิตอ้อย การแก้ไขปัญหาการขาดธาตุสังสะสีสามารถทำได้โดยใช้สังกะสีคีเลท สังกะสีคลอไรด์ และสังกะสีซัลเฟต เป็นต้น

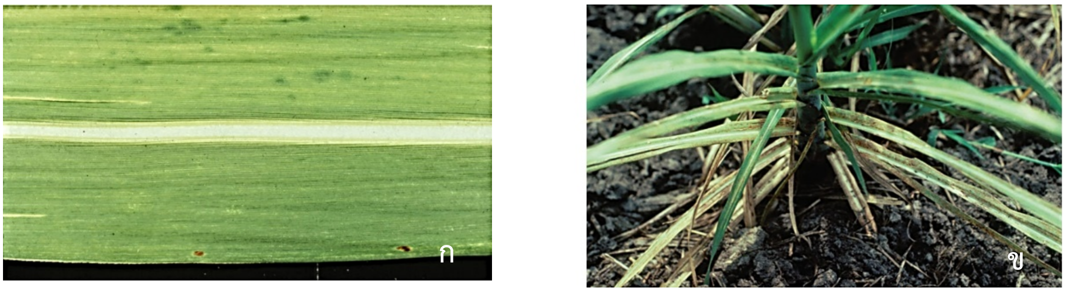

**ภาพที่ 1.8** ลักษณะการขาดธาตุสังกะสีในอ้อย
แหล่งที่มาภาพ :(ก) Dr. Manoj Kumar Sharma. (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
(ข) Dr. Manoj Kumar Sharma (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)

**4.9 แมงกานีส** ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์บางชนิด และมีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง อ้อยที่ขาดแมงกานีสจะแสดงอาการเหลืองซีดได้หลายระดับ แต่จะไม่แห้งเหี่ยว อาการเหลืองระหว่างเส้นใบจะเริ่มจากปลายใบสู่กลางใบ (ภาพที่ 1.9) ความไม่สมดุลของธาตุอาหารในดินเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อ้อยขาดแมงกานีสได้ เช่น ดินที่มีแมกนีเซียม แคลเซียม และไนโตรเจนสูง อ้อยจะแสดงอาการขาดแมงกานีส สามารถแก้ไขได้โดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ปรับปรุงดินหรือใส่แมงกานีสซัลเฟต




**ภาพที่ 1.9** ลักษณะการขาดธาตุแมงกานีสในอ้อย
แหล่งที่มาภาพ : (ก) J.Orlando Filho (R. Ridge, 2013) (ข) J.E. Bowen (R. Ridge, 2013)

**4.10 ทองแดง** เป็นองค์ประกอบที่จำเป็นของเอนไซม์บางชนิดและองค์ประกอบที่สำคัญของสารช่วยลำเลียงอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง อ้อยที่ขาดทองแดงจะแสดงอาการยอดลู่ลงดิน ใบอ้อยจะมีอาการเขียวเป็นจุดๆ หากขาดทองแดงอย่างรุนแรง ใบอ้อยจะบางและอาจม้วนงอ (ภาพที่ 1.10) การแก้ไขเมื่ออ้อยขาดทองแดง อาจใช้คอปเปอร์คีเลต หรือคอปเปอร์ซัลเฟต อัตรา 800 - 1,000 กรัมต่อไร่ ละลายน้ำราดที่โคน

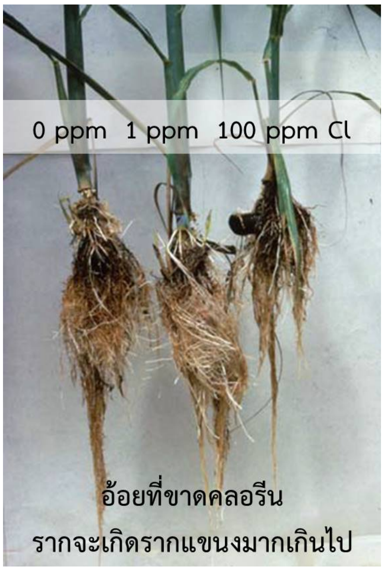



**ภาพที่ 1.10** ลักษณะการขาดธาตุทองแดงในอ้อย
แหล่งที่มาภาพ : (ก) G.J. Gascho (McCray *et al.*, 2019) (ข) D.L. Anderson (McCray *et al.*, 2019)

**4.11 โบรอน** มีความจำเป็นต่อการสร้างโปรตีนและการขนส่งคาร์โบไฮเดรตในต้นพืช ใบอ้อยที่ขาดโบรอนจะบิดเบี้ยว ขอบใบจะมีลักษณะหยักเป็นคลื่น ในกรณีที่ขาดโบรอนอย่างรุนแรงจะแสดงอาการปลายใบไหม้ หากอ้อยขาดโบรอนในขณะที่อายุยังน้อยจะแตกพุ่มแจ้ ใบจะเปราะและขาดง่าย (ภาพที่ 1.11) การขาดโบรอนมักจะเกิดในดินทรายที่มีการระบายน้ำดีหรือการใส่ปูนขาวมากเกินไป ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้อ้อยขาดโบรอนได้เช่นกัน


**ภาพที่ 1.11** ลักษณะการขาดธาตุโบรอนในอ้อย
แหล่งที่มาภาพ : (ก) D.L. Anderson (McCray *et al.*, 2019) (ข) J.Orlando Filho (McCray *et al.*, 2019)
(ค) J.E. Bowen (McCray *et al.*, 2019) (ง) G.J. Gascho (McCray *et al.*, 2019)

**4.12 คลอรีน** มีความจำเป็นต่อการสังเคราะห์แสง อ้อยที่ขาดคลอรีนใบอ่อนของอ้อยจะยืดยาวและเหี่ยว โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากได้รับอุณหภูมิสูง แต่สามารถกลับคืนสู่สภาพปกติได้ในเวลากลางคืน และเกิดการสร้างรากฝอยมากเกินไป (ภาพที่ 1.12) การขาดคลอรีนสามารถแก้ไขได้โดยใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ส่วนดินเค็มและดินโซดิกจะมีคลอรีนในปริมาณมาก พืชอาจแสดงอาการเป็นพิษ ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้น้ำชะล้างคลอรีนออกจากดิน หรือใส่ยิปซัม เพื่อช่วยให้ดินโปร่งร่วนซุยขึ้นและทำให้น้ำซึมลงง่าย




**ภาพที่ 1.12** ลักษณะการขาดธาตุคลอรีนและคลอรีนเป็นพิษในอ้อย
แหล่งที่มาภาพ : J.E. Bowen (McCray *et al.*, 2019)
หมายเหตุ 0 ppm Cl : ขาดธาตุคลอรีน 100 ppm Cl : คลอรีนเป็นพิษ

**4.13 โมลิบดินัม** เป็นองค์ประกอบของโปรตีนที่มีความสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและการนำก๊าซไนโตรเจนจากอากาศและดินมาใช้ประโยชน์ อ้อยที่ขาดโมลิบดินัมจะมีอาการใบแก่แห้งตาย บนแผ่นใบเกิดแถบสั้น ๆ สีเหลืองซีดตามแนวยาว (ภาพที่ 1.13) ลำต้นอ้อยจะสั้นและเรียวเล็ก ระดับวิกฤตของโมลิบดินัมในดินประมาณ 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 1.5) ซึ่งอาการขาดโมลิบดินัมมักขาดในดินที่เป็นกรด ดังนั้นควรปรับปรุงดินด้วยการใช้ปูนขาวหรือหินปูนบด เป็นต้น


**ภาพที่ 1.13** ลักษณะการขาดธาตุโมลิบดินัมในอ้อย
แหล่งที่มาภาพ : J.E. Bowen (McCray *et al.*, 2019)

**4.14 ซิลิคอน** อ้อยที่ขาดซิลิคอนจะแสดงอาการใบมีจุดสีขาว (ภาพที่ 1.14) มักแสดงอาการที่รุนแรงในใบแก่ นอกจากนั้นยังส่งผลให้ใบแก่ก่อนเวลาอันควร อ้อยที่ขาดซิลิคอนนั้น มีการแตกกอและไว้ตอได้น้อย ถึงแม้ว่าซิลิคอนไม่ได้เป็นธาตุอาหารพืชที่จำเป็น แต่มีประโยชน์ช่วยให้ทรงกอตั้งตรง แข็งแรง ไม่หักล้มง่าย ลดความเป็นพิษของอะลูมินัม และช่วยเพิ่มผลผลิต นิยมใส่ในรูปแคลเซียมซิลิเกต

**ภาพที่ 1.14** ลักษณะการขาดธาตุซิลิคอนในอ้อย
แหล่งที่มาภาพ : J.E. Bowen (McCray *et al.*, 2019)

**5. การจัดการดิน**

**5.1 การไถระเบิดดินดาน**

ดินดานเป็นชั้นดินที่อัดตัวแน่นโดยมีความหนาแน่นรวมของดินมากกว่า 1.6 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนใหญ่พบที่ระดับความลึกลงไปจากผิวดินประมาณ 20 - 50 เซนติเมตร มีความหนา 20 - 30 เซนติเมตร สาเหตุที่ทำให้เกิดชั้นดาน เกิดจากการไถพรวนในระดับเดียวกันเป็นระยะเวลานานหลายปี ทำให้เกิดดินดานใต้รอยไถ การเหยียบย่ำโดยรถไถและรถบรรทุก การเกิดชั้นดานมีผลทำให้น้ำซึมผ่านดินได้ช้า รากไม่สามารถชอนไชลงไปในดินระดับลึกได้ ดังนั้นเมื่อฝนทิ้งช่วง อ้อยจะแสดงอาการขาดน้ำได้ง่าย ทำให้เจริญเติบโตได้ไม่ดี และช่วงฝนตกชุกจะเกิดสภาพดินมีน้ำขังได้ง่าย เป็นสาเหตุให้รากอ้อยเน่า นอกจากนี้การที่ดินแน่นทำให้การดูดใช้ธาตุอาหารลดลง การไถระเบิดดินดานทำให้อ้อยมีผลผลิตสูงกว่าการไม่ไถดินดาน เพราะการไถระเบิดดินดานจะทำให้ปริมาณน้ำฝนซึมลงดินได้ลึกและถูกเก็บกักไว้ในดินเพิ่มมากขึ้น ทำให้อ้อยสามารถดูดใช้น้ำได้ดีขึ้น ยืดระยะเวลาการขาดน้ำนานกว่าเดิม เมื่อฝนทิ้งช่วง ควรไถขณะดินไม่แห้งมากจนเกินไปแต่ให้มีความชื้นเล็กน้อยประมาณ 8 - 10 เปอร์เซ็นต์ การไถในรอบแรกอาจไถได้ไม่ลึกนัก ประมาณ 20 - 40 เซนติเมตร และเมื่อทำการไถรอบสองควรไถขวางตัดกับแนวการไถรอบแรกแบบตารางหมากรุก จะทำให้ไถลงได้ลึกถึง 50 เซนติเมตร

**5.2 การไถเตรียมดิน**

กรณีดินเหนียว ไถกลบเศษซากพืชด้วยผาลสามหรือผาลสี่ จากนั้นตากดินไว้ 1 - 2 สัปดาห์ จึงไถแปรด้วยผาลเจ็ดแล้วไถเปิดร่องด้วยผาลยกร่อง

กรณีดินทราย ไถกลบเศษซากพืชหรือพืชบำรุงดินด้วยผาลเจ็ด ทิ้งไว้ 2 สัปดาห์ จึงไถบุกเบิกด้วยผาลสาม ไถแปรด้วยผาลเจ็ดแล้วพรวนด้วยผาลพรวน

**5.3 การปรับปรุงดิน**

หากพื้นที่ปลูกอ้อยเป็นดินทรายหรือร่วนปนทรายโดยทั่วไปจะมีอินทรียวัตถุในปริมาณต่ำ ควรปรับปรุงดินด้วยวัสดุอินทรีย์ เช่น กากตะกอนหม้อกรองอ้อย 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ การไถกลบเศษซากพืช หรือการปลูกพืชตระกูลถั่วที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศ เช่น การปลูกปอเทือง ถั่วมะแฮะ ถั่วพร้า ถั่วพุ่ม และถั่วขอ เป็นต้น โดยหว่านเมล็ดอัตรา 8 - 10 กิโลกรัมต่อไร่ แล้วไถกลบก่อนปลูกอ้อย 2 - 4 สัปดาห์ ดินมีค่าความ

เป็นกรด-ด่างของดิน ต่ำกว่า 5.6 ควรปรับปรุงดินด้วยปูนขาวหรือปูนโดโลไมต์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ จากการวิจัยพบว่า ดินทรายถึงดินร่วนปนทรายที่มีอินทรียวัตถุต่ำกว่า 0.75 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าความเป็นกรดด่างของดินต่ำกว่า 5.6 เมื่อปรับปรุงดินด้วยปูนโดโลไมต์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใช้กากตะกอนหม้อกรอง 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ช่วยเพิ่มผลผลิตอ้อยได้ถึง 30 - 50 เปอร์เซ็นต์ (ศุภกาญจน์ และคณะ, 2555; วัลลีย์ และคณะ, 2555ค; ศุภกาญจน์ และคณะ, 2558ก)

## 6. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับอ้อย

### 6.1 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน

การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเป็นการใช้ปุ๋ยให้ตรงตามสมบัติของดินและความต้องการของพืชที่มีความคุ้มค่าแก่การลงทุน สมบัติทางกายภาพของดิน เช่น เนื้อดิน มีผลต่อการกักเก็บหรือการชะล้างสูญหายของธาตุอาหารในดิน ความหนาแน่นรวมของดินใช้ในการคำนวณปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในดิน ส่วนสมบัติทางเคมีของดิน เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน มีผลต่อการดูดซับธาตุประจุบวกให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้และลดการสูญหายของธาตุอาหารโดยการถูกชะละลาย การพิจารณาการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินให้ตรงตามความต้องการธาตุอาหารของพืชนั้น ได้จากการศึกษาการตอบสนองต่อธาตุอาหารของพืชโดยทำการทดลองในพื้นที่ต่าง ๆ ภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันทั้งสมบัติของดิน สภาพพื้นที่ และสภาพภูมิอากาศ รวมทั้งวิเคราะห์ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร การสูญหายของธาตุอาหารที่จะติดออกไปกับผลผลิตที่นำออกไปจากพื้นที่ และมีการประเมินความคุ้มค่าแก่การลงทุน

กอบเกียรติ (2556) ได้แบ่งระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ปลูกอ้อยโดยพิจารณาจากปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (ตารางที่ 1.7) ซึ่งสามารถนำไปพิจารณาอัตราปุ๋ยที่จะต้องใช้ (ตารางที่ 1.8) อย่างไรก็ตาม หากไม่สามารถทำการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกได้ สามารถใช้วิธีคำนวณปริมาณปุ๋ยที่เหมาะสมได้โดยพิจารณาจากเนื้อดิน (ตารางที่ 1.9)

การใส่ปุ๋ยสำหรับอ้อยนั้น แนะนำให้แบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่พร้อมปลูก ครั้งที่สองใส่เมื่ออ้อยอายุ 3-4 เดือน หรือหากปลูกอ้อยข้ามแล้งจะใส่ปุ๋ยครั้งที่สองเมื่ออ้อยอายุ 5-6 เดือน การใส่ปุ๋ยในแต่ละครั้งควรใส่เมื่อดินมีความชื้นเหมาะสม ส่วนปุ๋ยฟอสเฟตใส่ครั้งเดียวพร้อมปลูก ส่วนปุ๋ยโพแทช กรณีที่เป็นดินเหนียวถึงดินร่วนเหนียวใส่ครั้งเดียวก่อนปลูก หากเป็นดินทรายถึงดินร่วนปนทรายอาจแบ่งใส่ 2 - 3 ครั้ง พร้อมกับปุ๋ยไนโตรเจน วิธีการใส่ปุ๋ยด้วยเครื่องฝังปุ๋ยหรือเปิดร่องข้างแถวใส่และกลบ จะมีประสิทธิภาพกว่าการหว่านโดยไม่มีการกลบฝัง นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยในอ้อยที่ปลูกข้ามแล้งสามารถปฏิบัติได้ตามตารางที่ 1.10 ซึ่งช่วยให้การใช้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

**ตารางที่ 1.7** ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินปลูกอ้อยจากค่าวิเคราะห์ดินในแหล่งปลูกอ้อยของประเทศไทย

| ระดับความอุดมสมบูรณ์ | อินทรียวัตถุ (%) | ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.) | โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.) |
|---|---|---|---|
| ต่ำมาก | น้อยกว่า 0.75 | น้อยกว่า 7 | น้อยกว่า 30 |
| ต่ำ | 0.75 - 1.50 | 7 - 15 | 30 - 60 |
| ปานกลาง | 1.51 - 2.25 | 16 - 30 | 60 - 90 |
| สูง | มากกว่า 2.25 | มากกว่า 30 | มากกว่า 90 |

ที่มา: พัฒนาจากกอบเกียรติ (2556) และโครงการวิจัยและพัฒนาดิน น้ำ และปุ๋ยอ้อย ปี 2554-2558

หมายเหตุ การวิเคราะห์ดิน อินทรียวัตถุ วิเคราะห์โดยวิธี Walkley and Black (1934) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ถ้า pH น้อยกว่า 7.3 สกัดดินโดยวิธี Bray II ถ้า pH มากกว่า 7.3 สกัดดินโดยวิธีของ Olsen (Olsen *et al.*, 1954) แล้ววัดโดยใช้เครื่องมือ Spectrophotometer (Bray and Kurtz, 1945) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน สกัดดินโดยใช้ 1N $NH_4OAc$, pH 7.0 แล้ววัดความเข้มข้นด้วย Flame photometer (Pratt, 1965)

**ตารางที่ 1.8** คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน สำหรับอ้อยปลูกและอ้อยตอ

| รายการวิเคราะห์ | ผลวิเคราะห์ | ปริมาณธาตุอาหารแนะนำ | |
|---|---|---|---|
| | | อ้อยปลูก | อ้อยตอ |
| อินทรียวัตถุ | น้อยกว่า 0.75 | 27 (21*) กิโลกรัม N/ไร่ | 27 (18*) กิโลกรัม N/ไร่ |
| (%) | 0.75-1.50 | 15 กิโลกรัม N/ไร่ | 18 กิโลกรัม N/ไร่ |
| | 1.51-2.25 | 12 กิโลกรัม N/ไร่ | 15 กิโลกรัม N/ไร่ |
| | มากกว่า 2.25 | 6 กิโลกรัม N/ไร่ | 9 กิโลกรัม N/ไร่ |
| ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ | น้อยกว่า 7 | 9 กิโลกรัม $P_2O_5$/ไร่ | 9 กิโลกรัม $P_2O_5$/ไร่ |
| (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) | 7-30 | 6 กิโลกรัม $P_2O_5$/ไร่ | 6 กิโลกรัม $P_2O_5$/ไร่ |
| | มากกว่า 30 | 3 กิโลกรัม $P_2O_5$/ไร่ | 3 กิโลกรัม $P_2O_5$/ไร่ |
| โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ | น้อยกว่า 60 | 18 กิโลกรัม $K_2O$/ไร่ | 18 กิโลกรัม $K_2O$/ไร่ |
| (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) | 60-90 | 12 กิโลกรัม $K_2O$/ไร่ | 12 กิโลกรัม $K_2O$/ไร่ |
| | มากกว่า 90 | 6 กิโลกรัม $K_2O$/ไร่ | 6 กิโลกรัม $K_2O$/ไร่ |

หมายเหตุ

1) (*) อัตราปุ๋ยไนโตรเจนกรณีดินมีอินทรียวัตถุต่ำกว่า 0.75% ควรใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับการปรับปรุงดินด้วยวัสดุอินทรีย์ เช่น กากตะกอนหม้อกรองอ้อย 1,000 กิโลกรัมต่อไร่
2) ผลผลิตที่คาดหวังกรณีปลูกโดยอาศัยน้ำฝน หรือดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เช่น ดินทราย ดินร่วนปนทราย 15-20 ตันต่อไร่ ผลผลิตที่คาดหวังกรณีให้น้ำเสริม หรือดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง เช่น ดินเหนียว ดินร่วนเหนียว 25-30 ตันต่อไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่อ้อยได้รับ สมบัติของดิน และศักยภาพของพันธุ์
3) ถ้าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินน้อยกว่า 5.6 ควรปรับปรุงดินด้วยปูนโดโลไมต์ อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และใช้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) เป็นแหล่งของไนโตรเจน
4) ถ้าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินมากกว่า 7.3 ให้เลือกใช้พันธุ์ที่เจริญเติบโตได้ดีในดินด่าง เช่น พันธุ์อู่ทอง 14 และใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) เป็นแหล่งของไนโตรเจน เพื่อลดการสูญหายของไนโตรเจนในรูปของก๊าซแอมโมเนีย
5) กรณีที่มีการให้น้ำชลประทาน แนะนำให้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้น 1.5 เท่าของอัตราแนะนำ
6) วิธีการใส่ปุ๋ย แบ่งใส่ปุ๋ย 2-3 ครั้ง

อ้อยปลูก ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยรองพื้นพร้อมปลูก ให้มีธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ครบทั้ง 3 ธาตุ โดยใส่ปุ๋ยฟอสเฟตตามอัตราแนะนำร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทช อย่างน้อย 1 ใน 3 ของอัตราแนะนำ

ครั้งที่ 2 เมื่ออ้อยอายุ 3-4 เดือน หรือ 5-6 เดือน (กรณีปลูกอ้อยข้ามแล้ง) และดินมีความชื้นเหมาะสม ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทช ที่เหลือทั้งหมด โดยโรยข้างแถวปลูกแล้วพรวนกลบ

กรณีดินทรายหรือร่วนปนทราย ควรแบ่งใส่ปุ๋ย 3 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 ให้ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตตามอัตราแนะนำ ส่วนปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทชให้แบ่งใส่ 1 ใน 3 ของอัตราแนะนำ จากนั้นใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทช อีก 2 ครั้ง เมื่ออ้อยอายุ 3-4 เดือน และ 5-6 เดือนโดยใส่ครั้งละ 1 ใน 3 ของอัตราแนะนำ

อ้อยตอ ครั้งที่ 1 หลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยประมาณ 1-2 เดือน และดินมีความชื้นเหมาะสม ให้ใส่ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ครบทั้ง 3 ธาตุ โดยใส่ปุ๋ยฟอสเฟตตามอัตราแนะนำร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทช อย่างน้อย 1 ใน 3 ของอัตราแนะนำ

ครั้งที่ 2 เมื่ออ้อยตออายุ 3-4 เดือน หรือ 5-6 เดือน (กรณีปลูกอ้อยข้ามแล้ง) และดินมีความชื้นเหมาะสม ให้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทช ที่เหลือทั้งหมด โดยโรยข้างแถวแล้วพรวนกลบ

กรณีดินทรายหรือร่วนปนทราย ควรแบ่งใส่ปุ๋ย 3 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 ให้ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตตามอัตราแนะนำ ส่วนปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทชให้แบ่งใส่ 1 ใน 3 ของอัตราแนะนำ จากนั้นใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทช อีก 2 ครั้ง เมื่ออ้อยอายุ 3-4 เดือน และ 5-6 เดือนโดยใส่ครั้งละ 1 ใน 3 ของอัตราแนะนำ

7) พัฒนาคำแนะนำโดยปรับปรุงจาก กรมวิชาการเกษตร (2553) กอบเกียรติ (2556) และ กอบเกียรติ (2558)

**ตารางที่ 1.9** คำแนะนำปุ๋ยตามลักษณะเนื้อดินสำหรับอ้อยปลูกและอ้อยตอ

| เนื้อดิน | อ้อยปลูก | | อ้อยตอ | |
|---|---|---|---|---|
| | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 รองพื้นพร้อมปลูก | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 เมื่ออ้อยอายุ 3-4 เดือน | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ใส่เป็นแถวข้างร่อง | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 เมื่ออ้อยอายุ 3-4 เดือน |
| ดินเหนียว | ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ | ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 15 กก./ไร่ | ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ | ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 20 กก./ไร่ |
| ดินร่วนเหนียว | ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ | ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 20 กก./ไร่ | ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ | ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 25 กก./ไร่ |
| ดินร่วนปนทราย | กรณีปรับปรุงดิน | | กรณีปรับปรุงดิน | |
| ดินทราย | โดโลไมต์ 100 กก./ไร่ กากตะกอนหม้อกรองอ้อย 1,000 กก./ไร่ ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ | ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 30 กก./ไร่ ปุ๋ย 0-0-60 อัตรา 15 กก./ไร่ | โดโลไมต์ 100 กก./ไร่ กากตะกอนหม้อกรองอ้อย 1,000 กก./ไร่ ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ | ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 25 กก./ไร่ ปุ๋ย 0-0-60 อัตรา 15 กก./ไร่ |
| ดินร่วนปนทราย | กรณีไม่ปรับปรุงดิน | | กรณีไม่ปรับปรุงดิน | |
| ดินทราย | ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 60 กก./ไร่ | ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 40 กก./ไร่ ปุ๋ย 0-0-60 อัตรา 15 กก./ไร่ | ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 60 กก./ไร่ | ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 40 กก./ไร่ ปุ๋ย 0-0-60 อัตรา 15 กก./ไร่ |

หมายเหตุ 1) ใส่ปุ๋ยเมื่อดินมีความชื้นพอเหมาะ และใช้ดินกลบทุกครั้งเพื่อลดการสูญหายของธาตุอาหาร

2) หากใส่ปูนโดโลไมต์ ให้กลบด้วยดินหรือกากตะกอนหม้อกรองอ้อยก่อนแล้วจึงใส่ปุ๋ย เพื่อไม่ให้ปุ๋ยสัมผัสโดยตรงกับปูนโดโลไมต์ ซึ่งจะทำให้ไนโตรเจนสูญหายโดยการระเหิดและความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยฟอสเฟตลดลงได้

3) กรณีปลูกอ้อยข้ามแล้ง การใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 อาจใส่เมื่ออ้อยอายุ 5-6 เดือนหลังปลูก เพื่อให้ดินมีความชื้นเหมาะสมก่อนใส่ปุ๋ย

**ตารางที่ 1.10** วิธีการใส่ปุ๋ยสำหรับอ้อยที่ปลูกข้ามแล้ง

| ปุ๋ยเคมี | ครั้งที่ | ช่วงเวลาการใส่ | |
|---|---|---|---|
| | | อ้อยปลูก | อ้อยตอ |
| ปุ๋ยไนโตรเจน | 1 | รองพื้นร่องปลูก ใส่ครึ่งอัตราแนะนำ (1/2 N) | หลังแต่งตอ ตัดรากอ้อย ใส่ครึ่งอัตราแนะนำ (1/2 N) |
| | 2 | โรยข้างแถวแต่งหน้าและกลบใส่ ที่เหลืออีกครึ่งอัตราแนะนำ (1/2 N) เมื่ออายุ 3-4 เดือนหลังปลูก | โรยข้างแถวแต่งหน้าและกลบใส่ที่เหลืออีกครึ่งอัตราแนะนำ (1/2N) เมื่ออายุ 3-4 เดือนหลังปลูก |
| | 3 | กรณีมีการให้น้ำเสริมเพิ่มอีกครั้ง ในปริมาณเท่ากับครั้งที่ 2 เมื่ออายุ 5 เดือนหรือห่างกัน 1 เดือน | กรณีมีการให้น้ำเสริม เพิ่มอีกครั้งในปริมาณเท่ากับครั้งที่ 2 เมื่ออายุ 5 เดือนหรือห่างกัน 1 เดือน |
| ปุ๋ยฟอสเฟต | ใส่เป็นปุ๋ยรองพื้นครั้งเดียว | | |
| ปุ๋ยโพแทช | ใส่เป็นปุ๋ยรองพื้นครั้งเดียว หรือแบ่งใส่ 2-3 ครั้งโดยรองพื้นและแต่งหน้า เมื่ออ้อยอายุ 3-5 เดือนหลังปลูก | | |

### 6.2 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยผสมปุ๋ยใช้เอง

กรณีให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยแก่เกษตรกร สามารถแนะนำให้เกษตรกรผสมปุ๋ยใช้เอง เพื่อให้ได้ปริมาณธาตุอาหารในอัตราแนะนำโดยใช้แม่ปุ๋ย ได้แก่ ยูเรีย (46-0-0) หรือแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0 + 24%S) ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต หรือ DAP (18-46-0) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนปุ๋ยลงได้ และใช้ปุ๋ยได้ในอัตราที่แนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ใส่ครั้งแรกเป็นปุ๋ยรองพื้นก่อนปลูกโดยผสมปุ๋ย 46-0-0 18-46-0 และ 0-0-60 ตามอัตราที่แนะนำ และครั้งที่ 2 เมื่ออ้อยอายุ 3-4 เดือน ให้ใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) กรณีที่ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มากกว่า 7 ควรใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) แทนการใช้ปุ๋ยยูเรีย แต่ควรเพิ่มปริมาณปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตอีก 1 เท่าของอัตราที่แนะนำสำหรับการใช้ปุ๋ยยูเรีย (ตารางที่ 1.11 และ 1.12)

**ตารางที่ 1.11** การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยผสมปุ๋ยใช้เองในอ้อยปลูก

| อินทรียวัตถุ (%) | ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.) | โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.) | ระดับธาตุอาหารที่แนะนำ (กก./ไร่) | | | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 (รองพื้น) (กก./ไร่) | | | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 (กก./ไร่) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | 46-0-0 | 18-46-0 | 0-0-60 | 46-0-0 |
| <0.75 | <7 | <60 | 27 | 9 | 18 | 22 | 20 | 30 | 29 |
| <0.75 | <7 | 60-90 | 27 | 9 | 12 | 22 | 20 | 20 | 29 |
| <0.75 | <7 | >90 | 27 | 9 | 6 | 22 | 20 | 10 | 29 |
| <0.75 | 7-30 | <60 | 27 | 6 | 18 | 24 | 13 | 30 | 29 |
| <0.75 | 7-30 | 60-90 | 27 | 6 | 12 | 24 | 13 | 20 | 29 |
| <0.75 | 7-30 | >90 | 27 | 6 | 6 | 24 | 13 | 10 | 29 |
| <0.75 | >30 | <60 | 27 | 3 | 18 | 27 | 7 | 30 | 29 |
| <0.75 | >30 | 60-90 | 27 | 3 | 12 | 27 | 7 | 20 | 29 |
| <0.75 | >30 | >90 | 27 | 3 | 6 | 27 | 7 | 10 | 29 |
| <0.75 | <7 | <60 | 21* | 9 | 18 | 15 | 20 | 30 | 23 |
| <0.75 | <7 | 60-90 | 21* | 9 | 12 | 15 | 20 | 20 | 23 |
| <0.75 | <7 | >90 | 21* | 9 | 6 | 15 | 20 | 10 | 23 |

**ตารางที่ 1.11** (ต่อ) การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยผสมปุ๋ยใช้เองในอ้อยปลูก

| อินทรียวัตถุ (%) | ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.) | โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.) | ระดับธาตุอาหารที่แนะนำ (กก./ไร่) | | | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 (รองพื้น) (กก./ไร่) | | | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 (กก./ไร่) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | 46-0-0 | 18-46-0 | 0-0-60 | 46-0-0 |
| <0.75 | 7-30 | <60 | 21* | 6 | 18 | 18 | 13 | 30 | 23 |
| <0.75 | 7-30 | 60-90 | 21* | 6 | 12 | 18 | 13 | 20 | 23 |
| <0.75 | 7-30 | >90 | 21* | 6 | 6 | 18 | 13 | 10 | 23 |
| <0.75 | >30 | <60 | 21* | 3 | 18 | 20 | 7 | 30 | 23 |
| <0.75 | >30 | 60-90 | 21* | 3 | 12 | 20 | 7 | 20 | 23 |
| <0.75 | >30 | >90 | 21* | 3 | 6 | 20 | 7 | 10 | 23 |
| 0.75-1.50 | <7 | <60 | 15 | 9 | 18 | 9 | 20 | 30 | 16 |
| 0.75-1.50 | <7 | 60-90 | 15 | 9 | 12 | 9 | 20 | 20 | 16 |
| 0.75-1.50 | <7 | >90 | 15 | 9 | 6 | 9 | 20 | 10 | 16 |
| 0.75-1.50 | 7-30 | <60 | 15 | 6 | 18 | 11 | 13 | 30 | 16 |
| 0.75-1.50 | 7-30 | 60-90 | 15 | 6 | 12 | 11 | 13 | 20 | 16 |
| 0.75-1.50 | 7-30 | >90 | 15 | 6 | 6 | 11 | 13 | 10 | 16 |
| 0.75-1.50 | >30 | <60 | 15 | 3 | 18 | 14 | 7 | 30 | 16 |
| 0.75-1.50 | >30 | 60-90 | 15 | 3 | 12 | 14 | 7 | 20 | 16 |
| 0.75-1.50 | >30 | >90 | 15 | 3 | 6 | 14 | 7 | 10 | 16 |
| 1.50-2.25 | <7 | <60 | 12 | 9 | 18 | 5 | 20 | 30 | 13 |
| 1.50-2.25 | <7 | 60-90 | 12 | 9 | 12 | 5 | 20 | 20 | 13 |
| 1.50-2.25 | <7 | >90 | 12 | 9 | 6 | 5 | 20 | 10 | 13 |
| 1.50-2.25 | 7-30 | <60 | 12 | 6 | 18 | 8 | 13 | 30 | 13 |
| 1.50-2.25 | 7-30 | 60-90 | 12 | 6 | 12 | 8 | 13 | 20 | 13 |
| 1.50-2.25 | 7-30 | >90 | 12 | 6 | 6 | 8 | 13 | 10 | 13 |
| 1.50-2.25 | >30 | <60 | 12 | 3 | 18 | 10 | 7 | 30 | 13 |
| 1.50-2.25 | >30 | 60-90 | 12 | 3 | 12 | 10 | 7 | 20 | 13 |
| 1.50-2.25 | >30 | >90 | 12 | 3 | 6 | 10 | 7 | 10 | 13 |
| >2.25 | <7 | <60 | 6 | 9 | 18 | 0 | 20 | 30 | 7 |
| >2.25 | <7 | 60-90 | 6 | 9 | 12 | 0 | 20 | 20 | 7 |
| >2.25 | <7 | >90 | 6 | 9 | 6 | 0 | 20 | 10 | 7 |
| >2.25 | 7-30 | <60 | 6 | 6 | 18 | 1 | 13 | 30 | 7 |
| >2.25 | 7-30 | 60-90 | 6 | 6 | 12 | 1 | 13 | 20 | 7 |
| >2.25 | 7-30 | >90 | 6 | 6 | 6 | 1 | 13 | 10 | 7 |
| >2.25 | >30 | <60 | 6 | 3 | 18 | 4 | 7 | 30 | 7 |
| >2.25 | >30 | 60-90 | 6 | 3 | 12 | 4 | 7 | 20 | 7 |
| >2.25 | >30 | >90 | 6 | 3 | 6 | 4 | 7 | 10 | 7 |

**หมายเหตุ:** ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยรองพื้นก่อนปลูกโดยผสมปุ๋ย 46-0-0 18-46-0 และ 0-0-60 ตามสัดส่วนที่กำหนด แล้วใช้ให้หมดในครั้งเดียว

ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ย 46-0-0 เมื่ออ้อยอายุ 3 - 4 เดือน หลังปลูก โดยวิธีโรยข้างแถวแล้วกลบ

ปรับปรุงจาก กรมวิชาการเกษตร (2553) กอบเกียรติ (2556) และโครงการวิจัยและพัฒนาดิน น้ำ และปุ๋ยอ้อย (กอบเกียรติ, 2558)

กรณีที่ดินมีอินทรียวัตถุต่ำกว่า 0.75% ถ้าใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 21 กิโลกรัม N ต่อไร่ จะต้องใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมด้วย ในอัตรา 1 ตันต่อไร่

**ตารางที่ 1.12** การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยผสมปุ๋ยใช้เองในอ้อยตอ

| อินทรียวัตถุ (%) | ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.) | โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.) | ระดับธาตุอาหารที่แนะนำ (กก./ไร่) | | | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 (รองพื้น) (กก./ไร่) | | | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 (กก./ไร่) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | 46-0-0 | 18-46-0 | 0-0-60 | 46-0-0 |
| <0.75 | <7 | <60 | 27 | 9 | 18 | 22 | 20 | 30 | 29 |
| <0.75 | <7 | 60-90 | 27 | 9 | 12 | 22 | 20 | 20 | 29 |
| <0.75 | <7 | >90 | 27 | 9 | 6 | 22 | 20 | 10 | 29 |
| <0.75 | 7-30 | <60 | 27 | 6 | 18 | 24 | 13 | 30 | 29 |
| <0.75 | 7-30 | 60-90 | 27 | 6 | 12 | 24 | 13 | 20 | 29 |
| <0.75 | 7-30 | >90 | 27 | 6 | 6 | 24 | 13 | 10 | 29 |
| <0.75 | >30 | <60 | 27 | 3 | 18 | 27 | 7 | 30 | 29 |
| <0.75 | >30 | 60-90 | 27 | 3 | 12 | 27 | 7 | 20 | 29 |
| <0.75 | >30 | >90 | 27 | 3 | 6 | 27 | 7 | 10 | 29 |
| <0.75 | <7 | <60 | 18 | 9 | 18 | 12 | 20 | 30 | 20 |
| <0.75 | <7 | 60-90 | 18 | 9 | 12 | 12 | 20 | 20 | 20 |
| <0.75 | <7 | >90 | 18 | 9 | 6 | 12 | 20 | 10 | 20 |
| <0.75 | 7-30 | <60 | 18 | 6 | 18 | 14 | 13 | 30 | 20 |
| <0.75 | 7-30 | 60-90 | 18 | 6 | 12 | 14 | 13 | 20 | 20 |
| <0.75 | 7-30 | >90 | 18 | 6 | 6 | 14 | 13 | 10 | 20 |
| <0.75 | >30 | <60 | 18 | 3 | 18 | 17 | 7 | 30 | 20 |
| <0.75 | >30 | 60-90 | 18 | 3 | 12 | 17 | 7 | 20 | 20 |
| <0.75 | >30 | >90 | 18 | 3 | 6 | 17 | 7 | 10 | 20 |
| 0.75-1.50 | <7 | <60 | 18 | 9 | 18 | 12 | 20 | 30 | 20 |
| 0.75-1.50 | <7 | 60-90 | 18 | 9 | 12 | 12 | 20 | 20 | 20 |
| 0.75-1.50 | <7 | >90 | 18 | 9 | 6 | 12 | 20 | 10 | 20 |
| 0.75-1.50 | 7-30 | <60 | 18 | 6 | 18 | 14 | 13 | 30 | 20 |
| 0.75-1.50 | 7-30 | 60-90 | 18 | 6 | 12 | 14 | 13 | 20 | 20 |
| 0.75-1.50 | 7-30 | >90 | 18 | 6 | 6 | 14 | 13 | 10 | 20 |
| 0.75-1.50 | >30 | <60 | 18 | 3 | 18 | 17 | 7 | 30 | 20 |
| 0.75-1.50 | >30 | 60-90 | 18 | 3 | 12 | 17 | 7 | 20 | 20 |
| 0.75-1.50 | >30 | >90 | 18 | 3 | 6 | 17 | 7 | 10 | 20 |
| 1.50-2.25 | <7 | <60 | 15 | 9 | 18 | 9 | 20 | 30 | 16 |
| 1.50-2.25 | <7 | 60-90 | 15 | 9 | 12 | 9 | 20 | 20 | 16 |
| 1.50-2.25 | <7 | >90 | 15 | 9 | 6 | 9 | 20 | 10 | 16 |
| 1.50-2.25 | 7-30 | <60 | 15 | 6 | 18 | 11 | 13 | 30 | 16 |
| 1.50-2.25 | 7-30 | 60-90 | 15 | 6 | 12 | 11 | 13 | 20 | 16 |
| 1.50-2.25 | 7-30 | >90 | 15 | 6 | 6 | 11 | 13 | 10 | 16 |
| 1.50-2.25 | >30 | <60 | 15 | 3 | 18 | 14 | 7 | 30 | 16 |
| 1.50-2.25 | >30 | 60-90 | 15 | 3 | 12 | 14 | 7 | 20 | 16 |
| 1.50-2.25 | >30 | >90 | 15 | 3 | 6 | 14 | 7 | 10 | 16 |
| >2.25 | <7 | <60 | 9 | 9 | 18 | 2 | 20 | 30 | 10 |
| >2.25 | <7 | 60-90 | 9 | 9 | 12 | 2 | 20 | 20 | 10 |
| >2.25 | <7 | >90 | 9 | 9 | 6 | 2 | 20 | 10 | 10 |
| >2.25 | 7-30 | <60 | 9 | 6 | 18 | 5 | 13 | 30 | 10 |
| >2.25 | 7-30 | 60-90 | 9 | 6 | 12 | 5 | 13 | 20 | 10 |
| >2.25 | 7-30 | >90 | 9 | 6 | 6 | 5 | 13 | 10 | 10 |
| >2.25 | >30 | <60 | 9 | 3 | 18 | 7 | 7 | 30 | 10 |
| >2.25 | >30 | 60-90 | 9 | 3 | 12 | 7 | 7 | 20 | 10 |
| >2.25 | >30 | >90 | 9 | 3 | 6 | 7 | 7 | 10 | 10 |

**หมายเหตุ:** ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยหลังตัดแต่งตออ้อย 1-2 เดือน โดยผสมปุ๋ย 46-0-0 18-46-0 และ 0-0-60 ตามสัดส่วนที่กำหนด แล้วใช้ให้หมดในครั้งเดียว

ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ย 46-0-0 เมื่ออ้อยตออายุ 3-4 เดือน หรือ 5-6 เดือน (กรณีปลูกอ้อยข้ามแล้ง) โดยวิธีโรยข้างแถวแล้วกลบ

### 6.3 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยเชิงประกอบร่วมกับปุ๋ยเชิงเดี่ยว

กรณีเกษตรกรไม่สะดวกในการหาซื้อแม่ปุ๋ยไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (18-46-0) สามารถแนะนำให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยเชิงประกอบที่หาซื้อได้ในท้องถิ่นร่วมกับปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) หรือแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0 +24%S) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) หรือโพแทสเซียมซัลเฟต (0-0-50) ในการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 เป็นปุ๋ยรองพื้น ควรใช้ปุ๋ยเชิงประกอบที่มีครบทั้ง 3 ธาตุ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เช่น ปุ๋ย 16-16-8 ซึ่งการคำนวณปริมาณปุ๋ยที่ต้องใช้ในการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 จะใช้ธาตุฟอสฟอรัสเป็นหลักในการคำนวณ ตามผลวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน เช่น หากดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณาจากคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในตารางที่ 1.8 พบว่า จะต้องใช้ปุ๋ยที่ให้ธาตุฟอสฟอรัส 6 กิโลกรัม $P_2O_5$ ต่อไร่ นั่นคือ หากใช้ปุ๋ย 16-**16**-8 เป็นปุ๋ยรองพื้นในครั้งที่ 1 จะต้องใช้ปุ๋ย 16-16-8 เท่ากับ 6 x 100/16 = 37.5 หรือ 38 กิโลกรัม ซึ่งจากการใช้ปุ๋ย 16-16-8 อัตรา 38 กิโลกรัมต่อไร่ จะให้ธาตุอาหารไนโตรเจน เท่ากับ 16/100 x 38 = 6 กิโลกรัม N ต่อไร่ และให้ธาตุโพแทสเซียม เท่ากับ 8/100 x 38 = 3 กิโลกรัม $K_2O$ ต่อไร่ จากนั้น ในการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 จะเป็นการเพิ่มเติมปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมส่วนที่ยังขาดจากอัตราแนะนำ ซึ่งอัตราปุ๋ยที่คำนวณได้ในการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 เกษตรกรสามารถแบ่งใส่ 2 ครั้งก็ได้ขึ้นอยู่กับความสะดวกของเกษตรกรและค่าใช้จ่ายในการใส่ปุ๋ย (ตารางที่ 1.13 และ 1.14)

**ตารางที่ 1.13** การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยเลือกใช้ปุ๋ยเชิงประกอบร่วมกับปุ๋ยเชิงเดี่ยวในอ้อยปลูก

| อินทรียวัตถุ (%) | ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.) | โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.) | ระดับธาตุอาหารที่แนะนำ (กก./ไร่) | | | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 (กก./ไร่) | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 (กก./ไร่) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | 16-16-8 | 46-0-0 | 0-0-60 |
| <0.75 | <7 | <60 | 27 | 9 | 18 | 56 | 39 | 23 |
| <0.75 | <7 | 60-90 | 27 | 9 | 12 | 56 | 39 | 13 |
| <0.75 | <7 | >90 | 27 | 9 | 6 | 56 | 39 | 3 |
| <0.75 | 7-30 | <60 | 27 | 6 | 18 | 38 | 46 | 25 |
| <0.75 | 7-30 | 60-90 | 27 | 6 | 12 | 38 | 46 | 15 |
| <0.75 | 7-30 | >90 | 27 | 6 | 6 | 38 | 46 | 5 |
| <0.75 | >30 | <60 | 27 | 3 | 18 | 19 | 52 | 28 |
| <0.75 | >30 | 60-90 | 27 | 3 | 12 | 19 | 52 | 18 |
| <0.75 | >30 | >90 | 27 | 3 | 6 | 19 | 52 | 8 |
| <0.75 | <7 | <60 | 21* | 9 | 18 | 56 | 26 | 23 |
| <0.75 | <7 | 60-90 | 21* | 9 | 12 | 56 | 26 | 13 |
| <0.75 | <7 | >90 | 21* | 9 | 6 | 56 | 26 | 3 |
| <0.75 | 7-30 | <60 | 21* | 6 | 18 | 38 | 33 | 25 |
| <0.75 | 7-30 | 60-90 | 21* | 6 | 12 | 38 | 33 | 15 |
| <0.75 | 7-30 | >90 | 21* | 6 | 6 | 38 | 33 | 5 |
| <0.75 | >30 | <60 | 21* | 3 | 18 | 19 | 39 | 28 |
| <0.75 | >30 | 60-90 | 21* | 3 | 12 | 19 | 39 | 18 |
| <0.75 | >30 | >90 | 21* | 3 | 6 | 19 | 39 | 8 |
| 0.75-1.50 | <7 | <60 | 15 | 9 | 18 | 56 | 13 | 23 |
| 0.75-1.50 | <7 | 60-90 | 15 | 9 | 12 | 56 | 13 | 13 |
| 0.75-1.50 | <7 | >90 | 15 | 9 | 6 | 56 | 13 | 3 |
| 0.75-1.50 | 7-30 | <60 | 15 | 6 | 18 | 38 | 20 | 25 |
| 0.75-1.50 | 7-30 | 60-90 | 15 | 6 | 12 | 38 | 20 | 15 |
| 0.75-1.50 | 7-30 | >90 | 15 | 6 | 6 | 38 | 20 | 5 |
| 0.75-1.50 | >30 | <60 | 15 | 3 | 18 | 19 | 26 | 28 |
| 0.75-1.50 | >30 | 60-90 | 15 | 3 | 12 | 19 | 26 | 18 |
| 0.75-1.50 | >30 | >90 | 15 | 3 | 6 | 19 | 26 | 8 |
| 1.50-2.25 | <7 | <60 | 12 | 9 | 18 | 56 | 7 | 23 |
| 1.50-2.25 | <7 | 60-90 | 12 | 9 | 12 | 56 | 7 | 13 |
| 1.50-2.25 | <7 | >90 | 12 | 9 | 6 | 56 | 7 | 3 |
| 1.50-2.25 | 7-30 | <60 | 12 | 6 | 18 | 38 | 13 | 25 |
| 1.50-2.25 | 7-30 | 60-90 | 12 | 6 | 12 | 38 | 13 | 15 |
| 1.50-2.25 | 7-30 | >90 | 12 | 6 | 6 | 38 | 13 | 5 |
| 1.50-2.25 | >30 | <60 | 12 | 3 | 18 | 19 | 20 | 28 |
| 1.50-2.25 | >30 | 60-90 | 12 | 3 | 12 | 19 | 20 | 18 |
| 1.50-2.25 | >30 | >90 | 12 | 3 | 6 | 19 | 20 | 8 |
| >2.25 | <7 | <60 | 6 | 9 | 18 | 56 | 0 | 23 |
| >2.25 | <7 | 60-90 | 6 | 9 | 12 | 56 | 0 | 13 |
| >2.25 | <7 | >90 | 6 | 9 | 6 | 56 | 0 | 3 |
| >2.25 | 7-30 | <60 | 6 | 6 | 18 | 38 | 0 | 25 |
| >2.25 | 7-30 | 60-90 | 6 | 6 | 12 | 38 | 0 | 15 |
| >2.25 | 7-30 | >90 | 6 | 6 | 6 | 38 | 0 | 5 |
| >2.25 | >30 | <60 | 6 | 3 | 18 | 19 | 7 | 28 |
| >2.25 | >30 | 60-90 | 6 | 3 | 12 | 19 | 7 | 18 |
| >2.25 | >30 | >90 | 6 | 3 | 6 | 19 | 7 | 8 |

**หมายเหตุ** * กรณีดินมีอินทรียวัตถุต่ำกว่า 0.75 เปอร์เซ็นต์ ควรปรับปรุงดินด้วยวัสดุอินทรีย์ เช่น กากตะกอนหม้อกรองอ้อย อัตรา 1 ตันต่อไร่

ถ้าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินน้อยกว่า 5.6
1) ใส่ปูนโดโลไมต์ อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่
2) ควรใช้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) เป็นแหล่งของไนโตรเจน

ถ้าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินมากกว่า 7.3
1) เลือกใช้พันธุ์ที่เจริญเติบโตได้ดีในดินด่าง เช่น พันธุ์อู่ทอง 14
2) ใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0 + 24%S) เป็นแหล่งของไนโตรเจน

วิธีการใส่ปุ๋ยอ้อยปลูก แบ่งใส่ปุ๋ย 2 - 3 ครั้ง

ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยรองพื้นพร้อมปลูก ให้มีธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ครบทั้ง 3 ธาตุ โดยใส่ปุ๋ยฟอสเฟตตามอัตราแนะนำร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทช อย่างน้อย 1 ใน 3 ของอัตราแนะนำ

ครั้งที่ 2 เมื่ออ้อยอายุ 3 - 4 เดือน หรือ 5 - 6 เดือน (กรณีปลูกอ้อยข้ามแล้ง) และดินมีความชื้นเหมาะสม ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทชที่เหลือทั้งหมด โดยโรยข้างแถวปลูกแล้วพรวนกลบ

กรณีดินทรายหรือร่วนปนทราย ควรแบ่งใส่ปุ๋ย 3 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 ให้ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตตามอัตราแนะนำ ส่วนปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทชให้แบ่งใส่ 1 ใน 3 ของอัตราแนะนำ จากนั้นใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทช อีก 2 ครั้ง เมื่ออ้อยอายุ 3 - 4 เดือน และ 5 - 6 เดือนโดยใส่ครั้งละ 1 ใน 3 ของอัตราแนะนำ

**ตารางที่ 1.14** การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยเลือกใช้ปุ๋ยเชิงประกอบร่วมกับปุ๋ยเชิงเดี่ยวในอ้อยตอ

| อินทรียวัตถุ (%) | ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.) | โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.) | ระดับธาตุอาหารที่แนะนำ (กก./ไร่) | | | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 (กก./ไร่) | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 (กก./ไร่) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | 16-16-8 | 46-0-0 | 0-0-60 |
| <0.75 | <7 | <60 | 27 | 9 | 18 | 56 | 39 | 23 |
| <0.75 | <7 | 60-90 | 27 | 9 | 12 | 56 | 39 | 13 |
| <0.75 | <7 | >90 | 27 | 9 | 6 | 56 | 39 | 3 |
| <0.75 | 7-30 | <60 | 27 | 6 | 18 | 38 | 46 | 25 |
| <0.75 | 7-30 | 60-90 | 27 | 6 | 12 | 38 | 46 | 15 |
| <0.75 | 7-30 | >90 | 27 | 6 | 6 | 38 | 46 | 5 |
| <0.75 | >30 | <60 | 27 | 3 | 18 | 19 | 52 | 28 |
| <0.75 | >30 | 60-90 | 27 | 3 | 12 | 19 | 52 | 18 |
| <0.75 | >30 | >90 | 27 | 3 | 6 | 19 | 52 | 8 |
| <0.75 | <7 | <60 | 18 | 9 | 18 | 56 | 20 | 23 |
| <0.75 | <7 | 60-90 | 18 | 9 | 12 | 56 | 20 | 13 |
| <0.75 | <7 | >90 | 18 | 9 | 6 | 56 | 20 | 3 |
| <0.75 | 7-30 | <60 | 18 | 6 | 18 | 38 | 26 | 25 |
| <0.75 | 7-30 | 60-90 | 18 | 6 | 12 | 38 | 26 | 15 |
| <0.75 | 7-30 | >90 | 18 | 6 | 6 | 38 | 26 | 5 |
| <0.75 | >30 | <60 | 18 | 3 | 18 | 19 | 33 | 28 |
| <0.75 | >30 | 60-90 | 18 | 3 | 12 | 19 | 33 | 18 |
| <0.75 | >30 | >90 | 18 | 3 | 6 | 19 | 33 | 8 |
| 0.75-1.50 | <7 | <60 | 18 | 9 | 18 | 56 | 20 | 23 |
| 0.75-1.50 | <7 | 60-90 | 18 | 9 | 12 | 56 | 20 | 13 |
| 0.75-1.50 | <7 | >90 | 18 | 9 | 6 | 56 | 20 | 3 |
| 0.75-1.50 | 7-30 | <60 | 18 | 6 | 18 | 38 | 26 | 25 |
| 0.75-1.50 | 7-30 | 60-90 | 18 | 6 | 12 | 38 | 26 | 15 |
| 0.75-1.50 | 7-30 | >90 | 18 | 6 | 6 | 38 | 26 | 5 |
| 0.75-1.50 | >30 | <60 | 18 | 3 | 18 | 19 | 33 | 28 |
| 0.75-1.50 | >30 | 60-90 | 18 | 3 | 12 | 19 | 33 | 18 |
| 0.75-1.50 | >30 | >90 | 18 | 3 | 6 | 19 | 33 | 8 |
| 1.50-2.25 | <7 | <60 | 15 | 9 | 18 | 56 | 13 | 23 |
| 1.50-2.25 | <7 | 60-90 | 15 | 9 | 12 | 56 | 13 | 13 |
| 1.50-2.25 | <7 | >90 | 15 | 9 | 6 | 56 | 13 | 3 |
| 1.50-2.25 | 7-30 | <60 | 15 | 6 | 18 | 38 | 20 | 25 |
| 1.50-2.25 | 7-30 | 60-90 | 15 | 6 | 12 | 38 | 20 | 15 |
| 1.50-2.25 | 7-30 | >90 | 15 | 6 | 6 | 38 | 20 | 5 |
| 1.50-2.25 | >30 | <60 | 15 | 3 | 18 | 19 | 26 | 28 |
| 1.50-2.25 | >30 | 60-90 | 15 | 3 | 12 | 19 | 26 | 18 |
| 1.50-2.25 | >30 | >90 | 15 | 3 | 6 | 19 | 26 | 8 |
| >2.25 | <7 | <60 | 9 | 9 | 18 | 56 | 0 | 23 |
| >2.25 | <7 | 60-90 | 9 | 9 | 12 | 56 | 0 | 13 |
| >2.25 | <7 | >90 | 9 | 9 | 6 | 56 | 0 | 3 |
| >2.25 | 7-30 | <60 | 9 | 6 | 18 | 38 | 7 | 25 |
| >2.25 | 7-30 | 60-90 | 9 | 6 | 12 | 38 | 7 | 15 |
| >2.25 | 7-30 | >90 | 9 | 6 | 6 | 38 | 7 | 5 |
| >2.25 | >30 | <60 | 9 | 3 | 18 | 19 | 13 | 28 |
| >2.25 | >30 | 60-90 | 9 | 3 | 12 | 19 | 13 | 18 |
| >2.25 | >30 | >90 | 9 | 3 | 6 | 19 | 13 | 8 |

**หมายเหตุ** * กรณีดินมีอินทรียวัตถุต่ำกว่า 0.75 เปอร์เซ็นต์ ควรปรับปรุงดินด้วยวัสดุอินทรีย์ เช่น กากตะกอนหม้อกรองอ้อย อัตรา 1 ตันต่อไร่

ถ้าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินน้อยกว่า 5.6
1) ใส่ปูนโดโลไมต์ อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่
2) ควรใช้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) เป็นแหล่งของไนโตรเจน

ถ้าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินมากกว่า 7.3
1) เลือกใช้พันธุ์ที่เจริญเติบโตได้ดีในดินด่าง เช่น พันธุ์อู่ทอง 14
2) ใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0 + 24%S) เป็นแหล่งของไนโตรเจน

วิธีการใส่ปุ๋ยอ้อยตอ แบ่งใส่ปุ๋ย 2-3 ครั้ง

ครั้งที่ 1 หลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยประมาณ 1 - 2 เดือน และดินมีความชื้นเหมาะสม ให้ใส่ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ครบทั้ง 3 ธาตุ โดยใส่ปุ๋ยฟอสเฟตตามอัตราแนะนำร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทช อย่างน้อย 1 ใน 3 ของอัตราแนะนำ

ครั้งที่ 2 เมื่ออ้อยตออายุ 3 - 4 เดือน หรือ 5 - 6 เดือน (กรณีปลูกอ้อยข้ามแล้ง) และดินมีความชื้นเหมาะสม ให้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทชที่เหลือทั้งหมด โดยโรยข้างแถวแล้วพรวนกลบ

กรณีดินทรายหรือร่วนปนทราย ควรแบ่งใส่ปุ๋ย 3 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 ให้ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตตามอัตราแนะนำ ส่วนปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทชให้แบ่งใส่ 1 ใน 3 ของอัตราแนะนำ จากนั้นใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทช อีก 2 ครั้ง เมื่ออ้อยอายุ 3 - 4 เดือน และ 5 - 6 เดือนโดยใส่ครั้งละ 1 ใน 3 ของอัตราแนะนำ

### 6.4 การใช้ปุ๋ยชีวภาพสำหรับอ้อย

การใช้ปุ๋ยชีวภาพสำหรับอ้อย แนะนำให้ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี ซึ่งประกอบด้วยแบคทีเรีย 2 ชนิด ได้แก่ *Azospirillium brasilense* และ *Gluconacetobacter diazotrophicus* ไม่น้อยกว่า $1 \times 10^6$ โคโลนีต่อกรัม โดยใช้ปุ๋ยชีวภาพอัตรา 1 กิโลกรัม ละลายน้ำ 100 ลิตร สำหรับพื้นที่ปลูกอ้อย 1 ไร่ ฉีดพ่นเป็นฝอยละเอียดลงบนท่อนพันธุ์ แล้วกลบทับด้วยดินทันที หรือใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี ผสมกับปุ๋ยอินทรีย์แล้วโรยในร่องปลูก โดยควรใช้ควบคู่กับปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ หรือลดการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนลงประมาณ 10-20 % ของอัตราแนะนำ

# บทที่ 2
# การใช้ปุ๋ยสำหรับมันสำปะหลัง

## 1. ข้อมูลทั่วไปของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญและใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมแอลกอฮอล์ เอทานอล อาหารสัตว์ สารความหวาน ผงชูรส กระดาษ และสิ่งทอ เป็นต้น ผลผลิตของมันสำปะหลังใช้ในกระบวนการแปรรูปเป็นมันเส้น มันอัดเม็ด แป้งมันสำปะหลัง และเอทานอล ในปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 8.82 ล้านไร่ ส่วนใหญ่ปลูกในจังหวัดนครราชสีมา 1.43 ล้านไร่ กำแพงเพชร 684,681 ไร่ ชัยภูมิ 629,570 ไร่ กาญจนบุรี 480,879 ไร่ อุบลราชธานี 470,839 ไร่ สระแก้ว 385,906 ไร่ และนครสวรรค์ 378,924 ไร่ ผลผลิตรวมทั้งประเทศ 31.08 ล้านตัน ผลผลิตเฉลี่ย 3.59 ตันต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563ข)

## 2. สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการผลิตมันสำปะหลัง

**2.1 สภาพพื้นที่ และสมบัติของดินที่เหมาะสม** มันสำปะหลังสามารถปลูกได้ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงสูง เป็นที่ดอน ดินเนื้อหยาบ ได้แก่ ดินทราย ดินร่วน หรือดินร่วนปนทราย มีการระบายน้ำดี ปริมาณอินทรียวัตถุ 0.65-2.00 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม 5.0-6.5 ค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 0.5 เดซิซีเมนต่อเมตร (กอบเกียรติ, 2554) พื้นที่ที่มีการปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องเป็นเวลานาน ควรปรับปรุงดินโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เศษซากพืชหรือไถกลบเศษซากพืชเพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุ

**2.2 สภาพภูมิอากาศ** มันสำปะหลังสามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 25-29 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝน 1,000-1,500 มิลลิเมตรต่อปี

**2.3 ฤดูปลูก** มันสำปะหลังสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ จะปลูกช่วงต้นฤดูฝน (เดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม) และประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ปลูกในช่วงปลายฤดูฝนหรือในฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์) ส่วนที่เหลือจะปลูกในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม การปลูกในช่วงต้นฤดูฝนให้ผลผลิตหัวสดสูงกว่าการปลูกในช่วงอื่นๆ เนื่องจากปริมาณน้ำฝนยังไม่มากนักจึงมีเวลาเตรียมดินได้ดี ลดปัญหาวัชพืชรบกวน และมันสำปะหลังจะได้รับน้ำฝนตลอดระยะเวลาของการเจริญเติบโต ถ้าปลูกช่วงปลายฤดูหรือในฤดูแล้ง หลังจากมันสำปะหลังงอกจะได้รับผลกระทบจากฝนทิ้งช่วง 2-3 เดือน ทำให้มันสำปะหลังชะงักการเจริญเติบโต แต่ข้อดีคือมีวัชพืชขึ้นรบกวนน้อย ถ้าเป็นดินทรายสามารถปลูกได้ตลอดปี แต่เกษตรกรมักนิยมปลูกปลายฤดูฝน เช่น ในพื้นที่จังหวัดระยองและชลบุรี ถ้าเป็นดินเหนียวจะนิยมปลูกต้นฤดูฝน เพราะสามารถเตรียมดินได้ง่าย

**2.4 ความต้องการน้ำของพืช** มันสำปะหลังมีความต้องการน้ำตลอดฤดูปลูก 12 เดือนประมาณ 853 มิลลิเมตร หรือ 1,365 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ โดยแบ่งเป็นสี่ช่วงอายุดังนี้ ที่อายุ 0-60 วัน ต้องการน้ำ 1.2 มิลลิเมตรต่อวัน (1.9 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อวัน) ที่อายุ 61-150 วัน ต้องการน้ำ 1.9 มิลลิเมตรต่อวัน (3.1 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อวัน) ที่อายุ 151-300 วัน ต้องการน้ำ 3.6 มิลลิเมตรต่อวัน (5.8 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อวัน) ที่อายุ 301-330 วัน ต้องการน้ำ 1.8 มิลลิเมตรต่อวัน (2.9 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อวัน) (กรมวิชาการเกษตร, 2559)

**3. ความต้องการและอาการขาดธาตุอาหารของมันสำปะหลัง**

มันสำปะหลังมีความต้องการไนโตรเจน 10-20 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัส 6-10 กิโลกรัม $P_2O_5$ ต่อไร่ และโพแทสเซียม 8-12 กิโลกรัม $K_2O$ ต่อไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารในดินก่อนปลูก ธาตุฟอสฟอรัสถึงแม้จะมีปริมาณความต้องการน้อยกว่าธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม แต่ก็มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตของมันสำปะหลัง

**ไนโตรเจน (Nitrogen: N)** เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน และส่วนที่เป็นสีเขียวของพืช มีหน้าที่ช่วยให้พืชตั้งตัวได้เร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต ส่งเสริมการแตกยอดอ่อน ใบ และกิ่งก้าน ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ในพืช ดังนั้นเมื่อมันสำปะหลังขาดไนโตรเจน ใบล่างจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นเหลืองซีดและสีน้ำตาล และร่วงก่อนกำหนด ชะงักการเจริญเติบโต ต้นเตี้ยแคระแกร็น ทำให้ผลผลิตลดลง (ภาพที่ 2.1) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะให้ผลตอบสนองอย่างเด่นชัด ทั้งในด้านการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต มันสำปะหลังตอบสนองต่อไนโตรเจนมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและปริมาณฝนที่ตกกระจายอย่างสม่ำเสมอ หากได้รับไนโตรเจนมากเกินไป จะทำให้เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันลดลง (โชติ และคณะ, 2522)

การแก้ไขการขาดไนโตรเจนในมันสำปะหลัง สามารถทำได้โดย

1) ปรับปรุงสภาพดินให้เหมาะสม เพื่อให้ธาตุอาหารพืชในดินละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น

2) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตามความต้องการของพืช ด้วยการให้ทางดิน หรือให้เสริมโดยการฉีดพ่นทางใบ

3) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพให้แก่พืช

**ภาพที่ 2.1** ลักษณะอาการขาดไนโตรเจนของมันสำปะหลัง
แหล่งที่มาภาพ : วัลลีย์ (2551)

**ฟอสฟอรัส (Phosphorus: P)** ฟอสฟอรัสมีบทบาทต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากโดยเฉพาะในระยะแรกของการเจริญเติบโต ทั้งยังช่วยเพิ่มความต้านทานต่อโรคบางชนิดและลดอิทธิพลของไนโตรเจน ซึ่งมีผลทำให้พืชอ่อนแอได้ แต่หากพืชได้รับฟอสฟอรัสในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้พืชแก่เร็ว (สรสิทธิ์ 2518; Bandel *et al*., 2000) ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายในดินได้น้อย แต่สามารถเคลื่อนย้ายได้ในต้นพืช ดังนั้นการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตจึงจำเป็นต้องใส่เป็นปุ๋ยรองพื้น เพื่อให้ปุ๋ยอยู่ใกล้บริเวณรากพืชมากที่สุด มันสำปะหลังมีการดูดใช้ฟอสฟอรัส ในปริมาณที่น้อยกว่าไนโตรเจน และโพแทสเซียม (วัลลีย์ และคณะ, 2555 ก ; 2555ข) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินขึ้นอยู่กับระดับความเป็นกรด-ด่างของดิน ถ้าดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 5.5 ฟอสเฟตจะถูกตรึงโดยเหล็ก (Fe-P) และอะลูมินัม (Al-P) ทำให้ปริมาณ

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินลดลง ขณะเดียวกันหากค่าความเป็นกรด-ด่างของดินมากกว่า 7.0 ฟอสเฟต จะตกตะกอนกับแคลเซียม (Ca-P) ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสเฟตลดลงได้เช่นกัน

เมื่อขาดฟอสฟอรัส มันสำปะหลังลำต้นบิดเบี้ยว แคระแกร็น ใบล่างเปลี่ยนเป็นสีม่วง ต่อมาเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล รากชะงักการเจริญเติบโต ใบจะมีสีเขียวเข้ม ก้านใบอาจมีสีม่วง หากขาดรุนแรงใบจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และมีเซลล์ตายในบางใบ ลำต้นเตี้ย เติบโตช้า (ภาพที่ 2.2) (กองปฐพีวิทยา, 2543)

การแก้ไขการขาดฟอสฟอรัส สามารถทำได้โดย

1) ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของดินให้อยู่ในช่วง 6.0-7.0 เพื่อให้ธาตุอาหารพืชในดินละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น

2) ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตตามคำแนะนำด้วยการให้ปุ๋ยทางดิน โดยใส่รองพื้นก่อนปลูก เพื่อให้ปุ๋ยฟอสเฟต ใกล้บริเวณรากพืชมากที่สุด

**ภาพที่ 2.2** ลักษณะอาการขาดฟอสฟอรัสของมันสำปะหลัง
แหล่งที่มาภาพ : CIAT (1985)

**โพแทสเซียม (Potassium: K)** มีความสำคัญต่อการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตจากส่วนใบและต้นไปยังส่วนหัวมันสำปะหลัง เพิ่มปริมาณแป้งและลดปริมาณไฮโดรไซยานิคในหัวมัน เมื่อมันสำปะหลังขาดโพแทสเซียม จะเริ่มต้นแสดงอาการที่ใบล่าง เนื่องจากโพแทสเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ในพืช โดยขอบใบล่างจะมีสีซีดจาง มีจุดสีน้ำตาลแห้งระหว่างเส้นใบ และลุกลามเข้าหาเส้นกลางใบ ใบเล็กแคบ ต้นแคระแกร็นและหักล้มง่าย จะทำให้ผลผลิตหัวมันลดลงอย่างชัดเจน (ภาพที่ 2.3) ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของโพแทสเซียมที่ดูดใช้จะไปสะสมในส่วนของหัว เมื่อนำผลผลิตออกจากแปลงจึงทำให้เกิดการสูญเสียโพแทสเซียม (วัลลีย์ และคณะ, 2558ข) ดังนั้นเมื่อปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันยาวนาน โพแทสเซียมในดินจึงไม่เพียงพอต่อความต้องการ การทดลองปุ๋ยระยะยาว 35 ปี ในดินร่วนปนทรายชุดดินห้วยโป่งที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ พบว่า เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน-ฟอสเฟต-โพแทช อย่างครบถ้วนตามคำแนะนำ ได้ผลผลิตเฉลี่ย 3.82 ตันต่อไร่ และเมื่อใส่เฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน-ฟอสเฟต แต่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทช จะให้ผลผลิตเฉลี่ย 2.86 ตันต่อไร่ หรือทำให้ผลผลิตลดลงถึง 25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งชี้ให้เห็นความรุนแรงของการขาดโพแทสเซียม ที่ส่งผลให้ผลผลิตลดต่ำลงอย่างชัดเจนในชุดดินห้วยโป่งที่จังหวัดระยอง (วัลลีย์ และคณะ, 2558ข)

การแก้ไขการขาดโพแทสเซียม สามารถทำได้โดย

1) ปรับปรุงสภาพดินให้เหมาะสม เพื่อให้ธาตุอาหารพืชในดินละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น

2) ใส่ปุ๋ยโพแทชตามความต้องการของพืชที่แสดงอาการให้เห็น ด้วยการให้ทางดิน หรือละลายน้ำแล้วฉีดพ่นทางใบ

**ภาพที่ 2.3** ลักษณะอาการขาดโพแทสเซียมของมันสำปะหลัง
แหล่งที่มาภาพ : วัลลีย์ (2551)

**แคลเซียม (Ca)** เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ ช่วยในการแบ่งเซลล์พืช โดยเฉพาะในส่วนยอด หรือปลายรากจะพบว่า มีแคลเซียมอยู่ในรูปของแคลเซียมเพคเทต (Calcium pectate) ช่วยเสริมสร้างการเจริญเติบโตของรากพืช แคลเซียมมีบทบาทเกี่ยวข้องกับการใช้น้ำและการแตกยอดของพืช

หากมันสำปะหลังขาดแคลเซียมจะแสดงอาการใบอ่อนบิดเบี้ยว ขอบใบม้วนลงข้างล่าง ใบขาดเป็นริ้วๆ มีจุดดำที่เส้นใบ รากสั้น ถ้าเกิดรุนแรง ตาและยอดอ่อนจะแห้งตาย นอกจากนี้โครงสร้างของลำต้นอ่อนแอ ทำให้เซลล์แตกและโรคเข้าทำลายได้ง่าย (ภาพที่ 2.4)

การแก้ไขการขาดแคลเซียมในดิน ถ้าเป็นดินที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 5.0 ควรปรับปรุงดิน โดยการหว่านหินปูน ปูนขาว หรือปูนโดโลไมต์อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ กรณีดินทรายที่ดินมี pH เป็นกลาง แต่มีแคลเซียมต่ำควรปรับปรุงดินโดยใช้ยิปซัม อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่

**ภาพที่ 2.4** ลักษณะอาการขาดแคลเซียมของมันสำปะหลัง
แหล่งที่มาภาพ : http://www.cropnutrition.com/crop-nutrients-calcium

**แมกนีเซียม (Mg)** เป็นองค์ประกอบของส่วนที่เป็นสีเขียวของพืช หรือคลอโรฟิลล์ซึ่งทำหน้าที่ในการสังเคราะห์แสง ส่งเสริมการดูดใช้และนำพาฟอสฟอรัสขึ้นสู่ลำต้น

เมื่อมันสำปะหลังขาดแมกนีเซียม ใบล่างเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแต่เส้นใบยังมีสีเขียว ต่อมาเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและแห้งตายในที่สุด ใบจะมีขนาดเล็ก ขอบใบงอเข้าหากัน กิ่งแขนงของพืชมักอ่อนแอง่ายต่อการเข้าทำลายของโรค (ภาพที่ 2.5)

การแก้ไขการขาดแมกนีเซียม โดยใส่แมกนีเซียมซัลเฟตหรือปูนโดโลไมต์ อัตรา 30-50 กิโลกรัมต่อไร่ทางดิน

**ภาพที่ 2.5** ลักษณะอาการขาดแมกนีเซียมของมันสำปะหลัง
แหล่งที่มาภาพ : วัลลีย์ (2551)

**กำมะถัน (S)** เป็นองค์ประกอบของโปรตีน กรดอะมิโน วิตามินบี และโคเอนไซม์ เอ ในพืช ช่วยในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์มีผลทางอ้อมต่อการแบ่งเซลล์และการเจริญเติบโตส่วนยอดของพืช

เมื่อขาดกำมะถัน ใบอ่อนจะมีสีเหลืองซีดคล้ายการขาดธาตุไนโตรเจน แต่การขาดไนโตรเจนจะแสดงอาการที่ใบแก่ ยอดพืชชะงักการเจริญเติบโต ใบ ลำต้นมีขนาดเล็กและลีบ (ภาพที่ 2.6)

การแก้ไขการขาดกำมะถัน สามารถทำได้โดยการหว่านกำมะถันผงหรือใส่ยิปซัม อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ หรือใส่ปุ๋ยเคมีที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เช่น แอมโมเนียมซัลเฟต (24%S)


**ภาพที่ 2.6** ลักษณะอาการขาดกำมะถันของมันสำปะหลัง
แหล่งที่มาภาพ : CIAT (1985)

**เหล็ก (Fe)** เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หลายชนิด มีความสำคัญในการสร้างคลอโรฟิลล์ ช่วยในการสร้างแป้งในหัวมันสำปะหลัง เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) และรีดักชัน (reduction) ซึ่งช่วยในการหายใจและดูดธาตุอาหารอื่นๆ นอกจากนี้ยังช่วยสังเคราะห์โปรตีนที่มีอยู่ในเซลล์พืช

การขาดเหล็ก มักพบในดินเป็นด่าง ใบอ่อนจะมีสีเหลืองซีดโดยเฉพาะระหว่างเส้นใบ ขณะที่ใบล่างยังคงมีสีเขียวอยู่ มันสำปะหลังจะชะงักการเจริญเติบโต หากเป็นรุนแรงจะแห้งตายตั้งแต่ส่วนยอดลงมาข้างล่าง เนื่องจากธาตุเหล็กไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ (ภาพที่ 2.7)

การแก้ไขการขาดเหล็ก สามารถทำได้โดยใช้เหล็กคีเลต อัตรา 80 - 180 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นทางใบ ที่อายุ 1 2 และ 3 เดือน หลังปลูก

(ก) อาการขาดโดยทั่วไป

(ข) อาการขาดรุนแรง

**ภาพที่ 2.7** ลักษณะอาการขาดเหล็กของมันสำปะหลัง

ภาพโดย : สมฤทัย ตันเจริญ

**แมงกานีส (Mn)** มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบหายใจของพืช และเมแทบอลิซึมของเหล็กและไนโตรเจน ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด และกระบวนการสร้างแป้ง

เมื่อพืชขาดแมงกานีส ใบอ่อนเปลี่ยนเป็นสีเหลืองซีด แต่เส้นใบยังมีสีเขียว หรือเป็นจุดสีขาวหรือจุดเหลืองระหว่างเส้นใบ ต่อมาเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและแห้งตายในที่สุด การเจริญเติบโตช้า และมีพุ่มใบน้อยกว่าปกติ (ภาพที่ 2.8)

การแก้ไขการขาดแมงกานีส สามารถทำได้โดยใช้แมงกานีสซัลเฟต อัตรา 40-100 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นทางใบ 2-3 ครั้ง

**ภาพที่ 2.8** ลักษณะอาการขาดแมงกานีสของมันสำปะหลัง

แหล่งที่มาภาพ : CIAT (1985)

**ทองแดง (Cu)** เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หลายชนิดและโปรตีนในพืช ช่วยสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ วิตามินเอ ช่วยในกระบวนการหายใจของพืช นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นตัวนำอิเล็คตรอน (Electron carrier) ในเอนไซม์

เมื่อพืชขาดทองแดง ตายอดชะงักการเจริญเติบโตและเปลี่ยนเป็นสีดำ ใบอ่อนจะมีเหลืองซีด (ภาพที่ 2.9)

การแก้ไขการขาดทองแดง สามารถทำได้โดยการหว่านคอปเปอร์ซัลเฟต อัตรา 0.4 กิโลกรัมต่อไร่ แล้วไถกลบ หรือฉีดพ่นคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) อัตรา 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร

**ภาพที่ 2.9** ลักษณะอาการขาดทองแดงของมันสำปะหลัง
แหล่งที่มาภาพ : CIAT (1985)

**สังกะสี (Zn)** เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หลายชนิดในพืช ช่วยสังเคราะห์ฮอร์โมนออกซิน (Auxins) เพื่อการเจริญเติบโตของพืช ช่วยสร้างโปรตีนและคลอโรฟิลล์ในพืช กระตุ้นให้มีการสร้างแป้ง ช่วยในการยืดตัวของเซลล์พืช นอกจากนี้ยังช่วยในการเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสและไนโตรเจนในพืชเพิ่มมากขึ้น

เมื่อพืชขาดสังกะสี ใบค่อนข้างแก่จะมีสีเหลืองซีดและขาวเป็นจุดๆ โดยเส้นใบยังมีสีเขียวอยู่ พบจุดหรือแถบสีขาวหรือเหลืองบนใบอ่อน ใบอาจย่นหรือเปลี่ยนรูปร่าง อาจพบจุดแผลเซลล์ตายในใบล่าง (ภาพที่ 2.10) มักเกิดในดินด่างที่เกษตรกรใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักอย่างเดียว

การแก้ไขการขาดสังกะสี สามารถทำได้โดยการชุบท่อนพันธุ์ด้วยปุ๋ยสังกะสีซัลเฟต ($ZnSO_4.7H_2O$) อัตรา 0.4-0.8 กิโลกรัมต่อน้ำ 20 ลิตร เป็นเวลา 15 นาทีก่อนปลูก หรือใช้ปุ๋ยสังกะสีซัลเฟต อัตรา 0.2-0.4 กิโลกรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นทางใบที่อายุ 1 2 และ 3 เดือนหลังปลูก

**ภาพที่ 2.10** ลักษณะอาการขาดสังกะสีของมันสำปะหลัง
แหล่งที่มาภาพ : วัลลีย์ (2551)

**โบรอน (B)** เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการแบ่งเซลล์และออกดอก ช่วยในการสร้างแป้ง น้ำตาล โปรตีน การคายน้ำ และการดูดใช้ไนโตรเจนและแคลเซียม ปรับสัดส่วนระหว่างโพแทสเซียมและแคลเซียมอย่างเหมาะสม นอกจากนี้ยังช่วยในกระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และฮอร์โมน

เมื่อมันสำปะหลังขาดโบรอน ยอดใหม่จะแห้งตาย ต่อมาตาข้างเริ่มแตกยอดอ่อนและตาย เกิดเป็นจุดดำหรือน้ำตาลทั่วส่วนต่างๆ ลำต้นสั้นไม่ยืดตัว กิ่งและใบชิดกัน ใบมีขนาดเล็ก หนา โค้งและเปราะ พืชชะงักการเจริญเติบโต (ภาพที่ 2.11)

การแก้ไขการขาดโบรอน สามารถทำได้โดยใช้บอแรกซ์อัตรา 1-2 กิโลกรัมต่อไร่ (0.16-0.32 กิโลกรัมโบรอนต่อไร่) หว่านรอบต้น หรือแช่ท่อนพันธุ์ด้วยบอแรกซ์อัตรา 100-200 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร นาน 15 นาที

**ภาพที่ 2.11** ลักษณะอาการขาดโบรอนของมันสำปะหลัง
แหล่งที่มาภาพ : CIAT (1985)

**ตารางที่ 2.1** ระดับวิกฤติความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลัง

| ธาตุอาหาร | ส่วนต่างๆ ของพืช | วิธีการ | ความเข้มข้นของธาตุอาหาร | | แหล่งข้อมูล |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | ไม่เพียงพอ | เป็นพิษ | |
| N (%) | YFEL, blade | Solution | 5.10 | | Fox *et al.* (1975) |
| | YFEL, blade | Solution | 5.70 | | Howeler (1978) |
| | YFEL, blade | Solution | 4.65 | | CIAT (1977) |
| | Whole, blade | Field | 4.20 | 4.9-5.1 | กอบเกียรติ และคณะ (2547) |
| | Shoots | Solution | 4.20 | | Forno (1977) |
| | Stems | Field | 1.00 | | กอบเกียรติ และคณะ (2547) |
| P (%) | YFEL, blade | Field | 0.20 | | Reuter (1986) |
| | YFEL, blade | Solution | 0.44 | | CIAT (1978) |
| | Shoots | Solution | 0.47-0.66 | | Jintakanon *et al.* (1979) |
| K (%) | YFEL, blade | Field | 1.00 | | Reuter (1986) |
| | YFEL, blade, 580 DAP | Field | 0.43 | | Reuter (1986) |
| | YFEL, blade | Solution | 1.10 | | Spear *et al.* (1978) |
| | YFEL, blade | Solution | 1.2 | | Howeler (1978) |
| | YFEL, petiole | Solution | 2.5 | | Howeler (1978) |
| | YFEL, petiole | Solution | 0.80 | | Spear *et al.* (1978) |
| | Whole, blade | Field | 1.45 | | กอบเกียรติ และคณะ (2547) |
| | Stem | Solution | 0.60 | | Spear *et al.* (1978) |
| | Shoots & Roots | Solution | 0.80 | | Spear *et al.* (1978) |
| | Stems | Field | 1.02 | | กอบเกียรติ และคณะ (2547) |
| Ca (%) | Shoots | Solution | 0.40 | | Forno (1977) |
| | YFEL, blade | Field | 0.50 | | Reuter (1986) |
| Mg (%) | Shoots | Solution | 0.26 | | Edwards และ Asher (1979) |
| | YFEL, blade | Solution | 0.29 | | Edwards และ Asher (1979) |

**ตารางที่ 2.1 (ต่อ)** ระดับวิกฤติความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลัง

| ธาตุอาหาร | ส่วนต่างๆ ของพืช | วิธีการ | ความเข้มข้นของธาตุ | | แหล่งข้อมูล |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | ไม่เพียงพอ | เป็นพิษ | |
| S (%) | YFEL, blade | Field | 0.32 | | Howeler (1978) |
| | YFEL, blade | Solution | 0.30 | | Reuter (1986) |
| Cu (mg/kg) | YFEL, blade | Field | < 7 | | CIAT (1977) |
| | YFEL, blade, 63 DAP | Solution | < 6 | > 15 | Reuter (1986) |
| Zn (mg/kg) | YFEL, blade | Solution | < 60 | | CIAT (1977) |
| | YFEL, blade | Solution | 37-51 | | CIAT (1978) |
| | YFEL, balde | Solution | 43-60 | | Edwards & Asher (1979) |
| | YFEL, blade, 63 DAP | Solutaion | < 30 | > 120 | Reuter (1986) |
| B (mg/kg) | Shoots | Solution | < 17 | > 140 | Forno (1977) |
| | Whole Shoots 40 DAP | Solution | 5-13 | > 140 | Reuter (1986) |
| | YFEL, blade | Field | < 15 | > 140 | Reuter (1986) |
| Mn (mg/kg) | Shoots | Solution | 100-120 | 250-1450 | Edwards & Asher (1979) |
| | Whole Shoots, 30 DAP | Solution | 67-81 | 230-520 | Reuter (1986) |
| Fe (mg/kg) | YFEL, blade | Field | < 50 | > 250 | Reuter (1986) |
| | YFEL, blade | Solution | < 60 | | Reuter (1986) |
| Al (mg/kg) | Shoots | Solution | | 70-97 | Gunatilaka (1977) |

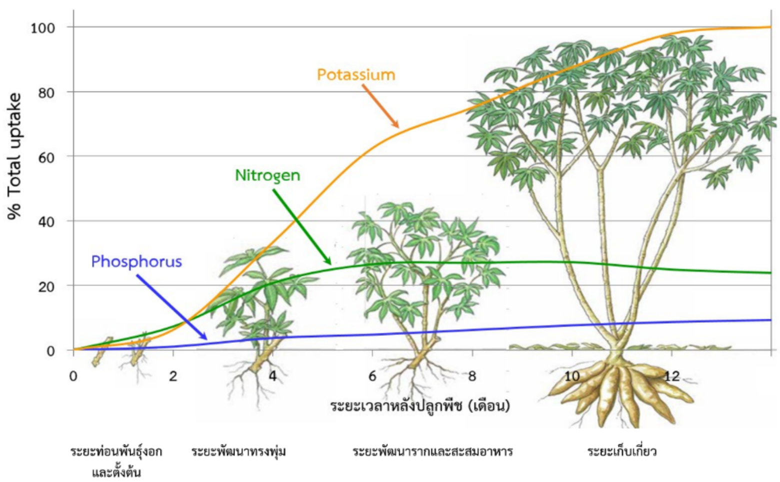
หมายเหตุ YFEL (Youngest Fully Expanded Leaves) : ใบอ่อนที่แผ่กางเต็มที่ ตำแหน่งที่ 4-5 จากยอด
DAP (Days After Planting) : จำนวนวันหลังจากปลูก

**ระยะการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังและการดูดใช้ธาตุอาหารพืช**

มันสำปะหลังมีการดูดใช้ไนโตรเจน และโพแทสเซียม ในสัดส่วนที่มากกว่าฟอสฟอรัส โดยระยะ 2-3 เดือนหลังปลูกมันสำปะหลังมีการดูดใช้ธาตุอาหารในปริมาณค่อนข้างน้อย และมีการดูดใช้เพิ่มขึ้นเมื่อมันสำปะหลังอายุ 6-8 เดือน ถึงแม้ว่ามันสำปะหลังมีการดูดใช้ธาตุอาหารในอัตราสูงที่อายุ 6-8 เดือน แต่การแนะนำการใส่ปุ๋ยแก่มันสำปะหลังจะแนะนำให้ใส่ที่อายุ 1-3 เดือน ทั้งนี้เนื่องจากมันสำปะหลังเริ่มมีการสร้างหัวเพื่อสะสมแป้งตั้งแต่อายุ 3 เดือน ดังนั้นจึงแนะนำให้หลีกเลี่ยงการใส่ปุ๋ยหลังจากช่วงอายุดังกล่าว เพื่อมิให้เครื่องมือหรือเครื่องจักรกลที่ใช้ในการใส่ปุ๋ยไปกระทบต่อรากหรือหัว ซึ่งจะมีผลต่อการสร้างผลผลิตได้

มันสำปะหลังมีการดูดใช้ และสะสมธาตุอาหารในส่วนของ ใบ ต้น เหง้า และหัวมันสำปะหลัง โดยในส่วนของใบ ต้น เหง้า และหัวมันสำปะหลังมีไนโตรเจนสะสมเฉลี่ย 1.75 0.87 0.54 และ 0.91 กิโลกรัมต่อตันผลผลิต ตามลำดับ มีฟอสฟอรัสสะสมเฉลี่ย 0.20 0.26 0.17 และ 0.64 กิโลกรัมต่อตันผลผลิต ตามลำดับ และมีโพแทสเซียมสะสมเฉลี่ย 0.55 0.89 0.54 และ 2.89 กิโลกรัมต่อตันผลผลิต ตามลำดับ (ตารางที่ 2.2)

ธาตุอาหารในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังสามารถสูญหายโดยการชะล้างหรือชะละลายไปกับน้ำ โดยเฉพาะในดินทราย ดินร่วนปนทราย ดังนั้นจึงแนะนำให้ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี เพื่อลดการสูญหายของธาตุอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจน และโพแทสเซียม นอกจากนี้ธาตุอาหารยังสูญหายโดยติดไปกับผลผลิตมันสำปะหลัง ได้แก่ ส่วนของหัว และ ต้นมันสำปะหลัง ซึ่งธาตุอาหารในหัวมันสำปะหลังประกอบด้วยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 0.91 0.64 และ 2.89 กิโลกรัมต่อตันผลผลิต และในต้นมีธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 0.91 0.64 และ 2.89 กิโลกรัมต่อตันผลผลิต (ตารางที่ 2.2) ดังนั้นถ้ามันสำปะหลังให้ผลผลิต 3.6 ตันต่อไร่ จะมีธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม สูญหายไปกับหัวมันสำปะหลัง เท่ากับ 3.27 2.30 และ 10.40 กิโลกรัมต่อไร่ และสูญหายไปกับต้นมันสำปะหลัง เท่ากับ 3.15 0.94 และ 3.21 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นหากนำทั้งหัวและต้นมันสำปะหลังออกไปจากพื้นที่ทั้งหมดจะมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูญหายออกไปจากพื้นที่ปลูกรวมทั้งหมด 6.41 3.24 และ 13.61 กิโลกรัมต่อไร่ หรือเทียบเท่าปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) 13.9 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) 7.0 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) 22.7 กิโลกรัมต่อไร่ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องปรับปรุงบำรุงดินและใส่ปุ๋ยชดเชยกับปริมาณธาตุอาหารที่สูญหายออกไป เพื่อรักษาศักยภาพดินในการผลิตอย่างยั่งยืนต่อไป




**ภาพที่ 2.12** ระยะการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังและการดูดใช้ธาตุอาหารพืช

**ตารางที่ 2.2** ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลังต่อตันผลผลิต

| ชุดดิน (เนื้อดิน) | พันธุ์ | ผลผลิต (กก./ไร่) | ส่วนของมันสำปะหลัง | ปริมาณธาตุอาหารในส่วนของพืช (กก./ตันผลผลิต) | | | แหล่งข้อมูล |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | N | P | K | |
| ตาคลี (ดินเหนียว) | ระยอง 5 | 3,058 | ใบ | 2.12 | 0.37 | 0.73 | สมฤทัย และ คณะ (2555) |
| | | | ต้น | 0.63 | 0.37 | 0.73 | |
| | | | เหง้า | 0.36 | 0.20 | 0.80 | |
| | | | หัว | - | 0.69 | 2.98 | |
| | ระยอง 11 | 3,832 | ใบ | 1.77 | 0.37 | 0.64 | |
| | | | ต้น | 0.59 | 0.44 | 0.70 | |
| | | | เหง้า | 0.31 | 0.20 | 0.81 | |
| | | | หัว | - | 0.64 | 2.68 | |
| โชคชัย (ดินเหนียว) | ห้วยบง 60 | 3,623 | ใบ | 3.64 | 0.36 | 0.76 | สมฤทัย และ คณะ (2557) |
| | | | ต้น | 1.06 | 0.26 | 0.52 | |
| | | | เหง้า | 0.63 | 0.13 | 0.33 | |
| | | | หัว | 1.73 | 0.61 | 2.35 | |
| | ระยอง 11 | 3,175 | ใบ | 3.52 | 0.38 | 1.05 | |
| | | | ต้น | 0.89 | 0.21 | 0.54 | |
| | | | เหง้า | 0.70 | 0.16 | 0.45 | |
| | | | หัว | 1.61 | 0.66 | 2.43 | |
| ปากช่อง (ดินเหนียว) | ระยอง 86-13 | 7,053 | ใบ | 0.87 | 0.08 | 0.40 | สมฤทัย และ คณะ (2558ค) |
| | | | ต้น | 0.43 | 0.11 | 0.66 | |
| | | | เหง้า | 0.18 | 0.05 | 0.23 | |
| | | | หัว | 0.49 | 0.23 | 1.30 | |
| | เกษตรศาสตร์ 50 | 5,532 | ใบ | 1.15 | 0.12 | 0.53 | |
| | | | ต้น | 0.59 | 0.16 | 0.83 | |
| | | | เหง้า | 0.22 | 0.06 | 0.25 | |
| | | | หัว | 0.65 | 0.29 | 1.64 | |
| วังไฮ (ดินเหนียว) | ระยอง 86-13 | 3,631 | ใบ | 1.63 | 0.18 | 0.47 | สมควร และ คณะ (2558ก) |
| | | | ต้น | 0.93 | 0.32 | 0.86 | |
| | | | เหง้า | 0.55 | 0.19 | 0.44 | |
| | | | หัว | 1.21 | 0.77 | 2.69 | |
| | เกษตรศาสตร์ 50 | 3,907 | ใบ | 1.21 | 0.14 | 0.41 | |
| | | | ต้น | 1.37 | 0.58 | 1.56 | |
| | | | เหง้า | 0.69 | 0.25 | 0.63 | |
| | | | หัว | 1.45 | 0.89 | 3.21 | |

**ตารางที่ 2.2** (ต่อ) ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลังต่อตันผลผลิต

| ชุดดิน (เนื้อดิน) | พันธุ์ | ผลผลิต (กก./ไร่) | ส่วนของมันสำปะหลัง | ปริมาณธาตุอาหารในส่วนของพืช (กก./ตันผลผลิต) | | | แหล่งข้อมูล |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | N | P | K | |
| ลาดหญ้า (ดินทราย) | ระยอง 11 | 4,221 | ใบ | 2.10 | 0.19 | 0.50 | สมควร และคณะ (2555) |
| | | | ต้น | 3.20 | 0.48 | 2.65 | |
| | | | เหง้า | 0.91 | 0.19 | 0.93 | |
| | | | หัว | - | 0.42 | 3.50 | |
| | CMR42-44-98 | 4,120 | ใบ | 1.64 | 0.15 | 0.28 | |
| | | | ต้น | 2.42 | 0.43 | 1.75 | |
| | | | เหง้า | 0.80 | 0.16 | 0.53 | |
| | | | หัว | - | 0.47 | 3.90 | |
| ลาดหญ้า (ดินทราย) | ระยอง 11 | 7,844 | ใบ | 0.30 | 0.03 | 0.09 | สมควร และคณะ (2557) |
| | | | ต้น | 1.20 | 0.22 | 1.43 | |
| | | | เหง้า | 0.42 | 0.08 | 0.40 | |
| | | | หัว | - | 0.34 | 2.52 | |
| | ระยอง 5 | 4,639 | ใบ | 0.26 | 0.02 | 0.08 | |
| | | | ต้น | 1.74 | 0.30 | 2.29 | |
| | | | เหง้า | 0.64 | 0.12 | 0.58 | |
| | | | หัว | - | 0.63 | 5.01 | |
| สัตหีบ (ดินทราย) | ระยอง 9 | 7,554 | ใบ | 1.24 | 0.17 | 0.36 | วัลลีย์ และคณะ (2555ข) |
| | | | ต้น | 0.50 | 0.19 | 0.32 | |
| | | | เหง้า | 0.47 | 0.20 | 0.28 | |
| | | | หัว | 0.60 | 0.76 | 2.18 | |
| | ระยอง 11 | 7,537 | ใบ | 0.89 | 0.17 | 0.22 | |
| | | | ต้น | 0.39 | 0.18 | 0.20 | |
| | | | เหง้า | 0.30 | 0.17 | 0.45 | |
| | | | หัว | 1.22 | 0.96 | 3.15 | |
| | ระยอง 86-13 | 7,396 | ใบ | 1.00 | 0.19 | 0.35 | |
| | | | ต้น | 0.27 | 0.17 | 0.29 | |
| | | | เหง้า | 0.46 | 0.20 | 0.37 | |
| | | | หัว | - | 0.81 | 2.62 | |
| พังงา (ดินทราย) | เกษตรศาสตร์ 50 | 7,281 | ใบ | 0.79 | 0.09 | 0.18 | วัลลีย์ และคณะ (2558จ) |
| | | | ต้น | 0.75 | 0.30 | 0.42 | |
| | | | เหง้า | 0.60 | 0.14 | 0.24 | |
| | | | หัว | 1.73 | 0.80 | 2.27 | |
| | ระยอง 86-13 | 6,970 | ใบ | 1.23 | 0.09 | 0.29 | |
| | | | ต้น | 0.53 | 0.12 | 0.25 | |
| | | | เหง้า | 0.67 | 0.15 | 0.27 | |
| | | | หัว | 1.61 | 0.68 | 2.31 | |

**ตารางที่ 2.2** (ต่อ) ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลังต่อตันผลผลิต

| ชุดดิน (เนื้อดิน) | พันธุ์ | ผลผลิต (กก./ไร่) | ส่วนของมันสำปะหลัง | ปริมาณธาตุอาหารในส่วนของพืช (กก./ตันผลผลิต) | | | แหล่งข้อมูล |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | N | P | K | |
| ห้วยโป่ง (ดินร่วน) | ระยอง 9 | 7,877 | ใบ | 1.52 | 0.24 | 0.34 | วัลลีย์ และคณะ (2558ข) |
| | | | ต้น | 0.74 | 0.21 | 0.57 | |
| | | | เหง้า | 0.53 | 0.19 | 0.68 | |
| | | | หัว | 0.57 | 0.86 | 2.82 | |
| | ระยอง 11 | 8,125 | ใบ | 1.19 | 0.22 | 0.26 | |
| | | | ต้น | 0.54 | 0.19 | 0.31 | |
| | | | เหง้า | 0.47 | 0.17 | 0.66 | |
| | | | หัว | 0.81 | 0.97 | 3.22 | |
| | CMR46-47-137 | 7,679 | ใบ | 0.96 | 0.15 | 0.22 | |
| | | | ต้น | 0.73 | 0.26 | 0.28 | |
| | | | เหง้า | 0.55 | 0.28 | 0.59 | |
| | | | หัว | 0.13 | 1.11 | 3.03 | |
| ชลบุรี (ดินร่วน) | ระยอง 9 | 5,206 | ใบ | 4.13 | 0.44 | 1.10 | วัลลีย์ และคณะ (2555ก) |
| | | | ต้น | 0.89 | 0.31 | 1.15 | |
| | | | เหง้า | 0.87 | 0.28 | 0.82 | |
| | | | หัว | 0.04 | 0.66 | 2.41 | |
| | ระยอง 11 | 3,953 | ใบ | 3.21 | 0.39 | 1.06 | |
| | | | ต้น | 0.94 | 0.37 | 1.55 | |
| | | | เหง้า | 0.81 | 0.28 | 1.20 | |
| | | | หัว | 0.07 | 0.77 | 3.57 | |
| | ระยอง86-13 | 3,450 | ใบ | 3.86 | 0.44 | 1.27 | |
| | | | ต้น | 0.57 | 0.34 | 1.19 | |
| | | | เหง้า | 0.79 | 0.25 | 0.92 | |
| | | | หัว | 0.07 | 0.60 | 2.72 | |
| มาบบอน (ดินร่วน) | เกษตรศาสตร์ 50 | 6,425 | ใบ | 1.59 | 0.12 | 0.78 | วัลลีย์ และคณะ (2558ก) |
| | | | ต้น | 0.25 | 0.07 | 0.51 | |
| | | | เหง้า | 0.29 | 0.08 | 0.43 | |
| | | | หัว | 0.51 | 0.26 | 1.99 | |
| | ระยอง 86-13 | 6,585 | ใบ | 2.80 | 0.19 | 1.14 | |
| | | | ต้น | 0.30 | 0.08 | 0.58 | |
| | | | เหง้า | 0.36 | 0.09 | 0.55 | |
| | | | หัว | 0.66 | 0.24 | 2.03 | |

**ตารางที่ 2.2** (ต่อ) ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลังต่อตันผลผลิต

| ชุดดิน (เนื้อดิน) | พันธุ์ | ผลผลิต (กก./ไร่) | ส่วนของมันสำปะหลัง | ปริมาณธาตุอาหารในส่วนของพืช (กก./ตันผลผลิต) | | | แหล่งข้อมูล |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | N | P | K | |
| หนองบอน (ดินร่วน) | เกษตรศาสตร์ 50 | 7,368 | ใบ | 1.41 | 0.12 | 0.68 | วัลลีย์ และคณะ (2558ง) |
| | | | ต้น | 0.72 | 0.25 | 1.29 | |
| | | | เหง้า | 0.38 | 0.11 | 0.50 | |
| | | | หัว | 0.88 | 0.66 | 4.34 | |
| | ระยอง 86-13 | 7,822 | ใบ | 1.76 | 0.16 | 0.91 | |
| | | | ต้น | 0.52 | 0.23 | 0.90 | |
| | | | เหง้า | 0.38 | 0.11 | 0.47 | |
| | | | หัว | 0.95 | 0.63 | 4.23 | |
| บ้านบึง (ดินทราย) | เกษตรศาสตร์ 50 | 5,809 | ใบ | 1.64 | 0.13 | 0.61 | วัลลีย์ และคณะ (2558ง) |
| | | | ต้น | 1.05 | 0.28 | 1.03 | |
| | | | เหง้า | 0.60 | 0.17 | 0.57 | |
| | | | หัว | 1.72 | 0.69 | 3.76 | |
| | ระยอง 86-13 | 5,874 | ใบ | 1.29 | 0.10 | 0.30 | |
| | | | ต้น | 0.63 | 0.12 | 0.50 | |
| | | | เหง้า | 0.76 | 0.13 | 0.33 | |
| | | | หัว | 1.29 | 0.45 | 2.89 | |
| เฉลี่ย | | 5,777 | ใบ | 1.75 | 0.20 | 0.55 | |
| | | | ต้น | 0.87 | 0.26 | 0.89 | |
| | | | เหง้า | 0.54 | 0.17 | 0.54 | |
| | | | หัว | 0.91 | 0.64 | 2.89 | |

## 4. การจัดการดิน

### การเตรียมดิน

การเตรียมดินสำหรับปลูกมันสำปะหลัง ควรไถพรวนให้ลึก 20-30 เซนติเมตร โดยไถกลบเศษซากที่เหลือจากการเก็บเกี่ยว ไม่ควรเผาหรือนำออกจากพื้นที่ปลูก เพราะทำให้ธาตุอาหารสูญเสียไปเป็นจำนวนมาก (กรมวิชาการเกษตร, 2547) การเตรียมดินควรไถ 2 ครั้ง ด้วยผาลสามและผาลเจ็ด และยกร่องปลูก ในพื้นที่ลาดเอียง ควรไถขวางทิศทางของความลาดเอียง เพื่อลดการสูญเสียหน้าดิน และพื้นที่ลุ่มที่เสี่ยงต่อการขังน้ำควรทำร่องระบายน้ำ

ในพื้นที่ที่มีการปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันหลายปี หากมีการจัดการดินที่ไม่เหมาะสม เช่น การไถขณะที่ดินมีความชื้นสูงเกินไป หรือการไถพรวนที่ระดับความลึกเท่าเดิมติดต่อกันทุกปี และใช้เครื่องยนต์หรือรถขนาดใหญ่ลงไปในพื้นที่ ดินล่างที่ความลึกประมาณ 30-50 เซนติเมตรถูกบดอัดจนแน่นทึบ ทำให้เกิดชั้นดานใต้ชั้นไถพรวน ซึ่งพิจารณาได้จากค่าความหนาแน่นรวมของดิน ถ้าดินทราย มีค่าความหนาแน่นรวมมากกว่า 1.76 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดินร่วน มีค่าความหนาแน่นรวมมากกว่า 1.66 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดินเหนียว มีค่าความหนาแน่นรวมมากกว่า 1.46 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมีผลต่อการลงหัวของมันสำปะหลัง ดังนั้นจึงต้องมีการไถระเบิดดินดาน โดยไถเมื่อดินแห้ง ไถ 2 แนวตัดกันเป็นตารางหมากรุก การไถ

ระเบิดดินดานเป็นวิธีหนึ่งที่ได้ผลดีในการทำลายชั้นดานใต้ผิวดิน ทำให้ดินสามารถกักเก็บน้ำได้มากขึ้น หลังจากนั้นก็ทำการไถพรวนตามปกติ การไถระเบิดดินดาน ควรทำทุก 3-5 ปี

แนวทางการปรับปรุงดินเพื่อการผลิตมันสำปะหลังอย่างยั่งยืน สามารถทำได้ดังนี้คือ

1) รักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน
2) เพิ่มอินทรียวัตถุในดิน โดยการไถกลบเศษซากพืช ปลูกพืชหมุนเวียน และปุ๋ยอินทรีย์ปรับปรุงดิน
3) อนุรักษ์ดินไว้ไม่ให้เกิดการชะล้างพังทลาย โดยการยกร่องปลูกขวางแนวลาดเอียง ใช้ระยะปลูกและเลือกเวลาปลูกให้เหมาะสม

## 5. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับมันสำปะหลัง

ระดับค่าวิกฤติของธาตุอาหารในดินปลูกมันสำปะหลัง (ตารางที่ 2.3) โดยระดับของค่าวิกฤติอาจแตกต่างกันไปตามวิธีวิเคราะห์ จึงได้มีการทำมาตรฐานค่าวิเคราะห์กลางเป็นการเปรียบเทียบ เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากค่าวิเคราะห์ได้กว้างขวางและเป็นสากลมากยิ่งขึ้น

ปี พ.ศ. 2532-2537 กองปฐพีวิทยา ได้ทำแปลงทดสอบปุ๋ย ณ ไร่เกษตรกรในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 10 จังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 72 แปลง โดยใช้วิธีของ Cate and Nelson (1971) (2-Mean Discontinuous Model) วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิเคราะห์ดิน (ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธี Bray II และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้โดยวิธีแอมโมเนียมอะซิเตท) ได้ค่า $R^2$ (Coefficient of determination) สูงสุดเพื่อใช้เป็นจุดแบ่งแยกข้อมูลที่เหมาะสมหรือตอบสนองต่อปุ๋ยในเชิงสถิติ จึงได้สามารถกำหนดค่าวิกฤติของ N (%OM), P ($P_2O_5$) K ($K_2O$) จากค่าวิเคราะห์ดังกล่าวได้ดังนี้ ปริมาณอินทรียวัตถุต่ำกว่า 0.80 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (NH4OAc) ต่ำกว่า 7 และ 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ประโยชน์จากการใช้ค่าวิกฤติ คือ 1) เป็นข้อมูลการตัดสินใจของเกษตรกรว่า จะใส่ปุ๋ยเคมี N P K หรือไม่ เพราะมันสำปะหลังจะมีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยได้ดีและเด่นชัด เมื่อมีค่าวิเคราะห์ดินก่อนปลูกต่ำกว่าค่าวิกฤติ หากดินมีค่าวิเคราะห์สูงกว่านี้ การตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยจะมีน้อยมากหรือไม่ตอบสนองเลย 2) นำค่าต้นทุน ราคาผลผลิตและผลตอบแทนต่างๆ มาประเมินเพื่อหาจุดคุ้มทุนในเชิงเศรษฐกิจ ณ เวลา หรือราคาคาดคะเนนั้นๆ และ 3) กำหนดสูตรปุ๋ย อัตราแนะนำให้เหมาะสมต่อสภาพพื้นที่ เช่น ชนิดดิน สภาพภูมิอากาศ เป็นต้น ให้แก่เกษตรกรต่อไป

### 5.1 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน

ในปี พ.ศ. 2554-2558 กรมวิชาการเกษตร ได้ดำเนินโครงการวิจัยและพัฒนาวิธีการเขตกรรมมันสำปะหลัง ซึ่งได้ทำการทดลองการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยสำหรับมันสำปะหลัง พันธุ์ระยอง 5 ระยอง 9 ระยอง 11 ระยอง 86-13 CMR42-44-98 CMR46-47-137 เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 60 ในดิน 4 กลุ่ม ประกอบด้วย

1. กลุ่มดินทราย 10 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินน้ำพอง ชุดดินสัตหีบ ชุดดินอุบล ชุดดินพังงา ชุดดินวาริน ชุดดินจอมพระ ชุดดินจักราช ชุดดินขอนแก่น ชุดดินยางตลาด และชุดดินลาดหญ้า

2. กลุ่มดินร่วน 7 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินสตึก ชุดดินบ้านบึง ชุดดินชุมพวง ชุดดินหนองบอน ชุดดินห้วยโป่ง ชุดดินชลบุรี และชุดดินมาบบอน

3. กลุ่มดินตื้น 5 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินคลองซาก ชุดดินกบินทร์บุรี ชุดดินโพนพิสัย ชุดดินวังสะพุง และชุดดินมวกเหล็ก

4. กลุ่มดินเหนียว 5 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินตาคลี ชุดดินปากช่อง ชุดดินโชคชัย ชุดดินวังไฮ และชุดดินราชบุรี

ทดลองในแหล่งปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดขอนแก่น นครราชสีมา อุบลราชธานี กาฬสินธุ์ เลย นครสวรรค์ ระยอง ชลบุรี ปราจีนบุรี กาญจนบุรี และราชบุรี

จากผลการศึกษาสามารถพัฒนาเป็นคำแนะนำการใช้ปุ๋ยของมันสำปะหลังที่มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น (ตารางที่ 2.4 - 2.6)

**ตารางที่ 2.3** ระดับวิกฤติของค่าวิเคราะห์ดินสำหรับมันสำปะหลัง

| ค่าวิเคราะห์ | ระดับวิกฤติ | วิธีวิเคราะห์*/ | แหล่งข้อมูล |
|---|---|---|---|
| ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) | < 4.6 และ > 7.8 | 1:1 = ดิน:น้ำ | CIAT (1977, 1979) |
| ค่าการนำไฟฟ้า ($EC_e$; เดซิซีเมน/เมตร) | > 0.5-0.7 | Saturation extract | CIAT (1977) |
| ปริมาณอินทรียวัตถุ (%) | < 0.65 | Walkley & Black | สุทิน (2543) |
| ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.) | < 7 | Bray II-FAO โปรแกรม | โชติ (2539) |
| โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.) | 30 | $NH_4$-acetate, FAO | โชติ (2539) |
| แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.) | 50 | $NH_4$-acetate | CIAT (1979) |
| สังกะสีที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.) | < 1.0 | North Carolina extract | Howeler (1978) |
| แมงกานีสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.) | < 5-9 | North Carolina extract | Howeler (1978) |
| กำมะถันที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.) | 8 | - | Ngoni (1976) |
| อะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมล/กก.) | > 2.5 | 1 *N* KCl | Howeler (1978) |
| ร้อยละความอิ่มตัวของโซเดียม | > 2.5 | $NH_4$-acetate | CIAT (1977) |
| ร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมินัม | > 80 | Al/(Al+Ca+Mg+K) | CIAT (1979) |

*/ Bray II = 0.1 *N* HCl + 0.03 *N* $NH_4F$

$NH_4$-acetate = 1 *N* $NH_4OAc$, pH 7

North Carolina = 0.05 *N* HCl + 0.025 *N* $H_2SO_4$

**ตารางที่ 2.4** การใช้ปุ๋ยกับมันสำปะหลังตามค่าวิเคราะห์ดิน

| รายการวิเคราะห์ | ค่าวิเคราะห์ | ปริมาณธาตุอาหารที่แนะนำ |
|---|---|---|
| อินทรียวัตถุ (OM, %) | <0.60 | 16* กิโลกรัม N /ไร่ |
| | 0.60-1.00 | 16 กิโลกรัม N /ไร่ |
| | 1.00-2.00 | 8 กิโลกรัม N /ไร่ |
| | >2.00 | 4 กิโลกรัม N /ไร่ |
| ฟอสฟอรัส (P, มิลลิกรัม/กิโลกรัม) | <5 | 8 กิโลกรัม $P_2O_5$ /ไร่ |
| | 5-30 | 4 กิโลกรัม $P_2O_5$ /ไร่ |
| | >30 | 2 กิโลกรัม $P_2O_5$ /ไร่ |
| โพแทสเซียม (K, มิลลิกรัม/กิโลกรัม) | <30 | 16 กิโลกรัม $K_2O$ /ไร่ |
| | 30-90 | 8 กิโลกรัม $K_2O$ /ไร่ |
| | >90 | 4 กิโลกรัม $K_2O$ /ไร่ |

**หมายเหตุ** คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับมันสำปะหลังตามค่าวิเคราะห์ดิน เป็นคำแนะนำสำหรับดินไร่ทั่วไปที่มี pH ระหว่าง 4.5-7.5

* ควรปรับปรุงดินด้วยวัสดุอินทรีย์จากไร่-นา หรือปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 500-1,000 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่

วิธีการใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ย 1-2 ครั้ง เมื่อมันสำปะหลังอายุ 1-2 เดือนหลังปลูก แล้วแต่กรณี

1) กรณีอัตราแนะนำปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทช ไม่เกิน 8 กิโลรัมต่อไร่ ให้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปุ๋ยฟอสเฟต และปุ๋ยโพแทชครั้งเดียวเมื่อมันสำปะหลังอายุ 1-2 เดือน และดินมีความชื้นเหมาะสม โดยใส่สองข้างต้นมันสำปะหลัง แล้วกลบปุ๋ย
2) กรณีอัตราแนะนำปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทช มากกว่า 8 กิโลรัมต่อไร่ ให้แบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทชออกเป็น 2 ครั้งที่อายุ 1 เดือน และ 2 เดือน สำหรับปุ๋ยฟอสเฟต ให้ใส่ครั้งเดียวเมื่อมันสำปะหลังอายุ 1 เดือน และเมื่อดินมีความชื้นเหมาะสม โดยใส่สองข้างต้นมันสำปะหลัง แล้วกลบปุ๋ย

**5.2 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยการผสมปุ๋ยใช้เอง**

การผสมปุ๋ยใช้เอง สามารถทำได้โดยใช้แม่ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารหลักในปริมาณสูง เช่น ยูเรีย (46-0-0) ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (18-46-0) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) โดยไม่จำเป็นต้องใส่สารตัวเติมหรือฟิลเลอร์ (filler) ช่วยให้สามารถใส่ปุ๋ยในปริมาณที่ต้องการและประหยัดต้นทุนจากการใช้ปุ๋ย (ตารางที่ 2.5)

**ตารางที่ 2.5** คำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับมันสำปะหลังตามค่าวิเคราะห์ดินโดยการผสมปุ๋ยใช้เอง

| อินทรียวัตถุ (%) | ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.) | โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.) | ปริมาณธาตุอาหารแนะนำ (กก./ไร่) | | | ปริมาณปุ๋ยที่ต้องใช้ (กก./ไร่) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | 46-0-0 | 18-46-0 | 0-0-60 |
| <0.6 | <5 | <30 | 16 | 8 | 16 | 28 | 17 | 27 |
| <0.6 | <5 | 30-90 | 16 | 8 | 8 | 28 | 17 | 13 |
| <0.6 | <5 | >90 | 16 | 8 | 4 | 28 | 17 | 7 |
| <0.6 | 5-30 | <30 | 16 | 4 | 16 | 31 | 9 | 27 |
| <0.6 | 5-30 | 30-90 | 16 | 4 | 8 | 31 | 9 | 13 |
| <0.6 | 5-30 | >90 | 16 | 4 | 4 | 31 | 9 | 7 |
| <0.6 | >30 | <30 | 16 | 2 | 16 | 33 | 4 | 27 |
| <0.6 | >30 | 30-90 | 16 | 2 | 8 | 33 | 4 | 13 |
| <0.6 | >30 | >90 | 16 | 2 | 4 | 33 | 4 | 7 |
| 0.6-1.0 | <5 | <30 | 16 | 8 | 16 | 28 | 17 | 27 |
| 0.6-1.0 | <5 | 30-90 | 16 | 8 | 8 | 28 | 17 | 13 |
| 0.6-1.0 | <5 | >90 | 16 | 8 | 4 | 28 | 17 | 7 |
| 0.6-1.0 | 5-30 | <30 | 16 | 4 | 16 | 31 | 9 | 27 |
| 0.6-1.0 | 5-30 | 30-90 | 16 | 4 | 8 | 31 | 9 | 13 |
| 0.6-1.0 | 5-30 | >90 | 16 | 4 | 4 | 31 | 9 | 7 |
| 0.6-1.0 | >30 | <30 | 16 | 2 | 16 | 33 | 4 | 27 |
| 0.6-1.0 | >30 | 30-90 | 16 | 2 | 8 | 33 | 4 | 13 |
| 0.6-1.0 | >30 | >90 | 16 | 2 | 4 | 33 | 4 | 7 |
| 1.0-2.0 | <5 | <30 | 8 | 8 | 16 | 11 | 17 | 27 |
| 1.0-2.0 | <5 | 30-90 | 8 | 8 | 8 | 11 | 17 | 13 |
| 1.0-2.0 | <5 | >90 | 8 | 8 | 4 | 11 | 17 | 7 |
| 1.0-2.0 | 5-30 | <30 | 8 | 4 | 16 | 14 | 9 | 27 |
| 1.0-2.0 | 5-30 | 30-90 | 8 | 4 | 8 | 14 | 9 | 13 |
| 1.0-2.0 | 5-30 | >90 | 8 | 4 | 4 | 14 | 9 | 7 |
| 1.0-2.0 | >30 | <30 | 8 | 2 | 16 | 16 | 4 | 27 |
| 1.0-2.0 | >30 | 30-90 | 8 | 2 | 8 | 16 | 4 | 13 |
| 1.0-2.0 | >30 | >90 | 8 | 2 | 4 | 16 | 4 | 7 |
| >2.0 | <5 | <30 | 4 | 8 | 16 | 2 | 17 | 27 |
| >2.0 | <5 | 30-90 | 4 | 8 | 8 | 2 | 17 | 13 |
| >2.0 | <5 | >90 | 4 | 8 | 4 | 2 | 17 | 7 |
| >2.0 | 5-30 | <30 | 4 | 4 | 16 | 5 | 9 | 27 |
| >2.0 | 5-30 | 30-90 | 4 | 4 | 8 | 5 | 9 | 13 |
| >2.0 | 5-30 | >90 | 4 | 4 | 4 | 5 | 9 | 7 |
| >2.0 | >30 | <30 | 4 | 2 | 16 | 7 | 4 | 27 |
| >2.0 | >30 | 30-90 | 4 | 2 | 8 | 7 | 4 | 13 |
| >2.0 | >30 | >90 | 4 | 2 | 4 | 7 | 4 | 7 |

หมายเหตุ ใส่สองข้างต้นมันสำปะหลังครั้งเดียวที่อายุ 1-2 เดือนหลังปลูก แล้วกลบปุ๋ย หรือหลังกำจัดวัชพืชครั้งแรก เมื่อดินมีความชื้นพอเหมาะ

กรณีที่ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุน้อยกว่า 0.6 เปอร์เซ็นต์ ควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

### 5.3 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยการใช้ปุ๋ยเชิงประกอบ

การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน นอกจากใช้แม่ปุ๋ยนำมาผสมใช้เองแล้ว เกษตรกรสามารถเลือกใช้ปุ๋ยเกรดอื่นๆ เช่น ปุ๋ย 16-16-8 มาใช้ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) ได้อีกด้วย ในกรณีใช้ปุ๋ยเชิงประกอบร่วมกับปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ในการคำนวณปริมาณปุ๋ยเชิงประกอบที่ต้องใช้ให้เริ่มต้นคำนวณจากปุ๋ยฟอสเฟต เพื่อให้ได้ปริมาณฟอสฟอรัสในอัตราแนะนำ จากนั้นจึงคำนวณปริมาณไนโตรเจน และโพแทสเซียมที่ได้จากการใส่ปุ๋ยในอัตราดังกล่าว หากไนโตรเจนและโพแทสเซียมยังต่ำกว่าอัตราแนะนำ จึงคำนวณปริมาณปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ที่จะต้องใส่เพิ่มเติม (ตารางที่ 2.6)

**ตารางที่ 2.6** คำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับมันสำปะหลังตามค่าวิเคราะห์ดินโดยการใช้ปุ๋ยเชิงประกอบ

| อินทรียวัตถุ (%) | ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.) | โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.) | ปริมาณธาตุอาหารแนะนำ (กก./ไร่) | | | ปริมาณปุ๋ยที่ต้องใช้ (กก./ไร่) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | 16-16-8 | 46-0-0 | 0-0-60 |
| <0.6 | <5 | <30 | 16 | 8 | 16 | 50 | 17 | 20 |
| <0.6 | <5 | 30-90 | 16 | 8 | 8 | 50 | 17 | 7 |
| <0.6 | <5 | >90 | 16 | 8 | 4 | 50 | 17 | 0 |
| <0.6 | 5-30 | <30 | 16 | 4 | 16 | 25 | 26 | 23 |
| <0.6 | 5-30 | 30-90 | 16 | 4 | 8 | 25 | 26 | 10 |
| <0.6 | 5-30 | >90 | 16 | 4 | 4 | 25 | 26 | 3 |
| <0.6 | >30 | <30 | 16 | 2 | 16 | 13 | 30 | 25 |
| <0.6 | >30 | 30-90 | 16 | 2 | 8 | 13 | 30 | 12 |
| <0.6 | >30 | >90 | 16 | 2 | 4 | 13 | 30 | 5 |
| 0.6-1.0 | <5 | <30 | 16 | 8 | 16 | 50 | 17 | 20 |
| 0.6-1.0 | <5 | 30-90 | 16 | 8 | 8 | 50 | 17 | 7 |
| 0.6-1.0 | <5 | >90 | 16 | 8 | 4 | 50 | 17 | 0 |
| 0.6-1.0 | 5-30 | <30 | 16 | 4 | 16 | 25 | 26 | 23 |
| 0.6-1.0 | 5-30 | 30-90 | 16 | 4 | 8 | 25 | 26 | 10 |
| 0.6-1.0 | 5-30 | >90 | 16 | 4 | 4 | 25 | 26 | 3 |
| 0.6-1.0 | >30 | <30 | 16 | 2 | 16 | 13 | 30 | 25 |
| 0.6-1.0 | >30 | 30-90 | 16 | 2 | 8 | 13 | 30 | 12 |
| 0.6-1.0 | >30 | >90 | 16 | 2 | 4 | 13 | 30 | 5 |
| 1.0-2.0 | <5 | <30 | 8 | 8 | 16 | 50 | 0 | 20 |
| 1.0-2.0 | <5 | 30-90 | 8 | 8 | 8 | 50 | 0 | 7 |
| 1.0-2.0 | <5 | >90 | 8 | 8 | 4 | 50 | 0 | 0 |
| 1.0-2.0 | 5-30 | <30 | 8 | 4 | 16 | 25 | 9 | 23 |
| 1.0-2.0 | 5-30 | 30-90 | 8 | 4 | 8 | 25 | 9 | 10 |
| 1.0-2.0 | 5-30 | >90 | 8 | 4 | 4 | 25 | 9 | 3 |
| 1.0-2.0 | >30 | <30 | 8 | 2 | 16 | 13 | 13 | 25 |
| 1.0-2.0 | >30 | 30-90 | 8 | 2 | 8 | 13 | 13 | 12 |
| 1.0-2.0 | >30 | >90 | 8 | 2 | 4 | 13 | 13 | 5 |

**ตารางที่ 2.6** (ต่อ) คำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับมันสำปะหลังตามค่าวิเคราะห์ดินโดยการใช้ปุ๋ยเชิงประกอบ

| อินทรียวัตถุ (%) | ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.) | โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.) | ปริมาณธาตุอาหารแนะนำ (กก./ไร่) | | | ปริมาณปุ๋ยที่ต้องใช้ (กก./ไร่) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | 16-16-8 | 46-0-0 | 0-0-60 |
| >2.0 | <5 | <30 | 4 | 8 | 16 | 50 | 0 | 20 |
| >2.0 | <5 | 30-90 | 4 | 8 | 8 | 50 | 0 | 7 |
| >2.0 | <5 | >90 | 4 | 8 | 4 | 50 | 0 | 0 |
| >2.0 | 5-30 | <30 | 4 | 4 | 16 | 25 | 0 | 23 |
| >2.0 | 5-30 | 30-90 | 4 | 4 | 8 | 25 | 0 | 10 |
| >2.0 | 5-30 | >90 | 4 | 4 | 4 | 25 | 0 | 3 |
| >2.0 | >30 | <30 | 4 | 2 | 16 | 13 | 4 | 25 |
| >2.0 | >30 | 30-90 | 4 | 2 | 8 | 13 | 4 | 12 |
| >2.0 | >30 | >90 | 4 | 2 | 4 | 13 | 4 | 5 |

<u>หมายเหตุ</u> ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ย 16-16-8 สองข้างต้นมันสำปะหลัง เมื่อมันสำปะหลังอายุ 1 เดือนหลังปลูก แล้วกลบปุ๋ย หรือหลังกำจัดวัชพืชครั้งแรก เมื่อดินมีความชื้นพอเหมาะ

ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ย 46-0-0 หรือ 0-0-60 สองข้างต้นมันสำปะหลัง เมื่อมันสำปะหลังอายุ 2 เดือนหลังปลูก แล้วกลบปุ๋ย หรือหลังกำจัดวัชพืชครั้งแรก เมื่อดินมีความชื้นพอเหมาะ

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

หากดินมีปริมาณอินทรียวัตถุ 0.8% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังนั้นจะต้องใส่ปุ๋ยให้ได้ปริมาณธาตุอาหาร N $P_2O_5$ และ $K_2O$ เท่ากับ 16 4 8 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

การคำนวณขั้นที่ 1 คำนวณปริมาณปุ๋ย 16-16-8 ที่จะต้องใส่ เพื่อให้ได้ฟอสฟอรัส 4 กิโลกรัม $P_2O_5$ ต่อไร่

นั่นคือ ฟอสฟอรัส ($P_2O_5$) 16 กิโลกรัม ได้จากปุ๋ย 16-16-8 100 กิโลกรัม

ถ้าต้องการฟอสฟอรัส ($P_2O_5$) 4 กิโลกรัม ดังนั้นจะต้องใส่ปุ๋ย 16-16-8 $100 \times \frac{4}{16}$

$= 25$ กิโลกรัม

ขั้นที่ 2 ให้คำนวณว่า ปุ๋ย 16-16-8 ที่จะต้องใส่ในปริมาณ 25 กิโลกรัมต่อไร่ จะได้ N และ K เท่าใด หากยังไม่ได้ N และ K ตามอัตราที่แนะนำ จึงจะใส่ปุ๋ย 46-0-0 และ 0-0-60 เพิ่มเติม

2.1) ปุ๋ย 16-16-8 100 กิโลกรัม มี N 16 กิโลกรัม

ดังนั้น ถ้าใส่ปุ๋ย 16-16-8 25 กิโลกรัม จะได้ N $16 \times \frac{25}{100}$

$= 4$ กิโลกรัม

2.2) ปุ๋ย 16-16-8 100 กิโลกรัม มี K 8 กิโลกรัม

ดังนั้น ถ้าใส่ปุ๋ย 16-16-8 25 กิโลกรัม จะได้ K $8 \times \frac{25}{100}$

$= 2$ กิโลกรัม

จะเห็นได้ว่า จะต้องใส่ปุ๋ย N เพิ่มเติมเท่ากับ 16 - 4 = 12 กิโลกรัม โดยคำนวณจากปุ๋ย 46-0-0 และ จะต้องใส่ปุ๋ย K เพิ่มเติมเท่ากับ 8 - 2 = 6 กิโลกรัม โดยคำนวณจากปุ๋ย 0-0-60

ขั้นที่ 3 คำนวณปริมาณปุ๋ย 46-0-0 ที่จะต้องใส่ เพื่อให้ได้ไนโตรเจน 12 กิโลกรัม N ต่อไร่

นั่นคือ ไนโตรเจน 46 กิโลกรัม ได้จากปุ๋ย 46-0-0 100 กิโลกรัม

ถ้าต้องการไนโตรเจน 12 กิโลกรัม ดังนั้นจะต้องใส่ปุ๋ย 46-0-0 $100 \times \frac{12}{46}$

= 26 กิโลกรัม

ขั้นที่ 4 คำนวณปริมาณปุ๋ย 0-0-60 ที่จะต้องใส่ เพื่อให้ได้โพแทสเซียม 6 กิโลกรัม $K_2O$ ต่อไร่

นั่นคือ โพแทสเซียม 60 กิโลกรัม ได้จากปุ๋ย 0-0-06 100 กิโลกรัม

ถ้าต้องการโพแทสเซียม 6 กิโลกรัม ดังนั้นจะต้องใส่ปุ๋ย 0-0-60 $100 \times \frac{6}{60}$

= 10 กิโลกรัม

### 5.4 การใช้ปุ๋ยตามเนื้อดิน

การใช้ปุ๋ยกับพืช ในกรณีที่ไม่สามารถทำการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกได้ สามารถใช้วิธีคำนวณปริมาณปุ๋ยที่เหมาะสมได้โดยพิจารณาจากเนื้อดิน (ตารางที่ 2.7)

การใส่ปุ๋ยสำหรับมันสำปะหลัง ในดินทรายหรือดินร่วนปนทรายใส่ปุ๋ย 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ย 0-0-60 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ หรือใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 18 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ย 0-0-60 อัตรา 28 กิโลกรัมต่อไร่ ในดินร่วนเหนียวใส่ปุ๋ย 15-7-18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับดินเหนียว ดินเหนียวปนกรวดหรือดินเหนียวที่เป็นดินตื้น ใส่ปุ๋ย 15-7-18 หรือปุ๋ย 13-13-21 อัตรา 30-40 กิโลกรัมต่อไร่ โดยใส่ปุ๋ยเพียงครั้งเดียวหลังปลูก 1-3 เดือน หรือหลังกำจัดวัชพืชครั้งแรก เมื่อดินมีความชื้นเหมาะสม โดยใส่ปุ๋ยสองข้างต้นมันสำปะหลัง แล้วพรวนดินกลบปุ๋ย

**ตารางที่ 2.7** การใช้ปุ๋ยกับมันสำปะหลังตามลักษณะเนื้อดิน

| ลักษณะเนื้อดิน | ปริมาณธาตุอาหารแนะนำ | ปริมาณปุ๋ยที่ต้องใช้ (กิโลกรัม/ไร่) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | (กิโลกรัม N- $P_2O_5$- $K_2O$/ไร่) | 15-7-18 | 13-13-21 | 15-15-15 | 46-0-0 | 0-0-60 |
| ดินทราย, ดินร่วนปนทราย | 16-8-24 | 100 | | | | 10 |
| | | | | หรือ | | |
| | | | | 50 | 18 | 28 |
| ดินร่วนเหนียว | 8-4-8 | 50 | | | | |
| ดินเหนียว | | | 30-40 | | | |
| ดินเหนียวปนกรวด | 4-4-8 | | | หรือ | | |
| ดินเหนียวที่เป็นดินตื้น | | 30-40 | | | | |

### 5.5 การใช้ปุ๋ยชีวภาพสำหรับมันสำปะหลัง

การใช้ปุ๋ยชีวภาพสำหรับมันสำปะหลัง แนะนำให้ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี (มันสำปะหลัง) ซึ่งประกอบด้วยแบคทีเรีย 2 ชนิด ได้แก่ *Azospirillium brasilense* และ *Gluconacetobacter diazotrophicus* ไม่น้อยกว่า $1 \times 10^6$ โคโลนีต่อกรัม โดยใช้ปุ๋ยชีวภาพอัตรา 1 กิโลกรัม ละลายน้ำ 20 ลิตร สำหรับพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 1 ไร่ แช่ท่อนพันธุ์นาน 30 นาทีก่อนปลูก หรือใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ผสมปุ๋ยอินทรีย์ โดยควรใช้ควบคู่กับปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ ซึ่งเมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีสามารถลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยฟอสเฟตลงได้ 20%

# บทที่ 3
# การใช้ปุ๋ยสำหรับข้าวโพด

## 1. ข้อมูลทั่วไป

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ มีพื้นที่ปลูก 6.93 ล้านไร่ ปลูกมากในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ นครราชสีมา น่าน ตาก เลย เชียงราย นครสวรรค์ แพร่ ลพบุรี พิษณุโลก อุตรดิตถ์ และลำปาง ผลผลิตรวมทั้งประเทศ 5.07 ล้านตัน ผลผลิตเฉลี่ย 735 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563ข) โดยใช้บริโภคภายในประเทศและเพื่ออุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ 90 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิต และใช้ในอุตสาหกรรมแป้ง 10 เปอร์เซ็นต์

ข้าวโพดหวานสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี และปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2562 มีพื้นที่ปลูก 240,629 ไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิต 237,854 ไร่ ได้ผลผลิตรวม 501,242 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 2,083 กิโลกรัมต่อไร่ แหล่งผลิตที่สำคัญอยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย กาญจนบุรี ลำปาง และสุโขทัย (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563ก) ข้าวโพดหวานมีความสำคัญต่อการจำหน่ายฝักสด และอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อนำไปแปรรูปเป็นข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง เมล็ดข้าวโพดหวานปรุงแต่ง ครีมข้าวโพด และบรรจุฝักในถุงพลาสติกสุญญากาศแบบแช่แข็งทั้งเมล็ดและทั้งฝัก ในปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยส่งออกข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องในรูปแบบข้าวโพดปรุงแต่งและข้าวโพดหวานแช่แข็ง คิดเป็นปริมาณ 233,528 ตัน มูลค่า 6,762 ล้านบาท โดยปริมาณส่งออกลดลงจากปี พ.ศ. 2561 ซึ่งส่งออกได้ 251,240 ตัน คิดเป็นมูลค่า 7,693 ล้านบาท (สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2563)

ข้าวโพดข้าวเหนียว และข้าวโพดเทียน ปี พ.ศ. 2561 มีพื้นที่ปลูก 35,227 ไร่ ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก และภาคกลาง 54 29 และ 7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และอีก 11 เปอร์เซ็นต์ กระจายอยู่ตามภาคเหนือ ภาคตะวันออก และภาคใต้ ผลผลิตรวม 30,379 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 1,315 กิโลกรัมต่อไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2563) ข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดเทียนปลูกเพื่อการบริโภคฝักสดภายในประเทศ

ข้าวโพดฝักอ่อนเป็นผักอุตสาหกรรมและส่งออกสำคัญที่มีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ ในปี พ.ศ. 2561 มีพื้นที่ปลูก 171,577 ไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิต 168,719 ไร่ ได้ผลผลิตรวม 246,129 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 1,459 กิโลกรัมต่อไร่ แหล่งผลิตที่สำคัญอยู่ในจังหวัดกาญจนบุรี ราชบุรี นครปฐม และเชียงราย (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562ค) โดยผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อนมีทั้งการแปรรูปบรรจุกระป๋อง การแช่แข็งและการบริโภคฝักสด

## 2. สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวโพด

**2.1 สภาพพื้นที่และสมบัติของดินที่เหมาะสม** ข้าวโพดสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินร่วน ดินร่วนเหนียว ดินร่วนปนทราย และดินเหนียว มีการระบายน้ำดี มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 5.5-7.5 อินทรียวัตถุมากกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดินลึกมากกว่า 75 เซนติเมตร ถ้าดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่ำกว่า 5.0 จะเกิดความเป็นพิษของอะลูมินัม แมงกานีส และเหล็ก แต่ถ้าดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 8.0 จะทำให้ธาตุอาหารบางชนิดมีความเป็นประโยชน์ลดลง เช่น ฟอสฟอรัส สังกะสี และเหล็ก

พื้นที่ปลูกข้าวโพดหวาน ข้าวโพดข้าวเหนียว และข้าวโพดฝักอ่อน ควรอยู่ใกล้แหล่งน้ำ

**2.2 สภาพภูมิอากาศ** ข้าวโพดเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิเฉลี่ย 24-35 องศาเซลเซียส อุณหภูมิดินที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดควรอยู่ในช่วง 26-30 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิดินต่ำกว่า 18 องศาเซลเซียส จะทำให้ระยะเวลาการงอกยาวนานขึ้น 2-4 วัน

**2.3 ฤดูปลูก** การปลูกข้าวโพดแบ่งเป็น 3 ฤดูปลูก ดังนี้

**ต้นฤดูฝน** ปลูกในเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน การปลูกในฤดูนี้เสี่ยงต่อฝนทิ้งช่วงในเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม ซึ่งเป็นระยะที่ข้าวโพดออกดอก ถ้าฝนไม่ทิ้งช่วงข้าวโพดจะให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกในปลายฤดูฝน เนื่องจากมีความเข้มของแสงมากกว่า อย่างไรก็ตามการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในช่วงเดือนสิงหาคม-กันยายน เสี่ยงต่อการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินในเมล็ดเนื่องจากฝนตกชุก

**ปลายฤดูฝน** ปลูกในเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม มักประสบปัญหาการเตรียมดิน ความงอกต่ำ วัชพืชมาก และโรคระบาด เนื่องจากดินมีความชื้นสูงควรทำร่องระบายน้ำ การเก็บเกี่ยวผลผลิตจะอยู่ในช่วงฤดูแล้งทำให้ฝักและเมล็ดมีคุณภาพดี

**ช่วงฤดูแล้ง** ปลูกในเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม ส่วนใหญ่เป็นการปลูกข้าวโพดหลังนา ในเขตชลประทานควรหลีกเลี่ยงการปลูกข้าวโพดล่าช้าถึงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ เนื่องจากข้าวโพดจะได้รับอุณหภูมิสูงในช่วงออกดอก ซึ่งส่งผลต่อการผสมเกสร ทำให้ไม่ติดเมล็ด และได้ผลผลิตต่ำ ส่วนข้าวโพดฝักอ่อนสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปีหากมีแหล่งน้ำเพียงพอ

**2.4 ความต้องการน้ำ** ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในเขตร้อนชื้นมีความต้องการใช้น้ำ 600-900 มิลลิเมตรต่อฤดูปลูก (Fageria *et al.*, 1997) ส่วนข้าวโพดหวาน ข้าวโพดข้าวเหนียวมีความต้องการใช้น้ำ 400-650 มิลลิเมตรต่อฤดูปลูก และข้าวโพดฝักอ่อน มีความต้องการใช้น้ำ 276-304 มิลลิเมตรต่อฤดูปลูก ซึ่งปริมาณน้ำที่ข้าวโพดใช้จะแตกต่างกันขึ้นกับช่วงวันปลูก สมบัติทางกายภาพของดิน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และพันธุ์ ปริมาณน้ำที่ข้าวโพดต้องการใช้ในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตจะแตกต่างกัน ข้าวโพดมีความต้องการน้ำสูงสุดในระยะออกดอกและระยะแรกของการสร้างเมล็ด หากขาดน้ำในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ผลผลิตจะลดลง 25 เปอร์เซ็นต์ หากขาดน้ำในระยะออกดอก จนถึงระยะเริ่มสร้างเมล็ด ทำให้เมล็ดติดไม่เต็มฝักหรือไม่ติดเมล็ด ผลผลิตจะลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ และหากขาดน้ำในระยะหลังการสร้างเมล็ด ผลผลิตจะลดลง 21 เปอร์เซ็นต์ (Denmead and Shaw, 1960; Arnon, 1974; Grant *et al.*, 1989; Huang *et al.*, 2006; Grudloyma *et al.*, 2005) สำหรับข้าวโพดหวาน ข้าวโพดข้าวเหนียว และข้าวโพดฝักอ่อน การขาดน้ำตลอดระยะการเจริญเติบโตมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลผลิต

## 3. ความต้องการธาตุอาหารและอาการขาดธาตุอาหารของข้าวโพด

**ไนโตรเจน (Nitrogen; N)** มีบทบาทสำคัญต่อข้าวโพดตลอดอายุการเจริญเติบโต ตั้งแต่ระยะแรกของการเจริญเติบโตจนถึงระยะสร้างเมล็ด โดยเฉพาะอย่างยิ่งระยะออกดอก การให้ไนโตรเจนอย่างเหมาะสมแก่ข้าวโพดหวานในระยะแรกของการเจริญเติบโต ส่งเสริมให้เมล็ดข้าวโพดหวานมีความหวานเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบของข้าวโพดในระดับที่พอเพียงควรอยู่ในช่วง 2.7-3.5 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3.1) ไนโตรเจนส่วนใหญ่สะสมอยู่ในต้นและใบเฉลี่ย 3.2 กิโลกรัม N ต่อตันผลผลิต

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีการดูดใช้ไนโตรเจนไปสะสมอยู่ในส่วนของต้น ใบ กาบฝัก เมล็ด และซัง รวมเฉลี่ย 18 กิโลกรัม N ต่อตันผลผลิตเมล็ด (ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์) ไนโตรเจนส่วนใหญ่สะสมในเมล็ดเฉลี่ย 12.2 กิโลกรัม N ต่อตันผลผลิต ในขณะที่ซังข้าวโพดมีปริมาณไนโตรเจนต่ำมาก เฉลี่ย 1.1 กิโลกรัม N ต่อตันผลผลิต ดังนั้นเมื่อนำเมล็ดและซังออกไปจากพื้นที่จะทำให้ไนโตรเจนสูญหายออกไปเฉลี่ย 13.3 กิโลกรัม N ต่อตันผลผลิต (ตารางที่ 3.2) ซึ่งเทียบเท่ากับปริมาณไนโตรเจนจากปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) 28 กิโลกรัม ส่วนข้าวโพด

หวานมีปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนสะสมอยู่ในส่วนของต้นใบ กาบฝัก เมล็ด และซัง รวมเฉลี่ย 6.9 กิโลกรัม N ต่อตันผลผลิต (ตารางที่ 3.3) ดังนั้นเมื่อนำต้น ใบ กาบฝัก เมล็ด และซัง ออกไปจากพื้นที่ทำให้ไนโตรเจนสูญหายออกไปจากพื้นที่เทียบเท่ากับปริมาณไนโตรเจนจากปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) 15 กิโลกรัม

อาการขาดธาตุไนโตรเจน ในระยะต้นอ่อนหากขาดไนโตรเจน ใบล่างของข้าวโพดจะเป็นสีเหลืองคล้ายกับอาการขาดน้ำ แต่ไม่เหี่ยว ส่งผลให้การเจริญเติบโตชะงัก หากขาดไนโตรเจนในระยะที่ข้าวโพดอยู่ในช่วงที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่จะแสดงอาการชัดเจนมาก โดยใบแก่หรือใบล่างจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเป็นรูปตัววี (V ) เริ่มจากปลายใบเข้าสู่ส่วนแกนกลางของใบและลุกลามขึ้นสู่ใบบน (ภาพที่ 3.1) หากการขาดไนโตรเจนมีความรุนแรงส่วนที่เป็นสีเหลืองจะแห้ง และใบจะร่วงหล่นจากลำต้น ในข้าวโพดหวานอาจพบสีม่วงที่โคนใบและกาบใบ เนื่องจากมีการสะสมของสารแอนโธไซยานินเกิดขึ้น ลำต้นผอมสูง และอาจโค้งงอ การติดเมล็ดบนฝักไม่สมบูรณ์ สาเหตุการขาดไนโตรเจนมักจะเกิดจากสภาพแปลงปลูกที่ดินเสื่อมสภาพขาดความอุดมสมบูรณ์ การสลายตัวของอินทรียวัตถุไม่สมบูรณ์ ดินชื้นแฉะหลังน้ำท่วมขัง การสูญเสียธาตุไนโตรเจนจากดินโดยถูกชะล้างหรือโดยกระบวนการ denitrification และในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิดินต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส มักพบว่ามีโอกาสขาดไนโตรเจนได้ เนื่องจากรากชะงักการเจริญเติบโต ทำให้การดูดใช้ธาตุอาหารจากดินถูกจำกัด

การแก้ไขอาการขาดไนโตรเจน ให้ฉีดพ่นปุ๋ยทางใบด้วยปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (400 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) ทุก 10-15 วัน

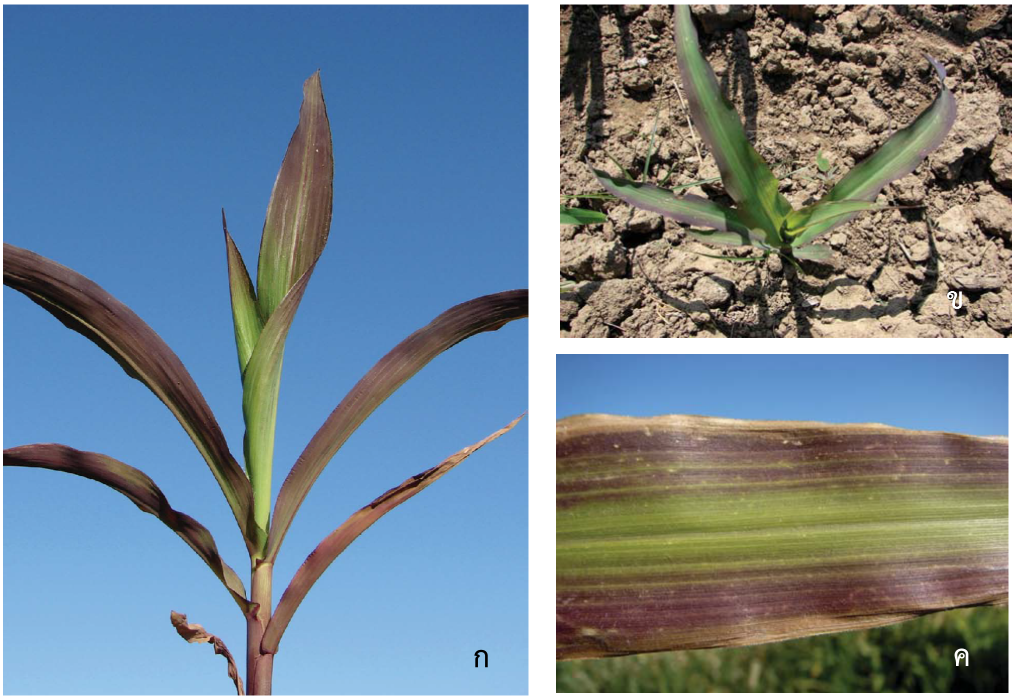
**ภาพที่ 3.1** ลักษณะอาการขาดไนโตรเจนของข้าวโพด
แหล่งที่มาภาพ: Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)

**ฟอสฟอรัส (Phosphorus; P)** เป็นธาตุอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดไม่น้อยไปกว่าธาตุไนโตรเจน จากการศึกษาพบว่าข้าวโพดตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสเฟตตลอดฤดูปลูกเช่นกัน แต่มีความต้องการในระยะเริ่มแรกมากกว่าในระยะอื่นๆ โดยฟอสฟอรัสมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของราก อย่างไรก็ตามในระยะที่ข้าวโพดออกดอกฟอสฟอรัสก็มีบทบาทสำคัญในการช่วยเสริมสร้างความอุดมสมบูรณ์ให้กับต้นและเมล็ดเช่นกัน และพบอีกว่าการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสจากดินของรากข้าวโพด จะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเมื่อรากเจริญเติบโตเต็มที่ ฉะนั้นจึงแนะนำให้ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตทั้งหมดตั้งแต่ตอนปลูก ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบของข้าวโพดในระดับที่พอเพียงอยู่ในช่วง 0.2-0.4 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3.1)

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีการดูดใช้ฟอสฟอรัสไปสะสมอยู่ในส่วนของต้น ใบ กาบฝัก เมล็ด และซัง รวมเฉลี่ย 3.6 กิโลกรัม P ต่อตันผลผลิต ส่วนใหญ่สะสมอยู่ในเมล็ด เฉลี่ย 2.9 กิโลกรัม P ต่อตันผลผลิต (ตารางที่ 3.2) เทียบเท่ากับปริมาณฟอสเฟต 6.9 กิโลกรัม $P_2O_5$ ต่อตันผลผลิต หรือเทียบเท่าปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) 15 กิโลกรัมต่อตันผลผลิต ส่วนข้าวโพดหวานมีการดูดใช้ฟอสฟอรัสไปสะสมในส่วนของต้นและใบ เมล็ด ซัง และกาบฝัก รวมเฉลี่ย 1.7 กิโลกรัม P ต่อตันผลผลิต ส่วนใหญ่สะสมอยู่ในต้นและใบ เฉลี่ย 0.9 กิโลกรัม P ต่อตันผลผลิต ดังนั้นเมื่อนำต้นและใบ เมล็ด ซัง และกาบฝักออกไปจากพื้นที่ทำให้ฟอสฟอรัสสูญหายออกไปเฉลี่ย 1.7 กิโลกรัม P ต่อตันผลผลิต (ตารางที่ 3.3) เทียบเท่ากับปริมาณฟอสเฟต 3.9 กิโลกรัม $P_2O_5$ ต่อตันผลผลิต หรือเทียบเท่าปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) 8.4 กิโลกรัมต่อตันผลผลิต

อาการขาดธาตุฟอสฟอรัส ในระยะต้นกล้า ใบล่างจะมีสีม่วงจากปลายใบและขอบใบ (ภาพที่ 3.2) ต้นข้าวโพดเติบโตช้า ต้นเตี้ย และไม่แข็งแรง รากไม่เจริญหรือไม่พัฒนา หากขาดธาตุนี้ก่อนออกดอกจะทำให้ออกดอกช้ากว่าปกติ ลำต้นและฝักโค้งงอ เมล็ดบิดเบี้ยว การติดเมล็ดไม่สมบูรณ์ หรือมีเมล็ดลีบมาก การขาดฟอสฟอรัสส่วนใหญ่พบในพื้นที่ดินทราย ดินกรดจัด ดินด่างจัด ดินแห้งหรือเปียกเกินไป หรืออากาศเย็น อุณหภูมิดินต่ำเกินไป ทำให้การเคลื่อนย้ายฟอสฟอรัสจากรากสู่ส่วนต่างๆ ของต้นข้าวโพดช้ากว่าปกติ

การป้องกันการขาดฟอสฟอรัสไม่ควรปล่อยให้ดินแห้งหรือมีน้ำขังมากเกินไป ควรมีร่องระบายน้ำและหลีกเลี่ยงการปลูกข้าวโพดช่วงที่มีอากาศหนาวเย็น




**ภาพที่ 3.2** ลักษณะอาการขาดฟอสฟอรัสของข้าวโพด

แหล่งที่มาภาพ : ก) Dr. Prakash Kumar and Dr. Manoj Kumar Sharma (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
ข) Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
ค) Dr. Prakash Kumar and Dr. Manoj Kumar Sharma (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)

**โพแทสเซียม (Potassium; K)** มีความสำคัญในการสร้างความเจริญเติบโต ความแข็งแรงของลำต้นและการสร้างเมล็ด สภาพดินปลูกข้าวโพดในประเทศไทยโดยทั่วไปมีโพแทสเซียมสูง จึงมักไม่พบปัญหาต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบของข้าวโพดในระดับที่พอเพียงอยู่ในช่วง 1.7-2.5 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3.1) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีการดูดใช้โพแทสเซียมไปสะสมอยู่ในส่วนของต้น ใบ กาบฝัก เมล็ด

และซัง รวมเฉลี่ย 17 กิโลกรัม K ต่อตันผลผลิต โดยอยู่ในเมล็ดและซัง เฉลี่ย 5.5 กิโลกรัม K ต่อตันผลผลิต (ตารางที่ 3.2) ดังนั้นเมื่อนำเมล็ดและซังออกไปจากพื้นที่ จึงทำให้โพแทสเซียมสูญหายเทียบเท่ากับปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) 11.0 กิโลกรัมต่อตันผลผลิต ส่วนข้าวโพดหวานมีการดูดใช้โพแทสเซียมสะสมอยู่ในส่วนของต้นและใบ เมล็ด ซัง และกาบฝัก รวมเฉลี่ย 8.3 กิโลกรัม K ต่อตันผลผลิต ดังนั้นหากนำส่วนของพืชออกไปจากพื้นที่ทั้งหมดจะทำให้มีโพแทสเซียมสูญหายออกไปเทียบเท่ากับปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) 16.6 กิโลกรัมต่อตันผลผลิต

อาการขาดธาตุโพแทสเซียม ต้นข้าวโพดจะมีลักษณะเตี้ย แคระแกร็น ปล้องสั้น เติบโตช้า เพราะเนื้อเยื่อที่อยู่บริเวณปล้อง (internode) ไม่เจริญ เนื้อเยื่อของผนังเซลล์ไม่แข็งแรง ลำต้นอ่อนแอหักล้มง่าย ใบแก่ขอบใบจะมีสีเหลืองซีดโดยเริ่มจากปลายใบลุกลามเข้าสู่เส้นกลางใบ หากมีอาการรุนแรงขอบใบจะแห้งมีสีน้ำตาลไหม้บริเวณปลายใบ ปลายฝักเรียว (ภาพที่ 3.3) เมล็ดมีอาการเหี่ยวย่นหรือบิดเบี้ยว การขาดโพแทสเซียมมักพบในดินทราย ดินแน่นทึบ หรือมีการใช้ปุ๋ย 16-20-0 อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน

การแก้ไขอาการขาดโพแทสเซียม ทำได้โดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ หรือโพแทสเซียมซัลเฟตไปกับระบบน้ำ


**ภาพที่ 3.3** ลักษณะอาการขาดโพแทสเซียมของข้าวโพด

แหล่งที่มาภาพ: ก) Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
ข) Dr. Prakash Kumar and Dr. Manoj Kumar Sharma (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)

**แคลเซียม (Calcium; Ca)** เป็นองค์ประกอบในพืชประมาณ 0.5-2.0 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมส่วนใหญ่สะสมอยู่ที่ใบ ใบพืชยิ่งแก่ยิ่งมีแคลเซียมมาก โดยอยู่ที่ผนังเซลล์เป็นส่วนใหญ่ รากพืชดูดแคลเซียมจากดินในรูปของแคลเซียมไอออน ($Ca^{2+}$) แคลเซียมมีบทบาทในการกระตุ้นการพัฒนาของรากและใบ ช่วยสร้างส่วนประกอบผนังเซลล์ทำให้พืชแข็งแรงไม่ล้มง่าย ช่วยลดไนเตรทในพืช กระตุ้นหรือยับยั้งการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด

การขาดธาตุแคลเซียม มักเกิดกับดินที่มีเนื้อหยาบหรือเป็นทรายจัด โดยดินที่เป็นกรดมีโอกาสที่จะขาดแคลเซียมได้ง่าย ลักษณะการขาดแคลเซียมจะแสดงอาการที่ใบอ่อน โดยมีลักษณะปลายใบติดกันคล้ายบันได (ladder like) (ภาพที่ 3.4) เมื่อต้นข้าวโพดมีอายุมากขึ้น โคนลำต้นจะใหญ่ ตาที่อยู่ข้างลำต้นจะแตกเป็นหน่อ การพัฒนาของระบบรากผิดปกติ

การแก้ไขอาการขาดแคลเซียม สามารถทำได้โดยปรับปรุงดินด้วยหินปูน ปูนขาว หรือโดโลไมต์ ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ หรือฉีดพ่นแคลเซียมซัลเฟตความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ โดยละลายแคลเซียมซัลเฟต 400 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร


**ภาพที่ 3.4** ลักษณะอาการขาดแคลเซียมของข้าวโพด
แหล่งที่มาภาพ: ก) Dr. Prakash Kumar and Dr. Manoj Kumar Sharma (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
ข) Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)

**แมกนีเซียม (Magnesium; Mg)** พืชดูดใช้แมกนีเซียมในรูปแมกนีเซียมไอออน ($Mg^{2+}$) แมกนีเซียมพบในพืชประมาณ 0.2-0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ จำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง การเคลื่อนย้ายแป้งภายในพืช และมีส่วนในการช่วยสร้างโปรตีน ไขมัน และน้ำมัน นอกจากนี้แมกนีเซียมยังมีอิทธิพลต่อการดูดใช้ฟอสฟอรัส ช่วยในการเผาผลาญพลังงานของฟอสเฟต และการเคลื่อนย้ายฟอสฟอรัสภายในพืช การถ่ายเทพลังงาน การรักษาสมดุลของประจุไฟฟ้า (electrical balance)

อาการขาดธาตุแมกนีเซียม ในระยะต้นกล้าจะเกิดอาการแคระแกร็น ใบล่างจะเกิดแถบสีขาวตามความยาวใบ หากเกิดในระยะต้นโตจะพบอาการสีเหลืองซีดระหว่างเส้นใบ หรือบางครั้งมีสีแดงปน (ภาพที่ 3.5) ถ้าอาการขาดรุนแรงทำให้ใบสีเหลืองซีดหรือขาว ปลายใบจะเป็นสีแดงปนม่วง แต่เส้นใบยังคงเป็นสีเขียวและแห้งตายในที่สุด อาการดังกล่าวคล้ายกับอาการขาดธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม มักพบอาการขาดแมกนีเซียมในดินกรด ดินทราย ดินที่มีปริมาณของโพแทสเซียมและแคลเซียมสูง และในพื้นที่ที่มีฝนตกชุก ซึ่งจะเกิดการชะล้างธาตุอาหารลงสู่ดินชั้นล่าง

การแก้ไขอาการขาดแมกนีเซียม ในดินกรด ให้ปรับปรุงด้วยโดโลไมต์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ หรือใส่แมกนีเซียมซัลเฟตไปกับระบบน้ำ ไม่แนะนำการฉีดพ่นทางใบ


**ภาพที่ 3.5** ลักษณะอาการขาดแมกนีเซียมของข้าวโพด

แหล่งที่มาภาพ: ก) Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
ข) Dr. Prakash Kumar and Dr. Manoj Kumar Sharma (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
ค) Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)

**กำมะถัน (Sulfur; S)** มีในพืชประมาณ 0.1-0.5 เปอร์เซ็นต์ พืชดูดใช้ในรูปซัลเฟตไอออน ($SO_4^{2-}$) กำมะถันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญธาตุหนึ่งของสารประกอบโปรตีน และกรดอะมิโนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคลอโรฟิลล์ ช่วยในการสร้างเอนไซม์เพื่อสร้างโปรตีนของพืช ข้าวโพดต้องการดินที่มีปริมาณกำมะถัน 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ถ้าดินมีระดับกำมะถันต่ำกว่า 12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ข้าวโพดจะแสดงอาการขาดกำมะถัน

ลักษณะอาการขาดธาตุกำมะถันจะแสดงอาการเริ่มแรกที่ใบอ่อน โดยใบจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อนจนถึงสีเหลืองซีด ก่อนลุกลามสู่ใบล่าง (ภาพที่ 3.6) บางครั้งจะพบว่าขอบใบเป็นสีเขียว ส่วนแผ่นใบเป็นสีเหลือง คล้ายอาการขาดไนโตรเจน ใบมีขนาดเล็ก ต้นอ่อนเติบโตช้าและชะงัก เนื่องมาจากการขาดโปรตีน ลำต้นมักจะแข็ง เรียว หรือเล็ก การออกดอกไม่แน่นอน สามารถพบอาการใบเหลืองได้จนถึงระยะก่อนออกดอก สาเหตุเกิดจากดินเป็นกรด มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ ดินทรายที่มีการชะล้างพังทลายสูง ดินชื้นที่มีอุณหภูมิต่ำ

การแก้ไขอาการขาดกำมะถัน สามารถทำได้โดยปรับปรุงดินด้วยกำมะถันผง หรือใส่ปุ๋ยที่มีกำมะถัน เช่น แอมโมเนียมซัลเฟต โพแทสเซียมซัลเฟต แคลเซียมซัลเฟต (ยิปซั่ม) เป็นต้น

**ภาพที่ 3.6** ลักษณะอาการขาดกำมะถันของข้าวโพด
แหล่งที่มาภาพ: Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)

**เหล็ก (Iron; Fe)** พืชดูดใช้ธาตุเหล็กในรูปของเฟอริกไอออน ($Fe^{3+}$) และเฟอรัสไอออน ($Fe^{2+}$) แต่โดยทั่วไป พืชจะดูดใช้เฟอรัสไอออนได้มากกว่า เนื่องจากสามารถละลายน้ำได้ดีกว่าเฟอริกไอออน พืชมีความเข้มข้นของธาตุเหล็กประมาณ 50-100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ธาตุเหล็กมีความสำคัญต่อการสร้างคลอโรฟิลล์ คาร์โบไฮเดรต เป็นตัวพาออกซิเจนในกระบวนการหายใจ มีผลต่อการแบ่งเซลล์ การเจริญเติบโต และเป็นตัวกระตุ้นปฏิกิริยาของเอนไซม์หลายชนิด เนื่องจากธาตุเหล็กไม่เคลื่อนย้ายในพืช

ลักษณะอาการขาดธาตุเหล็กจะพบอาการแผ่นใบเหลืองระหว่างเส้นใบ มักพบในใบอ่อน โดยที่ขอบใบหรือเส้นใบยังคงมีสีเขียว ใบอาจเล็กผิดปกติ (ภาพที่ 3.7) ในกรณีที่มีการขาดธาตุเหล็กรุนแรงใบอ่อนจะมีสีขาวซีด ส่วนใบแก่ที่อยู่ถัดลงมาจะมีสีเหลืองระหว่างเส้นใบ แต่เส้นใบยังมีสีเขียว ขอบใบและปลายใบแห้ง มักพบการขาดธาตุเหล็กของข้าวโพดที่ปลูกในดินด่าง ดินมีน้ำขัง หรือเมื่อดินที่มีอุณหภูมิต่ำ

การแก้ไขอาการขาดธาตุเหล็ก สามารถทำได้โดยใช้เหล็กซัลเฟตหรือเหล็กคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 0.5-1.0 เปอร์เซ็นต์ (100-200 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) ฉีดพ่นทางใบทุก 10-15 วัน

**ภาพที่ 3.7** ลักษณะอาการขาดเหล็กของข้าวโพด
แหล่งที่มาภาพ: Dr. Prakash Kumar and Dr. Manoj Kumar Sharma (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)

**แมงกานีส (Manganese; Mn)** พืชดูดใช้แมงกานีสในรูปของแมงกานีสไอออน ($Mn^{2+}$) เพื่อกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ และเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ช่วยแยกโมเลกุลของน้ำในกระบวนการสังเคราะห์แสง และกระบวนการเมตาโบลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ช่วยส่งเสริมความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสและแคลเซียม ข้าวโพดต้องการแมงกานีสเล็กน้อย เนื่องจากพืชสามารถนำแมงกานีสกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยพบในข้าวโพด 20-150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 3.1) ดังนั้นจึงไม่ค่อยพบอาการขาดแมงกานีส แต่ถ้ามีอาการขาดแมงกานีสจะทำให้ผลผลิตลดลง ความเป็นประโยชน์ของแมงกานีสจะขึ้นกับความเป็นกรด-ด่างของดิน ถ้าดินมีความเป็นกรด-ด่าง 6.5 หรือต่ำกว่า ทำให้ความเป็นประโยชน์ของแมงกานีสเพิ่มขึ้น แต่ที่ความเป็นกรด-ด่างของดินที่ระดับ 7 หรือมากกว่า ความเป็นประโยชน์ของแมงกานีสจะลดลง พืชจะแสดงอาการขาดแมงกานีส

ลักษณะอาการขาดธาตุแมงกานีส จะเริ่มที่ใบเกิดใหม่มีลายสีเขียวสลับเหลืองหรือขาว โดยพื้นที่ระหว่างเส้นใบจะมีสีเหลือง ส่วนบริเวณที่ติดกับเส้นใบยังคงมีสีเขียว ปลายใบสีเขียว ทำให้ต้นเตี้ย แคระแกร็น ใบที่ยอดอาจบิดเบี้ยวหรือม้วนย่น หากขาดธาตุแมงกานีสอย่างรุนแรงใบจะแห้งตาย ลำต้นผอมยาว มักเกิดในดินที่มีอินทรียวัตถุสูง ดินทรายที่มีความเป็นด่างสูง (ภาพที่ 3.8)

การแก้ไขอาการขาดแมงกานีส สามารถทำได้โดย ฉีดพ่นแมงกานีสซัลเฟตความเข้มข้น 0.2-0.3 เปอร์เซ็นต์ (40-60 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร)

**ภาพที่ 3.8** ลักษณะอาการขาดแมงกานีสของข้าวโพด
แหล่งที่มาภาพ: Dr. Prakash Kumar and Dr. Manoj Kumar Sharma (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)

**สังกะสี (Zinc; Zn)** มีความสำคัญในการควบคุมการเจริญเติบโต ช่วยยืดอายุการทำงานของออกซิน เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ในพืช การสร้างคลอโรฟิลล์ การสังเคราะห์โปรตีน คาร์โบไฮเดรต การพัฒนาของไหม การสร้างเมล็ด และมีผลต่อน้ำหนักและคุณค่าทางอาหารของเมล็ด ในธรรมชาติพืชดูดใช้สังกะสีในรูปเดียว คือ สังกะสีไอออน ($Zn^{2+}$) โดยพบอยู่ในพืชประมาณ 15-50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณสังกะสีในดินโดยทั่วไปพบว่า มีในปริมาณที่เพียงพอ

ลักษณะอาการขาดธาตุสังกะสี ในระยะต้นอ่อนใบอ่อนที่ยอดจะมีสีขาว อาจทำให้ต้นข้าวโพดตายได้ ในใบแก่มีสีเหลืองหรือขาวเป็นทางสลับเขียว ในขณะที่เส้นกลางใบและขอบใบยังคงมีสีเขียว (ภาพที่ 3.9) และอาจจะมีสีม่วงแดงที่เส้นใบ อาการมักเกิดจากปลายใบเข้าสู่โคนใบ ในใบที่ 1-2 นับจากยอด ข้าวโพดที่ขาดธาตุสังกะสีจะมีต้นเตี้ย ปล้องสั้น และพบจุดสีเหลืองกระจายในใบแก่ จุดสีเหลืองอาจเปลี่ยนเป็นจุดสีน้ำตาลได้ ใบ

ยอดแคระแกร็น การขาดธาตุสังกะสีมักพบในดินด่าง ดินทรายที่ถูกชะล้าง ดินที่มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสสูง หรือใส่ปุ๋ยฟอสเฟตมากเกินไป และเมื่อดินมีอุณหภูมิดินต่ำ

การแก้ไขอาการขาดสังกะสี สามารถทำได้โดย ฉีดพ่นซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4$) ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (100 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร)

**ภาพที่ 3.9** ลักษณะอาการขาดสังกะสีของข้าวโพด

แหล่งที่มาภาพ: Dr. Prakash Kumar and Dr. Manoj Kumar Sharma (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)

**โบรอน (Boron; B)** ช่วยในการเจริญและพัฒนาของละอองเกสร การงอกของเกสรตัวผู้ การสร้างเมล็ด ผนังเซลล์ การเคลื่อนย้ายของน้ำตาลในข้าวโพด โดยโบรอนจะรวมตัวกับโมเลกุลของน้ำตาลเพื่อให้โมเลกุลของน้ำตาลผ่านเนื้อเยื่อเซลล์ได้ ช่วยส่งเสริมการออกดอก เพิ่มผลผลิตและคุณภาพ พืชดูดใช้โบรอนในรูปของบอเรทไอออน ($H_3BO_3^-$) พบในพืชประมาณ 10-50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โบรอนสูญเสียได้ง่ายโดยเฉพาะในดินทรายและดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำ

ลักษณะอาการขาดธาตุโบรอน ใบลายสีเขียวจาง ต้นเตี้ย ข้อหนา แผ่นใบหนา ใบย่น เส้นกลางใบเปราะหักง่าย ใบสูญเสียคลอโรฟิลล์ หรือมีลักษณะโปร่งแสง อาจพบอาการไหม้หรือเซลล์ตายที่ส่วนยอดอ่อน ทำให้ยอดอ่อนเจริญไม่เป็นปกติ ไม่ออกดอกหรือดอกพัฒนาช้า ฝักบิดเบี้ยว ผสมไม่ติดหรือติดเมล็ดไม่เต็ม เมล็ดบนฝักด้านที่ติดลำต้นจะลีบ ช่อดอกตัวผู้แห้ง รากแขนงหนา และปลายรากบวมพอง (ภาพที่ 3.10)

การแก้ไขอาการขาดโบรอน สามารถทำได้โดยฉีดพ่นทางใบด้วยบอแรกซ์ กรดบอริก หรือโบรอนคีเลท ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ (60 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) หลังงอก 30-35 วัน

**ภาพที่ 3.10** ลักษณะอาการขาดโบรอนของข้าวโพด
แหล่งที่มาภาพ: Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)

**ตารางที่ 3.1** ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบของข้าวโพดระดับที่เพียงพอ

| ธาตุอาหารพืช | ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบของข้าวโพด |
|---|---|
| ไนโตรเจน (%) | 2.7-3.5 |
| ฟอสฟอรัส (%) | 0.2-0.4 |
| โพแทสเซียม (%) | 1.7-2.5 |
| แคลเซียม (%) | 0.2-1.0 |
| แมกนีเซียม (%) | 0.2-0.6 |
| กำมะถัน (%) | 0.1-0.3 |
| เหล็ก (มก./กก.) | 21-250 |
| แมงกานีส (มก./กก.) | 20-150 |
| ทองแดง (มก./กก.) | 6-20 |
| สังกะสี (มก./กก.) | 20-70 |
| โบรอน (มก./กก.) | 4-25 |
| โมลิบดินัม (มก./กก.) | 0.6-1.0 |

ที่มา : ยงยุทธ (2548)

จากผลการศึกษาภายใต้โครงการวิจัยเทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสมในสภาพแห้งแล้ง ระหว่างปี 2554-2558 ชุดดินต่างๆ ในเขตจังหวัดนครราชสีมา เลย และนครสวรรค์ พบว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 มีการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม สะสมไว้ในส่วนต่างๆ ดังตารางที่ 3.2 สำหรับข้าวโพดหวานและข้าวโพดฝักอ่อน แสดงในตารางที่ 3.3 และ 3.4

**ตารางที่ 3.2** ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินต่างๆ

| ชุดดิน/ เนื้อดิน | ผลผลิต (กก./ไร่) | ส่วนของพืชที่นำออกไปจากพื้นที่ | ปริมาณธาตุอาหารที่สูญหาย (กก./ตันผลผลิต) N | P | K | Ca | Mg | แหล่งข้อมูล |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| โชคชัย/ ดินเหนียว | 1,119 | เมล็ด | 11.3 | 3.5 | 5.1 | 0.1 | 0.7 | สมควร และคณะ (2558ค) |
| | | ซัง | 2.5 | 0.3 | 3.6 | 0.0 | 0.0 | |
| | | รวม | 13.8 | 3.9 | 8.7 | 0.1 | 0.7 | |
| | | ต้น | 1.5 | 0.2 | 3.8 | 0.4 | 1.2 | |
| | | ใบ | 2.7 | 0.3 | 3.1 | 0.3 | 0.1 | |
| | | กาบฝัก | 0.8 | 0.7 | 1.0 | 0.1 | 0.1 | |
| | | รวม | 5.0 | 1.2 | 7.9 | 0.8 | 1.4 | |
| วังไฮ/ ดินร่วนเหนียว | 917 | เมล็ด | 12.9 | 4.1 | 5.2 | 4.1 | 5.2 | สมควร และคณะ (2558ค) |
| | | ซัง | 1.0 | 0.2 | 1.5 | 0.2 | 1.5 | |
| | | รวม | 13.9 | 4.3 | 6.6 | 4.3 | 6.6 | |
| | | ต้น | 1.5 | 0.3 | 11.4 | 0.3 | 0.8 | |
| | | ใบ | 2.4 | 0.4 | 5.0 | 1.4 | 0.8 | |
| | | กาบฝัก | 1.4 | 0.4 | 3.1 | 0.1 | 0.3 | |
| | | รวม | 5.3 | 1.1 | 19.5 | 1.8 | 1.9 | |
| ลพบุรี/ ดินเหนียว | 992 | เมล็ด | 13.0 | 1.9 | 3.2 | 1.9 | 3.2 | ศุภกาญจน์ และคณะ (2558ข) |
| | | ซัง | 0.6 | 0.0 | 0.6 | 0.0 | 0.6 | |
| | | รวม | 13.5 | 2.0 | 3.8 | 2.0 | 3.8 | |
| | | ต้น | 1.6 | 0.0 | 1.6 | 0.8 | 0.6 | |
| | | ใบ | 2.7 | 0.1 | 1.2 | 3.1 | 0.9 | |
| | | กาบฝัก | 0.6 | 0.0 | 0.8 | 0.2 | 0.2 | |
| | | รวม | 4.9 | 0.1 | 3.6 | 4.1 | 1.6 | |
| วังสะพุง/ ดินร่วนเหนียว | 742 | เมล็ด | 11.8 | 1.6 | 3.0 | 1.8 | 0.7 | ศุภกาญจน์ และคณะ (2558ค) |
| | | ซัง | 0.6 | 0.0 | 1.1 | 0.1 | 0.0 | |
| | | รวม | 12.4 | 1.6 | 4.1 | 1.9 | 0.7 | |
| | | ต้น | 1.0 | 0.0 | 4.4 | 0.3 | 0.3 | |
| | | ใบ | 2.7 | 0.1 | 12.4 | 1.7 | 0.7 | |
| | | กาบฝัก | 0.6 | 0.0 | 1.3 | 0.3 | 0.2 | |
| | | รวม | 4.3 | 0.1 | 18.1 | 2.3 | 1.2 | |
| โคราช/ ดินร่วนปนทราย | 664 | เมล็ด | 12.1 | 3.2 | 3.5 | - | - | ศุภกาญจน์ และคณะ (2558ค) |
| | | ซัง | 0.7 | 0.1 | 0.9 | - | - | |
| | | รวม | 12.8 | 3.2 | 4.4 | - | - | |
| | | ต้น | 1.9 | 0.1 | 3.7 | - | - | |
| | | ใบ | 2.9 | 0.5 | 2.7 | - | - | |
| | | กาบฝัก | 1.4 | 0.1 | 1.7 | - | - | |
| | | รวม | 6.2 | 0.7 | 8.1 | - | - | |

**ตารางที่ 3.2 (ต่อ)** ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินต่างๆ

| ชุดดิน/ เนื้อดิน | ผลผลิต (กก./ไร่) | ส่วนของพืชที่นำออกไปจากพื้นที่ | ปริมาณธาตุอาหารที่สูญหาย (กก./ตันผลผลิต) | | | | | แหล่งข้อมูล |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | N | P | K | Ca | Mg | |
| เฉลี่ย | 887 | เมล็ด | 12.2 | 2.9 | 4.0 | 2.0 | 2.4 | |
| | | ซัง | 1.1 | 0.1 | 1.5 | 0.1 | 0.5 | |
| | | รวม | 13.3 | 3.0 | 5.5 | 2.1 | 3.0 | |
| | | ต้น | 1.5 | 0.1 | 5.0 | 0.5 | 0.7 | |
| | | ใบ | 2.7 | 0.3 | 4.9 | 1.6 | 0.6 | |
| | | กาบฝัก | 1.0 | 0.2 | 1.6 | 0.2 | 0.2 | |
| | | รวม | 5.2 | 0.6 | 11.5 | 2.3 | 1.5 | |

ผลผลิต หมายถึง น้ำหนักเมล็ดที่ความชื้น 15%

**ตารางที่ 3.3** ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดหวาน พันธุ์ไฮบริกซ์ 3 ที่ปลูกในชุดดินต่างๆ

| ชุดดิน/ เนื้อดิน | ผลผลิตฝักสด (กก./ไร่) | ส่วนของพืชที่นำออกไปจากพื้นที่ | ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในส่วนต่างๆ (กก./ตันผลผลิต) | | | แหล่งข้อมูล |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | N | P | K | |
| กำแพงแสน/ ดินร่วน | 2,274 | ต้นและใบ | 4.1 | 0.8 | 6.9 | สมฤทัย และคณะ (2558ข) |
| | | เมล็ด | 1.7 | 0.4 | 0.8 | |
| | | ซัง | 0.5 | 0.1 | 0.4 | |
| | | กาบฝัก | 1.4 | 0.4 | 1.6 | |
| | | **รวม** | **7.7** | **1.7** | **9.7** | |
| ท่าม่วง/ ดินร่วนปนทราย | 3,232 | ต้นและใบ | 2.2 | 0.3 | 1.8 | ปิยะนันท์ และคณะ (2559) |
| | | เมล็ด | 2.6 | 0.4 | 1.3 | |
| | | ซัง | 0.7 | 0.2 | 0.8 | |
| | | กาบฝัก | 0.4 | 0.1 | 0.5 | |
| | | **รวม** | **5.9** | **1.0** | **4.4** | |
| เฉลี่ย | 2,753 | ต้นและใบ | 3.2 | 0.9 | 4.3 | |
| | | เมล็ด | 2.2 | 0.4 | 1.5 | |
| | | ซัง | 0.6 | 0.2 | 0.6 | |
| | | กาบฝัก | 0.9 | 0.2 | 1.9 | |
| | | **รวม** | **6.9** | **1.7** | **8.3** | |

ผลผลิต หมายถึง น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก

**ตารางที่ 3.4** ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดฝักอ่อน พันธุ์ ซี.พี. B.468 ที่ปลูกในชุดดินต่างๆ

| ชุดดิน/ เนื้อดิน | ผลผลิต (กก./ไร่) | ส่วนของพืชที่นำออกไปจากพื้นที่ | ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในส่วนต่างๆ (กก./ตันผลผลิต) | | | แหล่งข้อมูล |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | N | P | K | |
| รังสิต/ ดินเหนียว-ร่วนเหนียว | 1,903 | ฝักอ่อนและเปลือก | 1.6 | 0.4 | 0.3 | พีรพงษ์ และคณะ (2557) |
| | | ต้นและใบ | 7.0 | 0.9 | 6.4 | |
| | | **รวม** | **8.7** | **1.3** | **6.7** | |
| ดินคล้ายชุดดินกำแพงแสน/ ดินร่วนปนทราย | 2,430 | ฝักอ่อน | 0.7 | 0.1 | 0.4 | บรรณพิชญ์ และคณะ (2556) |
| | | เปลือก | 1.9 | 0.4 | 1.5 | |
| | | ต้นและใบ | 4.8 | 0.5 | 2.3 | |
| | | **รวม** | **7.4** | **1.0** | **4.2** | |

ผลผลิต หมายถึง น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก

## 4. การจัดการดิน

การเตรียมดินเพื่อให้ดินเหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดข้าวโพด ช่วยเก็บรักษาความชื้น มีอากาศถ่ายเทสะดวก และทำลายวัชพืชให้แห้งตายหรือฝังกลบซากวัชพืชเดิมการเตรียมดินสำหรับปลูกข้าวโพด แบ่งได้ 2 วิธี

1) การเตรียมดินแบบมีการไถพรวน ควรไถอย่างน้อย 2 ครั้ง คือ

ไถดะ การไถด้วยผาลสามหรือผาลเจ็ดควรไถให้ลึกประมาณ 30 เซนติเมตร การไถลึกทำให้ดินเก็บน้ำได้มากขึ้น และกลบฝังเศษวัชพืชและศัตรูพืชในดินบางชนิด

ไถแปร ควรไถด้วยผาลเจ็ดโดยไถขวางรอยเดิมของไถดะ เพื่อย่อยดินก้อนใหญ่ให้แตก ดินร่วนซุย และโปร่งมากขึ้น เป็นการเพิ่มผิวสัมผัสระหว่างดินกับเมล็ด ทำให้เมล็ดพันธุ์ดูดความชื้นได้ดีและงอกได้อย่างสม่ำเสมอ ไม่ควรไถดินในขณะดินมีความชื้นสูง เพราะจะทำให้ดินแน่นและเกิดชั้นดาน ทำให้การระบายน้ำไม่สะดวก

2) การเตรียมดินแบบไม่ไถพรวนดิน มักทำในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีความลาดชันสูง หรือพื้นที่ปลูกข้าวโพดในนาหลังเก็บเกี่ยวข้าว โดยการตัด ถาง เพื่อกำจัดวัชพืชที่อยู่ผิวหน้าดินที่เป็นอุปสรรคในการปลูกและงอกของข้าวโพด (วันชัย และคณะ, 2547)

## 5. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับข้าวโพด

ในปี 2554-2558 กรมวิชาการเกษตร ได้ดำเนินโครงการวิจัยเทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสมในสภาพแห้งแล้ง และโครงการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวโพดหวานในชุดดินต่างๆ ในแหล่งปลูกที่สำคัญ จากผลการศึกษาสามารถพัฒนาเป็นคำแนะนำการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ตารางที่ 3.5 3.7 3.9 และ 3.11) และข้าวโพดฝักสด (ตารางที่ 3.6 3.8 3.10 และ 3.12) ที่มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

สำหรับการแบ่งเกณฑ์ระดับความอุดสมบูรณ์ของดินในการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีค่าวิกฤติของอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สำหรับข้าวโพด

ดังนี้ คือ อินทรียวัตถุ 1 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

**ตารางที่ 3.5** การใช้ปุ๋ยกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตามค่าวิเคราะห์ดิน

| รายการวิเคราะห์ | ค่าที่วิเคราะห์ได้ | ปริมาณธาตุอาหารแนะนำ |
|---|---|---|
| อินทรียวัตถุ | < 1 | 15 กิโลกรัม. N /ไร่ |
| (%) | | + ปุ๋ยอินทรีย์ 500-1000 กิโลกรัม/ไร่ |
| | 1-2 | 10 กิโลกรัม N /ไร่ |
| | > 2 | 5 กิโลกรัม N /ไร่ |
| ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ | < 10 | 10 กิโลกรัม $P_2O_5$ /ไร่ |
| (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) | 10-15 | 5 กิโลกรัม $P_2O_5$ /ไร่ |
| | > 15 | 2.5 กิโลกรัม $P_2O_5$ /ไร่ |
| โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ | < 60 | 15 กิโลกรัม $K_2O$ /ไร่ |
| (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) | 60-100 | 10 กิโลกรัม $K_2O$ /ไร่ |
| | > 100 | 5 กิโลกรัม $K_2O$ /ไร่ |

หมายเหตุ 1) ผลผลิตที่คาดหวัง 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (ความชื้นเมล็ด 14.5%) สำหรับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง และ 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝน ช่วงวันปลูก พันธุ์ที่ใช้ และสมบัติต่างๆ ของดิน

2) หากปลูกข้าวโพดปลายฤดูฝนหรือมีการให้น้ำ ควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้น 1.5 เท่าของคำแนะนำ

3) กรณีดินเป็นดินทราย หรือร่วนปนทราย หรือมีอินทรียวัตถุต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ควรปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ 500-1,000 กิโลกรัมต่อไร่

4) กรณีดินมี pH ต่ำกว่า 5.5 ควรปรับปรุงดินด้วยปูน เช่น โดโลไมต์ หรือหินปูนบด 100 กิโลกรัมต่อไร่

5) กรณีดินมี pH มากกว่า 7.3 ควรใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0 + 24%S) แทนการใช้ปุ๋ยยูเรีย แต่ให้เพิ่มอัตราเป็น 2 เท่าจากอัตราแนะนำการใช้ปุ๋ยยูเรีย

6) พัฒนาคำแนะนำโดยปรับปรุงจาก กรมวิชาการเกษตร (2553) และศิวิไล (2558)

7) อินทรียวัตถุในดิน วิเคราะห์โดยวิธี Walkley and Black

8) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ กรณีที่ดินมี pH มากกว่า 7.3 สกัดสารละลายดิน/สกัดดินโดยวิธี Olsen ถ้าดินมี pH น้อยกว่า 7.3 สกัดสารละลายดิน/สกัดดินโดยวิธี Bray II

9) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ สกัดดินด้วย 1 นอร์มัล แอมโมเนียมอะซิเตท pH 7.0

**ตารางที่ 3.6** การใช้ปุ๋ยกับข้าวโพดฝักสด (ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดข้าวเหนียว และข้าวโพดฝักอ่อน) ตามค่าวิเคราะห์ดิน

| รายการวิเคราะห์ | ค่าที่วิเคราะห์ได้ | ปริมาณธาตุอาหารแนะนำ |
|---|---|---|
| อินทรียวัตถุ | <1 | 30 (25*) กิโลกรัม N/ไร่ |
| (%) | 1-2 | 20 กิโลกรัม N/ไร่ |
| | >2 | 15 กิโลกรัม N/ไร่ |
| ฟอสฟอรัส | <10 | 10 กิโลกรัม $P_2O_5$/ไร่ |
| (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) | 10-15 | 8 กิโลกรัม $P_2O_5$/ไร่ |
| | >15 | 6 กิโลกรัม $P_2O_5$/ไร่ |
| โพแทสเซียม | <60 | 20 กิโลกรัม $K_2O$/ไร่ |
| (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) | 60-100 | 15 กิโลกรัม $K_2O$/ไร่ |
| | >100 | 10 กิโลกรัม $K_2O$/ไร่ |

**หมายเหตุ** (*) อัตราปุ๋ยไนโตรเจนกรณีดินมีอินทรียวัตถุต่ำกว่า 1% ควรใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับการปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

### 5.1 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยการผสมปุ๋ยใช้เองสำหรับข้าวโพด

การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยผสมปุ๋ยใช้เอง สามารถทำได้โดยใช้แม่ปุ๋ยที่เป็นแหล่งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม นำมาผสมกัน และสามารถนำไปใช้ได้เลย โดยไม่จำเป็นต้องใส่สารตัวเติมหรือ filler สำหรับแม่ปุ๋ยที่ใช้ในการผสม ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) เป็นแม่ปุ๋ยที่ให้ธาตุไนโตรเจน ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) เป็นแม่ปุ๋ยที่ให้ธาตุฟอสฟอรัส ปุ๋ยไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (DAP; 18-46-0) ปุ๋ยโมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต (MAP; 12-60-0) เป็นแม่ปุ๋ยที่ให้ธาตุ 2 ธาตุ คือ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) และปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต (0-0-50) เป็นแม่ปุ๋ยที่ให้ธาตุโพแทสเซียม จากคำแนะนำในตารางที่ 3.5 หากต้องการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยผสมปุ๋ยใช้เอง สามารถทำได้ตามตัวอย่างในตารางที่ 3.7 และตารางที่ 3.8

### 5.1.1 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยการผสมปุ๋ยใช้เองสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

**ตารางที่ 3.7** การใช้ปุ๋ยกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตามค่าวิเคราะห์ดินโดยผสมปุ๋ยใช้เอง

| อินทรียวัตถุ (%) | ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.) | โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.) | ปริมาณธาตุอาหารแนะนำ (กก./ไร่) | | | ปริมาณปุ๋ยที่ต้องใช้ ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 (รองพื้น) (กก./ไร่) | | | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 (กก./ไร่) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | 46-0-0 | 18-46-0 | 0-0-60 | 46-0-0 |
| < 1 | < 10 | < 60 | 15 | 10 | 15 | 8 | 22 | 25 | 16 |
| < 1 | < 10 | 60-100 | 15 | 10 | 10 | 8 | 22 | 17 | 16 |
| < 1 | < 10 | > 100 | 15 | 10 | 5 | 8 | 22 | 8 | 16 |
| < 1 | 10-15 | < 60 | 15 | 5 | 15 | 12 | 11 | 25 | 16 |
| < 1 | 10-15 | 60-100 | 15 | 5 | 10 | 12 | 11 | 17 | 16 |
| < 1 | 10-15 | > 100 | 15 | 5 | 5 | 12 | 11 | 8 | 16 |
| < 1 | > 15 | < 60 | 15 | 2.5 | 15 | 14 | 5 | 25 | 16 |
| < 1 | > 15 | 60-100 | 15 | 2.5 | 10 | 14 | 5 | 17 | 16 |
| < 1 | > 15 | > 100 | 15 | 2.5 | 5 | 14 | 5 | 8 | 16 |
| 1-2 | < 10 | < 60 | 10 | 10 | 15 | 2 | 22 | 25 | 11 |
| 1-2 | < 10 | 60-100 | 10 | 10 | 10 | 2 | 22 | 17 | 11 |
| 1-2 | < 10 | > 100 | 10 | 10 | 5 | 2 | 22 | 8 | 11 |
| 1-2 | 10-15 | < 60 | 10 | 5 | 15 | 7 | 11 | 25 | 11 |
| 1-2 | 10-15 | 60-100 | 10 | 5 | 10 | 7 | 11 | 17 | 11 |
| 1-2 | 10-15 | > 100 | 10 | 5 | 5 | 7 | 11 | 8 | 11 |
| 1-2 | > 15 | < 60 | 10 | 2.5 | 15 | 9 | 5 | 25 | 11 |
| 1-2 | > 15 | 60-100 | 10 | 2.5 | 10 | 9 | 5 | 17 | 11 |
| 1-2 | > 15 | > 100 | 10 | 2.5 | 5 | 9 | 5 | 8 | 11 |
| > 2 | < 10 | < 60 | 5 | 10 | 15 | - | 22 | 25 | 5 |
| > 2 | < 10 | 60-100 | 5 | 10 | 10 | - | 22 | 17 | 5 |
| > 2 | < 10 | > 100 | 5 | 10 | 5 | - | 22 | 8 | 5 |
| > 2 | 10-15 | < 60 | 5 | 5 | 15 | 1 | 11 | 25 | 5 |
| > 2 | 10-15 | 60-100 | 5 | 5 | 10 | 1 | 11 | 17 | 5 |
| > 2 | 10-15 | > 100 | 5 | 5 | 5 | 1 | 11 | 8 | 5 |
| > 2 | > 15 | < 60 | 5 | 2.5 | 15 | 3 | 5 | 25 | 5 |
| > 2 | > 15 | 60-100 | 5 | 2.5 | 10 | 3 | 5 | 17 | 5 |
| > 2 | > 15 | > 100 | 5 | 2.5 | 5 | 3 | 5 | 8 | 5 |

หมายเหตุ ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยรองพื้นพร้อมปลูกโดยผสมปุ๋ย 18-46-0 ปุ๋ย 46-0-0 และปุ๋ย 0-0-60 ตามน้ำหนักที่กำหนด แล้วใช้ให้หมดในครั้งเดียว

ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ย 46-0-0 เมื่อข้าวโพดอายุ 25-30 วัน หลังปลูก โดยวิธีโรยข้างแถวแล้วกลบ

กรณีดินมีอินทรียวัตถุต่ำกว่า 1% ควรใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ โดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 500-1,000 กก./ไร่

### 5.1.2 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยการผสมปุ๋ยใช้เองสำหรับข้าวโพดฝักสด

**ตารางที่ 3.8** การใช้ปุ๋ยกับข้าวโพดฝักสด (ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดข้าวเหนียว และข้าวโพดฝักอ่อน) ตามค่าวิเคราะห์ดินโดยการผสมปุ๋ยใช้เอง

| อินทรียวัตถุ (%) | ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.) | โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.) | ปริมาณธาตุอาหารแนะนำ (กก./ไร่) | | | ปริมาณปุ๋ยที่ต้องใช้ ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 (รองพื้น) (กก./ไร่) | | | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 (กก./ไร่) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | 46-0-0 | 18-46-0 | 0-0-60 | 46-0-0 |
| < 1 | < 10 | < 60 | 30 | 10 | 20 | 25 | 20 | 35 | 35 |
| < 1 | < 10 | 60-100 | 30 | 10 | 15 | 25 | 20 | 25 | 35 |
| < 1 | < 10 | > 100 | 30 | 10 | 10 | 25 | 20 | 15 | 35 |
| < 1 | 10-15 | < 60 | 30 | 8 | 20 | 26 | 15 | 35 | 35 |
| < 1 | 10-15 | 60-100 | 30 | 8 | 15 | 26 | 15 | 25 | 35 |
| < 1 | 10-15 | > 100 | 30 | 8 | 10 | 26 | 15 | 15 | 35 |
| < 1 | > 15 | < 60 | 30 | 6 | 20 | 28 | 10 | 35 | 35 |
| < 1 | > 15 | 60-100 | 30 | 6 | 15 | 28 | 10 | 25 | 35 |
| < 1 | > 15 | > 100 | 30 | 6 | 10 | 28 | 10 | 15 | 35 |
| 1 -2 | < 10 | < 60 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 35 | 25 |
| 1 -2 | < 10 | 60-100 | 20 | 10 | 15 | 10 | 20 | 25 | 25 |
| 1 -2 | < 10 | > 100 | 20 | 10 | 10 | 10 | 20 | 15 | 25 |
| 1 -2 | 10-15 | < 60 | 20 | 8 | 20 | 12 | 15 | 35 | 25 |
| 1 -2 | 10-15 | 60-100 | 20 | 8 | 15 | 12 | 15 | 25 | 25 |
| 1 -2 | 10-15 | > 100 | 20 | 8 | 10 | 12 | 15 | 15 | 25 |
| 1 -2 | > 15 | < 60 | 20 | 6 | 20 | 15 | 10 | 35 | 25 |
| 1 -2 | > 15 | 60-100 | 20 | 6 | 15 | 15 | 10 | 25 | 25 |
| 1 -2 | > 15 | > 100 | 20 | 6 | 10 | 15 | 10 | 15 | 25 |
| > 2 | < 10 | < 60 | 15 | 10 | 20 | 9 | 20 | 35 | 15 |
| > 2 | < 10 | 60-100 | 15 | 10 | 15 | 9 | 20 | 25 | 15 |
| > 2 | < 10 | > 100 | 15 | 10 | 10 | 9 | 20 | 15 | 15 |
| > 2 | 10-15 | < 60 | 15 | 8 | 20 | 11 | 15 | 35 | 15 |
| > 2 | 10-15 | 60-100 | 15 | 8 | 15 | 11 | 15 | 25 | 15 |
| > 2 | 10-15 | > 100 | 15 | 8 | 10 | 11 | 15 | 15 | 15 |
| > 2 | > 15 | < 60 | 15 | 6 | 20 | 13 | 10 | 35 | 15 |
| > 2 | > 15 | 60-100 | 15 | 6 | 15 | 13 | 10 | 25 | 15 |
| > 2 | > 15 | > 100 | 15 | 6 | 10 | 13 | 10 | 15 | 15 |

<u>หมายเหตุ</u> ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยรองพื้นพร้อมปลูกโดยผสมปุ๋ย 18-46-0 ปุ๋ย 46-0-0 และปุ๋ย 0-0-60 ตามน้ำหนักที่กำหนดแล้วใช้ให้หมดในครั้งเดียว

ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ย 46-0-0 เมื่อข้าวโพดอายุ 25-30 วันหลังปลูก โดยวิธีโรยข้างแถวแล้วกลบ

## 5.2 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยการใช้ปุ๋ยเชิงประกอบสำหรับข้าวโพด

กรณีให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยแก่เกษตรกรที่ง่ายต่อการนำไปปฏิบัตินั้น สามารถแนะนำให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยเชิงประกอบที่มีธาตุอาหารครบถ้วนทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม โดยใส่ครั้งแรกเป็นปุ๋ยรองพื้นพร้อมปลูก เช่น ใช้ปุ๋ย 15-15-15, 16-16-8 หรือ 13-13-21 และครั้งที่ 2 เมื่อข้าวโพดอายุได้ 25-30 วัน ให้ใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) หรือแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) หากโพแทสเซียมที่ได้จากปุ๋ยรองพื้นยังไม่เพียงพอสามารถให้เพิ่มเติมได้ในการใช้ปุ๋ยครั้งที่ 2 โดยใส่ปุ๋ยโพแทช เช่น ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) ตามตัวอย่างในตารางที่ 3.9 และตารางที่ 3.10 กรณีดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง มากกว่า 7 ควรใส่ปุ๋ยแอมโมเนียม

ซัลเฟต (21-0-0) แทนการใช้ปุ๋ยยูเรีย แต่ควรเพิ่มปริมาณของปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตอีก 1 เท่าของอัตราที่แนะนำสำหรับการใช้ปุ๋ยยูเรีย

### 5.2.1 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยเลือกใช้ปุ๋ยเชิงประกอบสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

**ตารางที่ 3.9** การใช้ปุ๋ยกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตามค่าวิเคราะห์ดินโดยเลือกใช้ปุ๋ยเชิงประกอบ

| อินทรียวัตถุ (%) | ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.) | โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.) | ปริมาณธาตุอาหารแนะนำ (กก./ไร่) | | | ปริมาณปุ๋ยที่ต้องใช้ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 (รองพื้น) (กก./ไร่) | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 (กก./ไร่) | |
| | | | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | 16-16-8 | 46-0-0 | 0-0-60 |
| < 1 | < 10 | < 60 | 15 | 10 | 15 | 63 | 11 | 17 |
| < 1 | < 10 | 60-100 | 15 | 10 | 10 | 63 | 11 | 8 |
| < 1 | < 10 | > 100 | 15 | 10 | 5 | 63 | 11 | 0 |
| < 1 | 10-15 | < 60 | 15 | 5 | 15 | 31 | 22 | 21 |
| < 1 | 10-15 | 60-100 | 15 | 5 | 10 | 31 | 22 | 13 |
| < 1 | 10-15 | > 100 | 15 | 5 | 5 | 31 | 22 | 4 |
| < 1 | > 15 | < 60 | 15 | 2.5 | 15 | 16 | 27 | 23 |
| < 1 | > 15 | 60-100 | 15 | 2.5 | 10 | 16 | 27 | 15 |
| < 1 | > 15 | > 100 | 15 | 2.5 | 5 | 16 | 27 | 6 |
| 1-2 | < 10 | < 60 | 10 | 10 | 15 | 63 | 0 | 17 |
| 1-2 | < 10 | 60-100 | 10 | 10 | 10 | 63 | 0 | 8 |
| 1-2 | < 10 | > 100 | 10 | 10 | 5 | 63 | 0 | 0 |
| 1-2 | 10-15 | < 60 | 10 | 5 | 15 | 31 | 11 | 21 |
| 1-2 | 10-15 | 60-100 | 10 | 5 | 10 | 31 | 11 | 13 |
| 1-2 | 10-15 | > 100 | 10 | 5 | 5 | 31 | 11 | 4 |
| 1-2 | > 15 | < 60 | 10 | 2.5 | 15 | 16 | 16 | 23 |
| 1-2 | > 15 | 60-100 | 10 | 2.5 | 10 | 16 | 16 | 15 |
| 1-2 | > 15 | > 100 | 10 | 2.5 | 5 | 16 | 16 | 6 |
| > 2 | < 10 | < 60 | 5 | 10 | 15 | 63 | 0 | 17 |
| > 2 | < 10 | 60-100 | 5 | 10 | 10 | 63 | 0 | 8 |
| > 2 | < 10 | > 100 | 5 | 10 | 5 | 63 | 0 | 0 |
| > 2 | 10-15 | < 60 | 5 | 5 | 15 | 31 | 0 | 21 |
| > 2 | 10-15 | 60-100 | 5 | 5 | 10 | 31 | 0 | 13 |
| > 2 | 10-15 | > 100 | 5 | 5 | 5 | 31 | 0 | 4 |
| > 2 | > 15 | < 60 | 5 | 2.5 | 15 | 16 | 5 | 23 |
| > 2 | > 15 | 60-100 | 5 | 2.5 | 10 | 16 | 5 | 15 |
| > 2 | > 15 | > 100 | 5 | 2.5 | 5 | 16 | 5 | 6 |

<u>หมายเหตุ</u> ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยรองพื้นพร้อมปลูก ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ย 46-0-0 เมื่อข้าวโพดอายุ 25-30 วัน หลังปลูก โดยวิธีโรยข้างแถวแล้วกลบ

กรณีดินมีอินทรียวัตถุต่ำกว่า 1% ควรใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ โดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 500-1,000 กก./ไร่

### 5.2.2 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยเลือกใช้ปุ๋ยเชิงประกอบสำหรับข้าวโพดฝักสด

**ตารางที่ 3.10** การใช้ปุ๋ยกับข้าวโพดฝักสด (ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดข้าวเหนียว และข้าวโพดฝักอ่อน) ตามค่าวิเคราะห์ดินโดยเลือกใช้ปุ๋ยเชิงประกอบ

| อินทรียวัตถุ (%) | ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.) | โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.) | ปริมาณธาตุอาหารแนะนำ (กก./ไร่) | | | ปริมาณปุ๋ยที่ต้องใช้ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 (รองพื้น) (กก./ไร่) | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 (กก./ไร่) | |
| | | | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | 16-16-8 | 46-0-0 | 0-0-60 |
| < 1 | < 10 | < 60 | 30 | 10 | 20 | 65 | 45 | 25 |
| < 1 | < 10 | 60-100 | 30 | 10 | 15 | 65 | 45 | 20 |
| < 1 | < 10 | > 100 | 30 | 10 | 10 | 65 | 45 | 10 |
| < 1 | 10-15 | < 60 | 30 | 8 | 20 | 50 | 50 | 25 |
| < 1 | 10-15 | 60-100 | 30 | 8 | 15 | 50 | 50 | 20 |
| < 1 | 10-15 | > 100 | 30 | 8 | 10 | 50 | 50 | 10 |
| < 1 | > 15 | < 60 | 30 | 6 | 20 | 40 | 50 | 30 |
| < 1 | > 15 | 60-100 | 30 | 6 | 15 | 40 | 50 | 20 |
| < 1 | > 15 | > 100 | 30 | 6 | 10 | 40 | 50 | 10 |
| 1-2 | < 10 | < 60 | 20 | 10 | 20 | 65 | 20 | 25 |
| 1-2 | < 10 | 60-100 | 20 | 10 | 15 | 65 | 20 | 20 |
| 1-2 | < 10 | > 100 | 20 | 10 | 10 | 65 | 20 | 10 |
| 1-2 | 10-15 | < 60 | 20 | 8 | 20 | 50 | 25 | 25 |
| 1-2 | 10-15 | 60-100 | 20 | 8 | 15 | 50 | 25 | 20 |
| 1-2 | 10-15 | > 100 | 20 | 8 | 10 | 50 | 25 | 10 |
| 1-2 | > 15 | < 60 | 20 | 6 | 20 | 40 | 30 | 30 |
| 1-2 | > 15 | 60-100 | 20 | 6 | 15 | 40 | 30 | 20 |
| 1-2 | > 15 | > 100 | 20 | 6 | 10 | 40 | 30 | 10 |
| > 2 | < 10 | < 60 | 15 | 10 | 20 | 65 | 10 | 25 |
| > 2 | < 10 | 60-100 | 15 | 10 | 15 | 65 | 10 | 20 |
| > 2 | < 10 | > 100 | 15 | 10 | 10 | 65 | 10 | 10 |
| > 2 | 10-15 | < 60 | 15 | 8 | 20 | 50 | 15 | 25 |
| > 2 | 10-15 | 60-100 | 15 | 8 | 15 | 50 | 15 | 20 |
| > 2 | 10-15 | > 100 | 15 | 8 | 10 | 50 | 15 | 10 |
| > 2 | > 15 | < 60 | 15 | 6 | 20 | 40 | 20 | 30 |
| > 2 | > 15 | 60-100 | 15 | 6 | 15 | 40 | 20 | 20 |
| > 2 | > 15 | > 100 | 15 | 6 | 10 | 40 | 20 | 10 |

หมายเหตุ ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ย 16-16-8 เป็นปุ๋ยรองพื้นพร้อมปลูก
ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) และ 0-0-60 เมื่อข้าวโพดอายุได้ 25-30 วัน โดยวิธีโรยข้างแถวแล้วกลบ

### 5.3 การใช้ปุ๋ยตามลักษณะเนื้อดินสำหรับข้าวโพด

ในกรณีที่เกษตรกรไม่สะดวกที่จะส่งตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ สามารถประเมินการใช้ปุ๋ยตามลักษณะเนื้อดินได้ โดยแบ่งกลุ่มของเนื้อดินออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มดินร่วนเหนียวสีดำ ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์สูง กลุ่มเนื้อดินเหนียวสีแดง และดินร่วนเหนียว ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง และกลุ่มเนื้อดินร่วนปนทราย ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ โดยมีคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามตารางที่ 3.11 และตารางที่ 3.12

#### 5.3.1 การใช้ปุ๋ยตามตามลักษณะเนื้อดินสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

**ตารางที่ 3.11** การใช้ปุ๋ยกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตามลักษณะเนื้อดิน

| เนื้อดิน | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1<br>รองพื้นพร้อมปลูก | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2<br>เมื่อข้าวโพดอายุ 25-30 วัน |
|---|---|---|
| ดินเหนียวสีดำ | ใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ | ใส่ปุ๋ย 21-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่<br>หรือใส่ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ |
| ดินเหนียวสีแดง<br>ดินร่วนเหนียว | ใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ | ใส่ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ |
| ดินร่วนปนทราย | ใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 60 กิโลกรัมต่อไร่<br>และปุ๋ยอินทรีย์ 500-1000 กก./ไร่ | ใส่ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ |

#### 5.3.2 การใช้ปุ๋ยตามตามลักษณะเนื้อดินสำหรับข้าวโพดฝักสด

**ตารางที่ 3.12** การใช้ปุ๋ยกับข้าวโพดฝักสด (ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดข้าวเหนียว และข้าวโพดฝักอ่อน) ตามลักษณะเนื้อดิน

| เนื้อดิน | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 รองพื้นพร้อมปลูก | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 เมื่อข้าวโพดอายุ 25-30 วัน |
|---|---|---|
| ดินร่วนเหนียว<br>ถึงดินเหนียว | ใส่ปุ๋ย 16-8-8 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ | ใส่ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 45 กิโลกรัมต่อไร่ |
| ดินร่วนปนทราย<br>ถึงดินทราย | ใส่ปุ๋ย 15-15-15 หรือ 16-16-16 อัตรา 70<br>กิโลกรัมต่อไร่ | ใส่ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 45 กิโลกรัมต่อไร่ |

### 5.4 การใช้ปุ๋ยชีวภาพสำหรับข้าวโพด

การใช้ปุ๋ยชีวภาพสำหรับข้าวโพด ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน ซึ่งประกอบด้วยแบคทีเรียบริเวณราก 3 ชนิด ได้แก่ *Azospirillum brasilense Beijerinchkia mobilis* และ *Azotobacter sp.* ไม่น้อยกว่า $1 \times 10^{6}$ โคโลนีต่อกรัม โดยใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน คลุกเมล็ดข้าวโพดก่อนปลูกอัตรา 500 กรัม (1 ถุง) ต่อเมล็ดข้าวโพด 3-4 กิโลกรัม

# บทที่ 4
# การใช้ปุ๋ยสำหรับพืชตระกูลถั่ว

## 1. ข้อมูลทั่วไป

### 1.1 ถั่วเขียว

ในปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกถั่วเขียวทั้งประเทศ 831,674 ไร่ และในปี พ.ศ. 2561 พื้นที่ปลูกลดลงเหลือ 813,847 ไร่ ขณะที่ผลผลิตรวมลดลงจาก 109,935 ตัน เหลือ 96,443 ตัน โดยมีผลผลิตเฉลี่ย 119-132 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563ข) ถั่วเขียวสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ ถั่วเขียวผิวมันและถั่วเขียวผิวดำ ซึ่งมีฤดูปลูกแตกต่างกัน โดยถั่วเขียวผิวมันปลูกได้ทั้งต้นฤดูฝน ปลายฤดูฝน และฤดูแล้ง ทั่วทุกภาคของประเทศไทย แหล่งปลูกที่สำคัญในภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเพชรบูรณ์ สุโขทัย นครสวรรค์ กำแพงเพชร อุทัยธานี น่าน พิษณุโลก พิจิตร ตาก และอุตรดิตถ์ ภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดลพบุรี สระบุรี และชัยนาท ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ และขอนแก่น สำหรับถั่วเขียวผิวดำ ส่วนใหญ่จะปลูกปีละ 1 ครั้งในปลายฤดูฝน ลักษณะเด่นของถั่วเขียวผิวดำ คือ มีความทนทานต่อความแห้งแล้งมากกว่าถั่วเขียวผิวมัน แหล่งปลูกที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดสุโขทัย เพชรบูรณ์ ตาก พิจิตร พิษณุโลก กำแพงเพชร น่าน และลพบุรี ความต้องการใช้ถั่วเขียวภายในประเทศ พบว่า มีการขยายตัวของอุตสาหกรรมแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ทำให้ความต้องการใช้ถั่วเขียวสูงขึ้นจาก 76,639 ตัน ในปี พ.ศ. 2555 เป็น 114,420 ตัน ในปี พ.ศ. 2559 ส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมวุ้นเส้น ซึ่งกากที่เหลือจากวุ้นเส้นจะนำไปผสมเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์และปุ๋ยอินทรีย์ ส่วนถั่วเขียวผิวดำนำไปเพาะเป็นถั่วงอก นอกจากนี้ ยังนำไปแปรรูปเป็นแป้ง หรือใช้บริโภคในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ถั่วซีก และทำขนม เป็นต้น การส่งออกถั่วเขียว สามารถส่งออกในรูปเมล็ด ผลิตภัณฑ์วุ้นเส้น แป้งถั่วเขียว ถั่วซีก และถั่วงอกบรรจุกระป๋อง ซึ่งปริมาณการส่งออกขึ้นอยู่กับปริมาณความต้องการของประเทศผู้รับซื้อ โดยการส่งออกถั่วเขียวของไทยในปี พ.ศ. 2561 ลดลงเมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2560 จาก 29,919 ตัน ลดลงเหลือ 24,791 ตัน คิดเป็นมูลค่า 591 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2561 และในปี พ.ศ. 2560 คิดเป็นมูลค่า 925 ล้านบาท ตลาดส่งออกถั่วเขียวผิวมันที่สำคัญ ได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกา กัมพูชา ศรีลังกา ฮ่องกง ฟิลิปปินส์ มาเลเซีย สิงคโปร์ อินเดีย และอินโดนีเซีย และตลาดส่งออกถั่วเขียวผิวดำ ได้แก่ ประเทศแคนาดา และปากีสถาน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563ข)

### 1.2 ถั่วเหลือง

ในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองทั้งประเทศ 376,703 ไร่ มีผลผลิตทั้งหมด 96,153 ตัน หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2559 มีพื้นที่ปลูกลดลงเหลือ 137,254 ไร่ และในปี พ.ศ. 2561 มีพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นเป็น 151,312 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 272 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563ข) ถั่วเหลืองมีพื้นที่ปลูกทั้งในสภาพนาหลังเก็บเกี่ยวข้าว โดยใช้น้ำชลประทาน และในสภาพดินดอนใช้น้ำฝน ปลูกมากในภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงราย เชียงใหม่ แพร่ สุโขทัย และลำปาง รองลงมาเป็นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จังหวัดขอนแก่น และเลย ในภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดกาญจนบุรี โดยความสำคัญของถั่วเหลือง คือ สามารถนำเมล็ดไปใช้ประโยชน์หลายรูปแบบ เช่น การสกัดน้ำมัน ได้กากถั่วเหลืองซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนสำหรับทำเป็นอาหารสัตว์ การแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น น้ำนมถั่วเหลือง เต้าหู้ เต้าเจี้ยว ซีอิ๊ว ฯลฯ และยังสามารถบริโภคสดในรูปของถั่วเหลืองฝักสด

### 1.3 ถั่วลิสง

พื้นที่ปลูกและผลผลิตถั่วลิสงมีแนวโน้มลดลงจาก 211,798 ไร่ ในปี พ.ศ. 2550 เหลือ 99,972 ไร่ ในปี พ.ศ. 2561 ผลผลิตรวมลดลงจาก 53,559 ตัน เหลือ 33,831 ตัน ผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 253 กิโลกรัมต่อไร่ เป็น 338 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563ข) แหล่งปลูกที่สำคัญของถั่วลิสงอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเลย กาฬสินธุ์ นครราชสีมา อุดรธานี อุบลราชธานี ลำปาง น่าน เชียงราย พะเยา เชียงใหม่ และแพร่ เป็นต้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551) เป็นการปลูกในฤดูฝน 58 เปอร์เซ็นต์ และฤดูแล้ง 42 เปอร์เซ็นต์ ถั่วลิสงเป็นพืชที่ผลิตได้ไม่เพียงพอกับความต้องการใช้ภายในประเทศปี พ.ศ. 2561 สามารถผลิตถั่วลิสงทั้งเปลือกได้ 33,831 ตัน แต่มีปริมาณที่ต้องการใช้ถึง 138,839 ตัน ทำให้ต้องมีการนำเข้า 70,726 ตัน และมีการส่งออกเพียง 1,280 ตัน ประเทศผู้ผลิตที่สำคัญ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา จีน และเซเนกัล ประเทศผู้ผลิตที่สำคัญในอาเซียน ได้แก่ มาเลเซีย กัมพูชา และจีน

## 2. สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการผลิตพืชตระกูลถั่ว

### 2.1 ถั่วเขียว

#### 2.1.1 สภาพพื้นที่และสมบัติของดินที่เหมาะสม

ถั่วเขียวสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี ทั่วทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะในเขตภาคเหนือตอนล่างและภาคกลางตอนบน และสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินเกือบทุกชนิดที่มีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศดี หรือที่ลุ่มไม่มีน้ำท่วมขัง มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.5-7.0 ความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง อินทรียวัตถุไม่ต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ไม่ต่ำกว่า 8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่ต่ำกว่า 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน, 2556ข)

#### 2.1.2 สภาพภูมิอากาศ

อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของถั่วเขียวอยู่ระหว่าง 25-35 องศาเซลเซียส ควรหลีกเลี่ยงการปลูกในช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส เนื่องจากจะทำให้ต้นถั่วเขียวชะงักการเจริญเติบโตและต้นแคระแกร็น อย่างไรก็ตาม ก่อนปลูกควรพิจารณาถึงช่วงระยะเวลาการเก็บเกี่ยว ให้เก็บเกี่ยวในช่วงที่ไม่มีฝนตกชุก

#### 2.1.3 ฤดูการปลูก

โดยทั่วไป การปลูกในช่วงต้นฤดูฝนจะปลูกในเดือนเมษายน-พฤษภาคม ปลายฤดูฝนปลูกในเดือนสิงหาคม-กันยายน ส่วนฤดูแล้งปลูกในเดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์ การปลูกในฤดูแล้งควรปลูกทันทีหลังเก็บเกี่ยวข้าวนาปี เพื่ออาศัยความชื้นในดินช่วยในการงอกของเมล็ด

#### 2.1.4 ความต้องการน้ำ

ถั่วเขียวมีความต้องการน้ำตลอดฤดูปลูกประมาณ 200-250 มิลลิเมตร หรือ 320-400 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ การปลูกในฤดูแล้งควรมีน้ำชลประทาน หรือมีน้ำอย่างเพียงพอกับความต้องการของถั่วเขียว (สมชาย, 2554)

#### 2.1.5 การเตรียมดิน

ไถด้วยผาลสาม 1 ครั้ง และตากดิน 7-10 วัน พรวนด้วยผาลเจ็ด 1 ครั้ง แล้วคราดเก็บเศษซาก ราก เหง้า หัว ไหล ของวัชพืชออกจากแปลงให้หมด ปรับระดับดินให้สม่ำเสมอ หรือมีความลาดเอียงเล็กน้อยเพื่อป้องกันน้ำท่วม

การปลูกแบบหว่านในสภาพนา เป็นการปลูกหลังเก็บเกี่ยวข้าวโดยอาศัยความชื้นในดิน ให้ไถพรวนในขณะที่ดินยังมีความชื้นเพียงพอสำหรับการงอกของเมล็ด ควรเตรียมดินให้ละเอียด หว่านเมล็ดพันธุ์ในอัตรา 5-6 กิโลกรัมต่อไร่ แล้วพรวนดินกลบทันที เพื่อปิดผิวหน้าดินกันการระเหยของน้ำใต้ดิน ในกรณีดินเหนียวที่แห้งเกินไป ความชื้นไม่เพียงพอสำหรับการงอก ควรปล่อยให้ดินแห้งจนแตกระแหงแล้วจึงปล่อยน้ำเข้าให้ท่วมและระบายออกทันที ทิ้งไว้จนดินหมาดหรือมีความชื้นพอเหมาะ จึงไถพรวนและปลูกตามวิธีที่กล่าวมาข้างต้น

การปลูกเป็นแถว ควรปลูกแบบแถวคู่บนสันร่อง ระยะระหว่างแถว 50 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 20 เซนติเมตร จำนวน 2 ต้นต่อหลุม จะได้จำนวนต้น 32,000 ต้นต่อไร่ ส่วนการใช้เครื่องปลูก ควรเตรียมดินให้ละเอียดและสม่ำเสมอก่อนปลูก ระยะระหว่างแถว 50 เซนติเมตร จำนวน 20-25 ต้นต่อแถวยาว 1 เมตร ได้จำนวนต้น 64,000-80,000 ต้นต่อไร่ (สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน, 2556ข)

### 2.2 ถั่วเหลือง

#### 2.2.1 สภาพพื้นที่และสมบัติของดินที่เหมาะสม

ถั่วเหลืองควรปลูกในพื้นที่ดอน หรือที่ลุ่มไม่มีน้ำท่วมขัง มีความสูงจากระดับทะเลปานกลางไม่เกิน 600 เมตร (กรมวิชาการเกษตร, 2545ก และ 2545ข) ดินที่เหมาะสมควรเป็นดินร่วน ดินร่วนเหนียว ดินเหนียว หรือดินร่วนเหนียวปนทราย มีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศดี ระดับหน้าดินลึก 20-25 เซนติเมตร มีความอุดมสมบูรณ์ของดินปานกลาง อินทรียวัตถุไม่ต่ำกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ไม่ต่ำกว่า 12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่ต่ำกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.5-7.0 สำหรับถั่วเหลือง และ 6.0-6.8 สำหรับถั่วเหลืองฝักสด

#### 2.2.2 สภาพภูมิอากาศ

อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 15-35 องศาเซลเซียส มีแสงแดดจัด สำหรับถั่วเหลือง และ 15-30 องศาเซลเซียส สำหรับถั่วเหลืองฝักสด ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส ถั่วเหลืองฝักสดจะมีเปลือกหนา ไม่ได้มาตรฐานการส่งออก

#### 2.2.3 ฤดูการปลูก

การปลูกถั่วเหลืองในประเทศไทย แบ่งเป็น 3 ช่วง คือ ต้นฤดูฝนตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน ปลายฤดูฝนประมาณกลางเดือนกรกฎาคมถึงกลางเดือนสิงหาคม และฤดูแล้งตั้งแต่กลางเดือนธันวาคมถึงกลางเดือนมกราคม เป็นการปลูกถั่วเหลืองในเขตชลประทาน โดยปลูกในนาหลังการเกี่ยวข้าวและอาศัยน้ำจากระบบชลประทาน

#### 2.2.4 ความต้องการน้ำ

ถั่วเหลืองมีความต้องการน้ำตลอดฤดูปลูกอยู่ในช่วง 344-456 มิลลิเมตร (550-730 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่) หรือคิดเป็นปริมาณการใช้น้ำ 4.0-5.3 มิลลิเมตรต่อวัน (สมชาย และศุภชัย, 2543) สำหรับในแหล่งอาศัยน้ำฝนควรมีปริมาณน้ำฝนกระจายสม่ำเสมอ 1,000-1,500 มิลลิเมตรต่อปี ถั่วเหลืองต้องการน้ำมากที่สุดในระยะเริ่มออกดอกถึงระยะพัฒนาฝักและเมล็ด (สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน, 2556ข)

#### 2.2.5 การเตรียมดิน

พื้นที่ปลูกในสภาพนาควรเรียบสม่ำเสมอ ระบายน้ำออกได้ง่าย ควรตัดตอซังข้าวแล้วทิ้งเศษฟางให้คงอยู่ในแปลง แล้วขุดร่องน้ำรอบและผ่านแปลงนา ระยะระหว่างร่องน้ำประมาณ 3-5 เมตร เพื่อสะดวกต่อการให้น้ำและระบายน้ำออก จากนั้นจึงปล่อยน้ำท่วมแปลงประมาณครึ่งวันแล้วระบายออก ตากดินไว้ 1-2 วัน ให้ดินหมาดไม่มีน้ำขัง จากนั้นจึงหยอดเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง (สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน, 2556ข) สำหรับในสภาพไร่ (อาศัยน้ำฝน) ทำการไถผาลสาม ทิ้งไว้ 5-7 วัน แล้วพรวนด้วยไถผาลเจ็ด หรือผาลพรวนอีก 1 ครั้ง จึงทำการปลูก

### 2.3 ถั่วลิสง

#### 2.3.1 สภาพพื้นที่และสมบัติของดินที่เหมาะสม

ถั่วลิสงสามารถปลูกได้ในดินทุกชนิด แต่ดินที่เหมาะต่อการปลูกและการเจริญเติบโตของถั่วลิสง คือ ดินร่วน มีหน้าดินลึก ดินร่วนซุย เมื่อดินแห้งหน้าดินต้องไม่แน่นหรือแข็งเป็นแผ่น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในช่วงลงเข็มเพื่อสร้างฝักและช่วงเก็บเกี่ยว ดินมีการระบายน้ำดี เพราะถั่วลิสงไม่ทนต่อสภาพน้ำขังที่มีผลทำให้ชะงักการเจริญเติบโต มีผลทำให้ผลผลิตลดลง ความเป็นกรด-ด่างของดินที่เหมาะสมสำหรับถั่วลิสงที่ปลูกในดินทรายและดินร่วนปนทราย อยู่ในช่วง 5.5-6.0 ถ้าดินมีความเป็นกรด-ด่างน้อยกว่า 5.0 จะทำให้มีอะลูมินัมละลายออกมาจนเป็นพิษต่อถั่วลิสง ทำให้ติดปมได้ช้ากว่าปกติ พืชจะแสดงอาการขาดไนโตรเจน และฟอสฟอรัส หากดินมีความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 7.0 มีผลทำให้ถั่วลิสงขาดจุลธาตุ ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส และสังกะสี ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินควรมีค่ามากกว่า 10 เซนติโมลต่อดิน 1 กิโลกรัม มีปริมาณอินทรียวัตถุไม่ต่ำกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ไม่ต่ำกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่ต่ำกว่า 80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่ต่ำกว่า 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และกำมะถันไม่ต่ำกว่า 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (น้อย และเสถียร, 2524; สุวพันธ์, 2533; ปิยะ และคณะ, 2542)

#### 2.3.2 สภาพภูมิอากาศ

ถั่วลิสงเจริญเติบโตได้ดีในอากาศร้อนและมีความชื้นเพียงพอตลอดฤดูปลูก หากอุณหภูมิต่ำจะมีผลต่อระยะเวลาในการงอก (ทักษิณา, 2532) จากการทดลองในประเทศเกาหลี พบว่า ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ถั่วลิสงใช้เวลางอกนานถึง 25 วัน จึงโผล่พ้นผิวดิน แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 18.8 องศาเซลเซียส ถั่วลิสงใช้เวลางอกเพียง 13 วัน ถั่วลิสงมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงสูงสุดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 40 องศาเซลเซียส อัตราการสังเคราะห์แสงลดลงประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ และเมื่ออุณหภูมิลดลงเป็น 10 องศาเซลเซียส อัตราการสังเคราะห์แสงลดลงมากกว่า 65 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิกลางวัน/กลางคืนที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของถั่วลิสงอยู่ที่ประมาณ 35/25 องศาเซลเซียส

#### 2.3.3 ฤดูการปลูก

**การปลูกถั่วลิสงในฤดูฝน**

การปลูกถั่วลิสงในฤดูฝนโดยทั่วไป แบ่งเป็น 2 ช่วง คือ 1) ต้นฤดูฝน ควรปลูกในเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนมิถุนายน การปลูกในเดือนพฤษภาคมจะให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกในเดือนมิถุนายน แม้ว่าจะมีปัญหาการตากผลผลิต เพราะขณะเก็บเกี่ยวยังไม่หมดฝน แต่ดินชื้นทำให้ง่ายต่อการถอน 2) ปลายฤดูฝนปลูกในเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม ถ้าสภาพแวดล้อมปกติจะให้ผลผลิตดี แต่ในบางปีที่ฝนหมดเร็วในช่วงเก็บเกี่ยว หน้าดินจะแห้งและแข็ง ทำให้ผลผลิตลดต่ำลง นอกจากนี้ ยังทำให้การเตรียมดินได้ค่อนข้างยาก เพราะมีวัชพืชหนาแน่น (อารันต์, 2524)

ภาคเหนือสามารถปลูกถั่วลิสงบนที่สูงได้ทั้งต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน สำหรับต้นฤดูฝนควรปลูกในเดือนมีนาคม หากปลูกหลังจากนี้จะเกิดความเสียหายจากโรคใบจุดและราสนิม เนื่องจากฝนตกชุกและอากาศมีความชื้นสูงในช่วงกลางฤดูปลูก (จักรี, 2526) ส่วนการปลูกปลายฤดูฝน ควรปลูกในเดือนกรกฎาคม หากปลูกหลังจากนี้ ถั่วลิสงอาจขาดน้ำในช่วงปลายของการเจริญเติบโต (วีระชัย และทรงเชาว์, 2532)

ทางภาคใต้การปลูกถั่วลิสงต้นฤดูฝนในเขตจังหวัดสงขลาและพัทลุง ควรปลูกในเดือนเมษายน และพฤษภาคม ถ้าปลูกล่าช้าจะประสบปัญหาโรคใบจุดรุนแรง และเมล็ดงอกในฝัก เพราะเก็บเกี่ยวตรงกับช่วงปลายฤดูฝน ส่วนการปลูกเพื่อเก็บเกี่ยวฝักสด สามารถปลูกได้ทั้งต้นฝนและปลายฝน คือ ตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม (ไพศาล, 2525; มณฑาทิพย์, 2532; ธีระพงศ์, 2533)

**การปลูกถั่วลิสงในฤดูแล้ง**

จากการศึกษาฤดูปลูกถั่วลิสงในฤดูแล้งในเขตที่ราบลุ่มภาคเหนือ พบว่า ควรปลูกระหว่างกลางเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงที่อุณหภูมิไม่ต่ำจนเกินไปและสามารถเก็บเกี่ยวได้ในช่วงฤดูร้อน และยังหลีกเลี่ยงการเข้าทำลายของโรคใบจุด (จักรี, 2526) การปลูกถั่วลิสงในฤดูแล้ง แบ่งเป็น 2 แบบ คือ

1) การปลูกโดยอาศัยน้ำชลประทาน ควรปลูกในเดือนธันวาคมถึงมกราคม หากปลูกล่าช้าจะมีปัญหาฝนตกในช่วงเก็บเกี่ยว

2) การปลูกหลังนา โดยอาศัยความชื้นที่เหลือในดิน ต้องเป็นพื้นที่ที่มีน้ำใต้ดินตื้น และมีปริมาณน้ำซับในดินสูงเพียงพอต่อการเจริญเติบโตตลอดฤดูปลูก ควรปลูกให้เร็วที่สุดหลังจากเก็บเกี่ยวข้าว (ทักษิณา, 2532)

**2.3.4 ความต้องการน้ำ**

การปลูกถั่วลิสงในฤดูฝนจะให้ผลผลิตสูงเมื่อมีฝนตกกระจายสม่ำเสมอตลอดฤดูปลูกในช่วง 90-120 วัน ระหว่าง 500-600 มิลลิเมตร หากถั่วลิสงขาดน้ำในช่วงระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น จะมีผลต่อผลผลิตน้อยกว่าการขาดน้ำในระยะออกดอก-ติดฝัก ระยะวิกฤตของการขาดน้ำอยู่ระหว่าง 30-60 วัน หลังงอก ซึ่งเป็นระยะที่ถั่วลิสงอยู่ในช่วงการแทงเข็มและสร้างฝัก การขาดน้ำจะมีผลต่อจำนวนฝักต่อต้นมากกว่าองค์ประกอบของผลผลิตอื่นๆ

**2.3.5 การเตรียมดิน**

การเตรียมดินในการปลูกถั่วลิสง นอกจากทำให้ดินร่วนซุยแล้ว ยังช่วยกำจัดวัชพืช และเหมาะต่อการงอกของเมล็ด และที่สำคัญคือให้เหมาะแก่การลงเข็ม การปลูกถั่วลิสงในฤดูแล้งโดยให้น้ำชลประทาน พบว่าการไถพรวนและการยกร่องปลูกจะทำให้โครงสร้างของดินร่วนซุยขึ้น และสะดวกต่อการให้น้ำ ความกว้างของสันร่องขึ้นอยู่กับเนื้อดิน ถ้าเนื้อดินแน่น ควรใช้สันร่องแคบ ประมาณ 60-100 เซนติเมตร ปลูกถั่วลิสงได้ 2 แถว แต่ถ้าดินมีการระบายน้ำได้ดี อาจขยายสันร่องให้กว้างขึ้นเป็น 150 เซนติเมตร สามารถปลูกถั่วลิสงได้ 3-4 แถว

ในพื้นที่ที่มีวัชพืชขึ้นหนาแน่น ควรไถตากดิน 1-2 ครั้ง เพื่อให้วัชพืชตาย แต่ถ้ามีปริมาณวัชพืชน้อยสามารถทำการไถเปิดร่องแล้วหยอดเมล็ดได้เลยโดยไม่ต้องเตรียมดิน จะให้ผลผลิตใกล้เคียงกับการไถพรวนปกติ

### 3. ความต้องการธาตุอาหารของพืชตระกูลถั่ว

พืชตระกูลถั่ว เป็นพืชที่มีความต้องการธาตุอาหารไนโตรเจนสูง ในการสร้างผลผลิต 300 กิโลกรัมต่อไร่ อาจต้องการใช้ไนโตรเจนสูงถึง 20 กิโลกรัมต่อไร่ แต่พืชตระกูลถั่วโดยทั่วไปสามารถนำไนโตรเจนจากอากาศมาใช้ประโยชน์ได้ โดยกระบวนการทางชีวเคมีที่มีจุลินทรีย์ไรโซเบียมที่อาศัยอยู่ที่ปมรากถั่ว การปลูกถั่วจึงควรคลุกเมล็ดด้วยเชื้อไรโซเบียมก่อนปลูก อย่างไรก็ตาม อาจใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนร่วมด้วยได้ แต่ไม่ควรเกิน 3 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อปลูกในดินทรายหรือร่วนปนทราย เพื่อช่วยการเจริญเติบโตของถั่วในระยะแรกที่จุลินทรีย์ไรโซเบียมยังไม่ทำงาน การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงจะมีผลทำให้กิจกรรมการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมลดลงได้ (สุวพันธ์, 2542)

พืชตระกูลถั่วมีความต้องการธาตุอาหารที่แตกต่างกันดังตารางแสดงปริมาณธาตุอาหารที่ถูกดูดใช้และสะสมในส่วนต่าง ๆ ของถั่วเขียว (ตารางที่ 4.1) ถั่วเหลือง (ตารางที่ 4.2) และถั่วลิสง (ตารางที่ 4.3) หากถั่วเขียวให้ผลผลิตน้ำหนักฝักแห้ง 270 กิโลกรัมต่อไร่ จะมีปริมาณไนโตรเจนรวม คือ 4.30 กิโลกรัมต่อ 100 กิโลกรัมผลผลิต โดยอยู่ในส่วนของเมล็ดมากที่สุด คือ 3.21 กิโลกรัมต่อ 100 กิโลกรัมผลผลิต และในเปลือกฝัก 0.05 กิโลกรัมต่อ 100 กิโลกรัมผลผลิต ดังนั้น เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิต ธาตุอาหารที่สูญหายไปกับผลผลิตประกอบด้วยไนโตรเจน 3.26 กิโลกรัมต่อ 100 กิโลกรัมผลผลิต ฟอสฟอรัส 0.056 กิโลกรัมต่อ 100 กิโลกรัมผลผลิต และโพแทสเซียม 1.34 กิโลกรัมต่อ 100 กิโลกรัมผลผลิต แต่ไนโตรเจนที่สะสมในส่วนต่างๆ ของพืชตระกูลถั่ว จะได้จากการตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศ และการดูดใช้จากดิน โดยพบว่า ไรโซเบียมที่อาศัยที่ปมรากถั่วเขียวตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศได้ 10-55 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี ในขณะที่ไรโซเบียมที่อาศัยที่ปมรากถั่วเหลืองตรึงไนโตรเจนได้ 10-27 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และไรโซเบียมที่อาศัยในปมรากถั่วลิสงตรึงไนโตรเจนได้ 12-20 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี (FAO, 1984) การใช้เชื้อไรโซเบียมที่เหมาะสมกับพันธุ์ถั่วสามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนได้ ยังคงมีเฉพาะฟอสฟอรัสที่ต้องใส่ในอัตรา 9 กิโลกรัมต่อไร่หรือใส่ตามค่าวิเคราะห์ดิน

**ตารางที่ 4.1** ปริมาณธาตุอาหารที่ถั่วเขียวดูดใช้และกระจายไปสะสมยังส่วนต่าง ๆ

| ผลผลิต (กก./ไร่) | ส่วนของพืช | ธาตุอาหาร (กก./100 กก. ผลผลิต) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ไนโตรเจน (N) | ฟอสฟอรัส (P) | โพแทสเซียม (K) |
| 270 | ต้น | 0.33 | 0.02 | 1.53 |
| | ใบ | 0.71 | 0.03 | 0.66 |
| | เมล็ด | 3.21 | 0.05 | 1.17 |
| | เปลือกฝัก | 0.05 | 0.006 | 0.17 |
| | รวม | 4.30 | 0.10 | 3.53 |

**ตารางที่ 4.2** ปริมาณธาตุอาหารที่ถั่วเหลืองดูดใช้และกระจายไปสะสมยังส่วนต่าง ๆ

| ผลผลิต (กก./ไร่) | ส่วนของพืช | ธาตุอาหาร (กก./100 กก.ผลผลิต) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ไนโตรเจน (N) | ฟอสฟอรัส (P) | โพแทสเซียม (K) |
| 300 | เมล็ด | 6.10 | 0.70 | 1.93 |
| | ต้น + ใบ | 1.93 | 0.27 | 1.23 |
| | ราก | 0.97 | 0.13 | 0.70 |
| | รวม | 9.00 | 1.10 | 3.86 |

ที่มา: น้อย และนพชัย (2535); เสถียร และคณะ (2526); สมชาย และศุภชัย (2543)

**ตารางที่ 4.3** ปริมาณธาตุอาหารที่ถั่วลิสงดูดใช้และสะสมในส่วนต่าง ๆ

| ผลผลิต (กก./ไร่) | ส่วนของพืช | ธาตุอาหาร (กก./100 กก.ผลผลิต) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ไนโตรเจน (N) | ฟอสฟอรัส (P) | โพแทสเซียม (K) |
| 300 | เมล็ด | 4.83 | 0.30 | 0.63 |
| | ต้น+ใบ | 2.33 | 0.13 | 2.37 |
| | เปลือกฝัก | 0.37 | 0.03 | 0.17 |
| | รวม | 7.53 | 0.46 | 3.17 |

ที่มา: น้อย และนพชัย (2535); เสถียร และคณะ (2526)

**ตารางที่ 4.4** ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินและธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับถั่วเหลืองและถั่วลิสง

| คุณสมบัติทางเคมี | ระดับขาด | | ระดับเพียงพอ | | ระดับสูง | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ถั่วเหลือง | ถั่วลิสง | ถั่วเหลือง | ถั่วลิสง | ถั่วเหลือง | ถั่วลิสง |
| ความเป็นกรด-ด่าง | < 5.5 | < 5.0 | 5.5 - 6.0 | 5.0 - 6.0 | 6.0 - 6.8 | 6.0 - 6.8 |
| อินทรียวัตถุ (%) | < 1 | < 1 | 1 - 1.5 | 1 - 1.5 | > 1.5 | > 1.5 |
| ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.) | < 8 | < 5 | 8 - 12 | 5 - 10 | > 12 | > 10 |
| โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.) | < 50 | < 40 | 50 - 100 | 40 - 80 | > 100 | > 80 |
| แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.) | < 100 | < 80 | 100 - 140 | 80 - 120 | > 140 | > 120 |
| แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.) | < 20 | < 10 | 20 - 30 | 10 - 20 | > 30 | > 20 |
| กำมะถันที่สามารถสกัดได้ (มก./กก.) | < 14 | < 10 | 14 - 20 | 10 - 14 | > 20 | > 14 |
| เหล็กที่สามารถสกัดได้ (มก./กก.) | < 3 | < 3 | 3 - 20 | 3 - 20 | > 20 | > 20 |
| สังกะสีที่สามารถสกัดได้ (มก./กก.) | < 0.3 | < 0.3 | - | - | - | - |
| โบรอนที่สามารถสกัดได้ (มก./กก.) | < 0.13 | < 0.13 | 0.13 - 0.20 | 0.13 - 0.20 | > 0.20 | > 0.20 |
| โมลิบดินัมที่สามารถสกัดได้ (มก./กก.) | (ร่วนทราย) | < 0.12 | - | - | - | - |
| | (ร่วนเหนียว) | < 0.4 | - | - | - | - |

ที่มา: สุวพันธ์ และเพิ่มพูน (2532); สมชาย และศุภชัย (2543)

**ตารางที่ 4.5** ระดับความต้องการธาตุอาหารของถั่วลิสงก่อนการสร้างเมล็ด ประเมินจากระดับธาตุอาหารในใบอ่อนที่คลี่เต็มที่แล้วของถั่วลิสง

| ธาตุอาหาร | ระดับขาด | ระดับเพียงพอ | ระดับสูง |
|---|---|---|---|
| ไนโตรเจน (%ของน้ำหนักแห้ง) | <3.8 | 3.8-4.5 | >4.5 |
| ฟอสฟอรัส (%ของน้ำหนักแห้ง) | <0.23 | 0.23-0.40 | >0.40 |
| โพแทสเซียม (%ของน้ำหนักแห้ง) | <1.3 | 1.4-2.5 | >2.60 |
| แคลเซียม (มก./กก.ของน้ำหนักแห้ง) | <1.0 | 1.0-2.0 | - |
| แมกนีเซียม (มก./กก.ของน้ำหนักแห้ง) | <0.25 | 0.25-0.80 | - |
| กำมะถัน (%ของน้ำหนักแห้ง) | <0.20 | 0.21-0.30 | >0.30 |
| เหล็ก (มก./กก.ของน้ำหนักแห้ง) | <35 | 35-300 | - |
| แมงกานีส (มก./กก.ของน้ำหนักแห้ง) | <10 | 50-350 | 600-800 |
| ทองแดง (มก./กก.ของน้ำหนักแห้ง) | <1.7 | 1.8-5.0 | >5.0 |
| สังกะสี (มก./กก.ของน้ำหนักแห้ง) | <18 | 18-50 | >200 |
| โบรอน (มก./กก.ของน้ำหนักแห้ง) | <23 | 24-50 | >50 |
| โมลิบดินัม (มก./กก.ของน้ำหนักแห้ง) | <0.05 | 0.05-1.00 | >1.00 |

ดัดแปลงจาก Reuter and Robinson (1997)

### 4. อาการขาดธาตุอาหารของพืชตระกูลถั่ว

**ไนโตรเจน (Nitrogen: N)**

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ อาการขาดธาตุไนโตรเจนเริ่มจากใบแก่จะกลายเป็นสีเขียวอ่อนสม่ำเสมอ หากยังขาดธาตุอาหารต่อเนื่อง ใบแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ในขณะที่ใบอ่อนยังคงมีสีเขียวอ่อน (ภาพที่ 4.1) ต้นแคระแกร็น ระยะที่มีการขาดธาตุอาหารรุนแรง ใบแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มและสีขาวตามลำดับ จากนั้นใบจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและลุกลามเข้าสู่กลางใบเป็นรูปตัววี (V) ใบจะแห้งและร่วงก่อนกำหนด ทำให้เกิดการเจริญเติบโตช้า ลำต้นบางและยืดยาว การแตกกิ่งและการออกดอกลดลงอย่างเห็นได้ชัด การสร้างฝักและเมล็ดลดลง ส่งผลให้ผลผลิตต่ำ และมีโปรตีนในเมล็ดลดลง

อาการขาดไนโตรเจนของพืชตระกูลถั่วมักพบในดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำ เช่น ดินทรายที่ถูกชะล้างจากฝนตกหนักหรือการให้น้ำที่มากเกินไป ดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์จากการปลูกพืชอย่างต่อเนื่อง สภาวะน้ำท่วมขัง และดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 6.0 หรือสูงกว่า 8.0

พืชตระกูลถั่วต้องการไนโตรเจนมากกว่าธาตุอื่น ๆ แหล่งไนโตรเจนมาจากดินและการตรึงก๊าซไนโตรเจนจากบรรยากาศโดยการทำงานร่วมกันของพืชตระกูลถั่วและเชื้อแบคทีเรียไรโซเบียมจากการสร้างปมที่ราก ซึ่งถ้าทำงานได้สมบูรณ์สามารถผลิตไนโตรเจนได้พอเพียงกับความต้องการของถั่ว การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนกับพืชตระกูลถั่วจึงไม่ควรใส่เกิน 3 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ หากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไป กิจกรรมการตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศของเชื้อไรโซเบียมจะลดน้อยลง ควรคลุกเชื้อไรโซเบียมก่อนปลูกเพื่อเพิ่มไนโตรเจนและความเป็นประโยชน์ของปุ๋ย (เสถียร, 2542) พืชตระกูลถั่วมีความต้องการไนโตรเจนเพียงเล็กน้อยในระยะแรกของการเจริญเติบโต เนื่องจากปมที่รากถั่วมีการเจริญเติบโตอย่างช้าๆ ในช่วงแรก เมื่อปมเจริญเติบโตเต็มที่ สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงไม่มีความจำเป็นที่จะใช้

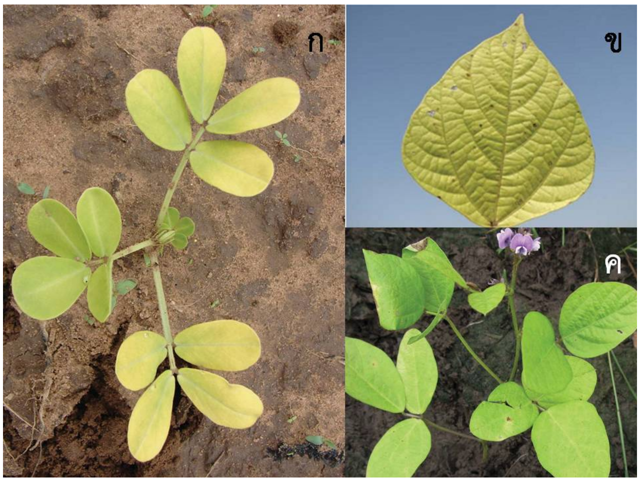
ไนโตรเจนจากปุ๋ยไนโตรเจน การขาดไนโตรเจนในพืชตระกูลถั่วมักมีสาเหตุจากการสร้างปมได้ไม่ดีในพื้นที่น้ำขัง หรือขาดธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการสร้างปม เช่น ธาตุฟอสฟอรัส และโมลิบดีนัม ทำให้การตรึงไนโตรเจนของเชื้อไรโซเบียมต่ำ

การจัดการธาตุไนโตรเจนสำหรับพืชตระกูลถั่ว สามารถทำได้โดย

1) วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในดินก่อนปลูก

2) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตามปริมาณที่แนะนำ โดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม หรือปุ๋ยไนโตรเจน เช่น ยูเรีย

3) หากถั่วแสดงอาการขาดไนโตรเจน สามารถฉีดพ่นปุ๋ยไนโตรเจนทางใบ โดยใช้ปุ๋ยยูเรีย 2% น้ำหนักต่อปริมาตรสารละลาย (400 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) ฉีดพ่นทุก 10-15 วัน




**ภาพที่ 4.1** อาการขาดธาตุไนโตรเจนของ ก) ถั่วลิสง ข) ถั่วเขียว และ ค) ถั่วเหลือง

แหล่งที่มาภาพ : ก) Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
ข) Dr. Prakash Kumar and Dr. Manoj Kumar Sharma (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
ค) Dr. Manoj Kumar Sharma (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)

**ฟอสฟอรัส (Phosphorus: P)**

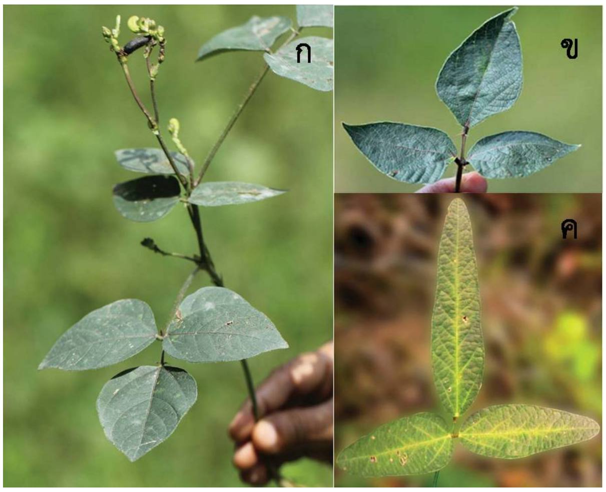
การขาดธาตุฟอสฟอรัสในพืชตระกูลถั่วทำให้การสังเคราะห์แสงและการตรึงไนโตรเจนลดลง การเจริญเติบโตช้า ลำต้นบางและสูงชะลูด ปล้องสั้น ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ในพืช ดังนั้นจะแสดงอาการขาดในใบล่างก่อน หลังจากนั้นแสดงอาการขาดส่วนยอด ต้นจะแคระแกร็น ใบเล็กผิดปกติ ปลายใบโค้งงอเป็นรูปถ้วย (ภาพที่ 4.2) และลำต้นอาจจะกลายเป็นสีม่วงหรือสีแดง หากยังขาดธาตุฟอสฟอรัสต่อเนื่อง ใบที่มีสีเขียวเข้มจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงคล้ำ โดยจะเกิดขึ้นที่ใบล่างก่อนขึ้นไปที่ใบบน ใบแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง สีน้ำตาลและร่วงก่อนกำหนด มีรากแก้วสั้น รากฝอยไม่เจริญ หากขาดธาตุฟอสฟอรัสรุนแรง ลำต้นอาจบิดเบี้ยว ออกดอกช้า แก่ช้า การติดฝักและเมล็ดน้อย เกิดเมล็ดลีบมาก อายุการเก็บเกี่ยวล่าช้า ส่งผลให้ผลผลิตต่ำ

อาการขาดธาตุฟอสฟอรัสของพืชตระกูลถั่ว มักพบในดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำ ดินด่างและดินเนื้อปูน ดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์จากการปลูกพืชอย่างต่อเนื่อง ดินกรดและดินที่มีการให้น้ำมากเกินไป ดินที่หน้าดินถูกชะล้างไปจากการกัดเซาะ ดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 6.0 หรือระหว่าง 7.5-8.5

การจัดการธาตุฟอสฟอรัสสำหรับพืชตระกูลถั่ว สามารถทำได้โดย

1) วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสในดินก่อนปลูก

2) ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตตามปริมาณที่แนะนำโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ใส่หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยชีวภาพจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต หรือปุ๋ยฟอสเฟต เช่น ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต




**ภาพที่ 4.2** ลักษณะอาการขาดธาตุฟอสฟอรัสของถั่วเขียว (ก และ ข) และถั่วเหลือง (ค)

แหล่งที่มาภาพ : ก) Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
ข) Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
ค) Dr. Manoj Kumar Sharma (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)

**โพแทสเซียม (Potassium: K)**

โพแทสเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ จึงมักจะแสดงอาการขาดที่ใบแก่ ขณะที่ใบอ่อนยังคงมีสีเขียวเข้ม ปลายใบ ขอบใบ และเส้นกลางใบจะมีสีเหลืองซีด (ภาพที่ 4.3) หากพืชตระกูลถั่วขาดโพแทสเซียมอย่างรุนแรง ขอบใบจะแห้งเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลไหม้แล้วลุกลามสู่เส้นกลางใบ ใบแห้งเกรียมและร่วงก่อนกำหนด แคระแกร็น ปล้องสั้น การแตกแขนงลดลง เจริญเติบโตช้า ลำต้นอ่อนแอหักล้มง่าย ฝักหรือเมล็ดมีอาการเหี่ยวย่นหรือบิดเบี้ยว

อาการขาดธาตุโพแทสเซียมมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในดินที่มีอินทรียวัตถุและปริมาณโพแทสเซียมในดินต่ำ ดินทรายที่มีการชะล้างสูงหรือให้น้ำมากเกินไป และดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 6.0

การจัดการธาตุโพแทสเซียมสำหรับพืชตระกูลถั่ว สามารถทำได้โดย

1) วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมในดินก่อนปลูก

2) แก้ไขปัญหาดินกรด โดยหว่านปูนขาวพร้อมกับการไถเตรียมดินก่อนปลูก 2 สัปดาห์

3) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ก่อนปลูก 500 กิโลกรัมต่อไร่

4) ใส่ปุ๋ยโพแทชตามคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน


**ภาพที่ 4.3** อาการขาดธาตุโพแทสเซียมของ ก) ถั่วเหลือง ข) ถั่วลิสง และ ค) ถั่วเขียว

แหล่งที่มาภาพ : ก) Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
ข) Dr. Prakash Kumar and Dr. Manoj Kumar Sharma (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
ค) Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)

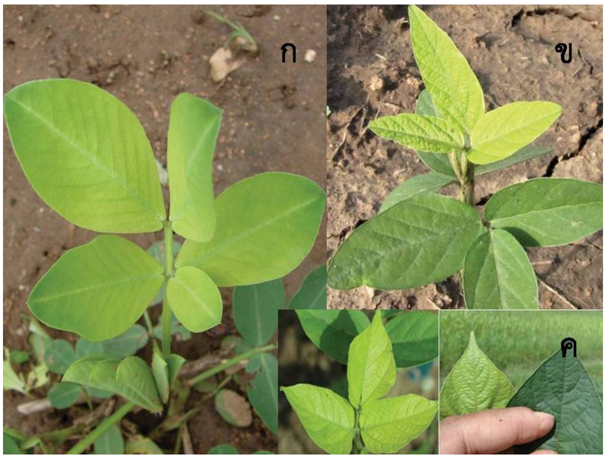
**กำมะถัน (Sulfur: S)**

กำมะถันเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการสร้างโปรตีน เพิ่มขนาดและน้ำหนักของเมล็ด ความยาวฝักและจำนวนฝักต่อต้น เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ กระตุ้นให้เกิดการเจริญเติบโตของต้น กำมะถันเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนที่ภายในพืช อาการขาดธาตุกำมะถันจึงปรากฏที่ใบอ่อนหรือส่วนที่กำลังเจริญเติบโตก่อน ใบอ่อนจะมีสีจางลงเป็นสีเขียวอ่อน ขณะที่ใบแก่ยังคงมีสีเขียว หากยังขาดธาตุอาหารอย่างต่อเนื่อง ใบอ่อนจะกลายเป็นสีเหลืองหรือเหลืองซีด ก่อนจะลุกลามสู่ใบล่าง ใบมีขนาดเล็กลง ขอบใบจะโค้งงอ เกิดเนื้อเยื่อตาย ต้นแคระแกร็น ปล้องสั้น ลำต้นมักจะแข็ง เรียว หรือเล็ก การเจริญเติบโตชะงัก การออกดอกไม่แน่นอน (ภาพที่ 4.4)

อาการขาดกำมะถันมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำ ดินทรายที่มีการชะล้างสูง หรือการให้น้ำที่มากเกินไป และดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 6.0

การจัดการธาตุกำมะถันสำหรับพืชตระกูลถั่ว สามารถทำได้โดย

1) วิเคราะห์ปริมาณกำมะถันในดินก่อนปลูก
2) ให้ปุ๋ยตามปริมาณกำมะถันที่แนะนำให้ใช้ เช่น ยิปซัม โดยการผสมกับหน้าดินก่อนหว่านเมล็ด
3) ให้ปุ๋ยในรูปของแอมโมเนียมซัลเฟต แมกนีเซียมซัลเฟต หรือโพแทสเซียมซัลเฟต




**ภาพที่ 4.4** อาการขาดธาตุกำมะถันของ ก) ถั่วลิสง ข) ถั่วเหลือง และ ค) ถั่วเขียว
แหล่งที่มาภาพ : ก) Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
ข) Dr. Manoj Kumar Sharma (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
ค) Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)

**แคลเซียม (Calcium: Ca)**

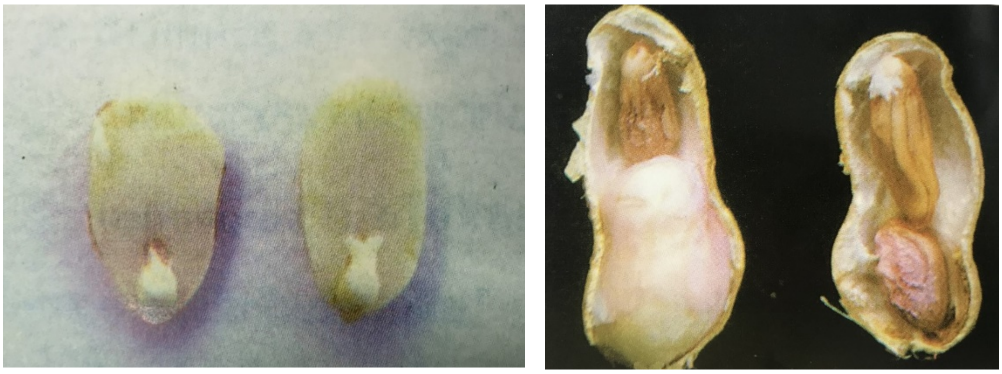
แคลเซียมเป็นธาตุที่ช่วยส่งเสริมการดูดใช้ไนโตรเจน จำเป็นมากในระยะออกดอกและระยะที่สร้างเมล็ด เพราะช่วยในการเคลื่อนย้ายและเก็บรักษาคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนในพืช เพื่อนำไปใช้ในการสร้างเมล็ด ควบคุมการดูดใช้ธาตุโพแทสเซียมและแมกนีเซียม ถ้าพืชดูดใช้ธาตุแคลเซียมมากเกินไปจะแสดงอาการขาดธาตุเหล็ก กำมะถัน และฟอสฟอรัสได้ พืชที่ขาดธาตุแคลเซียมจะแสดงอาการบริเวณเนื้อเยื่อที่กำลังเจริญเติบโต เช่น ปลายฝัก ปลายราก ยอด ตา และช่อดอก ใบอ่อนจะไม่คลี่ออกจากกัน บิดเบี้ยว เล็ก และมีสีเขียวเข้มผิดปกติ ใบมีลักษณะคล้ายถ้วยและย่น ยอดอ่อนแห้งตาย และใบจะมีการม้วนงอไปข้างหน้าและขาดเป็นริ้ว ๆ ซึ่งจะแสดงอาการที่ใบอ่อนก่อน ตาและดอกจะไม่พัฒนาและร่วงหล่นเร็ว ก้านใบอาจแตก การพัฒนาของระบบรากผิดปกติ ลำต้นอ่อนแอ ถั่วลิสงดูดใช้ธาตุแคลเซียมในการสร้างเมล็ดผ่านทางเปลือกของฝักโดยตรงโดยซึมผ่านไปกับน้ำ ถั่วลิสงที่ขาดน้ำจึงอาจมีอาการขาดธาตุแคลเซียมเช่นกัน ถั่วลิสงที่ขาดธาตุแคลเซียมอย่างรุนแรงยอดอ่อนจะแห้งตาย รากสั้นหนาเป็นกระจุก ออกดอกและติดฝักน้อย เมล็ดจะไม่เต็มฝัก (ภาพที่ 4.5) หรือเมล็ดลีบเล็กและเหี่ยวย่นเป็นสีน้ำตาล ในกรณีขาดไม่รุนแรง เมล็ดอาจเจริญเต็มฝักแต่จะเกิดการตายบริเวณยอดต้นอ่อนในเมล็ด (dark plumule) มีอาการยอดของต้นอ่อนเน่าดำ มีผลทำให้คุณภาพของเมล็ดในด้านความงอกและความแข็งแรงของต้นกล้าต่ำ

อาการขาดธาตุแคลเซียมมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำ ดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 6.0 และดินที่ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมมากเกินไป ทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้น

การจัดการธาตุแคลเซียมในพืชตระกูลถั่ว สามารถทำได้โดย

1) วิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมในดินก่อนปลูก

2) ใส่สารปรับปรุงดินที่เป็นแหล่งให้ธาตุแคลเซียม หากดินมีความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 5.5 ให้ใส่ปูนปรับปรุงดิน เช่น ปูนขาว หินปูน ปูนมาร์ล และโดโลไมต์ อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ โดยหว่านก่อนการไถเตรียมดิน หรือใส่ยิปซัมช่วงออกดอกในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่



**ภาพที่ 4.5** อาการขาดธาตุแคลเซียมและโบรอนของถั่วลิสง
แหล่งที่มาภาพ : กองปฐพีวิทยา (2543)

**แมกนีเซียม (Magnesium: Mg)**

แมกนีเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ในพืช อาการขาดธาตุแมกนีเซียมปรากฏที่ใบล่างก่อน แล้วค่อย ๆ ลามขึ้นข้างบน สังเกตอาการได้ในใบแก่ กิ่งก้านอ่อนแอ เกิดโรคได้ง่าย ขอบใบเหลืองซีด แล้วลามไปสู่เส้นกลางใบและอาจก่อให้เกิดแผล (ภาพที่ 4.6) ในขณะที่ก้านใบหรือเส้นใบยังคงมีสีเขียวเข้ม หากขาดแมกนีเซียมรุนแรง ใบจะแห้งหรือตายไป

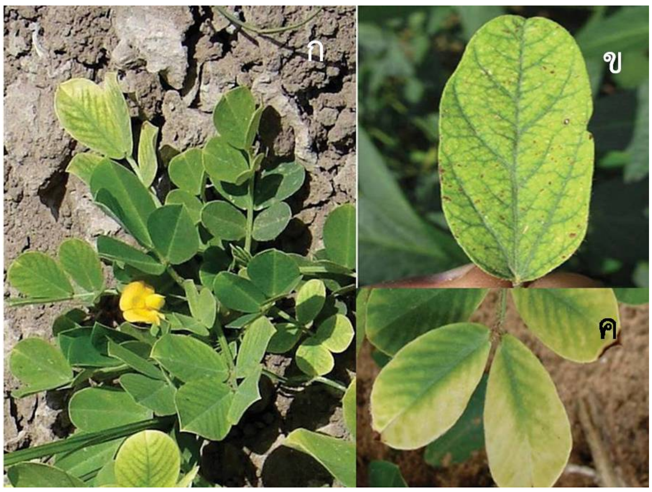
อาการขาดธาตุแมกนีเซียมมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในดินทรายที่เป็นกรดและถูกชะล้างหรือให้น้ำมากเกินไป ดินมีความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 6.0 หรือสูงกว่า 8.5

การจัดการธาตุแมกนีเซียมสำหรับพืชตระกูลถั่ว สามารถทำได้โดย

1) วิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมในดินก่อนปลูก

2) ใส่ปุ๋ยที่ให้ธาตุแมกนีเซียมในรูปเกลือที่ละลายน้ำได้ก่อนปลูก เช่น แมกนีเซียมซัลเฟต หรือแมกนีเซียมคลอไรด์

3) กรณีที่ดินเป็นกรด มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 6.0 ให้ปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์ 100 กิโลกรัมต่อไร่




**ภาพที่ 4.6** อาการขาดแมกนีเซียมในถั่วลิสง (ก และ ค) และถั่วเหลือง (ข)
แหล่งที่มาภาพ : ก) Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
ข) Dr. Manoj Kumar Sharma (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
ค) Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)

**เหล็ก (Iron: Fe)**

เหล็กเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ไม่ได้ภายในพืช อาการขาดจะปรากฏที่ใบอ่อนก่อน ใบอ่อนจะมีสีเหลืองซีดจนถึงสีขาว แต่เส้นกลางใบยังคงสีเขียวอยู่ หากขาดรุนแรงใบอ่อนจะกลายเป็นสีขาว เส้นใบจะมีสีจางลง เซลล์ใบตายเป็นหย่อม ๆ (necrotic spots) เป็นจุดสีน้ำตาลโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ขอบใบ (ภาพที่ 4.7) มีปมราก (nodules) น้อยหรือปมรากไม่พัฒนาและตรึงไนโตรเจนได้ต่ำ ลำต้นบาง แคระแกร็นและใบมีขนาดเล็ก มีจำนวนฝักและขนาดของฝักลดลง ให้ผลผลิตต่ำ อายุการเก็บเกี่ยวช้า

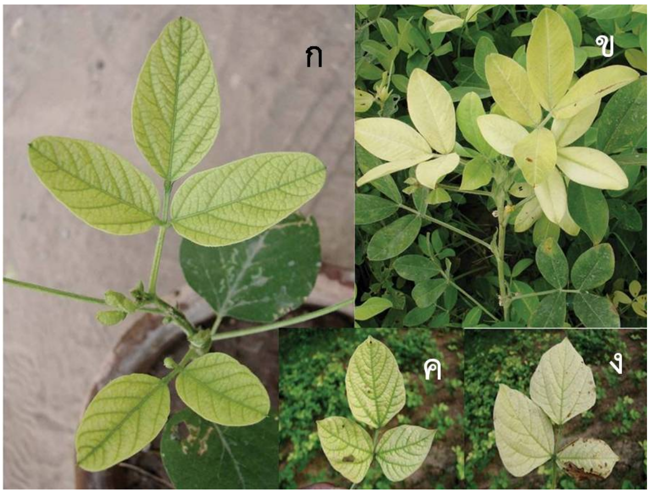
อาการขาดธาตุเหล็กมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในดินทราย ดินด่างและดินเนื้อปูนที่มีธาตุเหล็กละลายอยู่น้อยมาก ดินกรดที่มีปริมาณธาตุสังกะสี แมงกานีส ทองแดงละลายอยู่ในปริมาณสูง ทำให้การดูดใช้ธาตุเหล็กน้อยลง และดินที่มีความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 7.5

การจัดการธาตุเหล็กสามารถทำได้โดย

1) วิเคราะห์ปริมาณธาตุเหล็กในดินก่อนปลูก

2) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ก่อนปลูก

3) ใส่เหล็กซัลเฟต ($FeSO_4$) อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ หรือเหล็กคีเลต 10 กิโลกรัมต่อไร่ หรือฉีดพ่นทางใบด้วยสารละลายเหล็กซัลเฟต หรือเหล็กคีเลต ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (100 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) ควรพ่นซ้ำทุก 10-15 วัน




**ภาพที่ 4.7** อาการขาดธาตุเหล็กของ ก) ถั่วเหลือง ข) ถั่วลิสง ค และ ง) ถั่วเขียว

แหล่งที่มาภาพ : ก) Dr. Prakash Kumar and Dr. Manoj Kumar Sharma (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
ข) Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
ค) Dr. Prakash Kumar and Dr. Manoj Kumar Sharma (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)
ง) Dr. Prakash Kumar and Dr. Manoj Kumar Sharma (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)

**สังกะสี (Zinc: Zn)**

สังกะสีเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ไม่ได้ในพืช อาการขาดธาตุสังกะสีจะเกิดที่ใบอ่อนก่อนไปสู่ใบแก่ ลำต้นแคระแกร็น และแตกกิ่งลดลง อาการขาดจะปรากฏเด่นชัดในช่วงระยะแรกของการเจริญเติบโตภายใน 2-3 สัปดาห์หลังเมล็ดงอก เริ่มจากใบแก่มีสีเหลืองหรือขาวเป็นทางสลับเขียว แถบสีเหลืองหรือขาวจะเริ่มเกิดบริเวณปลายใบแล้วลุกลามสู่โคนใบ และแพร่ไปยังใบล่างตำแหน่งใบที่ 2-3 จากยอด การสูญเสียสีเขียวของเนื้อเยื่อกลางใบคล้ายการฟอกสี เส้นกลางใบยังมีสีเขียว (ภาพที่ 4.8) หากขาดรุนแรง ใบที่มีอาการจะมีเนื้อเยื่อ

ตายเป็นจุดสีน้ำตาลบริเวณเส้นใบ คล้ายเป็นโรคราสนิม (rust) ตาดอกและผลลดลง ใบที่มีอาการเนื้อเยื่อตายจะเกิดเป็นรู

อาการขาดธาตุสังกะสีมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในดินทราย สภาพอากาศเย็นและเปียกชื้น ดินที่มีการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตมากเกิน จะขัดขวางการดูดใช้ธาตุสังกะสีของพืช ดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 5.0 หรือสูงกว่า 7.5

การจัดการธาตุสังกะสีสามารถทำได้โดย

1) วิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในดินก่อนปลูก

2) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ก่อนปลูก

3) ใส่ซิงค์ซัลเฟตอัตรา 0.8-4.8 กิโลกรัมต่อไร่ หรือสังกะสีคีเลต 1.6 กิโลกรัมต่อไร่ ทุก 2 ปีในบริเวณที่ขาดธาตุสังกะสี ไม่ควรผสมธาตุสังกะสีร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟต


**ภาพที่ 4.8** อาการขาดสังกะสีของ ก) ถั่วลิสง และ ข) ถั่วเขียว

แหล่งที่มาภาพ : ก) และ ข) Dr. Prakash Kumar (P. Kumar and M.K. Sharma, 2013)

**โบรอน (Boron: B)**

อาการขาดธาตุโบรอนเริ่มแรกคือ ยอดและตายอดบิดงอ ใบอ่อนบางและโปร่งใสผิดปกติ เส้นกลางใบหนากร้าน และตกกระ มีสารเหนียว ๆ ออกมาตามเปลือกของลำต้น กิ่งก้านสั้นและแข็งกระด้าง ฝักเล็กและแข็งผิดปกติ มีเปลือกหนา ถั่วลิสงที่ขาดโบรอนจะเกิดแผลปริแตกเป็นทางยาวตามกิ่งและลำต้น ออกดอกช้าและมีจำนวนน้อย เมล็ดมีน้ำหนักเบาเพราะเกิดอาการเมล็ดกลวง (hollow heart) (ภาพที่ 4.9) ทำให้ผลผลิตลดลงและเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำ

อาการขาดธาตุโบรอนมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในพืชที่ได้รับผลกระทบจากสภาวะแล้งหรือขาดน้ำมาก ส่งผลให้อาการขาดโบรอนรุนแรงยิ่งขึ้น ดินทราย ดินที่มีความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 6.0 หรือดินที่มีการใส่ปูนมากเกินไป ถั่วลิสงที่ปลูกในดินเนื้อหยาบที่มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำและมีการชะล้างสูง ดินที่มีปริมาณแร่ดินเหนียวมาก ทำให้ความเป็นประโยชน์ของโบรอนในดินลดลง และมักเกิดขึ้นกับถั่วลิสงซึ่งไวต่อการขาดธาตุโบรอน

การจัดการธาตุโบรอนสำหรับพืชตระกูลถั่ว สามารถทำได้โดย

1) วิเคราะห์ปริมาณโบรอนในดินก่อนปลูก

2) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ก่อนปลูก

3) ใส่ปุ๋ยบอแรกซ์ผสมน้ำอัตรา 40-60 กรัมต่อไร่ ฉีดพ่นทางใบในรูปปุ๋ยน้ำ หรือฉีดพ่นกรดบอริก ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ (60 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) ในระยะออกดอกและระยะลงเข็ม

**ภาพที่ 4.9** อาการเมล็ดกลวง (hollow heart) ของถั่วลิสงที่ขาดธาตุโบรอน
แหล่งที่มาภาพ : กองปฐพีวิทยา (2543)

**โมลิบดีนัม (Molybdenum: Mo)**

พืชตระกูลถั่วที่ขาดโมลิบดินัมจะแสดงอาการที่ใบแก่ก่อนหรือบางครั้งอาจแสดงอาการที่ใบกลางก่อน เพราะธาตุนี้เคลื่อนย้ายได้ปานกลางในต้นพืช ใบจะแสดงอาการเหลืองสม่ำเสมอทั้งเนื้อใบและเส้นใบคล้ายอาการขาดไนโตรเจนแต่พืชที่ขาดโมลิบดินัมรุนแรงจะเกิดอาการตายของเนื้อเยื่อตามขอบใบอย่างรวดเร็วขอบใบไหม้ ม้วนลงเล็กน้อยคล้ายหลอด เพราะมีไนเทรตสะสมอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของต้นในปริมาณสูงผิดปกติ

อาการขาดธาตุโมลิบดีนัมมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 4.0 ที่มีเหล็กและอะลูมินัมออกไซด์สูง ทำให้การดูดยึดโมลิบเดท ($MoO_4^{2-}$) บนผิวของอนุภาคดินเกิดขึ้นมาก

การจัดการธาตุอาหารสามารถทำได้โดย

1) แก้ปัญหาดินเป็นกรด โดยหว่านปูนขาวพร้อมไถเตรียมดิน 2 สัปดาห์ก่อนปลูก

2) ฉีดพ่นแอมโมเนียมโมลิบเดตความเข้มข้น 0.01 - 0.05 เปอร์เซ็นต์ (2-10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) ทุกระยะ 10 วัน

**5. การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับพืชตระกูลถั่ว**

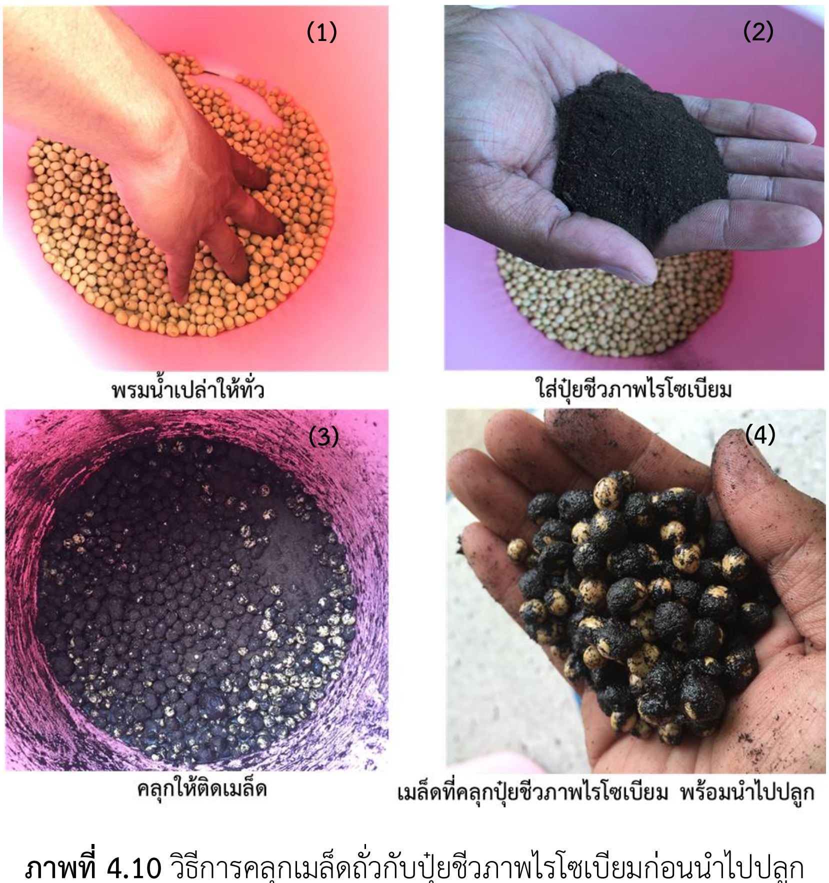
ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ประกอบด้วยแบคทีเรียตระกูลไรโซเบียม (Rhizobiaceae) ที่สามารถเข้าสร้างปมรากกับพืชตระกูลถั่วได้ และเจริญอยู่ภายในปมรากแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (symbiosis) ไรโซเบียมสามารถตรึงไนโตรเจน โดยใช้เอนไซม์ไนโตรจีเนส (nitrogenase) ควบคุมปฏิกิริยาการเปลี่ยนก๊าซไนโตรเจนที่มีอยู่ในบรรยากาศถึง 78 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักให้เป็นสารประกอบไนโตรเจนเพื่อให้พืชใช้ในการเจริญเติบโตได้ งานวิจัยการใช้ไรโซเบียมมีการศึกษาเป็นเวลานานและประสบผลสำเร็จ สามารถสรุปได้ว่า การใช้เชื้อไรโซเบียมที่เหมาะสมกับพืชตระกูลถั่วไม่มีความจำเป็นต้องใช้ปุ๋ยไนโตรเจน เช่น ผลการทดลองในถั่วเหลืองที่ปลูกในดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีระดับไนโตรเจนต่ำ พบว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูก ให้ผลผลิตถั่วเหลืองสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี อัตรา 24 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ หรือคิดเป็นปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ประมาณ 120 กิโลกรัม (จิระศักดิ์, 2542) การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมมีแนวโน้มให้ผลผลิตถั่วเหลืองฝักสดสูงกว่าการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ และพบว่าสามารถใช้ทดแทนปุ๋ยไนโตรเจนได้ 100 เปอร์เซ็นต์ (ภาวนา และคณะ, 2554) การใช้เชื้อไรโซเบียมอย่างเดียวสามารถทดแทน

การใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนได้ และยังให้ผลตอบแทนเหนือต้นทุนแปรผัน (variable cost) สูงกว่าการใช้ไรโซเบียมร่วมกับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมัก (พรพรรณ และคณะ, 2554) สอดคล้องกับงานวิจัยของ มนต์ชัย และคณะ (2558) และจิตรา และคณะ (2558) ที่ศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของถั่วลิสงและถั่วเหลืองฝักสด เมื่อมีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (ตารางที่ 4.6) นอกจากนี้ Crews and Peoples (2004) พบว่าไนโตรเจนที่พืชตระกูลถั่วได้รับจากการตรึงก๊าซไนโตรเจนจากบรรยากาศโดยใช้ไรโซเบียมมีประสิทธิภาพและยั่งยืนกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน

การที่พืชตระกูลถั่วจะได้รับประโยชน์จากปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมได้สูงสุด จะต้องทำให้ไรโซเบียมคลุกติดกับเมล็ดให้ได้มากที่สุด เมื่อรากถั่วงอกออกมาไรโซเบียมที่ติดอยู่กับเมล็ดก็จะเข้าสู่รากได้ทันที การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดควรใช้ในอัตรา 200 กรัมต่อเมล็ดถั่วเขียว 3–5 กิโลกรัม ถั่วเหลือง 10–12 กิโลกรัม หรือถั่วลิสง 10–15 กิโลกรัม

วิธีการนำเมล็ดมาคลุกกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมก่อนปลูกจึงจำเป็นจะต้องใช้วิธีพรมด้วยน้ำเปล่าเพื่อช่วยให้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมติดกับเมล็ด ขั้นตอนการคลุกเชื้อไรโซเบียมกับเมล็ดถั่ว (ภาพที่ 4.10) มีดังนี้

1. นำเมล็ดถั่วที่ต้องการปลูกใส่ลงในภาชนะ
2. พรมด้วยน้ำเปล่าให้พอเปียกทั่วทุกเมล็ด
3. โรยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับถั่วชนิดนั้น ๆ ลงบนเมล็ดถั่วในอัตราที่แนะนำ
4. คลุกเคล้าผงปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมให้ติดอย่างสม่ำเสมอทั่วทุกเมล็ดและนำไปปลูกให้หมดทันที




**ภาพที่ 4.10** วิธีการคลุกเมล็ดถั่วกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมก่อนนำไปปลูก

**ตารางที่ 4.6** ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของถั่วลิสงและถั่วเหลืองฝักสด เมื่อมีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

| วิธีการใส่ปุ๋ย | มูลค่าปุ๋ยที่ใช้* | ผลผลิต (กก.ต่อไร่) | ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (กก.ต่อไร่) | รายได้** (บาท) | รายได้เพิ่มขึ้น (บาท) | มูลค่าปุ๋ยที่ใช้เพิ่ม | ผลตอบแทน (บาท) | VCR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ถั่วลิสงฝักสด | | | | | | | | |
| ปุ๋ยเคมี 0-9-6 | 566 | 647 | - | 22,645 | - | - | - | - |
| ปุ๋ยเคมี 12-9-6 | 888 | 691 | 44 | 24,185 | 1,540 | 322 | 1,218 | 4.78 |
| ปุ๋ยเคมี 0-9-6 + ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม | 591 | 764 | 117 | 26,740 | 4,095 | 25 | 4,070 | 163.80 |
| ถั่วเหลืองฝักสด | | | | | | | | |
| ปุ๋ยเคมี 0-9-6 | 566 | 562 | - | 11,240 | - | - | - | - |
| ปุ๋ยเคมี 12-9-6 | 888 | 585 | 23 | 11,700 | 460 | 322 | 138 | 1.43 |
| ปุ๋ยเคมี 0-9-6 + ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม | 591 | 842 | 280 | 16,840 | 5,600 | 25 | 5,575 | 224.00 |

ที่มา: มนต์ชัย และคณะ (2558); จิตรา และคณะ (2558)

| | | |
|---|---|---|
| * ราคาปุ๋ยเคมี ดังนี้ | 46-0-0 | กิโลกรัมละ 12.34 บาท |
| | 0-46-0 | กิโลกรัมละ 21.00 บาท |
| | 0-0-60 | กิโลกรัมละ 15.51 บาท |

(ราคาขายปลีกปุ๋ยเคมีช่วงเดือน ม.ค. – ส.ค. 2562 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562ก))

ราคาปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ถุงละ 25 บาท (พ.ศ. 2562)

** ถั่วลิสงฝักสดราคา 35 บาทต่อกิโลกรัม ถั่วเหลืองฝักสดราคา 20 บาทต่อกิโลกรัม

## 6. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับพืชตระกูลถั่ว

### 6.1 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน

การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินกับพืชตระกูลถั่ว เป็นแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมี โดยใช้ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ทำให้สามารถลดปริมาณปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ช่วยรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินอย่างยั่งยืนได้ ดังนั้นก่อนปลูกพืช ควรเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารพืชที่สำคัญ สำหรับประเมินการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินต่อไป (ตารางที่ 4.7)

**ตารางที่ 4.7** การใช้ปุ๋ยกับพืชตระกูลถั่วตามค่าวิเคราะห์ดิน

| รายการวิเคราะห์ | อัตราปุ๋ยเคมีที่ใส่ (กิโลกรัม/ไร่) | |
|---|---|---|
| | เมื่อใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม | เมื่อไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม |
| 1.อินทรียวัตถุ (OM, %) | | |
| < 1 | 0 กิโลกรัม N/ไร่ | 3 กิโลกรัม N/ไร่ |
| > 1 | 0 กิโลกรัม N/ไร่ | 0 กิโลกรัม N/ไร่ |
| 2. ฟอสฟอรัส (P, มิลลิกรัม/กิโลกรัม) | | |
| < 8 | 9 กิโลกรัม $P_2O_5$/ไร่ | 9 กิโลกรัม $P_2O_5$/ไร่ |
| 8-12 | 6 กิโลกรัม $P_2O_5$/ไร่ | 6 กิโลกรัม $P_2O_5$/ไร่ |
| >12 | 3 กิโลกรัม $P_2O_5$/ไร่ | 3 กิโลกรัม $P_2O_5$/ไร่ |
| 3. โพแทสเซียม (K, มิลลิกรัม/กิโลกรัม) | | |
| < 40 | 6 กิโลกรัม $K_2O$/ไร่ | 6 กิโลกรัม $K_2O$/ไร่ |
| > 40 | 3 กิโลกรัม $K_2O$/ไร่ | 3 กิโลกรัม $K_2O$/ไร่ |

**ดัดแปลงจาก:** กรมวิชาการเกษตร (2553); สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน (2556ข); สุรินต์ และคณะ (2558)

**หมายเหตุ:** ดินที่เป็นกรดจัด ค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 5.5 ควรลดความเป็นกรดของดินด้วยการใส่ปูนอัตรา 100-200 กิโลกรัมต่อไร่ โดยโรยทั่วแปลง แล้วไถพรวน ทิ้งไว้อย่างน้อย 2 สัปดาห์ก่อนปลูก

สำหรับถั่วลิสง หากดินมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ น้อยกว่า 120 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ให้ใส่ยิปซัมอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ในช่วงออกดอกที่อายุประมาณ 35-45 วัน โดยหว่านบริเวณทรงพุ่ม

### 6.2 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยการผสมปุ๋ยใช้เอง

กรณีให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยแก่เกษตรกร สามารถแนะนำให้เกษตรกรผสมปุ๋ยใช้เองได้ เมื่อมีการคลุกเมล็ดถั่วด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ให้ผสมปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) ตามอัตราที่แนะนำ (ตารางที่ 4.8) รองก้นหลุมก่อนปลูก หากไม่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ให้ใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) ตามอัตราที่แนะนำ รองก้นหลุมก่อนปลูก

**ตารางที่ 4.8** การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยผสมปุ๋ยใช้เอง

| อินทรียวัตถุ | ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ | โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ | ปริมาณธาตุอาหารแนะนำ (กก./ไร่) | | | ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (กก./ไร่) รองก้นหลุมก่อนปลูก | | ไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (กก./ไร่) รองก้นหลุมก่อนปลูก | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (%) | (มก./กก.) | (มก./กก.) | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | 0-46-0 | 0-0-60 | 46-0-0 | 0-46-0 | 0-0-60 |
| < 1 | < 8 | < 40 | 3 | 9 | 6 | 20 | 10 | 7 | 20 | 10 |
| < 1 | < 8 | > 40 | 3 | 9 | 0 | 20 | 5 | 7 | 20 | 5 |
| < 1 | 8-12 | < 40 | 3 | 6 | 6 | 20 | 10 | 7 | 20 | 10 |
| < 1 | 8-12 | > 40 | 3 | 6 | 0 | 20 | 5 | 7 | 20 | 5 |
| < 1 | > 12 | < 40 | 3 | 3 | 6 | 20 | 10 | 7 | 20 | 10 |
| < 1 | > 12 | > 40 | 3 | 3 | 0 | 20 | 5 | 7 | 20 | 5 |
| > 1 | < 8 | < 40 | 0 | 9 | 6 | 0 | 10 | 0 | 0 | 10 |
| > 1 | < 8 | > 40 | 0 | 9 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 5 |
| > 1 | 8-12 | < 40 | 0 | 6 | 6 | 0 | 10 | 0 | 0 | 10 |
| > 1 | 8-12 | > 40 | 0 | 6 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 5 |
| > 1 | > 12 | < 40 | 0 | 3 | 6 | 0 | 10 | 0 | 0 | 10 |
| > 1 | > 12 | > 40 | 0 | 3 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 5 |

### 6.3 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยเชิงประกอบร่วมกับปุ๋ยเชิงเดี่ยว

กรณีให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยแก่เกษตรกร สามารถแนะนำให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยเชิงประกอบที่มีธาตุอาหารครบถ้วนทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม คลุกเมล็ดถั่วด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม และใส่ปุ๋ย 8-24-24 รองก้นหลุมก่อนปลูก

### 6.4 การใช้ปุ๋ยตามลักษณะเนื้อดิน

การใส่ปุ๋ยตามลักษณะเนื้อดิน (ตารางที่ 4.9) ทำโดยใส่ปุ๋ยรองก้นหลุมก่อนปลูก หรือโรยข้างแถวแล้วพรวนกลบ เมื่อต้นถั่วเหลืองและถั่วลิสงอายุประมาณ 20-25 วัน ถั่วเขียวอายุประมาณ 20 วัน ส่วนหินฟอสเฟต ใส่พร้อมปลูกแล้วพรวนกลบ

**ตารางที่ 4.9** คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามลักษณะเนื้อดินสำหรับพืชตระกูลถั่ว

| ลักษณะเนื้อดิน | การใส่ปุ๋ยเคมี |
|---|---|
| ดินร่วนปนทราย | ใส่ปุ๋ย 12-24-12 อัตรา 30-40 กก./ไร่ |
| ดินเหนียวสีแดง | ใส่ปุ๋ย 12-24-12 อัตรา 20-30 กก./ไร่ |
| ดินเหนียวสีดำ ดินร่วนเหนียวสีน้ำตาล | ใส่ปุ๋ย 18-46-0 อัตรา 15-20 กก./ไร่ |

ที่มา : สุวพันธ์ (2542)

หมายเหตุ : ควรคลุกเมล็ดพืชตระกูลถั่วด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมทุกครั้ง

**7. การใช้ปุ๋ยกับถั่วเหลืองฝักสด**

**7.1 พันธุ์สำหรับการส่งออก** เช่น พันธุ์เชียงใหม่ 84-2 ก่อนปลูก ควรหว่านปุ๋ยคอก อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ หรือปุ๋ยหมัก อัตรา 1-2 ตันต่อไร่ หากค่าความเป็นกรด-ด่างของดินต่ำกว่า 5.5 ให้หว่านปูนขาว หรือปูนโดโลไมท์ 100-200 กิโลกรัมต่อไร่ ก่อนปลูก 5-7 วัน ควรคลุกเมล็ดด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมก่อนปลูกทุกครั้ง ไม่ว่าจะใช้ปุ๋ยเคมีชุดใดก็ตาม การให้ปุ๋ยเคมี ให้ 3 ครั้งดังต่อไปนี้ (กรมวิชาการเกษตร, 2548ก)

ครั้งที่ 1 รองก้นหลุมก่อนปลูกด้วยปุ๋ย 0-46-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ และ 0-0-60 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ หรือ ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 30-50 กิโลกรัมต่อไร่ (อย่าให้เมล็ดสัมผัสกับปุ๋ยโดยตรง จะทำให้เมล็ดไม่งอก)

ครั้งที่ 2 หลังปลูกประมาณ 25 วัน ใช้ปุ๋ย 13-13-21 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ โรยข้างแถวแล้วพรวนดินกลบ

ครั้งที่ 3 หลังปลูกประมาณ 45 วัน ใช้ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ โรยข้างแถวแล้วพรวนดินกลบ

**7.2 พันธุ์สำหรับบริโภคภายในประเทศ** เช่น พันธุ์เชียงใหม่ 1 ให้ปุ๋ยเคมี 2 ครั้ง

ครั้งที่ 1 รองก้นหลุมก่อนปลูกด้วยปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่

ครั้งที่ 2 หลังปลูกประมาณ 50 วัน ใช้ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ โรยข้างแถวแล้วพรวนดินกลบ (กรมวิชาการเกษตร, 2545ข)

## บทที่ 5
## เอกสารอ้างอิง


กรมวิชาการเกษตร. 2545ก. เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับถั่วเหลือง. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 26 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2545ข. เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับถั่วเหลืองฝักสด. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 26 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2547. เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง. เอกสารวิชาการลำดับที่ 7/2547. ISBN 974-436-359-2 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 124 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2548ก. เทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองฝักสดเพื่อการส่งออก. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 15 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2548ข. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. เอกสารวิชาการลำดับที่ 8/2548. ISBN 974-436-434-3 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 121 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 122 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2559. Application รู้จริงเรื่องพืชกับกรมวิชาการเกษตร ผ่าน Smart box ในพื้นที่ ศพก. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2551. ถั่วลิสง. บทความวิชาการสถิติการปลูก ปี 44-51. (25 มิถุนายน 2554). http://www.doae.doae.go.th/

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2563. ข้อมูลภาวการณ์ผลิตพืชปี 2562 : ข้าวโพดรับประทานฝักสด ปี 2561. http://www.agriinfo.doae.go.th/year62/plant/rortor/veget/15.pdf

กองปฐพีวิทยา. 2543. ลักษณะอาการขาดธาตุอาหารของพืช. เอกสารวิชาการประกอบภาพ ISBN: 974-436-037-2. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. 119 หน้า.

กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ทักษิณา ศันสยะวิชัย ศุภกาญจน์ ล้วนมณี ศรีสุดา ทิพยรักษ์ เกษม ชูสอน จินดารัตน์ ชื่นรุ่ง และชยันต์ ภักดีไทย. 2555. ความต้องการน้ำและค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3. แก่นเกษตร 40 ฉบับพิเศษ 3: 103-114.

กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ประดิษฐ์ บุญอำพล ชุมพล นาควิโรจน์ สุพิน สุวรรณ และ N. Matsumoto. 2547. ผลของปุ๋ยอินทรีย์ไนโตรเจนที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชไร่. รายงานการประชุมสัมมนาวิชาการประจำเดือน มีนาคม 2547 ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 กรมวิชาการเกษตร.

กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2554. การจัดการดินและปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง. เอกสารประกอบการบรรยาย การจัดการดินน้ำและปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง ในโครงการทดสอบเทคโนโลยีมันสำปะหลังสะอาด. วันที่ 12 กรกฎาคม 2554. ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา. 10 หน้า.

กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2556. การเพิ่มผลผลิตอ้อยโรงงานเชิงบูรณาการเพื่อรองรับประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน. สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 78 หน้า.

กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2558. การวิจัยและพัฒนาด้านดิน น้ำ และปุ๋ยอ้อย. กรุงเทพมหานคร. กรมวิชาการเกษตร. 72 หน้า.

จักรี เส้นทอง. 2526. งานค้นคว้าวิจัยด้านการเขตกรรมของถั่วลิสง ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในฤดูปลูก ปี 2525-2526. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 159-167.

จิตรา เกาะแก้ว มนต์ชัย มนัสสิลา กัลยกร โปร่งจันทึก อำนาจ เอี่ยมวิจารณ์ ภัสชญภณ หมื่นแจ้ง ศิวกร เกียรติมณี และสุทัด ปินตาเสน. 2558. ผลการใช้ไคโตซานร่วมกับปุ๋ยชีวภาพเพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตถั่วเหลืองฝักสด. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็ม ปี 2558. กรมวิชาการเกษตร.

จิระศักดิ์ อรุณศรี. 2542. ชีววิทยาและการใช้ประโยชน์ของเชื้อไรโซเบียม: เอกสารวิชาการปุ๋ยชีวภาพ กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 24-62.

โชติ  สิทธิบุศย์. 2539. แนวทางพัฒนาระบบการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ISBN 974-7465-15-9.

โชติ สิทธิบุศย์ วิชัย นพอมรบดี สนั่น รัตนานุกูล และชุมพล นาควิโรจน์. 2522. อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและโปตัสเซียมที่มีต่อปริมาณแป้ง และผลผลิตมันสำปะหลัง. รายงานผลการทดลองและวิจัยประจำปี 2522. กรมวิชาการเกษตร หน้า 57-60.

ทักษิณา ศันสยะวิชัย. 2532. งานวิจัยด้านเขตกรรมถั่วลิสงในประเทศไทย. *ใน* รายงานการสัมมนาถั่วลิสงแห่งชาติครั้งที่ 6. หน้า 181-194. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ธวัช หะหมาน. 2559. คู่มือวินิจฉัยโรคอ้อย. สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. พิมพ์ครั้งที่ 2. 143 หน้า.

ธีระพงศ์ จันทรนิยม. 2533. การวินิจฉัยปัญหาการปลูกถั่วลิสงของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดพัทลุง. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.  หน้า 245-256.

น้อย เธียรนันท์ และนพชัย สวนมาลี. 2535. การปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตถั่วเหลือง. เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร การใช้ปุ๋ยกับพืชต่างๆ รุ่นที่ 1 เล่มที่ 2 ณ กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร 25-27 สิงหาคม 2535.

น้อย เธียรนันท์ และเสถียร พิมสาร. 2524. ดินและปุ๋ยถั่วลิสง.หน้า 77-88. *ใน*: รายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่องงานวิจัยถั่วลิสงครั้งที่ 1 วันที่ 28-30 ตุลาคม 2524. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

บรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์ ชัชธนพร เกื้อหนุน สมควร คล้องช้าง และศุภกาญจน์ ล้วนมณี. 2556. ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดฝักอ่อนในพื้นที่ดินร่วน-ร่วนปนทราย. ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2555 สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร เล่ม 2.168-179.

ประสงค์ วงศ์ชนะภัย อุดม วงศ์ชนะภัย วัลลีย์ อมรพล และกอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2554. ศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินเหนียว :  ชุดดินราชบุรี. รายงานประจำปี 2554 โครงการวิจัยและพัฒนาวิธีการเขตกรรมมันสำปะหลัง. น. 215 – 232

ปรีชา พราหมณีย์. 2547. โปรแกรมคำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีในอ้อยตามคุณสมบัติดิน Canefert 1.0 (ไม่ระบุหน้า). *ใน*: รายงานผลโครงการวิจัยอ้อย สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. 25 หน้า.

ปิยะ ดวงพัตรา สุพจน์ เฟื่องฟูพงศ์ เพ็ญขวัญ ชมปรีดา จุฑามาศ ร่มแก้ว และจวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2542. ดินและปุ๋ยถั่วลิสง. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการปลูกถั่วลิสง พันธุ์เกษตร 1 และเกษตรศาสตร์ 50. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 41 หน้า.

ปิยะนันท์ วิวัฒน์วิทยา สมฤทัย ตันเจริญ อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์ ศิริขวัญ ภู่นา และไพรสน รุจิคุณ. 2559. ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดหวานในดินร่วน-ร่วนปนทราย : ชุดดินท่าม่วง. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ 2559 กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร วันที่ 25-27 กรกฎาคม 2559 ณ โรงแรมบางแสน เฮอริเทจ จังหวัดชลบุรี. น.21-31.

พรพรรณ สุทธิแย้ม อัจฉรา นันทกิจ ศิริลักษณ์ จิตรอักษร จิติมา ยถาภูธานนท์ และสมชาย ผะอบเหล็ก. 2554. การใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเพิ่มผลผลิตและโปรตีนในถั่วเหลือง. แก่นเกษตร 39 ฉบับพิเศษ3: น.113-122.

พีรพงษ์ เชาวนพงษ์ ศรีสุดา รื่นเจริญ รัฐกร สืบคำ และศุภกาญจน์ ล้วนมณี. 2557. ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดฝักอ่อนในพื้นที่ดินเหนียว-ร่วนเหนียว. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ 2557. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. วันที่ 10-12 มิถุนายน 2557 ณ โรงแรมเดอะกรีนเนอรี่ รีสอร์ท เขาใหญ่ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2525. การทดลองปลูกพืชไร่บางชนิดที่สงขลา. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 129 หน้า.

ภาวนา ลิกขนานนท์ สุปรานี มั่นหมาย และวิทยา ธนานุสนธิ์. 2554. การใช้ปุ๋ยอย่างผสมผสานในการผลิตถั่วเหลืองฝักสด. รายงานผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2553. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. หน้า 27-35.

มณฑาทิพย์ หิรัญสาลี. 2532. การศึกษาวันปลูกของถั่วลิสงที่พัทลุง. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

มนต์ชัย มนัสสิลา จิตรา เกาะแก้ว กัลป์ยกร โปร่งจันทึก อำนาจ เอี่ยมวิจารณ์ ภัสชญภณ หมื่นแจ้ง ศิวกร เกียรติมณี และสุทัด ปินตาเสน. 2558. ผลการใช้ไคโตซานร่วมกับปุ๋ยชีวภาพเพื่อลดปุ๋ยเคมีในการผลิตถั่วลิสงฝักสด. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็ม ปี 2558. กรมวิชาการเกษตร.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2548. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ.

รุ่งรวี บุญทั่ง วัลลีย์ อมรพล และกอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2554. ศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินตื้น : ชุดดินคลองซาก. รายงานประจำปี 2554 โครงการวิจัยและพัฒนาวิธีการเขตกรรมมันสำปะหลัง. น. 129-157.

วันชัย ถนอมทรัพย์ เสน่ห์ เครือแก้ว และวิไลวรรณ พรหมคำ. 2547. ข้าวโพดฝักสด. สถาบันวิจัยพืชไร่. (ระบบออนไลน์) ที่มา :http://office.csc.ku.ac.th/moon/index.php?option=com_content&view=article&id=156:2015-12-28-08-43-09&catid=57:administrator&Itemid=106

วัลลีย์ อมรพล. 2551. เอกสารวิชาการเรื่อง ธาตุอาหารพืช และการใช้ปุ๋ยกับมันสำปะหลังในภาคตะวันออก. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร. 74 หน้า.

วัลลีย์ อมรพล กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ยุทธจักร วงษ์วัฒนะ รุ่งรวี บุญทั่ง และวิฑูร อมรพล. 2555ก. ศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินร่วน: ชุดดินชลบุรี. รายงานประจำปี 2554 โครงการวิจัยและพัฒนาวิธีการเขตกรรมมันสำปะหลัง. น. 93-111.

วัลลีย์ อมรพล กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ และรุ่งรวี บุญทั่ง. 2555ข. ศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินทราย : ชุดดินสัตหีบ. รายงานประจำปี 2554 โครงการวิจัยและพัฒนาวิธีการเขตกรรมมันสำปะหลัง. น. 7-25.

วัลลีย์ อมรพล พินิจ กัลยาศิลปิน ศุภกาญจน์ ล้วนมณี ศรีสุดา ทิพยรักษ์ และกอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2555ค. การจัดการธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมเพื่อการผลิตอ้อยในดินทรายภาคตะวันออก. ในแก่นเกษตร 40 ฉบับพิเศษ 3: น. 141-148.

วัลลีย์ อมรพล กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ยุทธจักร วงษ์วัฒนะ รุ่งรวี บุญทั่ง และวิทูร อมรพล. 2558ก. ศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินร่วน: ชุดดินมาบบอน. ผลงานวิจัยฉบับเต็ม สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรุงเทพมหานคร.

วัลลีย์ อมรพล กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ศรีสุดา ทิพยรักษ์ ศุภกาญจน์ ล้วนมณี จิณณจาร์ หาญเศรษฐสุข ประพิศ วองเทียม และสมพงษ์ ทองช่วย. 2558ข. การตอบสนองของมันสำปะหลังต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินร่วน : ชุดดินห้วยโป่ง. เอกสารวิชาการผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2558. น. 63-78

วัลลีย์ อมรพล  กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ  สุพรรณณี เป็งคำ และวิทูร อมรพล. 2558ค. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินทราย: ชุดดินบ้านบึง. ผลงานวิจัยฉบับเต็ม สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรุงเทพมหานคร.

วัลลีย์ อมรพล กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ สุพรรณณี เพ็งคำ วิทูร อมรพล และ มาลัย กล่อมแก้ว.  2558ง.  ศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินร่วน :  ชุดดินสตึก และชุดดินหนองบอน. รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด กรมวิชาการเกษตร.

วัลลีย์ อมรพล ศรีสุดา ทิพย์รักษ์ กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ศุภกาญจน์ ล้วนมณี สุพรรณณี เป็งคำ และรุ่งรวี บุญทั่ง. 2554. การใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานต่อผลผลิตและคุณภาพของมันสำปะหลังในดินร่วนและดินทราย. รายงานประจำปี 2554 โครงการวิจัยและพัฒนาวิธีการเขตกรรมมันสำปะหลัง. น. 260 – 276.

วัลลีย์ อมรพล ศุภกาญจน์ ล้วนมณี กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ศรีสุดา ทิพยรักษ์ และรุ่งรวี บุญทั่ง. 2558จ. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินทราย: ชุดดินสัตหีบ และชุดดินบ้านบึง. ผลงานวิจัยฉบับเต็ม สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรุงเทพมหานคร.

วัลลีย์ อมรพล ศุภกาญจน์ ล้วนมณี กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ  ศรีสุดา ทิพยรักษ์ และรุ่งรวี บุญทั่ง. 2558ฉ. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินทราย: ชุดดินพังงา. ผลงานวิจัยฉบับเต็ม สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรุงเทพมหานคร.

วัลลีย์ อมรพล กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ เทิดศักดิ์ อนากาศ วิทูร อมรพล และมาลัย กล่อมแก้ว. 2557. ศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินร่วน: ชุดดินห้วยโป่ง. หน้า 113-132 รายงานประจำปี  2554  และ 2555 โครงการวิจัยและพัฒนาวิธีการเขตกรรมมันสำปะหลัง. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กุมภาพันธ์ 2557.

วีรวัฒน์ นิลรัตนคุณ. 2558. การเพิ่มผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยใช้ปุ๋ยอย่างถูกวิธีและมีประสิทธิภาพ. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2.

วีระชัย ศรีวัฒนพงศ์ และทรงเชาว์ อินสมพันธ์. 2532. การเจริญเติบโต พัฒนาการ และการให้ผลผลิตของถั่วลิสง 6 พันธุ์ในสภาพการปลูกหลังนา. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น คณะเกษตรศาสตร์.

ศิวิไล ลาภบรรจบ. 2558. เทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสมในสภาพแห้งแล้ง. รายงานโครงการวิจัย ปี 2558. กรมวิชาการเกษตร. 167 หน้า.

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ วัลลีย์ อมรพล  ศรีสุดา ทิพยรักษ์  ชยันต์ ภักดีไทย และดาวรุ่ง คงเทียน. 2558ก. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินทราย: ชุดดินบ้านไผ่. ผลงานวิจัยฉบับเต็ม สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรุงเทพมหานคร.

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ศรีสุดา ทิพยรักษ์ ชยันต์ ภักดีไทย และวัลลีย์ อมรพล. 2555. การจัดการธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมเพื่อการผลิตอ้อยในดินทรายภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ใน แก่นเกษตร 40 ฉบับพิเศษ 3 : น. 149-158.

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี. 2559. ปริมาณความต้องการน้ำของพืช. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรุงเทพมหานคร.

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ สาธิต อารีรักษ์ และดาวรุ่ง คงเทียน. 2558ข. ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ดีเด่นในพื้นที่ดินด่าง. รายงานเรื่องเต็มการทดลองสิ้นสุด กรมวิชาการเกษตร.

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี ศิริขวัญ ภู่นา สมฤทัย ตันเจริญ อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์ นงลักษ์ ปั้นลาย และกอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2558ค. ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ดีเด่นในพื้นที่ดินร่วน. รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด กรมวิชาการเกษตร.

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี. 2558ง. เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ การบันทึกข้อมูลงานวิจัยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ประจำปี 2558. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์.

สถาบันวิจัยพืชไร่. 2547. เอกสารวิชาการ การปลูกพืชไร่. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน. 2556ก. ดิน น้ำ และการจัดการปลูกมันสำปะหลัง. สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 51 หน้า.

สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน. 2556ข. เอกสารวิชาการ การผลิตพืชไร่ในระบบการปลูกข้าว. หจก. พี พีคพริ้นติ้งแอนด์เซอร์วิส กรุงเทพฯ. 130 หน้า.

สมควร คล้องช้าง กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ วัลลีย์ อมรพล ศุภกาญจน์ ล้วนมณี สมฤทัย ตันเจริญ และศิริขวัญ ภู่นา. 2555. ศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินร่วนทราย : ชุดดินลาดหญ้า. หน้า 201-214. *ใน* รายงานประจำปี 2554 โครงการวิจัยและพัฒนาวิธีการเขตกรรมมันสำปะหลัง. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สิงหาคม 2555.

สมควร คล้องช้าง กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ วัลลีย์ อมรพล ศุภกาญจน์ ล้วนมณี สมฤทัย ตันเจริญ และศิริขวัญ ภู่นา. 2557. ศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินร่วนทราย : ชุดดินลาดหญ้า. หน้า 205-221. *ใน* รายงานประจำปี 2554 และ 2555 โครงการวิจัยและพัฒนาวิธีการเขตกรรมมันสำปะหลัง. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กุมภาพันธ์ 2557.

สมควร คล้องช้าง กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ วัลลีย์ อมรพล ศุภกาญจน์ ล้วนมณี สมฤทัย ตันเจริญ และศิริขวัญ ภู่นา. 2558ก. ศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินร่วนทราย : ชุดดินวังไฮ. ผลงานวิจัยฉบับเต็ม สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรุงเทพมหานคร.

สมควร คล้องช้าง กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ศุภกาญจน์ ล้วนมณี ดาวรุ่ง คงเทียน อุดม วงศ์ชนะภัย อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์ และบรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์. 2558ข. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินเหนียว: ชุดดินทับกวางและชุดดินเพชรบุรี. ผลงานวิจัยฉบับเต็ม สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรุงเทพมหานคร.

สมควร คล้องช้าง ศุภกาญจน์ ล้วนมณี สมฤทัย ตันเจริญ ศิริขวัญ ภู่นา รัชดา ปรัชเจริญวนิชย์ และกอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2558ค. ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ดีเด่นในพื้นที่ดินเหนียว. รายงานเรื่องเต็มการทดลองสิ้นสุด

สมชาย บุญประดับ และศุภชัย แก้วมีชัย. 2543. ถั่วเหลืองในเขตชลประทาน. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 177 หน้า.

สมชาย บุญประดับ. 2554. การปลูกพืชไร่หลังนา. *ใน* รายงานการประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ครั้งที่ 2. วันที่ 3-4 มิถุนายน 2554 ณ โรงแรมอมารี แอร์พอร์ต ดอนเมือง กรุงเทพฯ. หน้า 79-87.

สมฤทัย ตันเจริญ ดาวรุ่ง คงเทียน วัลลีย์ อมรพล กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์ ศิริขวัญ ภู่นา ไพรสน รุจิคุณ และอนันต์ ทองภู. 2555. ศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินด่าง : ชุดดินตาคลี. *ใน* รายงานประจำปี 2554 โครงการวิจัยและพัฒนาวิธีการเขตกรรมมันสำปะหลัง. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สิงหาคม 2555. หน้า 164-175.

สมฤทัย ตันเจริญ อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์ วัลลีย์ อมรพล กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ศิริขวัญ ภู่นา ไพรสน รุจิคุณ และอนันต์ ทองภู. 2557. ศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินเหนียว : ชุดดินโชคชัย. *ใน* รายงานประจำปี 2554 และ 2555 โครงการวิจัยและพัฒนาวิธีการเขตกรรมมันสำปะหลัง. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กุมภาพันธ์ 2557. หน้า 187-1204.

สมฤทัย ตันเจริญ ดาวรุ่ง คงเทียน กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ศุภกาญจน์ ล้วนมณี และอนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์. 2558ก. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินด่าง : ชุดดินสมอทอด และชุดดินตาคลี. ผลงานวิจัยฉบับเต็ม สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรุงเทพมหานคร.

สมฤทัย ตันเจริญ ปิยะนันท์ วิวัฒน์วิทยา ศิริขวัญ ภู่นา อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์ และไพรสน รุจิคุณ. 2558ข. ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดหวานในดินร่วน-ร่วนปนทราย : ชุดดินกำแพงแสน/ชุดดินท่าม่วง. รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด กรมวิชาการเกษตร.

สมฤทัย ตันเจริญ วัลลีย์ อมรพล กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์ ศิริขวัญ ภู่นา ไพรสน รุจิคุณ ปิยะนันท์ วิวัฒน์วิทยา และอนันต์ ทองภู. 2558ค. ศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินเหนียว : 1. ชุดดินโชคชัย/ชุดดินปากช่อง. ผลงานวิจัยฉบับเต็ม สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรุงเทพมหานคร.

สมศรี บุญเรือง และรังสิมันตุ์ สัมฤทธิ์. 2549. Crop requirements: อ้อยโรงงาน. กลุ่มส่งเสริมการผลิตพืชไร่อุตสาหกรรมสนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร. 12 หน้า

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน. 2518. คู่มือประกอบคำบรรยายความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศษสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ. 299 หน้า.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล 2563. รายงานสถานการณ์การปลูกอ้อย ปีการผลิต 2562/63. 78 หน้า

สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. 2563. สินค้าส่งออกสำคัญของไทย. (ระบบออนไลน์) แหล่งข้อมูล : (http://tradereport.moc.go.th/Report/Default.aspx?Report=MenucomRecode&ImExType=1&Lang=Th) 8 ตุลาคม 2563.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562ก. ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร : ปัจจัยการผลิต. http://www.oae.go.th/view/1/ปัจจัยการผลิต/TH-TH#

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562ข. ข่าวประชาสัมพันธ์ : ส่งออกข้าวโพดหวานทิศทางสดใส ครองแชมป์ส่งออกอันดับ 1 ของโลก. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. www.oae.go.th/view/1/รายละเอียดข่าว/ข่าว%20สศก./30924/TH-TH

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562ค. ข้าวโพดฝักอ่อน เนื้อที่เพาะปลูก เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ รวมทั้งประเทศ ปี 2561. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 1 น. (http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/baby%20corn61.pdf) 14 พฤษภาคม 2562.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563ก. ข้าวโพดหวาน เนื้อที่เพาะปลูก เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ รวมทั้งประเทศ ปี 2562. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 3 น. (http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/sweet%20corn62.pdf) 27 สิงหาคม 2563.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563ข. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2562. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร. 195 หน้า.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2562. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร. 91 หน้า.

สุทิน คล้ายมนต์. 2543. หลักการแปลผลการวิเคราะห์ดินเพื่อวางมาตรฐานการประสานงานวิจัย และบริการข้อมูลด้านดินและปุ๋ย เอกสารประกอบการบรรยายในการสัมมนา เรื่อง กลยุทธ์ในการทำงานวิจัยและพัฒนาการเกษตรในเขตภาคกลางและภาคตะวันตกในสภาวะเศรษฐกิจวิกฤต วันที่ 25-27 มกราคม 2543 ณ อาคารอเนกประสงค์ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 5 อ.สรรพยา จ.ชัยนาท. 26 หน้า.

สุริยนต์ ดีดเหล็ก มณเทียน แสนดะหมื่น กัญญารัตน์ สุวรรณ และรัชนี โสภา. 2558. อัตราปุ๋ยที่เหมาะสมของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเด่น MHS17 ในแหล่งปลูกจังหวัดแม่ฮ่องสอน. รายงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ปี 2557. 13 หน้า.

สุวพันธ์ รัตนะรัต และ เพิ่มพูน กีรติกสิกร. 2532. งานวิจัยดินและปุ๋ยถั่วลิสงในประเทศไทย ถึงปี 2532 รายงานการสัมมนาถั่วลิสงแห่งชาติ ครั้งที่ 9 โครงการชลประทานลำพระเพลิง จังหวัดนครราชสีมา 7-11 พฤษภาคม 2533.

สุวพันธ์ รัตนะรัต. 2533. งานวิจัยดินและปุ๋ยถั่วลิสงถึงปี 2532. หน้า 227-244 *ใน* รายงานการสัมมนาถั่วลิสงแห่งชาติครั้งที่ 6. อารันต์ พัฒโนทัย และคณะบรรณาธิการ. ขอนแก่น: คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาขอนแก่น.

สุวพันธ์ รัตนะรัต. 2542. แนวทางการปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ยสำหรับถั่วเหลืองและถั่วลิสง. น. 55-89 ใน รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการเรื่อง การจัดกาดินไร่และการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชไร่ กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร.

เสถียร พิมสาร มณฑล เสวตานนท์ วิโรจน์ วจนานวัช นพชัย สวนมาลี สนั่น รัตนานุกูล ชะลูด ชารัตถพันธ์ และสมศักดิ์ เชี่ยวสมุทร. 2526. การตอบสนองของถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 ต่อฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม การประชุมวิชาการสาขาพืช ครั้งที่ 21 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 31 มกราคม - 3 กุมภาพันธ์ 2526.

เสถียร พิมสาร. 2542. งานวิจัยดินและปุ๋ยถั่วลิสงในอดีตถึงปี 2525. ใน สรุปงานวิจัยดิน-ปุ๋ยพืชไร่ครั้งที่ 1. กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยพืชไร่ กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. น. 105-111.

อารันต์ พัฒโนทัย. 2524. งานวิจัยถั่วลิสงของมหาวิทยาลัยขอนแก่น: สรุปผลงาน ปี 2514-2523. ขอนแก่น คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อุดม วงศ์ชนะภัย กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ สมควร คล้องช้าง ดาวรุ่ง คงเทียน ศุภกาญจน์ ล้วนมณี และวัลลีย์ อมรพล. 2558 ารตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในดินเหนียว ชุดดินราชบุรี. ผลงานวิจัยฉบับเต็ม สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรุงเทพมหานคร.

Anderson, D. L. and J. E. Bowen. 1990. Sugarcane Nutrition. Potash and Phosphate Institute, Atlanta, GA.

Arnon, L. 1974. Mineral Nutrition on Maize. Internation Potash Institute. Werder AG, Switzerland. 452 P.

Bandel, V.A., B. James and J.L. Meisinger. 2000. Fact sheet: Basic principles of soil fertility 1: Plant nutrients. University of Maryland Extension Department, College Park.

Bray, R.H., and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59: 39-45.

Cate R.B., and L.A. Nelson. 1971. A simple statistical procedure for partition soil testing correlation data into two classes. *Soil Sci. Soc. Am. Proc*. *35*: 650-659.

CIAT. 1977. Cassava production system program. In: Annual report 1976. Cali, Colombia. Pp. B-1B-76.

CIAT. 1978. Cassava program. *In:* Annual report 1977. Cali, Colombia. Pp. C-1-C-68.

CIAT. 1979. Cassava program. *In*: Annual report 1978. Cali, Colombia. Pp. A-1-A-100.

CIAT. 1985. Nutritional disorders of the cassava plant: study guide to be used as a complement to the audiotutorial unit on the same subject. Scientific content: Reinhardt Howeler. Spanish production: Cilia L. Fuentes de Piedrahita. English production: Fernando Fernandez O. Cali, Colombia. CIAT. 36 p (Series o4EC-01.01). http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/books/Nutritional_Disorders_of_the_Cassava_Pla.pdf

Crews, T.E. and Peoples M.B. 2004. Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs. Agriculture, Ecosystems and Environment 102: 279–297.

Denmead, O. T. and R. H. Shaw. 1960. The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. *Agronomy Journal* 52: 272-274.

Edwards, D.G. and C.J. Asher. 1979. Nutrient requirement of cassava. Handbook of Nutrition and Food (C.R.C. Press).

Fageria, N.K., V. C. Baligar and C. A. Jones. 1997. Growth and Mineral Nutrition of Field Crops. 2$^{nd}$ Edition, Revised and Expanded. Marcel Dekker, Inc. New York. 624 P.

FAO. 1984. Legume Inoculation and Their Use. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome 63 p.

Forno, D.A. 1977. The mineral nutrition of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) with particular reference to nitrogen. Ph.D. Thesis. Brisbane, University of Queensland. Department of Agriculture. 175p.

Fox, R.K., Talleyrand, H. and T.W. Scotte. 1975. Effect of nitrogen fertilization on yields and nitrogen content of cassava. Llanera cultivar. J. Agric. P.R. 59(2): 115-124.

Grant, F.R., B.S. Jackson, J.R. Kiniry and G.F. Arkin. 1989. Water deficit timing effects on yield components in maize. *Agronomy Journal* 81: 61-65.

Grudloyma, P., T. Budthong and N. Kumlar. 2005. Identification of tropical late yellow maize under water stress conditions. Pages 132-135. I*n* Proceedings of the Ninth Asian Regional Maize Workshop. September, 5-9 2005. Beijing, China.

Gunatilaka, A. 1977. Effects of aluminium concentration on the growth of corn, soybean, and four tropical root crops. MSc thesis, University of Queensland, St. Lucia, Queensland, Australia.

Howeler, R.H. 1978. The mineral nutrition and fertilization of cassava. In Cassava Production Course. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Pp. 247-292.

https://www.cropnutrition.com/crop-nutrients-calcium

Huang, R., C.J. Birch and D.L. Goerge. 2006. Water Use Efficiency in Maize Production – the Challenging and Improvement Strategies. 6th Triennial Conference 2006. Maize Association of Australia.

Jintakanon, S. Edwards, D.G. and C.J. Asher. 1979. An anomalous, high external phosphorus requirement for young cassava plants in solution culture. International Symposium of Tropical Root Crops. Manila, Phillippines.

Kumar P. and MK Sharma. 2013. Nutrient Deficiencies of Field Crops. Guide to Diagnosis and Management. Department of Agriculture, India. 400p.

McCray J. M., R. W. Rice, I. V. Ezenwa, T. A. Lang, and L. Baucum. 2019. Sugarcane Plant Nutrient Diagnosis.. Retrieved 24 June 2019, from https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/SC/SC07500.pdf

McCray, J. M. and R. Mylavarapu. 2010. Sugarcane nutrient management using leaf analysis. Gainesville: University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences. SS-AGR-335

Ngongi, A.G.N. 1976. Influence of some mineral nutrients on growth, composition and yield of cassava *(Manihot esculenta* Crantz). Ph.D. Thesis. Ithaca, N.Y., Cornell University. 215p.

Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. and Dean, L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. vol. 939. U.S.Gov.Print Office, Washington D.C, pp. 1-19.

Prakunhungsit, S., P. Dechayapirom and T. Tungsomboun. 2006. Study on water application for sugarcane U-Thong3 variety by using ET/E ration and subskurface drip. http://www.rid.go.th/thaicid/_5_article/2549/05Sugarcane.pdf.
Access 1/09/2016

Pratt, P. F. 1965. Potassium. *In* Black, C.A. (ed.), *Methods of Soil Analysis*, Part 2. Agronomy Series No. 9. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, 1022-1030.

Reuter, D. J. and J. B. Robinson. 1997. Plant Analysis: An Interpretation Manual (2nd edition). CSIRO Publishing.

Reuter, D.J. 1986. Temperate and sub-tropical. In: Plant Analysis an Interpretation Manual. Reuter, D.J. and J.B. Robinson (eds.). Inkata Press. Melbourne, Sydney, Australia.

Ross Ridge. 2013. Fertilizing for high yield and quality. Sugarcane. In IPI Bulletin No.21 : 115

Spear, S.N., Asher, C.J. and D.G. Edwards. 1978. Response of cassava, sunflower, and maize to potassium concentration in solution. II. Potassium absorption and its relation to growth. Field Crops Research. 1: 363-373

Thompson, G.D., C.H.O. Pearson and T.G. Cleaby. 1963. The estimate of the water requirements of sugarcane in Natal. Proceedings of The South African Sugar Technologists's Association-April 1963.

Walkley, A., and I. A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method of determining soil organicmatter and a proposed modification of the chromicacid titration method. Soil Sci. 37: 29-37.