



ISBN : 978-974-436-991-8

เอกสารวิชาการ

การจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อย

Soil, Fertilizer and Water Management for Improving Sugarcane Productivity



ศุภกาญจน์ ล้วนมณี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

2567

การจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อย

ISBN : 978-974-436-991-8

จัดทำโดย : ศุภกาญจน์ ล้วนมณี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

พิมพ์ครั้งที่ : 1

ออกเผยแพร่ : มกราคม 2567

ลิขสิทธิ์ของกรมวิชาการเกษตร ห้ามคัดลอกข้อความหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือ
ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

สถานที่ติดต่อ : กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

โทรศัพท์ 02-579-4116 โทรสาร 02-940-5942

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

อ้อยเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย มีการขยายพื้นที่ปลูกจาก 6,837,025 ไร่ ในปีการผลิต 2551/52 เป็น 11,959,140 ไร่ ในปีการผลิต 2562/63 หรือมีอัตราการขยายตัวของพื้นที่ปลูก 6.81 เปอร์เซ็นต์ต่อปี อย่างไรก็ตามกลับพบว่าประสิทธิภาพการผลิตอ้อยของประเทศไทยไม่ได้เพิ่มขึ้น โดยให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ เฉลี่ยประมาณ 11 ตันต่อไร่ ซึ่งเป็นผลจากหลายปัจจัย ทั้งปัจจัยด้านพันธุ์ สภาพแวดล้อม และการจัดการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตอ้อย โดยพบว่าพื้นที่ปลูกอ้อยส่วนใหญ่ของประเทศไทยอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นพื้นที่ 5,229,405 ไร่ หรือคิดเป็น 43.72 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งประเทศ ซึ่งดินในพื้นที่เพาะปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ กักเก็บน้ำไว้ได้น้อย อีกทั้งยังเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยที่อาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ดังนั้น หากมีการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ ไม่เหมาะสม จะทำให้ได้ผลผลิตต่ำ

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการผลิตอ้อย จะต้องมีความเหมาะสมในแง่ของภูมิอากาศแบบร้อนชื้น และกึ่งร้อนชื้น มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 30-35 องศาเซลเซียส สภาพพื้นที่ที่เหมาะสมต้องมีความลาดชันไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีน้ำท่วมขัง สูงจากระดับทะเลปานกลางไม่เกิน 1,500 เมตร อยู่ในรัศมี 50 กิโลเมตรจากโรงงานน้ำตาล สมบัติดินที่เหมาะสมควรเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย มีการระบายน้ำและอากาศดี มีความลึกของดินมากกว่า 1 เมตร มีความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 5.5 – 7.5 มีค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 1.7 เดซิซีเมนต่อเมตร มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกไม่ต่ำกว่า 15 เซนติโมลต่อกิโลกรัม มีอินทรีย์วัตถุอยู่ในช่วง 1.5-2.5 เปอร์เซ็นต์ ชุดดินที่เหมาะสมแก่การปลูกอ้อยและให้ผลผลิตมากกว่า 18 ตันต่อไร่ ได้แก่ ชุดดินลำนารายณ์ ชุดดินลพบุรี ในการปลูกอ้อยให้ได้ผลผลิตดี ควรปลูกในพื้นที่ที่มีความเหมาะสม ซึ่งกระทรวงเกษตรและสหกรณ์โดยกรมพัฒนาที่ดิน ได้จัดทำเขตเหมาะสมสำหรับการปลูกอ้อย โดยวิเคราะห์จากความเหมาะสมของดินร่วมกับปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการปลูกอ้อยหรือส่งเสริมการปลูกอ้อยที่เหมาะสมและยกระดับรายได้ของเกษตรกรให้สูงขึ้น สมบัติของดินที่เหมาะสมในการผลิตอ้อยจะต้องพิจารณาทั้งสมบัติทางกายภาพ เช่น เนื้อดิน โครงสร้างดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และสมบัติทางเคมีของดิน เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ในดิน ซึ่งสมบัติด้านต่าง ๆ ของดินนั้นจะมีความเชื่อมโยงกัน เช่น เนื้อดินจะมีผลต่อ ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก และความอุดมสมบูรณ์ของดิน ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินจะมีผลต่อการละลายได้หรือความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารต่าง ๆ ในดิน นอกจากนี้หากดินมีธาตุอาหารชนิดใดชนิดหนึ่งมากเกินไป ก็อาจส่งผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอื่นได้ เช่น หากดินมีฟอสฟอรัสมากเกินไป อาจส่งผลต่อการดูดใช้สังกะสีของพืชได้

ความต้องการธาตุอาหารของอ้อย ได้อธิบายถึงบทบาทของธาตุอาหารพืชแต่ละชนิดต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของอ้อย ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารของอ้อย และการตอบสนองของ

อ้อยต่อธาตุอาหารแต่ละชนิด ซึ่งการตอบสนองต่อธาตุอาหารของอ้อยนั้นจะแตกต่างกันตามพันธุ์ อ้อยปลูก/อ้อยต่อ สมบัติของดิน และสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยเกินไปอาจส่งผลต่อการละลายหรือการปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืช ในขณะที่พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนมากเกินไปอาจส่งผลต่อการสูญหายของธาตุอาหารพืชโดยการไหลบ่าไปกับน้ำ หากไม่มีการจัดการดินและปุ๋ยอย่างเหมาะสม ดังนั้นในการพัฒนาคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับการผลิตอ้อย จึงได้ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของอ้อยพันธุ์ต่าง ๆ ในหลากหลายชุดดินซึ่งมีสมบัติแตกต่างกันในแต่ละแหล่งปลูกที่สำคัญครอบคลุมทุกพื้นที่ที่รวมกับการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการธาตุอาหารของอ้อยและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ที่มีความคุ้มค่าแก่การลงทุน

การจัดการดินและปุ๋ยในการผลิตอ้อย สิ่งที่สำคัญประการแรกคือการสำรวจเก็บตัวอย่างดินสำหรับนำไปวิเคราะห์ เนื่องจาก 90 เปอร์เซ็นต์ของความผิดพลาดของผลการแปลผลวิเคราะห์ดินเป็นผลมาจากการเก็บตัวอย่างดินที่ไม่ถูกต้อง ดังนั้น ตัวอย่างดินที่เก็บมาวิเคราะห์จะต้องเป็นตัวแทนที่แท้จริงของดินในบริเวณนั้น ๆ ประเด็นถัดมาคือการปรับปรุงดิน หากดินมีสมบัติทางกายภาพหรือทางเคมีไม่เหมาะสม ควรให้ความสำคัญในการปรับปรุงแก้ไขก่อนตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดการปุ๋ย เช่น หากตรวจพบปัญหาดินดาน จำเป็นต้องมีการแก้ไขโดยการไถระเบิดดินดาน หากตรวจพบว่าดินเป็นกรดจัด ต้องปรับปรุงดินโดยการใส่ปูนเพื่อยกระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินให้เหมาะสมซึ่งจะช่วยให้ธาตุอาหารในดินเป็นประโยชน์แก่พืชได้ดีขึ้น และในกรณีที่ดินเป็นดินเนื้อหยาบหรือเป็นดินทรายถึงร่วนปนทรายควรมีการปรับปรุงดินด้วยวัสดุอินทรีย์ เช่น กากตะกอนหม้อกรองอ้อย เพื่อให้ดินสามารถดูดซับน้ำและธาตุอาหารได้ดีขึ้น สำหรับการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยนั้น แนวทางที่เหมาะสมคือการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ซึ่งคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินนั้น มิได้พิจารณาจากผลการวิเคราะห์ดินเพียงประการเดียวเท่านั้น แต่เป็นคำแนะนำที่ได้พัฒนามาบนพื้นฐานของความต้องการธาตุอาหารของอ้อย การตอบสนองต่อธาตุอาหารของอ้อยในดินแต่ละชนิดและในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ รวมทั้งการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งการนำคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินไปปฏิบัติ เกษตรกรสามารถเลือกใช้แม่ปุ๋ยแต่ละชนิดมาผสมใช้เองหรือเลือกใช้ปุ๋ยเชิงประกอบเกรดต่าง ๆ ที่มีตามท้องตลาดมาใช้ร่วมกับแม่ปุ๋ยก็ได้ เนื่องจากแม่ปุ๋ยบางชนิดโดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) และปุ๋ยไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (18-46-0) นั้น อาจหาซื้อได้ยากตามร้านค้าทางการเกษตรในบางพื้นที่ ดังนั้นหากเกษตรกรเข้าใจหลักการคำนวณอัตราปุ๋ยตามคำแนะนำก็สามารถเลือกใช้เกรดปุ๋ยที่มีท้องตลาด เช่น ปุ๋ย 16-16-8 ปุ๋ย 15-15-15 ร่วมกับแม่ปุ๋ยที่หาได้ง่าย เช่น ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60)

ส่วนการจัดการน้ำในการผลิตอ้อยต้องพิจารณาจากความต้องการการใช้น้ำของอ้อยในแต่ละระยะการเจริญเติบโต สมบัติของดิน และรูปแบบของฝนในพื้นที่ปลูก สำหรับวางแผนการเพาะปลูกให้เหมาะสมเพื่อให้อ้อยได้รับปริมาณน้ำฝนอย่างเพียงพอแก่ความต้องการในแต่ละระยะการเจริญเติบโต สำหรับวิธีการให้น้ำในการผลิตอ้อยนั้นมีหลากหลายวิธี เช่น การให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด การให้น้ำแบบพ่นฝอย การให้น้ำแบบร่อง โดยแต่ละวิธีมีต้นทุนและประสิทธิภาพแตกต่างกัน จำเป็นต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่และศักยภาพการลงทุนของเกษตรกร หากมีการจัดการช่วงปลูกที่เหมาะสมร่วมกับการให้น้ำเสริมในช่วงที่ฝนทิ้งช่วงยาวนานจะช่วยลดความเสี่ยงต่อความเสียหายของผลผลิตได้

คำนำ

อ้อยเป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอันดับ 3 ของประเทศไทย โดยประเทศไทยมีการส่งออกน้ำตาลและผลิตภัณฑ์มีมูลค่ารวม 105,566 ล้านบาทต่อปี มีส่วนแบ่งการตลาดโลกถึงร้อยละ 12.95 แต่ประสิทธิภาพการผลิตอ้อยของประเทศไทยยังค่อนข้างต่ำ โดยให้ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 11 ตันต่อไร่ ในขณะที่การผลิตอ้อยของประเทศไทยให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงถึง 19 ตันต่อไร่ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องพัฒนาการผลิตอ้อยให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตอ้อยนั้นโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) ปัจจัยทางชีวภาพ (Biotic constraints) ประกอบด้วยพันธุ์ โรค แมลง ศัตรูพืช และวัชพืช 2) ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมหรือปัจจัยจากสิ่งที่ไม่มีชีวิต (Abiotic constraints) ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ สมบัติของดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน สภาพภูมิประเทศ น้ำและคุณภาพน้ำ และ 3) ปัจจัยด้านการบริหารจัดการ ได้แก่ การเกษตรกรรม และการบริหารจัดการต่าง ๆ

การปลูกอ้อยของประเทศไทยส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝนเป็นหลักจึงมีความเสี่ยงต่อการขาดน้ำในช่วงฤดูปลูกค่อนข้างสูงจากฝนแล้งและฝนทิ้งช่วงยาวนาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศค่อนข้างรุนแรงมากขึ้น ประกอบกับการใช้ที่ดินในการเพาะปลูกโดยไม่มี การปรับปรุงบำรุงดินและการใช้ปุ๋ยอย่างถูกต้องเหมาะสมก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมของดินทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง ซึ่งเกษตรกรชาวไร่อ้อยส่วนใหญ่นิยมใช้ปุ๋ยเคมีเป็นหลักและมักใช้เกรดปุ๋ย และอัตราปุ๋ยเต็มๆ โดยไม่มีการตรวจวิเคราะห์ดิน และไม่เข้าใจในบทบาทความสำคัญของธาตุอาหารพืช จึงทำให้ประสิทธิภาพการผลิตอ้อยค่อนข้างต่ำ ในขณะที่เกษตรกรต้องจ่ายค่าปุ๋ยคิดเป็นสัดส่วนสูงถึง 14.56 เปอร์เซ็นต์ มากเป็นอันดับ 2 รองจากค่าจ้างแรงงานในการเก็บเกี่ยวอ้อย ดังนั้นหากเกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ ในการผลิตอ้อย นอกจากสามารถยกระดับผลผลิตต่อไร่แล้ว ยังสามารถลดผลกระทบต่อคุณภาพดินและสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย

เอกสารวิชาการฉบับนี้จึงได้รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำในการผลิตอ้อย ได้แก่ ข้อมูลทางสถิติเกี่ยวกับการผลิตอ้อยของประเทศไทย สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการผลิตอ้อย บทบาทของธาตุอาหารและความต้องการธาตุอาหารของอ้อย การจัดการดิน การปรับปรุงบำรุงดิน คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ความต้องการน้ำของอ้อยและการจัดการน้ำในการผลิตอ้อย เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลสำหรับนักวิชาการที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจทั่วไปสามารถนำไปใช้ในการศึกษา ค้นคว้า และเป็นแนวทางในการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำในการผลิตอ้อยต่อไป

สารบัญเรื่อง

| | หน้า |
|--|-----------|
| บทสรุปสำหรับผู้บริหาร | ก |
| คำนำ | ค |
| บทที่ 1 การผลิตอ้อยของประเทศไทย | 1 |
| 1.1 สถานการณ์การผลิตอ้อยของประเทศไทย | 1 |
| 1.2 ชุดดินหลักของพื้นที่ปลูกอ้อยของประเทศไทย | 2 |
| เอกสารอ้างอิง | 6 |
| บทที่ 2 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการผลิตอ้อย | 8 |
| 2.1 สภาพภูมิอากาศ | 8 |
| 2.2 ฤดูการปลูก | 8 |
| 2.3 สภาพพื้นที่ที่เหมาะสม | 9 |
| 2.4 สมบัติของดินที่เหมาะสม | 15 |
| 2.4.1 เนื้อดิน | 15 |
| 2.4.2 โครงสร้างดิน | 15 |
| 2.4.3 ความลึกของดิน | 16 |
| 2.4.4 ความเป็นกรด-ด่างของดิน | 16 |
| 2.4.5 ค่าการนำไฟฟ้า | 17 |
| 2.4.6 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก | 18 |
| 2.4.7 อินทรีย์วัตถุในดิน | 18 |
| 2.5 ชุดดินที่เหมาะสมแก่การปลูกอ้อย | 19 |
| เอกสารอ้างอิง | 21 |
| บทที่ 3 ความต้องการธาตุอาหารของอ้อย | 22 |
| 3.1 ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับอ้อย | 22 |
| 3.1.1 ไนโตรเจน | 22 |
| 3.1.2 ฟอสฟอรัส | 24 |
| 3.1.3 โพแทสเซียม | 24 |
| 3.1.4 แคลเซียม | 25 |
| 3.1.5 แมกนีเซียม | 25 |
| 3.1.6 กำมะถัน | 26 |
| 3.1.7 เหล็ก | 26 |
| 3.1.8 แมงกานีส | 26 |
| 3.1.9 ทองแดง | 26 |
| 3.1.10 สังกะสี | 27 |
| 3.1.11 โบรอน | 27 |

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

| | หน้า |
|--|-----------|
| 3.1.12 โมลิบดีนัม | 28 |
| 3.1.13 ซีลีคอน | 28 |
| 3.1.14 คลอรีน | 29 |
| 3.2 การประเมินระดับปริมาณธาตุอาหารไนโปอ้อย | 29 |
| 3.2.1 การประเมินจากอาการผิดปกติที่พืชแสดงออก | 29 |
| - ไนโตรเจน | 29 |
| - ฟอสฟอรัส | 30 |
| - โพแทสเซียม | 30 |
| - แคลเซียม | 30 |
| - แมกนีเซียม | 31 |
| - กำมะถัน | 31 |
| - เหล็ก | 32 |
| - แมงกานีส | 32 |
| - ทองแดง | 33 |
| - สังกะสี | 33 |
| - โบรอน | 33 |
| - โมลิบดีนัม | 34 |
| - ซีลีคอน | 34 |
| - คลอรีน | 35 |
| 3.2.2 การประเมินระดับปริมาณธาตุอาหารจากการวิเคราะห์ ใบตัดขึ้นี้ | 35 |
| 3.3 ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของอ้อย | 36 |
| เอกสารอ้างอิง | 39 |
| บทที่ 4 การตอบสนองต่อธาตุอาหารของอ้อย | 42 |
| 4.1 หลักการพัฒนาศมการการตอบสนองต่อธาตุอาหารของพืช | 42 |
| 4.2 วิธีการสร้างสมการการตอบสนองต่อธาตุอาหารของอ้อย | 42 |
| 4.3 การตอบสนองต่อธาตุอาหารของอ้อยในกลุ่มดินเหนียว | 44 |
| 4.3.1 ชุดดินทับทรวง | 44 |
| 4.3.2 ชุดดินเพชรบุรี | 45 |
| 4.3.3 ชุดดินราชบุรี | 46 |
| 4.3.4 ชุดดินสมอทอด | 47 |
| 4.4 การตอบสนองต่อธาตุอาหารของอ้อยในกลุ่มดินร่วน | 48 |
| 4.4.1 ชุดดินสันป่าตอง | 48 |

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

| | | หน้า |
|----------------|--|-----------|
| | 4.4.2 ชุดดินกำแพงแสน | 49 |
| | 4.5 การตอบสนองต่อธาตุอาหารของอ้อยในกลุ่มดินทราย | 49 |
| | 4.5.1 ชุดดินสั้ตหีบ | 49 |
| | 4.5.2 ชุดดินบ้านบึง | 50 |
| | 4.5.3 ชุดดินบ้านไผ่ | 51 |
| | 4.5.3 ชุดดินน้ำพอง | 53 |
| | 4.6 การประยุกต์ใช้สมการเพื่อการจัดการธาตุอาหารในแปลงอ้อย | 54 |
| | เอกสารอ้างอิง | 72 |
| บทที่ 5 | การจัดการดินและปุ๋ยในการผลิตอ้อย | 74 |
| | 5.1 การเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์สำหรับประเมินการจัดการดินและปุ๋ย | 74 |
| | 5.2 การจัดการดินในการผลิตอ้อย | 75 |
| | 5.2.1 การจัดการดินดาน | 75 |
| | 5.2.2 การไถเตรียมดิน | 76 |
| | 5.2.3 การปรับปรุงดิน | 76 |
| | - การปลูกพืชบำรุงดิน | 76 |
| | - การใช้ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรม | 76 |
| | - การใช้ปูนปรับปรุงดิน | 78 |
| | 5.2.4 การจัดการเศษซากใบอ้อย | 78 |
| | 5.3 การจัดการปุ๋ยในการผลิตอ้อย | 79 |
| | 5.3.1 การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ | 79 |
| | 5.3.2 การใช้ปุ๋ยชีวภาพ | 80 |
| | 5.3.3 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน | 81 |
| | 5.3.4 การคำนวณปริมาณปุ๋ยที่ต้องใช้ตามคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน | 83 |
| | 5.3.5 การใช้ปุ๋ยตามเนื้อดิน | 86 |
| | 5.3.6 วิธีและระยะเวลาที่เหมาะสมในการใส่ปุ๋ย | 88 |
| | 5.3.7 การลดการสูญเสียปุ๋ย | 88 |
| | 5.3.8 การใช้ปุ๋ยในระบบการให้น้ำ | 89 |
| | เอกสารอ้างอิง | 91 |
| บทที่ 6 | การจัดการน้ำในการผลิตอ้อย | 94 |
| | 6.1 ความต้องการน้ำของอ้อย | 94 |
| | 6.2 ฤดูกาลปลูกและการจัดการน้ำ | 96 |
| | 6.3 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและความถี่ของการให้น้ำ | 98 |

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------------|
| 6.3.1 สมบัติทางกายภาพของดิน | 98 |
| 6.3.2 สภาพภูมิอากาศ | 99 |
| 6.3.3 พันธุ์อ้อย | 99 |
| 6.3.4 ระยะเวลาเจริญเติบโตของอ้อย | 100 |
| 6.4 ระบบการให้น้ำในการผลิตอ้อย | 101 |
| 6.4.1 การให้น้ำแบบร่อง | 101 |
| 6.4.2 การให้น้ำแบบพ่นฝอย | 101 |
| 6.4.3 การให้น้ำแบบน้ำหยด | 101 |
| 6.5 การวัดความชื้นดินในภาคสนาม | 102 |
| - เทนซิโอมิเตอร์ | 103 |
| - แท่งวัดความชื้น | 104 |
| เอกสารอ้างอิง | 105 |
| บทที่ 7 การจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ ในการผลิตอ้อยแบบแผนใหม่ | 107 |
| 7.1 หลักการจัดการปัจจัยการผลิตในไร่อ้อยแบบแผนใหม่ | 107 |
| 7.2 เทคโนโลยีการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ สำหรับไร่อ้อยแบบแผนใหม่ | 108 |
| 7.2.1 การจัดการดิน | 108 |
| 7.2.2 การจัดการเศษซากใบอ้อย | 108 |
| 7.2.3 เทคโนโลยีด้านพืช | 109 |
| 7.2.4 การจัดการน้ำ | 109 |
| 7.2.5 การจัดการปุ๋ย | 109 |
| 7.3 ข้อเสนอแนะแนวทางการขับเคลื่อนการจัดการดิน น้ำ และปุ๋ย ในการผลิตอ้อยแบบแผนใหม่ | 111 |
| เอกสารอ้างอิง | 113 |
| ภาคผนวก | 114 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|----------|------|
| 1.1 | 2 |
| 1.2 | 4 |
| 2.1 | 10 |
| 2.2 | 15 |
| 2.3 | 18 |
| 3.1 | 36 |
| 3.2 | 38 |
| 4.1 | 57 |
| 4.2 | 58 |
| 4.3 | 59 |
| 4.4 | 60 |
| 4.5 | 61 |
| 4.6 | 62 |
| 4.7 | 63 |
| 4.8 | 64 |
| 4.9 | 65 |
| 4.10 | 66 |
| 4.11 | 67 |
| 4.12 | 68 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ | | หน้า |
|---------------------|---|------|
| 4.13 | การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของอ้อยตอในชุดดินบ้านไผ่ จังหวัด ขอนแก่น | 69 |
| 4.14 | การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของอ้อยปลูกในชุดดินน้ำพอง จังหวัด นครสวรรค์ | 70 |
| 4.15 | การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของอ้อยตอในชุดดินน้ำพอง จังหวัด นครสวรรค์ | 71 |
| 5.1 | ปริมาณธาตุอาหารในพืชปุ๋ยสด | 76 |
| 5.2 | สมบัติบางประการของวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ในการปรับปรุงดิน | 77 |
| 5.3 | ปริมาณธาตุอาหารในวัสดุอินทรีย์ชนิดต่างๆ | 80 |
| 5.4 | ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินปลูกอ้อยจากค่าวิเคราะห์ดินในแหล่ง ปลูกอ้อยของประเทศไทย | 82 |
| 5.5 | คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน สำหรับอ้อยปลูกและอ้อยตอ | 82 |
| 6.1 | ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินทั้งหมด น้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ และที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ ของดินแต่ละชนิดตามกลุ่มเนื้อดิน | 99 |
| 6.2 | ปริมาณความชื้นดินที่เป็นประโยชน์ในดินแต่ละชนิดตามกลุ่มเนื้อดิน | 99 |
| 6.3 | ปริมาณการใช้น้ำของพันธุ์อ้อยต่าง ๆ ต่อการให้ผลผลิต | 100 |
| 6.4 | ความต้องการน้ำของอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ในระยะการเจริญเติบโต ต่าง ๆ | 100 |
| 6.5 | ความต้องการน้ำของอ้อยตอพันธุ์ขอนแก่น 3 ในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ | 100 |
| 6.6 | ประสิทธิภาพและข้อจำกัดของระบบการให้น้ำแบบต่าง ๆ | 102 |
| | | |
| ตารางผนวกที่ | | |
| 1 | ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของอ้อยปลูกและอ้อยตอพันธุ์ ขอนแก่น 3 ที่ปลูกในแหล่งต่าง ๆ | 115 |
| 2 | ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของอ้อยปลูกและอ้อยตอพันธุ์ LK92-11 ที่ปลูกในแหล่งต่าง ๆ | 116 |
| 3 | ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของอ้อยปลูกและอ้อยตอพันธุ์ สุพรรณบุรี 80 | 117 |
| 4 | ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของอ้อยปลูกและอ้อยตอพันธุ์ ทอง 14 ที่ปลูกในแหล่งต่าง ๆ | 117 |
| 5 | การผสมปุ๋ยใช้เองสำหรับอ้อยปลูกโดยใช้แม่ปุ๋ย | 118 |
| 6 | การผสมปุ๋ยใช้เองสำหรับอ้อยตอโดยใช้แม่ปุ๋ย | 119 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางผนวกที่ | | หน้า |
|--------------|---|------|
| 8 | การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยปลูกโดยใช้ปุ๋ยเชิงประจักษ์พร้อมกับแม่ปุ๋ย | 120 |
| 9 | การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยต่อโดยใช้ปุ๋ยเชิงประจักษ์พร้อมกับแม่ปุ๋ย | 121 |

สารบัญญภาพ

| ภาพที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 1.1 | พื้นที่ปลูกอ้อยและที่ตั้งโรงงานน้ำตาล ปีการผลิต 2561/62 | 5 |
| 2.1 | ความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกอ้อยภาคเหนือ ปีการผลิต 2560/61 | 11 |
| 2.2 | ความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกอ้อยภาคกลาง ปีการผลิต 2560/61 | 12 |
| 2.3 | ความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปีการผลิต 2560/61 | 13 |
| 2.4 | ความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกอ้อยภาคตะวันออก ปีการผลิต 2560/61 | 14 |
| 2.5 | ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินที่ระดับ pH ต่างๆ | 17 |
| 3.1 | อาการขาดธาตุไนโตรเจนของอ้อย | 29 |
| 3.2 | อาการขาดธาตุฟอสฟอรัสของอ้อย | 30 |
| 3.3 | อาการขาดธาตุโพแทสเซียมของอ้อย | 30 |
| 3.4 | อาการขาดธาตุแคลเซียมของอ้อย | 31 |
| 3.5 | อาการขาดธาตุแมกนีเซียมของอ้อย | 31 |
| 3.6 | อาการขาดธาตุกำมะถันของอ้อย | 31 |
| 3.7 | อาการขาดธาตุเหล็กของอ้อย | 32 |
| 3.8 | อาการขาดธาตุแมงกานีสของอ้อย | 32 |
| 3.9 | อาการขาดธาตุทองแดงของอ้อย | 33 |
| 3.10 | อาการขาดธาตุสังกะสีของอ้อย | 33 |
| 3.11 | อาการขาดธาตุโบรอนในอ้อย | 34 |
| 3.12 | อาการขาดธาตุโมลิบดีนัมของอ้อย | 34 |
| 3.13 | อาการขาดธาตุซิลิกอนของอ้อย | 34 |
| 3.14 | อาการขาดธาตุคลอรีนและคลอรีนเป็นพิษของอ้อย | 35 |
| 4.1 | ตัวอย่างกราฟและสมการการตอบสนองต่อไนโตรเจนของอ้อย | 43 |
| 6.1 | ความต้องการน้ำรายสัปดาห์ของอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต และสถิติปริมาณน้ำฝนรายสัปดาห์ในพื้นที่อำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์ | 97 |
| 6.2 | ความต้องการน้ำรายสัปดาห์ของอ้อยตอพันธุ์ขอนแก่น 3 ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต และสถิติปริมาณน้ำฝนรายสัปดาห์ในพื้นที่อำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์ | 98 |

บทที่ 1 การผลิตอ้อยของประเทศไทย

1.1 สถานการณ์การผลิตอ้อยของประเทศไทย

อ้อยเป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกมากเป็นอันดับ 3 ของโลก รองจากประเทศบราซิลและอินเดีย ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกน้ำตาลรายใหญ่เป็นอันดับ 2 ของโลกรองจากประเทศบราซิล มีส่วนแบ่งการตลาดโลกถึง 12.95 เปอร์เซ็นต์ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) ในปี 2562 มีการส่งออกน้ำตาลและผลิตภัณฑ์ 10,649,079 ตัน มูลค่ารวม 105,566 ล้านบาท โดย 34 เปอร์เซ็นต์ส่งออกไปยังสาธารณรัฐอินโดนีเซีย รองลงมาเป็นสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา 11 เปอร์เซ็นต์ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2563) ตลอดระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมาประเทศไทยมีการขยายพื้นที่ปลูกอ้อยจากปีผลิต 2551/52 ที่มีพื้นที่ปลูก 6,837,025 ไร่ เพิ่มขึ้นเป็น 12,236,074 ไร่ ในปีผลิต 2561/62 หรือเพิ่มขึ้น 78.97 เปอร์เซ็นต์หรือคิดเป็นอัตราการขยายตัวของพื้นที่ปลูก 7.90 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการที่รัฐบาลได้ผลักดันนโยบายการบริหารพื้นที่เกษตรกรรมของพืช (Zoning) โดยเปลี่ยนพื้นที่ปลูกข้าวที่อยู่ในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมไปสู่การปลูกอ้อยโรงงาน มันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และปาล์มน้ำมัน อีกปัจจัยหนึ่งเป็นผลมาจากแรงจูงใจด้านราคา อย่างไรก็ตาม ในปีการผลิต 2562/63 พบว่า เกษตรกรประสบปัญหาด้านราคาอ้อยตกต่ำ ทำให้พื้นที่ปลูกอ้อยทั้งประเทศลดลงเหลือ 11,959,140 ไร่ และจากสภาพการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศทำให้ประสบปัญหาภัยแล้ง ฝนทิ้งช่วงยาวนานในช่วงเวลาเพาะปลูก จึงทำให้ผลผลิตลดต่ำลง โดยในปีการผลิต 2562/63 ผลผลิตอ้อยทั้งประเทศ 85,369,690 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 7.09 ตันต่อไร่ ต่ำที่สุดในรอบ 11 ปี (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2552-2563) (ตารางที่ 1.1)

พื้นที่ปลูกอ้อยในประเทศไทยครอบคลุมพื้นที่ 47 จังหวัด (ภาพที่ 1.1) ภาคเหนือมีพื้นที่ปลูกอ้อยรวม 2,878,687 ไร่ จังหวัดที่สำคัญ ได้แก่ กำแพงเพชร นครสวรรค์ เพชรบูรณ์ สุโขทัย และพิษณุโลก มีพื้นที่ปลูก 824,670 811,354 537,685 338,032 143,903 และ 127,283 ไร่ คิดเป็น 6.90 6.78 4.50 2.83 1.20 และ 1.06 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งประเทศ ตามลำดับ ภาคกลางมีพื้นที่ปลูกอ้อยรวม 3,172,574 ไร่ จังหวัดที่สำคัญ ได้แก่ กาญจนบุรี ลพบุรี สุพรรณบุรี อุทัยธานี ราชบุรี ชัยนาท และสระบุรี โดยมีพื้นที่ปลูก 789,440 681,279 619,661 356,615 189,032 162,008 148,740 ไร่ คิดเป็น 6.60 5.70 5.18 2.98 1.58 1.35 และ 1.24 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งประเทศ ตามลำดับ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกอ้อยรวม 5,229,405 ไร่ จังหวัดที่สำคัญ ได้แก่ อุดรธานี นครราชสีมา ขอนแก่น ชัยภูมิ กาฬสินธุ์ หนองบัวลำภู เลย มุกดาหาร บุรีรัมย์ สุรินทร์ ร้อยเอ็ด และมหาสารคาม โดยมีพื้นที่ปลูก 748,540 679,737 654,436 600,224 462,667 348,254 314,937 229,524 228,838 206,126 171,775 และ 171,360 ไร่ คิดเป็น 6.26 5.68 5.47 5.02 3.87 2.91 2.63 1.92 1.91 1.72 1.44 และ 1.43 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งประเทศ ตามลำดับ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกอ้อย 678,474 ไร่ จังหวัดที่สำคัญ ได้แก่ สระแก้ว และชลบุรี โดยมีพื้นที่ปลูก 451,897 และ 142,910 ไร่ คิดเป็น 3.78 และ 1.19 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งประเทศ ตามลำดับ (ตารางที่ 1.2)

พื้นที่ปลูกอ้อยส่วนใหญ่อยู่นอกเขตชลประทาน อาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ดังนั้นเมื่อมีปัญหา ประสพภัยแล้งดังเช่นในปีการผลิต 2562/63 จึงส่งผลกระทบต่อผลผลิตอ้อยอย่างรุนแรง ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลผลิตอ้อยในปีการผลิต 2562/63 เฉลี่ย 7.09 ตันต่อไร่ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2563) ลดลงจากปีการผลิต 2561/62 ซึ่งมีผลผลิตเฉลี่ย 10.75 ตันต่อไร่ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2562) หรือลดลง 34.05 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 1.1 สถานการณ์การผลิตอ้อยของประเทศไทย

| ปีการผลิต | พื้นที่ปลูกอ้อย ทั่วประเทศ (ไร่) | ปริมาณอ้อย ทั้งหมด (ตัน) | พื้นที่อ้อย ส่งโรงงาน (ไร่) | ปริมาณอ้อย เข้าหีบ (ตัน) | ผลผลิตเฉลี่ย (ตัน/ไร่) | ความหวาน (ซี.ซี.เอส) |
|-----------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 2551/52 | 6,837,025 | 71,137,813 | 6,425,438 | 66,897,144 | 10.41 | 12.28 |
| 2552/53 | 7,134,846 | 72,850,283 | 6,741,412 | 68,824,024 | 10.21 | 11.58 |
| 2553/54 | 8,461,252 | 99,333,799 | 8,124,966 | 95,444,850 | 11.75 | 11.78 |
| 2554/55 | 8,998,286 | 106,319,991 | 8,307,287 | 98,208,904 | 11.82 | 12.04 |
| 2555/56 | 9,487,320 | 107,442,468 | 8,842,228 | 100,148,689 | 11.32 | 11.64 |
| 2556/57 | 10,078,025 | 113,262,163 | 9,234,253 | 103,766,464 | 11.24 | 12.56 |
| 2557/58 | 10,530,927 | 116,712,776 | 9,591,448 | 106,333,451 | 11.08 | 12.23 |
| 2558/59 | 11,012,839 | 100,784,554 | 10,278,045 | 94,064,271 | 9.15 | 11.95 |
| 2559/60 | 10,988,489 | 103,533,437 | 9,864,668 | 92,989,092 | 9.43 | 11.95 |
| 2560/61 | 11,542,550 | 135,897,154 | 11,188,802 | 131,717,042 | 11.68 | 12.48 |
| 2561/62 | 12,236,074 | 131,478,148 | 11,957,201 | 128,529,862 | 10.75 | 12.64 |
| 2562/63 | 11,959,140 | 85,369,690 | 10,713,345 | 75,970,209 | 7.09 | 12.68 |

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2552 – 2563)

1.2 ชุดดินหลักของพื้นที่ปลูกอ้อยของประเทศไทย

ปรีชาและคณะ (2545) ได้ทำการจำแนกชุดดินหลักของพื้นที่ปลูกอ้อยของประเทศไทย พบว่า ในเขตภาคตะวันตก กลุ่มชุดดินที่มีการปลูกอ้อยมากเป็นอันดับ 1 คือ กลุ่มดินที่ 33 โดยมีชุดดินที่สำคัญ คือ ชุดดินกำแพงแสน มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายแข็ง สีดินเป็นสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนแดง ในดินล่างจะมีจุดประสีเทาและสีน้ำตาล มีการระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ดินชั้นบนมักมีปฏิกิริยาเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกรดเล็กน้อย มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.5-6.5 ส่วน ดินล่างมักมีความเป็นกรดน้อยกว่า ถ้ามีก้อนปูนปะปนจะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.5-8.0 อ้อยที่ปลูกในชุดดินนี้จะให้ผลผลิตสูง เนื่องจากดินมีความอุดมสมบูรณ์ แต่อาจมีปัญหาด้านสมบัติทางกายภาพ โดยอาจพบการอัดตัวแน่นเป็นแผ่นแข็งของผิวหน้าดิน ซึ่งเกิดจากการมีอนุภาคทรายแข็งในปริมาณมาก ดินในชุดดินกำแพงแสนจะครอบคลุมพื้นที่ในเขตปลูกอ้อยจังหวัดกาญจนบุรี นครปฐม และ สุพรรณบุรี กลุ่มชุดดินหลักอันดับรองลงมา ได้แก่ กลุ่มดินที่ 35 และ 36 ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในเขตจังหวัดกาญจนบุรี ดินในกลุ่มนี้มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย ส่วนดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย มีสีน้ำตาล สีเหลือง หรือแดง เป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี มีคุณสมบัติทางกายภาพเหมาะสมกับการปลูกอ้อย แต่มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง ดินบนเป็นดินร่วนปนทราย ทำให้ดินอุ้มน้ำได้

น้อย ชุดดินในกลุ่มนี้ ได้แก่ ชุดดินยโสธร ชุดดินสันป่าตอง ชุดดินสีควัว นอกจากนี้ยังมีชุดดินโคราช และชุดดินวาริน กลุ่มชุดดินหลักที่สำคัญอีกกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มดินที่ 7 ซึ่งมีพื้นที่ปลูกอ้อยมากในจังหวัด อ่างทอง สิงห์บุรี ชัยนาท และสุพรรณบุรี ดินมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว มีสีเทาหรือน้ำตาลปนเทา พบจุดประสีน้ำตาล สีเหลือง หรือสีแดงปะปนตลอดชั้นดิน เป็นดินลึก มีการระบายน้ำค่อนข้างเร็ว ดินมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีปฏิกริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง มีค่าความเป็นกรด-ต่าง 6.0-7.0 ชุดดินในกลุ่มนี้ ได้แก่ ชุดดินนครปฐม และชุดดินเดิมบาง นอกจากนี้ยังมีชุดดินหลักในกลุ่มดินที่ 35 และ 35/36 ได้แก่ ชุดดินมาบบอน ชุดดินปราณบุรี และชุดดินโคราช ซึ่งส่วนใหญ่เป็นดินทรายในพื้นที่ปลูกอ้อยจังหวัดเพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์

กลุ่มดินหลักที่สำคัญในพื้นที่ปลูกอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ กลุ่มดินที่ 40 เป็นกลุ่มดินที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย สีดินเป็นสีน้ำตาลอ่อน สีเหลือง หรือสีแดง บางแห่งอาจพบสีจุดประในชั้นดินล่าง เป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดอ่อน มีค่าความเป็นกรด-ต่าง 4.5-5.5 ปัญหาในการผลิตอ้อยของดินในกลุ่มนี้ คือ เนื้อดินค่อนข้างเป็นทราย อ้อยมีโอกาสเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำได้ง่าย ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีชุดดินที่สำคัญในพื้นที่ปลูกอ้อย ได้แก่ ชุดดินยางตลาด (จังหวัดอุดรธานี นครราชสีมา กาฬสินธุ์ บุรีรัมย์ และร้อยเอ็ด) ชุดดินสันป่าตอง (จังหวัดชัยภูมิ)

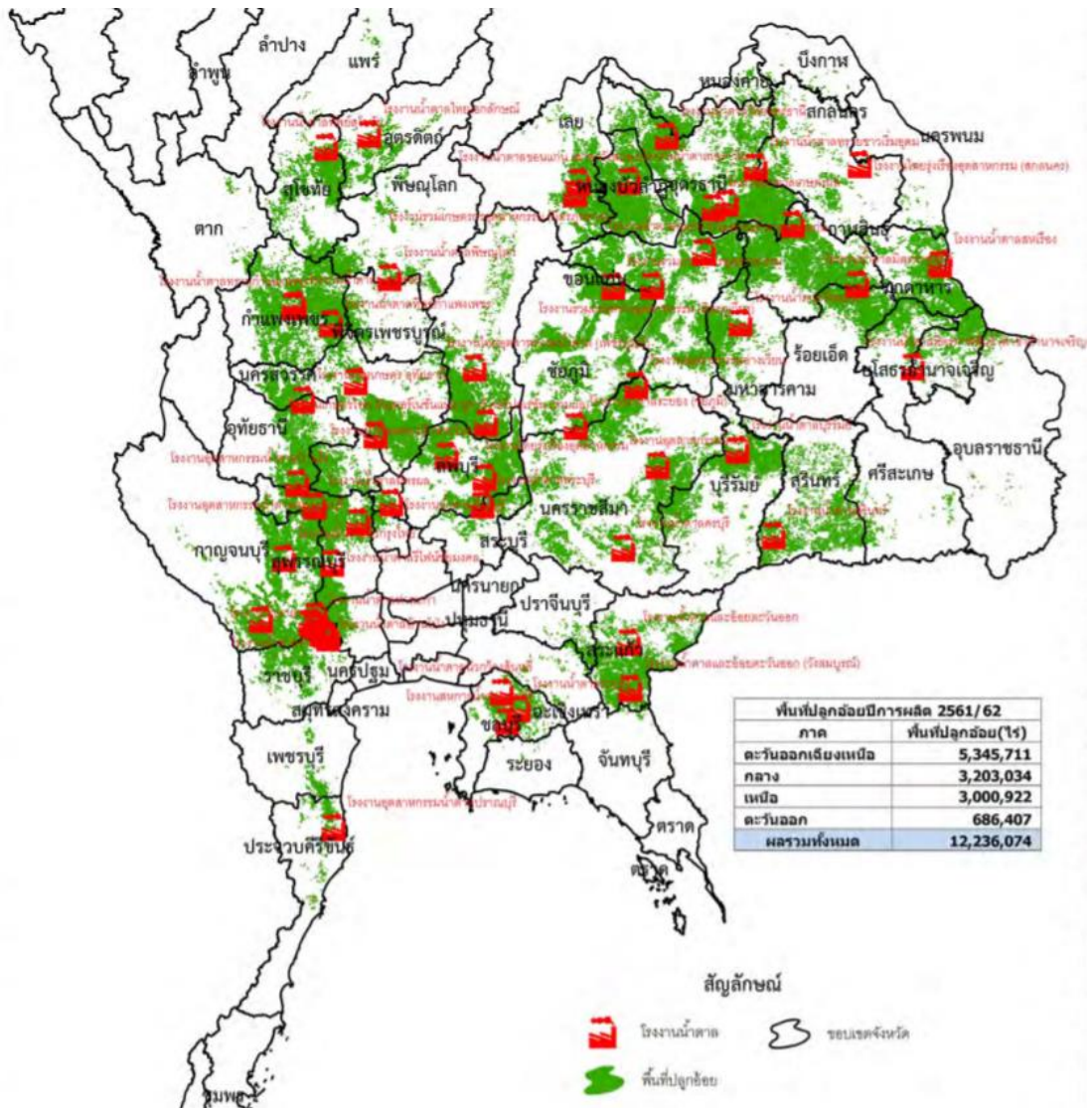
กลุ่มดินหลักที่สำคัญในพื้นที่ปลูกอ้อยภาคเหนือ คือ กลุ่มดินที่ 33 ได้แก่ ชุดดินกำแพงเพชร (จังหวัดกำแพงเพชร และพิจิตร) ชุดดินกำแพงแสน (จังหวัดสุโขทัย) ซึ่งเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง และหน้าดินลึก เหมาะแก่การปลูกอ้อย นอกจากนี้ยังมีกลุ่มดินที่ 52 ซึ่งเป็นกลุ่มดินที่ใหญ่ที่สุดของพื้นที่ปลูกอ้อยจังหวัดนครสวรรค์ สระบุรี ลพบุรี และเพชรบูรณ์ ชุดดินที่พบมาก ได้แก่ ชุดดินตาคลี ซึ่งมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียว มีก้อนปูนหรือปูนมาร์ลปะปนอยู่มาก สีดินเป็นสีดำถึงสีน้ำตาล เป็นดินตื้นถึงตื้นมาก มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง ปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงต่างแก่ มีค่าความเป็นกรด-ต่าง 7.0-8.5 หากพบชั้นปูนมาร์ลที่ระดับความลึกตื้นกว่า 25 เซนติเมตร จะมีปัญหาในการไถพรวน และถ้าพบปูนมาร์ลในปริมาณมาก อ้อยจะแสดงอาการขาดจุลธาตุ ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี นอกจากนี้ยังมีกลุ่มดินที่ 54 ซึ่งมีลักษณะที่ใกล้เคียงกันกับกลุ่มดินที่ 52 แต่เป็นดินลึกกว่า มีสีดำ และมีหินปูนปะปน มีความเป็นกลางถึงต่างเล็กน้อย ชุดดินสำคัญในกลุ่มนี้ที่ใช้ปลูกอ้อยมากที่สุด ได้แก่ ชุดดินสมอทอด (จังหวัดเพชรบูรณ์) และกลุ่มดินที่ 28 ซึ่งมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวจัด มีการหดตัวในฤดูแล้งแตกกระแหงเป็นร่องลึก ได้แก่ ชุดดินลพบุรี (จังหวัดนครสวรรค์) และชุดดินชัยบาดาล (จังหวัดเพชรบูรณ์)

กลุ่มดินหลักของพื้นที่ปลูกอ้อยภาคตะวันออก ได้แก่ กลุ่มดินที่ 52 พบมากในจังหวัดสระแก้ว โดยมีชุดดินที่สำคัญ คือ ชุดดินตาคลี กลุ่มดินที่ 35 พบมากในจังหวัดชลบุรี โดยมีชุดดินที่สำคัญ คือ ชุดดินมาบบอน มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ กลุ่มดินที่ 45 พบมากในจังหวัดระยอง โดยมีชุดดินที่สำคัญ คือ ชุดดินคลองซาก มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวหรือดินร่วนที่มีกรวดและลูกรังปะปนเป็นปริมาณมาก สีดินเป็นสีน้ำตาลอ่อน สีเหลืองหรือสีแดง เป็นดินตื้นมาก มีการระบายน้ำดี มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ หากปลูกอ้อยในชุดดินดังกล่าวจะต้องมีการใช้ปุ๋ยในอัตราสูงเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินให้เพียงพอแก่ความต้องการของอ้อย

ตารางที่ 1.2 แหล่งปลูกอ้อยที่สำคัญในภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย

| ภาค/จังหวัด | พื้นที่ปลูก (ไร่) | เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งประเทศ |
|------------------------------|----------------------|---|
| ภาคเหนือ | | |
| กำแพงเพชร | 824,670 | 6.90 |
| นครสวรรค์ | 811,354 | 6.78 |
| เพชรบูรณ์ | 537,685 | 4.50 |
| สุโขทัย | 338,032 | 2.83 |
| พิษณุโลก | 143,903 | 1.20 |
| อุตรดิตถ์ | 127,283 | 1.06 |
| ภาคกลาง | | |
| กาญจนบุรี | 789,440 | 6.60 |
| ลพบุรี | 681,279 | 5.70 |
| สุพรรณบุรี | 619,661 | 5.18 |
| อุทัยธานี | 356,615 | 2.98 |
| ราชบุรี | 189,032 | 1.58 |
| ชัยนาท | 162,008 | 1.35 |
| สระบุรี | 148,740 | 1.24 |
| ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ | | |
| อุดรธานี | 748,540 | 6.26 |
| นครราชสีมา | 679,737 | 5.68 |
| ขอนแก่น | 654,436 | 5.47 |
| ชัยภูมิ | 600,224 | 5.02 |
| กาฬสินธุ์ | 462,667 | 3.87 |
| หนองบัวลำภู | 348,254 | 2.91 |
| เลย | 314,937 | 2.63 |
| มุกดาหาร | 229,524 | 1.92 |
| บุรีรัมย์ | 228,838 | 1.91 |
| สุรินทร์ | 206,126 | 1.72 |
| มหาสารคาม | 171,775 | 1.44 |
| ร้อยเอ็ด | 171,360 | 1.43 |
| ภาคตะวันออก | | |
| สระแก้ว | 451,897 | 3.78 |
| ชลบุรี | 142,910 | 1.19 |

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2563)



ภาพที่ 1.1 พื้นที่ปลูกอ้อยและที่ตั้งโรงงานน้ำตาล ปีการผลิต 2561/62
ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2562)

เอกสารอ้างอิง

- ปรีชา พรหมณีย์ ประพันธ์ ประเสริฐศักดิ์ สุมาลี โพธิ์ทอง เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง สหัชชัย คงทน กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ชัยโรจน์ วงศ์วิวัฒน์ชัย ทักษิณา ศันสยะวิชัย แรมนภา เต้าะอัน อรรถชัย จินตะเวช พนมศักดิ์ พรหมบุรมย์. 2545. การจำแนกชุดดินหลักของพื้นที่ปลูก อ้อยต่อเนื่องจากโปรแกรมการจำแนกชุดดิน (CaneSoil 1.0). หน้า 23-41. ใน: รายงาน ความก้าวหน้าครั้งที่ 3 โครงการการพัฒนาระบบคำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตอ้อยโดย ใช้โปรแกรม CaneFert 1.0. กรมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และกรมพัฒนาที่ดิน.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2552. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2551/52. กลุ่มสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักงานนโยบายอุตสาหกรรมอ้อยและ น้ำตาลทราย สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 150 หน้า
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2553. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อยปีการผลิต 2552/53. กลุ่มสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักงานนโยบายอุตสาหกรรมอ้อยและ น้ำตาลทราย สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 72 หน้า
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2554. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2553/54. กลุ่มสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักงานนโยบายอุตสาหกรรมอ้อยและ น้ำตาลทราย สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 175 หน้า
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2555. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2554/55. กลุ่มงานสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักงานนโยบายอุตสาหกรรมอ้อยและ น้ำตาลทราย สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 125 หน้า
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2556. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2555/56. กลุ่มวิชาการและสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักงานนโยบายอุตสาหกรรม อ้อยและน้ำตาลทราย สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 125 หน้า
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2557. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2556/57. กลุ่มวิชาการและสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักงานนโยบายอุตสาหกรรม อ้อยและน้ำตาลทราย สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 125 หน้า
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2558. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2557/58. กลุ่มวิชาการและสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักงานนโยบายอุตสาหกรรม อ้อยและน้ำตาลทราย สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 123 หน้า
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2559. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2558/59. กลุ่มวิชาการและสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักงานนโยบายอุตสาหกรรม อ้อยและน้ำตาลทราย สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 124 หน้า

- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2560. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2559/60. กลุ่มวิชาการและสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักนโยบายอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 127 หน้า
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2561. รายงานการผลิตอ้อยของประเทศไทย ประจำปีการผลิต 2560/61. กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม. 113 หน้า
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2562. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2561/62. กลุ่มวิชาการและสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักนโยบายอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 126 หน้า
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2563. รายงานสถานการณ์การปลูกอ้อย ปีการผลิต 2562/63. กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 78 หน้า
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2562. เอกสารสถิติการเกษตรเลขที่ 402 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 91 หน้า
- ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2563. สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ ปี 2562. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 163 หน้า

บทที่ 2

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการผลิตอ้อย

2.1 สภาพภูมิอากาศ

อ้อยเป็นพืชที่ปรับตัวได้ดีกับสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น (tropical climate) และแบบกึ่งร้อนชื้น (subtropical climate) อ้อยจะชะงักการเจริญเติบโตหากมีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่า 12 องศาเซลเซียส อ้อยจะมีการสังเคราะห์แสงสูงสุดที่อุณหภูมิอากาศประมาณ 34 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศที่เหมาะสมตลอดทั้งปีควรอยู่ในช่วง 30 - 35 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาติดต่อกันอย่างน้อย 4-5 เดือน เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโต และควรมีอากาศเย็นในช่วงก่อนเก็บเกี่ยว 1.5-2 เดือน เพื่อส่งเสริมการสะสมน้ำตาล (Fageria *et al.*, 1997) ปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 1,200 - 1,500 มิลลิเมตรต่อปี และฝนตกสม่ำเสมอในช่วง 1 ถึง 8 เดือนหลังปลูก มีแสงแดดมากกว่า 8 ชั่วโมง (สมศรี และรังสิมันต์, 2549)

2.2 การปลูก

การปลูกอ้อยสามารถแบ่งตามฤดูปลูกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ต้นฤดูฝน และปลายฤดูฝน (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2554)

อ้อยต้นฝน แบ่งเป็น 2 เขต ได้แก่ (1) อ้อยต้นฝนในเขตชลประทาน ปลูกในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน และ (2) อ้อยต้นฝนในเขตอาศัยน้ำฝน ปลูกในช่วงเดือนเมษายนถึงมิถุนายน โดยพื้นที่ปลูกอ้อยต้นฝนในเขตชลประทานส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคกลางและภาคตะวันออก ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตอ้อยสูง อ้อยต้นฝนในเขตชลประทาน หากมีการจัดการที่ดีจะได้ผลผลิตอ้อยไม่ต่ำกว่า 15 ตันต่อไร่ ส่วนอ้อยต้นฝนในเขตอาศัยน้ำฝนจะครอบคลุมพื้นที่ปลูกอ้อยส่วนใหญ่ของประเทศ ซึ่งมีความแปรปรวนในเรื่องผลผลิตสูง เนื่องจากปริมาณและการกระจายตัวของฝนไม่สม่ำเสมอและดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ จึงทำให้ได้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำกว่า 10 ตันต่อไร่

อ้อยปลายฝนหรืออ้อยข้ามแล้ง เป็นการปลูกอ้อยโดยอาศัยความชื้นในดินช่วงปลายฤดูฝน เพื่อให้อ้อยงอกและเจริญเติบโตอย่างช้า ๆ ไปจนกว่าอ้อยจะได้รับน้ำฝนต้นฤดู เป็นการปลูกอ้อยที่ใช้ได้ผลในเขตปลูกอ้อยโดยอาศัยน้ำฝนที่ดินเป็นดินทรายหรือร่วนปนทราย ที่สำคัญจะต้องมีปริมาณน้ำฝนไม่ต่ำกว่า 1,200 มิลลิเมตรต่อปี และมีการกระจายตัวสม่ำเสมอ โดยเฉพาะในช่วงต้นฤดู (กุมภาพันธ์ถึงเมษายน) จะต้องมีปริมาณฝนที่พอเพียงกับการเจริญเติบโตของอ้อยในช่วงแรก

อ้อยที่ปลูกในเขตนี้จะมีอายุไม่น้อยกว่า 12 เดือน ในขณะที่ตัดอ้อยเข้าโรงงาน ทำให้ได้ผลผลิตและคุณภาพ (ความหวาน) สูงกว่าอ้อยที่ปลูกต้นฝน และมีปัญหาเรื่องวัชพืชรบกวนน้อย เพราะหน้าดินจะแห้งอยู่ตลอดเวลาในช่วงแรกของการเจริญเติบโต แต่ถ้าต้นฤดูมีฝนตกน้อยหรือตกช้า อาจทำให้อ้อยเสียหายได้

2.3 สภาพพื้นที่ที่เหมาะสม

พื้นที่ปลูกอ้อยควรเป็นพื้นที่ราบถึงพื้นที่ลอนลาดที่มีความชันไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ และเป็น ที่ดอนหรือที่ลุ่มไม่มีน้ำท่วมขัง มีความสูงจากระดับทะเลปานกลางไม่เกิน 1,500 เมตร พื้นที่ปลูกอ้อย ควรอยู่ในรัศมี 50 กิโลเมตรจากโรงงาน ไม่อยู่ในแหล่งมลพิษ และเป็นพื้นที่ประกาศเป็นเขตเศรษฐกิจ สำหรับอ้อยโรงงาน

ในปีพุทธศักราช 2556 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์โดยกรมพัฒนาที่ดิน ได้จัดทำเขต เหมาะสมสำหรับการปลูกอ้อย โดยวิเคราะห์ความเหมาะสมของดินกับปัจจัยความต้องการของอ้อย ตามสภาพพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกอ้อยร่วมกับปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เขตชั้นน้ำฝน เขตป่าไม้ และ เขตพื้นที่โครงการชลประทาน เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการปลูกอ้อยหรือส่งเสริมการ ปลูกอ้อยที่เหมาะสมและยกระดับรายได้ของเกษตรกรให้สูงขึ้น โดยแบ่งความเหมาะสมของพื้นที่ปลูก อ้อย ออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่เหมาะสมมาก (S1) เหมาะสมปานกลาง (S2) เหมาะสมน้อย (S3) และ ไม่เหมาะสม (N) โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาดังตารางที่ 2.1

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2561) ได้รายงานพื้นที่การปลูกอ้อยในปี การผลิต 2560/61 พบว่า ภาคเหนือมีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 2,719,424 ไร่ ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่มี ความเหมาะสมระดับปานกลาง 1,596,718 ไร่ (58.72 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาได้แก่พื้นที่ไม่เหมาะสม 688,906 ไร่ (25.33 เปอร์เซ็นต์) พื้นที่ที่เหมาะสมมาก 315,013 ไร่ (11.58 เปอร์เซ็นต์) และพื้นที่ เหมาะสมน้อย 118,787 ไร่ (4.37 เปอร์เซ็นต์) ดังภาพที่ 2.1

ภาคกลางมีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 3,118,925 ไร่ ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ที่มีความเหมาะสม ระดับปานกลาง 1,318,970 ไร่ (42.29 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาได้แก่พื้นที่มีความเหมาะสมน้อย 1,018,214 ไร่ (32.65 เปอร์เซ็นต์) พื้นที่ไม่เหมาะสม 446,574 ไร่ (14.32 เปอร์เซ็นต์) และพื้นที่ เหมาะสมมาก 335,167 ไร่ (10.75 เปอร์เซ็นต์) ดังภาพที่ 2.2

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 5,044,952 ไร่ ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่มี ความเหมาะสมระดับปานกลาง 3,092,230 ไร่ (61.29 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาได้แก่พื้นที่ไม่เหมาะสม 1,287,902 ไร่ (25.53 เปอร์เซ็นต์) พื้นที่เหมาะสมน้อย 644,040 ไร่ (12.77 เปอร์เซ็นต์) และอยู่ใน พื้นที่ที่เหมาะสมมาก 20,779 ไร่ (0.41 เปอร์เซ็นต์) ดังภาพที่ 2.3

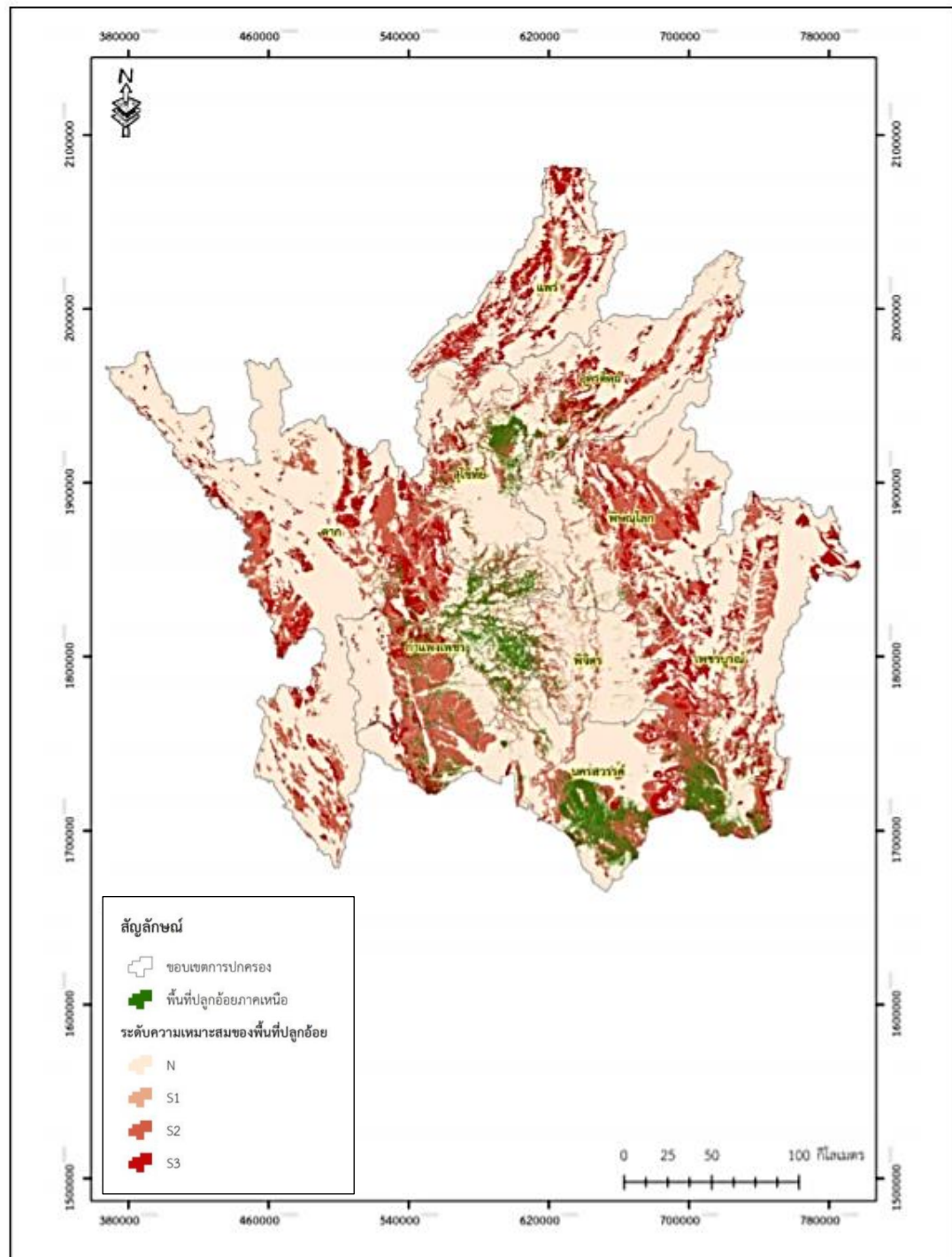
ภาคตะวันออกมีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 659,248 ไร่ ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่มีความเหมาะสม ระดับปานกลาง 405,254 ไร่ (61.47 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาได้แก่พื้นที่เหมาะสมน้อย 128,042 ไร่ (19.42 เปอร์เซ็นต์) พื้นที่ไม่เหมาะสม 93,538 ไร่ (14.19 เปอร์เซ็นต์) และอยู่ในพื้นที่เหมาะสมมาก 32,414 ไร่ (4.92 เปอร์เซ็นต์) ดังภาพที่ 2.4

จากรายงานของสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2561) พบว่าครึ่งหนึ่งของ พื้นที่ปลูกอ้อยของประเทศไทยอยู่ในพื้นที่มีความเหมาะสมระดับปานกลาง 55.56 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นพื้นที่ไม่มีความเหมาะสม 21.81 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการปลูกอ้อยในพื้นที่ที่ไม่มีความ เหมาะสมและพื้นที่ที่มีความเหมาะสมระดับปานกลางทำให้เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตสูง เนื่องจาก ต้องมีการบริหารจัดการมากกว่าพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมาก เพื่อให้ได้ผลผลิตในอัตราที่ใกล้เคียงกัน เช่น พื้นที่ปลูกที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำต้องมีการใช้ปุ๋ยในอัตราสูง ดินที่มีโครงสร้างดินไม่เหมาะสม ต้องมีการใช้วัสดุปรับปรุงดิน ดินในพื้นที่ลาดชันต้องมีการอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อป้องกันการชะล้าง

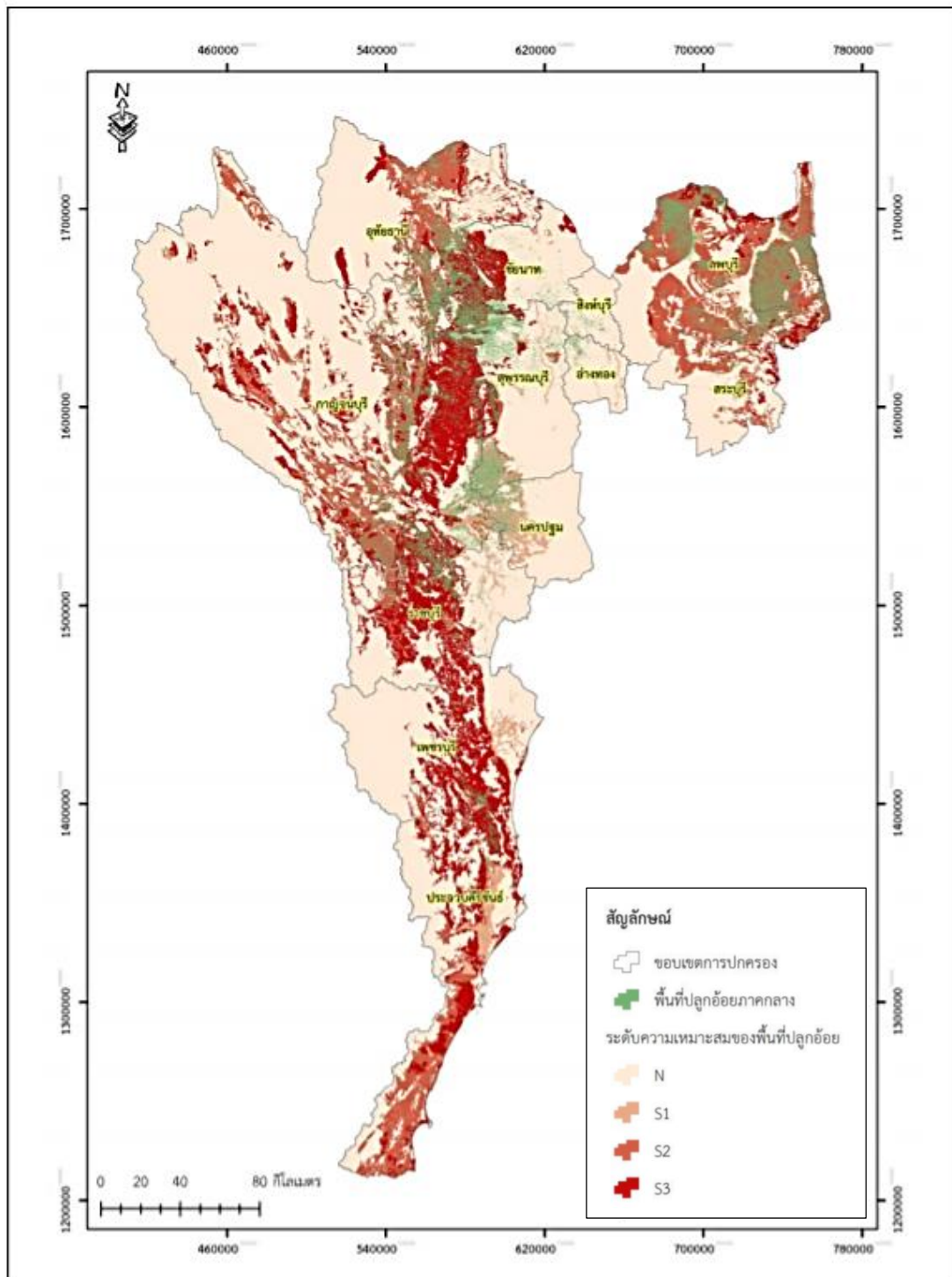
พังทลายของหน้าดิน ดินในพื้นที่ที่มีปริมาณฝนหรือจำนวนวันฝนตกน้อยต้องมีการจัดหาระบบชลประทานให้เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำของอ้อย เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์ในการแบ่งชั้นความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกอ้อย

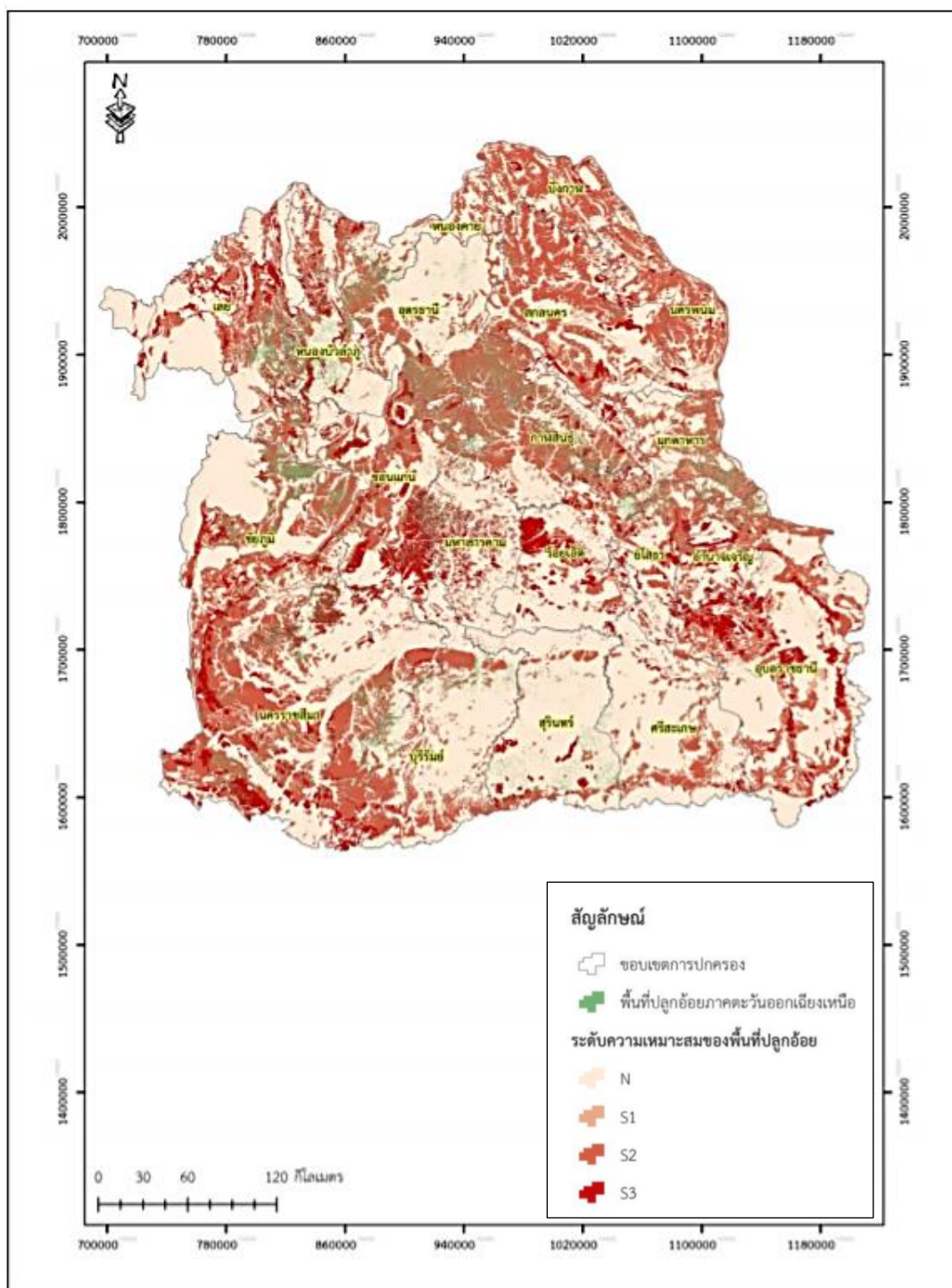
| คุณภาพของดิน | ปัจจัยชี้บ่ง | หน่วย | เหมาะสมมาก (S1) | เหมาะสม ปานกลาง (S2) | เหมาะสม น้อย (S3) | ไม่ เหมาะสม (N) |
|--|-----------------------------|----------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------|
| ระบบอุณหภูมิตามดิน | อุณหภูมิเฉลี่ย ในฤดูปลูก | °C | 24-27 | 28-31 | 32-35 | >35 |
| | | | | 19-23 | 15-18 | <15 |
| ความชุ่มชื้น ที่เป็นประโยชน์ | ปริมาณน้ำฝน | มม. | 1,200-2,000 | 1,000-1,200 | 800-1,000 | <800 |
| | | | | 2,000-2,500 | 2,500-3,000 | >3,000 |
| ความเป็นประโยชน์ของ ออกซิเจนต่อรากพืช | การระบายน้ำ | ระดับ | ดีมาก-ดี | ค่อนข้างต่ำ- ดีปานกลาง | ต่ำ | ต่ำมาก |
| ความเป็นประโยชน์ ของธาตุอาหาร | ปริมาณ อินทรีย์วัตถุ | ระดับ | สูงมาก-สูง | ปานกลาง-ต่ำ | - | - |
| ความจุในการดูดยึด ธาตุอาหาร | CEC ดินบน | ระดับ | ค่อนข้างสูง- สูงมาก | ต่ำปานกลาง- ปานกลาง | ต่ำมาก-ต่ำ | - |
| | BS ดินล่าง | ระดับ | สูง-ค่อนข้างต่ำ | ต่ำ | - | - |
| สภาวะการหยั่งลึก ของราก | ความลึกของดิน | ระดับ | ลึกมาก-ลึก | ลึกปานกลาง | ตื้น | ตื้นมาก |
| | ปริมาณก้อนหิน | % | <15 | 15-40 | 40-80 | >80 |
| ความเสียหาย จากน้ำท่วม | ความถี่ | ปี/ครั้ง | >10 | 6-9 | 3-5 | 1-2 |
| การมีเกลือมากเกินไป | ECe | dS/m | <2 | 2-3 | 4-5 | >5 |
| สารพิษ | ความลึก ชั้นจาโรไซด์ | cm | >150 | 100-150 | 50-100 | <50 |
| | ปฏิกิริยา สถานะน้ำแข็ง | pH | 5.6-7.3 | 7.4-7.8 | 7.9-8.4 | >8.5 |
| | | | | 4.5-5.5 | 4.0-5.0 | <3.9 |
| ความเสียหาย จากการกัดกร่อน | ความลาดชัน | - | ราบเรียบถึง ลูกคลื่นลอนลาด | ลูกคลื่น ลอนชัน | ชัน | ชันมาก |
| | ปริมาณดิน ที่สูญเสีย | ตัน/ไร่/ ปี | <2 | 2-4 | 4-12 | >12 |



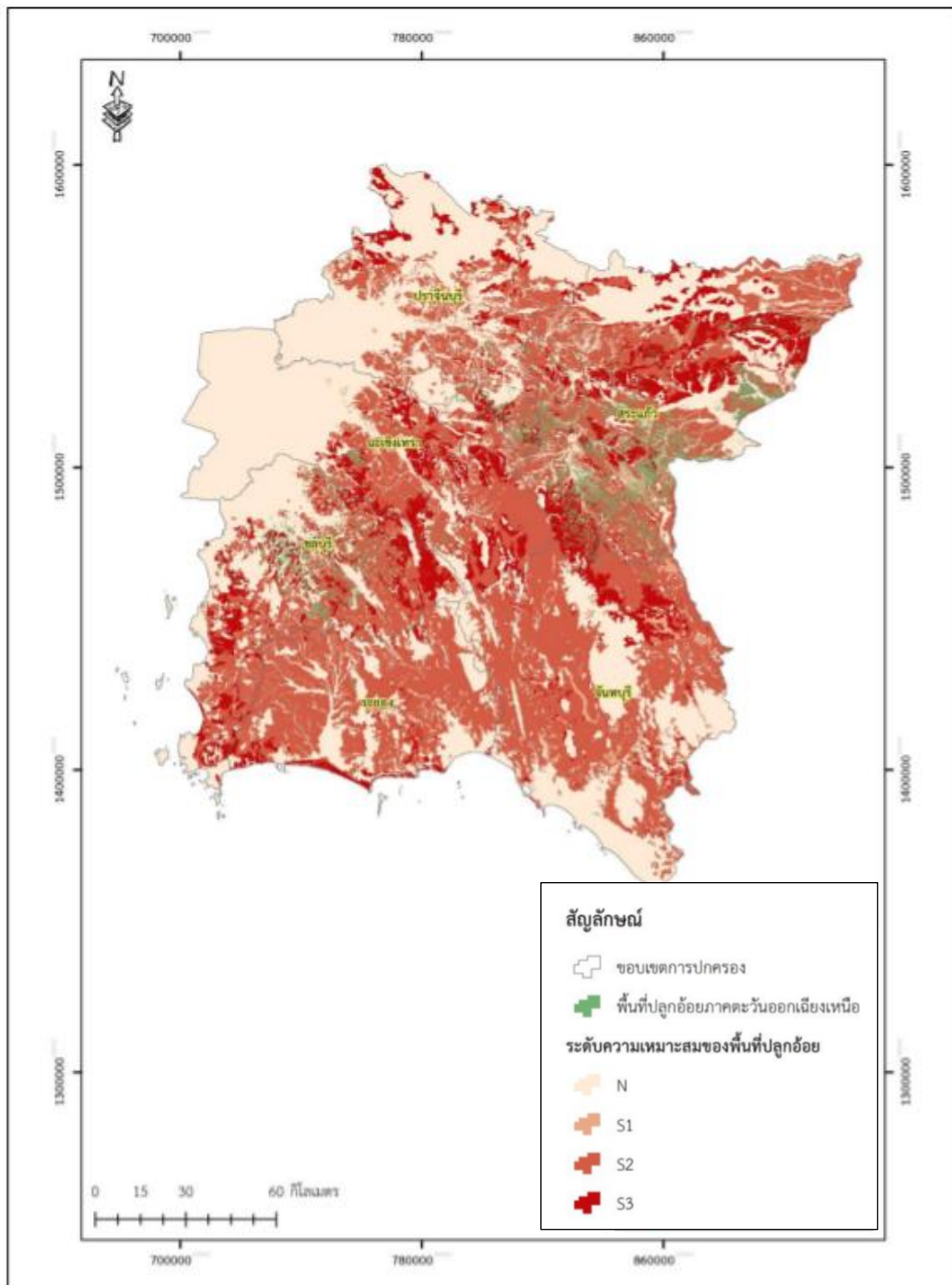
ภาพที่ 2.1 ความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกอ้อยภาคเหนือ ปีการผลิต 2560/61
ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2561)



ภาพที่ 2.2 ความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกอ้อยภาคกลาง ปีการผลิต 2560/61
ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2561)



ภาพที่ 2.3 ความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปีการผลิต 2560/61
ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2561)



ภาพที่ 2.4 ความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปีการผลิต 2560/61
ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2561)

2.4 สมบัติของดินที่เหมาะสม

สมบัติของดินที่เหมาะสมต่อการผลิตอ้อยจะต้องพิจารณาจากหลายปัจจัย เช่น เนื้อดิน โครงสร้างดิน ความลึกของหน้าตัดดิน ความลึกของระดับน้ำใต้ดิน ความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก เปอร์เซ็นต์ของการอิมมัตว์ด้วยต่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่ามาตรฐานความเหมาะสมของดินที่ปลูกอ้อย

| สมบัติต่าง ๆ ของดิน | ระดับที่เหมาะสมต่อการปลูกอ้อย |
|--|-------------------------------|
| ความลึกของดิน (เซนติเมตร) | มากกว่า 100 |
| ความลึกของระดับน้ำใต้ดิน (เซนติเมตร) | มากกว่า 160 |
| เนื้อดิน | ร่วนปนทรายถึงร่วนปนเหนียว |
| ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน | 5.5 - 7.5 |
| ค่าการนำไฟฟ้าของดิน ^{1/} (เดซิซีเมนต่อเมตร) | ต่ำกว่า 1.7 |
| ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (เซนติโมลต่อกิโลกรัม) | มากกว่า 15 |
| เปอร์เซ็นต์ความอิมมัตว์ด้วยต่าง | มากกว่า 75 |
| อินทรีย์วัตถุ (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 |

ที่มา: ปรีชา (2547) ^{1/}Fageria et al. (1997)

2.4.1 เนื้อดิน (soil texture) ประกอบด้วยอนุภาค 3 กลุ่มขนาด ได้แก่ ทราย (sand) ทรายแป้งหรือซิลต์ (silt) และอนุภาคดินเหนียว (clay) อนุภาคทรายมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค 0.05-2.0 มิลลิเมตร ไม่เชื่อมยึดกัน มีความสามารถในการอุ้มน้ำและดูดซับธาตุอาหารต่ำ ระบายน้ำดี ส่วนอนุภาคทรายแป้งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค 0.05-0.002 มิลลิเมตร เชื่อมเกาะติดกัน มีความสามารถอุ้มน้ำและกักเก็บธาตุอาหาร แต่ง่ายต่อการเกิดเป็นแผ่นแข็ง ในขณะที่อนุภาคดินเหนียวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคเล็กกว่า 0.002 มิลลิเมตร สามารถอุ้มน้ำและกักเก็บธาตุอาหารได้มากกว่าอนุภาคทรายแป้งเพราะมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง ดังนั้นดินในกลุ่มดินเหนียวจะมีความอุดมสมบูรณ์แต่มีการระบายน้ำไม่ดี เกิดน้ำขังได้ง่าย และยากต่อการเขตรกรรมเพราะเมื่อดินแห้งจะแข็งและเมื่อดินเปียกจะเหนียวจัด อ้อยสามารถปลูกได้ในดินร่วนปนทรายจนถึงร่วนปนเหนียว แต่ดินที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายหรือดินที่มีปริมาณดินเหนียว 20 -35 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมกับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของอ้อยมากที่สุด (Calcino et al., 2018)

2.4.2 โครงสร้างดิน (soil structure) เกิดจากการจับตัวเป็นเม็ดของอนุภาคเดี่ยว (ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว) เกิดเป็นเม็ดดิน ที่เรียกว่า ped ซึ่งมีรูปร่างและขนาดที่แตกต่างกัน ช่องว่าง

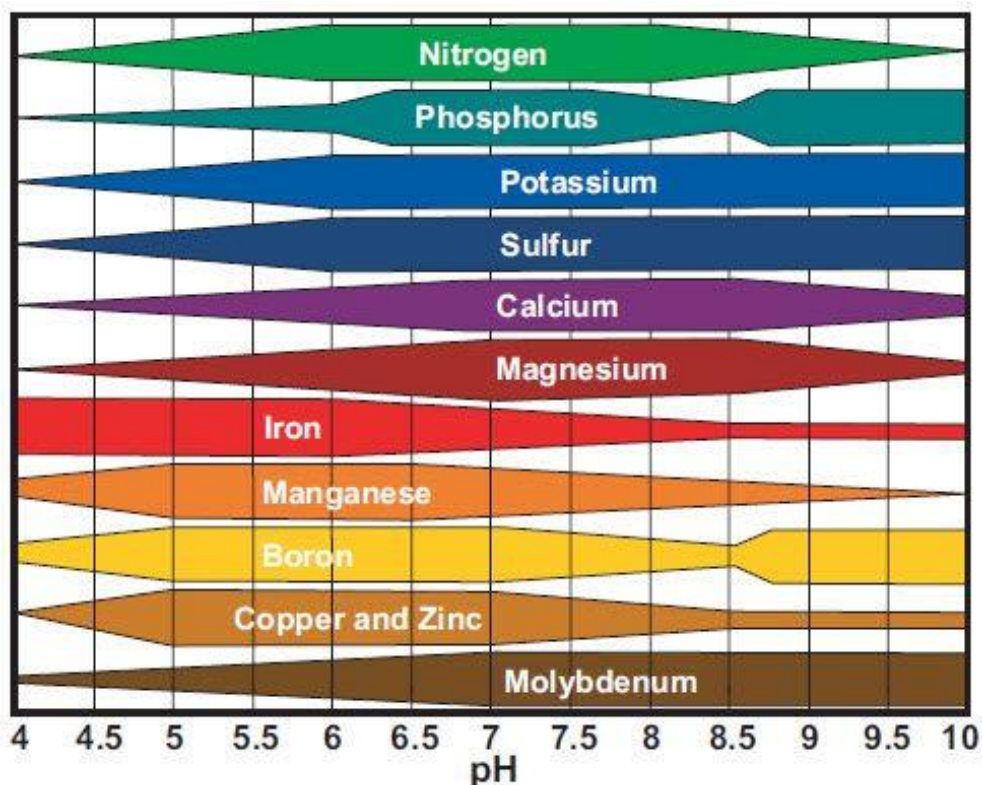
ระหว่างเม็ดดิน เรียกว่า macro-pore หรือช่องว่างขนาดใหญ่ ส่วนช่องว่างภายในเม็ดดิน เรียกว่า micro-pore หรือช่องว่างขนาดเล็ก ความชื้นดินจะถูกกักเก็บอยู่ใน micro-pore ภายในเม็ดดิน ในขณะที่ macro-pore จะช่วยในการระบายน้ำและการเคลื่อนที่ของอากาศภายในดิน โครงสร้างดินแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ 1) โครงสร้างแบบทรงกลม (granular) เมื่อเรียงตัวเป็นหน้าตัดดินจะเกิดช่องว่างขนาดใหญ่ขึ้นระหว่างเม็ดดิน ช่วยทำให้หน้าตัดดินมีการระบายน้ำและอากาศ รวมทั้งการกระจายตัวของรากดี เหมาะสมแก่การปลูกอ้อยมากที่สุด 2) โครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยม (blocky) โครงสร้างประเภทนี้เมื่อเรียงตัวเป็นหน้าตัดดินจะทำให้การกระจายตัวของรากและการแทรกซึมของน้ำถูกจำกัด 3) โครงสร้างแบบแผ่น (platy) ซึ่งมักพบในดินที่มีการอัดตัวแน่นเกิดเป็นชั้นดาน ซึ่งจะขัดขวางการแทรกซึมของน้ำและการระบายอากาศ รวมทั้งการกระจายของราก 4) โครงสร้างแบบแท่งหัวเหลี่ยมและแท่งหัวมน (prism and columnar) ดินที่มีโครงสร้างแบบนี้จะแทรกซึมผ่านได้ปานกลาง

2.4.3 ความลึกของดิน (soil depth) มีผลต่อการหยั่งลึกของรากในการดูดใช้น้ำและธาตุอาหาร รากอ้อยส่วนใหญ่กระจายตัวอยู่ที่ระดับความลึกจากผิวดิน 30 เซนติเมตร ประมาณ 48-68 เปอร์เซ็นต์ อยู่ที่ระดับความลึก 30-60 เซนติเมตร ประมาณ 16-36 เปอร์เซ็นต์ อยู่ที่ระดับความลึก 60-90 เซนติเมตร ประมาณ 3-12 เปอร์เซ็นต์ อยู่ที่ระดับความลึก 90-120 เซนติเมตร ประมาณ 4-7 เปอร์เซ็นต์ อยู่ที่ระดับความลึก 1.2-1.5 เมตร ประมาณ 1-7 เปอร์เซ็นต์ และ อยู่ที่ระดับความลึก 1.5-1.8 เมตร ประมาณ 0-4 เปอร์เซ็นต์ (Fageria *et al.*, 1997) ดังนั้นดินที่ปลูกอ้อยควรมีความลึกของดินมากกว่า 1.0 เมตร (ปรีชาและคณะ, 2547)

2.4.4 ความเป็นกรด-ด่างของดิน (Soil pH) อ้อยสามารถปลูกได้ในดินที่หลากหลายและทนต่อความเป็นกรด-ด่างของดิน (Soil pH) ในช่วงกว้าง ตั้งแต่ระดับ pH 4 ถึง pH 9 ดินที่เหมาะสมกับการปลูกอ้อย ควรมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 5.5 – 7.5 (Meyer *et al.*, 2011) การปลูกอ้อยในดินที่มี pH สูงกว่า 7.5 ต้องระมัดระวังอ้อยขาดฟอสฟอรัส เหล็ก และสังกะสี และการสูญเสียของไนโตรเจนจากปุ๋ยโดยการแปรสภาพไปเป็นก๊าซแอมโมเนีย ความเป็นกรด-ด่างของดินมีบทบาทสำคัญต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน ดังภาพที่ 2.5

ในสภาพที่ดินเป็นกรดจัด ธาตุอาหารหลักทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม กำมะถัน แคลเซียม และแมกนีเซียม จะปลดปล่อยให้เป็นประโยชน์แก่พืชได้น้อย ในขณะที่ธาตุอาหารเสริม ได้แก่ ทองแดง และสังกะสี จะปลดปล่อยเป็นประโยชน์แก่พืชได้มากขึ้น การลดลงของ pH ดิน ทำให้ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินลดลงไปด้วย แต่จะมีประจุของไฮโดรเจนและอะลูมิเนียมเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ดินมีความสามารถในการกักเก็บธาตุประจุบวก เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม ลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินทรายที่เป็นกรดและมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำมักพบการขาดธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม ดังนั้นในการปลูกอ้อยในดินทรายที่เป็นกรดควรปรับปรุงดินด้วยวัสดุปรับปรุงดินที่มีแคลเซียมและแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบ เช่น ปูนโดโลไมต์ เพื่อปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของดินให้อยู่ในช่วง 5.5 – 7.5 ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับอ้อย Luanmanee *et al.* (2016) พบว่า การปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์ อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยหมักกากตะกอนหม้อกรองอ้อยอัตรา 1000 กิโลกรัมต่อไร่

มีผลทำให้อ้อยปลูกและอ้อยต่อพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ปลูกในดินทรายชุดดินบ้านไผ่ ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.07 ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 65.03 และ 33.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนอ้อยปลูกและอ้อยต่อพันธุ์ LK92-11 ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 23.90 และ 39.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 2.5 ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินที่ระดับ pH ต่างๆ
ที่มา: Clemson Cooperative Extension (2020)

2.4.5 ค่าการนำไฟฟ้า (Soil conductivity; EC) เป็นการวัดปริมาณเกลือที่ละลายได้ทั้งหมดในสารละลายดิน แต่ไม่สามารถจำแนกชนิดของเกลือได้ ถ้าบริเวณรอบระบบรากพืชมีเกลือในความเข้มข้นสูง จะทำให้พืชดูดตึงน้ำจากดินไปใช้ได้ยาก ชักน้ำให้อ้อยแสดงอาการขาดน้ำ โดยมีอาการใบเหี่ยว มีแผลที่ใบ ทำให้อ้อยชะงักการเจริญเติบโต ในกรณีรุนแรงอ้อยอาจตายได้ อ้อยสามารถทนเค็มได้ปานกลางทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแต่ละพันธุ์ โดยผลกระทบของความเค็มต่อการให้ผลผลิตของอ้อย แสดงดังตารางที่ 2.3 อ้อยเป็นพืชที่ทนเค็มระดับปานกลาง ดินที่ปลูกอ้อยควรมีค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 1.7 เดซิซีเมนต่อเมตร หากดินมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่านี้จะทำให้ผลผลิตอ้อยลดลง 5.9 เปอร์เซ็นต์ หากดินมีค่าการนำไฟฟ้า 4-8 เดซิซีเมนต่อเมตร จะส่งผลทำให้อ้อยชะงักการเจริญเติบโต และหากดินมีค่าการนำไฟฟ้ามากกว่า 10 เดซิซีเมนต่อเมตร อาจทำให้อ้อยตายได้ (Fageria *et al.*, 1997)

ตารางที่ 2.3 ระดับความรุนแรงของผลกระทบจากความเค็มของดินต่อการให้ผลผลิตของอ้อย

| ระดับการสูญเสียผลผลิต | ปริมาณการสูญเสียผลผลิต (%) | ระดับค่าการนำไฟฟ้า (ECe, dS/m) | |
|-----------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------|
| | | พื้นที่หนานปานกลาง | พื้นที่อ่อนแอ |
| ไม่ส่งผลกระทบ | 0 | 0-1.0 | 0-0.5 |
| เล็กน้อย | 0-10 | 1.0-2.0 | 0.5-1.0 |
| ปานกลาง | 10-20 | 2.0-3.0 | 1.0-1.5 |
| รุนแรง | >20 | >3.0 | >1.5 |

ที่มา: Calcino *et al.* (2018)

2.4.6 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity, CEC) มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร ความเสถียรของโครงสร้างดิน ความเป็นกรด-ด่างของดิน และมีผลต่อการจัดการปุ๋ยและการปรับปรุงดิน ช่วยให้ธาตุประจุบวกต่างๆ ถูกดูดซับอยู่กับประจุลบบนอนุภาคดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุ ทำให้ธาตุอาหารประจุบวกยากต่อการถูกชะล้างไปจากบริเวณราก แต่ธาตุที่อยู่ในรูปประจุลบ เช่น ซัลเฟต (SO_4^{2-}) ไนเตรต (NO_3^-) และคลอไรด์ (Cl^-) สามารถถูกชะล้างออกไปจากบริเวณรากได้ง่าย อย่างไรก็ตามฟอสเฟต (PO_4^{3-}) และซิลิเกต (SiO_4^{4-}) ซึ่งเป็นธาตุประจุลบยากต่อการถูกชะล้างเพราะทำปฏิกิริยาเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับเหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีส ในดินกรด หรือเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับแคลเซียม (Ca^{2+}) ในดินที่มีปฏิกิริยาดินเป็นด่าง ดินเขตร้อนชื้นโดยทั่วไปมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำเนื่องจากเป็นดินที่มีการสลายตัวผุพังสูง ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินขึ้นอยู่กับอินทรีย์วัตถุ ชนิดและปริมาณของแร่ดินเหนียว (Kaolinite หรือ Montmorillonite) ดังนั้นดินที่มีอินทรีย์วัตถุและปริมาณดินเหนียวสูงจะมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงตามไปด้วย และดินที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงจะสามารถต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของดินได้ดี (Calcino *et al.*, 2018) ดินที่เหมาะสมในการปลูกอ้อยควรมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ไม่ต่ำกว่า 15 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (Fageria *et al.*, 1997)

2.4.7 อินทรีย์วัตถุในดิน (Soil organic matter) อินทรีย์วัตถุประกอบด้วยเศษซากพืชซากสัตว์ที่ตายแล้ว 85 เปอร์เซ็นต์ วัสดุอินทรีย์จากพืชที่ยังมีชีวิต 10 เปอร์เซ็นต์ และจุลินทรีย์ดิน 5 เปอร์เซ็นต์ (Calcino *et al.*, 2018) อินทรีย์วัตถุมีบทบาทสำคัญต่อสมบัติทางเคมี กายภาพ และชีวภาพของดิน อินทรีย์วัตถุประกอบด้วยไนโตรเจนและธาตุอาหารพืชชนิดต่างๆ ซึ่งค่อยๆปลดปล่อยให้พืชนำไปใช้อย่างช้าๆ อินทรีย์วัตถุทำหน้าที่เป็นแหล่งกักเก็บธาตุอาหารพืชและน้ำ ช่วยปรับปรุงโครงสร้างดิน เป็นสารเชื่อมอนุภาคดินให้รวมตัวกันเป็นเม็ดดิน ทำให้ดินสามารถระบายอากาศได้ดี มีคุณสมบัติเป็นสารคีเลตช่วยส่งเสริมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดิน ช่วยเพิ่มความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกให้แก่ดิน เพิ่มความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของดิน และทำให้ดินมีสภาพที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตและดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ดินที่เหมาะสมในการปลูกอ้อยควรมีอินทรีย์วัตถุ 1.5-2.5 เปอร์เซ็นต์ (Fageria *et al.*, 1997)

2.5 ชุดดินที่เหมาะสมแก่การปลูกอ้อย

ปัญหาและข้อจำกัดของดินในการปลูกอ้อยในประเทศไทย คือ ดินในพื้นที่ปลูกอ้อยส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โครงสร้างดินและปฏิกิริยาดินไม่เหมาะสม พบปัญหาการระบายน้ำไม่ดีของดินในพื้นที่ราบต่ำ และปัญหาการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ดอน กอบเกียรติ (2561) ได้ประเมินและสรุปศักยภาพการให้ผลผลิตของอ้อยปลูกในชุดดินต่าง ๆ ภายใต้การจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมกับอ้อยในสภาพอาศัยน้ำฝน โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

- 1) ดินที่เหมาะสมมากที่สุดต่อการปลูกอ้อย ให้ผลผลิตอ้อยปลูกมากกว่า 18 ตันต่อไร่ ได้แก่
 - 1.1) ชุดดินล้านรายณ์ (Ln: *Vertic Haplustolls*, fine, smectitic) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 54
 - 1.2) ชุดดินลพบุรี (Lb: *Typic Haplusterts*, very fine, smectitic) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 28
- 2) ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกอ้อย ให้ผลผลิตอ้อยปลูก 15-18 ตันต่อไร่ ได้แก่
 - 2.1) ชุดดินกำแพงแสน (Ks: *Typic Haplustalfts*, fine-silty) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 33
 - 2.2) ชุดดินสมอทอด (Sat: *Chromic Haplusterts*, very fine, smectitic) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 28
 - 2.3) ชุดดินตาคลี (Tk: *Entic Haplustolls*, loamy-skeletal, carbonatic) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 52
 - 2.4) ชุดดินมวกเหล็ก (Ml: *Ultic Haplustalfts*, clayey-skeletal, mixed) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 47
 - 2.5) ชุดดินสติก (Suk: *Typic Paleustulfts*, fine-loamy, siliceous) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 35
 - 2.6) ชุดดินโพนพิสัย (Pp: *Typic (Oxyaquic Plinthic) Paleustulfts*, loamy-skeletal over clayey, kaolinitic) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 49
 - 2.7) ชุดดินกบินทร์บุรี (Kb: *Typic Kandiuustoxs*, clayey-skeletal, kaolinitic) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 46
- 3) ดินที่เหมาะสมปานกลางต่อการปลูกอ้อย ให้ผลผลิตอ้อยปลูก 12-15 ตันต่อไร่ ได้แก่
 - 3.1) ชุดดินวังไฮ (Wi: *Oxyaquic (Ultic) Paleustalfts*, fine, mixed) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 31
 - 3.2) ชุดดินราชบุรี (Rb: *Vertic (Aeric) Endoaquepts*, fine, mixed) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 4
 - 3.3) ชุดดินจตุรัส (Ct: *Typic Haplustalfts*, fine, mixed) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 55
 - 3.4) ชุดดินบ้านบึง (Bbg: *Oxyaquic Quatzipsamments*, coated) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 24
 - 3.5) ชุดดินเพชรบุรี (Pb: *Aquic Haplustalfts*, fine-silty) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 21
 - 3.6) ชุดดินสัดหีบ (Sh: *Typic Quatzipsamments*, coated) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 43
- 4) ดินที่เหมาะสมน้อยต่อการปลูกอ้อย ให้ผลผลิตอ้อยปลูกน้อยกว่า 12 ตันต่อไร่ ได้แก่
 - 4.1) ชุดดินบ้านไผ่ (Bpi: *Arenic Paleustalfts*, loamy, siliceous) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 41
 - 4.2) ชุดดินคำบง (Kg: *Typic Haplustalfts*, sandy, siliceous) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 41

- 4.3) ชุดดินน้ำพอง (Ng: Grossarenic HaplustalFs, loamy, siliceous) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 44
- 4.4) ชุดดินสีคิ้ว (Si: Typic RhodustalFs, fine-loamy, mixed) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 36
- 4.5) ชุดดินชุมพวง (Cpg: Typic KandiuStulFs, coarse-loamy, siliceous) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 40
- 4.6) ชุดดินสันป่าตอง (Sp: Typic (Kandic) PaleuStulFs, fine, mixed) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 40
- 4.7) ชุดดินวังสะพุง (Ws: Typic HaplustalFs, fine, mixed) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 55

เอกสารอ้างอิง

- กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2561. การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในการผลิตอ้อย. หน้า 67-77. ใน: *เอกสารประกอบการฝึกอบรม* หลักสูตร การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในการผลิตพืชเศรษฐกิจและการจัดการธาตุอาหารพืชในการผลิตพืชอินทรีย์. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.
- ปรีชา พรหมณีย์. 2547. โปรแกรมคำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีในอ้อยตามคุณสมบัติดิน Canefert 1.0. *รายงานผลโครงการวิจัยอ้อย*. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. 25 หน้า.
- สมศรี บุญเรือง และ รังสิมันต์ สัมฤทธิ์. 2549. *Crop requirements: อ้อยโรงงาน*. กลุ่มส่งเสริมการผลิตพืชไร่อุตสาหกรรมสำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร. 12 หน้า
- สถาบันวิจัยพืชไร่. 2554. *เทคโนโลยีการผลิตอ้อย*. สถาบันวิจัยพืชไร่. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 33 หน้า
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2561. *รายงานการผลิตอ้อยของประเทศไทย ประจำปีการผลิต 2560/61*. กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม. 113 หน้า.
- Calcino, D.; B. Schroeder; J. Panitz; A. Hurney and A. Wood. 2018. *Australian Sugarcane Nutrition Manual*. Sugar Research Australia Limited. 114 p.
- Clemson Cooperative Extension. 2020. Recommendations for Liming and Fertilizing Vegetables. *Factsheet HGIC 1254*. Home & Garden Information Center, Clemson Cooperative Extension, Clemson University. 4 p. Available: <https://hgic.clemson.edu/> Accessed: December 19th, 2020.
- Fageria, N.K.; V.C. Baligar and C. H. Jones. 1997. *Growth and Mineral Nutrition of Field Crops*. 2nd Ed. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Luanmanee, S.; K. Paisanchoen and D. Kongtien. 2016. Optimum Soil and Nutrient Management for Increasing Sugarcane Productivity on Sandy Soils in Northeast Thailand. *Proceeding of the International Society of Sugar Cane Technologists*. 29: 1-4.
- Meyer, J.; P. Rein; P. Turner and K. Mathias. 2011. *Good Management Practices Manual for the Cane Sugar Industry (Final)*. The International Finance Corporation, World Bank. Johannesburg, South Africa. 696 p.

บทที่ 3

ความต้องการธาตุอาหารของอ้อย

3.1 ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับอ้อย

ธาตุอาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการให้ผลผลิตของอ้อยเป็นอันดับสองรองจากน้ำ การจัดการธาตุอาหารสำหรับการผลิตอ้อยจำเป็นต้องเข้าใจบทบาทและความสำคัญของธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของอ้อย รวมทั้งต้องทราบถึงปริมาณความต้องการธาตุอาหารของอ้อย และปริมาณธาตุอาหารในดินที่สามารถปลดปล่อยให้พืชนำไปใช้ได้ เพื่อสามารถจัดการธาตุอาหารในการผลิตอ้อยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การพิจารณาว่าธาตุอาหารชนิดใดมีความจำเป็นต่อพืช Arnon and Stout (1939) ได้ให้คำจำกัดความไว้โดยมีหลักเกณฑ์พิจารณาดังนี้

1) ธาตุอาหารนั้นมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของพืช หากพืชขาดธาตุดังกล่าวแล้วก็จะไม่สามารถเจริญเติบโตจนครบวงจรชีวิตได้

2) ธาตุนั้นมีหน้าที่เฉพาะเจาะจง (specific function) และไม่มีธาตุอาหารอื่นๆ ทำหน้าที่ทดแทนได้

3) ธาตุนั้นมีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมตาบอลิซึมของพืชโดยตรง หรือเป็นส่วนประกอบของกระบวนการเมตาบอลิซึมที่สำคัญ

ธาตุอาหารพืชที่จำเป็นสำหรับอ้อยประกอบด้วย ธาตุอาหารที่ได้จากอากาศและน้ำ ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน และธาตุอาหารที่ได้จากดินซึ่งแบ่งออกเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ในปริมาณมาก (macronutrients) ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน และธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ในปริมาณน้อย (micronutrients) ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โบรอน โมลิบดีนัม คลอรีน นอกจากนี้ยังมีธาตุอาหารที่มีประโยชน์อื่นๆ (beneficial elements) ได้แก่ ซิลิกอน อย่างไรก็ตาม ธาตุอาหารพืชทุกธาตุมีความสำคัญเท่าเทียมกัน หากธาตุชนิดใดมีปริมาณจำกัดหรือต่ำกว่าเกณฑ์ความต้องการของพืช ธาตุนั้นๆ จะเป็นตัวกำหนดผลผลิตและคุณภาพของพืช ตามกฎ Liebig's Law of Minimum

3.1.1 ไนโตรเจน ไนโตรเจนเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักในอ้อยรองจากคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และกำมะถัน โดยเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกรดอะมิโน โปรตีน เอนไซม์ ฮอร์โมน และสารประกอบฟีนอลิก (Marschner, 1995) ไนโตรเจนมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์แสง การผลิตน้ำตาล การกระตุ้นการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและการแตกกอ ทำให้อ้อยตั้งตัวได้เร็ว ในระยะแรกของการเจริญเติบโต ส่งเสริมการแตกยอดอ่อน ใบและกิ่งก้าน อ้อยมักจะขาดไนโตรเจนในช่วงระยะยืดปล้องและสร้างลำ (Grand stage) มากกว่าระยะอื่น (Calcino *et al.*, 2018)

อ้อยดูดใช้ไนโตรเจนในรูปไอออนแอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรต (NO_3^-) ไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีการเคลื่อนย้ายได้ง่ายในพืช ดังนั้นเมื่อส่วนของพืชที่กำลังเจริญเติบโต (ใบและยอดอ่อน) ได้รับไนโตรเจนไม่เพียงพอ ไนโตรเจนที่สะสมอยู่ในส่วนที่เป็นใบแก่หรือใบล่างจะถูกเคลื่อนย้ายไปยังส่วนที่เป็นใบอ่อน ทำให้พืชเริ่มแสดงอาการผิดปกติจากบริเวณใบแก่ (Calcino *et al.*, 2018)

แหล่งของไนโตรเจน (Calcino *et al.*, 2018) ได้แก่

1) ไนโตรเจนจากบรรยากาศ โดยทั่วไปในอากาศจะมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ 78 เปอร์เซ็นต์ โดยไนโตรเจนในบรรยากาศจะจับตัวตกลงมากับฝนประมาณ 0.32 – 3.2 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี

2) ไนโตรเจนจากดิน ส่วนใหญ่อยู่ในอินทรีย์วัตถุ ซึ่งมีทั้งอยู่ในรูปของอินทรีย์ไนโตรเจน ก๊าซไนโตรเจน (N_2) ไนไตรต์ (NO_2^-) ไนทรีออกไซด์ (N_2O) ไนตริกออกไซด์ (NO) แอมโมเนีย (NH_3) แอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรต (NO_3^-) ซึ่งไม่ว่าจะอยู่ในรูปใดก็ตามจะต้องแปรสภาพให้อยู่ในรูปแอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรต (NO_3^-) เสียก่อนจึงจะเป็นประโยชน์กับอ้อยได้

3) ไนโตรเจนจากน้ำชลประทาน

4) ไนโตรเจนจากพืชตระกูลถั่ว บริเวณรากของพืชตระกูลถั่วจะมีแบคทีเรียไรโซเบียมอาศัยอยู่ภายในบริเวณชั้นคอร์เท็กซ์ (cortex cell) และก่อให้เกิดปม ไรโซเบียมในปมรากถั่วทำหน้าที่ตรึงก๊าซไนโตรเจนจากบรรยากาศและแปรสภาพให้อยู่ในรูปที่พืชตระกูลถั่วสามารถนำไปใช้งานได้ ที่เรียกว่า กระบวนการตรึงไนโตรเจน ซึ่งปริมาณการตรึงไนโตรเจนจะขึ้นอยู่กับปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในดิน หากดินมีไนโตรเจนเพียงพอสำหรับพืชตระกูลถั่วอยู่แล้ว กระบวนการตรึงไนโตรเจนโดยไรโซเบียมในพืชตระกูลถั่วก็จะเกิดขึ้นน้อยมาก

5) ไนโตรเจนจากเศษซากใบอ้อย ในการผลิตอ้อยแต่ละปีจะมีปริมาณเศษซากใบอ้อยในแปลงประมาณ 1,600-2,400 กิโลกรัมต่อไร่ และมวลรากอ้อยประมาณ 480 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นแหล่งของไนโตรเจนให้แก่อ้อยในฤดูปลูกถัดไปได้

6) ไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก หรือวัสดุอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น กากตะกอนหมักกรองอ้อย จะสามารถปลดปล่อยไนโตรเจนให้แก่อ้อยได้ แต่การปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์จะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ขึ้นอยู่กับอัตราการเกิดกระบวนการ mineralization

7) ไนโตรเจนจากปุ๋ยเคมี ได้แก่ ยูเรีย (46%N) ไตแอมโมเนียมฟอสเฟต (18-19%N) โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต (12.6%N) แอมโมเนียมซัลเฟต (21%N) และแคลเซียมแอมโมเนียมไนเตรต (27%N)

การสูญหายของไนโตรเจนในดิน สามารถเกิดขึ้นได้หลายกระบวนการ (Calcino *et al.*, 2018) ดังนี้

1) การสูญหายไปในรูปแบบของก๊าซแอมโมเนีย (volatilization) ในพื้นที่ดินต่าง ปริมาณการสูญหายขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ รูปของไนโตรเจนในปุ๋ย ความชื้น เป็นต้น

2) การสูญหายไปในรูปแบบก๊าซไนโตรเจนโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) ภายใต้สภาพที่มีน้ำขังหรือเกิดสภาพรีดักชัน

3) การชะละลาย (leaching) ลงไปในดินที่ระดับต่ำกว่าชั้นเขตราก

4) การไหลบ่าไปกับน้ำ (runoff)

5) การเก็บเกี่ยวผลผลิตออกไปจากพื้นที่

3.1.2 ฟอสฟอรัส ฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบสำคัญในกระบวนการถ่ายทอดพลังงาน โดยเป็นองค์ประกอบของ adenosine diphosphate (ADP) และ adenosine triphosphate (ATP) ซึ่งมีบทบาทในกระบวนการสังเคราะห์แสง และเป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิกซึ่งมีความสำคัญต่อการแบ่งเซลล์ ส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากฝอยและรากแขนงในระยะแรกของการเจริญเติบโต การแตกกอ และการให้ผลผลิต (Marschner, 1995)

ฟอสฟอรัสในดินส่วนใหญ่ได้มาจากการสลายตัวของแร่อะพาไทต์ (apatite) นอกจากนี้ได้มาจากฮิวมัส จุลินทรีย์ เศษซากพืชและสัตว์ อินทรีย์วัตถุ และปุ๋ยเคมี ฟอสฟอรัสในอินทรีย์วัตถุปลดปล่อยให้พืชนำไปใช้ได้ช้ามากและมีปริมาณน้อย อ้อยดูดใช้ฟอสฟอรัสจากดินในรูปของไอออนไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ($H_2PO_4^-$) และไฮโดรเจนฟอสเฟต (HPO_4^{2-}) ฟอสฟอรัสเมื่ออยู่ในพืชจะเคลื่อนย้ายได้ง่าย แต่เมื่ออยู่ในดินจะมีการเคลื่อนย้ายได้น้อยและถูกตรึงได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งดินที่มีเหล็กและอะลูมิเนียมสูง ดังนั้นการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตควรใส่เป็นปุ๋ยรองพื้นเพื่อให้ปุ๋ยอยู่ใกล้บริเวณรากมากที่สุด การสูญหายของฟอสฟอรัสในดินทั่วไปเกิดขึ้นน้อย แต่สูญหายได้ง่ายในดินที่เป็นทรายจัดและมีฝนตกชุก โดยฟอสฟอรัสอาจถูกชะละลายลงไปในดินชั้นล่างหรือไหลไปกับน้ำได้ (McCray *et al.*, 2013; Kumar and Sharma, 2013; Calcino *et al.*, 2018)

3.1.3 โพแทสเซียม โพแทสเซียมเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการทำงานของคลอโรฟิลล์ในกระบวนการสังเคราะห์แสง มีความสำคัญต่อกระบวนการหายใจ การสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรต และเอนไซม์หลายชนิด ช่วยควบคุมการสร้างแป้ง การเคลื่อนย้ายน้ำตาล และการปิด-เปิดของปากใบ ส่งเสริมการพัฒนาของราก (Marschner, 1995)

อ้อยมีการดูดใช้โพแทสเซียมในปริมาณสูง แต่มีการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมเพียงเล็กน้อยและมักจะไม่ได้แสดงอาการขาดโพแทสเซียมแม้ว่าในดินจะมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่า 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Calcino *et al.*, 2018) ปรีชาและอุดม (2536) รายงานว่า อ้อยไม่มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในพื้นที่ที่ปลูกอ้อยติดต่อกันนานถึง 15 ปี แต่จากการวิเคราะห์พืชกลับพบว่าอ้อยดูดโพแทสเซียมไปใช้ในปริมาณสูง ดังนั้นคำแนะนำปุ๋ยสำหรับโพแทสเซียมจึงต้องพิจารณาจากสมดุลของโพแทสเซียมในพื้นที่ปลูกอ้อยเป็นหลัก เพื่อรักษาระดับของโพแทสเซียมในดินและการผลิตอ้อยที่ยั่งยืน ในขณะที่ Calcino *et al.* (2018) ได้รายงานที่ อ้อยต่อมีการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมมากกว่าอ้อยปลูก

การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมให้กับอ้อยต้องระมัดระวังไม่ใส่ในปริมาณมากเกินไป เนื่องจากหากอ้อยได้รับโพแทสเซียมมากเกินไป อาจทำให้อ้อยแสดงอาการขาดธาตุแมกนีเซียมได้ นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราสูงไม่ได้ทำให้ความหวานของอ้อยเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด แต่กลับทำให้ปริมาณเถ้าในน้ำอ้อยเพิ่มขึ้นซึ่งมีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลในน้ำตาลดิบและน้ำตาลบริสุทธิ์ลดลงได้ (Calcino *et al.*, 2018; Watanabe *et al.*, 2016; Watanabe *et al.*, 2017)

อ้อยดูดใช้โพแทสเซียมจากดินในรูปไอออนโพแทสเซียม (K^+) ดินส่วนใหญ่มีโพแทสเซียมในปริมาณมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรจากผิวดิน แต่โพแทสเซียมที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้จะมีในปริมาณต่ำ ดินที่มีอนุภาคดินเหนียวสูงมักจะมีโพแทสเซียมในปริมาณสูง แต่ในดินทรายจะมีโพแทสเซียมในปริมาณต่ำ โพแทสเซียมในดิน 90-98 เปอร์เซ็นต์ เป็นองค์ประกอบของหินแร่ อยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เมื่อหินแร่อดังกล่าวสลายตัวจึงปลดปล่อย

โพแทสเซียมออกมาให้พืชนำไปใช้ได้แต่เป็นไปอย่างช้า ๆ โพแทสเซียมประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ถูกตรึงอยู่กับชั้นของแร่ดินเหนียว พืชนำไปใช้ได้ยากหรือค่อยๆ ปลดปล่อยให้พืชนำไปใช้ได้ช้าๆ ส่วนโพแทสเซียมในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายจะเป็นโพแทสเซียมที่อยู่ในสารละลายดินหรือที่เรียกว่า water-soluble potassium และอีกส่วนหนึ่งเป็นโพแทสเซียมที่ถูกดูดซับในรูปที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ที่อยู่บนอินทรีย์วัตถุและอนุภาคดินเหนียว

3.1.4 แคลเซียม แคลเซียมมีความสำคัญในการแบ่งเซลล์ การสร้างความแข็งแรงของผนังเซลล์ กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์บางชนิด หากอ้อยขาดแคลเซียม จะทำให้อ้อยเจริญเติบโตได้ช้าลง อ้อยดูดใช้แคลเซียมในรูปไอออนแคลเซียม (Ca^{2+}) ค่าวิกฤติของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสำหรับอ้อยเท่ากับ 13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ระดับปริมาณแคลเซียมในดินที่เหมาะสมสำหรับอ้อยอยู่ในช่วง 13-40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Calcino *et al.*, 2018) โดยทั่วไปอ้อยจะไม่ได้รับแคลเซียมในปริมาณที่มากจนเกินไป ยกเว้นในพื้นที่ที่มีการใส่ปุ๋ยปรับปรุ้งดินในปริมาณสูงมาก ทำให้ดินมี pH สูงขึ้นหรือเป็นด่างมากขึ้น ซึ่งจะไปจำกัดการดูดใช้ธาตุอาหารพืชบางชนิดได้ เช่น แมกนีเซียม และอาจทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุสังกะสีและทองแดงได้ (Kumar and Sharma, 2013; McCray *et al.*, 2013) แหล่งของแคลเซียม ได้แก่ ยิปซัม (12.5-19.0% Ca) โดโลไมต์ (14-18%Ca) หินปูนหรือแคลเซียมคาร์บอเนต (30-40%Ca) ปูนเผาหรือแคลเซียมออกไซด์ (68%Ca) ปูนขาวหรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (51%Ca)

3.1.5 แมกนีเซียม แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ซึ่งทำหน้าที่ในการสังเคราะห์แสง โดยทำงานร่วมกับฟอสเฟตในกระบวนการถ่ายทอดพลังงาน ส่งเสริมการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เช่น Mg-ATPase และช่วยในการสร้าง DNA และ RNA แมกนีเซียมมีบทบาทในกระบวนการหายใจ การดูดใช้ในไนโตรเจน การเคลื่อนย้ายฟอสฟอรัสในพืช และมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างน้ำตาล (Marschner, 1995)

อ้อยดูดใช้แมกนีเซียมในรูปไอออนแมกนีเซียม (Mg^{2+}) หากอ้อยได้รับแมกนีเซียมมากเกินไป อาจไปส่งผลต่อการดูดใช้โพแทสเซียมและแคลเซียมของอ้อยได้ นอกจากนี้ยังทำให้ดินแน่นทึบ ผิวหน้าดินเป็นแผ่นแข็ง ยากต่อการไถพรวน น้ำซึมผ่านได้ยาก ค่าวิกฤติของแมกนีเซียมในดินสำหรับอ้อย เท่ากับ 12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ถ้าดินมีแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่า 12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อ้อยจะให้ผลผลิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ระดับปริมาณแมกนีเซียมที่เหมาะสมสำหรับอ้อยควรอยู่ในช่วง 12-30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Calcino *et al.*, 2018) ในขณะที่ ศุภกาญจน์และคณะ (2557) พบว่าปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมของอ้อยปลูกและอ้อยต่อที่ปลูกในดินทรายที่เป็นกรดจัดที่มีแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินบนและดินล่าง เฉลี่ย 12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญ โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) 0.925 สำหรับอ้อยปลูก และ 0.934 สำหรับอ้อยต่อ (Luanmanee *et al.*, 2016) และพบว่าในการสร้างผลผลิต 1 ตัน อ้อยจะดูดใช้แมกนีเซียมทั้งหมด 0.26 กิโลกรัม Mg การปรับปรุ้งดินทรายที่เป็นกรดจัดด้วยปูนโดโลไมต์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับกากตะกอนหมักกรองอ้อย 1 ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่ ทำให้อ้อยปลูกพันธุ์แอลเค 92-11 และพันธุ์ขอนแก่น 3 ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 23.8 และ 44.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และทำให้อ้อยต่อทั้งสองพันธุ์ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 39.2 และ 34.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

แหล่งของแมกนีเซียม ได้แก่ แมกนีเซียมซัลเฟต (9.6%Mg) ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ ใช้ก่อนหรือหลังปลูก พืชสามารถนำแมกนีเซียมไปใช้ได้ง่าย ในขณะที่โดโลไมต์ (8-10%Mg) แมกนีไซต์หรือแมกนีเซียมคาร์บอเนต (28%Mg) และแมกนีเซียมออกไซด์ (54-55%Mg) ละลายน้ำได้น้อยมาก จึงอยู่ในดินได้นาน (Calcino *et al.*, 2018)

3.1.6 กำมะถัน กำมะถันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโปรตีน กรดอะมิโน cysteine, methionine และ โคเอนไซม์ในพืช มีความสำคัญในการทำงานของเอนไซม์ไนเตรดรีดักเตส (nitrate reductase) การสร้างคลอโรฟิลล์ การสังเคราะห์แสง และกระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์ (Marschner, 1995) อ้อยดูดใช้กำมะถันในรูปไอออนซัลเฟต (SO_4^{2-}) อ้อยที่ปลูกในดินที่เป็นทรายจัดมักพบการขาดธาตุกำมะถัน หากดินมีกำมะถันมากเกินไปจะทำให้ดินเป็นกรดซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารชนิดต่างๆ และการดูดใช้ธาตุอาหารของอ้อย (McCray *et al.*, 2013) แหล่งของกำมะถัน ได้แก่ แอมโมเนียมซัลเฟต (24%S) ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (2%S) โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต (3%S) ซูเปอร์ฟอสเฟต (11%S) ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (1.3%S) ฟอสฟิยิปซัม (14.5%S) โพแทสเซียมซัลเฟต (16.5%S) (Calcino *et al.*, 2018)

3.1.7 เหล็ก เหล็กเป็นส่วนประกอบของเฟอร์ริดอกซิน (Ferridoxin) ซึ่งเป็นสารประกอบที่สำคัญในกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนของพืช นอกจากนี้เหล็กยังเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ซึ่งมีความสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสง (Marschner, 1995) อ้อยดูดใช้ธาตุเหล็กในรูปไอออนเฟอร์รัส (Fe^{2+}) และเฟอร์ริก (Fe^{3+}) แหล่งของธาตุเหล็ก ได้แก่ เหล็กออกไซด์ (60-70%Fe) เหล็กซัลเฟตโมโนไฮเดรต (30%Fe) เหล็กซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต (20%Fe) และเหล็กคิเลต (10%Fe) ซึ่งพืชจะดูดใช้เหล็กส่วนใหญ่ในรูปเหล็กคิเลต (Calcino *et al.*, 2018)

3.1.8 แมงกานีส แมงกานีสเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์และเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์มากถึง 35 ชนิด มีบทบาทสำคัญในกระบวนการรีดอกซ์ การสร้างคลอโรฟิลล์ กระบวนการสังเคราะห์แสง และมีส่วนสำคัญในเมตาบอลิซึมของเหล็กและไนโตรเจน ถ้าพืชขาดแมงกานีสจะทำให้การเจริญเติบโตของรากชะงักเนื่องจากพืชสร้างคาร์โบไฮเดรตได้ไม่เพียงพอและส่งผลต่อการเจริญเติบโตของราก (Marschner, 1995)

ความเป็นประโยชน์ของแมงกานีสในดินถูกควบคุมโดยค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ในดินกรดสามารถปลดปล่อยแมงกานีสออกมาให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้มากกว่าในดินด่าง อย่างไรก็ตามในดินกรดจัดที่มีอะลูมิเนียมในปริมาณสูงอาจทำให้แมงกานีสละลายออกมาได้มากเกินไปจนเป็นพิษแก่พืชได้ ซึ่งอ้อยเป็นพืชที่ทนต่อความเป็นพิษของแมงกานีสได้เล็กน้อย แหล่งของธาตุแมงกานีส ได้แก่ แมงกานีสซัลเฟต (33.2%Mn) และแมงกานีสคิเลต (12.0%Mn) (Calcino *et al.*, 2018)

3.1.9 ทองแดง ทองแดงเป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อการสร้างคลอโรฟิลล์และการสังเคราะห์แสง มีส่วนร่วมในกระบวนการเมตาบอลิซึมของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต และเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ (Marschner, 1995) ทองแดงมีบทบาทสำคัญต่อการแตกกอของอ้อย ดินทรายส่วนใหญ่ซึ่งมีอินทรีย์วัตถุต่ำมักขาดธาตุทองแดง ส่วนในดินด่างซึ่งมี pH สูง ส่งผลให้ทองแดงปลดปล่อยให้พืชนำไปใช้ได้น้อยเช่นเดียวกับสังกะสี นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไปมีผลทำให้พืชแสดงอาการขาดทองแดงได้เช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากไนโตรเจนมีทำให้ทองแดงปลดปล่อยให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้

น้อยลง และมีผลจำกัดการเคลื่อนย้ายของธาตุทองแดงในพืช ทำให้ทองแดงเคลื่อนย้ายจากใบแก่ไปสู่ใบอ่อนได้น้อยลง เนื่องจากการเคลื่อนย้ายของทองแดงในพืชขึ้นอยู่กับการสุกแก่ (senescence) แต่ไนโตรเจนมีผลทำให้พืชมีการสุกแก่ช้าลง ดังนั้นหากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูง จึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยที่ให้ธาตุทองแดงเพิ่มเติมด้วย เพื่อป้องกันการขาดธาตุทองแดงของพืช (Marschner, 1995) แหล่งของทองแดง ได้แก่ คอปเปอร์ซัลเฟตเพนตะไฮเดรต (25%Cu) คอปเปอร์ซัลเฟตโมโนไฮเดรต (34.5%Cu) คอปเปอร์ออกไซด์ (80%Cu) และคอปเปอร์ซีเลต (10-14%Cu) (Calcino *et al.*, 2018)

3.1.10 สังกะสี สังกะสีมีความสำคัญต่อการสร้างคลอโรฟิลล์และทำงานของเอ็นไซม์หลายชนิด รวมทั้งมีความจำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์สาร Indole Acetic Acid (IAA) ซึ่งเป็นสารที่เกี่ยวข้องกับการขยายตัวของเซลล์พืช นอกจากนี้ สังกะสียังมีบทบาทในการใช้น้ำของพืชอีกด้วย (Marschner, 1995) อ้อยดูดใช้สังกะสีในรูปของไอออนสังกะสี (Zn^{2+}) แหล่งของสังกะสี ได้แก่ ซิงค์ซัลเฟตเพนตะไฮเดรต (22.7%Zn) ซิงค์ซัลเฟตโมโนไฮเดรต (35%Zn) ซิงค์ออกไซด์ (50-80%Zn) ซิงค์ซีเลต (9-14%Zn) และซิงค์คลอไรด์ (30%Zn) (Calcino *et al.*, 2018)

ดินที่มักพบการขาดธาตุสังกะสี ได้แก่ ดินในกลุ่มดินทราย ดินมี pH มากกว่า 6 หรือมีการใส่ปุ๋ยมากเกินไป ดินที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำ ดินที่แน่นทึบซึ่งทำให้รากไม่สามารถเจริญเติบโตและทำงานได้เป็นปกติ และดินที่มีฟอสฟอรัสสูงเกินไป Franco *et al.* (2011) พบว่า การใส่สังกะสีในอัตรา 3 และ 6 กิโลกรัม Zn ต่อเฮกตาร์ แก่ดินในกลุ่ม Typic Haplustox ที่มีสังกะสีที่สามารถสกัดได้ 0.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทำให้อ้อยปลูกและอ้อยต่อให้ผลผลิตน้ำหนักรำและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid; TSS) เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในอ้อยต่อ ในขณะที่ Marangoni *et al.* (2019) พบว่า ดินที่มีสังกะสีที่เป็นประโยชน์มากกว่า 1.2 มิลลิกรัม Zn ต่อกิโลกรัม หากใส่ปุ๋ยสังกะสีในรูปของซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4$) ในอัตรา 3.9 กิโลกรัม Zn ต่อเฮกตาร์ จะทำให้ผลผลิตอ้อยในปีที่ 2 เพิ่มขึ้นทั้งปริมาณและคุณภาพ

3.1.11 โบรอน โบรอนมีความสำคัญต่อการเจริญของเซลล์ การพัฒนาของรากและลำต้น การสร้างผนังเซลล์ การแบ่งเซลล์ เพิ่มความสามารถในการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลผ่านผนังเซลล์ และส่งเสริมการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งแคลเซียม ไนโตรเจน และโพแทสเซียม (Marschner, 1995) อ้อยดูดใช้โบรอนในรูปของกรดบอริก (H_3BO_3) และไอออนบอเรต ($H_2BO_3^-$) โบรอนในดินส่วนใหญ่ได้มาจากอินทรีย์วัตถุแต่มีในปริมาณน้อย นอกจากนี้ยังพบในแร่ซิลิเกต โบรอนเป็นธาตุที่ง่ายต่อการถูกชะละลาย การขาดโบรอนมักเกิดในดินทรายที่มีการระบายน้ำดี ดินมี pH สูงหรือใส่ปุ๋ยมากเกินไป (Calcino *et al.*, 2018) Marangoni *et al.* (2019) พบว่า การใส่โบรอนในรูปของกรดบอริก โบรอนถูกชะละลายไปประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 64 วัน

แหล่งของโบรอนได้แก่ บอแรกซ์หรือโซเดียมเตตระบอเรตเดคะไฮเดรต (sodium tetraborate decahydrate) ประกอบด้วยโบรอน 11.3% โซเดียมออกตะบอเรตเพนตะไฮเดรต (sodium octaborate pentahydrate) ประกอบด้วยโบรอน (20.5% และกรดบอริก ประกอบด้วยโบรอน 17.5%B (Calcino *et al.*, 2018) Franco *et al.* (2011) พบว่า การใส่โบรอนในอัตรา 2 และ 4 กิโลกรัม B ต่อเฮกตาร์ ในดินกลุ่ม Typic Haplustox ที่มีโบรอน 0.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทำให้ผลผลิตน้ำหนักรำ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid; TSS) และปริมาณน้ำตาลของอ้อยลดลง ซึ่งอาจเป็นผลจากความเข้มข้นของโบรอนหากใส่ในปริมาณมากกว่า 2 มิลลิกรัม B ต่อเฮกตาร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

การใช้โบรอนในรูปของกรดบอริก ส่วน Marangoni *et al.* (2019) พบว่า การใช้โบรอนในรูปกรดบอริก 1 มิลลิกรัม B ต่อเฮกตาร์ ทำให้ผลผลิตอ้อยลดลงเช่นกัน

3.1.12 โมลิบดีนัม โมลิบดีนัมเป็นที่มีส่วนร่วมในปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ ในพืช มีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมตาบอลิซึมของไนโตรเจนในพืช มีความจำเป็นต่อการสร้างเอนไซม์ไนโตรจีเนส (nitrogenase) ไนเตรตรีดักเตส (nitrate reductase) และ แชนทีนออกซิเดส/ดีไฮโดรจีเนส (xanthine oxidase/ dehydrogenase) (Marschner, 1995) อ้อยดูดใช้โมลิบดีนัมในรูปโมลิเบเตออกซีแอนไอออน (MoO_4^{2-}) ซึ่งเคลื่อนย้ายได้ทั้งในท่อลำเลียงน้ำ (xylem) และท่อลำเลียงอาหาร (phloem) (Marschner, 1995)

การขาดโมลิบดีนัมมักพบในดินที่เป็นกรด ดังนั้นควรปรับปรุงดินด้วยการใช้ปูนขาวหรือหินปูนบด แหล่งของโมลิบดีนัม ได้แก่ โมลิบดีนัมไตรออกไซด์ (60%Mo) โซเดียมโมลิเบเตต (39%Mo) แอมโมเนียมโมลิเบเตต (54%Mo) (Calcino *et al.*, 2018)

3.1.13 ซิลิคอน ซิลิคอนมีความสำคัญต่อการเพิ่มความแข็งแรงของผนังเซลล์ ทำให้ลำต้นอ้อยแข็งแรงไม่หักล้มง่าย ช่วยให้อ้อยทนทานต่อการเข้าทำลายของโรคและแมลง ช่วยให้อ้อยมีการสังเคราะห์แสงดีขึ้นและมีประสิทธิภาพการใช้น้ำมากขึ้น ต้านทานต่อความเป็นพิษของอะลูมิเนียม แมงกานีส อ้อยสามารถเจริญเติบโตผ่านช่วงความแห้งแล้งและความหนาวเย็นได้ดีขึ้น ทนทานต่อความเค็มและน้ำขัง นอกจากนี้ยังช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในการสังเคราะห์และกักเก็บน้ำตาลในอ้อย (Calcino *et al.*, 2018)

ซิลิคอนเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบของเปลือกโลกมากถึง 28.8 เปอร์เซ็นต์ (Wedepohl, 1995) แต่อยู่ในรูปที่ละลายได้น้อยมาก แหล่งของซิลิคอน ได้แก่ แคลเซียมซิลิเกตบริสุทธิ์ (24%Si) แคลเซียมซิลิเกตธรรมชาติ (13%Si) (Calcino *et al.*, 2018) พืชดูดใช้ซิลิคอนในรูปของ monomeric silicic acid (H_4SiO_4) ซึ่งเป็นรูปที่พบเป็นส่วนใหญ่ในสารละลายดิน (Epstein, 1994) การละลายได้ของกรด silicic ในสารละลายดิน ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน โดยจะละลายได้ดีเมื่อดินเป็นกรด และการละลายได้จะลดลงเมื่อดินมี pH มากกว่า 9.8 ความเข้มข้นของซิลิคอนในใบอ้อย พบว่า อยู่ในช่วง 0.1 – 3.2 เปอร์เซ็นต์ และโดยทั่วไปพบว่าอ้อยมีการดูดใช้ซิลิคอนไปสะสมในส่วนต่างๆของอ้อยมากถึง 60.8 กิโลกรัม Si ต่อไร่ (Savant *et al.*, 1999) Senties-Herrera *et al.* (2018) พบว่า การฉีดพ่นซิลิคอน ไดออกไซด์ (SiO_2) ความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 mM Si ให้แก่อ้อยพันธุ์ CP-72-2086 ที่อายุ 8 และ 9 เดือนหลังปลูก ทำให้อ้อยมีความสูงเพิ่มขึ้น 5 และ 6 เท่า ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งไม่ได้ฉีดพ่นสารซิลิคอน ในขณะที่พันธุ์ Mex 79-431 และพันธุ์ Mex 69-290 ในกรรมวิธีที่ฉีดพ่นสารซิลิคอนไดออกไซด์ความเข้มข้น 0.5 nM Si ทำให้อ้อยมีความสูงเพิ่มขึ้น 3.5 และ 2.6 เท่า ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ไม่ฉีดพ่นสารซิลิคอน แต่การฉีดพ่นสารซิลิคอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นสูง 1.0 mM ไม่ทำให้อ้อยมีความสูงเพิ่มขึ้น

3.1.14 คลอรีน คลอรีนเป็นธาตุที่มีบทบาทต่อปฏิกิริยาเคมีของแสง (photochemical reaction) ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ช่วยรักษาความสมดุลของไอออนในพืช และช่วยในการกักเก็บน้ำของเนื้อเยื่อพืช (Marschner, 1995) อ้อยดูดใช้คลอรีนในรูปของไอออนคลอรีน (Cl^-) การขาดคลอรีนสามารถแก้ไขได้โดยใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ส่วนดินเค็มและดินซดิกจะมีคลอรีนในปริมาณ

มาก พืชอาจแสดงอาการเป็นพิษ ซึ่งสามารถทำให้ลดลงได้โดยการใช้น้ำชะล้างคลอรีนออกจากดินหรือใส่ยิปซัมเพื่อช่วยให้ดินโปร่งร่วนซุยขึ้นและทำให้น้ำซึมลงง่าย (Calcino *et al.*, 2018) Watanabe *et al.* (2016) รายงานว่า คุณภาพของอ้อยมีความสัมพันธ์ทางลบกับปริมาณคลอรีนในดิน หากดินมีคลอรีนในปริมาณสูงจะมีผลทำให้ความหวานของอ้อยลดลง

3.2 การประเมินระดับปริมาณธาตุอาหารในอ้อย

การประเมินความเพียงพอของระดับปริมาณธาตุอาหารในอ้อยสามารถประเมินได้จากอาการผิดปกติที่พืชแสดงออก และการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบดัดชนี

3.2.1 การประเมินจากอาการผิดปกติที่พืชแสดงออก

การประเมินระดับปริมาณธาตุอาหารในอ้อยจากอาการผิดปกติที่พืชแสดงออก มีหลักการในการสังเกตจากตำแหน่งของใบที่แสดงอาการ หากเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ในพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และโมลิบดีนัม จะแสดงอาการผิดปกติที่ใบแก่ก่อนที่จะลุกลามไปสู่ใบอ่อน ในขณะที่ธาตุที่ไม่เคลื่อนย้ายในพืช ได้แก่ แคลเซียม กำมะถัน เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และโบรอน จะแสดงอาการเริ่มต้นที่ใบอ่อนก่อนที่จะลุกลามไปสู่ใบแก่ อย่างไรก็ตาม การวินิจฉัยอาการที่พืชแสดงออกนี้เป็นเพียงการวินิจฉัยเบื้องต้น หากพบอาการผิดปกติของพืช ควรเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ไปทำการตรวจสอบให้แน่ชัดด้วยการวิเคราะห์ดินต่อไป

ไนโตรเจน หากอ้อยขาดไนโตรเจนจะแสดงอาการจากใบล่างขึ้นมา โดยใบล่างจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นเหลืองเริ่มจากปลายใบเข้าสู่เส้นกลางใบเป็นรูปตัววี (V shape) (ภาพที่ 3.1) อ้อยมีการเจริญเติบโตช้า ต้นเตี้ยแคระแกร็น ขอบปล้องสั้นและเรียวเล็ก แตกกอน้อย มวลรากน้อย ทำให้ได้ผลผลิตลดน้อยลงและมีความหวานต่ำ (McCray *et al.*, 2013; Kumar and Sharma, 2013; Calcino *et al.*, 2018) ในทางกลับกัน หากอ้อยได้รับไนโตรเจนมากเกินไปจะทำให้เกิดการหักล้มได้ง่าย ยืดระยะเวลาการสุกแก่ออกไป ทำให้ปริมาณน้ำตาลลดลง และอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรค เช่น โรคเส้ดำ (smut) และอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของแมลง เช่น หนอนเจาะลำต้น



ภาพที่ 3.1 อาการขาดธาตุไนโตรเจนของอ้อย
ที่มา ศุภกาญจน์ ล้วนมณี

ฟอสฟอรัส อ้อยมักจะขาดฟอสฟอรัสในช่วงระยะแตกกอมากกว่าระยะอื่น เมื่ออ้อยขาดฟอสฟอรัสจะชะงักการเจริญเติบโต แตกกอน้อย ต้นแคระแกร็น ข้อปล้องสั้น ใบแก่ (ใบล่าง) เปลี่ยนเป็นสีเขียวคล้ำ ปลายใบและขอบใบมีสีแดงหรือม่วง (ภาพที่ 3.2) จากนั้นใบแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองจากปลายใบลงมาตามขอบใบ แต่หากอ้อยได้รับฟอสฟอรัสมากเกินไปอาจทำให้อ้อยแสดงอาการขาดทองแดง สังกะสี และเหล็ก ได้ เพราะจะไปทำให้ธาตุดังกล่าวปลดปล่อยให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อยลง (McCray *et al.*, 2013; Kumar and Sharma, 2013; Calcino *et al.*, 2018) Martin *et al.* (1997) พบว่า ดินที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากกว่า 210 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะมึผลทำให้อ้อยมีการดูดใช้สังกะสีและทองแดงลดลง



ภาพที่ 3.2 อาการขาดธาตุฟอสฟอรัสของอ้อย
ที่มา ศุภกาญจน์ ล้วนมณี

โพแทสเซียม เนื่องจากโพแทสเซียมเป็นธาตุที่มีการเคลื่อนย้ายได้ในพืช ดังนั้นเมื่ออ้อยขาดโพแทสเซียม จะแสดงอาการที่ใบล่าง โดยพบว่าใบล่างมีปลายใบและขอบใบมีสีเหลือง (ภาพที่ 3.3) มีจุดประสีน้ำตาลระหว่างเส้นใบ และลุกลามเข้าหาเส้นกลางใบ เส้นกลางใบมีสีแดง ในขณะที่ใบอ่อนมีสีเขียวเข้ม ระบบรากไม่แข็งแรง อ้อยเจริญเติบโตช้า ลำต้นเล็กและแคระแกร็น อ่อนแอต่อโรค (Kumar and Sharma, 2013; McCray *et al.*, 2013)



ภาพที่ 3.3 อาการขาดธาตุโพแทสเซียมของอ้อย
ที่มา ศุภกาญจน์ ล้วนมณี

แคลเซียม การขาดแคลเซียมจะแสดงอาการที่ใบอ่อน เพราะแคลเซียมเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนย้ายในพืช อาการที่พบคือ ใบอ่อนบิดเบี้ยวม้วนงอใบไม่สามารถคลี่ได้เต็มที่ ปลายใบบนและปลายใบล่างติดอยู่ด้วยกันจนเกิดลักษณะคล้ายบันได (ภาพที่ 3.4) ใบล่างมีสีเขียวซีดและมีจุดประสีเหลืองบนแผ่นใบ (Kumar and Sharma, 2013; McCray *et al.*, 2013)



ภาพที่ 3.4 อาการขาดธาตุแคลเซียมของอ้อย
ที่मा ศุภกาญจน์ ล้วนมณี

แมกนีเซียม เมื่ออ้อยขาดแมกนีเซียม จะทำให้อ้อยเจริญเติบโตช้า มีการแตกกออ่อน ใบแก่หรือใบล่างเป็นจุดสีน้ำตาลแดงบนแผ่นใบคล้ายโรคราสนิม (ภาพที่ 3.5) และภายในลำต้นอาจมีสีน้ำตาลแดง อาการขาดแมกนีเซียมเล็กน้อยอาจพบในอ้อยในระยะตั้งตัวและเมื่ออ้อยเจริญเติบโตเต็มที่แล้วจะไม่แสดงอาการ โดยทั่วไปการขาดธาตุแมกนีเซียมจะเกิดขึ้นควบคู่กันกับการขาดธาตุแคลเซียม (McCray *et al.*, 2013; Calcino *et al.*, 2018)



ภาพที่ 3.5 อาการขาดธาตุแมกนีเซียมของอ้อย
ที่मा ศุภกาญจน์ ล้วนมณี

กำมะถัน เมื่ออ้อยขาดกำมะถันใบอ่อนจะมีสีเหลือง บริเวณขอบใบและปลายใบของอ้อยในระยะแรกจะมีสีม่วง จากนั้นขอบใบจะแห้งเป็นจุดๆ และใบจะมีสีเหลืองทั่วทั้งแผ่นแต่จะไม่แห้งตายจากปลายใบซึ่งต่างจากการขาดไนโตรเจน (ภาพที่ 3.6) หากขาดกำมะถันรุนแรง ลำต้นและใบจะมีขนาดเล็ก (McCray *et al.*, 2013)



ภาพที่ 3.6 อาการขาดธาตุกำมะถันของอ้อย
ที่मा ศุภกาญจน์ ล้วนมณี

เหล็ก ธาตุเหล็กเป็นธาตุที่ไม่มีการเคลื่อนย้ายในพืช ดังนั้นเมื่อพืชขาดธาตุเหล็กจะแสดงออกที่ใบอ่อนหรือใบบน โดยแผ่นใบ (leave blade) ระหว่างเส้นใบ (leave veins) มีสีเขียวเหลืองเป็นแถบในแนวยาว ในขณะที่เส้นใบยังมีสีเขียว (ภาพที่ 3.7) และหากขาดธาตุเหล็กรุนแรง ใบจะมีสีเขียวซีดจนถึงขาว หน่อใหม่ที่ออกมาจะไม่เกิดราก (Kumar and Sharma, 2013; McCray *et al.*, 2013) อย่างไรก็ตามอาการขาดธาตุเหล็กอาจเกิดขึ้นเพียงชั่วคราวแล้วกลับมาเป็นปกติ เนื่องจากการขาดธาตุเหล็กส่วนใหญ่ไม่ได้เป็นเกิดจากปริมาณธาตุเหล็กไม่เพียงพอ แต่เป็นเพราะธาตุเหล็กที่อยู่ในดินอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ การขาดธาตุเหล็กของพืชอาจเกิดจากดินอยู่ในสภาพแห้งมากเกินไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินเนื้อหยาบหรือดินทราย เมื่อมีฝนตกหรือได้รับน้ำชลประทานอาการขาดธาตุเหล็กก็จะหายไป การใส่ปุ๋ยมากเกินไปจนทำให้ดินมี pH สูงหรือเป็นด่างก็เป็นสาเหตุให้พืชขาดธาตุเหล็กได้ นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตมากเกินไปหรือความไม่สมดุลของธาตุประจวบกันได้แก่ ทองแดง โมลิบดีนัม และแมงกานีส สามารถทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุเหล็กได้เช่นกันแต่จะเกิดขึ้นเพียงชั่วคราวและไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิต (Calcino *et al.*, 2018)



ภาพที่ 3.7 อาการขาดธาตุเหล็กของอ้อย
ที่มา ศุภกาญจน์ ล้วนมณี

แมงกานีส อาการขาดธาตุแมงกานีสจะแสดงออกที่ใบอ่อนก่อนจะลุกลามไปที่ใบแก่ โดยบนแผ่นใบจะมีแถบสีเหลืองตามแนวยาวระหว่างเส้นใบ (ภาพที่ 3.8) โดยเริ่มจากบริเวณกึ่งกลางใบไปจนถึงปลายใบ หากอ้อยมีอาการขาดแมงกานีสรุนแรง ใบจะมีสีเขียวทั้งใบ อาการขาดแมงกานีสคล้ายกับอาการขาดธาตุเหล็ก แต่อาการขาดธาตุเหล็กจะเริ่มแสดงอาการแถบสีเหลืองจากฐานใบสู่ปลายใบ (Calcino *et al.*, 2018)



ภาพที่ 3.8 อาการขาดธาตุแมงกานีสของอ้อย
ที่มา ศุภกาญจน์ ล้วนมณี

ทองแดง อาการขาดธาตุทองแดงจะแสดงออกที่ใบอ่อนก่อนจะลุกลามไปที่ใบแก่ ปลายใบมีลักษณะลู่ลง บนแผ่นใบจะมีจุดสีเขียวก้ำในขณะที่ยังมีสีเขียว (ภาพที่ 3.9) การขาดธาตุทองแดงทำให้อ้อยมีการแตกกอลดลงและอ่อนแอ เกิดอาการไม่ยืดปล้องหรือมีลักษณะข้อปล้องถี่สั้น (Calcino *et al.*, 2018)



ภาพที่ 3.9 อาการขาดธาตุทองแดงของอ้อย
ที่มา ศุภกาญจน์ ล้วนมณี

สังกะสี หากอ้อยขาดธาตุสังกะสีจะทำให้การเจริญเติบโตของอ้อยช้าลง มีปล้องข้อสั้นกว่าปกติ แตกกอน้อย ผลผลิตลด สังกะสีเป็นธาตุที่มีการเคลื่อนย้ายในพืชได้น้อย การขาดธาตุสังกะสีในช่วงเริ่มแรกของอ้อยจะแสดงอาการจากใบที่ 3 นับจากยอด โดยใบจะมีสีเหลืองซีดเป็นแถบบนแผ่นใบ ในขณะที่เส้นกลางใบและขอบใบยังมีสีเขียว (ภาพที่ 3.10) (Kumar and Sharma, 2013; McCray *et al.*, 2013)



ภาพที่ 3.10 อาการขาดธาตุสังกะสีของอ้อย
ที่มา ศุภกาญจน์ ล้วนมณี

โบรอน อ้อยที่ขาดโบรอนจะแสดงอาการที่ใบอ่อน โดยมีใบบิดเบี้ยว ขอบใบจะมีลักษณะหยักเป็นคลื่น แผ่นใบโปร่งแสงไม่มีสี (ภาพที่ 3.11) ในกรณีที่ขาดโบรอนอย่างรุนแรงจะแสดงอาการปลายใบไหม้ หากอ้อยขาดโบรอนในขณะที่ยังน้อยจะแตกพุ่มแจ้ ใบจะเปราะและขาดง่าย ปลายใบจะแห้งและแยกออกจากกัน (McCray *et al.*, 2013)



ภาพที่ 3.11 อาการขาดธาตุโบรอนของอ้อย
ที่मा ศุภกาญจน์ ล้วนมณี

โมลิบดีนัม อาการขาดธาตุโมลิบดีนัมเริ่มแสดงออกจากใบแก่แล้วค่อยลุกลามไปที่ใบอ่อน อ้อยที่ขาดโมลิบดีนัมจะมีอาการใบแก่แห้งตาย บนแผ่นใบเกิดแถบสีนํ้าเงิน สีสเหลืองซีดตามแนวยาว (ภาพที่ 3.12) อ้อยเจริญเติบโตช้า ลำต้นอ้อยจะสั้นและเรียวยาวเล็ก (Calcino *et al.*, 2018)



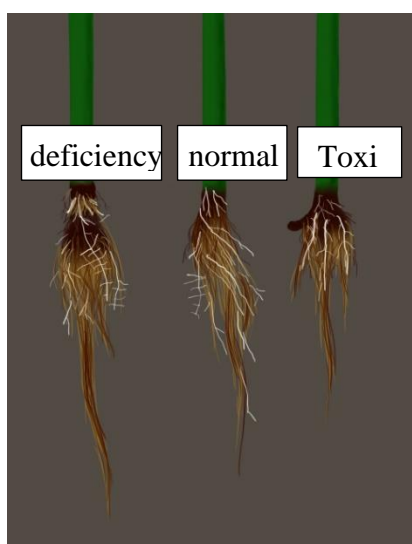
ภาพที่ 3.12 อาการขาดธาตุโมลิบดีนัมของอ้อย
ที่मा ศุภกาญจน์ ล้วนมณี

ซิลิคอน อ้อยที่ขาดซิลิคอนจะมีจุดประสีขาวเหลืองบนแผ่นใบ ดังภาพที่ 3.13 มักจะแสดงอาการที่รุนแรงในใบแก่ นอกจากนั้นยังส่งผลให้ใบแก่ก่อนเวลาอันควร อ้อยที่ขาดซิลิคอนนั้นจะมีการแตกกอและไว้ตอได้น้อย ถึงแม้ว่าซิลิคอนไม่ได้เป็นธาตุอาหารพืชที่จำเป็น แต่มีประโยชน์ช่วยให้ทรงกอตั้งตรง แข็งแรง ไม่หักล้มง่าย ลดความเป็นพิษของอะลูมิเนียม และช่วยเพิ่มผลผลิต นิยมใส่ในรูปแคลเซียมซิลิเกต (Calcino *et al.*, 2018)



ภาพที่ 3.13 อาการขาดธาตุซิลิคอนของอ้อย
ที่मा ศุภกาญจน์ ล้วนมณี

คลอรีน อ้อยที่ขาดคลอรีนใบอ่อนของอ้อยจะยืดยาวและเหี่ยว โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากได้รับอุณหภูมิสูง แต่สามารถกลับคืนสู่สภาพปกติได้ในเวลากลางคืน และเกิดรากแขนงมากเกินไป หากได้รับคลอรีนมากเกินไปจะทำให้รากสั้นผิดปกติและมีรากแขนงน้อย ดังภาพที่ 3.14 พีชชะงักการเจริญเติบโตในขณะที่ปลายใบมีสีเหลืองและแผ่นใบแห้งเป็นจุดๆ (McCray *et al.*, 2013)



ภาพที่ 3.14 อาการขาดธาตุคลอรีนและคลอรีนเป็นพิษของอ้อย
ที่มา ศุภกาญจน์ ล้วนมณี

3.2.2 การประเมินระดับปริมาณธาตุอาหารจากการวิเคราะห์ใบดัชนี

การวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบสามารถใช้ในการประเมินความเพียงพอของธาตุอาหารในอ้อย การตรวจสอบยืนยันผลจากอาการที่พืชแสดงออกหรือมีการเจริญเติบโตที่ผิดปกติซึ่งอาจเป็นผลมาจากปัญหาการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช การตรวจสอบความใช้ได้ของคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน และเป็นแนวทางการจัดการธาตุอาหารต่าง ๆ ซึ่งไม่ได้ทำการวิเคราะห์ในการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน

ใบดัชนี (index leaf) สำหรับใช้ในการประเมินระดับปริมาณธาตุอาหารในใบอ้อย คือใบที่อยู่ในตำแหน่งที่ 3 นับจากยอด โดยให้นับใบที่ยังไม่คลี่เป็นใบที่ 1 โดยเก็บในระยะที่อ้อยมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบหรือเมื่ออ้อยมีอายุ 3-6 เดือนหลังปลูก การเก็บตัวอย่างใบอ้อยควรเก็บในช่วงที่ดินมีความชื้นเหมาะสมโดยอ้อยต้องไม่อยู่ในสภาวะเครียดจากการขาดน้ำ เก็บตัวอย่างใบจำนวน 20 ใบต่อ 1 ตัวอย่าง ตัดบริเวณกึ่งกลางใบให้มีความยาวของแผ่นใบประมาณ 20 เซนติเมตร แล้วเอาเส้นกลางใบออก เก็บไว้ในถุงกระดาษแล้วนำไปเก็บรักษาโดยการแช่เย็นหรือเก็บไว้ในตู้เย็น ก่อนนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ค่าวิกฤติของธาตุอาหารในใบอ้อยแสดงดังตารางที่ 3.1 หากในใบอ้อยมีธาตุอาหารต่าง ๆ อยู่ในระดับวิกฤติ จะมีผลทำให้ผลผลิตลดลงได้ 5-10 เปอร์เซ็นต์ (Anderson and Bowen, 1990)

ตารางที่ 3.1 ระดับวิกฤติความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชและระดับที่เหมาะสมของธาตุอาหารในใบอ้อย

| ธาตุอาหาร | ระดับวิกฤติ | ระดับที่เหมาะสม |
|--|-------------|-----------------|
| ไนโตรเจน (N, %) ^{1/} | 1.80 | 2.00 - 2.60 |
| ฟอสฟอรัส (P, %) ^{1/} | 0.19 | 0.22 - 0.30 |
| โพแทสเซียม (K, %) ^{1/} | 0.90 | 1.00 - 1.60 |
| แคลเซียม (Ca, %) ^{1/} | 0.20 | 0.20 - 0.45 |
| แมกนีเซียม (Mg, %) ^{1/} | 0.12 | 0.15 - 0.32 |
| กำมะถัน (S, %) ^{1/} | 0.13 | 0.13 - 0.18 |
| ซิลิกอน (Si, %) ^{2/} | 0.50 | มากกว่า 0.60 |
| เหล็ก (Fe, มก./กก.) ^{2/} | 50 | 55 - 105 |
| แมงกานีส (Mn, มก./กก.) ^{2/} | 16 | 20 - 100 |
| สังกะสี (Mn, มก./กก.) ^{2/} | 15 | 17 - 32 |
| ทองแดง (Mn, มก./กก.) ^{1/} | 3 | 4 - 8 |
| โบรอน (Mn, มก./กก.) ^{1/} | 4 | 15 - 20 |
| โมลิบดีนัม (Mn, มก./กก.) ^{1/} | 0.05 | - |

ที่มา: ^{1/}Anderson and Bowen (1990) และ ^{2/}McCray and Mylavarapu (2010)

หมายเหตุ: ปริมาณธาตุอาหารที่ระดับวิกฤติ เป็นระดับที่สามารถทำให้ผลผลิตของอ้อยลดลง 5-10% เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณธาตุอาหารที่ระดับเหมาะสม

3.3 ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของอ้อย

ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของอ้อยสามารถนำมาใช้ในการประเมินความต้องการธาตุอาหารของอ้อยได้ ซึ่งปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารของอ้อยนั้นจะมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ทั้งสภาพแวดล้อม พันธุ์ และการจัดการ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต โดยทั่วไป อ้อยที่ปลูกในระบบชลประทานและในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงจะมีการดูดใช้ธาตุอาหารสูงกว่าอ้อยที่ปลูกในเขตน้ำฝนและในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าอ้อยที่เริ่มต้นปลูกในฤดูร้อนจะดูดใช้ธาตุอาหารไปสะสมมากกว่าอ้อยที่เริ่มต้นปลูกในฤดูหนาว (Meyer *et al.*, 2011)

Calcino *et al.* (2018) ได้รายงานปริมาณการสะสมของธาตุอาหารในอ้อยที่ปลูกในรัฐควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลีย พบว่าประกอบด้วย ไนโตรเจน 0.67 – 1.15 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1 ตัน ฟอสฟอรัส 0.10 – 0.24 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1 ตัน โพแทสเซียม 0.76 – 2.18 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1 ตัน แคลเซียม 0.11 – 0.28 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1 ตัน แมกนีเซียม 0.10 – 0.29 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1 ตัน กำมะถัน 0.15 – 0.36 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1 ตัน แมงกานีส 10 – 30 กรัมต่อผลผลิต 1 ตัน เหล็ก 30 – 165 กรัมต่อผลผลิต 1 ตัน สังกะสี 2 – 5 กรัมต่อผลผลิต 1 ตัน และทองแดง 0 – 1 กรัมต่อผลผลิต 1 ตัน

ในขณะที่อ้อยที่ปลูกในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศไทยมีปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารทั้งหมดประกอบด้วย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เฉลี่ย 1.30 0.65 2.10 0.50 และ 0.29 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1 ตัน (ตารางที่ 3.2) ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมอยู่ในส่วนของลำอ้อย ประกอบด้วยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เฉลี่ย 0.66 0.38 1.10 0.22 และ 0.21 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1 ตัน (ตารางที่ 3.2) ซึ่งธาตุอาหารที่อยู่ในส่วนของลำจะสูญหาย

ออกไปจากพื้นที่จากการนำผลผลิตอ้อยส่งเข้าโรงงานน้ำตาล ในขณะที่ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมอยู่ในใบ ประกอบด้วยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เฉลี่ย 0.68 0.20 1.08 0.30 และ 0.09 กิโลกรัมต่อผลผลิต 1 ตัน (ตารางที่ 3.2) ซึ่งหากปล่อยทิ้งไว้ในพื้นที่ธาตุอาหารในส่วนนี้ก็จะกลับคืนลงสู่ดินและย่อยสลายปลดปล่อยธาตุอาหารให้อ้อยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในฤดูถัดไปได้ แต่หากมีการเผาใบจะทำให้คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และกำมะถัน สูญหายไปในรูปแบบของก๊าซ Luanmanee and Paisanchoen (2011) ได้ประเมินการการสูญหายของธาตุไนโตรเจนในพื้นที่ปลูกอ้อยในภาพรวมของทั้งประเทศ จากการนำส่วนของลำต้นเข้าสู่โรงงานน้ำตาลและการเผาเศษซากใบอ้อยในพื้นที่ พบว่า จะมีไนโตรเจนสูญหายไปจากพื้นที่ปลูกอ้อยประมาณ 53.80 กิโลกรัม N ต่อเฮกตาร์ต่อปี

ตารางที่ 3.2 ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารทั้งหมดของอ้อยแต่ละพันธุ์ในอ้อยปลูกและอ้อยตอ

| พันธุ์ | อ้อย ปลูก/ อ้อยตอ | ผลผลิต (ตัน/ไร่) | ปริมาณธาตุอาหารในลำอ้อย (กก./ผลผลิต 1 ตัน) | | | | | ปริมาณธาตุอาหารในใบอ้อย (กก./ผลผลิต 1 ตัน) | | | | | ปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดในอ้อย (กก./ผลผลิต 1 ตัน) | | | | | แหล่งข้อมูล |
|---------------|-------------------------|---------------------|---|------|------|------|------|---|------|------|------|------|--|------|------|------|------|---------------------|
| | | | N | P | K | Ca | Mg | N | P | K | Ca | Mg | N | P | K | Ca | Mg | |
| ขอนแก่น 3 | อ้อยปลูก | 13.76 | 0.61 | 0.42 | 1.05 | 0.18 | 0.27 | 0.62 | 0.20 | 1.05 | 0.18 | 0.09 | 1.24 | 0.61 | 2.10 | 0.36 | 0.36 | (1) (2) (3) |
| ขอนแก่น 3 | อ้อยตอ | 12.65 | 0.67 | 0.41 | 1.13 | 0.27 | 0.18 | 0.44 | 0.15 | 0.84 | 0.34 | 0.09 | 1.10 | 0.56 | 1.97 | 0.60 | 0.27 | (1) (2) (3) |
| LK92-11 | อ้อยปลูก | 13.44 | 0.69 | 0.41 | 1.13 | 0.16 | 0.25 | 0.90 | 0.26 | 1.41 | 0.21 | 0.10 | 1.46 | 0.93 | 2.28 | 0.34 | 0.29 | (1) (2) (3) (4) (5) |
| LK92-11 | อ้อยตอ | 11.65 | 0.70 | 0.39 | 1.06 | 0.25 | 0.15 | 0.58 | 0.18 | 0.96 | 0.46 | 0.09 | 1.28 | 0.57 | 2.02 | 0.71 | 0.24 | (1) (2) (3) (4) (5) |
| สุพรรณบุรี 80 | อ้อยปลูก | 15.59 | 1.04 | 0.53 | 1.86 | - | - | 1.05 | 0.30 | 1.10 | - | - | 2.09 | 0.82 | 2.96 | - | - | (4) |
| สุพรรณบุรี 80 | อ้อยตอ | 12.59 | 0.52 | 0.56 | 1.83 | - | - | 0.81 | 0.28 | 1.27 | - | - | 1.33 | 0.83 | 3.10 | - | - | (4) |
| อุทุม 14 | อ้อยปลูก | 19.05 | 0.44 | 0.14 | 0.73 | - | - | 0.72 | 0.15 | 1.03 | - | - | 1.16 | 0.29 | 1.75 | - | - | (5) |
| อุทุม 14 | อ้อยตอ | 11.00 | 0.62 | 0.10 | 0.36 | - | - | 0.25 | 0.06 | 0.35 | - | - | 0.87 | 0.16 | 0.72 | - | - | (5) |
| | เฉลี่ย | 13.34 | 0.66 | 0.38 | 1.10 | 0.22 | 0.21 | 0.68 | 0.20 | 1.08 | 0.30 | 0.09 | 1.30 | 0.65 | 2.10 | 0.50 | 0.29 | |

หมายเหตุ แหล่งข้อมูล (1) ศุภกาญจน์และคณะ (2558) (2) วัลลีย์และคณะ (2558) (3) สมควรและคณะ (2558) (4) อุทุมและคณะ (2558) (5) สมฤทัยและคณะ (2558)

เอกสารอ้างอิง

- ปรีชา ประจวบเหมาะ และอุดม รัตนารักษ์. 2536. การทดลองปุ๋ยอ้อยที่ปลูกในดินร่วนเหนียวสีน้ำตาล สภาพมีการชลประทาน. หน้า 160-176. ใน: *รายงานการประชุมวิชาการอ้อยและน้ำตาลทรายแห่งชาติ ครั้งที่ 1*. สำนักงานปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กรุงเทพฯ
- วัลลีย์ อมรพล ศุภกาญจน์ ล้วนมณี ศรีสุดา ทิพย์รักษ์ กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ และรุ่งรวี บุญทั้ง. 2558. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินทราย: ชุดดินสัดหีบ และชุดดินบ้านปึง. *รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ประจำปีงบประมาณ 2558*. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 36 หน้า.
- ศุภกาญจน์ ล้วนมณี กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ดาวรุ่ง คงเทียน. 2557. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อยในดินทรายชุดดินบ้านไผ่ โดยการจัดการดินและปุ๋ยไนโตรเจนอย่างเหมาะสม. หน้า 121-132. ใน: *เรื่องเต็ม การประชุมวิชาการอ้อยและน้ำตาลแห่งชาติ ประจำปี 2557*.
- ศุภกาญจน์ ล้วนมณี กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ วัลลีย์ อมรพล ศรีสุดา ทิพย์รักษ์ ชัยนต์ ภัคดีไทย และดาวรุ่ง คงเทียน. 2558. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินทราย: ชุดดินบ้านไผ่. *รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ประจำปีงบประมาณ 2558*. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 28 หน้า.
- สมควร คล่องข้าง กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ศุภกาญจน์ ล้วนมณี ดาวรุ่ง คงเทียน อุดม วงศ์ชนะภัย อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์ และบรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์. 2558. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินเหนียว: ชุดดินทับทิม. *รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ประจำปีงบประมาณ 2558*. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 15 หน้า.
- สมฤทัย ต้นเจริญ ดาวรุ่ง คงเทียน กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ศุภกาญจน์ ล้วนมณี และอนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์. 2558. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินต่าง: ชุดดินชุดดินตาคาลี. *รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ประจำปีงบประมาณ 2558*. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 16 หน้า
- อุดม วงศ์ชนะภัย กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ สมควร คล่องข้าง ดาวรุ่ง คงเทียน ศุภกาญจน์ ล้วนมณี และวัลลีย์ อมรพล. 2558. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในดินเหนียว ชุดดินราชบุรี. *รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ประจำปีงบประมาณ 2558*. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 20 หน้า.
- Anderson, D. L. and J. E. Bowen. 1990. *Sugarcane Nutrition*. Potash and Phosphate Institute, Atlanta, GA.
- Arnon, D. I. and P. R. Stout. 1939. The Essential of Certain Elements in Minute Quantity for Plants with Special Reference to Copper. *Plant Physiol.* 14: 371-375.

- Calcino, D.; B. Schroeder; J. Panitz; A. Hurney; and A. Wood. 2018. *Australian Sugarcane Nutrition Manual*. Sugar Research Australia Limited. 114 p.
- Epstein, E. 1994. The Anomaly of Silicon in Plant Biology. *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.* 91: 11-17.
- Franco, H.C.J.; E. Mariano; A.C. Vitti; C.E. Faroni; R. Otto and P.C.O. Trivelin. 2011. Sugarcane Response to Boron and Zinc in Southeastern Brazil. *Sugar Tech.* 13 (1): 86-95.
- Kumar, P. and M. K. Sharma. 2013. *Nutrient Deficiencies of Field Crops: Guide to Diagnosis and Management*. CABI. Boston, MA. 378 p.
- Luanmanee, S. and K. Paisancharoen. 2011. Nitrogen Balance in Upland Fields of Thailand. Food & Fertilizer Technology Center. *Extension Bulletin* 642. 12 p.
- Luanmanee, S.; K. Paisancharoen and D. Kongtien. 2016. Optimum Soil and Nutrient Management for Increasing Sugarcane Productivity on Sandy Soils in Northeast Thailand. *Proceeding of the International Society of Sugar Cane Technologists*. 29: 1-4.
- Marangoni, F.F.; R. Otto; R.F. Almeida; V. Casarin, G.C. Vitti and C.S. Tiritan. 2019. Soluble Sources of Zinc and Boron on Sugarcane Yield in Southeast Brazil. *Sugar Tech.* 21: 917-924.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd Edition. Academic Press, London. 889 p.
- 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
- McCray J.M.; R.W. Rice; I.V. Ezenwa; T.A. Lang and L. Baucum. 2013. *Sugarcane Plant Nutrient Diagnosis*. University of Florida. 12 p.
- Meyer, J.; P. Rein; P. Turner and K. Mathias. 2011. *Good Management Practices Manual for the Cane Sugar Industry (Final)*. The International Finance Corporation, World Bank. Johannesburg, South Africa. 696 p.
- Savant, N.K.; G.H. Korndöfer; L.E. Datnoff and G.H. Snyder. 1999. Silicon Nutrition and Sugarcane Production: A review. *J. Plant Nutri.* 22 (12): 1853-1903.

- Senties-Herrera, H.E.; L.I. Trejo-Téllez; V.H. Volke-Haller; J. Cadena-Íñiguez; P. Sánchez-García and F.C. Gómez-Merino. 2018. Iodine, Silicon, Vanadium Differentially Affect Growth, Flowering, and Quality Components of Atalks in Sugarcane. *Sugar Tech.* 20 (5): 518 – 533.
- Watanabe, K.; J. Tominaga; S. Yabuta; H. Takaragawa; R. Suwa; M. Ueno and Y. Kawamitsu. 2017. Effect of Different Kinds of Potassium and Chloride Salts on Sugarcane Quality and Photosynthesis. *Sugar Tech.* 19 (4): 378–385.
- Watanabe, K.; M. Nakabaru; E. Taira; M. Ueno and Y. Kawamitsu. 2016. Relationships between Nutrients and Sucrose Concentrations in Sugarcane Juice and Use of Juice Analysis for Nutrient Diagnosis in Japan. *Plant Production Science* 19 (2): 215-222.

บทที่ 4

การตอบสนองต่อธาตุอาหารของอ้อย

4.1 หลักการพัฒนาสมการการตอบสนองต่อธาตุอาหารของพืช

การประเมินการใช้ปุ๋ยในการผลิตพืชในแต่ละสภาพพื้นที่ที่มีความแตกต่างของสมบัติของดินและสภาพภูมิอากาศทำได้โดยศึกษาการตอบสนองต่อธาตุอาหารของอ้อยในสภาพไร่และวิเคราะห์สมการการตอบสนองต่อธาตุอาหารในรูปแบบต่าง ๆ ตามกฎแห่งการลดน้อยถอยลงของ Mitscherlich (Mitscherlich's Law of Diminishing Returns) ซึ่งกล่าวไว้ว่า “การเพิ่มปัจจัยผันแปรชนิดหนึ่งชนิดใดในขณะที่ปัจจัยชนิดอื่นคงที่ ในช่วงแรกผลผลิตทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นตามอัตราที่เพิ่มขึ้น จนถึงจุดที่ได้รับผลผลิตสูงสุด หลังจากนั้นผลผลิตก็จะลดต่ำลง” กล่าวคือ เมื่อเพิ่มปริมาณปุ๋ยที่เป็นตัวจำกัด ผลผลิตจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นจนถึงระดับสูงสุด หลังจากนั้นอัตราการตอบสนองต่อปุ๋ยจะลดต่ำลงจนถึงศูนย์หรือติดลบเมื่อเพิ่มปริมาณปุ๋ยให้สูงขึ้นไปอีก ลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและอัตราปุ๋ยจะเป็นแบบเส้นโค้ง (curvilinear function) สามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้หลายรูปแบบ โดยจะกำหนดให้ปัจจัยตัวใดตัวหนึ่งเป็นปัจจัยผันแปร และกำหนดให้ปัจจัยอื่น ๆ คงที่ รูปแบบสมการที่สำคัญ ได้แก่ quadratic, square root หรือ logarithmic (Mengel, 1983; Johnson, 1991; Dhakal and Lange, 2021)

การเลือกแบบจำลองหรือโมเดลการตอบสนองต่อปุ๋ยที่เหมาะสม ต้องคำนึงถึงสภาพดินและสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องในระบบการผลิต และโมเดลที่นำมาใช้ต้องมีลักษณะของความสัมพันธ์ที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงและมีความเชื่อมั่นทางสถิติสูง (โชติ, 2539) การตอบสนองต่อปุ๋ยของพืชไม่เพียงขึ้นอยู่กับระดับธาตุอาหารพืชที่มีอยู่ในดินเท่านั้น แต่ยังเกี่ยวข้องกับสรีระวิทยา (Physiology) และสัณฐานวิทยา (Morphology) ของพืชด้วย พันธุ์พืชที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงมักจะตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยได้ดีกว่าพันธุ์ที่มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ (Mengel, 1983)

4.2 วิธีการสร้างสมการการตอบสนองต่อธาตุอาหารของอ้อย

การสร้างสมการการตอบสนองต่อธาตุอาหารของอ้อยได้จากการทดลองการตอบสนองต่อปุ๋ยของอ้อยในสภาพไร่ โดยควรเลือกตัวแทนพื้นที่ทดลองจากแหล่งปลูกอ้อยที่สำคัญ และเลือกตัวแทนดินที่มีระดับธาตุอาหารแตกต่างกัน ได้แก่ กลุ่มดินเหนียว กลุ่มดินร่วน กลุ่มดินทราย เป็นต้น และในการทดลองในแต่ละสถานที่ หากต้องการศึกษาการตอบสนองต่อไนโตรเจน ทุกกรรมวิธีทดลองต้องใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชในระดับที่เพียงพอต่อความต้องการของอ้อยหรือใส่ตามคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ส่วนอัตราปุ๋ยไนโตรเจนควรทดสอบอย่างน้อย 4-6 ระดับ ประกอบด้วย อัตรา 0 50 100 150 200 เปอร์เซ็นต์ หรือ 0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 เท่าของอัตราแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินที่มีอยู่เดิม ดังนั้นอัตราปุ๋ยที่ทดสอบการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนจะเป็นดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 $0N - 1.0P_2O_5 - 1.0K_2O$

กรรมวิธีที่ 2 $0.5N - 1.0P_2O_5 - 1.0K_2O$

กรรมวิธีที่ 3 $1.0N - 1.0P_2O_5 - 1.0K_2O$

กรรมวิธีที่ 4 $1.5N - 1.0P_2O_5 - 1.0K_2O$

กรรมวิธีที่ 5 $2.0N - 1.0P_2O_5 - 1.0K_2O$

จากนั้นนำข้อมูลผลผลิตของอ้อยจากการใช้ปุ๋ยที่ระดับต่างๆ ไปสร้างกราฟ scatter plot ให้ อัตราปุ๋ยเป็นแกน X ผลผลิตอ้อยเป็นแกน Y และสร้างเส้นแนวโน้ม (trendline) โดยเลือกใช้สมการเส้นแนวโน้มที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงสุด ดังตัวอย่างในภาพที่ 4.1

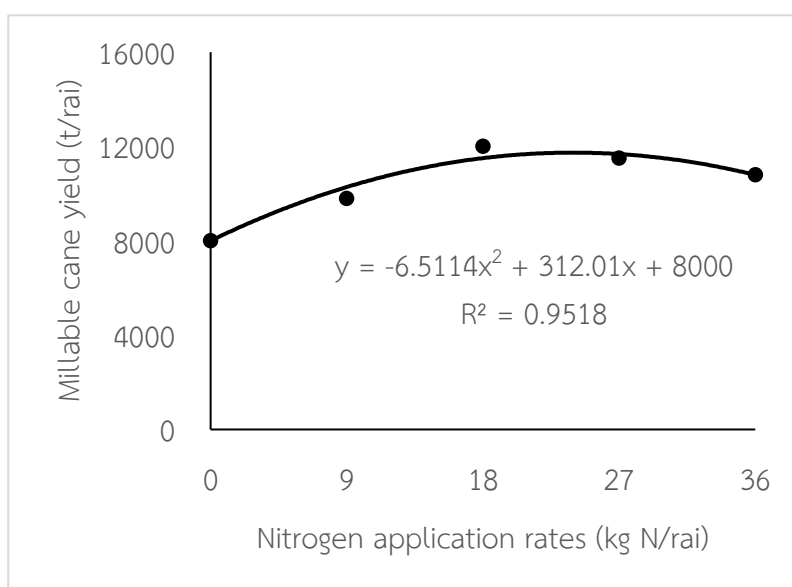
กรรมวิธีที่ 1 ใส่ปุ๋ย 0 กิโลกรัม N ต่อไร่ ผลผลิตที่ได้ 8 ตันต่อไร่

กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ย 9 กิโลกรัม N ต่อไร่ ผลผลิตที่ได้ 9.8 ตันต่อไร่

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ย 18 กิโลกรัม N ต่อไร่ ผลผลิตที่ได้ 12 ตันต่อไร่

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ย 27 กิโลกรัม N ต่อไร่ ผลผลิตที่ได้ 11.5 ตันต่อไร่

กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ย 36 กิโลกรัม N ต่อไร่ ผลผลิตที่ได้ 10.8 ตันต่อไร่



ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างกราฟและสมการการตอบสนองต่อไนโตรเจนของอ้อย

จากการทดลองดังกล่าว จะให้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแบบ Quadratic โดยให้สมการการตอบสนอง $Y = -6.5114x^2 + 312.01x + 8000$ ($R^2 = 0.9518$) โดยที่ Y หมายถึง ผลผลิตอ้อย (ตันต่อไร่) และ X หมายถึงอัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กิโลกรัม N ต่อไร่) ซึ่งสมการดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการทำนายหรือประเมินผลผลิตอ้อยจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในพื้นที่ดังกล่าวได้ อย่างไรก็ตาม การตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยของอ้อยในแต่ละพื้นที่อาจแตกต่างกันในอ้อยแต่ละพันธุ์ ดังนั้นผลการทดลองในแต่ละครั้งจำเป็นต้องระบุพันธุ์อ้อยที่ใช้ในการศึกษาให้ชัดเจน

การตอบสนองต่อธาตุอาหารของพืชขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ระดับของธาตุอาหารในดิน ความเป็นกรด-ด่างของดินซึ่งมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร (nutrient availability) เนื้อดินซึ่งมีผลต่อการถ่ายเทอากาศและระบายน้ำในดินรวมถึงการดูดยึดและการปลดปล่อยธาตุอาหาร และอินทรีย์วัตถุในดินซึ่งมีผลต่อสมบัติของดินทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ นอกจากนี้การตอบสนองต่อธาตุอาหารของพืชยังขึ้นอยู่กับพันธุ์พืชอีกด้วยเนื่องจากเกี่ยวข้องกับสรีรวิทยาและสัณฐานวิทยาของพืช พันธุ์พืชที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงโดยทั่วไปจะตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยได้ดีกว่าพันธุ์ที่มี

อัตราการเจริญเติบโตต่ำ อีกทั้งระบบรากของพืชยังมีผลต่อการตอบสนองต่อธาตุอาหารอีกด้วย พืชตระกูลหญ้ามีระบบรากลึกดังนั้นจึงมีการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทชและปุ๋ยฟอสเฟตน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับพืชใบเลี้ยงคู่ (Mengel, 1983)

ปรีชาและอุดม (2535) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ผลผลิตอ้อยเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งอ้อยต่อ เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอ้อยต่อจะให้ผลผลิตมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างเด่นชัด โดยทั่วไป อ้อยปลูกจะตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่เกิน 12 กิโลกรัม N ต่อไร่ ส่วนดินมีอินทรีย์วัตถุ 3 - 4 เปอร์เซ็นต์ หรืออ้อยที่ปลูกในพื้นที่ที่ไม่มีการให้น้ำเสริมและมีความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน ควรลดอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนลง แต่อ้อยต่อในพื้นที่ที่มีการให้น้ำเสริมหรือมีการชลประทาน พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 24 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้อ้อยต่อให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสเฟตนั้น พบว่า ถ้าดินมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อ้อยจะตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสเฟตอย่างเด่นชัด แต่ถ้าดินมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากกว่า 15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตไม่ทำให้ผลผลิตอ้อยเพิ่มขึ้น ดังนั้นดินที่มีฟอสฟอรัสสูง การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตควรลดอัตราลง ใส่ในอัตราที่สามารถรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้เท่านั้น ส่วนการตอบสนองต่อโพแทสเซียมของอ้อย พบว่า แม้ว่าดินจะมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในปริมาณต่ำ 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่การใส่ปุ๋ยโพแทชในอัตราไม่เกิน 15 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ไม่ทำให้ผลผลิตอ้อยเพิ่มขึ้น และไม่ทำให้ความหวานของอ้อยหรือค่า CCS ของอ้อยเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับกับ Calcino *et al.* (2018) ซึ่งรายงานว่ อ้อยมักจะไม่ได้แสดงอาการขาดโพแทสเซียมและตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทชน้อยมาก แม้ว่าในดินจะมีค่าวิเคราะห์โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่า 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

4.3 การตอบสนองต่อธาตุอาหารของอ้อยในกลุ่มดินเหนียว

4.3.1 ชุดดินทับทรวง

ชุดดินทับทรวง (Fine, mixed, active, isohyperthermic Ultic Haplustalfs) โดยทั่วไปดินบนมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวถึงดินร่วนเหนียว มีสีน้ำตาลเข้มหรือสีน้ำตาลปนแดงเข้ม ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง (pH 6.0-7.0) ดินล่างเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง มีสีน้ำตาลปนแดงหรือสีน้ำตาลปนเหลือง มีปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงเป็นด่างจัด (pH 7.0-8.5) เป็นดินลึกปานกลางและพบชั้นปูนทุติยภูมิในดินล่าง ซึ่งอาจทำให้พืชที่มีระบบรากลึกขาดฟอสฟอรัสและจุลธาตุบางชนิดได้

สมควรและคณะ (2558ก) ศึกษาการตอบสนองต่อไนโตรเจนของอ้อยในชุดดินทับทรวง จังหวัดนครสวรรค์ ที่มีปฏิกริยาของดินเป็นกลาง (pH 7.14) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 1.65 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 14 และ 334 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ให้ผลดังนี้

เมื่อไม่ปรับปรุงดิน อ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 18 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตสูงสุด 11,612 กิโลกรัมต่อไร่ และมีสมการการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -3.3531X^2 + 222.36X + 8874$ ($R^2 = 0.8985$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึงอัตรา 12 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตสูงสุด 11,540 กิโลกรัมต่อไร่ และมีสมการการตอบสนอง

ต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -17.523X^2 + 458.5X + 8757$ ($R^2 = 0.9842$) (ตารางที่ 4.1) ซึ่งจะเห็นได้ว่า อ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ยังคงให้ผลผลิตเพิ่มเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 18 กิโลกรัม N ต่อไร่ ดังนั้นหากต้องการให้อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ให้ผลผลิตสูง จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสูง ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 12 กิโลกรัม N ต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มให้ผลผลิตลดลง อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากสมการการตอบสนองต่อปุ๋ย พบว่า อ้อยปลูกพันธุ์ LK92-11 มีค่าความชัน (b) ของสมการการตอบสนองต่อปุ๋ยเท่ากับ 458.5 มากกว่าพันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งให้ค่า b เท่ากับ 222.36 หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือพันธุ์ LK92-11 มีอัตราการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่าพันธุ์ขอนแก่น 3 ดังนั้นในกรณีที่ปุ๋ยมีราคาแพง การใช้พันธุ์ LK92-11 มีโอกาสได้รับผลตอบแทนสูงกว่าพันธุ์ขอนแก่น 3

เมื่อปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่ผสมแกลบอัตรา 1 ตัน (น้ำหนักแห้ง) ต่อไร่ พบว่า อ้อยปลูกทั้งสองพันธุ์ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแม้ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ทั้งนี้เนื่องจากมูลไก่ผสมแกลบสามารถปลดปล่อยไนโตรเจนส่วนหนึ่งให้อ้อยนำไปใช้ได้และนอกจากนี้ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ยังช่วยในการดูดซับธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมีไม่ให้สูญหายได้ง่าย พืชจากสามารถนำไนโตรเจนไปใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตได้ดีกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว โดยอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 และพันธุ์ LK92-11 มีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 18 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยพันธุ์ขอนแก่น 3 ให้ผลผลิตสูงสุด 13,384 กิโลกรัมต่อไร่ และมีสมการการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = 9.0212X^2 - 10.268X + 10544$ ($R^2 = 0.9568$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ให้ผลผลิตสูงสุด 12,283 กิโลกรัมต่อไร่ และมีสมการการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -18.907X^2 + 512.79X + 9094$ ($R^2 = 0.9805$) (ตารางที่ 4.1)

4.3.2 ชุดดินเพชรบุรี

ชุดดินเพชรบุรี (Fine-silty, mixed, active, isohyperthermic Aquic Haplustalfs) โดยทั่วไปเป็นดินลึก ดินบนเป็นดินร่วนเหนียว ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง ดินร่วน มีสีน้ำตาลหรือน้ำตาลปนเทา ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.5-6.5) ดินล่างเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง สีน้ำตาลหรือน้ำตาลปนเหลือง จุดประสีน้ำตาลเข้ม ปฏิกิริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงปานกลาง (pH 6.0-7.0)

สมควรและคณะ (2558ข) ศึกษาการตอบสนองต่อไนโตรเจนของอ้อยในชุดดินเพชรบุรี จังหวัดนครปฐม ที่มีปฏิกิริยาดินเป็นกรดปานกลาง (pH 5.7) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 1.97 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 24 และ 253 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ให้ผลดังนี้

เมื่อไม่มีการปรับปรุงดิน อ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 18 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตสูงสุด 15,191 กิโลกรัมต่อไร่ และมีสมการการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -23.702X^2 + 769.64X + 9014$ ($R^2 = 1$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 12 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตสูงสุด 14,355 กิโลกรัมต่อไร่ และมีสมการการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -31.488X^2 + 872.32X + 8245$ ($R^2 = 0.9971$) แสดงให้เห็นว่าหากต้องการให้อ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ให้ผลผลิตสูงจำเป็นต้องใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูง ในขณะที่อ้อยปลูกพันธุ์ LK92-11 หากใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงกว่า 12 กิโลกรัม N ต่อไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิตลดลง และเมื่อพิจารณาอัตราการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนพบว่าอ้อยพันธุ์ LK92-11 มีอัตราการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน

มากกว่าพันธุ์ขอนแก่น 3 โดยมีค่าความชัน (b) เท่ากับ 872.32 ในขณะที่พันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่า b เท่ากับ 769.64 (ตารางที่ 4.2)

เมื่อปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่ผสมแกลบอัตรา 1 ตัน (น้ำหนักแห้ง) ต่อไร่ พบว่า อ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 และพันธุ์ LK92-11 ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแม้ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน แสดงว่าอ้อยสามารถดูดใช้ไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตได้ แต่ผลผลิตที่ได้จากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียวให้ผลผลิตต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนในอัตราแนะนำ (12 กิโลกรัม N ต่อไร่) และพบว่าอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 และพันธุ์ LK92-11 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 12 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยพันธุ์ขอนแก่น 3 ให้ผลผลิตสูงสุด 17,468 กิโลกรัมต่อไร่ และมีสมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -25.931X^2 + 810.37X + 10812$ ($R^2 = 0.9659$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ให้ผลผลิตสูงสุด 15,044 กิโลกรัมต่อไร่ และมีสมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -37.445X^2 + 948.29X + 8748$ ($R^2 = 0.9908$) (ตารางที่ 4.2) จะเห็นได้ว่าเมื่อปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ อ้อยทั้ง 2 พันธุ์ มีการตอบสนองต่อปุ๋ยลดต่ำลง ทั้งนี้เนื่องจากอ้อยได้รับไนโตรเจนบางส่วนจากปุ๋ยอินทรีย์ ดังนั้นหากใส่ปุ๋ยอินทรีย์มากกว่า 12 กิโลกรัม N ต่อไร่ อาจมากเกินไปกว่าความต้องการของอ้อย จึงส่งผลให้ผลผลิตอ้อยลดน้อยลงเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนเพิ่มขึ้นถึง 18 กิโลกรัม N ต่อไร่

4.3.3 ชุดดินราชบุรี

ชุดดินราชบุรี (Fine, mixed, active, nonacid, isohyperthermic Vertic (Aeric) Endoaquepts) เป็นดินลึก ดินบนมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายแป้งหรือดินเหนียว สีน้ำตาลปนเทาเข้ม มีจุดประสีน้ำตาลแก่และน้ำตาลปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกลาง (pH 5.5-7.0) ดินล่างตอนบนเป็นดินเหนียว สีน้ำตาลปนเทาเข้มหรือน้ำตาลเข้ม มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองน้ำตาลและน้ำตาลปนเหลือง มีปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 7.0-8.0) มีการระบายน้ำไม่ดี มักมีน้ำท่วมขังยาวนาน

อุดมและคณะ (2558) ศึกษาการตอบสนองต่อไนโตรเจนของอ้อยในชุดดินราชบุรี จังหวัดราชบุรี ที่มีปฏิกริยาของดินเป็นกลาง (pH 7.4) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 1.62 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 32 และ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ให้ผลดังนี้

เมื่อไม่มีการปรับปรุงดิน อ้อยปลูกพันธุ์สุพรรณบุรี 80 และพันธุ์ LK92-11 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 18 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยพันธุ์สุพรรณบุรี 80 ให้ผลผลิตสูงสุด 17,020 กิโลกรัมต่อไร่ และมีสมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -10.058X^2 + 322.81X + 14070$ ($R^2 = 0.4811$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ให้ผลผลิตสูงสุด 14,740 กิโลกรัมต่อไร่ และมีสมการการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -44.262X^2 + 757.06X + 12550$ ($R^2 = 0.6641$) (ตารางที่ 4.3) ซึ่งจะเห็นได้ว่า อ้อยปลูกพันธุ์สุพรรณบุรี 80 ที่ปลูกในชุดดินราชบุรีสามารถให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ LK92-11 แม้ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ดังนั้น การปลูกอ้อยในดินเหนียวชุดดินราชบุรี จังหวัดนครปฐม ควรแนะนำให้เกษตรกรปลูกอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 80

เมื่อปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่ผสมแกลบอัตรา 1 ตัน (น้ำหนักแห้ง) ต่อไร่ พบว่า อ้อยปลูกทั้ง 2 พันธุ์ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแม้ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน แสดงว่าอ้อยสามารถดูดใช้ไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์ไปใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตได้ และพบว่าอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 80 และ

พันธุ์ LK92-11 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนลดลง โดยให้ผลผลิตสูงสุด 16,780 และ 16,980 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 6 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยพันธุ์สุพรรณบุรี 80 ให้สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -34.13X^2 + 597.41X + 14290$ ($R^2 = 0.9937$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ให้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -24.313X^2 + 830.35X + 7630$ ($R^2 = 0.9989$) (ตารางที่ 4.3)

4.3.4 ชุดดินสมอทอด

ชุดดินสมอทอด (Very-fine, Smectitic, isohyperthermic Chromic Haplusterts) เป็นดินสีมาก ดินบนเป็นดินเหนียว ดินร่วนปนดินเหนียว หรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีนํ้าตาลเข้มหรือนํ้าตาลปนแดงเข้ม ปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงด่างปานกลาง (pH 7.0-8.0) ดินล่างตอนบนเป็นดินเหนียว สีนํ้าตาลเข้มหรือนํ้าตาล มีจุดประ ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด (pH 5.0-5.5) ส่วนตอนล่างมีสีนํ้าตาลปนเหลืองหรือนํ้าตาลปนเทา มีจุดประสีนํ้าตาล สีแดง และสีเทา ปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงด่างปานกลาง (pH 7.0-8.0) มักพบก้อนปูนทุติยภูมิปะปนกับเศษหินผุในชั้นลึก ๆ

สมฤทัยและคณะ (2558) ศึกษาการตอบสนองต่อไนโตรเจนของอ้อยในชุดดินสมอทอด จังหวัดนครสวรรค์ ที่มีปฏิกริยาของดินเป็นด่างเล็กน้อย (pH 7.8) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ 3.07 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 32 และ 210 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ให้ผลดังนี้

เมื่อไม่ปรับปรุงดิน อ้อยปลูกพันธุ์อู่ทอง 14 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 6 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตสูงสุด 21,000 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -49.415X^2 + 735.96X + 18300$ ($R^2 = 0.9982$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนโดยสมการการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.0244 ซึ่งจะเห็นว่า หากไม่ใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน อ้อยปลูกทั้ง 2 พันธุ์ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน แต่พันธุ์อู่ทอง 14 ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนถึง 6 กิโลกรัม N ต่อไร่ ส่วนพันธุ์ LK92-11 ไม่ตอบสนองต่อปุ๋ย ดังนั้นหากปลูกอ้อยพันธุ์ LK92-11 ในชุดดินสมอทอด อาจใส่ปุ๋ยเพียงเล็กน้อยไม่เกิน 3 กิโลกรัม N ต่อไร่

เมื่อปรับปรุงดินด้วยกำมะถันผง 100 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่า อ้อยปลูกพันธุ์อู่ทอง 14 ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแม้ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 3 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตสูงสุด 22,700 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -63.45X^2 + 439.47X + 22000$ ($R^2 = 0.9977$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ตอบสนองต่อปุ๋ยถึง 3 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตสูงสุด 18,600 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -57.018X^2 + 518.42X + 17400$ ($R^2 = 0.9499$) (ตารางที่ 4.4) ซึ่งจะเห็นได้ว่า อ้อยพันธุ์อู่ทอง 14 สามารถให้ผลผลิตได้สูงกว่าพันธุ์ LK92-11 และการปรับปรุงดินด้วยกำมะถันผงทำให้อ้อยพันธุ์อู่ทอง 14 เจริญเติบโตและให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น

ส่วนในอ้อยต่อ พบว่า เมื่อไม่ปรับปรุงดิน อ้อยต่อพันธุ์อู่ทอง 14 และพันธุ์ LK92-11 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 9 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยพันธุ์อู่ทอง 14 ให้ผลผลิตสูงสุด 16,800 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = 29.24X^2 - 101.75X + 15400$ ($R^2 = 0.966$) ส่วนพันธุ์ LK92-11 ให้ผลผลิตสูงสุด 18,000 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = 24.269X^2 - 99.123X + 16800$ ($R^2 = 0.7113$) (ตารางที่ 4.5) ดังนั้น ควรแนะนำให้เกษตรกรใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 3 กิโลกรัม N ต่อไร่ ในการบำรุงรักษาอ้อยต่อของอ้อยทั้งสองพันธุ์

เมื่อปรับปรุงดินด้วยกำมะถันผง พบว่าอ้อยตอพันธุ์อุทอง 14 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 3 กิโลกรัม N ต่อไร่ และให้สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -60.819X^2 + 659.65X + 15500$ ($R^2 = 0.6656$) ส่วนพันธุ์ LK92-11 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 6 กิโลกรัม N ต่อไร่ และให้สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -3.5088X^2 + 117.54X + 16400$ ($R^2 = 0.2776$) (ตารางที่ 4.5)

4.4 การตอบสนองต่อธาตุอาหารของอ้อยในกลุ่มดินร่วน

4.4.1 ชุดดินสันป่าตอง

ชุดดินสันป่าตอง (Coarse-loamy, siliceous, semiactive, isohyperthermic Typic (Kandic) Paleustults) เป็นดินลิกมาก ดินบนมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายหรือทรายปนดินร่วน สีน้ำตาลเข้มหรือน้ำตาลปนเทาเข้ม ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.5-6.5) ดินล่าง เป็นดินร่วนปนทราย สีน้ำตาลซีดหรือน้ำตาลปนเหลืองอ่อน ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด (pH 4.5-5.5) มีการระบายน้ำดี การซึมผ่านได้ของน้ำปานกลางถึงเร็ว มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

สุภาพรและคณะ (2558) ศึกษาการตอบสนองต่อไนโตรเจนของอ้อยในชุดดินสันป่าตอง จังหวัดอุทัยธานี ที่มีปฏิกริยาของดินเป็นกรดเล็กน้อย (pH 6.32) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 0.84 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 10 และ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ให้ผลดังนี้

เมื่อไม่ปรับปรุงดิน อ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 และพันธุ์ LK92-11 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 18 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยพันธุ์ขอนแก่น 3 ให้ผลผลิตสูงสุด 13,510 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -13.012X^2 + 579.62X + 5120$ ($R^2 = 0.7592$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ให้ผลผลิตสูงสุด 7,920 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -10.468X^2 + 399.24X + 2810$ ($R^2 = 0.7412$) (ตารางที่ 4.6) โดยอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 สามารถให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ LK92-11 แม้ไม่ได้ใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน และพบว่าอ้อยตอพันธุ์ขอนแก่น 3 สูงกว่าพันธุ์ LK92-11 ดังนั้น การปลูกอ้อยในดินร่วนปนทรายชุดดินสันป่าตอง ควรแนะนำให้เกษตรกรปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 เนื่องจากสามารถให้ผลผลิตสูงและตอบสนองต่อปุ๋ยได้ดีกว่าพันธุ์ LK92-11

เมื่อมีการปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่ผสมแกลบ 1 ตัน (น้ำหนักแห้ง) ต่อไร่ ทำให้การให้ผลผลิตของอ้อยปลูกทั้ง 2 พันธุ์ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแม้ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน แสดงว่าอ้อยสามารถดูดใช้ไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์ไปใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตได้ และพบว่าอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 และพันธุ์ LK92-11 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนสูงสุดถึง 18 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยพันธุ์ขอนแก่น 3 ให้ผลผลิตสูงสุด 16,870 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -10.205X^2 + 537.51X + 8930$ ($R^2 = 0.8705$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ให้ผลผลิตสูงสุด 12,390 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -12.303X^2 + 435.29X + 7390$ ($R^2 = 0.7827$) (ตารางที่ 4.6) จะเห็นได้ว่า อ้อยที่ปลูกในดินร่วนปนทรายชุดดินสันป่าตองที่มีการปรับปรุงดินยังคงตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูง แตกต่างจากการทดลองในกลุ่มดินเหนียวที่กล่าวมาข้างต้น เนื่องจากดินเหนียวมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูง เมื่อปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ จึงทำให้อ้อยต้องการใช้ไนโตรเจนจากปุ๋ยเคมีลดน้อยลง

4.4.2 ชุดดินกำแพงแสน

ชุดดินกำแพงแสน (Fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Haplustfs) เป็นดินลึก ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายแฉ่งหรือดินร่วน สีน้ำตาล หรือน้ำตาลเข้ม ปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงด่างปานกลาง (pH 7.0-8.0) ดินล่างเป็นดินร่วนปนทรายแฉ่ง สีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลเข้ม พบมวลสารปูนปะปนอยู่ในดินชั้นล่าง ปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 7.0-8.5)

วาสนาและคณะ (2558) ศึกษาการตอบสนองต่อไนโตรเจนของอ้อยในชุดดินกำแพงแสน จังหวัดสุพรรณบุรี ที่มีปฏิกริยาของดินเป็นด่างปานกลาง (pH 8.00) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 1.00 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 54 และ 122 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ให้ผลดังนี้

เมื่อไม่ปรับปรุงดิน อ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 6 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตสูงสุด 19,290 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการตอบสนองต่อปุ๋ย $Y = -9.8392X^2 + 302.28X + 16640$ ($R^2 = 0.4414$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน (ตารางที่ 4.7) โดยพบว่าเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราเพิ่มขึ้น อ้อยปลูกพันธุ์ LK92-11 ให้ผลผลิตลดน้อยลง โดยค่าความชันของสมการตอบสนองต่อปุ๋ยมีค่าติดลบ (ค่า b เท่ากับ -335.75) และเมื่อปรับปรุงดินด้วยมูลไก่ผสมแกลบ พบว่า อ้อยปลูกทั้ง 2 พันธุ์ไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน (ตารางที่ 4.7) ดังนั้น การปลูกอ้อยในชุดดินกำแพงแสนควรแนะนำให้ปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 6 กิโลกรัม N ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชในอัตราแนะนำ

4.5 การตอบสนองต่อธาตุอาหารของอ้อยในกลุ่มดินทราย

4.5.1 ชุดดินสัตว์หีบ

ชุดดินสัตว์หีบ (isohyperthermic, coated Typic Quartzipsamments) เป็นดินลึกมาก เนื้อดินเป็นทรายหรือทรายปนดินร่วนตลอดหน้าตัดดิน สีเทาปนชมพู ดินบนมีปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง (pH 6.0-7.0) ดินล่างมีปฏิกริยาของดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 6.0-6.5) มีการระบายน้ำค่อนข้างมาก การซึมผ่านได้ของน้ำเร็ว มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำมาก

วัลลีย์และคณะ (2558) ศึกษาการตอบสนองต่อไนโตรเจนของอ้อยในชุดดินสัตว์หีบ จังหวัดระยอง ที่มีปฏิกริยาของดินเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 0.55 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 7 และ 11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ให้ผลดังนี้

เมื่อไม่ปรับปรุงดิน อ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ LK92-11 และพบว่า พันธุ์ขอนแก่น 3 ให้ผลผลิตสูงสุด 16,240 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจนถึง 27 กิโลกรัม N ต่อไร่ และให้สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = 1.8616X^2 + 162.08X + 10140$ ($R^2 = 0.8646$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้ผลผลิตต่ำ 8,660 กิโลกรัมต่อไร่ สามารถตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 18 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตสูงสุด 13,170 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นมากกว่า 18 กิโลกรัม N ต่อไร่ พบว่า ผลผลิตที่ได้ลดลง โดยมีสมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -17.115X^2 + 574.5X + 8660$ ($R^2 = 0.9861$)

(ตารางที่ 4.8) ดังนั้น การปลูกในดินทรายชุดดินสัตหีบ จังหวัดระยอง ควรแนะนำให้ปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 เนื่องจากสามารถให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ LK92-11 และตอบสนองต่อปุ๋ยได้ดี

เมื่อปรับปรุงดินด้วยปูนโดโลไมต์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับกากตะกอนหม้อกรองอ้อย 1 ตัน (น้ำหนักแห้ง) ต่อไร่ พบว่า อ้อยปลูกทั้ง 2 พันธุ์ ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแม้ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน โดยพันธุ์ขอนแก่น 3 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 9 กิโลกรัม N ต่อไร่ และให้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -10.253X^2 + 293.8X + 14220$ ($R^2 = 0.965$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 27 กิโลกรัม N ต่อไร่ และให้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -6.7869X^2 + 280.32X + 10790$ ($R^2 = 0.9616$) (ตารางที่ 4.8) แสดงให้เห็นว่า อ้อยพันธุ์ LK92-11 ต้องการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนสูงกว่าพันธุ์ขอนแก่น 3

ส่วนในอ้อยพบว่าอ้อยให้ผลผลิตลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับอ้อยปลูก แต่การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนยังมีทิศทางเดียวกันกับอ้อยปลูก ดังนี้คือ เมื่อไม่ปรับปรุงดิน อ้อยต่อพันธุ์ขอนแก่น 3 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 27 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตสูงสุด 10,900 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ย $Y = 0.7667X^2 + 260.35X + 3230$ ($R^2 = 0.996$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 18 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตสูงสุด 10,670 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ย $Y = -15.071X^2 + 611.26X + 5310$ ($R^2 = 0.9448$) (ตารางที่ 4.9) ซึ่งจะเห็นได้ว่าอ้อยต่อพันธุ์ LK92-11 มีอัตราการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนและให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ขอนแก่น 3

เมื่อปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์และกากตะกอนหม้อกรอง พบว่า อ้อยต่อพันธุ์ขอนแก่น 3 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 18 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตสูงสุด 11,980 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -11.875X^2 + 421.08X + 7340$ ($R^2 = 0.8405$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 27 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตสูงสุด 13,260 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -7.7615X^2 + 398.27X + 7970$ ($R^2 = 0.9534$) (ตารางที่ 4.9) จะเห็นได้ว่า อ้อยต่อพันธุ์ LK92-11 ให้ตอบสนองต่อปุ๋ยและให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งแตกต่างจากอ้อยปลูก

4.5.2 ชุดดินบ้านบึง

ชุดดินบ้านบึง (isohyperthermic, coated Oxyaquic Quartzipsamments) เป็นดินลึกมาก เนื้อดินเป็นดินทรายจัด สีนํ้าตาล มีจุดประสีเทาและสีนํ้าตาลปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดปานกลาง (pH 5.5-6.0) ดินล่างมีปฏิกริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 6.5-8.0) มีการระบายน้ำดีปานกลาง มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

วัลลีย์และคณะ (2558) ศึกษาการตอบสนองต่อไนโตรเจนของอ้อยในชุดดินบ้านบึง จังหวัดระยอง ที่มีปฏิกริยาของดินเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 0.74 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 320 และ 23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ให้ผลดังนี้

เมื่อไม่ปรับปรุงดิน อ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 และพันธุ์ LK92-11 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 27 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยพันธุ์ขอนแก่น 3 ให้ผลผลิตสูงสุด 18,320 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -3.3041X^2 + 368.45X + 10750$ ($R^2 = 0.9994$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-

11 ให้ผลผลิตสูงสุด 14,850 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -4.6556X^2 + 313.54X + 9810$ ($R^2 = 0.9987$) (ตารางที่ 4.10) ซึ่งจะเห็นได้ว่าอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 สามารถให้ผลผลิต และมีอัตราการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนสูงกว่าพันธุ์ LK92-11 ดังนั้น การปลูกอ้อยในชุดดินบ้านบึง ควรแนะนำให้เกษตรกรปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 เนื่องจากสามารถให้ผลผลิตสูงและตอบสนองต่อปุ๋ยได้ดี

เมื่อปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยโดโลไมต์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับกากตะกอนหม้อกรองอ้อย 1 ตัน (น้ำหนักแห้ง) ต่อไร่ พบว่า อ้อยทั้ง 2 พันธุ์ ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแต่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน เนื่องจากการปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยโดโลไมต์ช่วยให้ธาตุอาหารในดินมีความเป็นประโยชน์มากขึ้นและยังเป็นแหล่งแคลเซียมและแมกนีเซียมให้แก่อ้อย ในขณะที่การใช้กากตะกอนหม้อกรองสามารถให้ธาตุอาหารต่าง ๆ แก่อ้อย และพบว่า เมื่อปรับปรุงดิน อ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 18 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตสูงสุด 19,280 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -6.488X^2 + 376.58X + 13470$ ($R^2 = 0.8803$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 27 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตสูงสุด 15,460 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -5.0195X^2 + 291.96X + 11360$ ($R^2 = 0.9747$) (ตารางที่ 4.10)

ส่วนในอ้อยต่อ พบว่า เมื่อไม่ปรับปรุงดิน อ้อยต่อพันธุ์ขอนแก่น 3 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 18 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตสูงสุด 17,430 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการตอบสนองต่อปุ๋ย $Y = -14.938X^2 + 705.56X + 8160$ ($R^2 = 0.9192$) ส่วนพันธุ์ LK92-11 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 27 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตสูงสุด 14,550 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการตอบสนองต่อปุ๋ย $Y = -1.0851X^2 + 195.91X + 9980$ ($R^2 = 0.9912$) (ตารางที่ 4.11) จากค่าความชัน (b) ของสมการตอบสนองต่อปุ๋ย จะเห็นได้ว่า พันธุ์ขอนแก่น 3 มีอัตราการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนและสามารถให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ LK92-11

เมื่อปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์และกากตะกอนหม้อกรองอ้อย พบว่า อ้อยต่อทั้ง 2 พันธุ์ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแต่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน เนื่องจากการปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยโดโลไมต์ทำให้อ้อยสามารถดูดใช้ธาตุอาหารจากดินได้ดีขึ้น นอกจากนี้อ้อยยังสามารถดูดใช้ธาตุอาหารจากกากตะกอนหม้อกรองไปใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตได้อีกด้วย จากผลการทดลอง พบว่า อ้อยต่อพันธุ์ขอนแก่น 3 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 9 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตสูงสุด 16,030 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการตอบสนองต่อปุ๋ย $Y = -22.878X^2 + 583.92X + 12050$ ($R^2 = 0.9509$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 18 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตสูงสุด 16,070 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ย $Y = -10.429X^2 + 394.21X + 11000$ ($R^2 = 0.7227$) (ตารางที่ 4.11) ซึ่งจะเห็นได้ว่า เมื่อปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์และกากตะกอนหม้อกรองอ้อย อ้อยปลูกทั้ง 2 พันธุ์ ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่ำลง ทั้งนี้เนื่องจาก อ้อยสามารถดูดใช้ไนโตรเจนบางส่วนจากกากตะกอนหม้อกรอง

4.5.3 ชุดดินบ้านไผ่

ชุดดินบ้านไผ่ (Loamy, siliceous, semiactive, isohyperthermic Arenic Paleustalfs) เป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินทรายหรือดินทรายปนดินร่วน สีน้ำตาลอ่อน ถัดลงไปเป็นดินทรายปนดินร่วน สีเทาปนชมพู ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดปานกลาง (pH 5.0-6.0) ตลอดหน้าตัดดิน

ศุภกาญจน์และคณะ (2558ก) ศึกษาการตอบสนองต่อไนโตรเจนของอ้อยในชุดดินบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น ที่มีปฏิกิริยาของดินเป็นกรดจัด (pH 5.1) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ 0.39 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 7 และ 19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ให้ผลดังนี้

เมื่อไม่ปรับปรุงดิน อ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 18 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตสูงสุด 13,985 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -18.743X^2 + 616.66X + 8636$ ($R^2 = 0.9855$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 27 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตสูงสุด 14,635 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = 4.2606X^2 + 137.91X + 8301$ ($R^2 = 0.863$) (ตารางที่ 4.12) ซึ่งพันธุ์ขอนแก่น 3 มีแนวโน้มให้ผลผลิตลดลงเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นถึง 27 กิโลกรัม N ต่อไร่ ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ยังคงให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น

เมื่อปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยโดโลไมต์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับกากตะกอนหม้อกรองอ้อย 1 ตัน (น้ำหนักแห้ง) ต่อไร่ พบว่า อ้อยทั้ง 2 พันธุ์ ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแม้ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน เนื่องจากอ้อยสามารถดูดใช้ธาตุอาหารจากกากตะกอนหม้อกรอง ในขณะที่การใส่ปุ๋ยโดโลไมต์ช่วยให้ธาตุอาหารในดินปลดปล่อยให้อ้อยดูดใช้ได้มากขึ้นและยังเป็นแหล่งแคลเซียมและแมกนีเซียมให้แก่อ้อย จึงทำให้อ้อยเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น และพบว่า พันธุ์ขอนแก่น 3 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 27 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตสูงสุด 19,056 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -13.494X^2 + 589.94X + 12520$ ($R^2 = 0.8518$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 18 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตสูงสุด 15,572 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -6.2014X^2 + 297.73X + 11713$ ($R^2 = 0.9404$) (ตารางที่ 4.12) จากค่าความชัน (b) ของสมการ พบว่า พันธุ์ขอนแก่น 3 มีอัตราการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนสูงกว่าพันธุ์ LK92-11

ส่วนในอ้อยต่อ พบว่า เมื่อไม่ปรับปรุงดิน อ้อยต่อพันธุ์ขอนแก่น 3 และพันธุ์ LK92-11 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 27 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยพันธุ์ขอนแก่น 3 ให้ผลผลิตสูงสุด 17,651 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการตอบสนองต่อปุ๋ย $Y = 3.883X^2 + 185.75X + 9473$ ($R^2 = 0.9389$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ให้ผลผลิตสูงสุด 18,438 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ย $Y = 0.873X^2 + 116.54X + 9036$ ($R^2 = 0.9873$) (ตารางที่ 4.13) ซึ่งจะเห็นได้ว่า อ้อยต่อพันธุ์ขอนแก่น 3 มีอัตราการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนสูงกว่าพันธุ์ LK92-11

เมื่อปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์และกากตะกอนหม้อกรอง อ้อยต่อทั้ง 2 พันธุ์ ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 18 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยพันธุ์ขอนแก่น 3 ให้ผลผลิตสูงสุด 24,660 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการตอบสนองต่อปุ๋ย $Y = -15.457X^2 + 588.89X + 14451$ ($R^2 = 0.3884$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ให้ผลผลิตสูงสุด 18,438 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการตอบสนองต่อปุ๋ย $Y = -8.704X^2 + 317.52X + 13491$ ($R^2 = 0.4447$) (ตารางที่ 4.13) จะเห็นได้ว่าการปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยโดโลไมต์และกากตะกอนหม้อกรองอ้อยในการปรับปรุงดิน สามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนได้

4.5.3 ชุดดินน้ำพอง

ชุดดินน้ำพอง (Loamy, siliceous, subactive, isohyperthermic Arenic (Grossarenic) Haplustalfs) เป็นดินลึก ดินบนเป็นทรายหรือทรายปนดินร่วน สีน้ำตาลปนเทาหรือสีน้ำตาล ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดปานกลาง (pH 5.0-6.0) ดินล่างเป็นดินทรายปนดินร่วน สีชมพู หรือน้ำตาลซีดมาก ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.0-6.5) พบชั้นสะสมดินเหนียวที่ช่วงความลึก 100-150 เซนติเมตร สีเทาปนชมพู สีน้ำตาลซีด พบจุดประสีน้ำตาลแก่ เหลืองปนแดง หรือแดงปนเหลือง และอาจพบชั้นลูกรังหนาแน่นในชั้นดินล่าง มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

ศุภกาญจน์และคณะ (2558ข) ศึกษาการตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารที่ปลูกในพื้นที่กลุ่มดินทรายชุดดินน้ำพอง จังหวัดนครสวรรค์ ที่มีปฏิกริยาของดินเป็นกรดจัดมาก (pH 4.95) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ 0.53 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 4 และ 44 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ให้ผลดังนี้

เมื่อไม่ปรับปรุงดิน อ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 และพันธุ์ LK92-11 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 27 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยพันธุ์ขอนแก่น 3 ให้ผลผลิตสูงสุด 14,909 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = 4.525X^2 + 8.8655X + 11147$ ($R^2 = 0.878$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ให้ผลผลิตสูงสุด 9,545 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = 3.1774X^2 - 69.994X + 9156$ ($R^2 = 0.9314$) (ตารางที่ 4.14) ซึ่งจะเห็นได้ว่า อ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนและให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ LK92-11

เมื่อปรับปรุงดินด้วยปูนโดโลไมต์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับกากตะกอนหม้อกรองอ้อย 1 ตัน (น้ำหนักแห้ง) ต่อไร่ พบว่า อ้อยทั้ง 2 พันธุ์ ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแม้ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเลยก็ตาม โดยพันธุ์ขอนแก่น 3 ให้ผลผลิตสูงสุด 16,055 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 18 กิโลกรัม N ต่อไร่ และให้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -10.514X^2 + 329.48X + 13265$ ($R^2 = 0.9641$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ให้ผลผลิตสูงสุด 12,709 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 27 กิโลกรัม N ต่อไร่ และให้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -0.6644X^2 + 119.89X + 9974$ ($R^2 = 0.9986$) (ตารางที่ 4.14) จะเห็นได้ว่า อ้อยปลูกพันธุ์ LK92-11 ต้องการปุ๋ยไนโตรเจนสูงกว่าแต่ให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์ขอนแก่น 3

ส่วนในอ้อยต่อ พบว่า เมื่อไม่ปรับปรุงดิน อ้อยต่อพันธุ์ขอนแก่น 3 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 27 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตสูงสุด 6,401 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ย $Y = 6.269X^2 - 68.146X + 3500$ ($R^2 = 0.8978$) ในขณะที่พันธุ์ LK92-11 ไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน โดยให้ผลผลิตลดลงเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.15)

เมื่อปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์และกากตะกอนหม้อกรอง พบว่า อ้อยต่อทั้ง 2 พันธุ์ ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนถึง 18 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยพันธุ์ขอนแก่น 3 ให้ผลผลิตสูงสุด 8,963 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ย $Y = -13.934X^2 + 406.31X + 5125$ ($R^2 = 0.7402$) ในขณะที่อ้อยต่อพันธุ์ LK92-11 ให้ผลผลิตสูงสุด 6,697 กิโลกรัมต่อไร่ และให้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ย $Y = -9.024X^2 + 313.73X + 4126$ ($R^2 = 0.9878$) (ตารางที่ 4.15) จะเห็นได้ว่า การปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์และกากตะกอนหม้อกรองอ้อยทำให้อ้อยต่อให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น และสามารถลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนได้

4.6 การประยุกต์ใช้สมการเพื่อการจัดการธาตุอาหารในแปลงอ้อย

เมื่อได้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ยแล้ว จึงนำเอาสมการดังกล่าวมาใช้ในการประเมินอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมทางเศรษฐกิจ โดยใช้ข้อมูลราคาผลผลิตและราคาปุ๋ยมาคำนวณ หาอัตราเพิ่มของผลตอบแทน (Marginal Rate of Returns; MRR) ตามหลักทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งกำหนดให้อัตราปุ๋ยที่ทำให้ค่า MRR = 0 เป็นอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมเชิงเศรษฐกิจ ขณะที่ MRR = -1 เป็นอัตราปุ๋ยที่ให้ผลผลิตสูงสุด อย่างไรก็ตาม FAO (1977) อ้างโดย โชติ (2539) กำหนดให้อัตราปุ๋ยที่ให้ค่า MRR = 1 เป็นอัตราปุ๋ยที่แนะนำแก่เกษตรกร เพราะเป็นอัตราที่มีระดับความเสี่ยงต่ำ เหมาะสำหรับใช้ในประเทศกำลังพัฒนา ดังนั้นอัตราปุ๋ยแนะนำที่ดีที่สุดจะอยู่ในช่วงระหว่าง MRR = 1 และ MRR = 0

การคำนวณอัตราปุ๋ย (X) ที่ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุน ตามวิธี MRR (Hagen, 1988 อ้างโดย โชติ, 2539) จากสมการตอบสนองต่อปุ๋ยแบบ Quadratic ($Y = aX^2 + bX + c$) โดยที่ Y หมายถึง ผลผลิต X หมายถึง อัตราปุ๋ย) สามารถคำนวณได้ดังนี้

กรณีที่ 1 เมื่อค่า a ของสมการตอบสนองต่อปุ๋ยแบบ Quadratic มีค่าเป็นลบ สามารถคำนวณอัตราปุ๋ยได้จากวิธี MRR ได้ดังนี้

$$X = \frac{[(MRR + 1) * \text{ราคาปุ๋ย}] - [\text{ราคาผลผลิต} * b]}{2 * \text{ราคาผลผลิต} * a}$$

จากตัวอย่างข้างต้น ได้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ย $Y = -6.5114x^2 + 312.01x + 8000$

หากกำหนดให้ราคาผลผลิตเท่ากับ 1,000 บาทต่อตัน และราคาปุ๋ยไนโตรเจน 25.65 บาทต่อไนโตรเจน 1 กิโลกรัม (กรณีที่ใช้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ราคา 590 บาทต่อน้ำหนัก 50 กิโลกรัม) ดังนั้นสามารถคำนวณอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้ผลตอบแทนที่ระดับ MRR ต่าง ๆ ได้ดังนี้

อัตราปุ๋ยที่ให้ค่า MRR = 1 เป็นอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมในการให้คำแนะนำแก่เกษตรกร เนื่องจากเป็นอัตราที่มีระดับความเสี่ยงต่ำในเชิงเศรษฐศาสตร์ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$X = \frac{[(1 + 1) * 25.6 \text{ บาทต่อ กก. } N] - [1 \text{ บาทต่อผลผลิต 1 กก.} * 312.01]}{2 * 1 * (-6.5114)}$$

$$X = \frac{[2 * 25.6] - [1 * 312.01]}{2 * 1 * (-6.5114)} = \frac{[51.2 - 312.01]}{-13.0228} = \frac{-260.81}{-13.0228}$$

ดังนั้น อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่แนะนำให้เกษตรกร เท่ากับ 20 กิโลกรัม N ต่อไร่

อัตราปุ๋ยที่ให้ค่า MRR = 0 เป็นอัตราปุ๋ยที่ให้ผลตอบแทนสูงสุด (maximum economic yield)

$$X = \frac{[(0 + 1) * 25.6 \text{ บาทต่อ กก. } N] - [1 \text{ บาทต่อผลผลิต 1 กก.} * 312.01]}{2 * 1 * (-6.5114)}$$

$$X = \frac{[1 * 25.6] - [1 * 312.01]}{2 * 1 * (-6.5114)} = \frac{[25.6 - 312.01]}{-13.0228} = \frac{-286.41}{-13.0228}$$

ดังนั้น อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่แนะนำให้แก่เกษตรกร เท่ากับ 22 กิโลกรัม N ต่อไร่

อัตราปุ๋ยที่ให้ค่า MRR = -1 เป็นอัตราปุ๋ยที่ให้ผลผลิตสูงสุด (maximum yield)

$$X = \frac{[(-1 + 1) * 25.6 \text{ บาทต่อ กก. N}] - [1 \text{ บาทต่อผลผลิต 1 กก.} * 312.01]}{2 * 1 * (-6.5114)}$$

$$X = \frac{[0 * 25.6] - [1 * 312.01]}{2 * 1 * (-6.5114)} = \frac{[0 - 312.01]}{-13.0228} = \frac{-286.41}{-13.0228}$$

ดังนั้น อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่แนะนำให้แก่เกษตรกร เท่ากับ 24 กิโลกรัม N ต่อไร่

กรณีที่ 2 เมื่อค่า a ของสมการตอบสนองต่อปุ๋ยแบบ Quadratic มีค่าเป็นบวกให้นำมาคำนวณค่า VCR ของแต่ละกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยในอัตราต่างกัน กรรมวิธี (อัตราปุ๋ย) ที่ให้ค่า VCR มากกว่า 2 จัดเป็นกรรมวิธี (อัตราปุ๋ย) ที่ให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าแก่การลงทุน จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่า VCR ของแต่ละกรรมวิธี (อัตราปุ๋ย) คัดเลือกกรรมวิธี (อัตราปุ๋ย) ที่ให้ค่า VCR มากกว่า 2 และมีค่ามากที่สุด เป็นอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมแก่การให้คำแนะนำ

$$VCR = \frac{\text{ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ยเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ย} \times \text{ราคาผลผลิต}}{\text{อัตราปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นจากวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย} \times \text{ราคาปุ๋ย}}$$

นอกจากนี้ สมการการตอบสนองต่อปุ๋ย สามารถใช้ในการประเมินผลผลิตที่ได้ซึ่งเป็นผลจากการใช้ปุ๋ยได้อีกด้วย ตัวอย่างเช่น สมการการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน $Y = -6.5114x^2 + 312.01x + 8000$ สามารถประเมินผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ดังนี้

1) กรณีไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ($N = 0$)

$$\text{ผลผลิต (Y)} = -6.5114 (0)^2 + 312.01 (0) + 8000 = 8,000 \text{ กิโลกรัมต่อไร่}$$

2) กรณีใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 20 กิโลกรัม N ต่อไร่ ที่ให้ค่า MRR = 1 ซึ่งมีความเสี่ยงต่ำที่สุดในเชิงเศรษฐศาสตร์

$$\text{ผลผลิต (Y)} = -6.5114 (20)^2 + 312.01 (20) + 8000 = 11,636 \text{ กิโลกรัมต่อไร่}$$

3) กรณีใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 22 กิโลกรัม N ต่อไร่ ที่ให้ค่า MRR = 0 ซึ่งให้ผลตอบแทนสูงสุด

$$\text{ผลผลิต (Y)} = -6.5114 (22)^2 + 312.01 (22) + 8000 = 11,713 \text{ กิโลกรัมต่อไร่}$$

4) กรณีใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 24 กิโลกรัม N ต่อไร่ ที่ให้ค่า MRR = -1 ซึ่งให้ผลผลิตสูงสุด

$$\text{ผลผลิต (Y)} = -6.5114 (24)^2 + 312.01 (24) + 8000 = 11,737 \text{ กิโลกรัมต่อไร่}$$

5) กรณีใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 30 กิโลกรัม N ต่อไร่ ซึ่งเกินกว่าระดับที่ให้ผลผลิตสูงสุด จะพบว่า ได้ผลผลิตตลน้อยลง

$$\text{ผลผลิต (Y)} = -6.5114 (30)^2 + 312.01 (30) + 8000 = 11,500 \text{ กิโลกรัมต่อไร่}$$

ตารางที่ 4.1 การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของอ้อยปลูกในชุดดินทับทิม จังหวัดนครสวรรค์

| ชุดดิน/สถานที่/ผลวิเคราะห์ดิน | พันธุ์ | การจัดการดิน/ปุ๋ยไนโตรเจน (กก.N/ไร่) | ผลผลิต (กก./ไร่) | สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน Y: ผลผลิต (กก./ไร่) X: อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กก.N/ไร่) |
|---|-----------------|--|---------------------|--|
| ชุดดินทับทิม จ.นครสวรรค์ | พันธุ์ขอนแก่น 3 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| pH 7.14 | | 0 | 8,874 | $Y = -3.3531X^2 + 222.36X + 8874$ ($R^2 = 0.8985$) |
| อินทรีย์วัตถุ 1.65% | | 6 | 9,553 | |
| ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 14 มก./กก. | | 12 | 11,594 | |
| โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 334 มก./กก. | 18 | 11,612 | | |
| | พันธุ์ขอนแก่น 3 | ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่ผสมแกลบ 1 ตันต่อไร่ | | |
| ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต 6 กก.P ₂ O ₅ /ไร่ | | 0 | 10,544 | $Y = 9.0212X^2 - 10.268X + 10544$ ($R^2 = 0.9568$) |
| ใส่ปุ๋ยโพแทช 6 กก.K ₂ O/ไร่ | | 6 | 11,113 | |
| | | 12 | 11,414 | |
| ที่มา: สมควรและคณะ (2558ก) | 18 | 13,384 | | |
| | พันธุ์ LK92-11 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| | | 0 | 8,757 | $Y = -17.523X^2 + 458.5X + 8757$ ($R^2 = 0.9842$) |
| | | 6 | 11,073 | |
| | | 12 | 11,540 | |
| | 18 | 11,398 | | |
| | พันธุ์ LK92-11 | ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่ผสมแกลบ 1 ตันต่อไร่ | | |
| | | 0 | 9,094 | $Y = -18.907X^2 + 512.79X + 9094$ ($R^2 = 0.9805$) |
| | | 6 | 11,744 | |
| | | 12 | 12,271 | |
| | 18 | 12,283 | | |

ตารางที่ 4.2 การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของอ้อยปลูกในชุดดินเพชรบุรี จังหวัดนครปฐม

| ชุดดิน/สถานที่/ผลวิเคราะห์ดิน | พันธุ์ | การจัดการดิน/ปุ๋ย ไนโตรเจน (กก.N/ไร่) | ผลผลิต (กก./ไร่) | สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน Y: ผลผลิต (กก./ไร่) X: อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กก.N/ไร่) |
|---|-----------------|--|---------------------|--|
| ชุดดินเพชรบุรี จ.นครปฐม | พันธุ์ขอนแก่น 3 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| pH 5.7 | | 0 | 9,014 | $Y = -23.702X^2 + 769.64X + 9014$ ($R^2 = 1$) |
| อินทรีย์วัตถุ 1.97% | | 6 | 12,788 | |
| ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 24 มก./กก. | | 12 | 14,827 | |
| โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 253 มก./กก. | 18 | 15,191 | | |
| | พันธุ์ขอนแก่น 3 | ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่ผสมแกลบ 1 ตันต่อไร่ | | |
| ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต 6 กก.P ₂ O ₅ /ไร่ | | 0 | 10,812 | $Y = -25.931X^2 + 810.37X + 10812$ ($R^2 = 0.9659$) |
| ใส่ปุ๋ยโพแทช 6 กก.K ₂ O/ไร่ | | 6 | 14,075 | |
| | | 12 | 17,468 | |
| ที่มา: สมควรและคณะ (2558ข) | 18 | 16,775 | | |
| | พันธุ์ LK92-11 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| | | 0 | 8,245 | $Y = -31.488X^2 + 872.32X + 8245$ ($R^2 = 0.9971$) |
| | | 6 | 12,169 | |
| | | 12 | 14,355 | |
| | 18 | 13,686 | | |
| | พันธุ์ LK92-11 | ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่ผสมแกลบ 1 ตันต่อไร่ | | |
| | | 0 | 8,748 | $Y = -37.445X^2 + 948.29X + 8748$ ($R^2 = 0.9908$) |
| | | 6 | 12,781 | |
| | | 12 | 15,044 | |
| | 18 | 13,582 | | |

ตารางที่ 4.3 การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของอ้อยปลูกในชุดดินราชบุรี จังหวัดราชบุรี

| ชุดดิน/สถานที่/ผลวิเคราะห์ดิน | พันธุ์ | การจัดการดิน/ปุ๋ย ไนโตรเจน (กก./ไร่) | ผลผลิต (กก./ไร่) | สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน Y: ผลผลิต (กก./ไร่) X: อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กก./ไร่) |
|--|---------------------|--|---------------------|---|
| ชุดดินราชบุรี จ.ราชบุรี | | | | |
| pH 7.4 อินทรีย์วัตถุ 1.62% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 32 มก./กก. โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 60 มก./กก. | พันธุ์สุพรรณบุรี 80 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| | | 0 | 14,070 | $Y = -10.058X^2 + 322.81X + 14070$ ($R^2 = 0.4811$) |
| | | 6 | 16,840 | |
| | | 12 | 15,300 | |
| 18 | 17,020 | | | |
| ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต 3 กก./ไร่ ใส่ปุ๋ยโพแทช 12 กก./ไร่ ที่มา: อุดมและคณะ (2558) | พันธุ์สุพรรณบุรี 80 | ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่ผสมแกลบ 1 ตันต่อไร่ | | |
| | | 0 | 14,290 | $Y = -34.13X^2 + 597.41X + 14290$ ($R^2 = 0.9937$) |
| | | 6 | 16,780 | |
| | | 12 | 16,410 | |
| 18 | 14,030 | | | |
| | พันธุ์ LK92-11 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| | | 0 | 7,630 | $Y = -44.262X^2 + 757.06X + 12550$ ($R^2 = 0.6641$) |
| | | 6 | 11,860 | |
| | | 12 | 13,970 | |
| 18 | 14,740 | | | |
| | พันธุ์ LK92-11 | ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่ผสมแกลบ 1 ตันต่อไร่ | | |
| | | 0 | 12,550 | $Y = -24.313X^2 + 830.35X + 7630$ ($R^2 = 0.9989$) |
| | | 6 | 16,980 | |
| | | 12 | 13,780 | |
| 18 | 12,330 | | | |

ตารางที่ 4.4 การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของอ้อยปลูกในชุดดินสมอทอด จังหวัดนครสวรรค์

| ชุดดิน/สถานที่/ผลวิเคราะห์ดิน | พันธุ์ | การจัดการดิน/ปุ๋ย ไนโตรเจน (กก./ไร่) | ผลผลิต (กก./ไร่) | สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน Y: ผลผลิต (กก./ไร่) X: อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กก./ไร่) |
|--|----------------|---|---------------------|---|
| ชุดดินสมอทอด จ.นครสวรรค์ pH 7.8 อินทรีย์วัตถุ 3.07% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 32 มก./กก. โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 210 มก./กก. | อู่ทอง 14 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| | | 0 | 18,300 | $Y = -49.415X^2 + 735.96X + 18300$ ($R^2 = 0.9982$) |
| | | 3 | 20,000 | |
| | | 6 | 21,000 | |
| | | 9 | 20,900 | |
| ปรับปรุงดินด้วยกำมะถันผง 100 กก./ไร่ | | | | |
| ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต 3 กก./ไร่ ใส่ปุ๋ยโพแทช 6 กก./ไร่ | อู่ทอง 14 | 0 | 22,000 | $Y = -63.45X^2 + 439.47X + 22000$ ($R^2 = 0.9977$) |
| | | 3 | 22,700 | |
| | | 6 | 22,400 | |
| | | 9 | 20,800 | |
| | | ปรับปรุงดินด้วยกำมะถันผง 100 กก./ไร่ | | |
| ที่มา: สมฤทัยและคณะ (2558) | พันธุ์ LK92-11 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| | | 0 | 18,200 | $Y = -6.1404X^2 + 30.702X + 18200$ ($R^2 = 0.0244$) |
| | | 3 | 19,200 | |
| | | 6 | 17,200 | |
| | | 9 | 18,300 | |
| ปรับปรุงดินด้วยกำมะถันผง 100 กก./ไร่ | | | | |
| | พันธุ์ LK92-11 | 0 | 17,400 | $Y = -57.018X^2 + 518.42X + 17400$ ($R^2 = 0.9499$) |
| | | 3 | 18,600 | |
| | | 6 | 18,300 | |
| | | 9 | 17,500 | |
| | | ปรับปรุงดินด้วยกำมะถันผง 100 กก./ไร่ | | |

ตารางที่ 4.5 การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของอ้อยตอที่ปลูกในชุดดินสมอทอด จังหวัดนครสวรรค์

| ชุดดิน/สถานที่/ผลวิเคราะห์ดิน | พันธุ์ | การจัดการดิน/ปุ๋ย ไนโตรเจน (กก./ไร่) | ผลผลิต (กก./ไร่) | สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน Y: ผลผลิต (กก./ไร่) X: อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กก./ไร่) |
|---|--------------------------------------|---|---------------------|---|
| ชุดดินสมอทอด จ.นครสวรรค์ pH 8.17 อินทรีย์วัตถุ 2.61% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 20 มก./กก. โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 203 มก./กก. | อู่ทอง 14 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| | | 0 | 15,400 | $Y = 29.24X^2 - 101.75X + 15400$ ($R^2 = 0.966$) |
| | | 3 | 15,200 | |
| | | 6 | 16,000 | |
| | | 9 | 16,800 | |
| ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต 6 กก./ไร่ ใส่ปุ๋ยโพแทช 6 กก./ไร่ | อู่ทอง 14 | ปรับปรุงดินด้วยกำมะถันผง 100 กก./ไร่ | | |
| | | 0 | 15,500 | $Y = -60.819X^2 + 659.65X + 15500$ ($R^2 = 0.6656$) |
| | | 3 | 17,500 | |
| | | 6 | 16,700 | |
| | | 9 | 16,700 | |
| ที่มา: สมฤทัยและคณะ (2558) | พันธุ์ LK92-11 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| | | 0 | 16,800 | $Y = 24.269X^2 - 99.123X + 16800$ ($R^2 = 0.7113$) |
| | | 3 | 17,100 | |
| | | 6 | 16,700 | |
| | | 9 | 18,000 | |
| พันธุ์ LK92-11 | ปรับปรุงดินด้วยกำมะถันผง 100 กก./ไร่ | 0 | 16,400 | $Y = -3.5088X^2 + 117.54X + 16400$ ($R^2 = 0.2776$) |
| | | 3 | 15,900 | |
| | | 6 | 17,800 | |
| | | 9 | 16,900 | |

ตารางที่ 4.6 การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของอ้อยปลูกในชุดดินสันป่าตอง จังหวัดอุทัยธานี

| ชุดดิน/สถานที่/ผลวิเคราะห์ดิน | พันธุ์ | การจัดการดิน/ปุ๋ย ไนโตรเจน (กก./ไร่) | ผลผลิต (กก./ไร่) | สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน Y: ผลผลิต (กก./ไร่) X: อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กก./ไร่) |
|---|-----------------|--|--|---|
| ชุดดินสันป่าตอง จ.อุทัยธานี pH 6.32 อินทรีย์วัตถุ 0.84% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 10 มก./กก. โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 3 มก./กก. | พันธุ์ขอนแก่น 3 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| | | 0 | 5,120 | $Y = -13.012X^2 + 579.62X + 5120$ ($R^2 = 0.7592$) |
| | | 9 | 7,110 | |
| | | 18 | 13,510 | |
| | | 27 | 10,560 | |
| | พันธุ์ขอนแก่น 3 | ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่ผสมแกลบ 1 ตันต่อไร่ | | |
| | 0 | 8,930 | $Y = -10.205X^2 + 537.51X + 8930$ ($R^2 = 0.8705$) | |
| | 9 | 11,370 | | |
| | 18 | 16,870 | | |
| | 27 | 15,480 | | |
| ที่มา: สุภาพรและคณะ (2558) | พันธุ์ LK92-11 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| | | 0 | 2,810 | $Y = -10.468X^2 + 399.24X + 2810$ ($R^2 = 0.7412$) |
| | | 9 | 4,240 | |
| | | 18 | 7,920 | |
| | | 27 | 5,520 | |
| | พันธุ์ LK92-11 | ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่ผสมแกลบ 1 ตันต่อไร่ | | |
| | 0 | 7,390 | $Y = -12.303X^2 + 435.29X + 7390$ ($R^2 = 0.7827$) | |
| | 9 | 9,160 | | |
| | 18 | 12,390 | | |
| | 27 | 9,790 | | |

ตารางที่ 4.7 การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของอ้อยปลูกในชุดดินกำแพงแสน จังหวัดสุพรรณบุรี

| ชุดดิน/สถานที่/ผลวิเคราะห์ดิน | พันธุ์ | การจัดการดิน/ปุ๋ย ไนโตรเจน (กก.N/ไร่) | ผลผลิต (กก./ไร่) | สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน Y: ผลผลิต (กก./ไร่) X: อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กก.N/ไร่) |
|---|-----------------|--|---------------------|--|
| ชุดดินกำแพงแสน จ.สุพรรณบุรี | พันธุ์ขอนแก่น 3 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| pH 8.00 | | 0 | 16,640 | $Y = -9.8392X^2 + 302.28X + 16640$ ($R^2 = 0.4414$) |
| อินทรีย์วัตถุ 1.00% | | 6 | 19,290 | |
| ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 54 มก./กก. | | 12 | 17,660 | |
| โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 122 มก./กก. | 18 | 19,290 | | |
| | พันธุ์ขอนแก่น 3 | ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่ผสมแกลบ 1 ตันต่อไร่ | | |
| ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต 3 กก.P ₂ O ₅ /ไร่ | | 0 | 20,560 | $Y = 19.145X^2 - 348.11X + 20560$ ($R^2 = 0.9972$) |
| ใส่ปุ๋ยโพแทช 6 กก.K ₂ O/ไร่ | | 6 | 19,110 | |
| | | 12 | 19,190 | |
| | 18 | 20,480 | | |
| ที่มา: วาสนาและคณะ (2558) | พันธุ์ LK92-11 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| | | 0 | 17,450 | $Y = 12.186X^2 - 335.75X + 17450$ ($R^2 = 0.9839$) |
| | | 6 | 16,040 | |
| | | 12 | 15,010 | |
| | 18 | 15,410 | | |
| | พันธุ์ LK92-11 | ปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่ผสมแกลบ 1 ตันต่อไร่ | | |
| | | 0 | 16,690 | $Y = 2.902X^2 - 73.465X + 16690$ ($R^2 = 0.9907$) |
| | | 6 | 16,330 | |
| | | 12 | 16,250 | |
| | 18 | 16,300 | | |

ตารางที่ 4.8 การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของอ้อยปลูกในชุดดินสัทธิบ จังหวัดระยอง

| ชุดดิน/สถานที่/ผลวิเคราะห์ดิน | พันธุ์ | การจัดการดิน/ปุ๋ย ไนโตรเจน (กก./ไร่) | ผลผลิต (กก./ไร่) | สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน Y: ผลผลิต (กก./ไร่) X: อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กก./ไร่) |
|---------------------------------------|-----------------|---|---------------------|---|
| ชุดดินสัทธิบ จ.ระยอง | พันธุ์ขอนแก่น 3 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| pH 4.5 | | 0 | 10,140 | $Y = 1.8616X^2 + 162.08X + 10140$ ($R^2 = 0.8646$) |
| อินทรีย์วัตถุ 0.55% | | 9 | 12,850 | |
| ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 7 มก./กก. | | 18 | 12,560 | |
| โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 11 มก./กก. | 27 | 16,240 | | |
| | พันธุ์ขอนแก่น 3 | ปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์ 100 กก./ไร่ และกากตะกอนหมักกรองอ้อย 1 ตัน (น้ำหนักแห้ง)/ไร่ | | |
| ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต 6 กก./ไร่ | | 0 | 14,220 | $Y = -10.253X^2 + 293.8X + 14220$ ($R^2 = 0.965$) |
| ใส่ปุ๋ยโพแทช 18 กก./ไร่ | | 9 | 16,250 | |
| | | 18 | 15,970 | |
| | 27 | 14,750 | | |
| ที่มา: วัลลีย์และคณะ (2558) | พันธุ์ LK92-11 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| | | 0 | 8,660 | $Y = -17.115X^2 + 574.5X + 8660$ ($R^2 = 0.9861$) |
| | | 9 | 12,730 | |
| | | 18 | 13,170 | |
| | 27 | 11,790 | | |
| | พันธุ์ LK92-11 | ปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์ 100 กก./ไร่ และกากตะกอนหมักกรองอ้อย 1 ตัน (น้ำหนักแห้ง)/ไร่ | | |
| | | 0 | 10,790 | $Y = -6.7869X^2 + 280.32X + 10790$ ($R^2 = 0.9616$) |
| | | 9 | 13,060 | |
| | | 18 | 13,340 | |
| | 27 | 13,510 | | |

ตารางที่ 4.9 การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของอ้อยตอในชุดดินสัตหีบ จังหวัดระยอง

| ชุดดิน/สถานที่/ผลวิเคราะห์ดิน | พันธุ์ | การจัดการดิน/ปุ๋ย ไนโตรเจน (กก./ไร่) | ผลผลิต (กก./ไร่) | สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน Y: ผลผลิต (กก./ไร่) X: อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กก./ไร่) |
|---------------------------------------|-----------------|---|---------------------|---|
| ชุดดินสัตหีบ จ.ระยอง | พันธุ์ขอนแก่น 3 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| pH 4.5 | | 0 | 3,230 | $Y = 0.7667X^2 + 260.35X + 3230$ ($R^2 = 0.996$) |
| อินทรีย์วัตถุ 0.55% | | 9 | 5,880 | |
| ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 7 มก./กก. | | 18 | 7,920 | |
| โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 11 มก./กก. | 27 | 10,900 | | |
| | พันธุ์ขอนแก่น 3 | ปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์ 100 กก./ไร่ และกากตะกอนหมักกรองอ้อย 1 ตัน (น้ำหนักแห้ง)/ไร่ | | |
| ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต 6 กก./ไร่ | | 0 | 7,340 | $Y = -11.875X^2 + 421.08X + 7340$ ($R^2 = 0.8405$) |
| ใส่ปุ๋ยโพแทช 18 กก./ไร่ | | 9 | 9,260 | |
| | | 18 | 11,980 | |
| | 27 | 9,750 | | |
| ที่มา: วัลลีย์และคณะ (2558) | พันธุ์ LK92-11 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| | | 0 | 5,310 | $Y = -15.071X^2 + 611.26X + 5310$ ($R^2 = 0.9448$) |
| | | 9 | 10,350 | |
| | | 18 | 10,670 | |
| | 27 | 11,080 | | |
| | พันธุ์ LK92-11 | ปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์ 100 กก./ไร่ และกากตะกอนหมักกรองอ้อย 1 ตัน (น้ำหนักแห้ง)/ไร่ | | |
| | | 0 | 7,970 | $Y = -7.7615X^2 + 398.27X + 7970$ ($R^2 = 0.9534$) |
| | | 9 | 11,510 | |
| | | 18 | 12,040 | |
| | 27 | 13,260 | | |

ตารางที่ 4.10 การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของอ้อยปลูกในชุดดินบ้านบึง จังหวัดระยอง

| ชุดดิน/สถานที่/ผลวิเคราะห์ดิน | พันธุ์ | การจัดการดิน/ปุ๋ย ไนโตรเจน (กก./ไร่) | ผลผลิต (กก./ไร่) | สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน Y: ผลผลิต (กก./ไร่) X: อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กก./ไร่) |
|---------------------------------------|-----------------|---|---------------------|---|
| ชุดดินบ้านบึง จ.ระยอง | พันธุ์ขอนแก่น 3 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| pH 4.5 | | 0 | 10,750 | $Y = -3.3041X^2 + 368.45X + 10750$ ($R^2 = 0.9994$) |
| อินทรีย์วัตถุ 0.72% | | 9 | 13,890 | |
| ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 320 มก./กก. | | 18 | 16,220 | |
| โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 23 มก./กก. | 27 | 18,320 | | |
| | พันธุ์ขอนแก่น 3 | ปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์ 100 กก./ไร่ และกากตะกอนหมักกรองอ้อย 1 ตัน (น้ำหนักแห้ง)/ไร่ | | |
| ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต 3 กก./ไร่ | | 0 | 13,470 | $Y = -6.488X^2 + 376.58X + 13470$ ($R^2 = 0.8803$) |
| ใส่ปุ๋ยโพแทช 18 กก./ไร่ | | 9 | 15,200 | |
| | | 18 | 19,280 | |
| | 27 | 18,530 | | |
| ที่มา: วัลลีย์และคณะ (2558) | พันธุ์ LK92-11 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| | | 0 | 9,810 | $Y = -4.6556X^2 + 313.54X + 9810$ ($R^2 = 0.9987$) |
| | | 9 | 12,160 | |
| | | 18 | 14,040 | |
| | 27 | 14,850 | | |
| | พันธุ์ LK92-11 | ปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์ 100 กก./ไร่ และกากตะกอนหมักกรองอ้อย 1 ตัน (น้ำหนักแห้ง)/ไร่ | | |
| | | 0 | 11,360 | $Y = -5.0195X^2 + 291.96X + 11360$ ($R^2 = 0.9747$) |
| | | 9 | 13,210 | |
| | | 18 | 15,360 | |
| | 27 | 15,460 | | |

ตารางที่ 4.11 การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของอ้อยตอในชุดดินบ้านบึง จังหวัดระยอง

| ชุดดิน/สถานที่/ผลวิเคราะห์ดิน | พันธุ์ | การจัดการดิน/ปุ๋ย ไนโตรเจน (กก./ไร่) | ผลผลิต (กก./ไร่) | สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน Y: ผลผลิต (กก./ไร่) X: อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กก./ไร่) |
|---------------------------------------|-----------------|---|---------------------|---|
| ชุดดินบ้านบึง จ.ระยอง | พันธุ์ขอนแก่น 3 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| pH 4.5 | | 0 | 8,160 | $Y = -14.938X^2 + 705.56X + 8160$ ($R^2 = 0.9192$) |
| อินทรีย์วัตถุ 0.72% | | 9 | 11,890 | |
| ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 320 มก./กก. | | 18 | 17,430 | |
| โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 23 มก./กก. | 27 | 15,850 | | |
| | พันธุ์ขอนแก่น 3 | ปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์ 100 กก./ไร่ และกากตะกอนหมักกรองอ้อย 1 ตัน (น้ำหนักแห้ง)/ไร่ | | |
| ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต 3 กก./ไร่ | | 0 | 12,050 | $Y = -22.878X^2 + 583.92X + 12050$ ($R^2 = 0.9509$) |
| ใส่ปุ๋ยโพแทช 18 กก./ไร่ | | 9 | 16,030 | |
| | | 18 | 14,570 | |
| | 27 | 11,330 | | |
| ที่มา: วัลลีย์และคณะ (2558) | พันธุ์ LK92-11 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| | | 0 | 9,980 | $Y = -1.0851X^2 + 195.91X + 9980$ ($R^2 = 0.9912$) |
| | | 9 | 11,870 | |
| | | 18 | 12,940 | |
| | 27 | 14,550 | | |
| | พันธุ์ LK92-11 | ปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์ 100 กก./ไร่ และกากตะกอนหมักกรองอ้อย 1 ตัน (น้ำหนักแห้ง)/ไร่ | | |
| | | 0 | 11,000 | $Y = -10.429X^2 + 394.21X + 11000$ ($R^2 = 0.7227$) |
| | | 9 | 12,350 | |
| | | 18 | 16,070 | |
| | 27 | 13,590 | | |

ตารางที่ 4.12 การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของอ้อยปลูกในชุดดินบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น

| ชุดดิน/สถานที่/ผลวิเคราะห์ดิน | พันธุ์ | การจัดการดิน/ปุ๋ย ไนโตรเจน (กก./ไร่) | ผลผลิต (กก./ไร่) | สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน Y: ผลผลิต (กก./ไร่) X: อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กก./ไร่) |
|---------------------------------------|-----------------|---|---------------------|---|
| ชุดดินบ้านไผ่ จ.ขอนแก่น | พันธุ์ขอนแก่น 3 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| pH 5.1 | | 0 | 8,636 | $Y = -18.743X^2 + 616.66X + 8636$ ($R^2 = 0.9855$) |
| อินทรีย์วัตถุ 0.39% | | 9 | 12,346 | |
| ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 7 มก./กก. | | 18 | 13,985 | |
| โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 19 มก./กก. | 27 | 11,515 | | |
| | พันธุ์ขอนแก่น 3 | ปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์ 100 กก./ไร่ และกากตะกอนหม้อกรองอ้อย 1 ตัน (น้ำหนักแห้ง)/ไร่ | | |
| ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต 6 กก./ไร่ | | 0 | 12,520 | $Y = -13.494X^2 + 589.94X + 12520$ ($R^2 = 0.8518$) |
| ใส่ปุ๋ยโพแทช 18 กก./ไร่ | | 9 | 18,072 | |
| | | 18 | 17,431 | |
| | 27 | 19,056 | | |
| ที่มา: ศุภกาญจน์และคณะ (2558ก) | พันธุ์ LK92-11 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| | | 0 | 8,301 | $Y = 4.2606X^2 + 137.91X + 8301$ ($R^2 = 0.863$) |
| | | 9 | 8,401 | |
| | | 18 | 13,650 | |
| | 27 | 14,635 | | |
| | พันธุ์ LK92-11 | ปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์ 100 กก./ไร่ และกากตะกอนหม้อกรองอ้อย 1 ตัน (น้ำหนักแห้ง)/ไร่ | | |
| | | 0 | 11,713 | $Y = -6.2014X^2 + 297.73X + 11713$ ($R^2 = 0.9404$) |
| | | 9 | 13,381 | |
| | | 18 | 15,572 | |
| | 27 | 15,061 | | |

ตารางที่ 4.13 การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของอ้อยตอในชุดดินบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น

| ชุดดิน/สถานที่/ผลวิเคราะห์ดิน | พันธุ์ | การจัดการดิน/ปุ๋ย ไนโตรเจน (กก./ไร่) | ผลผลิต (กก./ไร่) | สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน Y: ผลผลิต (กก./ไร่) X: อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กก./ไร่) |
|---------------------------------------|-----------------|---|---------------------|---|
| ชุดดินบ้านไผ่ จ.ขอนแก่น | พันธุ์ขอนแก่น 3 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| pH 5.1 | | 0 | 9,473 | $Y = 3.883X^2 + 185.75X + 9473$ ($R^2 = 0.9389$) |
| อินทรีย์วัตถุ 0.39% | | 9 | 12,455 | |
| ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 7 มก./กก. | | 18 | 13,079 | |
| โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 19 มก./กก. | 27 | 17,651 | | |
| | พันธุ์ขอนแก่น 3 | ปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์ 100 กก./ไร่ และกากตะกอนหมักกรองอ้อย 1 ตัน (น้ำหนักแห้ง)/ไร่ | | |
| ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต 6 กก./ไร่ | | 0 | 14,451 | $Y = -15.457X^2 + 588.89X + 14451$ ($R^2 = 0.3884$) |
| ใส่ปุ๋ยโพแทช 18 กก./ไร่ | | 9 | 13,882 | |
| | | 18 | 24,660 | |
| | 27 | 17,544 | | |
| ที่มา: ศุภกาญจน์และคณะ (2558ก) | พันธุ์ LK92-11 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| | | 0 | 9,036 | $Y = 0.873X^2 + 116.54X + 9036$ ($R^2 = 0.9873$) |
| | | 9 | 10,372 | |
| | | 18 | 11,200 | |
| | 27 | 12,891 | | |
| | พันธุ์ LK92-11 | ปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์ 100 กก./ไร่ และกากตะกอนหมักกรองอ้อย 1 ตัน (น้ำหนักแห้ง)/ไร่ | | |
| | | 0 | 13,491 | $Y = -8.704X^2 + 317.52X + 13491$ ($R^2 = 0.4447$) |
| | | 9 | 13,592 | |
| | | 18 | 18,438 | |
| | 27 | 15,035 | | |

ตารางที่ 4.14 การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของอ้อยปลูกในชุดดินน้ำพอง จังหวัดนครสวรรค์

| ชุดดิน/สถานที่/ผลวิเคราะห์ดิน | พันธุ์ | การจัดการดิน/ปุ๋ย ไนโตรเจน (กก./ไร่) | ผลผลิต (กก./ไร่) | สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน Y: ผลผลิต (กก./ไร่) X: อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กก./ไร่) |
|---------------------------------------|-----------------|---|---------------------|---|
| ชุดดินน้ำพอง จ.นครสวรรค์ | | | | |
| pH 4.95 | พันธุ์ขอนแก่น 3 | ไม่ปรับปรุงดิน | 0 | $Y = 4.525X^2 + 8.8655X + 11147$ ($R^2 = 0.878$) |
| อินทรีย์วัตถุ 0.53% | | | 11,147 | |
| ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 4 มก./กก. | | | 12,265 | |
| โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 44 มก./กก. | | | 12,101 | |
| | | 27 | 14,909 | |
| | พันธุ์ขอนแก่น 3 | ปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์ 100 กก./ไร่ และกากตะกอนหมักกรองอ้อย 1 ตัน (น้ำหนักแห้ง)/ไร่ | 0 | $Y = -10.514X^2 + 329.48X + 13265$ ($R^2 = 0.9641$) |
| ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต 9 กก./ไร่ | | | 13,265 | |
| ใส่ปุ๋ยโพแทช 12 กก./ไร่ | | | 15,113 | |
| | | | 16,055 | |
| | | 27 | 14,408 | |
| ที่มา: ศุภกาญจน์และคณะ (2558ข) | พันธุ์ LK92-11 | ไม่ปรับปรุงดิน | 0 | $Y = 3.1774X^2 - 69.994X + 9156$ ($R^2 = 0.9314$) |
| | | | 9,156 | |
| | | | 8,671 | |
| | | | 9,038 | |
| | | 27 | 9,545 | |
| | พันธุ์ LK92-11 | ปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์ 100 กก./ไร่ และกากตะกอนหมักกรองอ้อย 1 ตัน (น้ำหนักแห้ง)/ไร่ | 0 | $Y = -0.6644X^2 + 119.89X + 9974$ ($R^2 = 0.9986$) |
| | | | 9,974 | |
| | | | 10,946 | |
| | | | 11,970 | |
| | | 27 | 12,709 | |

ตารางที่ 4.15 การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของอ้อยตอในชุดดินน้ำพอง จังหวัดนครสวรรค์

| ชุดดิน/สถานที่/ผลวิเคราะห์ดิน | พันธุ์ | การจัดการดิน/ปุ๋ย ไนโตรเจน (กก./ไร่) | ผลผลิต (กก./ไร่) | สมการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน Y: ผลผลิต (กก./ไร่) X: อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กก./ไร่) |
|--|-----------------|---|---------------------|---|
| ชุดดินน้ำพอง จ.นครสวรรค์ | | | | |
| pH 4.95 อินทรีย์วัตถุ 0.53% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 4 มก./กก. โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 44 มก./กก. | พันธุ์ขอนแก่น 3 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| | | 0 | 3,500 | $Y = 6.269X^2 - 68.146X + 3500$ ($R^2 = 0.8978$) |
| | | 9 | 3,907 | |
| | | 18 | 3,792 | |
| 27 | 6,401 | | | |
| ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต 9 กก./ไร่ ใส่ปุ๋ยโพแทช 12 กก./ไร่ | พันธุ์ขอนแก่น 3 | ปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์ 100 กก./ไร่ และกากตะกอนหม้อกรองอ้อย 1 ตัน (น้ำหนักแห้ง)/ไร่ | | |
| | | 0 | 5,125 | $Y = -13.934X^2 + 406.31X + 5125$ ($R^2 = 0.7402$) |
| | | 9 | 6,614 | |
| | | 18 | 8,963 | |
| 27 | 5,591 | | | |
| ที่มา: ศุภกาญจน์และคณะ (2558ข) | พันธุ์ LK92-11 | ไม่ปรับปรุงดิน | | |
| | | 0 | 4,424 | $Y = 4.2131X^2 - 141.57X + 4424$ ($R^2 = 0.5486$) |
| | | 9 | 4,139 | |
| | | 18 | 2,593 | |
| 27 | 3,889 | | | |
| พันธุ์ LK92-11 | พันธุ์ LK92-11 | ปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์ 100 กก./ไร่ และกากตะกอนหม้อกรองอ้อย 1 ตัน (น้ำหนักแห้ง)/ไร่ | | |
| | | 0 | 4,126 | $Y = -9.024X^2 + 313.73X + 4126$ ($R^2 = 0.9878$) |
| | | 9 | 6,371 | |
| | | 18 | 6,697 | |
| 27 | 6,069 | | | |

เอกสารอ้างอิง

- โชติ สิทธิบุศย์. 2539. *แนวทางพัฒนาระบบการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชไร่*. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 119 หน้า.
- ปรีชา ประจวบเหมาะ และอุดม รัตนารักษ์. 2535. ดิน-ปุ๋ย อ้อย. หน้า 189-197. ใน: *เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้ปุ๋ยกับพืชต่าง ๆ รุ่นที่ 2 เล่มที่ 2*. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- วัลลีย์ อมรพล ศุภกาญจน์ ล้วนมณี ศรีสุดา ทิพย์รักษ์ กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ และรุ่งรวี บุญทั้ง. 2558. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินทราย: ชุดดินสีตหีบ และชุดดินบ้านโป่ง. *รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ประจำปีงบประมาณ 2558*. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 36 หน้า.
- วาสนา วันดี ศุภกาญจน์ ล้วนมณี เบญจมาศ คำสืบ และสุจิตรา พิกุลทอง. 2558. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินร่วน: ชุดดินกำแพงเพชร/จตุรัส. *รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ประจำปีงบประมาณ 2558*. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 12 หน้า.
- ศุภกาญจน์ ล้วนมณี กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ วัลลีย์ อมรพล ศรีสุดา ทิพย์รักษ์ ชัยนต์ ภัคดีไทย และดาวรุ่ง คงเทียน. 2558ก. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินทราย: ชุดดินบ้านไผ่. *รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ประจำปีงบประมาณ 2558*. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 28 หน้า.
- ศุภกาญจน์ ล้วนมณี กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ วัลลีย์ อมรพล ศรีสุดา ทิพย์รักษ์ ชัยนต์ ภัคดีไทย และดาวรุ่ง คงเทียน. 2558ข. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินทราย: ชุดดินน้ำพอง. *รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ประจำปีงบประมาณ 2558*. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 27 หน้า.
- สมควร คล่องช้าง กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ศุภกาญจน์ ล้วนมณี ดาวรุ่ง คงเทียน อุดม วงศ์ชนะภัย อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์ และบรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์. 2558ก. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินเหนียว: ชุดดินทับทิม. *รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ประจำปีงบประมาณ 2558*. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 15 หน้า.
- สมควร คล่องช้าง กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ศุภกาญจน์ ล้วนมณี ดาวรุ่ง คงเทียน อุดม วงศ์ชนะภัย อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์ และบรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์. 2558ข. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินเหนียว: ชุดดินเพชรบุรี. *รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ประจำปีงบประมาณ 2558*. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 11 หน้า.

- สมฤทัย ตันเจริญ ดาวรุ่ง คงเทียน กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ศุภกาญจน์ ล้วนมณี และอนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์. 2558. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินต่าง: ชุดดินสมอทอด. *รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ประจำปีงบประมาณ 2558*. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 16 หน้า.
- สุภาพร สุขโต สมบัติ บวรพรเมธี กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ กรวิการ์ พรหมศรี สัจด์ ดวงแก้ว. 2558. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินร่วน: ชุดดินสันป่าตอง. *รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ประจำปีงบประมาณ 2558*. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 22 หน้า.
- อุดม วงศ์ชนะภัย กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ สมควร คล่องช้าง ดาวรุ่ง คงเทียน ศุภกาญจน์ ล้วนมณี และวัลลีย์ อมรพล. 2558. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในดินเหนียว ชุดดินราชบุรี. *รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ประจำปีงบประมาณ 2558*. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 20 หน้า.
- Calcino, D.; B. Schroeder; J. Panitz; A. Hurney; and A. Wood. 2018. *Australian Sugarcane Nutrition Manual*. Sugar Research Australia Limited. 114 p.
- Dhakal, C. and K. Lange. 2021. Crop Yield Response Functions in Nutrient Application: A Review. *Agron. J.* 2021: 1-13 Available: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/agj2.20863>. Accessed: December 23rd, 2021.
- Johnson, G.V. 1991. General Model for Predicting Crop Response to Fertilizer. *Agron. J.* 83 (2): 367-373.
- Mengel, K. 1983. Responses of Various Crop Species and Cultivars to Fertilizer Application. *Plant and Soil*. 72: 305-319.

บทที่ 5

การจัดการดินและปุ๋ยในการผลิตอ้อย

การจัดการดินและปุ๋ยมีความสำคัญต่อการผลิตอ้อย เนื่องจากดินนอกจากเป็นที่ยึดเกาะของรากแล้ว ยังเป็นแหล่งของธาตุอาหาร น้ำ และอากาศ ให้แก่พืชได้นำไปใช้ในการเจริญเติบโต ประสิทธิ์ (2558) ได้ศึกษาต้นทุนการผลิตอ้อย พบว่า ต้นทุนค่าปุ๋ยเป็นต้นทุนที่สูงเป็นอันดับ 2 รองจากค่าแรงงานในการเก็บเกี่ยวอ้อย โดยในปีการผลิต 2547/48 ต้นทุนค่าปุ๋ยในการผลิตอ้อยเฉลี่ย 532.73 บาทต่อไร่ หรือ 14.56 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนทั้งหมด เพิ่มขึ้นเป็น 1,720.41 บาทต่อไร่ หรือ 16.12 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนทั้งหมด ในปีการผลิต 2555/56 ในขณะที่ ศิลา (2562) ได้ศึกษาต้นทุนในการผลิตอ้อยในพื้นที่จังหวัดอุทัยธานี พบว่า ต้นทุนค่าปุ๋ยในอ้อยปลูกเฉลี่ย 891.56 บาทต่อไร่ ส่วนต้นทุนค่าปุ๋ยในอ้อยต่อเฉลี่ย 1,541.84 บาทต่อไร่ หรือเฉลี่ยทั้งหมด 1,216.70 บาทต่อไร่ คิดเป็น 16.71 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนทั้งหมดในการผลิตอ้อย นอกจากนี้ ประสิทธิ์ (2558) ได้รายงานผลที่ได้จากการสัมภาษณ์เกษตรกรชาวไร่อ้อย พบว่า เกษตรกรชาวไร่อ้อยส่วนใหญ่นิยมใช้ปุ๋ยเคมีเป็นหลัก และมักใช้เกรดปุ๋ยเคมีใส่ซ้ำๆ ในอัตราเดิม โดยไม่ได้ตรวจวิเคราะห์ดินที่ใช้ในการปลูกอ้อย ขาดการปรับปรุงบำรุงดิน และไม่เข้าใจในบทบาทความสำคัญของธาตุอาหารพืชที่มีต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของอ้อย จึงทำให้การผลิตอ้อยได้ผลผลิตค่อนข้างต่ำและไว้ต่อได้น้อยครั้งหรือไม่สามารถไว้ต่อได้ การตรวจวิเคราะห์ดินก่อนปลูกจึงมีความสำคัญในการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดการดินและปุ๋ยได้อย่างเหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อยอย่างยั่งยืนโดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพดินและสิ่งแวดล้อม

5.1 การเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์สำหรับประเมินการจัดการดินและปุ๋ย

การจัดการดินและปุ๋ยในการผลิตอ้อยมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ขึ้นอยู่กับสมบัติของดินในพื้นที่นั้น ๆ ดังนั้นก่อนปลูกอ้อยจำเป็นต้องสุ่มสำรวจเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปวิเคราะห์สำหรับประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินรวมทั้งสมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพบางประการที่เกี่ยวข้องซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดในการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช การสำรวจและเก็บตัวอย่างดินเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการให้คำแนะนำการจัดการดินและปุ๋ยที่มีความสำคัญมากที่สุด เพราะหากการสำรวจและเก็บตัวอย่างดินไม่ถูกต้อง จะมีผลทำให้ได้ตัวอย่างดินที่ไม่ใช่ตัวแทนดินที่แท้จริงและส่งผลให้การแปลผลวิเคราะห์ดินผิดพลาดได้ วรวงศ์และอารี (2548) ระบุว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของความผิดพลาดของผลการวิเคราะห์ดินเป็นผลมาจากการเก็บตัวอย่างดินที่ไม่ถูกต้อง ดังนั้น การเก็บตัวอย่างดินจึงต้องมีการปฏิบัติอย่างถูกวิธีเพื่อให้ได้ตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทนที่ดี

หลักการเก็บตัวอย่างดินที่ถูกต้อง

1) เลือกเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างดิน เวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างดินสำหรับดินสำหรับพื้นที่ปลูกอ้อย ควรเก็บก่อนการไถเตรียมดิน เนื่องจากหากมีการไถเตรียมดินไปแล้ว จะทำให้มีการพลิกหน้าดินและการผสมกันของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ ควรเก็บตัวอย่างดินเมื่อดินมีความชื้นปานกลาง ไม่ชื้นแฉะหรือแห้งมากเกินไป เพื่อให้ได้ตัวอย่างดินที่เหมาะสมและสะดวกในการปฏิบัติงาน

2) ใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมและสะอาดในการเก็บตัวอย่างดิน สามารถใช้เครื่องมือได้หลายชนิด เช่น จอบ เสียม พลั่ว สว่านเจาะดิน (auger soil sampler) ท่อเจาะดิน (Bucket auger) หลอดเจาะดิน (tube sampler) ถังพลาสติกสำหรับใช้รวบรวมตัวอย่างดิน ฝาพลาสติกสำหรับคลุมเคล้าและแบ่งตัวอย่างดิน

3) กำหนดขอบเขตพื้นที่ที่จะเก็บตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทนพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม โดยแบ่งแปลงเก็บตัวอย่างดินตามสภาพพื้นที่ ได้แก่ ความลาดชันของพื้นที่ สีดินและเนื้อดิน ประวัติการใช้ที่ดินในพื้นที่

4) ขนาดของพื้นที่ ควรสุ่มเก็บตัวอย่างดินให้กระจายทั่วพื้นที่ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างแบบซิกแซกหรือแบบตารางสี่เหลี่ยม (กริด) 15-20 จุดต่อหนึ่งตัวอย่างต่อพื้นที่ไม่เกิน 25 ไร่

5) ระดับความลึกของดิน การสุ่มเก็บตัวอย่างในแต่ละจุด ควรเก็บที่ระดับความลึกเดียวกันอย่างสม่ำเสมอ ควรแบ่งตัวอย่างดินออกเป็น 2 ระดับความลึก ได้แก่ ตัวอย่างดินชั้นบนที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร และตัวอย่างดินชั้นล่างที่ระดับความลึก 20-50 เซนติเมตร เนื่องจากที่ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินจะแตกต่างกันตามระดับความลึกของดิน หากสงสัยว่าพื้นที่ดังกล่าวอาจเป็นดินเค็มหรือดินโซดิก ควรเก็บตัวอย่างดินทุกระดับความลึก 20 เซนติเมตร จนถึงระดับความลึก 80 เซนติเมตร (Calcino *et al.*, 2018)

5.2 การจัดการดินในการผลิตอ้อย

5.2.1 การจัดการดินดาน

ดินดานเป็นชั้นดินที่อัดตัวแน่นโดยมีความหนาแน่นรวมของดินมากกว่า 1.6 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนใหญ่พบที่ระดับความลึกลงไปจากผิวดินประมาณ 30-50 เซนติเมตร มีความหนา 2-5 เซนติเมตร สาเหตุที่ทำให้เกิดชั้นดานเนื่องจากการไถพรวนในระดับเดียวกันเป็นระยะเวลานานหลายปี การเหยียบย่ำโดยรถไถและรถบรรทุก และสามารถเกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติจากการที่น้ำชะละลายอนุภาคของดินและแร่ธาตุไปเคลือบเม็ดดินและอุดช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ทำให้เกิดการอัดตัวแน่นของดินได้รวดเร็ว การเกิดชั้นดานมีผลทำให้น้ำซึมผ่านดินได้ช้า รากไม่สามารถขนไนลงไปในดินระดับลึกได้ ดังนั้นเมื่อฝนทิ้งช่วงอ้อยจะแสดงอาการขาดน้ำได้ง่าย ทำให้เจริญเติบโตได้ไม่ดี ส่วนในช่วงฝนตกชุกจะเกิดสภาพดินมีน้ำขังได้ง่าย เป็นสาเหตุให้รากอ้อยเน่า นอกจากนี้การที่ดินแน่นทึบมีผลทำให้อ้อยดูดใช้ธาตุอาหารได้ลดลงเนื่องจากรากเจริญเติบโตได้ไม่ดี (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2544)

การไถระเบิดดินดาน (subsoiler หรือ ripper) ขาของไถตัดดินดานที่ดีต้องมีความหนาของขาไถบางที่สุดเพื่อลดแรงฉุดลาก ลักษณะของขาไถ จะต้องไม่นำเอาดินดานล่าง (subsoil) ขึ้นมาปะปนกับหน้าดินด้านบน การไถระเบิดดินดานควรไถขณะดินมีความชื้นเหมาะสมดินไม่แห้งมากจนเกินไปแต่ให้มีความชื้นเล็กน้อยประมาณ 15-18 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดิน (available soil moisture) การไถในรอบแรกอาจไถได้ไม่ลึกนัก ประมาณ 20-40 เซนติเมตร และเมื่อทำการไถรอบสองควรไถขวางตัดกับแนวการไถรอบแรกแบบตารางหมากรุก จะทำให้ไถลงได้ลึกถึง 50 เซนติเมตร ช่วยให้อ้อยเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่ไถดินดาน เพราะการไถระเบิดดินดานจะทำให้ปริมาณน้ำฝนซึมลงดินได้ลึกและถูกเก็บกักไว้ในดินเพิ่มมากขึ้น ทำให้อ้อยสามารถดูดใช้น้ำได้ดีขึ้น ยืดระยะเวลาการขาดน้ำนานกว่าเดิมเมื่อฝนทิ้งช่วง (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2544)

5.2.2 การไถเตรียมดิน

กรณีดินเหนียว ไถกลบเศษซากพืชด้วยพาสสามหรือพาสสี่ จากนั้นตากดินไว้ 1-2 สัปดาห์ จึงไถแปรด้วยพาสเจ็ดแล้วไถเปิดร่องด้วยพาสยกร่อง

กรณีดินทราย ไถกลบเศษซากพืชด้วยพาสสี่กลบเศษซากพืชหรือพาสเจ็ด ทิ้งไว้ 2 สัปดาห์ แล้วจึงไถบุกเบิกด้วยพาสสาม ไถแปรด้วยพาสเจ็ดแล้วพรวนด้วยพาสพรวน (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2544)

5.2.3 การปรับปรุงดิน

การปรับปรุงดินมีความสำคัญควรจัดการอย่างถูกต้องและเหมาะสมก่อนทำการจัดการปุ๋ย เช่น หากพื้นที่ปลูกอ้อยเป็นดินเนื้อหยาบ เช่น เป็นดินทรายหรือร่วนปนทราย ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารและการอุ้มน้ำได้น้อย ธาตุอาหารในดินสูญเสียไปกับน้ำได้ง่าย และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ควรทำการปรับปรุงดินโดยด้วยวัสดุอินทรีย์หรือปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดิน เช่น ใช้กากตะกอนหมักกรองอ้อยหรือปุ๋ยคอกที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น การไถกลบเศษซากใบอ้อย เป็นต้น

- **การปลูกพืชบำรุงดิน** สามารถทำได้โดยปลูกพืชตระกูลถั่ว เช่น ปอเทือง ถั่วมะแฮะ ถั่วพรี ถั่วพุ่ม โดยหว่านเมล็ดในอัตรา 5-10 กิโลกรัมต่อไร่ แล้วไถกลบในช่วงที่พืชตระกูลถั่วออกดอก ก่อนปลูกอ้อย 2-4 สัปดาห์ เพื่อเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินและเป็นแหล่งของไนโตรเจนให้แก่อ้อย เนื่องจากรากของพืชตระกูลถั่วมีปม (nodule) ซึ่งเกิดจากเชื้อไรโซเบียมเข้าไปอาศัยอยู่และสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาใช้ในการเจริญเติบโตของพืชได้ พืชตระกูลถั่วโดยทั่วไปมีธาตุอาหารประกอบด้วยไนโตรเจน 1-3 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.2-0.5 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม 1-3 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 5.1) เมื่อไถกลบเศษซากพืชตระกูลถั่วจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดินและปลดปล่อยธาตุอาหารให้เป็นประโยชน์แก่อ้อยได้ (Giller and Wilson, 1991; McDonagh *et al.*, 1995; พืชนี้และอูษา, 2555)

ตารางที่ 5.1 ปริมาณธาตุอาหารในพืชปุ๋ยสด

| รายการที่วิเคราะห์ | ไนโตรเจน (% N) | ฟอสฟอรัส (% P) | โพแทสเซียม (% K) |
|--------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| ปอเทือง | 1.98 | 0.30 | 2.41 |
| ถั่วพรี | 3.03 | 0.37 | 3.12 |
| ถั่วพุ่ม | 2.05 | 0.22 | 3.20 |
| ถั่วเหลือง | 2.71 | 0.56 | 2.47 |
| ถั่วเขียว | 1.85 | 0.23 | 3.00 |
| ถั่วมะแฮะ | 1.42 | 0.26 | 0.90 |

ที่มา: กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยพืชไร่ (2541)

- **การใช้ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรม** เช่น กากตะกอนหมักกรองอ้อย และน้ำกากส่า (vinasse) เป็นวัสดุอินทรีย์ที่นำมาใช้ในการปรับปรุงบำรุงดินได้อย่างดี กากตะกอนหมักกรองอ้อย โดยทั่วไปมีปฏิกิริยาเป็นด่างสูง โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 7.5-8.5 จึงเหมาะที่จะนำไปใช้กับดินที่เป็นกรด ศุภกาญจน์และคณะ (2555) รายงานว่า กากตะกอนหมักกรองมีอินทรีย์วัตถุ 20.53

เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจน 0.63 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.60 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียม 0.75 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมครบทุกธาตุ (ตารางที่ 5.2) จากการศึกษาการปรับปรุงดินทรายในการผลิตอ้อยโดยใช้ปุ๋ยโดโลไมต์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับกากตะกอนหมักกรองอ้อย 1,000 กิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) ต่อไร่ พบว่า สามารถยกระดับผลผลิตอ้อยได้ 10.6 – 44.2 เปอร์เซ็นต์ (ศุภกาญจน์และคณะ, 2557; วัลลีย์และคณะ, 2558)

น้ำกากส่า เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมอ้อยชนิดที่มีศักยภาพในการนำมาใช้ปรับปรุงดิน น้ำกากส่าเป็นน้ำที่เหลือจากการกลั่นสุราและหรือเอทานอลของโรงงานสุรา การผลิตเอทานอล 1 ลิตร จะได้น้ำกากส่าออกมา 12 - 15 ลิตร (Mariano *et al.*, 2009) ปัจจุบันการผลิตเอทานอลในประเทศไทยมีปริมาณวันละ 4.4 ล้านลิตร (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2562) ดังนั้นจึงมีน้ำกากส่าประมาณ 53 - 55 ล้านลิตรต่อวัน ในองค์ประกอบของน้ำกากส่ามีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังแสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 สมบัติบางประการของวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ในการปรับปรุงดิน

| รายการที่วิเคราะห์ | กากตะกอนหมักกรองอ้อย ^{1/} | น้ำกากส่า ^{2/} |
|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| ค่าความเป็นกรด-ด่าง | 7.91 | 4.6 – 5.1 |
| ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมน/เมตร) | 0.72 | 21 – 31 |
| C/N ratio | 11.28 | |
| อินทรีย์วัตถุ (%) | 20.53 | 2.9 – 4.7 |
| ไนโตรเจน (%N) | 0.63 | 0.1 – 0.3 |
| ฟอสฟอรัส (%P) | 0.60 | 0.03 – 0.1 |
| โพแทสเซียม (%K) | 0.75 | 0.6 – 0.7 |
| แคลเซียม (%Ca) | 3.02 | 0.19 – 0.5 |
| แมกนีเซียม (%Mg) | 0.35 | 0.08 – 0.2 |
| สังกะสี (มก./กก.) | 66 | |

ที่มา: ^{1/} ศุภกาญจน์และคณะ (2555) ^{2/} ศรีสุตาและคณะ (2555)

ศรีสุตาและคณะ (2555) ศึกษาการใช้กากส่าในอัตรา 20 และ 30 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ในดินทรายชุดดินยโสธรที่ปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 พบว่าสามารถทำให้อ้อยปลูกให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 58 และ 65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และทำให้อ้อยต่อไร่ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 113 และ 121 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในขณะที่ ทศนีย์ (2551) รายงานว่า น้ำกากส่าช่วยให้อ้อยปลูกมีการเจริญเติบโตในด้านของจำนวนต้นและความสูงของอ้อยดีกว่าการไม่ใส่น้ำกากส่า โดยเฉพาะเมื่อใส่ในอัตรา 60 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ พบว่าทำให้อ้อยปลูกให้ผลผลิตสูงถึง 33.5 ตันต่อไร่ และยังช่วยเพิ่มปริมาณโพแทสเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส เหล็ก ทองแดง กำมะถัน และคลอรีน อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้การใช้น้ำกากส่าในการปรับปรุงดินทรายในพื้นที่ปลูกอ้อยยังช่วยให้ความหนาแน่นของดินลดลง ช่วยให้ดินอุ้มน้ำได้ดีขึ้น น้ำกากส่าสามารถใส่ลงไปในดินในอัตรา 10 ถึง 30 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ โดยราดให้ทั่วแปลงก่อนไถเตรียมดิน และถึงแม้ว่าน้ำกากส่าจะมีปริมาณความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี

(biochemical oxygen demand: BOD) และความต้องการออกซิเจนทางเคมี (chemical oxygen demand: COD) สูงก็ตาม แต่หากใส่น้ำกากส่าในดินทิ้งไว้ 40-60 วัน ก่อนเริ่มการเพาะปลูกจะทำให้ปริมาณความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีและความต้องการออกซิเจนทางเคมีลดลงถึงระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่ออ้อย การใช้กากส่านอกจากช่วยให้เกษตรกรสามารถต้นทุนการผลิตจากการใช้ปุ๋ยเคมี และช่วยลดมลพิษสิ่งแวดล้อมในโรงงานสุราและบริเวณใกล้เคียงได้อีกด้วย

- **การใช้ปุ๋ยปรับปรุงดิน** กรณีที่ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างของดินไม่เหมาะสม ควรทำการปรับปรุงค่าความเป็นกรด-ด่างของดินก่อนจัดการปุ๋ย เนื่องจากความเป็นกรด-ด่างของดินมีผลต่อการละลายได้และความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดิน หากดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 5.5 ควรปรับปรุงดินด้วยวัสดุประเภทปูน ได้แก่ ปูนโดโลไมต์ ปูนขาว หินปูนบด การใส่ปุ๋ยเพื่อปรับปรุงดินไม่ควรใส่ในปริมาณมากในคราวเดียวตามค่าวิเคราะห์ความต้องการปุ๋ยของดิน เนื่องจากผลวิเคราะห์ค่าความต้องการปุ๋ยของดินนั้นเป็นการหาค่าความต้องการปุ๋ยเพื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของดินจนถึง pH 6.5 ในขณะที่อ้อยสามารถเจริญเติบโตได้ดีตั้งแต่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.5 - 7.5 นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยคราวละปริมาณมากในครั้งเดียวอาจส่งผลทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชบางธาตุลดลงได้ และไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ดินทราย-ร่วนปนทรายที่มีค่าความเป็นกรดต่ำกว่า 5.5 เมื่อปรับปรุงดินด้วยปูนโดโลไมต์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใช้กากตะกอนหม้อกรอง 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ สามารถยกระดับผลผลิตอ้อยได้ถึง 30-50 เปอร์เซ็นต์ (ศุภกาญจน์ และคณะ, 2555; วลัยเกียรติ และคณะ, 2558; ศุภกาญจน์ และคณะ, 2557; ศุภกาญจน์ และคณะ, 2558) ในขณะที่ดินด่างหรือมีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 7.5 สามารถปรับปรุงดินด้วยผงกำมะถัน โดยใส่ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0 +24%S) แทนการใช้ปุ๋ยยูเรีย

5.2.4 การจัดการเศษซากใบอ้อย ในการเก็บเกี่ยวอ้อยสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การตัดอ้อยสด และการเผาอ้อยก่อนเก็บเกี่ยว ซึ่งการเผาใบก่อนเก็บเกี่ยวมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 60 ของปริมาณอ้อยทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากทำให้สะดวกในการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน ทำให้ตัดอ้อยได้รวดเร็วขึ้นเพราะไม่ต้องลอกกาบใบ จึงทำให้สามารถตัดอ้อยได้มากกว่าอ้อยสดประมาณ 2 เท่า ประกอบกับปัญหาขาดแคลนแรงงาน ในขณะที่รถตัดอ้อยมีจำนวนน้อย (ภักดิ์, 2562) นอกจากนี้ยังมีการเผาใบก่อนการเตรียมดินเพื่อความสะดวกในการเตรียมดิน และการเผาใบหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อป้องกันไฟไหม้อ้อยต่อหลังจากที่มีหน่องอกแล้วและทำให้สามารถใส่ปุ๋ยได้สะดวก อย่างไรก็ตามการเผาใบอ้อยส่งผลให้เกิดความสูญหายของธาตุอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งคาร์บอน ไนโตรเจน และกำมะถัน ในขณะที่การเก็บเกี่ยวอ้อย 1 ไร่ จะมีชีวมวลใบอ้อยประมาณ 1-2 ตันต่อไร่ ประกอบด้วยไนโตรเจน 7-14 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัส 1-2 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียม 10-20 กิโลกรัม K ต่อไร่ (ศุภกาญจน์และคณะ, 2558; สมฤทัยและคณะ, 2558) นอกจากนี้ยังทำลายจุลินทรีย์ดินและความชื้นในดิน (Souza *et al.*, 2012) ดังนั้นหากโลกเศษซากใบอ้อย ธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบในใบอ้อยทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม รวมถึงธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม จะใส่กลับลงไปในดิน และเมื่อเศษซากใบอ้อยถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดิน ก็จะปลดปล่อยธาตุอาหารต่าง ๆ เหล่านี้ให้แก่อ้อยในฤดูปลูกถัดไปได้

5.3 การจัดการปุ๋ยในการผลิตอ้อย

การจัดการปุ๋ยหรือธาตุอาหารพืชมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตอ้อยอย่างยิ่ง การใช้ปุ๋ยที่มากเกินไปหรือน้อยเกินไปสามารถส่งผลเสียต่อการให้ผลผลิตของอ้อยได้ เช่น หากอ้อยได้รับไนโตรเจนมากเกินไป จะทำให้ความหวานของอ้อยลดลง ส่วนฟอสฟอรัสจนถึงแมกนีเซียม ต้องการใช้ในปริมาณน้อยกว่าไนโตรเจนและโพแทสเซียม แต่ฟอสฟอรัสมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของรากและการแตกกอซึ่งจะส่งผลต่อการให้ผลผลิต อย่างไรก็ตาม หากดินมีการสะสมของฟอสฟอรัสในปริมาณมาก ก็จะทำให้เกิดความไม่สมดุลต่อธาตุอาหารชนิดอื่น เช่น ทำให้ธาตุเหล็ก สังกะสี และทองแดงมีความเป็นประโยชน์ลดลง (McCray *et al.*, 2013; Kumar and sharma, 2013; Calcino *et al.*, 2018) สำหรับธาตุโพแทสเซียมนั้นมีความสำคัญต่อการเคลื่อนย้ายน้ำตาลจากส่วนใบไปสะสมในต้น การขาดโพแทสเซียมมีแนวโน้มทำให้ผลผลิตอ้อยลดลงอย่างชัดเจน ใบแก่จะร่วงหล่นเร็วกว่าปกติ ใบเล็กแคบ และลำต้นแคระแกร็น อย่างไรก็ตาม จากรายงานผลการวิจัยโครงการวิจัยและพัฒนาดิน น้ำ และปุ๋ยอ้อย ปี 2554-2558 พบว่า ส่วนใหญ่โพแทสเซียมมีสหสัมพันธ์ต่อผลผลิตของอ้อยน้อยกว่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม (กอบเกียรติ, 2558; ศุภกาญจน์และคณะ, 2557; Morgan *et al.*, 2009) ในขณะที่ Watanabe *et al.* (2016) พบว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมและคลอไรด์มีสหสัมพันธ์เชิงลบกับความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำอ้อย นั่นคือหากใส่ปุ๋ยที่มีโพแทสเซียมและคลอไรด์มากเกินไป จะส่งผลให้ความหวานของอ้อยลดลงได้ ส่วนในดินทรายซึ่งส่วนใหญ่มีปฏิกิริยาดินเป็นกรด มีแคลเซียมและแมกนีเซียมในปริมาณน้อย จึงพบว่าปริมาณการใช้แมกนีเซียมของอ้อยปลูกและอ้อยต่อที่ปลูกในดินทรายที่เป็นกรดจัดมีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญ (ศุภกาญจน์และคณะ, 2557) ดังนั้นจึงได้แนะนำให้ปรับปรุงดินทรายที่เป็นกรดจัดโดยการใส่ปูนโดโลไมต์ เพื่อช่วยปรับปรุงความเป็นกรด-ด่างของดิน พร้อมทั้งเป็นแหล่งของแคลเซียมและแมกนีเซียมให้แก่อ้อยอีกด้วย

5.3.1 การใช้ปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ มีประโยชน์ในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น ทำให้ดินโปร่งร่วนซุย ไม่อัดตัวแน่น และทำให้ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำดีขึ้น ช่วยปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดิน ทำให้ดินมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงขึ้น ช่วยดูดซับธาตุอาหารไม่ให้สูญเสียไปกับน้ำได้ง่าย และทำให้ดินมีความสามารถในการต่อต้านการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของดินเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังช่วยในการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน นอกจากนี้ปุ๋ยอินทรีย์ยังช่วยในการปรับปรุงสมบัติทางชีวภาพ โดยเป็นแหล่งอาหารและพลังงานให้แก่สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กหรือจุลินทรีย์ดิน ทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตและดำเนินกิจกรรมได้ดี ช่วยแปรสภาพธาตุอาหารพืชในดินให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ได้อย่างต่อเนื่อง

ปุ๋ยอินทรีย์โดยทั่วไปมีธาตุอาหารเป็นองค์ประกอบในปริมาณน้อย ดังแสดงในตารางที่ 5.3 ขึ้นอยู่กับชนิดพืชหรือวัสดุอินทรีย์ นอกจากนี้การปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์จะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ โดยต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดิน Lazicki *et al.* (2020) พบว่า ปุ๋ยหมักจากเศษหญ้าปลดปล่อยไนโตรเจนได้เพียง 5 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปุ๋ยหมักจากมูลสัตว์ปีกปลดปล่อยไนโตรเจนได้ 35 - 55 เปอร์เซ็นต์ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียวโดยไม่มีการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีจึงจำเป็นต้องใส่ในปริมาณค่อนข้างสูง อย่างน้อย 3 - 4 ตันต่อไร่ จึงสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้

เพียงพอกแก่พืชได้ เช่น การใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ 1 เปอร์เซ็นต์ ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ จะได้ไนโตรเจนทั้งหมด 10 กิโลกรัม N ต่อไร่ แต่ไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์สามารถปลดปล่อยออกมาให้พืชนำไปใช้ได้ 30-50 เปอร์เซ็นต์ เพราะฉะนั้น การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ จะมีไนโตรเจนที่ปลดปล่อยให้พืชนำไปใช้ได้ในปีแรกประมาณ 3-5 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นจึงแนะนำให้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 700-1,000 กิโลกรัมต่อไร่ รองกันร่องพร้อมปลูก หรือหว่านให้ทั่วแปลงแล้วไถกลบ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน

ตารางที่ 5.3 ปริมาณธาตุอาหารในวัสดุอินทรีย์ชนิดต่างๆ

| รายการที่วิเคราะห์ | ไนโตรเจน (% N) | ฟอสฟอรัส (% P) | โพแทสเซียม (% K) |
|--------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| มูลไก่ | 2.42 | 6.29 | 2.11 |
| มูลเป็ด | 1.02 | 1.84 | 0.52 |
| มูลสุกร | 1.30 | 2.40 | 1.00 |
| มูลวัว | 1.10 | 0.40 | 1.60 |
| มูลควาย | 0.97 | 0.60 | 1.66 |
| มูลค่างควาย | 1.54 | 14.28 | 0.60 |
| แหนแดง | 3.30 | 0.57 | 1.23 |
| กากตะกอนหมักกรอง | 1.01 | 2.41 | 0.44 |
| กากสำเหล้า | 2.06 | 0.17 | 1.03 |
| ใบอ้อย | 0.50 | 0.08 | 0.80 |
| ฟางข้าว | 0.59 | 0.08 | 1.72 |

ที่มา: กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยพืชไร่ (2541)

5.3.2 การใช้ปุ๋ยชีวภาพ

ปุ๋ยชีวภาพเป็นปุ๋ยที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่สามารถสร้างธาตุอาหารหรือช่วยให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์แก่พืชได้ ปุ๋ยชีวภาพที่ใช้ในการผลิตอ้อยแบ่งออกเป็นปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้อย่างอิสระ ได้แก่ *Azotobacter*, *Azospirillum*, และ *Gluconacetobacter* และปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต ได้แก่ *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas striata*, *Aspergillus awamori* (Balasundaram, 2004) ในขณะกรมวิชาการเกษตรแนะนำให้ใช้ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ ทรี ในการผลิตอ้อย ซึ่งประกอบด้วยแบคทีเรีย 2 สกุล ได้แก่ *Azospirillum brasilense* และ *Gluconacetobacter vietnamiensis* มีปริมาณจุลินทรีย์รับรองไม่ต่ำกว่า 1×10^6 โคโลนีต่อปุ๋ยชีวภาพ 1 กรัม โดยจุลินทรีย์ดังกล่าวสามารถตรึงไนโตรเจน ละลายธาตุอาหารพืช และสร้างสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชคล้าย IAA ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์สามารถใช้โดยการละลายน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 100 แล้วฉีดพ่นลงบนท่อนพันธุ์ก่อนปลูก (กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน, 2564)

5.3.3 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน

การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเป็นการใช้ปุ๋ยให้ตรงตามสมบัติของดินและความต้องการของพืชที่มีความคุ้มค่าแก่การลงทุน การพิจารณาการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินให้ตรงตามความต้องการธาตุอาหารของพืชนั้น ได้จากการศึกษาการตอบสนองต่อธาตุอาหารของพืชโดยทำการทดลองในพื้นที่ต่าง ๆ ภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันทั้งสมบัติของดิน สภาพพื้นที่ และสภาพภูมิอากาศ รวมทั้งวิเคราะห์ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร การสูญหายของธาตุอาหารที่จะติดออกไปกับผลผลิตที่นำออกไปจากพื้นที่ และมีการประเมินความคุ้มค่าแก่การลงทุน

ในการประเมินการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินนั้น ได้ใช้ระดับวิกฤติ (critical level) ของค่าวิเคราะห์ดินเป็นเกณฑ์ในการแบ่งระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ระดับวิกฤติของค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยมีดังนี้ อินทรีย์วัตถุ 0.75 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ระดับวิกฤติของค่าวิเคราะห์ดินสามารถแปลความหมายได้ดังนี้คือ เมื่อค่าวิเคราะห์ดินต่ำกว่าระดับวิกฤติ พืชจะให้ผลผลิตตอบสนองต่อปุ๋ยอย่างเด่นชัด ในทางกลับกัน หากค่าวิเคราะห์ดินสูงกว่าค่าวิกฤติ การตอบสนองต่อปุ๋ยของพืชจะมีน้อยมากหรือไม่ตอบสนองต่อปุ๋ย ซึ่งการคำนวณหาระดับวิกฤติของธาตุอาหารแต่ละชนิดได้จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตสัมพัทธ์ (relative yield) กับค่าวิเคราะห์ดินแต่ละรายการ แล้วนำข้อมูลสหสัมพันธ์ที่ยอมรับได้ในทางสถิติหรือข้อมูลที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ที่มีนัยสำคัญทางสถิติไปใช้ในการแบ่งระดับชั้น (class) ของข้อมูล โดยแบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 2 ชุด พิจารณาจากผลต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูลผลผลิตสัมพัทธ์ที่แตกต่างกันมากที่สุดเป็นจุดแบ่งชั้นที่เหมาะสม จากนั้นจึงนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการจัดกลุ่มของดินในการศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ย และนำผลการตอบสนองต่อปุ๋ยไปวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับปริมาณปุ๋ยโดยใช้สมการ Quadratic, Square root หรือ Logarithmic ที่มีความเชื่อมั่นทางสถิติสูง เมื่อได้สมการการตอบสนองต่อปุ๋ยแล้วจึงนำเอาสมการดังกล่าวมาใช้ในการประเมินอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมทางเศรษฐกิจ โดยใช้ข้อมูลราคาผลผลิตและราคาปุ๋ยมาคำนวณ หาอัตราเพิ่มของผลตอบแทน (marginal rate of returns; MRR) ตามหลักทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งกำหนดให้อัตราปุ๋ยที่ทำให้ค่า MRR = 0 เป็นอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมเชิงเศรษฐกิจ ขณะที่ MRR = -1 เป็นอัตราปุ๋ยที่ให้ผลผลิตสูงสุด แต่กำหนดให้อัตราปุ๋ยที่ให้ค่า MRR = 1 เป็นอัตราปุ๋ยที่แนะนำแก่เกษตรกร เพราะเป็นอัตราที่มีระดับความเสี่ยงต่ำ

กอบเกียรติ (2556) ได้แบ่งเกณฑ์ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ต่ำมาก ต่ำ ปานกลาง และสูง ตามตารางที่ 5.4 โดยการประเมินอัตราปุ๋ยไนโตรเจนนั้นจะพิจารณาจากปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เนื่องจากอินทรีย์วัตถุในดินเป็นแหล่งสำคัญในการปลดปล่อยไนโตรเจนให้กับพืช ส่วนการประเมินอัตราปุ๋ยฟอสเฟตจะพิจารณาจากปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ส่วนการประเมินอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมจะพิจารณาจากโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และจากการดำเนินงานวิจัยภายใต้โครงการวิจัยและพัฒนาด้านดิน น้ำ และปุ๋ยอ้อย ของกรมวิชาการเกษตร ได้พัฒนาเป็นคำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับอ้อยปลูกและอ้อยต่อ ดังแสดงในตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.4 ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินปลูกอ้อยจากค่าวิเคราะห์ดินในแหล่งปลูกอ้อยของประเทศไทย

| ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน สำหรับอ้อย | อินทรีย์วัตถุ (%) | 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: กอบเกียรติ (2556)

ตารางที่ 5.5 ค่าแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน สำหรับอ้อยปลูกและอ้อยต่อ

| รายการวิเคราะห์ | ผลวิเคราะห์ | ธาตุอาหารแนะนำ | |
|---|---------------|---|---|
| | | อ้อยปลูก | อ้อยต่อ |
| อินทรีย์วัตถุ (%) | น้อยกว่า 0.75 | 27 (21*) กก.N/ไร่ | 27 (18*) กก.N/ไร่ |
| | 0.75-1.50 | 15 กก.N/ไร่ | 18 กก.N/ไร่ |
| | 1.51-2.25 | 12 กก.N/ไร่ | 15 กก.N/ไร่ |
| | มากกว่า 2.25 | 6 กก.N/ไร่ | 9 กก.N/ไร่ |
| ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) | น้อยกว่า 7 | 9 กก.P ₂ O ₅ /ไร่ | 9 กก.P ₂ O ₅ /ไร่ |
| | 7-30 | 6 กก.P ₂ O ₅ /ไร่ | 6 กก.P ₂ O ₅ /ไร่ |
| | มากกว่า 30 | 3 กก.P ₂ O ₅ /ไร่ | 3 กก.P ₂ O ₅ /ไร่ |
| โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) | น้อยกว่า 60 | 18 กก.K ₂ O/ไร่ | 18 กก.K ₂ O/ไร่ |
| | 60-90 | 12 กก.K ₂ O/ไร่ | 12 กก.K ₂ O/ไร่ |
| | มากกว่า 90 | 6 กก.K ₂ O/ไร่ | 6 กก.K ₂ O/ไร่ |

ที่มา: พัฒนาจากผลการวิจัย โครงการวิจัยและพัฒนาดิน น้ำ และปุ๋ยอ้อย ปี 2554-2558 กรมวิชาการเกษตร (กอบเกียรติ, 2558)

หมายเหตุ

- (*) กรณีดินมีอินทรีย์วัตถุต่ำกว่า 0.75% ควรปรับปรุงดินด้วยวัสดุอินทรีย์ เช่น กากตะกอนหมักกรองอ้อย 1,000 กิโลกรัมต่อไร่
- ผลผลิตที่คาดหวังกรณีดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 15-20 ตันต่อไร่ ผลผลิตที่คาดหวังกรณีดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง 25-30 ตันต่อไร่ ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่อ้อยได้รับ สมบัติของดิน และศักยภาพของพันธุ์
- ถ้าความเป็นกรด-ด่าง (pH) น้อยกว่า 5.6 ควรปรับปรุงดินด้วยปูนโดโลไมต์ อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และใช้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) เป็นแหล่งของไนโตรเจน
- ถ้าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มากกว่า 7.3 ให้เลือกใช้พันธุ์ที่เจริญเติบโตได้ดีในดินต่าง เช่น พันธุ์อู่ทอง 14 และใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) เป็นแหล่งของไนโตรเจน

5.3.4 การคำนวณปริมาณปุ๋ยที่ต้องใช้ตามคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน

เนื่องจากคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในตารางที่ 5.5 ระบุในรูปของอัตราของธาตุอาหารไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัสในรูปของ P_2O_5 และโพแทสเซียมในรูปของ K_2O ต่อหน่วยพื้นที่ (ไร่) ดังนั้น ในการใช้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยดังกล่าว ต้องนำมาคำนวณปริมาณปุ๋ยที่จะต้องใช้เพื่อให้ได้ปริมาณธาตุอาหาร N, P_2O_5 , K_2O ตามที่แนะนำ โดยสามารถเลือกใช้แม่ปุ๋ยนำมาผสมใช้เองซึ่งเป็นแนวทางที่ประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด หรือเลือกใช้ปุ๋ยเชิงประกอบที่มีในท้องตลาดร่วมกับแม่ปุ๋ยบางชนิด เช่น ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) เป็นต้น

1) กรณีผสมปุ๋ยใช้เองโดยใช้แม่ปุ๋ย

การผสมปุ๋ยใช้เองโดยใช้แม่ปุ๋ย ต้องเลือกใช้แม่ปุ๋ยที่มีความเข้ากันได้ กล่าวคือ เมื่อนำแม่ปุ๋ยมาผสมกันแล้ว ไม่ทำให้ปุ๋ยขึ้นหรือเหลว ไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีที่จะก่อให้เกิดการสูญเสียของธาตุอาหารในรูปของก๊าซหรือเกิดเป็นรูปที่ละลายได้ยาก และไม่จับตัวกันเป็นก้อนแข็ง นอกจากนี้ ปุ๋ยแต่ละชนิดต้องมีขนาดของเม็ดปุ๋ยที่ใกล้เคียงกันเพื่อไม่ให้ปุ๋ยแต่ละชนิดเกิดการแยกตัวของเม็ดปุ๋ยที่มีขนาดต่างกัน ทำให้ได้ปุ๋ยผสมที่มีคุณภาพดี แม่ปุ๋ยที่ใช้ในการผสมปุ๋ยใช้เองประกอบด้วย แม่ปุ๋ยไนโตรเจน ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0, 24%S) ซึ่งในกรณีที่ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มากกว่า 7 ควรใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) แทนการใช้ปุ๋ยยูเรียเพื่อลดการสูญหายของไนโตรเจนไปในรูปก๊าซแอมโมเนียในสภาพที่เป็นด่าง แต่การใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตจะมีอัตราการใช้สูงกว่าปุ๋ยยูเรียประมาณ 2 เท่าของอัตราที่แนะนำสำหรับการใช้ปุ๋ยยูเรีย แม่ปุ๋ยฟอสเฟต ได้แก่ ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) ปุ๋ยไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (DAP หรือ 18-46-0) ปุ๋ยโมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต (MAP หรือ 12-60-0) และแม่ปุ๋ยโพแทช ได้แก่ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต (0-0-50) ตามตัวอย่างดังตารางผนวกที่ 5.1 และ 5.2

ตัวอย่างการคำนวณ กรณีที่ใช้แม่ปุ๋ย

กรณีที่ผลวิเคราะห์ดินเป็นดังนี้ ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 6.2 อินทรีย์วัตถุในดิน 1.3 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(1) พิจารณาปริมาณธาตุอาหารแนะนำจากตารางที่ 4.3 ได้ดังนี้

| | |
|---|---|
| อินทรีย์วัตถุในดิน 1.3 เปอร์เซ็นต์ | ธาตุอาหารแนะนำ 15 กิโลกรัม N ต่อไร่ |
| ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม | ธาตุอาหารแนะนำ 6 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ |
| โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม | ธาตุอาหารแนะนำ 6 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ |

(2) เลือกแม่ปุ๋ยที่ต้องใช้ ดังนี้

ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ปุ๋ยไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (18-46-0) ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60)

(3) คำนวณปริมาณปุ๋ย 18-46-0 ที่ต้องใช้ เพื่อให้ได้ฟอสฟอรัสในอัตราแนะนำ 6 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่

$$= \frac{\text{ปริมาณ } P_2O_5 \text{ อัตราแนะนำ (กก. } P_2O_5/\text{ไร่)} \times 100 \text{ (กก.)}}{\text{ปริมาณ } P_2O_5 \text{ ที่มีในปุ๋ย 18-46-0 (กก. } P_2O_5)}$$

- $$= \frac{6 \text{ กก. } P_2O_5/\text{ไร่} \times 100 \text{ กก.}}{46 \text{ กก. } P_2O_5} = 13 \text{ กิโลกรัมต่อไร่}$$
- (4) คำนวณปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากปุ๋ย 18-46-0
- $$= \frac{\text{ปริมาณปุ๋ย 18-46-0 ที่ต้องใช้ (กก./ไร่)} \times \text{ปริมาณ N ที่มีในปุ๋ย 18-46-0 (กก./N)}}{100 \text{ กก.}}$$
- $$= \frac{13 \text{ กก./ไร่} \times 18 \text{ กก./N}}{100 \text{ กก.}} = 2.34 \text{ กก./ไร่}$$
- (5) คำนวณปริมาณไนโตรเจนที่ต้องใส่เพิ่มเติมจากปุ๋ย 46-0-0 เพื่อให้ได้ไนโตรเจนในอัตราแนะนำ 15 กิโลกรัม N ต่อไร่
- $$= \text{ปริมาณไนโตรเจนอัตราแนะนำ} - \text{ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากปุ๋ย 18-46-0}$$
- $$= 15 \text{ กก./ไร่} - 2.34 \text{ กก./ไร่}$$
- $$= 12.66 \text{ กก./ไร่}$$
- (6) คำนวณปริมาณปุ๋ย 46-0-0 ที่ต้องใส่
- $$= \frac{\text{ปริมาณ N ที่ต้องใส่เพิ่มเติมจากปุ๋ย 46-0-0 (กก./ไร่)} \times 100 \text{ (กก.)}}{\text{ปริมาณ N ที่มีในปุ๋ย 46-0-0 (กก./N)}}$$
- $$= \frac{12.66 \text{ กก./ไร่} \times 100 \text{ กก.}}{46 \text{ กก./N}} = 27.5 \text{ กิโลกรัมต่อไร่}$$
- (7) คำนวณปริมาณปุ๋ย 0-0-60 ที่ต้องใส่ เพื่อให้ได้โพแทสเซียมในอัตราแนะนำ 6 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่
- $$= \frac{\text{ปริมาณ } K_2O \text{ อัตราแนะนำ (กก. } K_2O/\text{ไร่)} \times 100 \text{ (กก.)}}{\text{ปริมาณ } K_2O \text{ ที่มีในปุ๋ย 0-0-60 (กก. } K_2O/\text{ไร่)}}$$
- $$= \frac{6 \text{ กก. } K_2O/\text{ไร่} \times 100 \text{ กก.}}{60 \text{ กก./} K_2O} = 10 \text{ กิโลกรัมต่อไร่}$$
- (8) สรุปปริมาณปุ๋ยที่ต้องใช้มีดังนี้
- ปุ๋ย 18-46-0 ใส่ในอัตรา 13 กิโลกรัมต่อไร่
 - ปุ๋ย 46-0-0 ใส่ในอัตรา 27.5 กิโลกรัมต่อไร่
 - ปุ๋ย 0-0-60 ใส่ในอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่

2) กรณีใช้ปุ๋ยเชิงประจักษ์ร่วมกับแม่ปุ๋ย

กรณีที่เกษตรกรไม่สะดวกในการหาซื้อแม่ปุ๋ยและไม่ต้องการผสมปุ๋ยใช้เอง สามารถใช้ปุ๋ยเชิงประจักษ์ที่มีธาตุอาหารครบถ้วนทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ที่เกษตรกรสามารถหาซื้อได้ในท้องตลาด เช่น ปุ๋ย 16-16-8 ปุ๋ย 15-15-15 ปุ๋ย 15-7-18 หรือปุ๋ยเกรดอื่น ๆ ใส่ร่วมกับแม่ปุ๋ยไนโตรเจน เช่น ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) และแม่ปุ๋ยโพแทสเซียม เช่น ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) และปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต (0-0-50) เพื่อเพิ่มเติมไนโตรเจนและโพแทสเซียมในส่วนที่ยังขาดตามตัวอย่างดังตารางผนวกที่ 5.3 และ 5.4

ตัวอย่างการคำนวณ กรณีที่ใช้ปุ๋ยเชิงประกอบร่วมกับแม่ปุ๋ย

เนื่องจากธาตุฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายในดินได้น้อยมาก จึงแนะนำให้ใส่รองพื้นเพียงครั้งเดียวเพื่อให้ปุ๋ยฟอสเฟตอยู่ใกล้บริเวณรากมากที่สุด ในขณะที่ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทชนั้นสามารถแบ่งใส่ได้ 2-3 ครั้ง ดังนั้นในการใส่ปุ๋ยรองพื้นจึงแนะนำให้ใช้ปุ๋ยเชิงประกอบที่มีธาตุอาหารครบทั้ง 3 ธาตุ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม โดยการคำนวณปริมาณปุ๋ยเชิงประกอบที่จะต้องใส่ ให้คำนวณจากอัตราฟอสเฟตที่แนะนำเป็นลำดับแรก จากนั้นจึงคำนวณปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทชที่จะต้องใส่เพิ่มเติมในการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ตามตัวอย่างดังต่อไปนี้

กรณีที่ผลวิเคราะห์ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 6.2 อินทรีย์วัตถุในดิน 1.3 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(1) พิจารณาปริมาณธาตุอาหารแนะนำจากตารางที่ 4.3 ได้ดังนี้

| | |
|---|--|
| อินทรีย์วัตถุในดิน 1.3 เปอร์เซ็นต์ | ธาตุอาหารแนะนำ 15 กิโลกรัม N ต่อไร่ |
| ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม | ธาตุอาหารแนะนำ 6 กิโลกรัม P ₂ O ₅ ต่อไร่ |
| โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม | ธาตุอาหารแนะนำ 6 กิโลกรัม K ₂ O ต่อไร่ |

(2) ปุ๋ยที่ต้องใช้ ประกอบด้วย ปุ๋ย 16-16-8 ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60)

(3) **คำนวณปริมาณปุ๋ย 16-16-8 ที่ต้องใช้** เพื่อให้ได้ฟอสฟอรัสในอัตราแนะนำ 6 กิโลกรัม P₂O₅ ต่อไร่

$$= \frac{\text{ปริมาณ P}_2\text{O}_5 \text{ อัตราแนะนำ (กก. P}_2\text{O}_5\text{/ไร่)} \times 100 \text{ (กก.)}}{\text{ปริมาณ P}_2\text{O}_5 \text{ ที่มีในปุ๋ย 16-16-8 (กก. P}_2\text{O}_5\text{)}}$$

$$= \frac{6 \text{ กก. P}_2\text{O}_5\text{/ไร่} \times 100 \text{ กก.}}{16 \text{ กก. P}_2\text{O}_5} = 37.5 \text{ กิโลกรัมต่อไร่}$$

(4) **คำนวณปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากปุ๋ย 16-16-8**

$$= \frac{\text{ปริมาณปุ๋ย 16-16-8 ที่ต้องใช้ (กก./ไร่)} \times \text{ปริมาณ N ที่มีในปุ๋ย 16-16-8 (กก.N)}}{100 \text{ (กก.)}}$$

$$= \frac{37.5 \text{ กก./ไร่} \times 16 \text{ กก.N}}{100 \text{ กก.}} = 6 \text{ กิโลกรัม N ต่อไร่}$$

(5) **คำนวณปริมาณไนโตรเจนที่ต้องใส่เพิ่มเติมจากปุ๋ย 46-0-0** เพื่อให้ได้ไนโตรเจนในอัตราแนะนำ 15 กิโลกรัม N ต่อไร่

$$= \text{ปริมาณไนโตรเจนอัตราแนะนำ} - \text{ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากปุ๋ย 16-16-8}$$

$$= 15 \text{ กก. N/ไร่} - 6 \text{ กก. N/ไร่} = 9 \text{ กิโลกรัม N ต่อไร่}$$

(6) **คำนวณปริมาณปุ๋ย 46-0-0 ที่ต้องใช้**

$$= \frac{\text{ปริมาณ N ที่ต้องใส่เพิ่มเติมจากปุ๋ย 46-0-0 (กก.N/ไร่)} \times 100 \text{ (กก.)}}{\text{ปริมาณ N ที่มีในปุ๋ย 46-0-0 (กก.N)}}$$

$$= \frac{9 \text{ กก.N/ไร่} \times 100 \text{ กก.}}{46 \text{ กก. N}} = 19.6 \text{ กิโลกรัมต่อไร่}$$

- (7) คำนวณปริมาณโพแทสเซียมที่ได้จากปุ๋ย 16-16-8
- $$= \frac{\text{ปริมาณปุ๋ย 16-16-8 ที่ต้องใช้ (กก./ไร่)} \times \text{ปริมาณ } K_2O \text{ ที่มีในปุ๋ย 16-16-8 (กก. } K_2O)}{100 \text{ (กก.)}}$$
- $$= \frac{37.5 \text{ กก./ไร่} \times 8 \text{ กก. } K_2O}{100 \text{ กก.}} = 3 \text{ กิโลกรัม } K_2O \text{ ต่อไร่}$$
- (8) คำนวณปริมาณโพแทสเซียมที่ต้องใส่เพิ่มเติมจากปุ๋ย 0-0-60 เพื่อให้ได้โพแทสเซียมในอัตราแนะนำ 6 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่
- $$= \text{ปริมาณโพแทสเซียมอัตราแนะนำ} - \text{ปริมาณโพแทสเซียมที่ได้จากปุ๋ย 16-16-8}$$
- $$= 6 \text{ กก.} K_2O/\text{ไร่} - 3 \text{ กก.} K_2O/\text{ไร่} = 3 \text{ กิโลกรัม } K_2O \text{ ต่อไร่}$$
- (9) คำนวณปริมาณปุ๋ย 0-0-60 ที่ต้องใช้
- $$= \frac{\text{ปริมาณ } K_2O \text{ ที่ต้องใส่เพิ่มเติมจากปุ๋ย 0-0-60} \times 100}{\text{ปริมาณ } K_2O \text{ ที่มีในปุ๋ย 0-0-60}}$$
- $$= \frac{3 \text{ กก. } K_2O/\text{ไร่} \times 100 \text{ กก.}}{60 \text{ กก. } K_2O} = 5 \text{ กิโลกรัมต่อไร่}$$
- (10) สรุปปริมาณปุ๋ยที่ต้องใช้มีดังนี้
- | | | | | |
|---|--------------|------------|------|----------------|
| - | ปุ๋ย 16-16-8 | ใส่ในอัตรา | 37.5 | กิโลกรัมต่อไร่ |
| - | ปุ๋ย 46-0-0 | ใส่ในอัตรา | 19.6 | กิโลกรัมต่อไร่ |
| - | ปุ๋ย 0-0-60 | ใส่ในอัตรา | 5.0 | กิโลกรัมต่อไร่ |

5.3.5 การใช้ปุ๋ยตามเนื้อดิน

กรณีที่เกิดการกรดยุในพื้นที่ย่างไกล ไม่สะดวกในการเก็บตัวอย่างส่งไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการได้ อาจพิจารณาใช้ปุ๋ยตามเนื้อดิน ซึ่งโดยทั่วไปเนื้อดินจะมีความสัมพันธ์กับระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน หากเป็นดินร่วนเหนียวถึงดินเหนียว โดยทั่วไปจะมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง หากเป็นดินเหนียวที่มีสีดำนึกจะมีอินทรีย์วัตถุสูงกว่าดินเหนียวที่มีสีแดงหรือสีน้ำตาล ในขณะที่ดินทรายถึงร่วนปนทราย โดยทั่วไปจะมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดังนั้น จึงมีการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามเนื้อดินดังนี้

กรณี ดินร่วนเหนียวถึงดินเหนียว

ดินร่วนเหนียวถึงดินเหนียวโดยทั่วไปมักมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอยู่ในปริมาณปานกลางถึงสูง จากการดำเนินงานวิจัยภายใต้โครงการวิจัยและพัฒนาที่ดิน น้ำ และปุ๋ยอ้อย ของกรมวิชาการเกษตร (กอบเกียรติ, 2558) สามารถสรุปเป็นคำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับอ้อยในดินร่วนเหนียวถึงดินเหนียวได้ดังนี้ ปุ๋ยไนโตรเจน 6-12 กิโลกรัม N ต่อไร่ ปุ๋ยฟอสเฟต 3-6 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ปุ๋ยโพแทช 6-12 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่

การใส่ปุ๋ยครั้งแรกควรใส่พร้อมปลูกหรือหลังแต่งต่ออ้อยโดยเลือกใช้ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุอาหารหลัก (N P K) ครบทั้ง 3 ธาตุ เช่น 16-16-16, 15-15-15, 16-8-16, 15-7-18 หรือ 20-10-10 ใส่ในอัตรา 40-50 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ครั้งที่ 2 เมื่ออ้อยอายุ 3-5 เดือน ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน เช่น ยูเรีย (46-0-0) อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ แต่หากเป็นดินที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มากกว่า 7.5 ควรใช้ปุ๋ยแอมโมเนียม

ซัลเฟต (21-0-0) อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ โดยใส่ให้ห่างจากแถวปลูกประมาณ 10-15 เซนติเมตร ด้วยการเปิดร่องข้างแถวเพื่อใส่ปุ๋ยแล้วใช้ดินกลบ

ดาวรุ่งและคณะ (2555) รายงานว่า การผลิตอ้อยในดินเหนียวชุดดินลำนารายณ์ซึ่งเป็นดินไร่ (upland soil) ที่มีความลึกปานกลาง พบเม็ดปุ๋ยภายในความลึก 100 เซนติเมตร มีอินทรีย์วัตถุระดับปานกลาง แต่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในปริมาณสูง สำหรับอ้อยปลูกโคลน 94-2-106 (พันธุ์อู่ทอง 14) และพันธุ์แอลเค 92-11 ควรใส่ปุ๋ย 12-6-6 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ส่วนในชุดดินลพบุรีซึ่งเป็นดินไร่ที่มีความลึกมากกว่า มีอินทรีย์วัตถุระดับปานกลาง แต่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในปริมาณสูง อ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ควรใส่ปุ๋ย 12-6-6 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ แต่พันธุ์แอลเค 92-11 ควรใส่ปุ๋ย 18-6-6 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ในขณะที่ สมควร และคณะ (2558ก) รายงานว่า การผลิตอ้อยในดินเหนียวชุดดินทับกวางที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 6-12 กิโลกรัม N ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทช 6 กิโลกรัม P₂O₅ และ 6 กิโลกรัม K₂O ต่อไร่ อุดมและคณะ (2556) รายงานว่า การผลิตอ้อยในดินนาที่เป็นดินเหนียวชุดดินราชบุรีนา (paddy soil) มีอินทรีย์วัตถุและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลาง แต่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในปริมาณสูง อ้อยปลูกพันธุ์สุพรรณบุรี 80 ควรใส่ปุ๋ย 6-3-12 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ แต่สำหรับอ้อยปลูกพันธุ์แอลเค 92-11 ควรใส่ปุ๋ย 18-3-12 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่

กรณี ดินร่วนปนทรายถึงดินทราย

ดินร่วนปนทรายถึงดินทรายโดยทั่วไปมักมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีปฏิกริยาดินเป็นกรด ดังนั้นควรปรับปรุงดินด้วยปูนโดโลไมต์ประมาณ 100 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อปรับปรุงความเป็นกรด-ด่างของดิน และเป็นแหล่งของแมกนีเซียมและแคลเซียมที่จะช่วยเพิ่มผลผลิตของอ้อยในดินทรายที่มีความเสี่ยงในการขาดธาตุทั้งสอง นอกจากนี้ควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างน้อย 700 – 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนปุ๋ยเคมีควรใส่ปุ๋ยให้มีไนโตรเจน 18-27 กิโลกรัม N ต่อไร่ ปุ๋ยฟอสเฟต 6-9 กิโลกรัม P₂O₅ ต่อไร่ และปุ๋ยโพแทช 18 กิโลกรัม K₂O ต่อไร่ การใส่ปุ๋ยครั้งแรกควรใส่พร้อมปลูกหรือหลังแต่งต่ออ้อยโดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16, 15-15-15, 16-8-16, 15-7-18 หรือ 20-10-10 อัตรา 60-70 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ครั้งที่ 2 เมื่ออ้อยอายุ 3-5 เดือน โดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจน เช่น ยูเรีย (46-0-0) อัตรา 20-30 กิโลกรัมต่อไร่ โดยใส่ให้ห่างจากแถวปลูกประมาณ 10-15 เซนติเมตร ด้วยการเปิดร่องข้างแถวเพื่อใส่ปุ๋ยและกลบ

ศุภกาญจน์และคณะ (2557) รายงานว่า การผลิตอ้อยในดินทรายชุดดินบ้านไผ่ซึ่งเป็นดินที่มีอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำ สำหรับอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ควรใส่ปุ๋ย 18-6-18 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ส่วนพันธุ์แอลเค 92-11 ควรใส่ปุ๋ย 27-6-6 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ในขณะที่อ้อยต่อพันธุ์ขอนแก่น 3 และพันธุ์แอลเค 92-11 ควรใส่ปุ๋ย 27-6-18 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ แต่หากปรับปรุงดินด้วยปูนโดโลไมต์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ และหากตะกอนหม้อกรองอ้อย 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ สามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้ 30 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ วัลลีย์และคณะ (2558) รายงานว่า การผลิตอ้อยในดินทรายชุดดินสัดหีบซึ่งเป็นดินที่มีอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำ อ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ควรใส่ปุ๋ย 27-6-18 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ แต่สำหรับอ้อยปลูกพันธุ์แอลเค 92-11

ควรรใส่ปุ๋ย 18-6-18 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ในการผลิตอ้อยในดินทรายชุดดินบ้านบึงซึ่งเป็นดินที่มีอินทรีย์วัตถุ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำ แต่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในปริมาณสูง อ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 และพันธุ์แอลเค 92-11 ควรรใส่ปุ๋ย 27-3-18 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่

5.3.6 วิธีและระยะเวลาที่เหมาะสมในการใส่ปุ๋ย

ในการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพนอกจากพิจารณาถึงอัตราหรือปริมาณการใช้ปุ๋ยให้เหมาะสมกับสมบัติของดินและความต้องการของพืชแล้ว สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งคือวิธีและระยะเวลาที่เหมาะสมในการใส่ปุ๋ย ซึ่งควรมีการปฏิบัติอย่างถูกวิธีและสอดคล้องกับรูปแบบการดูดใช้ธาตุอาหารของอ้อยในแต่ละระยะการเจริญเติบโต Calcino *et al.* (2018) ระบุว่า ในระยะแรกของการเจริญเติบโต อ้อยต้องการใช้ธาตุอาหารค่อนข้างน้อย อ้อยปลูกมีการดูดใช้ในโตรเจนประมาณ 20 – 25 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 100 วันหลังปลูก ส่วนอ้อยต่อมีการดูดใช้ในโตรเจนประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 50 วันหลังไว้ต่อ ดังนั้น การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนควรแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกให้ใส่รองพื้นพร้อมปลูกโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเพียงเล็กน้อยหรือประมาณ 1 ใน 3 ของคำแนะนำ จากนั้นส่วนที่เหลือนำไปใส่ในครั้งที่ 2 เมื่ออ้อยมีอายุ 3-4 เดือนหลังปลูก ในขณะที่ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่มีการเคลื่อนย้ายในดินได้น้อยมาก ดังนั้นการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตจึงจำเป็นต้องใส่ให้ใกล้บริเวณรากพืชมากที่สุด จึงแนะนำให้ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตรองพื้นพร้อมปลูกเพียงครั้งเดียว ส่วนโพแทสเซียมแม้จะละลายได้ง่ายแต่ถูกชะล้างได้น้อยกว่าไนโตรเจน โดยปุ๋ยโพแทสเซียมจะคงอยู่ใกล้กับอนุภาคดินเหนียวแบบหลวมๆ ทำให้ถูกชะล้างได้น้อย ดังนั้นการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในดินเหนียวสามารถใช้รองพื้นพร้อมปลูกเพียงครั้งเดียวได้ แต่ในดินทรายปุ๋ยโพแทสเซียมมีโอกาสถูกชะล้างได้มาก จึงควรแบ่งปุ๋ยโพแทสเซียม 2 ครั้ง เช่นเดียวกับปุ๋ยไนโตรเจน โดยสามารถปฏิบัติได้ดังนี้

ครั้งที่ 1 สำหรับอ้อยปลูก ใส่ปุ๋ยรองพื้นพร้อมปลูก ส่วนอ้อยต่อ ใส่หลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยปลูกประมาณ 1-2 เดือน การใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ควรรใส่ปุ๋ยให้มีธาตุอาหารครบทั้ง 3 ธาตุ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม โดยใส่ปุ๋ยฟอสเฟตตามอัตราแนะนำร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทสเซียมอย่างน้อย 1 ใน 3 ของอัตราแนะนำ การใส่ปุ๋ยรองพื้นควรรใส่เป็นแถวในร่องปลูกแล้วกลบด้วยดินบาง ๆ ก่อนวางท่อนพันธุ์

ครั้งที่ 2 ใส่เมื่ออ้อยอายุ 3-4 เดือน หรือ 5-6 เดือน (กรณีปลูกอ้อยข้ามแล้ง) และดินมีความชื้นเหมาะสม โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทสเซียมที่เหลือทั้งหมดโรยข้างแถวปลูกห่างจากแถวอ้อยไม่เกิน 10-15 เซนติเมตร แล้วพรวนกลบ

ถ้าดินมีความเป็นกรด-ด่าง (pH) น้อยกว่า 5.6 ควรรใช้ปุ๋ย ยูเรีย (46-0-0) เป็นแหล่งของไนโตรเจน และถ้าดินมีความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 7.3 ให้เลือกใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) เป็นแหล่งของไนโตรเจน

5.3.7 การลดการสูญเสียปุ๋ย

ปุ๋ยเคมีที่ใส่ให้แก่อ้อยโดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจนสามารถสูญเสียได้หลายทาง เนื่องจากเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนลงไปดิน ปุ๋ยที่ได้รับความชื้นจะละลายแล้วแตกตัวเป็นไอออนแอมโมเนียม (NH₄⁺) และไนเตรต (NO₃⁻) ที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้ แต่ไอออนดังกล่าวก็พร้อมที่จะสูญเสียไปตลอดเวลาโดยกระบวนการต่าง ๆ เช่น

- การไหลบ่าไปกับน้ำ (run off) ในกรณีที่มีการให้น้ำในปริมาณมากเกินไป หรือฝนตกชุก จะทำให้น้ำไหลบ่าและพัดพาปุ๋ยออกไปจากพื้นที่
- การชะละลาย (leaching) ลงไปในแนวลึกจนกระทั่งเลยเขตรากพืช ซึ่งมักเกิดขึ้นในดินเนื้อหยาบ เช่น ดินทราย ดินร่วนปนทราย ในสภาพที่มีฝนตกชุก
- การสูญเสียในรูปก๊าซ (volatilization) เช่น แอมโมเนีย (NH_3) ก๊าซไนโตรเจน (N_2) ก๊าซไนทรีสออกไซด์ (N_2O)
- การถูกรีดิวซ์ หรือเกิดดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) ซึ่งเกิดขึ้นในสภาพที่ดินมีน้ำขัง ทำให้อยู่ในสภาพที่เกิดการขาดออกซิเจน ไนโตรเจนจะถูกรีดิวซ์ไปเป็นก๊าซไนโตรเจนและสูญหายไปสู่อากาศ
- การแปรสภาพไปเป็นอินทรีย์ไนโตรเจนในชีวมวลของจุลินทรีย์ หรืออิมโมบิไลเซชัน (immobilization) เกิดขึ้นเมื่อดินมีวัสดุอินทรีย์หรือเศษซากพืชที่ยังไม่ย่อยสลายอยู่ในปริมาณมาก ทำให้จุลินทรีย์ในดินต้องดึงเอาไนโตรเจนจากดินและปุ๋ยไปใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์สาร ทำให้อ้อยเกิดการขาดไนโตรเจนชั่วคราวได้ และเมื่อเศษซากพืชถูกย่อยสลายเต็มที่แล้วและเมื่อจุลินทรีย์ตายลงจึงปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาให้พืชสามารถนำไปใช้ได้

การสูญหายของไนโตรเจนโดยกระบวนการต่าง ๆ ทำให้อ้อยดูดใช้ไนโตรเจนจากปุ๋ยได้ไม่ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ของปุ๋ยที่ใส่ลงไป ในขณะที่ฟอสฟอรัสแม้สูญหายไปจากดินได้น้อยแต่จะถูกตรึงให้อยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยอ้อยดูดใช้ฟอสฟอรัสได้ไม่ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ของปุ๋ยฟอสเฟตที่ใส่ลงไปให้แก่อ้อย (Calcino *et al.*, 2018) การสูญเสียของธาตุอาหารหรือการลดความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารจากปุ๋ยที่ใส่ลงไปในดิน ถือเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ ถ้าสามารถลดการสูญเสียของธาตุอาหารจากปุ๋ยได้ ทำให้เกิดการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น จะเป็นการลดต้นทุนการผลิตอีกทางหนึ่ง การลดการสูญเสียของปุ๋ยมีวิธีการปฏิบัติดังนี้

1. ไม่ควรใส่ปุ๋ยโดยการโรยบนผิวหน้าดิน เมื่อใส่ปุ๋ยแล้วควรฝังกลบลงไปในดิน เพื่อไม่ให้ปุ๋ยสัมผัสกับความชื้นจากแสงแดดหรือสัมผัสกับน้ำโดยตรง
2. หลังใส่ปุ๋ย ไม่ควรให้น้ำขัง และไม่ควรรดน้ำในปริมาณมากเกินไปจนความจำเป็น
3. ใส่ปุ๋ยในขณะที่ดินมีความชื้นเหมาะสม หรือให้น้ำตามทันทีเพื่อให้ปุ๋ยละลาย อ้อยสามารถดูดไปใช้ได้ง่าย
4. ไม่ควรปลูกอ้อยทันทีหลังจากไถกลบใบและเศษซาก ควรทิ้งให้เศษซากใบย่อยสลายก่อนจึงปลูกอ้อยแล้วใส่ปุ๋ย

5.3.8 การใช้ปุ๋ยในระบบการให้น้ำ

การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ (fertigation) หรือการให้น้ำในระบบชลประทาน เป็นการให้ปุ๋ยที่สามารถละลายน้ำได้ดีไปพร้อมกับระบบน้ำ เมื่อพืชดูดใช้น้ำก็จะดูดธาตุอาหารขึ้นไปด้วย เป็นการให้น้ำและปุ๋ยไปพร้อมกันในเวลาเดียวกัน ปุ๋ยที่ใช้ในระบบการให้น้ำต้องเป็นปุ๋ยที่สามารถละลายน้ำได้ดี และมีความบริสุทธิ์สูง ซึ่งปุ๋ยที่ใช้ทางดินไม่เหมาะสำหรับการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ เนื่องจากมีสิ่งเจือปนในปริมาณสูง ซึ่งอาจไปอุดตันหัวจ่ายน้ำหรือหัวน้ำหยดได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยซิงเกิลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-20-0) ดับเบิลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-40-0) และทริเบิลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) ไม่ควรนำมาใช้ในระบบการให้น้ำ ปุ๋ยที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในระบบน้ำควรเป็นปุ๋ยที่อยู่ในรูปของเกลือ กรด ต่าง โพ

ลิเมอร์ และซีเลท ที่เป็นเกรดอุตสาหกรรม (technical grade) เช่น โปแทสเซียมซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต กรดไนตริก กรดฟอสฟอริก โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โพลีฟอสเฟต และเหล็กอิตีทีเอ เป็นต้น ทั้งนี้ ควรระวังการเกิดการตกตะกอนจากการทำปฏิกิริยาระหว่างธาตุประจุบวกและธาตุประจุลบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุแคลเซียม (Ca^{2+}) ซึ่งสามารถตกตะกอนร่วมกับฟอสเฟต (PO_4^{3-}) และซัลเฟต (SO_4^{2-}) (Treeby *et al.*, 2011)

การให้ปุ๋ยไปกับระบบน้ำ สามารถลดแรงงานในการให้ปุ๋ย ลดการชะล้างของปุ๋ยเลยเขตรากพืช ปุ๋ยมีการกระจายสม่ำเสมอบริเวณรากพืช สามารถปรับสูตรและความเข้มข้นของปุ๋ยได้ทันทีและรวดเร็ว เนื่องจากเป็นการให้ปุ๋ยครั้งละน้อย ๆ แต่บ่อยครั้ง อย่างไรก็ตาม การให้ปุ๋ยในระบบน้ำมีค่าติดตั้งระบบค่อนข้างสูง เนื่องจากต้องติดตั้งระบบการให้น้ำแบบน้ำหยดหรือมินิสปริงเกอร์ และปุ๋ยที่ใช้ต้องมีความบริสุทธิ์สูงซึ่งมีราคาแพง ดังนั้นหากต้องการให้ปุ๋ยในระบบน้ำต้องมีความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติของปุ๋ยที่นำมาผสม ความต้องการของพืช และสมบัติของดิน รวมทั้งศึกษาข้อดีข้อเสียและต้นทุนการดำเนินการให้รอบคอบ (สุดชล, 2558)

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยพืชไร่. 2541. *การใช้ปุ๋ยอินทรีย์กับพืชไร่เศรษฐกิจ*. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. 47 หน้า
- กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน. 2564. *คู่มือปุ๋ยชีวภาพ*. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 30 หน้า.
- กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2556. *การเพิ่มผลผลิตอ้อยโรงงานเชิงบูรณาการเพื่อรองรับประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน*. สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 78 หน้า.
- กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2558. *การวิจัยและพัฒนาด้านดิน น้ำ และปุ๋ยอ้อย. รายงานโครงการวิจัยสิ้นสุด ปี 2558*. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 64 หน้า.
- दारु้ง คงเทียน ศุภกาญจน์ ล้วนมณี กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ สมควร คล่องช้าง สมฤทัย ต้นเจริญ. 2555. *การจัดการธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมเพื่อการผลิตอ้อยในดินเหนียวภาคกลาง. แก่นเกษตร*. 40 ฉบับพิเศษ 3: 130-140.
- ทัศนีย์ ดิฐกมล. 2551. *การใช้ประโยชน์ของน้ำกากส่าสำหรับการผลิตอ้อยเพื่อลดมลพิษสิ่งแวดล้อม: กรณีอ้อยปลูกปีแรก*. *วารสารวิจัยรามคำแหง* 1: 1 – 30.
- ธนาคารแห่งประเทศไทย. 2562. *รายงานสถานการณ์ราคาเอทานอลของไทยและต่างประเทศ ไตรมาส 3/2562*. ส่วนเศรษฐกิจภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ฝ่ายนโยบายโครงสร้างเศรษฐกิจ ธนาคารแห่งประเทศไทย. 7 หน้า.
- ประสิทธิ์ ใจศีล. 2558. *โครงการจัดทำต้นทุนผลผลิตและถ่ายทอดความรู้เพื่อลดต้นทุนการผลิตอ้อยของเกษตรกร ในปีเพาะปลูก 2557/58*. *เอกสารประกอบการฝึกอบรม*. สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. กรุงเทพฯ. 211 หน้า.
- พชนี อารณรัตน์ และอุษา จักราช. 2555. *การปลูกพืชสลับในไร่อ้อยเพื่อปรับปรุงดินและเพิ่มผลผลิตอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ*. *แก่นเกษตร*. 40 ฉบับพิเศษ 3: 163-170.
- ภัทรียา นวลใย. 2562. *ทำไมต้องเผาอ้อย*. ฝ่ายนโยบายโครงสร้างเศรษฐกิจ ธนาคารแห่งประเทศไทย. 2 หน้า.
- วรางคนา สระบัว และอารี ไชยาภินันท์. 2548. *คู่มือการเก็บตัวอย่างดินและน้ำเพื่อวิเคราะห์*. กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 30 หน้า.
- วัลลีย์ อมรพล ศุภกาญจน์ ล้วนมณี ศรีสุดา ทิพย์รักษ์ กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ และรุ่งรวี บุญทั้ง. 2558. *การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินทราย: ชุดดินสัดหีบ และชุดดินบ้านบึง. รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุดประจำปีงบประมาณ 2558*. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 36 หน้า.

- ศิลา จำเนียรสุข. 2562. การวิเคราะห์ต้นทุนในการปฏิบัติตามมาตรฐานการผลิตอ้อยอย่างยั่งยืน. *การศึกษาค้นคว้าอิสระ*. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 82 หน้า.
- ศุภกาญจน์ ล้วนมณี กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ชัยนต์ ภัคดีไทย ศรีสุตา ทิพย์รักษ์ และ วัลลีย์ อมรพล. 2555. การจัดการธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมเพื่อการผลิตอ้อยในดินทรายภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. *แก่นเกษตร*. 40 ฉบับพิเศษ 3: 149-158
- ศุภกาญจน์ ล้วนมณี กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ และดาวรุ่ง คงเทียน. 2557. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อยในดินทรายชุดดินบ้านไผ่ โดยการจัดการดินและปุ๋ยไนโตรเจนอย่างเหมาะสม, น. 121-132 ใน *เรื่องเต็ม การประชุมวิชาการอ้อยและน้ำตาลแห่งชาติ ประจำปี 2557*. โรงแรมเฟล็กซ์ ริเวอร์แคว รีสอร์ท กาญจนบุรี อ.เมือง จ.กาญจนบุรี ระหว่างวันที่ 13-15 สิงหาคม 2557.
- ศุภกาญจน์ ล้วนมณี กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ วัลลีย์ อมรพล ศรีสุตา ทิพย์รักษ์ ชัยนต์ ภัคดีไทย และดาวรุ่ง คงเทียน. 2558. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินทราย: ชุดดินบ้านไผ่. *รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ประจำปีงบประมาณ 2558*. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 28 หน้า.
- ศรีสุตา ทิพย์รักษ์ กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ และเจิม จาบประโคน. 2555. ผลของอัตราปุ๋ยเคมีและน้ำกากาต่อผลผลิตอ้อยและความอุดมสมบูรณ์ของดินร่วนทราย ชุดดินยโสธร. *แก่นเกษตร*. 40 ฉบับพิเศษ 3: 115 – 129.
- สถาบันวิจัยพืชไร่. 2544. *เอกสารวิชาการ พันธุ์อ้อย การปลูกดูแลรักษา*. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 100 หน้า.
- สมควร คล่องช้าง กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ศุภกาญจน์ ล้วนมณี ดาวรุ่ง คงเทียน อุดม วงศ์ชนะภัย อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์ และบรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์. 2558. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินเหนียว: ชุดดินทับทิม. *รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ประจำปีงบประมาณ 2558*. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 15 หน้า.
- สมฤทัย ต้นเจริญ ดาวรุ่ง คงเทียน กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ศุภกาญจน์ ล้วนมณี และอนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์. 2558. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินต่าง: ชุดดินสมอทอด. *รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ประจำปีงบประมาณ 2558*. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 16 หน้า.
- สุดชล วันประเสริฐ. 2558. การจัดการดินและน้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยต่อในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. *รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี*. 67 หน้า.
- Balasundaram, N. 2004. Biofertilizers for sugarcane. *Extension Publication No. 83*. Sugarcane Breeding Institute. Coimbatore, India. 2 p.
- Calcino, D.; B. Schroeder; J. Panitz; A. Hurney and A. Wood. 2018. *Australian Sugarcane Nutrition Manual*. Sugar Research Australia Limited. 114 p.

- Giller, K.E. and K.J. Wilson. 1991. *Nitrogen Fixation in Tropical Cropping System*. C.A.B. International, Wallingford, Oxon, U.K.
- Lazicki P.; D. Geisseler and M. Lloyd. 2020. Nitrogen mineralization from organic amendments is variable but predictable. *J. Environ. Qual.* 49 (2): 1-13.
- Mariano, A.P.; S.H.R. Crivelaro; D.F. Angelis and D. M. Bonotto. 2009. The Use of Vinasse as an Amendment to Ex-situ Bioremediation of Soil and Groundwater Contaminated with Diesel Oil. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 52: 1043-1055.
- McDonagh, J.F.; B. Toomsan; V. Limpinuntana and K.E. Giller. 1995. Grain Legumes and Green Manures as Pre-rice Crops in Northeast Thailand II. Residue Decomposition. *Plant and Soil.* 177: 127-136.
- Morgan, K.T.; J.M. McCray; R.W. Rice; R.A. Gilbert and L.E. Baucum. 2009. Review of Current Sugarcane Fertilizer Recommendations: *A Report from the UF/IFAS Sugarcane Fertilizer Standards Task Force*. Soil and Water Science Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Treeby, M.; Falivene, S. and Skewes M. 2011. Fertigation: Delivering Fertilizer in Irrigation Water. PrimeFact 1089. Department of Industry and Investment. State of New South Wales. 4 p.
- Watanabe, K.; M. Nakabaru; E. Taira; M. Ueno and Y. Kawamitsu. 2016. Relationships between Nutrients and Sucrose Concentrations in Sugarcane Juice and Use of Juice Analysis for Nutrient Diagnosis in Japan. *Plant Production Science* 19 (2): 215-222.

บทที่ 6

การจัดการน้ำในการผลิตอ้อย

6.1 ความต้องการน้ำของอ้อย

น้ำมีความสำคัญในการเป็นตัวทำปฏิกิริยาและตัวทำละลายในกระบวนการทางชีวเคมี เป็นตัวพาแร่ธาตุอาหารต่าง ๆ เข้าสู่เซลล์พืช เป็นวัตถุดิบในกระบวนการสังเคราะห์แสง ช่วยในการควบคุมอุณหภูมิภายในพืช ช่วยให้เซลล์พืชมีความเต่งและเจริญเติบโตได้เป็นปกติ ปริมาณการใช้น้ำของพืชเป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียจากพื้นที่เพาะปลูกสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำจากกระบวนการที่สำคัญ คือ การคายน้ำของพืช (Transpiration) และการระเหยของน้ำในดิน (Evaporation)

ในการกำหนดการให้น้ำแก่พืชจะต้องคำนึงถึงปัจจัยดังต่อไปนี้

- 1) ปริมาณน้ำที่พืชต้องการในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ตลอดอายุของพืช
- 2) ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินในเขตรากพืช
- 3) ปริมาณของน้ำที่จะนำมาใช้ในการชลประทาน

โดยปริมาณน้ำที่พืชต้องการในช่วงระยะเวลาต่างๆ ตลอดอายุของพืช และความสามารถในการอุ้มน้ำของดินในเขตรากพืช เป็นข้อมูลสำคัญเบื้องต้นซึ่งต้องนำมาใช้ในการหาความถี่ในการให้น้ำและปริมาณน้ำที่จะต้องให้ในแต่ละครั้ง

การผลิตอ้อยให้ได้ผลผลิตสูงนั้น อ้อยจะต้องได้รับน้ำอย่างเพียงพอตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโต ความต้องการน้ำของอ้อยขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ และช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโต ดังนี้ (กอบเกียรติ, 2556)

อ้อยปลูก แบ่งระยะการเจริญเติบโตได้ เป็น 4 ระยะ ได้แก่

1) ระยะตั้งตัว (0 - 30 วันหลังปลูก) เป็นระยะที่อ้อยเริ่มงอกจนมีใบจริง และเป็นต้นอ่อน ระยะนี้อ้อยต้องการน้ำน้อย เฉลี่ย 1.1 มิลลิเมตรต่อวัน (1.76 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อวัน) เพราะรากอ้อยยังสั้นและการคายน้ำยังมีน้อย แต่ดินจะต้องมีความชื้นพอเหมาะกับรากอก ถ้าความชื้นในดินมากเกินไปจะทำให้ตาอ้อยเน่า แต่หากความชื้นในดินน้อยเกินไปจะทำให้ตาอ้อยไม่งอก หรือ ถ้างอกแล้วอาจจะเหี่ยวเฉาหรือตายไป ในดินที่เมื่ออยู่ในสภาพแห้งผกหน้าดินฉาบเป็นแผ่นแข็ง (crust) อาจทำให้หน่ออ้อยไม่สามารถแทงโผล่ขึ้นมาได้ ดังนั้น ในระยะนี้การให้น้ำอ้อยควรให้ในปริมาณที่น้อยและบ่อยครั้ง เพื่อทำให้ความชื้นดินเหมาะสม

2) ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (31 - 170 วันหลังปลูก) ระยะนี้รากอ้อยเริ่มแพร่กระจายทั้งในแนวตั้งและแนวราบ เป็นระยะที่อ้อยกำลังแตกกอและสร้างปล้องเป็นช่วงที่อ้อยต้องการน้ำเฉลี่ย 4.4 มิลลิเมตรต่อวัน (7.04 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อวัน) ถ้าอ้อยได้รับน้ำในปริมาณที่เพียงพอในระยะนี้ จะทำให้อ้อยมีจำนวนลำตอกอมาก ปล้องยาว มีลำยาว และผลผลิตสูง การให้น้ำจึงต้องให้บ่อยครั้ง

3) ระยะสร้างน้ำตาลหรือช่วงสร้างผลผลิต (171 - 295 วันหลังปลูก) เป็นระยะที่อ้อยมีการเจริญเติบโตสูงสุด อ้อยในระยะนี้มีความต้องการน้ำในปริมาณมาก เฉลี่ย 10.2 มิลลิเมตรต่อวัน (16.32 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อวัน) ช่วงนี้ใบอ้อยบางส่วนจะเริ่มแห้งจึงทำให้พื้นที่ใบที่ทำหน้าที่

สังเคราะห์ด้วยแสง และคายน้ำลดน้อยลง จึงไม่จำเป็นต้องให้น้ำบ่อย แต่จะให้เฉพาะช่วงที่อ้อยเริ่มแสดงอาการขาดน้ำ

4) ระยะสุกแก่ (296 - 330 วันหลังปลูก) เป็นช่วงที่อ้อยต้องการน้ำลดน้อยลง เฉลี่ย 6.4 มิลลิเมตรต่อวัน (10.24 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อวัน) ในช่วงก่อนเก็บเกี่ยว 6 - 8 สัปดาห์ ควรหยุดให้น้ำเพื่อลดปริมาณน้ำในลำต้นอ้อยและบังคับให้น้ำตาลทั้งหมดในลำอ้อยเปลี่ยนเป็นน้ำตาลซูโครส

อ้อยต่อ แบ่งระยะการเจริญเติบโตได้ เป็น 4 ระยะ ได้แก่

1) ระยะตั้งตัว (0 - 45 วันหลังไว้ตอ) อ้อยต่อต้องการน้ำเฉลี่ย 3.4 มิลลิเมตรต่อวัน (5.44 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อวัน)

2) ระยะพักตัว (46 - 120 วันหลังไว้ตอ) อ้อยต่อต้องการน้ำเฉลี่ย 2.6 มิลลิเมตรต่อวัน (4.16 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อวัน)

3) ระยะแตกกอ (121 - 225 วันหลังไว้ตอ) เป็นช่วงที่มีความสำคัญต่อการให้ผลผลิต อ้อยต่อได้รับน้ำในปริมาณที่เพียงพอ อ้อยต่อมีความต้องการน้ำเฉลี่ย 5.8 มิลลิเมตรต่อวัน (9.28 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อวัน)

4) ระยะยืดปล้องและสะสมน้ำตาล (226 - 330 วันหลังไว้ตอ) เป็นช่วงที่อ้อยต้องการน้ำเฉลี่ย 12.5 มิลลิเมตรต่อวัน (20.00 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อวัน) แม้ในระยะดังกล่าวนี้ อ้อยจะมีความต้องการน้ำในปริมาณมาก แต่ไม่จำเป็นต้องให้น้ำบ่อย อาจให้น้ำเฉพาะช่วงที่อ้อยเริ่มแสดงอาการขาดน้ำ

5) ระยะสุกแก่ (331 - 360 วันหลังไว้ตอ) เป็นช่วงที่อ้อยต้องการน้ำน้อย เฉลี่ย 3.3 มิลลิเมตรต่อวัน (5.28 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อวัน)

อ้อยอ่อนแอต่อการขาดน้ำในช่วง 3-4 เดือนแรกหลังปลูก หากอ้อยขาดน้ำในช่วงดังกล่าว จะทำให้การแตกกอและการเจริญเติบโตทางลำต้นลดลง หน่อที่เกิดใหม่จะอ่อนแอต่อการขาดน้ำ เนื่องจากรากของหน่อใหม่ยังไม่เจริญเติบโตเต็มที่ เมื่ออ้อยขาดน้ำจะแสดงอาการใบม้วนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในหน่อที่เกิดใหม่จะแสดงอาการก่อนลำหลัก (Clements, 1980 อ้างโดย Fageria *et al.*, 2010) หากอ้อยขาดน้ำในระยะที่อ้อยมีการยืดปล้อง จะทำให้ข้อปล้องสั้น ซึ่งสามารถใช้ในการประเมินระยะเวลาและความรุนแรงของการขาดน้ำของอ้อยได้

นุจรินทร์และอรรถสิทธิ์ (2555) พบว่า การให้น้ำเสริมในระยะตั้งตัว (0-45 วันหลังปลูก) ครั้งละ 8 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อครั้ง ช่วยส่งเสริมความงอกของอ้อยได้ดี เมื่ออ้อยอยู่ในระยะแตกกอ ควรให้น้ำเสริมครั้งละ 16 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อครั้ง ก็เพียงพอแก่ความต้องการของอ้อย เมื่ออ้อยเข้าสู่ระยะย่างปล้องจะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว อ้อยจึงต้องการใช้น้ำมากกว่าการเจริญเติบโตในระยะอื่น ควรให้น้ำเสริมครั้งละ 24 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อครั้ง

แดงไทยและคณะ (2561) ศึกษาผลของการขาดน้ำของอ้อย 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ขอนแก่น 3 LK92-11, K99-72, K84-200 และ K88-92 ในสภาพกระถาง โดยการงดให้น้ำแก่อ้อยที่อายุ 60 วัน หลังปลูกจนความชื้นในดินลดลงถึงระดับ 1/3 ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ (Available water capacity) เป็นระยะเวลา 21 วัน จากนั้นทำการให้น้ำให้ดินมีความชื้นที่ระดับความชื้นสนามจนกระทั่งอ้อยมีอายุครบ 140 วัน พบว่า ทำให้อ้อยมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ อัตราการคายน้ำ และการนำไหลปากใบ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพันธุ์ K88-92 พบว่ามีอัตราการ

สังเคราะห์แสงสุทธิ อัตราการคายน้ำ และการนำไหลปากใบ ลดลงมากถึง 62-69 และ 73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 เมื่อได้รับน้ำหลังจากผ่านช่วงที่งดน้ำ พบว่า มีค่าสังเคราะห์แสงสุทธิเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าพันธุ์ขอนแก่น 3 มีการฟื้นตัวจากสภาวะขาดน้ำได้ดีกว่าพันธุ์อื่น ๆ

6.2 การปลูกและการจัดการน้ำ

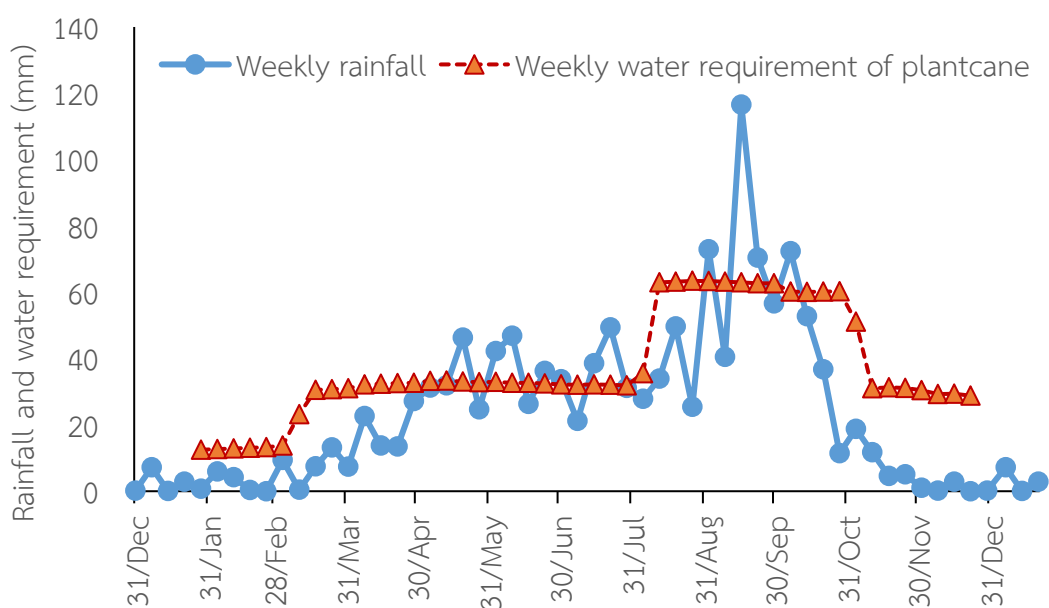
การปลูกอ้อยสามารถแบ่งตามฤดูปลูกได้เป็น 2 ช่วง ได้แก่ ต้นฤดูฝน และ ปลายฤดูฝน ((สถาบันวิจัยพืชไร่, 2544; สถาบันวิจัยพืชไร่, 2554; สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน, 2557)

อ้อยต้นฝน แบ่งเป็น 2 เขต ได้แก่ (1) อ้อยต้นฝนในเขตชลประทาน ปลูกในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน และ (2) อ้อยต้นฝนในเขตอาศัยน้ำฝน ปลูกในช่วงเดือนเมษายนถึงมิถุนายน โดยพื้นที่ปลูกอ้อยต้นฝนในเขตชลประทานส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคกลางและภาคตะวันออก ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตอ้อยสูง วิธีการให้น้ำสามารถทำได้โดยให้น้ำตามร่องหลังจากวางลำปลูก หรือที่เรียกว่า “อ้อยน้ำราด” แล้วใช้ดินกลบเพื่อรักษาความชื้นในดิน ช่วยให้อ้อยงอกและเจริญเติบโตได้ในระยะสั้นก่อนเข้าสู่ฤดูฝน หรือสามารถทำได้โดยใช้เครื่องปลูกที่มีการหยอดน้ำทำให้อ้อยงอกได้ดีและอยู่รอดจนถึงฤดูฝนได้ เรียกกระบวนการนี้ว่า “อ้อยน้ำหยอด” อ้อยต้นฝนในเขตชลประทาน หากมีการจัดการที่ดีจะได้ผลผลิตอ้อยไม่ต่ำกว่า 15 ตันต่อไร่ ส่วนอ้อยต้นฝนในเขตอาศัยน้ำฝนจะครอบคลุมพื้นที่ปลูกอ้อยส่วนใหญ่ของประเทศ ซึ่งมีความแปรปรวนในเรื่องผลผลิตสูง เนื่องจากปริมาณและการกระจายตัวของฝนไม่สม่ำเสมอและดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ จึงทำให้ได้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำกว่า 10 ตันต่อไร่

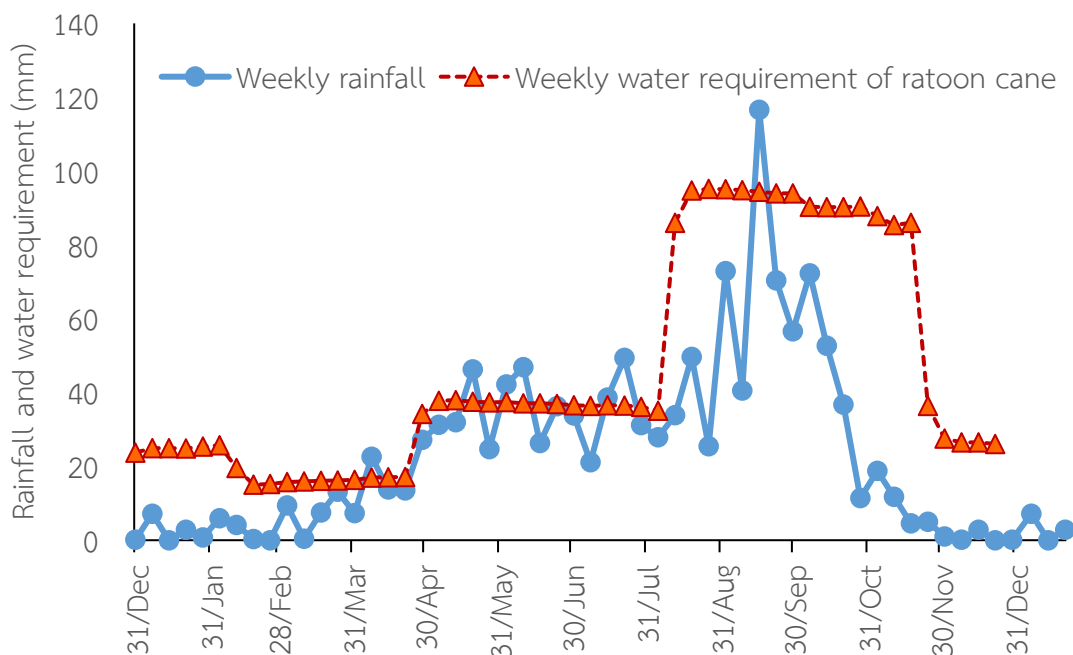
อ้อยปลายฝนหรืออ้อยข้ามแล้ง เป็นการปลูกอ้อยโดยอาศัยความชื้นในดินช่วงปลายฤดูฝน เพื่อให้อ้อยงอกและเจริญเติบโตอย่างช้า ๆ ไปจนกว่าอ้อยจะได้รับน้ำฝนต้นฤดู เป็นการปลูกอ้อยที่ใช้ได้ผลในเขตปลูกอ้อยโดยอาศัยน้ำฝนที่ดินเป็นดินทรายหรือร่วนปนทราย ที่สำคัญจะต้องมีปริมาณน้ำฝนไม่ต่ำกว่า 1,200 มิลลิเมตรต่อปี และมีการกระจายตัวสม่ำเสมอ โดยเฉพาะในช่วงต้นฤดู (กุมภาพันธ์ถึงเมษายน) จะต้องมีความชื้นที่เพียงพอกับการเจริญเติบโตของอ้อยในช่วงแรก การปลูกอ้อยปลายฝนหรืออ้อยข้ามแล้งจะปลูกประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม การเตรียมดินปลูกจะต้องไถเตรียมดินหลายครั้งจนหน้าดินร่วนซุยเพื่อตัด capillary pore เป็นการรักษาความชื้นในดินชั้นล่าง หลังจากเตรียมดินควรรียกร่องและปลูกให้เร็วที่สุดเพื่อให้ทันกับความชื้น และควรรียกร่องปลูกวันต่อวัน การปลูกจะชักร่องให้ลึก ระยะแถว 1.0-1.3 เมตร และวางลำอ้อยในร่องแล้วใช้จอบสับลำอ้อยเป็น 2-3 ส่วน กลบดินหนาประมาณ 10-15 เซนติเมตร แล้วใช้เท้าเหยียบดินที่กลบให้แน่นพอประมาณเพื่อให้ท่อนพันธุ์อ้อยสัมผัสกับความชื้นที่มีอยู่ในดินให้มากที่สุด อ้อยที่ปลูกในเขตนี้จะมีอายุไม่น้อยกว่า 12 เดือน ในขณะที่ตัดอ้อยเข้าโรงงาน ทำให้ได้ผลผลิตและคุณภาพ (ความหวาน) สูงกว่าอ้อยที่ปลูกต้นฝน และมีปัญหาเรื่องวัชพืชรบกวนน้อย เพราะหน้าดินจะแห้งอยู่ตลอดเวลาในช่วงแรกของการเจริญเติบโต แต่ถ้าต้นฤดูมีฝนตกน้อยหรือตกช้า อาจทำให้อ้อยเสียหายได้ การปลูกอ้อยข้ามแล้งควรเลือกใช้พันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นในช่วง 4 เดือนแรกเข้า แต่มีการพัฒนาระบบรากที่ดี เพราะในช่วงฤดูแล้งดินมักมีความชื้นน้อย หากเลือกใช้พันธุ์ที่มีการ

เจริญเติบโตทางลำต้นในช่วงแรกเร็ว พืชจะต้องการน้ำและธาตุอาหารมาก อาจทำให้พืชได้รับน้ำและธาตุอาหารไม่เพียงพอในช่วง 4 เดือนแรก และช่วงการเจริญเติบโต พันธุ์อ้อยที่เหมาะสมต่อการปลูกข้ามแล้ง ควรเลือก ได้แก่ พันธุ์ขอนแก่น 3 เค 84-200 แอลเค 92-11 (วีระพลและคณะ, 2554; มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2561)

การพิจารณาช่วงวันปลูกที่เหมาะสมมีความสำคัญต่อการปลูกอ้อย โดยพิจารณาจากความต้องการน้ำของอ้อยในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ควบคู่กับการพิจารณาข้อมูลปริมาณและรูปแบบการกระจายตัวของฝนในแต่ละพื้นที่ ศุภกาญจน์ (2563) วิเคราะห์ช่วงวันปลูกที่เหมาะสมสำหรับอ้อยในพื้นที่อำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์ จากข้อมูลความต้องการน้ำของอ้อยปลูกและอ้อยต่อพันธุ์ขอนแก่น 3 ร่วมกับข้อมูลสถิติปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ดังกล่าว (ภาพที่ 6.1 และ 6.2) พบว่า ควรปลูกอ้อยในช่วงวันที่ 15 มกราคม – 15 กุมภาพันธ์ แต่ทั้งนี้ต้องมีแหล่งน้ำสำหรับให้น้ำเสริมแก้อ้อยในช่วง 3 เดือนแรกหลังปลูก เพื่อให้อ้อยสามารถตั้งตัวได้ ซึ่งการปลูกอ้อยในช่วงวันปลูกที่เหมาะสมโดยการวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการน้ำของอ้อยร่วมกับข้อมูลสถิติปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ จะทำให้อ้อยได้รับน้ำในปริมาณที่เหมาะสมตลอดระยะการเจริญเติบโต และลดความเสี่ยงต่อการขาดน้ำของอ้อยจากภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนานในช่วงเดือนกรกฎาคมซึ่งเป็นระยะที่อ้อยมีการเจริญเติบโตและต้องการน้ำสูงสุด นอกจากนี้ การเลือกช่วงวันปลูกที่เหมาะสมร่วมกับการจัดการน้ำ



ภาพที่ 6.1 ความต้องการน้ำรายสัปดาห์ของอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต และสถิติปริมาณฝนรายสัปดาห์ในพื้นที่อำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์ (ที่มา: ศุภกาญจน์และคณะ, 2563)



ภาพที่ 6.2 ความต้องการน้ำรายสัปดาห์ของอ้อยต่อพันธุ์ขอนแก่น 3 ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต และสถิติปริมาณฝนรายสัปดาห์ในพื้นที่อำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์ (ที่มา: ศุภกาญจน์และคณะ, 2563)

6.3 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและความถี่ของการให้น้ำ

6.3.1 สมบัติทางกายภาพของดิน ได้แก่ ความสามารถของดินในการอุ้มน้ำซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของเนื้อดิน (ตารางที่ 6.1) ดินที่มีเนื้อละเอียดซึ่งประกอบด้วยอนุภาคดินเหนียวและอนุภาคทรายแป้งมาก สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ดีทั้งในสภาพความชื้นสนาม (Field capacity) และสภาพความชื้น ณ จุดเหี่ยวถาวร (Permanent wilting point) (ตารางที่ 6.2) ไม่จำเป็นต้องให้น้ำบ่อยครั้ง ในขณะที่ดินที่มีเนื้อหยาบซึ่งประกอบด้วยอนุภาคทรายในสัดส่วนมาก มีความสามารถอุ้มน้ำต่ำ จำเป็นต้องให้น้ำบ่อยครั้ง อ้อยจะเจริญเติบโตได้ดีเมื่อความชื้นในดินเหมาะสม ถ้าดินมีความชื้นสูงเกินไป เช่น ในสภาพน้ำขังจะทำให้รากพืชขาดออกซิเจน โดยทั่วไปถ้าในดินมีอากาศน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ รากอ้อยจะชะงักการดูดธาตุอาหาร น้ำ และออกซิเจน เป็นเหตุให้พืชชะงักการเจริญเติบโต แต่ถ้าหากอยู่ในสภาวะขาดน้ำอ้อยจะแสดงอาการใบห่อในเวลากลางวัน

ตารางที่ 6.1 ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินทั้งหมด น้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้และที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ ของดินแต่ละชนิดตามกลุ่มเนื้อดิน

| เนื้อดิน | ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (มม./ชม.ดิน) | | |
|-----------------|---|---------------------|------------------------|
| | รวมทั้งหมด | น้ำที่พืชนำไปใช้ได้ | น้ำที่พืชนำไปใช้ไม่ได้ |
| ดินทราย | 0.65 – 1.50 | 0.35 – 0.85 | 0.30 – 0.65 |
| ดินร่วนปนทราย | 1.50 – 2.30 | 0.75 – 1.15 | 0.75 – 1.00 |
| ดินร่วน | 2.30 – 3.40 | 1.15 – 1.70 | 1.15 – 1.50 |
| ดินร่วนเหนียว | 3.40 – 4.00 | 1.70 – 2.00 | 1.70 – 2.00 |
| ดินเหนียวปนทราย | 3.60 – 4.15 | 1.50 – 1.80 | 2.10 – 2.35 |
| ดินเหนียว | 3.80 – 4.15 | 1.50 – 1.60 | 2.30 – 2.55 |

ที่มา: ดิเรกและคณะ (2545)

ตารางที่ 6.2 ปริมาณความชื้นดินที่เป็นประโยชน์ในดินแต่ละชนิดตามกลุ่มเนื้อดิน

| เนื้อดิน | ความชื้นดิน (%) | | |
|---------------------|--|--|---|
| | ความชื้นดิน ณ จุดเหี่ยวถาวร (Permanent wilting point) | ความจุความชื้นสนาม (Field capacity) | น้ำที่เป็นประโยชน์ (Available water) |
| ดินทราย | 5 | 12 | 7 |
| ดินร่วนปนทราย | 9 | 21 | 12 |
| ดินร่วน | 16 | 36 | 20 |
| ดินร่วนปนทรายแป้ง | 18 | 39 | 21 |
| ดินร่วนเหนียว | 24 | 39 | 15 |
| ดินเหนียวปนทรายแป้ง | 24 | 39 | 13 |
| ดินเหนียว | 27 | 39 | 12 |

ที่มา: Easton and Bock (2016)

6.3.2 สภาพภูมิอากาศ ในช่วงที่สภาพอากาศมีอุณหภูมิสูง อ้อยจะคายน้ำมาก ดังนั้นความต้องการน้ำจึงมากตามไปด้วย จำเป็นต้องให้น้ำบ่อยขึ้น แต่ในช่วงที่มีฝนตกควรงดให้น้ำ หากดินมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวหรือร่วนเหนียวควรทำร่องระบายน้ำ เพื่อให้ดินมีความชื้นและอากาศในดินเหมาะสม ถ้าฝนทิ้งช่วงยาวควรให้น้ำเสริมจะทำให้การเจริญเติบโตของอ้อยดีขึ้น

6.3.3 พันธุ์อ้อย อ้อยแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อปริมาณน้ำและให้ผลผลิตแตกต่างกัน กอบเกียรติและคณะ (2555) พบว่า อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งเป็นอ้อยปลูกมีปริมาณการใช้น้ำ 1,591 มิลลิเมตรต่อฤดูปลูก ส่วนอ้อยตอ 1 มีปริมาณการใช้น้ำ 1,703 มิลลิเมตรต่อฤดูปลูก ในขณะที่ Prakunhungsit *et al.* (2006) พบว่า อ้อยปลูกพันธุ์อุทุมพร 3 มีปริมาณการใช้น้ำ 1,686 มิลลิเมตรต่อฤดูปลูก และ Thompson *et al.* (1963) อ้างโดย กอบเกียรติ และคณะ (2555) พบว่า อ้อยพันธุ์ CO376 มีปริมาณการใช้น้ำในอ้อยปลูก อ้อยตอ 1 และอ้อยตอ 2 เท่ากับ 1,496 1,110 และ 1,069 มิลลิเมตรต่อฤดูปลูก ตามลำดับ (ตารางที่ 6.3)

ตารางที่ 6.3 ปริมาณการใช้น้ำของพันธุ์อ้อยต่าง ๆ ต่อการให้ผลผลิต

| พันธุ์อ้อย | ผลผลิตอ้อย (ตัน/ไร่) | ปริมาณการ ใช้น้ำ (มม.) | ปริมาณน้ำ (มม.) | | แหล่งข้อมูล |
|------------|-------------------------|---------------------------|-----------------|--------|--|
| | | | ฝน | ให้น้ำ | |
| ขอนแก่น 3 | 1) อ้อยปลูก | 34.8 | 1,591 | 1,149 | กอบเกียรติและคณะ (2555) |
| | 2) อ้อยต่อ 1 | 21.1 | 1,703 | 1,308 | |
| อุทอง 3 | 1) อ้อยปลูก | 27.2 | 1,686 | 453 | Prakunhungsit <i>et al.</i> (2006) |
| | 2) อ้อยต่อ 1 | 29.0 | 1,110 | - | |
| CO376 | 1) อ้อยปลูก | 30.7 | 1,496 | - | Thompson <i>et al.</i> (1963) อ้างโดย กอบเกียรติ และคณะ (2555) |
| | 2) อ้อยต่อ 1 | 29.0 | 1,110 | - | |
| | 3) อ้อยต่อ 2 | 23.8 | 1,069 | - | |

6.3.4 ระยะการเจริญเติบโตของอ้อย ปริมาณความต้องการน้ำของอ้อยขึ้นอยู่กับระยะการเจริญเติบโตและความลึกที่รากหยั่งลงไปถึง อ้อยปลูกที่ระยะตั้งตัว ระยะเติบโตทางลำต้น ระยะสร้างน้ำตาล และระยะสุกแก่ มีความต้องการน้ำ 1.1 4.4 10.2 และ 6.4 มิลลิเมตรต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 6.4) ในขณะที่อ้อยต่อที่ระยะตั้งตัว ระยะพักตัว ระยะเติบโตทางลำต้น ระยะสร้างน้ำตาล และระยะสุกแก่ มีความต้องการน้ำ 3.4 2.6 5.8 12.5 และ 3.3 มิลลิเมตรต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 6.5) ช่วงวิกฤติต่อการขาดน้ำของอ้อยอยู่ในระยะที่อ้อยมีการเจริญเติบโตเต็มที่หรือสร้างผลผลิตซึ่งอ้อยมีอายุประมาณ 6-10 เดือนหลังปลูก

ตารางที่ 6.4 ความต้องการน้ำของอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ

| ระยะการเจริญเติบโต ของอ้อยปลูก | อายุ (วัน) | Kc ^{1/} | 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/}ค่า Kc ของอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 (กอบเกียรติและคณะ, 2555)

ตารางที่ 6.5 ความต้องการน้ำของอ้อยต่อพันธุ์ขอนแก่น 3 ในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ

| ระยะการเจริญเติบโต ของอ้อยต่อ | 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/}ค่า Kc ของอ้อยต่อพันธุ์ขอนแก่น 3 (กอบเกียรติและคณะ, 2555)

6.4 ระบบการให้น้ำในการผลิตอ้อย

การจัดการน้ำที่เหมาะสมในการผลิตอ้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น สมบัติทางกายภาพของดิน ความลาดเทของพื้นที่ ต้นทุน ความพร้อมด้านแรงงาน เครื่องมือและอุปกรณ์การให้น้ำ ระบบการให้น้ำในการผลิตอ้อยมีดังนี้

6.4.1 การให้น้ำแบบร่อง (furrow irrigation) เป็นระบบการให้น้ำที่มีต้นทุนต่ำ สะดวกและง่ายในการปฏิบัติ แต่มีข้อจำกัดคือเหมาะกับพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชันไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพของการให้น้ำแบบร่องผันแปรอยู่ในช่วง 30-90 เปอร์เซ็นต์ การให้น้ำแบบร่องสามารถทำได้โดยใช้ท่อหรือสายยางที่มีวาล์วเปิดให้น้ำไหลจากหัวแปลงเข้าร่องอ้อยแต่ละร่อง ทำคั่นกันน้ำตลอดท้ายแปลง ทำให้สามารถกักน้ำไว้ได้ ทำให้น้ำมีเวลาซึมลงไปในดินมากขึ้น สำหรับดินที่มีความสามารถในการซึมน้ำได้ดี ควรใช้ร่องปลูกรูปตัววี (V) และมีสันร่อง เพื่อให้ น้ำไหลได้เร็วและลดการสูญเสียจากการซึมลึกในแนวตั้ง ส่วนดินที่มีการซึมน้ำได้ช้า ควรใช้ร่องที่มีก้นร่องกว้างและสันร่องแคบ เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของดินกับน้ำ ทำให้น้ำซึมลงดินได้ทั่วถึง การให้น้ำแบบร่องต้องให้น้ำปริมาณมากกว่าการให้น้ำในระบบน้ำหยด 1.5 เท่า และไม่เหมาะกับดินทรายจัดเพราะน้ำจะซึมลงไปในแนวลึกมากกว่าที่จะไหลไปตามร่อง

6.4.2 การให้น้ำแบบพ่นฝอย (sprinkler irrigation) สามารถใช้ได้กับทุกสภาพพื้นที่และทุกชนิดดิน การให้น้ำโดยระบบการให้น้ำแบบพ่นฝอยมีประสิทธิภาพการให้น้ำมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป

6.4.3 การให้น้ำแบบน้ำหยด (drip irrigation) เป็นวิธีการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพในการให้น้ำสูงสุด โดยสามารถให้น้ำเฉพาะบริเวณรอบรากพืช โดยสามารถให้ปุ๋ยและสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชไปพร้อมกับน้ำได้ ซึ่งสามารถทำได้ทั้งระบบน้ำหยดบนผิวดิน และระบบน้ำหยดใต้ผิวดิน ซึ่งต้องวางระบบท่อใต้ผิวดิน ฝังไว้ที่ระดับความลึก 25-30 เซนติเมตร หรืออยู่ใต้พ่อนอ้อยประมาณ 10 เซนติเมตร

ข้อดีของระบบน้ำหยด

- 1) มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูง ประหยัดน้ำมากกว่าวิธีอื่น ๆ เหมาะสำหรับพื้นที่ขาดแคลนน้ำ
- 2) บริหารจัดการง่าย ใช้แรงงานน้อย และประหยัดเวลา โดยสามารถติดตั้งระบบควบคุมการปิด-เปิดอัตโนมัติ
- 3) สามารถควบคุมปริมาณน้ำและปุ๋ยให้พอดีกับความต้องการของพืชได้
- 4) สามารถให้ปุ๋ยและสารเคมีไปพร้อมกับน้ำได้
- 5) ใช้ได้กับดินทุกชนิดทั้งดินเหนียว ดินร่วน และดินทราย
- 6) ลดการระบาดของศัตรูพืชทั้งวัชพืชและโรคพืช

ข้อจำกัดของระบบน้ำหยด

- 1) อุปกรณ์ในระบบน้ำหยดมีราคาสูง ทำให้มีการลงทุนค่อนข้างสูง
- 2) หากน้ำที่ใช้มีตะกอนจะอุดตันหัวน้ำหยดได้ง่าย ทำให้น้ำหยดในแต่ละจุดไม่สม่ำเสมอ
- 3) กรณีระบบน้ำหยดใต้ผิวดิน จะมีการไหลของรากเข้าไปในระบบน้ำ

กรมชลประทาน (2539) ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพและข้อจำกัดของระบบการให้น้ำแบบต่าง ๆ ไว้ตามตารางที่ 6.6 ในขณะที่ สุดชลและธีรยุทธ (2558) ศึกษาวิธีการให้น้ำแก่อ้อยที่ปลูกในดินร่วนเหนียวชุดดินจตุรัส พบว่า อ้อยปลูกที่มีการให้น้ำเสริมในระบบน้ำหยดใต้ดิน 480 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ให้ผลผลิตสูงกว่าการให้น้ำในระบบน้ำหยดบนดินที่มีการให้น้ำ 480 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ และการให้น้ำตามร่องที่มีการให้น้ำ 720 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่

ตารางที่ 6.6 ประสิทธิภาพและข้อจำกัดของระบบการให้น้ำแบบต่าง ๆ

| ประสิทธิภาพและข้อจำกัด | แบบร่อง | สปริงเกลอร์ | น้ำหยดบนผิวดิน | น้ำหยดใต้ผิวดิน |
|---|---------|-------------|----------------|-----------------|
| ประสิทธิภาพการใช้น้ำ | 60 | 70 | 90 | 100 |
| ประสิทธิภาพการให้ผลผลิต (ต้น ผลผลิตอ้อย/น้ำ 1 ลบ.ม.) | 8.5 | 9.5 | 12.5 | 35 |
| ต้นทุนคงที่ | ต่ำ | กลาง | สูง | สูง |
| ค่าปมน้ำ | ต่ำ | สูง | ต่ำ | ต่ำ |
| แรงงาน | สูง | กลาง | ต่ำ | ต่ำ |
| วัชพืช | สูง | สูง | ต่ำ | ต่ำมาก |
| การให้ปุ๋ย | ทั่วไป | ทั่วไป | ผสมกับน้ำ | ผสมกับน้ำ |
| ผลของกระแสน้ำ | ไม่มี | สูง | ไม่มี | ไม่มี |
| ความลาดชันของพื้นที่ | สูง | ต่ำ | กลาง | ไม่มี |
| ความชำนาญในการจัดการ | ต่ำ | ต่ำ | สูง | สูง |
| การควบคุมศัตรูพืช | ปกติ | ปกติ | วิกฤติกว่า | ไม่มี |

ที่มา: กรมชลประทาน (2539)

6.5 การวัดความชื้นดินในภาคสนาม

การวัดความชื้นดินสามารถทำได้ 2 วิธี คือ 1. การวัดโดยตรง (direct method) เป็นการวัดความชื้นในดินด้วยการเก็บตัวอย่างดินมาทดสอบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะต้องมีการเก็บตัวอย่างดินใส่ในภาชนะและนำดินตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักและนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำดินมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งเพื่อหาปริมาณความชื้นที่สูญหายไป แล้วทำการคำนวณเป็นค่าความชื้นในดิน ซึ่งเรียกวิธีนี้ว่า oven drying method ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและมีความแม่นยำ สามารถคำนวณค่าความชื้นดินได้ 2 แบบ คือ gravimetric water content ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยมวล (% by weight) และ volumetric water content ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยปริมาตร (% by volume) 2. การวัดโดยอ้อม (indirect method) เช่น เทนซิโอมิเตอร์ (tensiometer) แห่งวัดความชื้นในดิน (moisture block) เครื่องมือวัดความชื้นในดินด้วยนิวตรอน (neutron moisture meter) และเครื่องมือวัดความชื้นในดินแบบวัดความต้านทานไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งการใช้เครื่องมือวัดความชื้นแบบทางอ้อมต้องทำการสอบเทียบมาตรฐานกับวิธี oven drying method เพื่อทดสอบความแม่นยำของเครื่องมือ

เทนซิโอมิเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความชื้นของดินโดยอาศัยหลักการวัดแรงดึงน้ำของดิน น้ำในดินโดยธรรมชาติจะอยู่ภายใต้แรงดึงดูดของอนุภาคดิน ทำให้น้ำมีพลังงานความดันที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับน้ำที่มีผิวสัมผัสกับบรรยากาศปกติ ค่าพลังงานความดันของน้ำในดินทั่วไปจึงมีค่าต่ำกว่าศูนย์ (ค่าติดลบ) หรือกล่าวได้ว่า น้ำในดินอยู่ภายใต้แรงดึง (tension) ดังนั้นจึงเรียกเครื่องมือนี้ว่า “เครื่องวัดแรงดึงน้ำ” มีหน่วยเป็น กิโลพาสคาล (kilopascal, kPa) หรือ เซนติบาร์ (centibar, cbar) เครื่องเทนซิโอมิเตอร์เหมาะกับการใช้งานในดินที่มีความชื้นค่อนข้างสูง หรือในพื้นที่ที่มีการให้น้ำชลประทาน ซึ่งเครื่องวัดตอบสนองไวต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับพลังงานของน้ำ จึงใช้กำหนดจังหวะเริ่มและหยุดให้น้ำ และใช้ปรับความถี่ของรอบการให้น้ำได้ตรงกับการดูดใช้น้ำของพืช ทำให้สามารถจัดการน้ำในดินให้อยู่ในระดับที่พืชดูดใช้ได้ง่ายและได้ในปริมาณมาก (สุนทรและคณะ, 2560)

เทนซิโอมิเตอร์ ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้ ได้แก่ ท่อพลาสติกใสที่มีความยาวหลายขนาดให้เลือกใช้ตามระดับของชั้นรากพืช ตั้งแต่ 15-150 เซนติเมตร มีฝาปิดสนิท ภายในท่อบรรจุน้ำไว้เต็มท่อจนถึงมาตรวัดความดัน บริเวณปลายด้านล่างของท่อเป็นกระเปาะเซรามิกมีรูพรุน (porous ceramic cup) ซึ่งยอมให้น้ำเคลื่อนที่ผ่านได้ ก่อนใช้งานต้องทำให้กระเปาะพรุนอึดตัวด้วยน้ำแล้วจึงนำไปฝังดินโดยให้กระเปาะพรุนสัมผัสแนบสนิทกับดิน ส่วนด้านข้างของอุปกรณ์ต่อเข้ากับมาตรวัดแรงดึงน้ำ (vacuum gauge) เพื่อใช้วัดพลังงานความดันของน้ำในท่อหลังจากเติมน้ำและไล่อากาศออกจากเครื่องแล้ว (ปาริชาติ, 2546; สุนทรและคณะ, 2560)

หลักการทำงานของเทนซิโอมิเตอร์ เมื่อฝังกระเปาะพรุนในดินขณะที่ดินไม่อึดตัวด้วยน้ำ น้ำในท่อส่วนหนึ่งจะไหลผ่านกระเปาะพรุนออกไปสู่ดิน และจะหยุดไหลเมื่อความดันน้ำในท่อมีค่าเท่ากับพลังงานความดันของน้ำในดิน จากนั้นจึงอ่านค่าที่ได้จากมาตรวัดซึ่งเป็นค่าแรงดึงที่ดินกระทำต่อน้ำในดินขณะนั้น ถ้าแรงดึงมากแสดงว่าน้ำในดินมีน้อย (สุนทรและคณะ, 2560)

การปรับค่าอ่านบนหน้าปัดก่อนใช้งาน (calibration) เนื่องจากมาตรวัดแรงดึงน้ำถูกต่อกับท่อพลาสติกใกล้ปลายด้านบน เพื่อความสะดวกในการอ่านค่า แต่จุดที่วัดค่าพลังงานความดันน้ำในดินคือจุดกึ่งกลางของกระเปาะพรุนด้านล่าง ซึ่งเป็นบริเวณที่น้ำสามารถไหลเข้าออกได้ระหว่างน้ำในดินกับน้ำในท่อพลาสติก เมื่อพลังงานความดันน้ำในท่อเท่ากับน้ำในดิน เข็มบนหน้าปัดจะอ่านค่าพลังงานของน้ำในดินบวกกับความดันของน้ำในท่อซึ่งผันแปรตามความยาวของท่อที่ใช้ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องปรับค่าบนหน้าปัดให้ตรงกับพลังงานความดันของน้ำในดินในจุดที่วัด โดยมีวิธีการปรับค่าดังนี้ คือ ให้วางตั้งเครื่องวัดแรงดึงน้ำในถังที่มีน้ำท่วมประมาณครึ่งหนึ่งของความสูงของกระเปาะพรุนทั้งไว้ครู่หนึ่ง ค่าที่อ่านได้บนหน้าปัดจะชี้สูงขึ้นจากขีดศูนย์ โดยมีค่าน้อยตามความยาวของท่อพลาสติก จากนั้นให้ใช้ไขควงหมุนน็อตบนมาตรวัด ปรับตั้งค่าบนหน้าปัดให้เท่ากับศูนย์ หากปรับแก้การอ่านค่าบนมาตรวัดตามวิธีดังกล่าวแล้ว ค่าที่อ่านได้หลังจากฝังเครื่องลงในดินคือค่าพลังงานความดันน้ำในดินที่เกิดขึ้นจริง หากมาตรวัดไม่สามารถปรับตั้งค่าได้ ให้ตั้งแฉ่เครื่องเช่นเดียวกับข้างต้น แล้วอ่านค่าบนหน้าปัดที่สูงขึ้นจากขีดศูนย์ แล้วนำไปหักลบออกจากค่าที่อ่านได้จากหน้าปัดของเครื่องเมื่อใช้งานในดิน (สุนทรและคณะ, 2560)

การแปลผลค่าที่อ่านได้จากมาตรวัดของเทนซิโอมิเตอร์ (สุนทรและคณะ, 2560)

0 กิโลพาสคาล แสดงว่าดินที่อยู่โดยรอบกระเปาะพรุนมีสภาพอึดตัวด้วยน้ำ หากเกิดต่อเนื่องยาวนาน ทำให้รากขาดอากาศได้ ควรหยุดให้น้ำ

0 ถึง -10 กิโลพาสคาล แสดงว่าดินที่อยู่โดยรอบกระเปาะพรุนมีสัดส่วนอิมตัวด้วยน้ำสูง ดินมีการระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศจำกัด แม้พืชใช้น้ำได้ง่าย แต่มีโอกาสที่ออกซิเจนจะจำกัดการทำงานของรากได้ ควรปรับลดการให้น้ำ

-10 ถึง -30 กิโลพาสคาล แสดงว่าดินที่อยู่โดยรอบกระเปาะพรุนมีน้ำที่รากพืชดูดใช้ได้ง่าย และมีปริมาณมากพอสมควร รวมทั้งมีอากาศถ่ายเทเพียงพอสำหรับราก ระดับพลังงานน้ำระหว่าง -10 ถึง -20 กิโลพาสคาล เป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับพืชที่ต้องการน้ำมากหรือไวต่อการขาดน้ำ และจะเริ่มให้น้ำเมื่อค่าบนหน้าปัดสูงกว่า 20 ส่วนพืชที่ทนการขาดน้ำได้มากกว่า จะเริ่มให้น้ำเมื่อค่าบนหน้าปัดสูงกว่า 30

-30 ถึง -50 กิโลพาสคาล แสดงว่าดินที่อยู่โดยรอบกระเปาะพรุนเป็นน้ำที่รากพืชนำไปใช้ได้ยากขึ้นและพืชสามารถดูดใช้ได้ในปริมาณน้อยลง ทำให้พืชเริ่มขาดน้ำ และไม่ควรปล่อยให้ระดับพลังงานความดันลดต่ำกว่านี้

-50 กิโลพาสคาลขึ้นไป แสดงว่าดินมีความชื้นต่ำมาก พืชจะแสดงอาการขาดน้ำ

แท่งวัดความชื้น (moisture block) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความชื้นของดินที่มีหลักการทำงานโดยการวัดความสามารถในการนำไฟฟ้าของตัวกลางในรูปความต้านทานไฟฟ้า ซึ่งตัวกลางจะเป็นวัสดุที่ดูดซับความชื้นได้ เช่น แท่งยิปซัม (gypsum block) โดยให้ตัวกลางได้รับความชื้นจากดิน เมื่อดินมีความชื้นมาก ตัวกลางจะมีความนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นและความต้านทานลดลง ซึ่งวิธีนี้ใช้ระยะเวลาในการวัดความชื้นดินแต่ละครั้ง (พิธาและคณะ, 2560) อุปกรณ์ประกอบด้วยหัววัดยิปซัมซึ่งมีแท่งโลหะนำไฟฟ้าฝังไว้ภายใน 2 แท่งขนานกัน มีระยะห่างที่แน่นอน มาตรวัดค่าการนำไฟฟ้า และสายไฟเชื่อมระหว่างแท่งโลหะนำไฟฟ้าทั้งสองขั้วกับอุปกรณ์วัดการนำไฟฟ้า เมื่อฝังหัววัดยิปซัมลงในดิน น้ำในดินขณะนั้นจะเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในหัววัดและเกิดการแลกเปลี่ยนประจุกับสารที่อยู่ในหัววัด ทำให้สามารถวัดค่าการนำไฟฟ้าในขณะนั้นและสามารถนำมาสอบเทียบหาค่าความชื้นของดินได้

วิธีการติดตั้งแท่งวัดความชื้น เตรียมอุปกรณ์โดยจุ่มหัววัดยิปซัมในน้ำจนอิมตัว จากนั้นนำไปฝังในดินโดยต้องใช้สว่านเจาะดินเป็นต้วนำเพื่อไม่ให้หัววัดยิปซัมแตก ต่อสายไฟฟ้าไว้ยึดเหนือพื้นดิน ปล่อยให้ความชื้นจากดินไหลเข้าสู่แท่งยิปซัมจนสมดุล นำค่าที่อ่านได้จากมาตรวัดไปเทียบกับกราฟที่ได้จากวิธีวัดความชื้นมาตรฐาน เพื่อแปลงเป็นระดับความชื้นของดิน การวัดความชื้นดินด้วยแท่งวัดความชื้นมีความเหมาะสมกับดินที่มีความชื้นค่อนข้างต่ำแต่ไม่ต่ำจนเกินไป เนื่องจากหากความชื้นดินต่ำจนเกินไป ความชื้นจะไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดความต่อเนื่องทางไฟฟ้าภายในแท่งยิปซัม แต่ถ้าหากดินมีความชื้นสูงเกินไป ค่าการนำไฟฟ้าจะคงที่จึงไม่สามารถแสดงค่าความแตกต่างเมื่อระดับความชื้นในดินเปลี่ยนแปลง (สุदारตัน, 2561)

เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน. 2539. *ข้อมูลการใช้ น้ำของพืชต่าง ๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ*. งานวางแผนและวิจัยการใช้น้ำชลประทานของพืช. ฝ่ายเกษตรชลประทาน กองจัดสรรน้ำและบำรุงรักษา กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 21 หน้า.
- กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2556. *การเพิ่มผลผลิตอ้อยโรงงานเชิงบูรณาการเพื่อรองรับประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน*. สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 78 หน้า.
- กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ทักษิณา ศันสยะวิชัย ศุภกาญจน์ ล้วนมณี ศรีสุดา ทิพย์รักษ์ เกษม ชูสอน จินดารัตน์ ชื่นรุ่ง และชยันต์ ภัคดีไทย. 2555. ความต้องการน้ำและค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3. *แก่นเกษตร*. 40 ฉบับพิเศษ (3) : 103 – 114.
- จิรววัฒน์ เทอดพิทักษ์พงษ์. พันธุ์อ้อยที่เหมาะสม. ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายภาคที่ 2.
- ดิเรก ทองอร่าม วิทยา ตั้งสกุล นาวิ จิระชีวี และอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2545. *การออกแบบและเทคโนโลยีการให้น้ำแก่พืช*. พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุงใหม่. วารสารเคหการเกษตร. กรุงเทพฯ. 470 หน้า.
- แดงไทย ภิญโญ วัฒนชัย ล้นทม และศุภจิรัตน์ สงวรรณศิริกุล. 2561. ผลของการขาดน้ำต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซของใบอ้อย. *แก่นเกษตร*. 46 ฉบับพิเศษ 2: 99-104.
- นุจรินทร์ พิงพา และอรรถสิทธิ์ บุญธรรม. 2555. การศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโตของอ้อย น. 2241-2247 ใน *เอกสารประกอบการประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9 ภาคโปสเตอร์ สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ*.
- ปารีชาติ แนบเนียน. 2546. การออกแบบและสร้างเทนซิโอมิเตอร์สำหรับเก็บค่าศักย์วัสดุพื้นของน้ำในดิน. *ปริญญาพนธ์*. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 107 หน้า.
- พิธา พจมานพิมล วรชาติ สุวรรณงาม อนรรฆพล แสนทน และสมยศ เกียรติวนิชวิไล. 2560. การหาความชื้นดินด้วยอัตราส่วนการหน่วงโดยใช้วิธีการระบุเอกลักษณ์ของระบบ. *วิศวกรรมลาดกระบัง* 34 (1): 17-24.
- มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2561. องค์ความรู้สำหรับการพัฒนาด้านอ้อย. โครงการสร้างองค์ความรู้และพัฒนาด้านอ้อย ปีงบประมาณ พ.ศ. 2561. มหาวิทยาลัยขอนแก่น และสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม.
- วีระพล พลรักดี ทักษิณา ศันสยะวิชัย เพียงเพ็ญ ศรวดี เทวา เมลานนท์ ปรีชา กาเพ็ชร อุดมเลียบวัน. 2554. ขอนแก่น 3 พันธุ์อ้อยสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. *วารสารวิชาการเกษตร* 29 (3): 283-301.

- ศุภกาญจน์ ล้วนมณี. 2563. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อยโดยการจัดการน้ำ ธาตุอาหาร และการใช้พื้นที่ที่เหมาะสมกับพื้นที่. รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัยกรมวิชาการเกษตร ประจำปีงบประมาณ 2563. กรมวิชาการเกษตร. 296 หน้า.
- สถาบันวิจัยพืชไร่. 2544. เอกสารวิชาการ พันธุ์อ้อย การปลูกดูแลรักษา. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 100 หน้า.
- สถาบันวิจัยพืชไร่. 2554. เทคโนโลยีการผลิตอ้อย. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. 33 หน้า.
- สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน. 2557. เอกสารคำแนะนำ เรื่อง เทคโนโลยีการจัดทำแปลงพันธุ์อ้อยสะอาด. พิมพ์ครั้งที่ 2. สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน. กรมวิชาการเกษตร. 99 หน้า.
- สุดชล วุ่นประเสริฐ และ ชีรยุทธ เกิดไทย. 2558. การจัดการดินและน้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยต่อในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. รายงานการวิจัย สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 48 หน้า.
- สุดารัตน์ กองทุ่งมด. 2561. ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางฟิสิกส์ของดินและสัดส่วนน้ำในดิน. วิทยานิพนธ์. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 67 หน้า.
- สุนทรียัง ชัชวาล พรชัย ไพบูลย์ และพรณี ชื่นนคร. เครื่องวัดแรงดึงน้ำของดิน. บทความวิชาการ. ห้องปฏิบัติการชีวฟิสิกส์พืช ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน. 10 หน้า.
- Easton, Z.M. and E. Bock. 2016. *Soil and Soil Water Relationships*. Virginia Cooperative Extension. Virginia Tech. Virginia State University. 9 p.
- Fageria, N.K., V.C. Baligar and C.H. Jones. 2010. *Growth and Mineral Nutrition of Field Crops*. 3rd Ed. CRC Press, Boca Ratan, FL. 586 p.
- Prakunhungsit S.; P. Dechayapirom and T. Tungsomboun. 2006. Study on water application for sugarcane U-Thong 3 variety by using ET/E ratio and subsurface drip. Available: http://www.rid.go.th/thaicid/_5_articale/2549/05Sugarcane.pdf. Accessed: October 22nd, 2020.
- Thompson, G.D.; C.H.O. Pearson and T.G. Cleaby. 1963. The estimate of the water requirements of sugarcane in Natal. Pages 134-142. In: Proceedings of The South African Sugar Technologist's Association.

บทที่ 7

การจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ ในการผลิตอ้อยแบบแผนใหม่

7.1 หลักการจัดการปัจจัยการผลิตในไร้อ้อยแบบแผนใหม่

การผลิตอ้อยในปัจจุบันได้ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีการผลิตแบบแผนใหม่ (modern farm) โดยมีการนำมาตรฐาน Bonsucro ซึ่งเป็นมาตรฐานการผลิตอ้อยและน้ำตาลอย่างยั่งยืนที่ได้รับการยอมรับเป็นมาตรฐานสากลมาใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติเพื่อการผลิตอ้อยและน้ำตาลที่มีความยั่งยืนด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยมีการควบคุมการผลิตตลอดห่วงโซ่การผลิตอ้อยและน้ำตาล มีระบบที่สามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการ เริ่มตั้งแต่การตรวจสอบความถูกต้องของที่ดินก่อนการปลูกอ้อย กระบวนการในระหว่างการปลูกอ้อย การบำรุงรักษาอ้อย การเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อย กระบวนการผลิตน้ำตาลในโรงงานและการซื้อ-ขายน้ำตาล โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ สร้างความยั่งยืนของระบบการผลิต และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การจัดการปัจจัยการผลิตในไร้อ้อยแบบแผนใหม่เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐาน Bonsucro มีหลักการสำคัญดังนี้ (Bonsucro, 2014)

1. การจัดการปัจจัยการผลิตในการผลิตอ้อยต้องปฏิบัติตามกฎหมายในด้านต่าง ๆ เกี่ยวกับการป้องกันสิ่งแวดล้อม การปล่อยของเสียและสร้างมลภาวะ การอนุรักษ์ธรรมชาติ การรักษาคุณภาพน้ำ การปล่อยก๊าซเรือนกระจก การใช้ที่ดินและน้ำ การป้องกันดิน การจัดเก็บ การจัดการ และการใช้ปุ๋ยและสารเคมีทางการเกษตร เป็นต้น

2. การจัดการปัจจัยการผลิตในการผลิตอ้อยต้องมีความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้ใช้ โดยต้องมีการประเมิน ควบคุม และขจัดความเสี่ยงจากการใช้ปัจจัยการผลิต เช่น การจัดการและการเก็บรักษาปุ๋ยและสารเคมีทางการเกษตร โดยลูกจ้างที่ทำงานซึ่งเกี่ยวข้องกับสารเคมีทางการเกษตรต้องได้รับการฝึกอบรมเรื่องการใช้สารเคมีทางการเกษตรอย่างถูกต้อง เพื่อให้มีการใช้งานอย่างปลอดภัย และมีอุปกรณ์การป้องกันส่วนบุคคล

3. การจัดการปัจจัยการผลิตในการผลิตอ้อยต้องใช้ทรัพยากรและปัจจัยการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อการผลิตอ้อยอย่างยั่งยืนโดยไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม โดยมีการวัดประสิทธิภาพการใช้น้ำและการใช้ปุ๋ยต่อหน่วยผลผลิต มีการบันทึกข้อมูลการใช้ปุ๋ยเคมีและปัจจัยการผลิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยไนโตรเจน และมีการบันทึกขอบเขตพื้นที่การเผาไร้อ้อยเพื่อบริหารจัดการเกี่ยวกับกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและลดผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก

4. การจัดการปัจจัยการผลิตในการผลิตอ้อยต้องมีการบริหารจัดการในการรักษาความหลากหลายทางชีวภาพและระบบนิเวศน์ การลดผลกระทบต่อคุณภาพดิน เช่น การเสื่อมโทรมของดิน การเป็นดินกรด ดินเค็ม การสูญเสียของคาร์บอนในดิน และการสูญเสียจุลินทรีย์ การลดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ เช่น คุณภาพของน้ำทิ้ง การจัดการระบบชลประทานที่มีประสิทธิภาพ และมลพิษทางน้ำ การลดผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ จากการการใช้ปุ๋ยและสารเคมีทางการเกษตร การเผาอ้อย และการปลดปล่อยของเสีย

5. การจัดการปัจจัยการผลิตในการผลิตอ้อยต้องมีการบริหารจัดการและปรับปรุงอย่างต่อเนื่องเพื่อรักษาคุณภาพของดินและน้ำ โดยให้ความสำคัญกับประสิทธิภาพการใช้น้ำ การลดการเผา

ไบอ้อย โดยให้มีไบอ้อยปกคลุมดินเพื่อรักษาคาร์บอนและอินทรีย์วัตถุในดิน มีการไถพรวนดินที่เหมาะสมกับพื้นที่และสภาพทางภูมิศาสตร์ของดินเพื่อลดการพังทลายของดิน และมีการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกเพื่อปรับปรุงดินให้มีความเหมาะสมสำหรับการปลูกอ้อย

7.2 เทคโนโลยีการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ สำหรับไร่อ้อยแบบแผนใหม่

7.2.1 การจัดการดิน

การจัดการดินในการผลิตอ้อยควรให้ความสำคัญกับการปรับระดับพื้นที่ให้สม่ำเสมอ หากตรวจพบการเกิดชั้นดินดานควรทำการไถเปิดดินดานเพื่อให้รากอ้อยเจริญเติบโตสามารถดูดใช้น้ำและธาตุอาหารได้ดี ส่วนขั้นตอนการเตรียมแปลงปลูกควรส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกอ้อยแบบไม่ไถพรวนดินหรือลดการไถพรวน การจัดการดินในแบบแผนใหม่ในปัจจุบันได้มีการนำแทรกเตอร์หรือแทรกเตอร์อัตโนมัติไร้คนขับที่มีการนำทางด้วยระบบ GPS (Global positioning system) มาใช้ในการเตรียมแปลงปลูก โดยทำการผ่าร่องด้วยจานดิสก์เฉพาะแถวปลูก ทำการปลูกแบบแถวคู่โดยมีระยะระหว่างแถวคู่ 30-40 เซนติเมตร และระยะระหว่างแถว 180-190 เซนติเมตร มีการใช้ระบบการนำทางในการควบคุมทิศทางของแทรกเตอร์ช่วยลดการรบกวนดินในแถวปลูกจากการบดอัดของล้อรถแทรกเตอร์ การปลูกอ้อยแบบไม่ไถพรวนดินสามารถลดการใช้พลังงาน ลดต้นทุนการผลิต ลดการสูญเสียคาร์บอนในดิน ลดการอัดแน่นของดิน ลดการพังทลายของดิน ช่วยรักษาความชื้นและเพิ่มผลผลิตให้เกษตรกร (Sugar Research Australia, 2015; Sanghera *et al.*, 2020)

7.2.2 การจัดการเศษซากไบอ้อย

ปัญหาหนึ่งในการผลิตอ้อยคือเศษซากไบอ้อยในพื้นที่ปลูก ซึ่งทำให้ยากต่อการเก็บเกี่ยวและการเตรียมดินในการปลูกอ้อย เกษตรกรจึงนิยมเผาใบเพื่อให้สะดวกในการจัดการ แต่การเผาใบก่อให้เกิดปัญหาต่อมลภาวะทางอากาศก่อให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็ก ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก เกิดการสูญหายของธาตุอาหารและความชื้นในดิน ทำลายอินทรีย์วัตถุในดิน ทำให้จุลินทรีย์ดินและสิ่งมีชีวิตในดินลดน้อยลง และทำให้ทรัพยากรดินเสื่อมโทรม (Souza *et al.*, 2012) ในขณะที่การเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อย 1 ตัน จะมีชีวมวลไบอ้อยประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอ้อยสด ซึ่งในไบอ้อยประกอบด้วยด้วยไนโตรเจน 0.5 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.1 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม 0.8 เปอร์เซ็นต์ (ศุภกาญจน์และคณะ, 2558; สมฤทัยและคณะ, 2558) หากผลผลิตอ้อยทั้งประเทศ 85 ล้านตัน จะมีชีวมวลไบอ้อยประมาณ 8.5 ล้านตัน ดังนั้นจะมีธาตุอาหารอยู่ในส่วนของไบอ้อยประกอบด้วยด้วยไนโตรเจน 42.5 ล้านกิโลกรัม N ฟอสฟอรัส 8.5 ล้านกิโลกรัม P และโพแทสเซียม 68 ล้านกิโลกรัม K คิดเป็นมูลค่าเทียบเท่าปุ๋ยเคมีประมาณ 5,230 ล้านบาท และนอกจากธาตุอาหารหลักทั้ง 3 ธาตุดังกล่าวแล้ว ในไบอ้อยยังประกอบด้วยธาตุอื่น ๆ อีกหลายธาตุซึ่งไม่ได้นำมาคำนวณมูลค่า ดังนั้น หากเกษตรกรเผาไบอ้อย นอกจากก่อให้เกิดผลกระทบต่อด้านต่าง ๆ แล้ว ยังเป็นการสูญเสียธาตุอาหารที่มีศักยภาพในการปรับปรุงดินที่มีมูลค่ามหาศาล

การจัดการเศษซากไบอ้อยสามารถทำได้โดยการตัดไบอ้อยคลุมดิน หรือใช้จอบหมุนสับใบและเศษซากอ้อยก่อนการเตรียมดิน (อรรถสิทธิ์และคณะ, 2540) ไบอ้อยมีส่วนคาร์บอนและไนโตรเจน (C:N ratio) ประมาณ 100 : 1 (Forte *et al.*, 2012) จึงทำให้ไบอ้อยสลายตัวได้ยาก ดังนั้นกรณีที่ไบอ้อยมีปริมาณมาก สามารถใช้น้ำผสมยูเรียฉีดพ่นไปบนไบอ้อย เพื่อลดสัดส่วนระหว่าง

คาร์บอนและไนโตรเจนในอยู่ในช่วง 25 : 1 ถึง 30 : 1 (Lin et al., 2019) เช่นเดียวกับหลักการทำปุ๋ยหมัก ซึ่งส่งเสริมการทำงานของจุลินทรีย์ดินในการย่อยสลายเศษซากใบอ้อย หากพื้นที่ 1 ไร่ มีปริมาณใบอ้อย 1.5-2 ตัน สามารถใช้ยูเรีย 20-25 กิโลกรัม ละลายน้ำ 200 ลิตร สำหรับฉีดพ่นในพื้นที่ 1 ไร่ โดยแบ่งฉีดพ่น 5-7 ครั้ง และควรฉีดพ่นทันทีหลังตัดใบอ้อย เนื่องจากใบอ้อยยังมีความชื้นสูงและมีน้ำตาลตกค้างอยู่ในส่วนของยอดอ้อยที่ถูกตัด ซึ่งเหมาะแก่การเจริญของจุลินทรีย์ในดิน ซึ่งวิธีการดังกล่าวได้มีการนำไปปฏิบัติและเห็นผลเป็นที่น่าพอใจ ดังอ้างอิงใน

7.2.3 เทคโนโลยีด้านพืช

การปลูกอ้อยควรมีช่วงระยะเวลาในการพักดินเพื่อปรับปรุงบำรุงดินและตัดวงจรโรคและแมลงศัตรูพืช โดยหลังจากหรือต่ออ้อยเพื่อปลูกใหม่ควรปลูกพืชบำรุงดิน เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วมะแฮะ ถั่วพราง และปอเทือง โดยในช่วงต้นฤดูฝนประมาณเดือนเมษายน – พฤษภาคม ให้นำแวนเมล็ดถั่วให้ทั่วแปลงอัตรา 5-10 กิโลกรัมต่อไร่ ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชตระกูลถั่ว ซึ่งจะได้น้ำหนักสดต้นใบ 2-4 ตันต่อไร่ เมื่อพืชตระกูลถั่วเริ่มออกดอก จึงทำการไถกลบ และหากไม่สามารถปลูกอ้อยในช่วงเดือนตุลาคมได้ อาจปลูกพืชตระกูลถั่วซ้ำเป็นครั้งที่ 2 แล้วไถกลบ เมื่อเศษซากต้นใบพืชตระกูลถั่วย่อยสลาย ก็จะสามารถปล่อยธาตุอาหารให้แก่อ้อยที่จะปลูกต่อจากนั้นได้ และสามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตอ้อยได้อีกด้วย (มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2561)

7.2.4 การจัดการน้ำ

การปลูกอ้อยส่วนใหญ่อยู่ในเขตน้ำฝน เกษตรกรควรขุดสระเพื่อกักเก็บน้ำไว้ใช้ในไร่อ้อยเพื่อใช้ในการให้น้ำชลประทานเสริมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่เกิดภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนาน เพื่อลดความเสี่ยงต่อการสูญเสียผลผลิต ระบบการให้น้ำชลประทานที่มีประสิทธิภาพสูงและประหยัดน้ำมากที่สุดคือระบบน้ำหยดซึ่งสามารถทำได้ทั้งระบบน้ำหยดบนดินและระบบน้ำหยดใต้ผิวดิน โดยการจัดการน้ำในการผลิตอ้อยแบบแผนใหม่ในปัจจุบันได้มีการนำเอาเทคโนโลยีเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายมาประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดความชื้นดินและนำเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) มาใช้ในการควบคุมการให้น้ำแบบหยด ซึ่งทำให้สามารถควบคุมการให้น้ำได้ง่ายและแม่นยำตรงตามความต้องการของอ้อย ประหยัดน้ำและแรงงาน สถาบันการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร (2565) ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการให้น้ำแบบอัจฉริยะสำหรับเกษตรกรประกอบด้วย เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เซนเซอร์วัดความเข้มแสง และเซนเซอร์วัดความชื้นดิน ซึ่งแสดงข้อมูล ณ เวลาปัจจุบัน (real time) ในการควบคุมการให้น้ำตามความต้องการของพืชซึ่งแสดงผลและควบคุมการทำงานบนแอปพลิเคชันผ่านสมาร์ทโฟน

7.2.5 การจัดการปุ๋ย

การจัดการปุ๋ยในการผลิตอ้อยแบบแผนใหม่นี้ให้ความสำคัญกับการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นหลักการสำคัญในการจัดการปุ๋ยคือต้องใช้ปุ๋ยให้ตรงตามสมบัติและความอุดมสมบูรณ์ของดินและความต้องการของพืช และยึดหลักการ 4R ในการใช้ปุ๋ย กล่าวคือ 1. Right source คือใช้ปุ๋ยให้ถูกแหล่งหรือชนิดของปุ๋ยตรงตามความขาดแคลนของดิน หากดินขาดแคลนอินทรีย์วัตถุควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปรับปรุงดิน หากดินขาดธาตุอาหารชนิดใดควรใส่ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารชนิดนั้นเพิ่มเติมให้เกิดขึ้น 2. Right rate คือ การใช้ปุ๋ยในอัตราที่พอเหมาะ

เพียงพอต่อความต้องการของอ้อย การใส่ปุ๋ยน้อยเกินไปทำให้อ้อยได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการในการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิต ในขณะที่การใส่ปุ๋ยมากเกินไปอาจก่อให้เกิดความเป็นพิษกับพืชและอาจสูญหายไปจากดินก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมได้ 3. Right time คือ การใส่ปุ๋ยให้ถูกเวลาสอดคล้องกับช่วงการเจริญเติบโตของอ้อย 4. Right place คือ ใส่ปุ๋ยให้ตรงบริเวณที่รากพืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารได้เต็มที่ (Rogers, 2019)

การจัดการปุ๋ยในการผลิตอ้อยแบบแผนใหม่มีการใช้เทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่หรือการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยทำการเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปตรวจวิเคราะห์พร้อมทั้งบันทึกพิกัดจุดเก็บตัวอย่างเพื่อประเมินการปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ยให้ถูกต้องแม่นยำกับพื้นที่ การวิเคราะห์ดินสามารถทำได้โดยการส่งตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการซึ่งจะได้ผลวิเคราะห์ที่มีความแม่นยำแต่อาจใช้ระยะเวลานาน หรือเกษตรกรสามารถวิเคราะห์ดินได้เองโดยใช้ชุดตรวจสอบดินอย่างง่าย (soil-test kit) ซึ่งผลวิเคราะห์ที่ได้บอกเป็นระดับต่ำ ปานกลาง สูง แต่สามารถวิเคราะห์ได้รวดเร็ว นอกจากนี้ยังสามารถตรวจวิเคราะห์ดินโดยใช้เซนเซอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง และการวัดค่าการนำไฟฟ้าของดิน ส่วนการใช้เซนเซอร์วัดปริมาณธาตุอาหารในดินควรนำไปเทียบค่า (calibrate) กับการวิเคราะห์ธาตุอาหารโดยวิธีมาตรฐาน จากนั้นจึงนำผลการที่ได้จากการเทียบค่ามาใช้ในการแปลผล (Qi et al., 2018) ซึ่งผลวิเคราะห์ดินที่ได้ในแต่ละจุดที่ระบุพิกัดสามารถนำมาจัดทำแผนที่ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (fertility map) และแผนที่ผลผลิต (yield map) เพื่อใช้ในการจัดการดินและปุ๋ยตามผลการวิเคราะห์ดินรวมทั้งใช้ในการติดตามการให้ผลผลิตของอ้อย (Sanghera et al., 2020)

นอกจากการจัดการปุ๋ยโดยใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินแล้ว ควรส่งเสริมให้ใช้ปุ๋ยผสมผสานระหว่างปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยชีวภาพ เนื่องจากปุ๋ยแต่ละชนิดมีข้อดีและวัตถุประสงค์การใช้ที่แตกต่างกัน ปุ๋ยเคมีเน้นให้ธาตุอาหารหลักไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม สามารถละลายน้ำได้ดี และพืชสามารถนำไปใช้ได้ทันทีแต่อาจสูญหายได้ง่ายโดยปุ๋ยไนโตรเจนอาจถูกชะละลายไปกับน้ำหรือสูญหายไปในรูปแบบก๊าซ ในขณะที่การใช้ปุ๋ยฟอสเฟตในดินกรดจัดหรือดินด่างฟอสฟอรัสอาจถูกตรึงอยู่กับเหล็กและอะลูมิเนียมออกไซด์หรือตกตะกอนกับแคลเซียมทำให้ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ยาก (McCray et al., 2013; Kumar and Sharma, 2013; Calcino et al., 2018) การใช้ปุ๋ยเคมีที่มีการปลดปล่อยธาตุอาหารได้อย่างช้า ๆ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยได้แต่มีราคาสูงอาจไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ในขณะที่ปุ๋ยอินทรีย์เน้นการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน ช่วยให้ดินโปร่งร่วนซุย สามารถอุ้มน้ำและเก็บกักธาตุอาหารได้ดี ลดการสูญหายของธาตุอาหาร เป็นแหล่งอาหารให้แก่จุลินทรีย์ดิน ช่วยส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตในดิน ในขณะเดียวกันปุ๋ยอินทรีย์ยังให้ธาตุอาหารต่าง ๆ ที่พืชต้องการครบทุกธาตุแต่มีธาตุอาหารในปริมาณน้อย การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ต้องใช้ในปริมาณมาก 1-2 ตันต่อไร่ ดังนั้นควรส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกพืชตระกูลถั่วแล้วไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสด หรือผลิตปุ๋ยอินทรีย์ไว้ใช้เองโดยอาจใช้เศษซากใบอ้อยร่วมกับปุ๋ยคอก หรือใช้เศษซากใบคลุมดินแล้วฉีดพ่นสารละลายยูเรียเพื่อเร่งการย่อยสลายของเศษซากใบ เมื่อเศษซากใบอ้อยย่อยสลายก็สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่อ้อยได้ ส่วนการใช้ปุ๋ยชีวภาพเป็นการใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ในการสร้างธาตุอาหารหรือช่วยส่งเสริมการปลดปล่อยธาตุอาหารในดิน โดยจุลินทรีย์บางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศให้เป็นประโยชน์แก่อ้อยได้ เช่น

Azotobacter, Azospirillum, และ Gluconacetobacter (Balasundaram, 2004) การใช้ปุ๋ยชีวภาพเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดต้นทุนในการผลิตอ้อยได้

7.3 ข้อเสนอแนะแนวทางการขับเคลื่อนการจัดการดิน น้ำ และปุ๋ย ในการผลิตอ้อยแบบแผนใหม่

การขับเคลื่อนการผลิตอ้อยโดยการจัดการดิน น้ำ และปุ๋ย อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้การผลิตอ้อยได้มาตรฐาน มีกระบวนการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เกษตรกรมีคุณภาพชีวิตที่ดีและมีความยั่งยืนในอาชีพ ต้องได้รับความร่วมมือจากภาคราชการ ภาคเอกชน และเกษตรกร โดยมีข้อเสนอแนะในการขับเคลื่อนดังนี้

1. การพัฒนางานวิจัย ภาคราชการและเอกชนควรร่วมมือในการวิจัยและพัฒนาการจัดการดิน น้ำ ปุ๋ย และเครื่องจักรกลการเกษตรขนาดเล็กสำหรับใช้ในการเตรียมดิน การปลูก การใส่ปุ๋ย การสาងใบ และการสับกลบใบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อย และให้เกษตรกรเข้ามามีส่วนร่วมในการวิจัยหรือจัดทำแปลงต้นแบบ การสร้างความร่วมมือในการวิจัยระหว่างภาคราชการ เอกชน และเกษตรกร เป็นการอาศัยจุดแข็งของแต่ละภาคส่วน ซึ่งภาคราชการมีความเข้มแข็งในองค์ความรู้ด้านการจัดการดิน น้ำ ปุ๋ย พันธุ์ และการจัดการด้านอื่น ๆ ในขณะที่ภาคเอกชนมีความพร้อมด้านเทคโนโลยีและเครื่องมือหรือเครื่องจักรกลที่ทันสมัย ในขณะที่เกษตรกรซึ่งเป็นผู้รับเทคโนโลยีสามารถเรียนรู้และปฏิบัติจริงในการวิจัย และนำผลงานที่ได้จากการวิจัยไปปฏิบัติให้เห็นผลเป็นรูปธรรมสามารถนำไปถ่ายทอดสู่ชุมชนต่อไปได้

2. การพัฒนางานบริการและส่งเสริมการให้บริการทางธุรกิจเกษตร ภาคราชการควรพัฒนาศูนย์จัดการดินปุ๋ยชุมชน (ศดปช.) ให้มีความพร้อมในการให้บริการตรวจวิเคราะห์ดิน ปุ๋ย น้ำ และพืช พร้อมทั้งพัฒนาระบบการให้คำแนะนำการจัดการดิน น้ำ และปุ๋ย แก่เกษตรกร โดยกรมวิชาการเกษตรสามารถถ่ายทอดความรู้ด้านการตรวจวิเคราะห์ดินและการแปลผลวิเคราะห์เพื่อให้คำแนะนำการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำ ให้แก่เจ้าหน้าที่ของศูนย์จัดการดินปุ๋ยชุมชน ในขณะที่ภาคเอกชนหรือโรงงานน้ำตาลควรช่วยเหลือเกษตรกรในการประสานงานกับหน่วยงานราชการในการส่งตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์และแปลผลวิเคราะห์ให้แก่เกษตรกร เพื่อกระตุ้นให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน นอกจากนี้ภาคราชการควรส่งเสริมเอกชนดำเนินการให้บริการธุรกิจเกษตร เช่น ธุรกิจการให้บริการเครื่องมือเครื่องจักรกลการเกษตรสมัยใหม่ ซึ่งมีราคาแพงและเกษตรกรรายย่อยไม่สามารถจัดหาได้ การสนับสนุนธุรกิจด้านดังกล่าว ช่วยให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีเครื่องมือและเครื่องจักรกลการเกษตรสมัยใหม่ที่จะช่วยอำนวยความสะดวกในการบริหารจัดการไร่อ้อยได้

3. การสร้างความเข้มแข็งแก่เกษตรกร ภาคราชการและเอกชนควรร่วมมือเผยแพร่ความรู้แก่เกษตรกรอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ โดยสนับสนุนการดำเนินงานของศูนย์การเรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร (ศพก.) ในระดับอำเภอ และขยายผลการดำเนินงานสู่ระดับตำบล เพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้ให้แก่เกษตรกรในชุมชน ส่งเสริมการรวมกลุ่มของเกษตรกรในการเรียนรู้และแก้ไขปัญหาาร่วมกัน

4. การส่งเสริมการรวมกลุ่มของเกษตรกร เนื่องจากเกษตรกรชาวไร่อ้อยส่วนใหญ่ของประเทศไทยเป็นเกษตรกรรายย่อยมีพื้นที่เพาะปลูกขนาดเล็ก ขาดแคลนเงินทุนในการบริหารจัดการด้านต่าง ๆ ทั้งในด้านการจัดหาเครื่องจักรกลการเกษตรและปัจจัยการผลิต ดังนั้นควรส่งเสริมการรวมกลุ่มของเกษตรกรรายย่อยในการบริหารจัดการแปลงร่วมกัน โดยภาครัฐและเอกชนควรร่วมมือผลักดันการดำเนินงานในโครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ซึ่งเป็นแนวทางที่จะช่วยให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิตและมีผลผลิตต่อหน่วยเพิ่มขึ้น รวมทั้งผลผลิตมีคุณภาพได้มาตรฐานภายใต้การบูรณาการของหน่วยงานภาครัฐและเอกชน

5. การลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ภาครัฐและเอกชนควรส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ปัจจัยการผลิตและทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยส่งเสริมการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและการให้น้ำโดยระบบน้ำหยด เพื่อใช้ปุ๋ยและน้ำอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้ภาคเอกชนควรมีมาตรการจูงใจเกี่ยวกับราคาอ้อยที่ตัดสดเพื่อลดปัญหาการเผาใบของเกษตรกร

6. ส่งเสริมการรักษาคุณภาพดินเพื่อการผลิตอ้อยอย่างยั่งยืน ภาครัฐและภาคเอกชนควรร่วมมือให้การสนับสนุนเมล็ดพันธุ์พืชตระกูลถั่วเพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกพืชปุ๋ยสดบำรุงดิน และจัดหาเครื่องจักรกลที่ใช้ในการไถ การสับกลบใบ ไร่ให้บริการอย่างเพียงพอ พร้อมทั้งถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการปรับปรุงบำรุงดินให้แก่เกษตรกร

7. การจัดหาแหล่งน้ำ ภาครัฐควรให้การสนับสนุนเกษตรกรในการจัดหาแหล่งน้ำ เช่น การขุดเจาะน้ำบาดาล และการขุดสระเพื่อกักเก็บน้ำไว้ใช้ในการให้น้ำชลประทานเสริมเมื่อเกิดภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนาน เพื่อลดความเสี่ยงต่อการสูญเสียผลผลิต

เอกสารอ้างอิง

- มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2561. องค์ความรู้สำหรับการพัฒนาด้านอ้อย. โครงการสร้างองค์ความรู้และพัฒนาอ้อย ปีงบประมาณ พ.ศ. 2561. มหาวิทยาลัยขอนแก่น และสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม.
- ศุภกาญจน์ ล้วนมณี กอบเกียรติไพศาลเจริญ วัลลีย์ อมรพล ศรีสุตา ทิพย์รักษ์ ชัยนต์ ภัคดีไทย และดาวรุ่ง คงเทียน. 2558. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินทราย: ชุดดินบ้านไผ่. *รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ประจำปีงบประมาณ 2558*. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 28 หน้า.
- สถาบันการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร. 2565. เทคโนโลยีการให้น้ำอัจฉริยะสำหรับพืชแปลงเปิด. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.
- สมฤทัย ต้นเจริญ ดาวรุ่ง คงเทียน กอบเกียรติไพศาลเจริญ ศุภกาญจน์ ล้วนมณี และอนุสรณ์เทียนศิริฤกษ์. 2558. การตอบสนองของอ้อยต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินต่าง: ชุดดินสมอทอด. *รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ประจำปีงบประมาณ 2558*. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 16 หน้า.
- อรรถสิทธิ์ บุญธรรม ธงชัย ตั้งเปรมศรี ปรีชา พราหมณี และเฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง. 2540. การใช้เครื่องสับใบอ้อยชนิดต่าง ๆ เพื่อแก้ปัญหการเผาใบอ้อยหลังจากการเก็บเกี่ยว. น. 177-187 ใน *รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2540 ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร*.
- Balasundaram, N. 2004. Biofertilizers for sugarcane. *Extension Publication No. 83*. Sugarcane Breeding Institute. Coimbatore-7. 2 p.
- Bonsucro. 2014. Bonsucro Guidance for the Production Standard. 139 p. Available: <https://www.bonsucro.com> Accessed: December 5th, 2021.
- Calcino, D.; B. Schroeder; J. Panitz; A. Hurney; and A. Wood. 2018. *Australian Sugarcane Nutrition Manual*. Sugar Research Australia Limited. 114 p.
- Fortes, C.; P.C.O. Trivelin; A.C. Vitti. 2012. Long-term Decomposition of Sugarcane Harvest Residues in Sao Paulo State, Brazil. *Biomass and Bioenergy*. 42 (2012): 189-198.
- Kumar, P. and M. K. Sharma. 2013. *Nutrient Deficiencies of Field Crops: Guide to Diagnosis and Management*. CABI. Boston, MA. 378 p.
- Lin, L.; F. Xu; X. Ge and Y. Li. 2019. Chapter Four – Biological Treatment of Organic Materials for Energy and Nutrients Production-Anaerobic Digestion and Composting. *Adv. Bioenerg.* 4 (2019): 121-181.

- 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
- Qi, H.; T. Paz-Kagan; A. Karnieli; X. Jin and S. Li. 2020. Evaluating Calibration Methods for Predicting Soil Available Nutrients using Hyperspectral VNIR data. *Soil & Till. Res.* 175 (2018): 267-275.
- Rogers, E. 2019. The 4R's of Nutrient Management. Michigan State University Extension. Available: <https://www.canr.msu.edu/news/the-4r-s-of-nutrient-management>. Accessed: January 2nd, 2022.
- Sanghera, G.S.; A. Kumar and R. Bhatt. 2020. Prospects of Precision Farming in Sugarcane Agriculture to Harness the Potential Benefits. *Curr. J. Appl. Sci. Tech.* 39 (2): 112-125.
- Souza, R. A.; T. S.Telles; W. Machado; M. Hungria; J.T. Filho and M.F. Guimarães. 2012. Effects of sugarcane harvesting with burning on the chemical and microbiological properties of the soil. *Agri. Ecosys. Environ.* 155: 1-6.
- Sugar Research Australia. 2015. *Precision Agriculture for the Sugarcane Industry*. Australia. 47 p.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของอ้อยปลูกและอ้อยตอพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ปลูกในแหล่งต่าง ๆ

| อ้อยปลูก/ตอ | ชุดดิน/จังหวัด | ผลผลิต (ตัน/ไร่) | ปริมาณธาตุอาหารในลำอ้อย (กก./ผลผลิต 1 ตัน) | | | | | ปริมาณธาตุอาหารในใบอ้อย (กก./ผลผลิต 1 ตัน) | | | | | ปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดในอ้อย (กก./ผลผลิต 1 ตัน) | | | | | แหล่งที่มา |
|-------------|------------------------------|---------------------|---|------|------|------|------|---|------|------|------|------|--|------|------|------|------|---------------------------|
| | | | N | P | K | Ca | Mg | N | P | K | Ca | Mg | N | P | K | Ca | Mg | |
| อ้อยปลูก | ชุดดินบ้านไผ่ จ.ขอนแก่น | 14.20 | 0.59 | 0.20 | 1.35 | 0.18 | 0.27 | 0.49 | 0.08 | 0.77 | 0.18 | 0.09 | 1.08 | 0.29 | 2.12 | 0.36 | 0.36 | ศุภกาญจน์และคณะ (2558) |
| อ้อยปลูก | ชุดดินสัตหีบ จ.ชลบุรี | 14.11 | 0.49 | 0.74 | 1.00 | - | - | 0.62 | 0.31 | 0.99 | - | - | 1.11 | 1.05 | 1.99 | - | - | วัลลีย์และคณะ (2558) |
| อ้อยปลูก | ชุดดินบ้านบึง จ.ชลบุรี | 15.71 | 0.50 | 0.42 | 0.55 | - | - | 0.37 | 0.15 | 0.53 | - | - | 0.87 | 0.57 | 1.08 | - | - | วัลลีย์และคณะ (2558) |
| อ้อยปลูก | ชุดดินทับกวาง จ.นครสวรรค์ | 11.01 | 0.87 | 0.30 | 1.31 | - | - | 1.01 | 0.24 | 1.90 | - | - | 1.88 | 0.54 | 3.21 | - | - | สมควรและคณะ (2558) |
| อ้อยตอ | ชุดดินบ้านไผ่ จ.ขอนแก่น | 15.40 | 0.63 | 0.17 | 0.81 | 0.27 | 0.18 | 0.43 | 0.08 | 0.77 | 0.34 | 0.09 | 1.06 | 0.25 | 1.58 | 0.60 | 0.27 | ศุภกาญจน์และคณะ (2558) |
| อ้อยตอ | ชุดดินสัตหีบ จ.ชลบุรี | 8.28 | 0.66 | 0.68 | 1.29 | - | - | 0.64 | 0.25 | 1.21 | - | - | 1.30 | 0.93 | 2.50 | - | - | วัลลีย์และคณะ (2558) |
| อ้อยตอ | ชุดดินบ้านบึง จ.ชลบุรี | 13.42 | 0.58 | 0.60 | 1.63 | - | - | 0.44 | 0.20 | 0.97 | - | - | 1.02 | 0.80 | 2.60 | - | - | วัลลีย์และคณะ (2558) |
| อ้อยตอ | ชุดดินทับกวาง จ.นครสวรรค์ | 13.49 | 0.79 | 0.20 | 0.79 | - | - | 0.23 | 0.05 | 0.41 | - | - | 1.02 | 0.24 | 1.19 | - | - | สมควรและคณะ (2558) |

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของอ้อยปลูกและอ้อยตอพันธุ์ LK92-11 ที่ปลูกในแหล่งต่าง ๆ

| อ้อยปลูก/ตอ | ชุดดิน/จังหวัด | ผลผลิต (ตัน/ไร่) | ปริมาณธาตุอาหารในลำอ้อย (กก./ผลผลิต 1 ตัน) | | | | | ปริมาณธาตุอาหารในใบอ้อย (กก./ผลผลิต 1 ตัน) | | | | | ปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดในอ้อย (กก./ผลผลิต 1 ตัน) | | | | | แหล่งที่มา |
|-------------|------------------------------|---------------------|---|------|------|------|------|---|------|------|------|------|--|------|------|------|------|---------------------------|
| | | | N | P | K | Ca | Mg | N | P | K | Ca | Mg | N | P | K | Ca | Mg | |
| อ้อยปลูก | ชุดดินบ้านไผ่ จ.ขอนแก่น | 12.59 | 0.61 | 0.21 | 1.33 | 0.16 | 0.25 | 0.54 | 0.09 | 0.83 | 0.21 | 0.10 | 0.29 | 2.15 | 0.37 | 0.34 | 0.29 | ศุภกาญจน์และคณะ (2558) |
| อ้อยปลูก | ชุดดินสัตหีบ จ.ชลบุรี | 12.13 | 0.56 | 0.91 | 1.37 | - | - | 1.14 | 0.51 | 1.65 | - | - | 1.70 | 1.42 | 3.02 | - | - | วัลลีย์และคณะ (2558) |
| อ้อยปลูก | ชุดดินบ้านบึง จ.ชลบุรี | 13.28 | 0.69 | 0.61 | 1.11 | - | - | 0.71 | 0.28 | 0.96 | - | - | 1.39 | 0.89 | 2.07 | - | - | วัลลีย์และคณะ (2558) |
| อ้อยปลูก | ชุดดินทับกวาง จ.นครสวรรค์ | 10.98 | 0.75 | 0.31 | 1.28 | - | - | 0.85 | 0.20 | 1.45 | - | - | 1.59 | 0.51 | 2.73 | - | - | สมควรและคณะ (2558) |
| อ้อยปลูก | ชุดดินราชบุรี จ.ราชบุรี | 12.98 | 1.09 | 0.50 | 1.70 | - | - | 1.06 | 0.33 | 1.30 | - | - | 2.15 | 0.83 | 3.00 | - | - | อุดมและคณะ (2558) |
| อ้อยปลูก | ชุดดินตาคลี จ.นครสวรรค์ | 14.00 | 0.76 | 0.19 | 0.74 | - | - | 1.13 | 0.25 | 2.64 | - | - | 1.89 | 0.44 | 3.37 | - | - | สมฤทัยและคณะ (2558) |
| อ้อยปลูก | ชุดดินสมทอด จ.นครสวรรค์ | 18.10 | 0.35 | 0.14 | 0.41 | - | - | 0.86 | 0.14 | 1.02 | - | - | 1.20 | 0.28 | 1.43 | - | - | สมฤทัยและคณะ (2558) |
| อ้อยตอ | ชุดดินบ้านไผ่ จ.ขอนแก่น | 13.01 | 0.62 | 0.16 | 0.52 | 0.25 | 0.15 | 0.50 | 0.08 | 0.74 | 0.46 | 0.09 | 1.12 | 0.25 | 1.26 | 0.71 | 0.24 | ศุภกาญจน์และคณะ (2558) |
| อ้อยตอ | ชุดดินสัตหีบ จ.ชลบุรี | 10.27 | 0.62 | 0.67 | 1.30 | - | - | 0.76 | 0.27 | 1.22 | - | - | 1.38 | 0.94 | 2.51 | - | - | วัลลีย์และคณะ (2558) |
| อ้อยตอ | ชุดดินบ้านบึง จ.ชลบุรี | 12.86 | 0.58 | 0.57 | 1.76 | - | - | 0.82 | 0.35 | 1.46 | - | - | 1.40 | 0.92 | 3.22 | - | - | วัลลีย์และคณะ (2558) |
| อ้อยตอ | ชุดดินทับกวาง จ.นครสวรรค์ | 13.31 | 0.81 | 0.20 | 0.67 | - | - | 0.26 | 0.05 | 0.38 | - | - | 1.07 | 0.25 | 1.05 | - | - | สมควรและคณะ (2558) |

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของอ้อยปลูกและอ้อยตอพันธุ์สุพรรณบุรี 80

| อ้อยปลูก/ตอ | ชุดดิน/จังหวัด | ผลผลิต (ตัน/ไร่) | ปริมาณธาตุอาหารในลำอ้อย (กก./ผลผลิต 1 ตัน) | | | ปริมาณธาตุอาหารในใบอ้อย (กก./ผลผลิต 1 ตัน) | | | ปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดในอ้อย (กก./ผลผลิต 1 ตัน) | | | แหล่งที่มา |
|-------------|-------------------------|---------------------|---|-------------------------|-------|---|------|------|--|------|------|-------------------|
| | | | N | P | K | N | P | K | N | P | K | |
| | | | อ้อยปลูก | ชุดดินราชบุรี จ.ราชบุรี | 15.59 | 1.04 | 0.53 | 1.86 | 1.05 | 0.30 | 1.10 | |
| อ้อยตอ | ชุดดินราชบุรี จ.ราชบุรี | 12.59 | 0.52 | 0.56 | 1.83 | 0.81 | 0.28 | 1.27 | 1.33 | 0.83 | 3.10 | อุดมและคณะ (2558) |

ตารางผนวกที่ 4 ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของอ้อยปลูกและอ้อยตอพันธุ์อุทอง 14 ที่ปลูกในแหล่งต่าง ๆ

| อ้อยปลูก/ตอ | ชุดดิน/จังหวัด | ผลผลิต (ตัน/ไร่) | ปริมาณธาตุอาหารในลำอ้อย (กก./ผลผลิต 1 ตัน) | | | ปริมาณธาตุอาหารในใบอ้อย (กก./ผลผลิต 1 ตัน) | | | ปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดในอ้อย (กก./ผลผลิต 1 ตัน) | | | แหล่งที่มา |
|-------------|------------------------------|---------------------|---|-------------------------|-------|---|------|------|--|------|------|---------------------|
| | | | N | P | K | N | P | K | N | P | K | |
| | | | อ้อยปลูก | ชุดดินตาคลี จ.นครสวรรค์ | 17.10 | 0.61 | 0.18 | 1.05 | 0.83 | 0.19 | 1.46 | |
| อ้อยปลูก | ชุดดินสมอทอด จ. นครสวรรค์ | 21.0 | 0.27 | 0.09 | 0.40 | 0.60 | 0.11 | 0.60 | 0.87 | 0.20 | 0.99 | สมฤทัยและคณะ (2558) |
| อ้อยตอ | ชุดดินตาคลี จ.นครสวรรค์ | 11.00 | 0.62 | 0.10 | 0.36 | 0.25 | 0.06 | 0.35 | 0.87 | 0.16 | 0.72 | สมฤทัยและคณะ (2558) |

ตารางผนวกที่ 5 การผสมปุ๋ยใช้เองสำหรับอ้อยปลูกโดยใช้แม่ปุ๋ย

| อินทรีย์วัตถุ (%) | ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.) | โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.) | ระดับธาตุอาหารที่แนะนำ (กก./ไร่) | | | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 (กก./ไร่) | | | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 (กก./ไร่) | |
|-------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|---------|--------|-----------------------------|--|
| | | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | 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 | |
| <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 | |

*ที่มา: พัฒนาจากผลการวิจัย โครงการวิจัยและพัฒนาดิน น้ำ และปุ๋ยอ้อย ปี 2554-2558 กรมวิชาการเกษตร (กอบเกียรติ, 2558)

ตารางผนวกที่ 6 การผสมปุ๋ยใช้เองสำหรับอ้อยต่อโดยใช้แม่ปุ๋ย

| อินทรีย์วัตถุ (%) | ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.) | โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.) | ระดับธาตุอาหารที่แนะนำ (กก./ไร่) | | | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 (กก./ไร่) | | | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 (กก./ไร่) | |
|-------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|---------|--------|-----------------------------|--|
| | | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | 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 | |

ที่มา: พัฒนาจากผลการวิจัย โครงการวิจัยและพัฒนาดิน น้ำ และปุ๋ยอ้อย ปี 2554-2558 กรมวิชาการเกษตร (กอบเกียรติ, 2558)

ตารางผนวกที่ 7 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยปลูกโดยใช้ปุ๋ยเชิงประกอบร่วมกับแม่ปุ๋ย

| อินทรีย์วัตถุ (%) | ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.) | โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.) | ระดับธาตุอาหารที่แนะนำ (กก./ไร่) | | | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 (รองพื้น) | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 (กก./ไร่) | |
|-------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------|
| | | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | 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 |

ที่มา: พัฒนาจากผลการวิจัย โครงการวิจัยและพัฒนาดิน น้ำ และปุ๋ยอ้อย ปี 2554-2558 กรมวิชาการเกษตร (กอบเกียรติ, 2558)

ตารางผนวกที่ 8 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยต่อโดยใช้ปุ๋ยเชิงประจักษ์ประกอบด้วยแม่ปุ๋ย

| อินทรีย์วัตถุ (%) | ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.) | โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.) | ระดับธาตุอาหารที่แนะนำ (กก./ไร่) | | | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 (รองพื้น) | ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 (กก./ไร่) | |
|-------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------|
| | | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | 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 |

ที่มา: พัฒนาจากผลการวิจัย โครงการวิจัยและพัฒนาดิน น้ำ และปุ๋ยอ้อย ปี 2554-2558 กรมวิชาการเกษตร (กอบเกียรติ, 2558)