

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสำคัญของข้าวและชนิดของข้าว (<http://th.wikipedia>.)

ข้าว เป็นธัญญาหารหลักของชาวโลก จัดเป็นพืชสายพันธุ์เดียวกับหญ้า ซึ่งนับได้ว่าเป็นหญ้าที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก และมีความหลากหลายทางชีวภาพ สามารถปลูกขึ้นได้ง่ายมีความทนทานต่อทุกสภาพภูมิประเทศในโลก ไม่ว่าจะเป็นถิ่นแห้งแล้งแบบทะเลทราย พื้นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง หรือแม้กระทั่งบนเทือกเขาที่หนาวเย็น ข้าวก็ยังสามารถงอกงามขึ้นมาได้อย่างทรหดอดทนข้าวชนิดแรกที่มนุษย์รู้จักนำมากินคือ ข้าวป่าจากหลักฐานที่พบทำให้สันนิษฐานได้ว่าเมื่อประมาณ 16,000-13,000 ปีที่แล้ว ยุคน้ำแข็งใกล้สิ้นสุดลง สัตว์ใหญ่หลายชนิดเริ่มสูญพันธุ์ไป มนุษย์จึงต้องลดบทบาทการล่าสัตว์แล้วหันมาสะสมข้าวป่าและพืชเพื่อเป็นอาหาร นาย Richard S. Macheish นักโบราณคดีชาวอเมริกัน ผู้ซึ่งทำการศึกษาสถานที่ทางประวัติศาสตร์ของจีนแผ่นดินใหญ่ ในปี 2536 มีหลักฐานที่ยืนยันได้ว่า ประเทศจีน คือ แหล่งกำเนิดของการปลูกข้าว เพราะได้พบร่องรอยของข้าวป่าที่มีอายุถึง 16,000 ปี และข้าวที่ปลูกอายุกว่า 9,000 ปี โดยพิจารณาจากการขุดพบหลักฐานข้าวใหม่ที่ติดอยู่กับเศษภาชนะ รวมทั้งเศษต้นข้าวสมัยโบราณที่ขุดได้จากถ้ำ 2 แห่งในหุบเขาเมืองหนานชาง (Nanchang) เมืองหลวงของมณฑลเจียงซี (Jianxi) ซึ่งอยู่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของจีน จุดเริ่มต้นของการเพาะปลูกข้าวของมนุษย์ จากวัฒนธรรมลุงชานของประเทศจีน และวัฒนธรรม

ฮัวบิเนียนของประเทศเวียดนาม บริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำตอนเหนือของอินเดียตอนล่าง ด้านตะวันออกของเชิงเขาหิมาลัย ซึ่งการเพาะปลูกใช้วิธีการปลูกคล้ายกับการทำไร่เลื่อนลอย หลังจากนั้นวิวัฒนาการปลูกข้าวจากการทำไร่เลื่อนลอย มาเป็นการทำนาหว่าน ประมาณ 9,000 ปีก่อน และพัฒนาสู่การทำนาแบบปักดำ ซึ่งพบหลักฐานในวัฒนธรรมบ้านเชียงของไทย เมื่อราว 5,000 ปีที่ผ่านมา หลักฐานการค้นข้าวที่ค้นพบ ข้าวป่าในช่วงแรกจะมีก้าน และใบเดี่ยวแต่ที่ปลูกใหม่มีถึง 5 ก้านเป็นการแสดงให้เห็นว่าในช่วงเวลาดังกล่าว มนุษย์เริ่มเข้าใจว่าหากปลูกข้าวลงดินเองจะเพิ่มขึ้นถึง 5 เท่า แสดงให้เห็นถึงความเป็นมนุษย์ในการพัฒนาการเกษตรเพื่อดำรงชีวิต สายพันธุ์ของพืชตระกูลข้าว ที่มีอยู่บนโลกนี้มีมากถึง 120,000 สายพันธุ์ แต่พันธุ์ที่รู้จักและนำมาปลูกสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ *Oryza Savita* ที่นิยมเพาะปลูกในทวีปเอเชีย และ *Oryza glaberrina* ที่นิยมเพาะปลูก ในทวีปแอฟริกา แต่ข้าวที่ปลูกและซื้อขายกันในตลาดโลกเกือบทั้งหมดจะเป็นข้าวจากทวีปเอเชีย แบ่งเป็น 3 กลุ่มตามลักษณะและพื้นที่ปลูกได้ดังนี้

1. **ข้าวอินดิกา (Indica)** หรือข้าวเจ้า เป็นข้าวที่มีลักษณะเมล็ดเรียวยาวรี ลำต้นสูง ตั้งชื่อมาจากแหล่งที่ค้นพบครั้งแรกในประเทศอินเดีย เป็นข้าวที่นิยมเพาะปลูกในทวีปเอเชียเขตร้อน ตั้งแต่ จีน เวียดนาม ฟิลิปปินส์ ไทย อินโดนีเซีย ไปจนถึงอินเดียและศรีลังกา และแพร่กระจายไปทั้งเขตอุษาคเนย์ตั้งแต่หลัง พ.ศ. 1000 ทั้งเขตลุ่มน้ำอิระวดี และต่อมาแพร่ขยายเพาะปลูกในทวีปอเมริกา

เฉพาะในเมืองไทย ข้าวอินดิคานิยมเพาะปลูก ในบริเวณที่ราบลุ่มตอนใต้ของแม่น้ำเจ้าพระยา เพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วแทนข้าวเหนียวที่เคยปลูก ซึ่งคนไทยสมัยนั้นเรียกข้าวอินดิคาที่มาจากต่างประเทศว่า

“ข้าวของเจ้า” แล้วเรียกกันสั้นลงเหลือเพียง “ข้าวเจ้า” มาถึงทุกวันนี้

2.ข้าวจาปอนิกา (Japonica) เป็นข้าวเหนียวเมล็ดป้อม กลมรี มีแหล่งกำเนิดจากทางภาคเหนือ แล้วผ่านมาทางลุ่มแม่น้ำโขง ในสมัยก่อนพุทธศตวรรษที่ 20 หลังจากนั้นลดจำนวนลงไปแพร่หลายในเขตอบอุ่นที่ ญี่ปุ่น เกาหลี รัสเซีย ยุโรป และอเมริกา

3.ข้าวจาวานิกา (Javanica) เป็นข้าวลักษณะเมล็ดป้อมใหญ่สันนิษฐานว่า เป็นข้าวพันธุ์ผสมระหว่างข้าวอินดิคาและจาปอนิกา นิยมเพาะปลูกใน อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ ใต้หวัน หมู่เกาะริวกิว และญี่ปุ่น แต่ไม่ค่อยได้รับความนิยมนักเพราะให้ผลผลิตต่ำ ประเทศต่างๆ ในโลกต่างก็มีการพัฒนาสายพันธุ์ข้าวใหม่ เพิ่มพื้นที่การเพาะปลูกข้าวและวิธีการปลูกข้าวให้ได้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น

2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

2.1.1 ราก เป็นส่วนที่อยู่ใต้ผิวดิน ใช้ยึดลำต้นกับดิน เพื่อไม่ให้ต้นล้ม แต่บางครั้งก็มีรากพิเศษเกิดขึ้นที่ข้อ ซึ่งอยู่เหนือพื้นดินด้วยต้นข้าวไม่มีรากแก้ว แต่มีรากฝอยแตกแขนงกระจายอยู่ใต้ผิวดิน ด้วยเหตุนี้รากของข้าวจึงไม่ได้ยึดเกาะมากจากพื้นผิวดิน แต่แขนงของรากฝอยจะมีรากขนอ่อน รากของต้นข้าวนอกจากจะเกิดที่โคนต้นแล้ว รากอาจเกิดขึ้นที่ข้อซึ่งอยู่ใต้ดินและอยู่ใต้น้ำด้วย ต้นข้าวใช้รากสำหรับดูดเอาอาหารจากดิน อาหารของต้นข้าวประกอบด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ และน้ำ อาหารเหล่านี้จะถูกส่งไปที่ใบ เพื่อเปลี่ยนเป็นแป้งโดยวิธีการที่เรียกว่า สังเคราะห์แสง



ภาพที่ 2.1 แสดงลักษณะของรากข้าว

2.1.2 ลำต้น มีลักษณะเป็นโพรงตรงกลางและแบ่งออกเป็นปล้อง ๆ โดยมีข้อกั้นระหว่างปล้อง ความยาวของปล้องนั้นแตกต่างกัน จำนวนปล้องจะเท่ากับจำนวนใบของต้นข้าว ปกติมีประมาณ 20-25 ปล้อง ปล้องซึ่งอยู่ที่โคนต้น จะสั้นกว่าและหนากว่าปล้องซึ่งอยู่ที่ปลายของลำต้น นอกจากนี้ ปล้องซึ่งอยู่ที่โคนจะมีขนาดโตกว่าปล้องที่อยู่ตรงส่วนปลาย ยกเว้นข้าวขึ้นน้ำที่ต้องยึดต้นให้สูงเมื่อมีน้ำลึก ปล้องของข้าวขึ้นน้ำยาวมาก และปล้องที่อยู่ใกล้ผิวน้ำจะโตกว่าที่อยู่ลึกลงไปใต้น้ำที่ข้อ ซึ่งเป็นส่วนที่แบ่งลำต้นออกเป็นปล้อง ๆ นั้น มีตาสำหรับเจริญเติบโตออกมาเป็นหน่อข้อละหนึ่งตา และอยู่สลับกันไปจากข้อหนึ่งไปอีกข้อหนึ่ง สีของข้อก็แตกต่างกันไปตามชนิดของพันธุ์

ข้าว ซึ่งอาจจะเป็นสีเหลือง หรือสีม่วงก็ได้ ส่วนความยาวของปล้องนั้นก็แตกต่างกันไปตามชนิดของพันธุ์ พันธุ์ต้นสูงจะมีปล้องยาวกว่าพันธุ์ต้นเตี้ย ต้นข้าวถูกห่อด้วยกาบใบ จึงทำให้ไม่สามารถมองเห็นลำต้นหรือปล้องของต้นข้าวในระยะแตกกอ แต่ต้นข้าวมีการยึดลำต้นสูงในระยะออกรวงจนสามารถมองเห็นลำต้นได้



ภาพที่ 2.2 แสดงลักษณะของต้นข้าว

2.1.3 ใบ ต้นข้าวมีใบไว้สำหรับทำการสังเคราะห์แสง เพื่อเปลี่ยนแร่ธาตุ อาหาร น้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์ ให้เป็นแป้ง เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างเมล็ดของต้นข้าว ใบประกอบด้วย กาบใบและแผ่นใบ กาบใบ และแผ่นใบเชื่อมติดกันด้วยข้อต่อของใบ กาบใบ คือ ส่วนที่ติดอยู่กับข้อของลำต้น และห่อหุ้มต้นข้าวไว้ แต่ละข้อมีเพียงหนึ่งกาบใบเท่านั้น แผ่นใบ คือ ส่วนที่อยู่เหนือข้อต่อของใบ มีลักษณะเป็นแผ่นแบนบาง ๆ พันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์จะมีความยาว ความกว้าง รูปร่าง สีของใบ ตลอดจนการทำมุมของใบกับลำต้นไม่เหมือนกัน นอกจากนี้ ที่แผ่นใบของข้าวบางพันธุ์ก็มีขนหรือไม่มีขนด้วย เมื่อใช้มือจับแผ่นใบที่มีขนจะรู้สึกวุ้นวุ้นไม่เรียบ แต่แผ่นใบที่ไม่มีขนจะรู้สึกเรียบ ๆ ใบข้าวมีขนาดรูปร่างแตกต่างกันไปตามชนิดของพันธุ์ข้าว และบางพันธุ์มีแผ่นใบทำมุมกว้างหรือทำมุมแคบกับลำต้น เส้นใบของข้าวมองเห็นได้ชัดจากด้านบนของแผ่นใบ เส้นใบจะขนานกันเพราะข้าวเป็นพืชพวกใบเลี้ยงเดี่ยว ใบข้าวใบสุดท้าย ซึ่งหมายถึงใบที่อยู่ติดกับรวงข้าว เรียกว่า ใบธง ปกติใบธงจะมีลักษณะสั้น และทำมุมกับลำต้นแตกต่างจากใบอื่น ๆ ที่อยู่ข้างล่างที่ข้อต่อของใบ ซึ่งเป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างกาบใบและแผ่นใบ มีลักษณะคล้าย ๆ กับข้อที่กั้นแบ่งต้นข้าวออกเป็นปล้อง ๆ และที่ข้อต่อของใบนี้มีเยื่อเกี่ยวพันน้ำฝน และเยื่อเกี่ยวพันแมลงติดอยู่ด้วย เยื่อเกี่ยวพันน้ำฝนมีสองอัน ลักษณะเป็นพู่คล้ายหางกระรอก ติดอยู่ข้างละอันของข้อต่อของใบ ส่วนเยื่อเกี่ยวพันน้ำฝนนั้นมีอันเดียว มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ อยู่ด้านบนของข้อต่อของใบ และประกบติดอยู่กับลำต้น เยื่อเกี่ยวพันน้ำฝนมีขนาดและสีแตกต่างกันไปตามชนิดของพันธุ์ข้าว อย่างไรก็ตาม ใบแก่ ๆ อาจไม่มีเยื่อเกี่ยวพันแมลงเหลือติดอยู่เลย เพราะได้ร่วงหล่นไปเสียแล้วต้นข้าวต้นเดียวอาจแตกออกเป็นหน่อใหม่ประมาณ 5-15 หน่อ



ภาพที่ 2.3 แสดงลักษณะของใบข้าว

2.3 ลักษณะที่เกี่ยวกับการขยายพันธุ์ (<http://th.wikipedia>.)

2.3.1 รวงข้าว (panicle) หมายถึง ช่อดอกของข้าว (inflorescence) ซึ่งเกิดขึ้นที่ข้อของปล้องอันสุดท้ายของต้นข้าว ระยะระหว่างข้ออันบนของปล้องอันสุดท้ายกับข้อต่อของใบธง เรียกว่า คอรวง ดังนั้นคอรวงจะสั้นหรือยาวขึ้นอยู่กับระยะระหว่างข้ออันบนของปล้องสุดท้ายกับข้อต่อของใบธง ชาวนาในภาคใต้ที่เก็บเกี่ยวข้าวด้วยแกระ มีความต้องการจะปลูกข้าวชนิดที่มีคอรวงยาว แต่ชาวนาที่เก็บเกี่ยวด้วยเสี้ยนนั้น ไม่คำนึงถึงความยาวของคอรวงเลย นอกจากนี้ ที่ข้ออันบนของปล้องอันสุดท้ายอาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ฐานของรวง หรือฐานของช่อดอก รวงข้าวประกอบด้วยก้านอันใหญ่ต่อจากคอรวงขึ้นไป แล้วแตกแขนงแบบราซิมอสโมคبرانซิง (racemose mode branching) ออกไปมากมาย โดยแต่ละข้อของก้านอันใหญ่แตกแขนงออกไปเรียกว่า แขนงที่หนึ่ง (primary branches) และแต่ละข้อของแขนงที่หนึ่ง จะแตกแขนงออกไปอีกเป็นแขนงที่สอง (secondary branches) ดอกข้าว (spikelets) มีก้านดอก ซึ่งเรียกว่า เพดิเซล (pedicel) จะติดอยู่ที่แขนงที่สองของรวงข้าว



ภาพที่ 2.4 แสดงลักษณะของรวงข้าว

2.3.2 ดอกข้าว หมายถึง ส่วนที่มีเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียสำหรับผสมพันธุ์ ดอกข้าวประกอบด้วยเปลือกนอกใหญ่สองแผ่นประสานกัน เพื่อห่อหุ้มส่วนที่อยู่ภายในไว้ เปลือกนอกใหญ่แผ่นนอก เรียกว่า เลมมา (lemma) ส่วนเปลือกนอกใหญ่แผ่นใน เรียกว่า พาเลีย (palea) ทั้งสองเปลือกนี้ ภายนอกของมันอาจมีขนหรือไม่มีขนก็ได้ ถ้าที่เปลือกนี้ไม่มีขน ที่ใบของมันก็จะไม่มีขนและผิวเรียบด้วย ที่ปลายสุดของเปลือกนอกใหญ่แผ่นนอก จะมีลักษณะเป็นปลายแหลมยื่นออกมา เรียกว่า หาง (awn) พันธุ์ข้าวบางพันธุ์มีหางสั้น บางพันธุ์มีหางยาว พันธุ์ที่มีหางยาวเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ เพราะทำให้เก็บเกี่ยว และนวดยาก นอกจากนี้ อาจทำให้ผู้เข้าไปเก็บเกี่ยวเกิดเป็นแผลตามผิวหนังได้ง่าย ที่ปลายด้านล่างของเปลือกนอกใหญ่ทั้งสองแผ่นเท่านั้นที่ประสานติดกันอยู่บนก้านสั้น ๆ ที่เรียกว่า ราซิลลา (rachilla) และที่ด้านบนของราซิลลานั้นจะมีแผ่นบางๆ สองแผ่นขนาดเท่าๆ กัน ทำหน้าที่บังคับให้เปลือกนอกทั้งสองแผ่นดังกล่าวเปิดหรือปิดได้ แผ่นบางๆ สองแผ่นนี้เรียกว่า โลดิคูลส์ (lodicules) ที่ฐานของราซิลลาจะมีเปลือกบาง ๆ อีกสองแผ่นขนาดเล็กกว่าเลมมาและพาเลีย

และมีรูปร่างค่อนข้างยาวประกบอยู่ที่ฐานของเปลือกนอกใหญ่ เรียกว่า เปลือกนอกเล็ก (sterile lemmas) ซึ่งที่ปลายด้านล่างของเปลือกนอกเล็กจะประสานติดกันอยู่รอบ ๆ ข้อที่เรียกว่า รูดิเมนทารี กลูมส์ (rudimentary glumes) ต่อกันมาจะเป็นก้านดอกซึ่งติดอยู่บนแขนงที่สองของรวงข้าวส่วนที่อยู่ภายในซึ่งเปลือกนอกใหญ่ห่อหุ้มไว้นั้น ได้แก่ เกสรตัวผู้ (stamen) และเกสรตัวเมีย (pistil) เกสรตัวผู้ประกอบด้วย กระจเปาะเกสรตัวผู้ (anther) เป็นสีเหลือง ซึ่งภายในมีละอองเกสรตัวผู้ (pollen grains) ขนาดเล็กจำนวนมาก กระจเปาะนี้ติดอยู่บนก้านยาว เรียกว่า ฟิลาเมนต์ (filament) และเชื่อมติดอยู่กับฐานของดอก ในดอกข้าวแต่ละดอกจะมีกระจเปาะเกสรตัวผู้จำนวน 6 อัน ส่วนเกสรตัวเมียนั้นประกอบด้วยที่รับละอองเกสรตัวผู้ (stigma) ซึ่งมีลักษณะคล้ายหางกระรอกขนาดเล็กจำนวนสองอัน แต่ละอันมีก้าน (style) เชื่อมติดอยู่กับรังไข่ (ovary) ในรังไข่จะมีไข่ เมื่อถูกผสมเกสรแล้วจะกลายเป็นเมล็ดดอกข้าวเป็นดอกชนิดที่เรียกว่า ดอกสมบูรณ์เพศ (perfect flower) ปกติการผสมเกสรเกิดขึ้นภายในดอกเดียวกัน ในเวลาเช้า และก่อนที่เปลือกนอกใหญ่จะบานออกเล็กน้อย ดอกข้าวจะเริ่มบานจากปลายรวงลงมาสู่โคนของรวงข้าว และรวงหนึ่งๆ จะใช้เวลาประมาณ 7 วัน เพื่อให้ดอกทุกดอกได้บานและมีการผสมเกสร



ภาพที่ 2.5 แสดงลักษณะของดอกข้าว

2.3.3 เมล็ดข้าว หมายถึง ส่วนที่เป็นแป้งที่เรียกว่า เอ็นโดสเปิร์ม (endosperm) และส่วนที่เป็นคัพภะ ซึ่งห่อหุ้มไว้โดยเปลือกนอกใหญ่สองแผ่น เอ็นโดสเปิร์มเป็นแป้งที่เรอบริโภค คัพภะเป็นส่วนที่มีชีวิตและงอกออกมาเป็นต้นข้าวเมื่อเอาไปเพาะการที่ละอองเกสรตัวผู้ตกลงบนที่รับละอองเกสรของเกสรตัวเมียนั้น เรียกว่า การผสมเกสร หลังจากการผสมเกสรเล็กน้อย ละอองเกสรตัวผู้ก็จะงอกลงไปในก้านของที่รับละอองเกสร เพื่อจะได้นำนิวเคลียส จากละอองเกสรตัวผู้ลงไปผสมโดยรวมตัวกับไข่และนิวเคลียสอื่นๆ ในรังไข่ นิวเคลียสที่ได้รวมตัวกับไข่จะเจริญเติบโตเป็นคัพภะ ส่วนนิวเคลียสที่ได้รวมตัวกับนิวเคลียสอื่นๆ (polar nuclei) ก็จะเจริญเติบโตเป็นแป้งที่เรียกว่า เอ็นโดสเปิร์ม หลังจากการผสมเกสร ประมาณ 30 วัน เมล็ดข้าวก็จะแก่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้ เมื่อได้แกะเปลือกนอกใหญ่ของเมล็ดข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวมา จะได้เมล็ดข้าวที่เรียกว่า ข้าวกล้อง (brown rice) เมล็ดข้าวกล้องมักจะเป็นสีน้ำตาลอ่อน ๆ และเมื่อผ่าตัดเมล็ดข้าวกล้องออกตามความยาวแล้วศึกษาลักษณะของมันอย่างละเอียด จะพบว่า เมล็ดข้าวกล้องประกอบด้วย เยื่อชั้นนอกบางๆ เรียกว่า เพอริคาร์พเลเยอร์ (pericarp layers) จำนวน 3 ชั้น เยื่อชั้นกลางบางหนึ่งชั้น เรียกว่า เท็กเมน (tegmen) และ

เยื่อชั้นในบาง ๆ อีกหนึ่งชั้นเรียกว่า อะลูโรนเลเยอร์ (aleurone layer) ถ้าเพอริคาร์พเลเยอร์เป็นสีน้ำตาล เมล็ดข้าวกล้องก็จะเป็นสีน้ำตาล และถ้าเพอริคาร์พเลเยอร์เป็นสีแดง เมล็ดข้าวกล้องก็จะเป็นสีแดง ส่วนภายในที่เป็นแป้งจะมีลักษณะเป็นแป้งสีขาวหรือใส เป็นจำนวนน้อยมากที่มีแป้งเป็นสีแดง ข้าวเหนียวจะมีแป้งเป็นสีขาวขุ่น ส่วนข้าวเจ้ามีแป้งใสกว่า



ภาพที่ 2.6 แสดงลักษณะของเมล็ดข้าว

2.4 ประเภทของข้าว

แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ **ข้าวเจ้า** และ **ข้าวเหนียว** ซึ่งมีลักษณะเหมือนกันเกือบทุกอย่าง แต่ต่างกันตรงที่เนื้อแข็งในเมล็ด

1. เมล็ดข้าวเจ้าประกอบด้วยแป้งอมิโลส (Amylose) ประมาณร้อยละ 15-30
2. เมล็ดข้าวเหนียวประกอบด้วยแป้งอมิโลเพคติน (Amylopectin) เป็นส่วนใหญ่และมีแป้งอมิโลส (Amylose) ประมาณร้อยละ 5-7

2.5 ชนิดของข้าว

ข้าวไร่ (Upland rice) เป็นข้าวที่ปลูกได้ทั้งบนที่ราบและที่ลาดชันไม่ต้องทำคันนาเก็บกักน้ำ นิยมปลูกกันมากในบริเวณที่ราบสูงตามไหล่เขาทางภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ คิดเป็นเนื้อที่เพาะปลูกประมาณร้อยละ 10 ของเนื้อที่เพาะปลูกทั่วประเทศ

ข้าวนาสวนหรือนาคำ (Lowland rice) เป็นข้าวที่ปลูกในที่ลุ่มทั่ว ๆ ไปในสภาพที่มีน้ำหล่อเลี้ยงต้นข้าวตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งก่อนเก็บเกี่ยว โดยที่สามารถรักษาระดับน้ำได้และระดับน้ำต้องไม่สูงเกิน 1 เมตร ข้าวนาสวนนิยมปลูกกันมากแทบทุกภาคของประเทศคิดเป็นเนื้อที่เพาะปลูก ประมาณร้อยละ 80 ของเนื้อที่เพาะปลูกทั่วประเทศ

ข้าวขึ้นน้ำหรือข้าวนาเมือง (Floating rice) เป็นข้าวที่ปลูกในแหล่งที่ไม่สามารถรักษาระดับน้ำได้ บางครั้งระดับน้ำในบริเวณที่ปลูกอาจสูงกว่า 1 เมตร ต้องใช้ข้าวพันธุ์พิเศษที่เรียกว่า ข้าวลอย

หรือ ข้าวฟ่างลอย ส่วนมากปลูกแถบจังหวัดพระนครศรีอยุธยา สุพรรณบุรี ลพบุรี พิจิตร อ่างทอง ชัยนาทและสิงห์บุรี คิดเป็นเนื้อที่เพาะปลูกประมาณร้อยละ 10 ของเนื้อที่เพาะปลูกทั่วประเทศ

2.6 การเขตกรรมข้าว

2.6.1 สภาพพื้นที่ปลูก

ภาคเหนือ ทำการปลูกข้าวนาสวนในที่ราบระหว่างภูเขาอันเป็นส่วนใหญ่ เพราะมีระดับน้ำในนาตื้นกว่า 80 เซนติเมตร และทำการปลูกข้าวไร่ในที่ดอน และที่สูงบนภูเขา เพราะไม่มีน้ำขังในพื้นที่ปลูก ส่วนมากชนิดของข้าวที่ปลูกเป็นทั้งข้าวเหนียวและข้าวเจ้า และในบางท้องที่มีการปลูกข้าวนาปรังด้วย แมลง ศัตรูข้าวที่สำคัญ ได้แก่ แมลงบั่ว หนอนกอ เพลี้ยจักจั่นสีเขียวและสีน้ำตาล และโรคข้าวที่สำคัญ ได้แก่ โรคไหม้ โรคขอบใบแห้ง โรคใบสีแสด และโรคยอดฝักดาบ ภาคนี้มีความอุดมสมบูรณ์ของดินนาดีกว่าภาคอื่น ๆ ข้าวนาปีทำการเก็บเกี่ยวในระหว่างเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สภาพของพื้นนาในภาคนี้เป็นที่ราบ และมักจะแห้งแล้งในฤดูปลูกข้าวเสมอ ๆ ชาวนาทำการปลูกข้าวนาสวน ทางตอนเหนือของภาคปลูกข้าวเหนียวอายุเบา ส่วนทางตอนใต้ปลูกข้าวเจ้าอายุหนักแถบริมฝั่งแม่น้ำโขง โดยเฉพาะในเขตจังหวัดอุบลราชธานี นครพนม และสกลนคร ได้มีแมลงบั่วทำลายต้นข้าวนาปีจนเสียหายเสมอ นอกจากนี้ ได้มีแมลงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลระบาดด้วย โรคข้าวที่สำคัญ ได้แก่ โรคไหม้ โรคขอบใบแห้ง และโรคใบจุดสีน้ำตาล ความอุดมสมบูรณ์ของดินในภาคนี้เลวมาก บางแห่งก็เป็นดินเกลือและมักจะมีควมแห้งแล้งกว่าภาคอื่น ๆ ด้วยเหตุนี้ จึงมีการทำนาปรังน้อยมาก ข้าวนาปีจะทำการเก็บเกี่ยวในระหว่างเดือนตุลาคมและธันวาคม

ภาคกลาง พื้นที่ทำนาในภาคนี้เป็นที่ราบลุ่มทำการปลูกข้าวเจ้ากันเป็นส่วนใหญ่ ในเขตจังหวัด ปทุมธานี อยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี อุทัยธานี นครสวรรค์ พิจิตร พิษณุโลก สุพรรณบุรี และปราจีนบุรี ระดับน้ำในนาระหว่างเดือนกันยายนและพฤศจิกายน จะลึกประมาณ 1-3 เมตร ด้วยเหตุนี้ ชาวนาในจังหวัดดังกล่าวจึงต้องปลูกข้าวนาเมืองหรือข้าวขึ้นน้ำ นอกนั้น ปลูกข้าวนาสวน และบางท้องที่ซึ่งอยู่ในเขตชลประทาน เช่น จังหวัดนนทบุรี นครปฐม เพชรบุรี ปทุมธานี สุพรรณบุรี ชัยนาท และฉะเชิงเทรา ได้มีการทำนาปรังด้วย โรคข้าวที่สำคัญ ได้แก่ โรคไหม้ โรคขอบใบแห้ง โรคใบสีส้ม โรคจู้ และแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญ ได้แก่ แมลงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล แมลงเพลี้ยจักจั่นสีเขียว แมลงหนอนกอ ความอุดมสมบูรณ์ของดินดีปานกลางและบางท้องที่เขตจังหวัด ปทุมธานี นครนายก และปราจีนบุรี ดินที่ปลูกข้าวมีฤทธิ์เป็นกรดหรือ เป็นดินเหนียวมากกว่าในท้องที่นาอื่น ๆ ข้าวนาปีที่ปลูกเป็นข้าวนาสวน จะเก็บเกี่ยวในระหว่างเดือนตุลาคมและธันวาคม ส่วนข้าวนาปีที่ปลูกเป็นข้าวนาเมืองเก็บเกี่ยวในระหว่างเดือนธันวาคมและมกราคม

ภาคใต้ สภาพพื้นที่ที่ปลูกข้าวในภาคใต้เป็นที่ราบริมทะเล และเป็นที่ราบระหว่างภูเขา ส่วนใหญ่ใช้น้ำฝนในการทำนา ทางฝั่งตะวันตกจะมีฝนเร็วกว่าทางฝั่งตะวันออก และฝนจะมาล่าช้ากว่าภาคอื่น ๆ ด้วยเหตุนี้ การทำนาในภาคใต้จึงล่าช้ากว่าภาคอื่น ชาวนาในภาคนี้ ปลูกข้าวเจ้าในฤดูนาปี

กันเป็นส่วนใหญ่ ส่วนน้อยในเขตชลประทานของจังหวัดนครศรีธรรมราช พัทลุง และสงขลา มีการปลูกข้าวนาปรังและปลูกแบบนาสวน บริเวณพื้นที่ดอนและที่สูงบนภูเขาชาวนาปลูกข้าวไร่ เช่น การปลูกข้าวไร่เป็นพืชแซมยางพารา แมลงศัตรูข้าวที่สำคัญ ได้แก่ หนอนกอ เพลี้ยจักจั่นสีเขียวและเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โรคข้าวที่สำคัญ ได้แก่ โรคไหม้ โรคขอบใบแห้ง โรคดอกกระถิน โรคใบจุดสีน้ำตาล และโรคใบจุดขีดสีน้ำตาล นอกจากนี้ ดินนา ก็มีปัญหาเกี่ยวกับดินเค็มและดินเปรี้ยวด้วย วิธีการเกี่ยวข้าวในภาคใต้แตกต่างไปจากภาคอื่น เพราะ ชาวนาใช้เกี่ยวเกี่ยวข้าวโดยเก็บทีละรวงแล้วมัดเป็นกำ ๆ ปกติทำการเก็บเกี่ยวในระหว่างเดือนพฤศจิกายน และกุมภาพันธ์

2.6.2 ลักษณะดิน

ลักษณะทั่วไปของข้าวสามารถปลูกได้ในสภาพดินทรายถึงดินเหนียว แต่ในดินเหนียวจะมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าทั้งนี้เนื่องจากสามารถเก็บรักษาน้ำได้นาน ความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่ไม่เป็นกรดจัด ($pH < 4$) และไม่เป็นด่างจัด ($pH > 7$) ไร่ก็ดีข้าวมีการเจริญเติบโตได้ดี pH อยู่ในช่วง 5.5-6.5 ในการวิเคราะห์ดินก่อนการปลูกข้าวเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินจะใช้ได้ดีกว่าการวิเคราะห์

2.6.3 การเตรียมดิน

1. โดยการปักดำ การเตรียมดินควรทำการไถตะ 1 ครั้ง และไถแปรเพื่อผลิตให้ดินแตก

ละเอียดพอสมควรอีก 2 ครั้ง แล้วคราดเอาหญ้าออก สำหรับในพื้นที่ที่เป็นดินเหนียว การคราดครั้งสุดท้ายจะต้องทำให้ดินแตกเป็นเทือกโคลนด้วย เพราะจะทำให้ต้นข้าวเจริญเติบโตและตั้งตัวได้รวดเร็ว รากจะเดินหาอาหารได้สะดวก ขณะที่กำลังปักดำระดับน้ำในนาควรมีประมาณ 5 เซนติเมตร เพื่อจะได้ช่วยประคองไม่ให้ต้นพับ สำหรับดินทรายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะต้องทำการปักดำทันทีหลังจากที่ได้ไถตะและเก็บวัชพืชออกแล้ว เพราะเป็นดินทราย มีอินทรีย์วัตถุต่ำและดินตกตะกอนเร็ว ทำให้ดินเกาะตัวเป็นพื้นแข็งหลังจากการไถแล้วหนึ่งวัน จนทำให้ยากแก่การปักดำ การที่จะปรับปรุงดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือให้ดีกว่านี้ อาจทำได้โดยการไถกลบตอซังทันที หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวแล้ว ทั้งนี้เพื่อให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้น ถ้าจะมีการใส่ปุ๋ยหมักลงไปด้วยก็จะเป็นการดียิ่งขึ้น เพราะนอกจากจะปรับปรุงคุณสมบัติของดินแล้ว ยังเป็นการเพิ่มปุ๋ยในดินอีกด้วย

2. โดยการหว่าน การเตรียมดินสำหรับการทำนา ต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อม เช่น น้ำ ภูมิอากาศ

ลักษณะพื้นที่ ตลอดจนแบบวิธีการทำนา และเครื่องมือการเตรียมดินที่แตกต่างกัน การเตรียมดินแยกได้เป็น 2 ขั้นตอนคือ

1. การไถตะ และไถแปร คือ การพลิกหน้าดิน ตากดินให้แห้ง ตลอดจนเป็นการคลุกเคล้า

ฟาง วัชพืช ฯลฯ ลงไปในดิน เครื่องมือที่ใช้ อาจเป็น รถไถเดินตามจนถึง รถแทรกเตอร์



2. การคราดหรือใช้ลูกทูป คือการกำจัดวัชพืช ตลอดจนการทำให้ดินแตกตัว และเป็นเทือกพร้อมที่จะปักดำได้ ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ทำต่อจากขั้นตอนที่ 1 และขังน้ำไว้ระยะหนึ่ง เพื่อให้มีสภาพดินที่เหมาะสมในการคราดหรือการใช้ลูกทูป ในบางพื้นที่อาจมีการใช้ โรตารี

3. การปลูก การปลูกข้าวสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ การปลูกด้วยเมล็ดโดยตรง ได้แก่ การทำนาหยอดและนาหว่าน และ การเพาะเมล็ดในที่หนึ่งก่อน แล้วนำดินอ่อนไปปลูกในที่อื่นๆ ได้แก่ การทำนาดำ

1. การทำนาหยอด ใช้กับการปลูกข้าวไร่ตามเชิงเขาหรือในที่สูงวิธีการปลูก หลังการเตรียมดินให้ขุดหลุมหรือทำร่อง แล้วจึงหยอดเมล็ดลงในหลุมหรือร่อง จากนั้นกลบหลุมหรือร่อง เมื่อดินข้างออกแล้วต้องดูแลกำจัดวัชพืชและศัตรูพืช

2. การทำนาหว่าน ทำในพื้นที่ควบคุมน้ำได้ลำบาก วิธีหว่าน ทำได้ 2 วิธี คือ การหว่านข้าวแห้ง และการหว่านข้าวออก

3. การทำนาดำ เป็นการปลูกข้าวโดยเพาะเมล็ดในหิ้งอกและเจริญเติบโตในระยะหนึ่งแล้วย้ายไปปลูกในที่หนึ่ง สามารถควบคุมระดับน้ำ วัชพืชได้ การทำนาดำแบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ

1. การตกกล้า เพาะเมล็ดข้าวเปลือกให้มีรากงอกยาว 3 - 5 มิลลิเมตร นำไปหว่านในแปลงกล้า ช่วงระยะ 7 วันแรก ต้องควบคุมน้ำไม่ให้ท่วมแปลงกล้า และจะสามารถถอนกล้าไปปักดำได้เมื่อมีอายุประมาณ 20 - 30 วัน

2. การปักดำ ชาวนาจะนำกล้าที่ถอนแล้วไปปักดำในแปลงปักดำ ระยะห่างระหว่างกล้าแต่ละหลุมจะมีความแตกต่างกันขึ้นกับลักษณะของดิน คือ ถ้าเป็นนาหลุมปักดำระยะห่าง เพราะข้าวจะแตกกอใหญ่ แต่ถ้าเป็นนาดอนปักดำค่อนข้างถี่ เพราะข้าวจะไม่ค่อยแตกกอ

2.6.4 การปฏิบัติดูแลรักษา

1. การปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน ถ้าที่ดินเป็นป่าเปิดใหม่และความอุดมสมบูรณ์ของดินยังสูงอยู่ การใส่ปุ๋ยยังไม่จำเป็น เมื่อปลูกข้าวโพดติดต่อกันไป 4-5 ปี ควรจะเริ่มปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินบ้าง อาจใส่ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยวิทยาศาสตร์ก็ได้การปลูกพืชตระกูลถั่ว เช่น ปอเทือง (*Crotalaria juncea*) และ โสนใต้หวั่น (*Sesbania sesban*) เพื่อไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสด เป็นวิธีเพิ่มอินทรีย์วัตถุและอาหารพืชลงในดินที่ดีและประหยัดวิธีหนึ่ง ถ้ามีปุ๋ยมูลวัวควายใส่ด้วยไร่ละประมาณ 3-4 ตัน/ปี ยิ่งดี สำหรับการใส่ปุ๋ยวิทยาศาสตร์นั้น ในแหล่งปลูกข้าวโพดทั่ว ๆ ไป ควรใช้ปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P_2O_5) ประมาณ 8-16 กิโลกรัม/ไร่ และมีธาตุโพแทสเซียม (K_2O) ประมาณ 4-8 กิโลกรัม/ไร่ สำหรับระยะเวลาในการใส่ปุ๋ยนั้น อาจใส่ปุ๋ยผสมทั้งหมดก่อนปลูกหรืออาจใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครึ่งหนึ่ง

2. การปราบวัชพืช วัชพืชเป็นศัตรูสำคัญของข้าวโพด ยิ่งถ้าเตรียมดินไม่ดี วัชพืชจะขึ้นมาแย่งอาหารในดินของข้าวโพด ทำให้ได้ผลไม่เต็มเม็ดเต็มหน่วย การกำจัดวัชพืชควรกระทำอย่างน้อย 1 ครั้งหลังจากปลูก อาจจะใช้วิธีไถพรวนระหว่างแถวหรือจะใช้จอบถากก็ได้ การใช้สารเคมี

พวกอะทราซีน (atrazine) ฟ่นก่อนปลูกข้าว โปกนับว่าควบคุมการงอกของวัชพืชได้ดี วิธีการใช้คือ ละลายเนื้อยาแท้ประมาณ 500-1,000 กรัม/น้ำ 40-80 ลิตรพ่นในเนื้อที่ 1 ไร่ ก่อนหรือหลังจากปลูกเสร็จ อย่างไรก็ตาม ยาปราบวัชพืชนี้จะให้ผลดีก็ต่อเมื่อมีความชื้นในดินดีเท่านั้น

3. โรคข้าวไร่และการป้องกันกำจัด โรคข้าวไร่ที่พบระบาดทั่วไปในปัจจุบัน เกิดจากสาเหตุใหญ่ 2 ประการด้วยกัน คือ

1. โรคที่เกิดจากเชื้อ

1.1 เชื้อรา คือพืชที่ไม่มีคลอโรฟิลล์ มีขนาดเล็กตั้งแต่เป็นเส้นใย ที่ชอบขึ้นบนซาก

สัตว์จนถึงขนาดใหญ่ เช่น พวกเห็ดทั้งหลาย เชื้อราบางชนิดเป็นสาเหตุของโรค คน สัตว์และพืช

1.2 เชื้อแบคทีเรีย คือจุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็ก ไม่สามารถเห็นด้วยตาเปล่า มีรูปร่างตั้งแต่

กลม กลมรี และส่วนใหญ่เป็นแท่ง มักมีหางตรงส่วนปลาย เป็นสาเหตุโรคคน สัตว์ และพืชมาก โรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียมักจะเกิดการเน่าส่งกลิ่นเหม็น

1.3 เชื้อไวรัส และ/หรือไฟโตพลาสมาคือสิ่งที่มีตัวตนประกอบด้วย โปรตีนและ

นิวเคลียร์อิกแอตลิก สามารถขยายจำนวนได้ภายในเซลล์ที่มีชีวิต มีขนาดเล็กจุ่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า หรือแม้แต่กล้องจุลทรรศน์ธรรมดา ต้องใช้กล้องอิเล็กตรอน ไวรัสทุกชนิดอาศัยยังชีพอยู่ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทั้งปวง

1.4 ไข่เดือนฝอยคือสัตว์ที่มีขนาดเล็ก ไม่มีสี อาจจะมองเห็นด้วยตาเปล่าหรือไม่อาจ

มองเห็นด้วยตาเปล่า อาศัยอยู่ในดินและส่วนต่างๆ ของพืช มีทั้งพวกที่ยังชีพในสิ่งที่มีชีวิตและพวกที่ยังชีพในสิ่งไม่มีชีวิต

2. โรคไม่มีเชื้อ

2.1 สิ่งแวดล้อมไม่เหมาะสม

2.1.1 อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป

2.1.2 สภาพ ดิน น้ำ และอากาศเป็นพิษ

2.1.3 ความสูงจากระดับน้ำทะเลสูงหรือต่ำเกินไป

2.1.4 ความลึกของหน้าดินตื้นเกินไป

2.1.5 การขาดธาตุอาหารที่สำคัญ ธาตุไนโตรเจน เป็นธาตุที่สำคัญในการ

เจริญเติบโตของต้นข้าว ข้าวที่ขาดธาตุไนโตรเจน ใบอ่อนจะมีสีเขียวซีดเริ่มจากปลายใบเข้ามา ส่วนใบแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแล้วเป็น สีน้ำตาล ในที่สุดจะแห้งตายไป ต้นข้าวจะมีลักษณะแคระแกร็น แตกกอน้อยใบข้างจะแคบเล็กและบาง เมื่อพบอาการดังกล่าวมาแล้วในแปลงข้าว ควรจะรีบทำการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนโดยทันทีในกรณีที่ธาตุไนโตรเจนมีมากเกินไป ต้นข้าวจะแตกกอมาก ต้นข้าวจะสูง ถ้าต้นอ่อนแอ ข้าวจะแก่ช้า และข้าวจะล้มง่าย นอกจากนี้ยังถูกแสงแดดหรือความแห้งแล้งทำความเสียหายให้โดยง่ายอีกด้วย ธาตุฟอสฟอรัส เป็นธาตุอาหารที่สำคัญในการสร้างระบบรากของต้นข้าว และในระยะแรกของการเจริญเติบโตของต้นข้าว ต้นข้าวที่ขาดธาตุฟอสฟอรัสใบจะมีสีเขียวเข้มใบ

เล็กและเรียวและตั้งตรง รากจะไม่ขยายเช่นปกติ ธาตุโพแทสเซียม มีความสำคัญในการสร้างลำต้นของข้าวและเปลือกของข้าว ต้นข้าวที่ขาดธาตุโพแทสเซียมจะมีจุดสีน้ำตาล

2.6.5 การเก็บเกี่ยว

แบ่งตามอายุการเก็บเกี่ยว

แบ่งเป็นข้าวเบา ข้าวกลางและข้าวหนัก ข้าวเบาเมื่ออายุการเก็บเกี่ยว 90-100 วัน ข้าวกลางมีอายุการเก็บเกี่ยว 100-120 วัน และข้าวหนักมีอายุการเก็บเกี่ยว 120 วันขึ้นไป อายุการเก็บเกี่ยวนับแต่วันเพาะกล้าหรือหว่านข้าวในนาจนเก็บเกี่ยว

แบ่งตามลักษณะความไวต่อช่วงแสง

ข้าวที่ไวต่อช่วงแสงจะมีอายุการเก็บเกี่ยวที่ไม่แน่นอน คือไม่เป็นไปตามอายุของต้นข้าว เพราะจะออกดอกในช่วงเดือนที่มีความยาวของกลางวันสั้นกว่ากลางวัน ในประเทศไทยช่วงดังกล่าวเริ่มเดือนตุลาคม ฉะนั้นข้าวพวกนี้ต้องปลูกในฤดูนาปี (ฤดูฝน) เท่านั้น ส่วนข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสงสามารถปลูกได้ทุกฤดูกาล ข้าวขาวมะลิ 105 เป็นข้าวที่ไวต่อช่วงแสง ในขณะที่ข้าวปทุมธานี เป็นข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง

แบ่งตามฤดูปลูก

ข้าวนาปีหรือข้าวนาน้ำฝน คือ ข้าวที่ปลูกในฤดูการทำนาปกติ เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคมและเก็บเกี่ยวเสร็จสิ้นล่าสุดไม่เกินเดือนกุมภาพันธ์ ข้าวนาปรัง คือ ข้าวที่ปลูกนอกฤดูการทำนาปกติ เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม ในบางท้องที่จะเก็บเกี่ยวอย่างช้าที่สุดไม่เกินเดือนเมษายน นิยมปลูกในท้องที่ที่มีการชลประทานดี เช่น ในภาคกลาง

2.7 ลักษณะที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโต

ราก รากเป็นส่วนที่อยู่ใต้ผิวดิน ใช้ยึดลำต้นกับดินเพื่อไม่ให้ต้นล้ม แต่บางครั้งก็มีรากพิเศษเกิดขึ้นที่ข้อซึ่งอยู่เหนือพื้นดินด้วย ต้นข้าวไม่มีรากแก้ว แต่มีรากฝอยแตกแขนงกระจายแตกแขนงอยู่ใต้ผิวดิน ลำต้น มีลักษณะเป็นโพรงตรงกลางและแบ่งออกเป็นปล้องๆ โดยมีข้อกั้นระหว่างปล้อง ความยาวของปล้องนั้นแตกต่างกัน จำนวนปล้องจะเท่ากับจำนวนใบของต้นข้าว ปกติมีประมาณ 20-25 ปล้อง

ใบ ข้าวมีใบไว้สำหรับสังเคราะห์แสง เพื่อเปลี่ยนแร่ธาตุอาหารน้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นแป้ง เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและ สร้างเมล็ดของต้นข้าว ใบประกอบด้วย กาบใบและแผ่นใบ

2.8 การสร้างเมล็ดของข้าว (rice grain formation)

การสร้างเมล็ดของข้าว (rice grain formation) เกิดขึ้นหลังจากการผสมเกสร (Pollination) และการผสมพันธุ์ (fertilization) การสร้างเมล็ดเป็นขบวนการที่ต่อเนื่อง เมล็ดจะเปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆ จนถึงสุกแก่เต็มที่ (fully matures) ซึ่งกินเวลาประมาณ 30 วัน

การผสมเกสร คือ การที่ละอองเกสรตัวผู้ (pollen grain) ตกลงบนเกสรตัวเมีย (stigma) หลังจากการผสมเกสรเล็กน้อย ก็จะเกิดการผสมพันธุ์ที่เรียกว่า double fertilization คือละอองเกสรตัวผู้ตกลงไปในก้านของเกสรตัวเมีย นำนิวเคลียสจากละอองเกสรตัวผู้ลงไปผสมกับไข่ egg cell และ polar nuclei ในรังไข่

นิวเคลียสที่ได้ผสมกับไข่ จะเจริญเติบโตเป็น embryo ส่วนที่ผสมกับ polar nuclei จะเจริญเติบโตเป็น endosperm ระยะเวลาของ pollination และ fertilization ของข้าวกินเวลาประมาณ 12-24 ชั่วโมง ต่อจากนั้นก็เป็นการสร้างเมล็ดซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระยะคือ

1. ระยชน้ำนม (milk stage) หลังการผสมพันธุ์ระยะแรกๆ ส่วนที่เป็นข้าวกล้องมีลักษณะเป็นน้ำเหนียวๆ ต่อมาจะเปลี่ยนเป็นน้ำนม ซึ่งเป็นเวลาประมาณ 7 วัน หลังผสมเกสร
2. ระยะเวลาแป้ง (dough stage) เป็นระยะที่น้ำนมค่อยๆ เปลี่ยนเป็นแป้งอ่อน (soft dough) และกลายเป็นแป้งแข็ง (hard dough) ตามลำดับ ระยะนี้อยู่ระหว่าง 14-21 วัน หลังผสมเกสร
3. ระยะเวลาสุกแก่ (maturation stage) ประมาณ 30 วัน หลังผสมเกสรเมล็ดจะสุกแก่เมื่อได้มีวิวัฒนาการเต็มที่ในเรื่องของขนาด (Size) ความแข็ง ความใส และปราศจากสีเขียวแล้ว ระยะสุกแก่หมายถึงระยะที่มากกว่า 90% ของเมล็ดในรวงสุกแก่แล้ว embryo ประกอบด้วย cell 2-3 cell ระหว่าง 24 ชั่วโมงแรกหลังการผสมเกสร การแบ่ง cell เพื่อการเจริญเติบโตของเยื่อหุ้มต้นอ่อน เยื่อหุ้มรากอ่อนและใบเลี้ยง (scutellum) เริ่มขึ้นในวันที่ 3 ต้นอ่อน (plumule) และส่วนอื่น ๆ ภายในเยื่อหุ้มรากอ่อน (radicle) เกิดขึ้นเมื่อเมล็ดมีอายุ 5 วัน ท่อน้ำท่ออาหาร (vascular system) ปรากฏให้เห็นเมื่อเมล็ดอายุ 6 วัน การเจริญเติบโตของ embryo จะสมบูรณ์กินเวลาอย่างน้อย 13 วัน และไม่เกิน 20 วัน หลังดอกบาน หลังจากดอกบานแล้ว 7 วัน embryo ก็สามารถงอกเป็นต้นอ่อนได้เช่นกัน

2.9 ธาตุอาหารพืช

พืชมีความต้องการธาตุอาหารต่าง ๆ เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชจะมีอยู่ด้วยกัน 16 ธาตุ คือ คาร์บอน, ไฮโดรเจน, ออกซิเจน, ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม, แมกนีเซียม, กำมะถัน, แคลเซียม, เหล็ก, แมงกานีส, สังกะสี, ทองแดง, โบรอน, โมลิบดีนัม และคลอรีน โดยธาตุคาร์บอน, ไฮโดรเจน และออกซิเจน พืชได้จากน้ำและอากาศ ส่วนที่เหลืออีก 13 ธาตุแบ่งออกเป็นธาตุหลัก 6 ธาตุ และธาตุอาหารเสริม 7 ธาตุ ดังนี้

ธาตุหลัก 6 ธาตุ ที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช และพืชต้องการในปริมาณที่มากกว่าคือ ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม, แคลเซียม, แมกนีเซียม, กำมะถัน

ธาตุอาหารเสริม 7 ธาตุ ที่พืชใช้ในปริมาณที่น้อย แต่พืชจะขาดธาตุเหล่านี้ไม่ได้เช่นกัน คือ เหล็ก, แมงกานีส, สังกะสี, ทองแดง, โบรอน, โมลิบดีนัม และคลอรีน

ปกติแล้วธาตุอาหารเหล่านี้จะมีอยู่ในดินอยู่แล้ว แต่ในปริมาณที่น้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ดังนั้นเราจึงต้องมีการเสริมธาตุเหล่านี้ในดินด้วย

เมื่อเราทราบถึงความต้องการของพืชที่ต้องการธาตุต่าง ๆ เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตแล้ว เรามาพูดถึงหน้าที่และความสำคัญของธาตุต่าง ๆ ดังนี้

2.9.1 ธาตุไนโตรเจน หน้าที่และความสำคัญต่อต้นพืชช่วยทำให้พืชตัวตัวได้เร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต ช่วยเสริมใบและลำต้นให้มีสีเขียวเข้ม และช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนให้แก่พืชที่ใช้เป็นพืชอาหารเช่น ข้าวหรือหญ้าเลี้ยงสัตว์ นอกจากนี้ยังช่วยในเรื่องควบคุมการออกดอกออกผลของพืช ช่วยเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น โดยเฉพาะพืชที่ให้ผลและเมล็ด

อาการของพืชที่ขาดธาตุไนโตรเจน

ใบจะเหลืองผิดปกติจากใบล่างไปสู่ยอด

ลำต้นจะพอม กิ่งก้านลีบเล็ก และมีใบน้อย

พืชบางชนิดอาจจะมีลำต้นสีเหลือง หรืออาจจะมีสีชมพูเกือบปนด้วย

ใบพืชที่มีสีเหลือง ปลายใบและขอบใบจะค่อย ๆ แห้งและลูกกลมเข้ามาเรื่อย ๆ จนใบร่วงจากลำต้นก่อนกำหนด

พืชจะไม่เติบโต หรือโตช้ามาก

2.9.2 ธาตุฟอสฟอรัส

หน้าที่และความสำคัญต่อต้นพืช ช่วยให้รากดูดธาตุโพแทสเซียมเข้ามาใช้เป็นประโยชน์ได้มากขึ้น

ช่วยแก่ผลเสียที่อาจจะเกิดขึ้น เนื่องจากพืชได้รับไนโตรเจนมากเกินไป

ส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากฝอยและรากแขนงในระยะแรกของการเจริญเติบโต

ช่วยเร่งให้พืชแก่เร็ว ช่วยในการออกดอก และสร้างเมล็ดของพืช

เพิ่มความต้านทานต่อโรคบางชนิด ทำให้ผลผลิตมีคุณภาพดี

ทำให้ลำต้นของพืชจำพวกข้างแข็งขึ้น ไม่ล้มง่าย

อาการของพืชที่ขาดธาตุฟอสฟอรัส

พืชจะชะงักการเจริญเติบโต ต้นแคระแกรน พืชบางชนิดอาจจะมีลำต้นบิดเป็นเกลียว เนื้อไม้จะแข็งแต่เปราะและหักง่าย

รากจะเจริญเติบโตและแพร่กระจายลงในดินช้ากว่าที่ควร ดอกและผลที่ออกมาไม่สมบูรณ์ หรือ

บางครั้งอาจหลุดร่วงไป หรืออาจมีขนาดเล็ก

พืชจำพวกลำต้นอวบน้ำหรือลำต้นอ่อน ๆ จะล้มง่าย

ใบแก่จะเปลี่ยนสีหรือพืชบางชนิดใบจะเป็นสีม่วง

อาการจะเกิดขึ้นกับใบล่าง ๆ ของต้นขึ้นไปหายอด

2.9.3 ธาตุโพแทสเซียม

หน้าที่และความสำคัญต่อต้นพืช

ส่งเสริมการเจริญเติบโตของราก ทำให้รากดูดน้ำได้ดีขึ้น

มีความจำเป็นต่อการสร้างเนื้อของผลไม้ให้มีคุณภาพดี

ทำให้พืชมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของดินฟ้าอากาศ

ทำให้พืชมีความต้านทานต่อโรคต่าง ๆ

ช่วยป้องกันผลเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับพืช เนื่องจากการได้รับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมากเกินไป

ช่วยเพิ่มคุณภาพของพืชผักและผลไม้ โดยทำให้พืชมีสีส้ม ขนาด ความหวาน และคงทนต่อสภาวะแวดล้อมได้

อาการของพืชที่ขาดธาตุโพแทสเซียม

ขอบใบเหลือง และกลายเป็นสีน้ำตาล โดยเริ่มต้นจากปลายใบเข้าสู่กลางใบ ส่วนที่เป็นสีน้ำตาลจะแห้งเหี่ยวไป จะเกิดจากใบล่างก่อน แล้วจึงค่อย ๆ ลามขึ้นข้างบน พืชที่เห็นชัดคือข้าวโพด ทำให้ผลผลิตตกต่ำ พืชจำพวกธัญพืชจะทำให้เมล็ดลีบ มีน้ำหนักเบา พืชหัวจะมีแป้งน้อยและน้ำมาก ข้าวโพดจะมีเมล็ดไม่เต็มฝัก ฝักจะเล็กมีรูปร่างผิดปกติ ใบยาสูบมีคุณภาพต่ำ ติดไฟยาก กลิ่นไม่ดี พืชจำพวกฝ้ายใบจะมีสีน้ำตาลปนแดง สมอฝ้ายที่เกิดขึ้นจะไม่อ้าเต็มที่เมื่อแก่

2.9.4 ธาตุแคลเซียม

เป็นธาตุที่ต้นพืชนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตในตัวพืช ช่วยส่งเสริมการนำธาตุไนโตรเจนจากดินมาใช้ให้เป็นประโยชน์มากขึ้น ในระยะออกดอกและระยะที่สร้างเมล็ดพืชจะมีความจำเป็นมาก เพราะธาตุแคลเซียมจะมีส่วนในการเคลื่อนย้ายและเก็บรักษาคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนในพืช เพื่อนำไปใช้ในการสร้างผลและเมล็ดต่อไป

อาการของพืชที่ขาดแคลเซียม

จะพบมากในบริเวณยอด และปลายราก ยอดอ่อนจะแห้งตาย และใบจะมีการม้วนงอไปข้างหน้า และขาดเป็นริ้ว ๆ ซึ่งจะเกิดที่ใบอ่อนก่อน แก้ไขโดยการใส่ปุ๋ยขาว หินปูนบด หินปูนเผา เพื่อปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของดิน หรือการใส่ปุ๋ยคอกบำรุงดิน

2.9.5 ธาตุกำมะถัน

กำมะถันมีความจำเป็นต่อการสร้างโปรตีนพืช เป็นองค์ประกอบของวิตามินบางตัวที่มีผลทางอ้อมต่อการสร้างสีเขียวของพืช ซึ่งจะช่วยให้เกิดการหายใจและการปรุงอาหารพืช พืชที่ขาดกำมะถันจะมีสีเขียวอ่อน หรือเหลืองคล้าย ๆ อาการขาดไนโตรเจน ใบขนาดเล็กลง ยอดของพืชจะชะงักการเจริญเติบโต ลำต้นและกิ่งก้านลีบเล็ก

อาการขาดธาตุกำมะถัน

จะมีอาการแตกต่างจากขาดธาตุไนโตรเจน คือจะปรากฏที่ยอดอ่อนก่อน ส่วนใบล่างยังคงปกติ ถ้าอาการรุนแรงใบล่างก็จะมีอาการด้วยเช่นกัน ซึ่งจะตรงข้ามกับอาการของการขาดไนโตรเจน จะแสดงอาการที่ใบล่างก่อน

ดินที่มักพบเสมอว่าขาดธาตุกำมะถันคือ ดินทราย ซึ่งมีอินทรีย์วัตถุน้อย การเพิ่มกำมะถันในดิน นอกจากจะมีการใส่กำมะถันผงโดยตรงแล้ว การใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยพืชสด ก็เป็นวิธีการ

แก้ปัญหาการขาดธาตุกำมะถันในดินได้เช่นกัน

แต่ข้อควรระวังในการใส่กำมะถันก็คือน หากใส่มากเกินไปความจำเป็นจะทำให้ดินเป็นกรดได้

2.9.6 ธาตุแมกนีเซียม

เป็นองค์ประกอบของส่วนที่เป็นสีเขียว ทั้งที่ใบและส่วนอื่น ๆ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการสร้างอาหารและโปรตีนพืช

อาการขาดธาตุแมกนีเซียม

จะสังเกตเห็นใบพืช ที่เหลืองซีดบริเวณเส้นกลางใบที่อยู่ใกล้กับผล ถ้าหากอาการขาดรุนแรงใบแก่จะมีอาการมากกว่าใบอ่อนการขาดธาตุแมกนีเซียม จะทำให้ผลผลิตลดน้อยลงและต้นพืชทรุดโทรมอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งสาเหตุที่พืชขาดธาตุแมกนีเซียมนั้น เพราะปริมาณแมกนีเซียมที่อยู่ในดินถูกชะล้าง ลึกลงไปเกินกว่าที่รากพืชจะดึงดูมาใช้ได้ และการที่มีปริมาณโพแทสเซียมสะสมในดินมากเกินไปก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่สำคัญ

การแก้ไข สามารถทำได้โดยการปรับปรุงสภาพดิน ความเป็นกรด ต่างของดินให้เหมาะสมต่อการดูดเข้าไปใช้ของพืช และมีการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมที่พอเหมาะ ที่สำคัญก็คือ การฉีดพ่นทางใบด้วยธาตุอาหารเสริม ซึ่งมีธาตุแมกนีเซียมในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที

2.9.7 ธาตุเหล็ก

ธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบของโปรตีน และมีบทบาทสำคัญในการปรุงอาหารของพืช ช่วยกระตุ้นให้การหายใจและการปรุงอาหารของพืชเป็นไปอย่างสมบูรณ์

อาการขาดธาตุเหล็ก

จะแสดงออกทั้งทางใบและทางผล อาการเริ่มแรกจะสังเกตเห็นว่าใบอ่อนบริเวณเส้นใบยังคงมีสีเขียว แต่พื้นใบจะเริ่มเหลืองซีด ส่วนใบแก่ยังคงมีอาการปกติ ระยะต่อมาจะเหลืองซีดทั้งใบ ขนาดใบจะเล็กกว่าปกติและจะร่วงไปก่อนใบแก่เต็มที่ กิ่งแห้งตาย ส่วนอาการที่เกิดขึ้นกับผลผลิตคือผลผลิตจะลดลง ขนาดของผลเล็กและผิวไม่สวย ผิวเรียบและเกรียม การขาดธาตุเหล็กยังมีผลต่อการเจริญของยอดอ่อนด้วย

การแก้ไข ตามปกติช่วงความเป็นกรด-ด่างของดินที่พืชสามารถนำธาตุเหล็กไปใช้ได้คือ ค่า pH ระหว่าง 5.5-5.6 แต่ถ้าค่า pH ต่ำกว่านี้ จะทำให้ปริมาณของธาตุเหล็กมีมากเกินไปจนก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืชได้ ธาตุเหล็กจะไปตรึงธาตุฟอสฟอรัสไว้จนพืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ การแก้ไขด้วยการฉีดพ่นธาตุอาหารเสริมทางใบ เป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหาการขาดธาตุเหล็กได้

2.9.8 ธาตุทองแดง

หน้าที่ของธาตุทองแดง มีผลต่อพืชโดยอ้อม ในการสร้างส่วนที่เป็นสีเขียวของพืช ช่วยเพิ่มโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ และป้องกันการถูกทำลายส่วนสีเขียว นอกจากนี้ยังเป็นส่วนประกอบของน้ำย่อยในพืช ซึ่งมีผลต่อการปรุงอาหารยังผลต่อการเจริญเติบโตและการติดดอกออกผล ธาตุทองแดงยังช่วยให้ต้นพืชสามารถดูดเอาธาตุเหล็กที่อยู่ในดินนำมาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น

อาการของพืชที่ขาดธาตุทองแดง

ใบพืชจะมีสีเขียวจัดผิดปกติ แล้วต่อมาจะค่อย ๆ เหลืองลง ๆ โดยแสดงอาการจะยอดลงมาถึงโคน อาการขาดธาตุทองแดงพบมากในเขตดินเปรี้ยว การใช้ปุ๋ยฟอสเฟตอาจช่วยได้ หรือฉีดพ่นด้วยธาตุอาหารเสริม (ที่มีทองแดงประกอบ) ทางใบ

2.9.9 ธาตุสังกะสี

สังกะสีมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับฮอร์โมนพืช กล่าวคือ

อาการของพืชที่ขาดธาตุสังกะสีจะให้ปริมาณฮอร์โมน IAA ในตายอดลดลง ทำให้ตายอดและข้อปล้องไม่ขยาย ใบออกมาสั้น ๆ กัน นอกจากนี้ยังมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับน้ำย่อยของพืชหลายชนิดในการสร้างอาหารและสังเคราะห์แสง จึงมีผลทางอ้อมในการสร้างส่วนสีเขียวของพืช

การแก้ไขที่และและให้ผลแน่นอนคือการฉีดพ่นทางใบ ด้วยธาตุอาหารเสริมที่มีธาตุสังกะสีเป็นองค์ประกอบ

2.9.10 ธาตุแมงกานีส

ธาตุนี้มีผลกระทบต่อใบ เนื่องจากมีบทบาทในการสังเคราะห์แสง เป็นตัวกระตุ้นการทำงานของน้ำย่อยในต้นพืช และยังคงควบคุมกิจกรรมของธาตุเหล็กและไนโตรเจนในต้นพืชอีกด้วย

อาการของพืชที่ขาดธาตุแมงกานีส

ใบจะออกสีเหลือง ๆ ส่วนเส้นใบจะเขียวอยู่ปกติ โดยเฉพาะใบอ่อนอาจเกิดเป็นจุดขาว ๆ หรือจุดเหลืองที่ใบ ต้นโตช้า ใบไม่สมบูรณ์ พุ่มต้นโปร่ง พืชที่แสดงอาการขาดธาตุแมงกานีส ต้องฉีดพ่นเข้าทางใบด้วยธาตุอาหารเสริมที่มีองค์ประกอบของธาตุแมงกานีส

2.9.11 ธาตุโบรอน

มีบทบาทเกี่ยวข้องต่อการดูดดึงธาตุอาหารพืช ช่วยให้พืชดูดเอาธาตุแคลเซียมและไนโตรเจนไปใช้ร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้พืชใช้ธาตุโพแทสเซียมได้มากขึ้น มีบทบาทในการสังเคราะห์แสง การย่อยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเพิ่มคุณภาพทั้งรสชาติ ขนาด และน้ำหนักของผล เพิ่มความสามารถในการเจริญเติบโต เพราะโบรอนจะควบคุมการดูดและคายน้ำของพืชในขบวนการปรุงอาหารอีกทางหนึ่ง

อาการของพืชขาดธาตุโบรอน

ส่วนที่จะแสดงอาการเริ่มแรกคือนยอดและใบอ่อน ส่วนที่ยอดและตายอดจะบิดงอ ใบอ่อนบางและโปร่งใสผิดปกติ เส้นกลางใบหนากร้าน และตกกระ มีสารเหนียว ๆ ออกมาตามเปลือกของลำต้น กิ่งก้านจะเลื้อยเหี่ยว ผลเล็กและแข็งผิดปกติ มีเปลือกหนา บางทีผลแตกเป็นแผลได้ อาการขาดธาตุนี้จะเห็นเด่นชัดเมื่อต้นพืชกระทบแล้งหรือขาดน้ำมาก ๆ ควรทำการปรับปรุงดินอย่าให้เป็นกรด-ด่างมาก และควรฉีดพ่นอาหารเสริมทางใบที่มีองค์ประกอบของโบรอนด้วย

2.9.12 ธาตุโมลิบดีนัม

บทบาทและหน้าที่ของธาตุโมลิบดีนัมในพืชนั้น ทำให้การทำงานของธาตุไนโตรเจนในพืชสมบูรณ์ขึ้น นอกจากนี้ ยังจำเป็นสำหรับขบวนการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์และน้ำย่อยภายในพืชบางชนิดด้วย

อาการของพืชที่ขาดธาตุโมลิบดีนัม

ที่ใบจะเป็นจุดด่างเป็นคิ้ว ๆ ในขณะที่เส้นใบยังเขียวอยู่ ถ้าขาดธาตุนี้รุนแรง ใบจะมีรอยเข้าข้างใน ลักษณะที่ปลายและขอบใบจะแห้ง ดอกร่วง และผลกระแสรนไม่เติบโตเต็มที่

2.9.13 ธาตุคลอรีน

คลอรีนมีความสำคัญต่อขบวนการสังเคราะห์แสง มีผลทำให้พืชแก่เร็วขึ้น

อาการของพืชที่ขาดธาตุคลอรีน

ใบจะซีด เขียว และใบสีเหลืองบรอนซ์ ถ้ามีคลอรีนมากจะทำให้ของใบแห้ง ใบจะเหลืองก่อนกำหนด

2.10 การลำเลียงธาตุอาหารของพืช

น้ำที่พืชลำเลียงผ่านชั้นคอร์เทกซ์ของรากเข้าสู่ไซเลม มีธาตุอาหารต่าง ๆ ที่รากดูดจากดินละลายอยู่ ด้วยการลำเลียงธาตุอาหารต่าง ๆ มีความซับซ้อนมากกว่าการลำเลียงน้ำ เพราะเซลล์มักไม่ยอมให้ธาตุอาหารเคลื่อนที่ผ่านเข้าออกได้โดยอิสระ กระบวนการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารต่างๆ เข้าสู่ราก ทำได้ 2 วิธี คือ ลำเลียงแบบไม่ใช้พลังงาน (passive transport) โดยธาตุอาหารจะแพร่จากภายนอกเซลล์ที่มีความเข้มข้นสูงกว่าไปยังภายในเซลล์ที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า และการลำเลียงแบบใช้พลังงาน (active transport) ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารแบบอาศัยพลังงานทำให้พืชสามารถลำเลียงธาตุอาหารจากภายนอกเซลล์ที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าเข้ามาภายในเซลล์ได้ จึงทำให้พืชสะสมธาตุอาหารบางชนิดไว้ได้ ธาตุอาหารที่จะเข้าไปในไซเลมสามารถเคลื่อนผ่านชั้นคอร์เทกซ์ของรากได้โดยเส้นทางอพอพลาสหรือซิมพลาส และเข้าสู่เซลล์เอนโดคอร์มิสก่อนเข้าสู่ไซเลม ธาตุอาหารที่พืชลำเลียงเข้าไปในไซเลมนั้นเป็นสารอนินทรีย์ต่างๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของพืช

2.11 ตารางแสดงธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืช และปริมาณของธาตุอาหารแต่ละชนิดที่พบในพืช

ธาตุ	สัญลักษณ์ทางเคมี	รูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช	ค่าร้อยละของธาตุที่พบในเนื้อเยื่อพืช (น้ำหนักแห้ง)
โมลิบดีนัม	Mo	MoO_4^{2-}	0.00001
ทองแดง	Cu	Cu^+ , Cu^{2+}	0.0006
แมงกานีส	Mn	Mn^{2+}	0.005
นิกเกิล	Ni	Ni^{2+}	0.003
สังกะสี	Zn	Zn^{2+}	0.002
โบรอน	B	H_2BO_3^-	0.002
เหล็ก	Fe	Fe^{2+}	0.01
คลอรีน	Cl	Cl^-	0.01
กำมะถัน	S	SO_4^{2-}	0.1
ฟอสฟอรัส	P	H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}	0.2
แมกนีเซียม	Mg	Mg^{2+}	0.2
แคลเซียม	Ca	Ca^{2+}	0.5
โพแทสเซียม	K	K^+	1.0
ไนโตรเจน	N	NO_3^- , NH_4^+	1.5
ไฮโดรเจน	H	H_2O	6
ออกซิเจน	O	O_2 , H_2O , CO_2	45
คาร์บอน	C	CO_2	45

จากตาราง จะเห็นว่าพืชต้องการธาตุอาหารแต่ละชนิดในปริมาณไม่เท่ากันการให้ปุ๋ยเป็นการเพิ่มธาตุอาหารแก่พืช ถ้าให้มากเกินไปความต้องการของพืชจะเป็นการสิ้นเปลืองและอาจทำให้พืชตายได้ซึ่งสามารถป้องกันได้โดยการตรวจสอบธาตุอาหารที่อยู่ในดิน และวิเคราะห์อาการของพืชว่าขาดธาตุใด จากตารางพบว่า ธาตุที่พืชต้องการเป็นปริมาณมาก (macronutrients) มี 9 ธาตุ ได้แก่ C H O N P K Ca Mg และ S ส่วนธาตุที่พืชต้องการปริมาณเพียงเล็กน้อย (micronutrients) ได้แก่ B Fe Cu Zn Mn Mo Cl และ Ni ธาตุอาหาร 2 กลุ่มนี้มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชเท่าเทียมกัน แต่ปริมาณที่พืชต้องการแตกต่างกัน องค์ประกอบของพืชประมาณร้อยละ 96 ของน้ำหนักแห้งของพืช ประกอบด้วย C H O ซึ่งธาตุทั้งสามนี้พืชได้รับจากน้ำและอากาศอย่างเพียงพอ นักวิทยาศาสตร์ใช้หลัก 3 ประการที่จัดว่าธาตุใดเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ

1. ถ้าขาดธาตุนั้นพืชจะไม่สามารถดำรงชีพ ทำให้การเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ไม่ครบวงจร

2. ความต้องการธาตุอาหารนั้นในการเจริญเติบโตมีความจำเพาะจะใช้ธาตุอื่นทดแทนไม่ได้

3. ธาตุนั้นจำเป็นต่อกระบวนการเมแทบอลิซึม และการเจริญเติบโตของพืชโดยตรงไม่ใช่ธาตุที่แก้ไขความเหมาะสมของดินหรือเสริมธาตุชนิดอื่นในการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ยังอาจจัดแบ่งธาตุอาหารออกได้เป็น 3 กลุ่มตามหน้าที่ทางสรีรวิทยาและชีวเคมี ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นองค์ประกอบของธาตุอินทรีย์ภายในพืช ได้แก่

1.1) เป็นองค์ประกอบของสารประกอบอินทรีย์หลัก ได้แก่ C H O N

1.2) เป็นองค์ประกอบของสารประกอบอินทรีย์ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับเมแทบอลิซึม เช่น P ในสาร ATP และ Mg ที่เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์

กลุ่มที่ 2 กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ เช่น Fe Cu Zn Mn Cl

กลุ่มที่ 3 ควบคุมแรงดันออสโมติก เช่น K ช่วยรักษาความเต่งของเซลล์คุม