บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

ข้าวปลูกในเกษตรกรรม (rice cultivation) แยกออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ข้าวนาดำ (lowland rice) คือข้าวที่ปลูกในระดับน้ำลึกไม่เกิน 80 เซนติเมตร และข้าวไร่ (upland rice) เป็นข้าวที่ปลูกได้ทั้งบนบริเวณไหล่เขาที่มีความลาดชันและที่ราบลุ่มบริเวณหุบเขา ซึ่งสภาพแวดล้อมบนที่สูงแตกต่างไปจากพื้นที่ราบ เช่น อุณหภูมิต่ำ ลมแรง ความเข้มของแสงน้อย พื้นที่มีความลาดชันและเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (กรมวิชาการเกษตร, 2544) โดยไม่ต้องทำคันนากักเก็บน้ำเหมือนข้าวนาสวน แต่ต้องปลูกในฤดูทำนาปี เพราะข้าวไร่อาศัยความชื้นในการเจริญเติบโตจากน้ำฝนตามธรรมชาติเพียงอย่างเดียว ซึ่งนิยมปลูกกันมากในบริเวณที่ราบสูงตามไหล่เขาทั้งทางภาคเหนือ ใต้ตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย คิดเป็นเนื้อที่เพาะปลูกประมาณ 10 % ของเนื้อที่เพาะปลูกทั้งหมด (สมเดชและคณะ, 2544) ถึงแม้ว่าข้าวไร่ไม่ได้จัดเป็นพืชเศรษฐกิจเหมือนข้าวนาสวน แต่ก็เป็นพืชที่มีความสำคัญต่อเกษตรกรที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่สูงโดยเฉพาะชาวเขาและเกษตรกรที่อาศัยอยู่ในเขตชนบทห่างไกล (ทรงเชาว์, 2531)

การปลูกข้าวไร่ส่วนใหญ่ปลูกไว้เพื่อบริโภคภายในครัวเรือนและเพื่อใช้ประกอบพิธีกรรมต่างๆ ของชีวิตประจำวัน มีความสำคัญต่อวิถีชีวิต ขนบธรรมเนียม จารีตประเพณี และวัฒนธรรมของเกษตรกรหรือกลุ่มชาติพันธุ์บนที่สูงอย่างแนบแน่น อาทิ การใช้ข้าวทั้งข้าวสาร ข้าวสุกหรือคั่วทำเป็นข้าวตอก ใช้เป็นเครื่องเซ่นประกอบพิธีกรรมต่างๆ การนำข้าวใหม่มาทำเป็นข้าวเม่าของพวกขมุ การนำเอาข้าวมาทำเป็นขนมข้าวปุกในพิธีปีใหม่ นอกจากนี้ยังมีการใช้ข้าวเป็นยารักษาโรคในชาวเขาบางเผ่า เช่น เผ่ากะเหรี่ยงกลุ่มย่อยสะกอใช้ข้าวบือกะชอแมหรือข้าวงาช้างเป็นยา ชาวเย้าใช้ข้าวเหนียวเป็นยากลางบ้าน เป็นต้น (จันทบูรณ์, 2533) ซึ่งการปลูกข้าวไร่มักประสบปัญหาผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ มีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย เช่น ปัญหาความแห้งแล้ง การระบาดของโรคแมลง อีกทั้งปัญหาการขาดพันธุ์ข้าวไร่ที่ให้ผลผลิตสูงและสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดีก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตต่ำ (บริบูรณ์, 2537)

2.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและลักษณะทางพืชไร่ของข้าวไร่

IRRI (1984) ได้ทำการประเมินเชื้อพันธุ์ข้าวไร่มากกว่า 4,000 เชื้อพันธุ์ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ของลักษณะทางสัณฐานวิทยาและลักษณะทางพืชไร่ พบว่าข้าวไร่มีลักษณะดังนี้ คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. ลำต้น มีลักษณะหนาและเปราะง่ายเมื่อเข้าสู่ระยะเก็บเกี่ยว มีการแตกกอปานกลางถึงแตกกอมาก จำนวนหน่อต่อกอต่ำและมีลักษณะของหน่อที่แข็ง ต้นสูงประมาณ 100-120 เซนติเมตร

2. ราก ระบบรากลึก หนา และมีการแตกแขนงของรากที่ดี มีระดับการฟื้นตัวหลังขาดน้ำค่อนข้างต่ำและมีความสามารถในการทนแล้งดีปานกลาง

3. ใบ มีลักษณะสีเขียวอ่อน ยาว กว้าง โน้มลง และไม่มีขน การม้วนของใบขึ้นอยู่กับการต้านทานการคายน้ำและมีดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index) ระดับต่ำ

4. รวง รวงข้าวมีลักษณะยาวโผล่พ้นใบธงและมีคอรวงยาว ให้รวงที่สมบูรณ์สูงเมื่ออยู่ใต้ภาวะแห้งแล้ง ซึ่งรวงข้าวที่ให้ผลผลิตสูงควรมี 5-8 รวงต่อกอและให้เมล็ด 150-200 เมล็ดต่อรวง (ชัยฤกษ์, 2517)

5. เมล็ด มีลักษณะใหญ่ กว้าง หนาและมีน้ำหนักเมล็ดมาก

6. วันเก็บเกี่ยวอยู่ระหว่าง 95-140 วัน และมีลักษณะไวต่อช่วงแสง ควรออกดอกในเดือนกันยายน หรือไม่ช้ากว่ากลางเดือนตุลาคม ให้ผลผลิตต่ำแต่มีลักษณะคงที่และมีดัชนีการเก็บเกี่ยว (harvest index) ในระดับต่ำกว่า 0.4

7. ปริมาณอะมิโลส (amylose) ค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง (18-25%) อุณหภูมิที่แป้งสุกปานกลางและมีความร่วนของข้าวระดับต่ำถึงปานกลางและมีคุณภาพหุงต้มดี

8. มีการตอบสนองต่อไนโตรเจนต่ำ

9. ต้านทานต่อเชื้อบางชนิดของโรคไหม้และอ่อนแอต่อเพลี้ยจักจั่น เพลี้ยกระโดดและโรคที่เกิดจากไวรัสในข้าวนาสวน

10. ทนทานต่อการขาดธาตุฟอสฟอรัส ความเป็นพิษของธาตุอลูมินัมและแมงกานีส และมีลักษณะทนทานต่อดินเค็ม

2.2 ความหลากหลายทางพันธุกรรมในธรรมชาติ

พันธุ์ข้าวที่พบในประเทศไทยมีความหลากหลายมาก สามารถจำแนกชื่อพันธุ์ข้าวพื้นเมืองของประเทศไทยได้ทั้งหมด 5,928 ชื่อพันธุ์ และเป็นข้าวไร่จำนวน 1,746 ชื่อพันธุ์ ซึ่งพันธุ์ข้าวที่นิยมปลูกทั่วไปเป็นพันธุ์พื้นเมือง (primitive cultivars, landraces) มีตั้งชื่อตามความพอใจของเจ้าของพันธุ์ ซึ่งชื่อเรียกมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะที่ปรากฏ ท้องถิ่น ชื่อผู้ที่คัดเลือกหรือลักษณะเด่นของพันธุ์นั้นๆ โดยมิได้ประเมินคุณลักษณะประจำพันธุ์ทางด้านวิชาการมาก่อน ดังนั้นโอกาสที่จะซ้ำกันก็มีโอกาสที่เป็นไปได้ (ฉวีวรรณ, 2543)

ความแตกต่างของชื่อพันธุ์ดั้งเดิมเหล่านี้ ย่อมหมายถึงความหลากหลายของลักษณะประจำพันธุ์ ซึ่งพืชพันธุ์พื้นเมืองมีพันธุกรรมเป็นแบบ Heterogeneous population เนื่องจากมีจำนวนชนิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ของลักษณะหลายชนิดและมีความแตกต่างของลักษณะอยู่ภายในประชากร (Brown, 2000) ซึ่งสามารถจำแนกออกจากกันได้โดยอาศัยลักษณะภายนอกที่เห็นได้ชัด เช่น ชื่อพันธุ์ ขนาด รูปร่างและสีของเมล็ด รสชาติ ความต้านทานต่อโรคและแมลง ความสุกแก่และลักษณะทางปริมาณที่สามารถนับได้ (Power and McSorley, 2000) แต่ลักษณะภายนอกที่เห็นนี้สามารถแยกความแตกต่างหรือความหลากหลายของสายพันธุ์ได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งสามารถทำการประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับโมเลกุลได้อีกด้วย (Oka, 1988)

ความหลากหลายของข้าวพันธุ์พื้นเมืองนับว่าเป็นความหลากหลายทางพันธุกรรม ซึ่งภายในประชากรของข้าวพันธุ์พื้นเมืองจะมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูง เมื่อเทียบกับพันธุ์ปรับปรุงที่ประชากรมีความสม่ำเสมอทางพันธุกรรมมากกว่า (Oka, 1988) ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นภายในประชากรนั้นส่วนใหญ่เกิดเนื่องจากความแตกต่างของท้องถิ่น และระยะเวลาที่พันธุ์ถูกใช้เพาะปลูก ส่วนความหลากหลายระหว่างประชากรของข้าวพันธุ์พื้นเมืองส่วนใหญ่ มีสาเหตุมาจากความแตกต่างของท้องถิ่น หรือสภาพภูมิศาสตร์ที่ประชากรนั้นสามารถเจริญเติบโตและปรับตัวให้เข้ากับท้องถิ่นนั้นได้ (Frankel *et al.*, 1995)

นอกจากนั้นข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่แตกต่างกัน ยังมีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในท้องถิ่นที่ไม่เหมือนกัน และมีการปรับตัวเฉพาะเจาะจงต่อสภาพแวดล้อมในท้องถิ่นที่มีความแปรปรวนภายในลักษณะต่างๆ เนื่องจากลักษณะทางพันธุกรรมเป็นตัวบ่งชี้ความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม เช่น สภาพของดิน การเกิดโรคและแมลง ฤดูกาลปลูก ภูมิประเทศและอื่นๆ (Harlan, 1992)

ข้าวพันธุ์พื้นเมืองจัดว่าเป็นแหล่งยีนที่สำคัญแม้ว่าจะมีข้อเสียหลายประการคือ การชูรวงไม่ดี เมล็ดมีสีของรงควัตถุ บางพันธุ์มีหางยาว ต้นสูงเกินไป ทำให้เกิดปัญหาการหักล้ม หรือเมล็ดมีระยะพักตัวนาน (Chang, 1976) แต่ข้อดีที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของข้าวพันธุ์พื้นเมือง คือ มีความต้านทานโรคและแมลงศัตรูพืช คุณภาพเมล็ด หรือความทนทานต่อสภาพแวดล้อม เป็นต้น ซึ่งถือว่าเป็นความหลากหลายที่มีคุณค่า โดยเฉพาะข้าวพันธุ์พื้นเมืองนับว่าเป็นแหล่งพันธุกรรมของข้าวที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อการสร้างและพัฒนาข้าวพันธุ์ใหม่ (ดำเนินและคณะ, 2543)

2.3 บทบาทของข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองในประเทศไทย

เนื่องจากประเทศไทยมีการทำนาข้าวมาแล้วกว่า 5,000 ปี จึงทำให้ประเทศไทยมีความหลากหลายของชนิดข้าวและพันธุ์ข้าวสูง โดยเฉพาะข้าวพื้นเมืองเป็นข้าวที่สำคัญและมีการปลูกอย่างต่อเนื่องสามารถจำแนกการปลูกตามระบบนิเวศน์เป็นข้าวไร่ ข้าวนาสวนและข้าวขึ้นน้ำ โดยพันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกจะแตกต่างกันไปตามท้องถิ่นต่างๆ (จำรัส, 2534)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พันธุ์ข้าวไร่ที่เกษตรกรใช้ปลูกกันอยู่ในปัจจุบันเป็นพันธุ์พื้นเมืองดั้งเดิมที่ปลูกกันมานานแล้ว พันธุ์ข้าวไร่พวกนี้จัดอยู่ในกลุ่ม *indica* มีลักษณะทั่วๆ ไป คือ รวงใหญ่แน่น เมล็ดต่อรวงมาก การแตกกอน้อย ลักษณะค่อนข้างสูง ผลผลิตต่ำ ค่อนข้างทนทานต่อความแห้งแล้งและมีความแปรผันสูง เช่น ข้าวแก้วดอ ฮ้าวแดง หอมอ้นเหลืองเบา ลายเห็นและกำดาดไร่ เป็นต้น (สงกรานต์, 2537) นอกจากนี้ยังไม่ค่อยตอบสนองต่อปุ๋ยในแง่ผลผลิต ถ้าปลูกในสภาพที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูงหรือถ้าหากใส่ปุ๋ยในอัตราที่สูงๆ โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนจะมีลักษณะเจริญทางลำต้นและใบมาก (เฝือใบ) และมักจะมีการหักล้มเป็นสาเหตุทำให้ผลผลิตลดลงได้ (องอาจ, 2527)

โดยกรมวิชาการเกษตรได้รับรองพันธุ์ข้าวไร่ที่พัฒนาจากพันธุ์พื้นเมืองและแนะนำให้เกษตรกรปลูกมีทั้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียวจำนวน 7 พันธุ์ คือ พันธุ์ซิวแม่จัน ดอกพะยอม กู้เมืองหลวง อาร์ 258 ขาวโป่งไคร้ เจ้าฮ่อ และพันธุ์น้ำรู เป็นต้น (สมเดช, 2536) ส่วนพันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกในข้าวนาสวนส่วนใหญ่จะเป็นพันธุ์ปรับปรุง แต่ก็มีการใช้ข้าวพันธุ์พื้นเมืองอยู่บ้าง เช่น ข้าวนางมล ขาวปากหม้อ ขาวกอเดียว เล็บนก และลูกแดง เป็นต้น และพันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกในข้าวขึ้นน้ำหรือข้าวฟางลอย จะเป็นพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ปรับปรุงที่ได้จากการคัดเลือกจากพันธุ์พื้นเมือง เช่น ข้าวนางเขียว ปิ่นแก้ว และเล็บมือนาง เป็นต้น (สงกรานต์, 2537)

อย่างไรก็ตามยังปรากฏเกษตรกรชาวไทยภูเขานิยมปลูกข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองอยู่มาก Yimyam (2006) พบข้าวไร่ที่ยังได้รับความนิยมปลูกในเขตอำเภอต่างๆ ของจังหวัดเชียงใหม่และแม่ฮ่องสอนมากถึง 17 พันธุ์ ดำเนิน (2545) สำรวจจำนวนพันธุ์ข้าวไร่ที่ปลูก ณ บ้านแสนใจใหม่ ตำบลแม่สลองใน อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงรายพบมีจำนวนถึง 25 พันธุ์ ซึ่งวิชุตาและคณะ (2548) ได้วิเคราะห์ความหลากหลายที่แหล่งดังกล่าวพบว่ายังคงสูงอยู่ (ค่า Shannon's index ของสีเปลือกเท่ากับ 0-1.058 และของเยื่อหุ้มเมล็ดเท่ากับ 0-1.151)

2.4 คุณภาพของเมล็ดข้าว

โปรตีนในข้าว

ข้าวเป็นวัตถุดิบซึ่งพบว่ามีโปรตีนร้อยละ 8.1 ซึ่งปริมาณโปรตีนจะผันแปรตามชนิดของพืชพันธุ์และฤดูกาล นอกจากนั้นปริมาณโปรตีนในแต่ละส่วนของเมล็ดธัญพืชยังแตกต่างกันด้วย โปรตีนที่พบในส่วนของ germ ส่วนใหญ่เป็นโกลบูลินและอัลบูมิน ส่วนใน endosperm เป็นโปรตีนที่พืชสะสมไว้ใช้สำหรับการงอกของเมล็ด เรียกว่า protein bodies พบได้ในข้าวเจ้า ข้าวโพด และข้าวบาร์เล่ย์ (นิธิยา, 2536) ซึ่งข้าวที่แก่จัดและแห้งแล้วจะมีโปรตีนประมาณ 6-20% โปรตีนในข้าวมีกรดอะมิโนบางอย่างในปริมาณน้อย เช่น โปรตีนไกลอาดินในข้าวสาลีมีไลซีนต่ำ ส่วนเซอินในข้าวโพดมีไลซีนและทริปโตเฟนต่ำ (ศศิเกษมและคณะ, 2530)

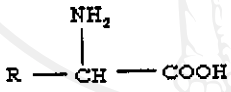
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การแยกโปรตีนสามารถจะทำได้โดยอาศัยหลักการละลายของโปรตีน ซึ่งในข้าวจะประกอบด้วยโปรตีน 4 ชนิด คือ อัลบูมิน (albumins) สามารถที่จะละลายได้ในน้ำ, โกลบูลิน (globulins) ละลายได้ในสารละลายเกลือเจือจาง แต่ไม่ละลายในน้ำ, โปรลามิน (prolamins) ละลายในแอลกอฮอล์แต่ไม่ละลายในน้ำและสารละลายเกลือเจือจาง สำหรับกลูตีลิน (glutelins) จะละลายได้ในกรด, ด่างและตัวทำละลายอินทรีย์ แต่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์, น้ำและสารละลายเกลือเจือจาง (Lorenz and Kulp, 1991) นอกจากจะใช้คุณสมบัติในการละลายของโปรตีนแล้วยังสามารถใช้วิธีการทางชีวภาพโดยการใช้เอนไซม์ในการย่อยโปรตีนที่มีอยู่ข้าวได้อีกด้วย (กล้าณรงค์และคณะ, 2544)

2.5 คุณภาพของโปรตีน

2.5.1 องค์ประกอบของโปรตีน

เมื่อสลายโปรตีนด้วยกรดจะได้สารอินทรีย์อย่างง่ายๆ เรียกว่า กรดอะมิโน (amino acid) ซึ่งเป็นหน่วยเล็กที่สุดของโปรตีน ดังนั้นการประเมินคุณภาพของโปรตีนจึงประเมินจากจำนวนของชนิดกรดอะมิโนเหล่านี้ โดยทั่วไปโปรตีนจะประกอบด้วยหมู่อะมิโน ($-NH_2$) และหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) อย่างละ 1 หมู่ และมีหมู่ side chain (R) ต่ออยู่กับคาร์บอนอะตอม ซึ่งหมู่ R จะแตกต่างกันไปตามชนิดของกรดอะมิโน ซึ่งก็จะแสดงคุณสมบัติทางชีวเคมีของกรดอะมิโนนั้น สูตรโครงสร้างโมเลกุลของกรดอะมิโนมีดังนี้



กรดอะมิโนที่พบอยู่มากในธรรมชาติมีประมาณ 20 กว่าชนิด กรดอะมิโนเหล่านี้แตกต่างกันที่แขนงข้าง โดยแขนงข้างของกรดอะมิโนแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติเฉพาะตัวหลายอย่าง ซึ่งชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนที่ต่างกันในโมเลกุลของโปรตีน ทำให้โปรตีนแต่ละตัวมีคุณสมบัติต่างกัน (ศศิเกษมและคณะ, 2530)

เมื่ออาหารในโปรตีนถูกย่อยจะกลายเป็นกรดอะมิโน กรดอะมิโนแบ่งออกเป็น 2 พวก ได้แก่

1. กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (Essential amino acids) หมายถึง กรดอะมิโนที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ได้ จำเป็นต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น กรดอะมิโนจำเป็นสำหรับมนุษย์มีอยู่ 8 ชนิด คือ ไอโซลูซีน (isoleucine) ลูซีน (leucine) ไลซีน (lysine) เมไธโอนีน (methionine) ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine) ธรีโอนีน (threonine) ทริปโตเฟน (tryptophan) และวาลีน (valine) สำหรับเด็กทารกมีความต้องการฮีสติดีน (histidine) ในระยะที่ร่างกายกำลังเจริญเติบโต แต่ไม่จำเป็นสำหรับผู้ใหญ่ จึงรวมเป็น 9 ชนิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นต่อร่างกาย (Non-essential amino acids) หมายถึง กรดอะมิโนที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้เพียงพอกับความต้องการ ไม่จำเป็นต้องได้รับจากอาหารมีอยู่ 9 ชนิด กรดอะมิโนพวกนี้ ได้แก่ อาร์จินีน (arginine) ไทโรซีน (tyrosine) ไกลซีน (glycine) ซีรีน (serine) กรดกลูตามิค (glutamic acid) กรดแอสพาร์ติก (aspartic acid) ซีสทีน (cystine) โพรลีน (proline) และอะลานีน (alanine) (เพียงใจ, 2544)

2.5.2 ความสำคัญของกรดอะมิโนจำเป็น (Essential Amino Acids)

1. ทริปโตเฟน (tryptophan) ช่วยบรรเทาอาการนอนไม่หลับ โดยช่วยให้นอนหลับได้สนิท ลดภาวะ "ซึมเศร้าและวิตกกังวล" ช่วยรักษาโรคปวดหัวไมเกรน ช่วยให้ระบบภูมิคุ้มกันเข้มแข็งขึ้น ช่วยลดความเสี่ยงของภาวะหลอดเลือดหัวใจล้มเหลว ทำงานร่วมกับ "ไลซีน" เพื่อช่วยลดระดับโคเลสเตอรอลในเส้นเลือด

2. ไลซีน (lysine) ช่วยให้ร่างกายดูดซึมแคลเซียมได้อย่างเพียงพอกับความต้องการ ช่วยสร้าง "คอลลาเจน" เพื่อใช้ในการสร้างกระดูกและกล้ามเนื้อยึดโยงต่างๆ ของร่างกาย ช่วยให้ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายแข็งแรงขึ้น และไลซีนอาจช่วยรักษาโรคที่เกิดจาก "ไวรัสเริม" ได้ หากร่างกายขาด "ไลซีน" จะทำให้ร่างกายเกิดอาการ เมื่อยล้า สมาธิสั้น มีอาการระคายเคือง ตาแดง เจริญเติบโตช้า ผมร่วง โลหิตจาง และมีปัญหาความผิดปกติของระบบสืบพันธุ์

3. เมไธโอนีน (methionine) ทำหน้าที่จ่าย "กำมะถัน" ให้แก่ร่างกาย ซึ่งจะช่วยไม่ให้เกิดความผิดปกติเกี่ยวกับเส้นผม ผิวหนังและเล็บ ช่วยในการลดระดับโคเลสเตอรอล โดยการกระตุ้นให้ตับเพิ่มการสร้าง "เลซิติน" เพื่อลดไขมันที่สะสมในตับ และช่วยปกป้อง "ไต" ช่วยกำจัดโลหะหนัก ควบคุมและกำจัด "สารพิษแอมโมเนีย" ที่เกิดขึ้นในร่างกาย ทำให้ปัสสาวะไร้แอมโมเนีย ซึ่งจะช่วยลดอาการระคายเคืองกระเพาะปัสสาวะ ช่วยกระตุ้นรากผม ทำให้เส้นผมใหม่เจริญเติบโต

4. ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine) สมองจะใช้ phenylalanine เพื่อสร้าง Nor epinephrine ซึ่งเป็นสารเคมีที่เป็นสื่อสัญญาณระหว่างสมองกับเซลล์ประสาท ทำให้ร่างกายของเรา "ตื่นตัว" อยู่ตลอดเวลา ช่วยลดอาการเจ็บปวดที่เกิดจากความหิว ต่อต้านภาวะซึมเศร้าและช่วยให้ความจำดีขึ้น

5. ธรีโอนีน (threonine) มีส่วนสำคัญในการสร้างคอลลาเจน อีลาสตินและโปรตีนอีนาเมล ซึ่งจะช่วยป้องกันการสะสมของไขมันในตับ ช่วยในการย่อยอาหารและทำให้ทางเดินอาหารทำหน้าที่ได้อย่างราบรื่น ช่วยให้กระบวนการเมตาโบลิซึม (ย่อยสลาย ดูดซึมและเสริมสร้างร่างกาย) ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6. ฮีสติดีน (histidine) ฮิสติดีนจำนวนมากจะประกอบอยู่ใน "ฮีโมโกลบิน" (โปรตีนในเม็ดเลือดแดง) ใช้ในการรักษาโรคปวดข้อรูมาตอยด์ โรคภูมิแพ้ แผลในทางเดินอาหารและโรคโลหิตจาง หากร่างกายขาด "ฮีสติดีน" จะทำให้มีปัญหาเกี่ยวกับระบบการได้ยิน

7. วาลีน (valine) ส่งเสริมให้จิตใจสดชื่นมีชีวิตชีวา ช่วยให้กล้ามเนื้อส่วนต่างๆ ประสานงานกันได้เป็นอย่างดีและมีอารมณ์ที่เยือกเย็น

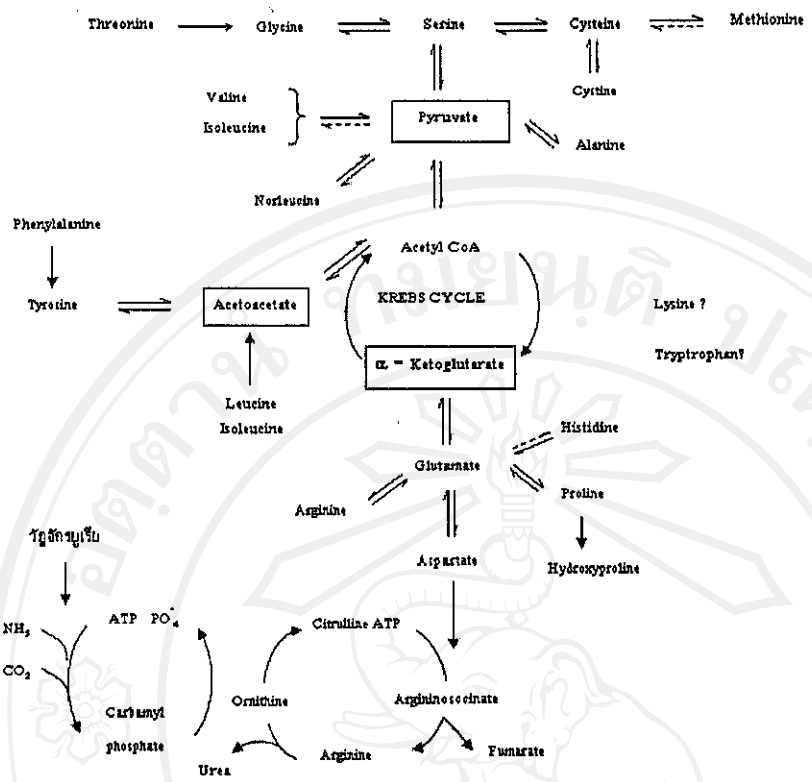
8. และ 9. ลูซีนและไอโซลูซีน (leucine and isoleucine) ช่วยตระเตรียม "สารตั้งต้น" เพื่อใช้ในการสร้างเสริมส่วนประกอบทางชีวเคมีที่จำเป็นต่างๆ แก่ร่างกาย เพื่อใช้ในการสร้างพลังงาน กระตุ้นการทำงานของสมองส่วนบน ซึ่งจะช่วยทำให้มีความตื่นตัวมากและกระปรี้กระเปร่าตลอดเวลา (ปาริชาติ, 2543)

2.5.3 เมแทบอลิซึมของกรดอะมิโน (Amino Acid Metabolism)

โปรตีนจากอาหารจะถูกย่อยโดยเอนไซม์ในกระเพาะอาหารและลำไส้ให้เป็นกรดอะมิโน กรดอะมิโนที่ได้นี้จะถูกดูดซึมเข้าหลอดเลือดที่ลำไส้เล็กและถูกนำไปที่ตับ ประมาณ 75% ของกรดอะมิโนจะถูกนำมาใช้สำหรับการสังเคราะห์โปรตีนที่ร่างกายต้องการ และอีก 25% ของกรดอะมิโนจะถูกใช้สำหรับเป็นพลังงานหรือสร้างสารอื่น (กฤษณาและคณะ, 2521)

กระบวนการเมแทบอลิซึมของกรดอะมิโนมีปฏิกิริยาที่สำคัญคือ transamination และ oxidation มีผลทำให้สามารถรักษาสมดุลของกรดอะมิโนจำเป็นและกรดอะมิโนไม่จำเป็นของร่างกายให้เป็นปกติ ปฏิกิริยา transamination สามารถย้อนกลับไปมาได้อย่างอิสระ จะมีการสร้างกรดอะมิโนไม่จำเป็น เช่น อะลานีน, แอสปาร์เตตและกลูตาเมต จากสารตัวอย่างในวิถีไกลโคลิซีส (glycolysis) และวัฏจักรเครบส์ ส่วนโพรลีนและอาร์จินินจะเกิดผ่านกลูตาเมต ขณะที่เซอรีนและไกลซีนก็เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างและสลายของวิถีไกลโคลิซีส ซึ่งกรดอะมิโนแต่ละชนิดมีวิถีเมแทบอลิซึมที่จำเพาะ อาจมีขั้นตอนที่ใช้ร่วมกันได้ เช่น ปฏิกิริยา transamination และ oxidation ของกรดอะมิโนวาลีน, ลูซีน, ไอโซลูซีน, แอสปาร์เตต, ทริปโตเฟนและฮิสติดีน เป็นต้น แต่ลำดับขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาจะแตกต่างกันไปตามแต่ชนิดของกรดอะมิโน ดังภาพ 1 (สนธยา, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 1 แสดงกระบวนการเมแทบอลิซึมของกรดอะมิโน

ร่างกายของมนุษย์ไม่สามารถเสริมสร้าง บำรุงรักษาหรือซ่อมแซมโปรตีนพิเศษบางประเภท หากขาดกรดอะมิโนจำเป็น (Essential Amino Acids) ที่ต้องมีอย่างเพียงพอ ถ้าขาดกรดอะมิโนจำเป็นแม้เพียงชนิดเดียวจะส่งผลให้โปรตีนในร่างกายเสียสมดุล ทำให้เกิดอาการผิดปกติ เช่น เบื่ออาหาร ระบบประสาททำงานผิดปกติ รู้สึกอ่อนเพลียอย่างรุนแรง แต่เมื่อได้รับกรดอะมิโนนี้เพิ่มเข้าไปจนเพียงพอ อาการต่างๆ เหล่านั้นก็จะหายไปอย่างรวดเร็ว กรดอะมิโนบางชนิดมีคุณสมบัติพิเศษที่น่าสนใจหลายประการ อาทิ เร่งการซ่อมแซมกล้ามเนื้อให้ฟื้นตัวได้เร็ว สร้างกล้ามเนื้อใหม่ที่แข็งแรงกว่าเดิม รักษาสมดุลของน้ำตาลในเลือด กระตุ้นการหลั่ง "Growth Hormone" ที่ช่วยให้เนื้อเยื่อต่างๆ เช่น กล้ามเนื้อเอ็นกระชับและแข็งแรงขึ้น ลดไขมันที่สะสมในร่างกาย ปรับสมดุลของไนโตรเจน เพื่อเพิ่มพละกำลังให้ดีขึ้น (นิธิยา, 2536)

2.6 ลักษณะทางพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับกรดอะมิโนในข้าว

ความแปรปรวนของลักษณะทางฟีโนไทป์ของคุณค่าทางโภชนาการในข้าวจะมีอิทธิพลมาจากสภาพแวดล้อม ซึ่งส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับปัจจัยทางพันธุกรรมและปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อม (GxE interaction) โดยจะเกิดขึ้นในช่วงระยะการเจริญเติบโต (Cheng

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

and Zhu 1999; Shi *et al.*, 2000) ซึ่งลักษณะคุณค่าทางโภชนาการในข้าวจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของชนิดไซโตพลาสซึม (cytoplasm) (Yi and Cheng, 1991) ปริมาณโปรตีนและองค์ประกอบของกรดอะมิโนในข้าวอินดิกาจะมีปริมาณความแปรปรวนที่เกิดจากพันธุกรรมสูง (heritability) และมีความแตกต่างของลักษณะที่แสดงออกเนื่องจากพันธุกรรม (Chai *et al.*,1995) โดยลักษณะของกรดอะมิโนจำเป็นจะถูกควบคุมด้วยยีนแบบ triploid ในเอนโดสเปิร์ม และการถ่ายทอดลักษณะผ่าน cytoplasmic ของต้นแม่ (Shi *et al.*, 1996) ซึ่งสอดคล้องกับ Wu *et al.* (2004) ที่ศึกษาผลของปัจจัยทางพันธุกรรมและปฏิกิริยาร่วมของ GxE ในการสะสมกรดะมิโนจำเป็นของข้าวอินดิกา พบว่ากรดอะมิโนจำเป็นชนิด valine, methionine, leucine และ phenylalanine ถูกควบคุมด้วยลักษณะที่แสดงออกทางพันธุกรรมที่เป็นลักษณะเด่น ซึ่งถ่ายทอดจากส่วนของ cytoplasmic ของต้นแม่ ส่วนกรดอะมิโนจำเป็นชนิด threonine, cysteine และ isoleucine เป็นผลมาจากปฏิกิริยาร่วมของ GxE และพบว่ามีอัตราพันธุกรรมแบบแคบสูงอยู่ในช่วง 0.72-0.83 ซึ่งในกรดอะมิโนจำเป็นเหล่านี้ (ยกเว้น cysteine) จะมีความแปรปรวนที่เกิดจากพันธุกรรมมากกว่าความแปรปรวนที่เกิดจากปฏิกิริยาร่วมของ GxE

ในข้าวได้มีการทดลองหาสารอาหารที่สำคัญ ซึ่งรวมถึงกรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acids) ด้วย โดยทำในข้าวพันธุ์ China และ North American wild rice ซึ่งเป็นพันธุ์ป่า พบกรดอะมิโนทั้งหมด 18 ชนิด เป็น essential amino acids ถึง 8 ชนิดด้วยกัน (Zhai *et al.*, 2001) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lasztity (1996) พบว่าในข้าวมีโปรตีนประมาณ 12-15% และมีปริมาณกรดอะมิโนไลซีน (lysine) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายในปริมาณสูง นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวประกอบด้วยโปรตีนที่มีคุณสมบัติเป็น hypoallergenic ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการผลิตสูตรอาหารสำหรับเด็กอ่อนโดยเหมาะสมสำหรับเด็กที่มีแนวโน้มที่เกิดการแพ้เนื่องมาจากอาหาร (Wang *et al.*, 1999)

Briggs *et al.* (1979) ได้ทำการศึกษาหาปริมาณของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายในอาหารต่างๆ พบว่าในข้าวเจ้าสีน้ำตาล (ข้าวกล้อง) จะมีปริมาณของกรดอะมิโนจำเป็นชนิด phenylalanine, tyrosine, lysine, threonine และ histidine สูงกว่าข้าวเจ้าที่ขัดขาวแล้ว (ข้าวซ้อมมือ) แต่ในข้าวเจ้าที่ขัดขาวแล้วพบว่ามีปริมาณของกรดอะมิโนจำเป็นชนิด methionine, cystine, tryptophan, isoleucine และ valine สูงกว่า และมีกรดอะมิโนจำเป็นชนิด leucine เท่ากันในทั้งสองชนิด

Bradbury *et al.* (1980) ได้ศึกษาปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในส่วนต่างๆ ของเมล็ดข้าว พบว่าในส่วนของ endosperm และ embryo มีกรดอะมิโนจำเป็นอยู่ 8 ชนิด ซึ่งประกอบด้วย lysine, histidine, valine, methionine, isoleucine, leucine, phenylalanine และ threonine โดยในส่วนของ endosperm มีกรดอะมิโนจำเป็นชนิด valine, methionine, isoleucine, leucine และ phenylalanine ในปริมาณที่สูงกว่าในส่วนของ embryo และไม่พบกรดอะมิโนจำเป็นชนิด tryptophan ในทั้งสองส่วน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เสาวนีย์ (2542) พบว่าในข้าวเจ้าจะมีกรดอะมิโนจำเป็นพวก leucine, valine, isoleucine และ phenylalanine อยู่ปริมาณมาก แต่มีกรดอะมิโนจำเป็นพวก lysine, methionine, threonine และ tryptophan ปริมาณน้อย เช่นเดียวกับกล้าณรงค์และคณะ (2544) พบว่าปลายข้าวหอมมะลิจะมีปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นแต่ละชนิดในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยกรดอะมิโนจำเป็นชนิด leucine มีปริมาณมากที่สุด (386.75 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมปลายข้าว) รองลงมาคือ กรดอะมิโนจำเป็นชนิด phenylalanine, valine, threonine, lysine, isoleucine, tryptophan และ methionine มีปริมาณเท่ากับ 230.57, 219.80, 166.38, 153.15, 137.31, 62.58 และ 44.30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมปลายข้าว ตามลำดับ

2.7 การตอบสนองและความต้องการของไนโตรเจนในข้าว

ข้าวเป็นพืชที่ต้องการธาตุไนโตรเจนค่อนข้างสูง เพื่อการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตแต่ปริมาณการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้กับข้าวขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นสำคัญ สำหรับพื้นที่ปลูกข้าวของไทยส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ของธาตุไนโตรเจนค่อนข้างต่ำ ไม่เพียงพอต่อความต้องการของข้าว จากการศึกษาของ IRRI (1988) ได้แสดงให้เห็นว่าข้าว *indica* type ที่ใช้ปลูกไม่ว่าเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองหรือพันธุ์ปรับปรุงก็ตาม ในการสร้างเมล็ด 15-20 กิโลกรัม ต้องใช้ไนโตรเจน 1 กิโลกรัม และข้าวที่ปลูกในดินที่มีลักษณะแตกต่างกันจะมีความต้องการไนโตรเจนที่ต่างกัน จากการศึกษาของ Moore *et al.* (1981) พบว่าธาตุไนโตรเจนมีผลต่อการเพิ่มพื้นที่ใบ จำนวนต้นต่อกอ จำนวนดอกต่อรวง และกิจกรรมการสังเคราะห์แสงของข้าวสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Watanabe and Yoshida (1970) รายงานว่าเมื่อเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนแก่ต้นข้าวปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในหน่วยพื้นที่ใบจะเพิ่มขึ้น และมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกับการสังเคราะห์แสง การให้ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมากในพันธุ์ข้าวที่ไม่ตอบสนองต่อไนโตรเจน นอกจากจะมีอัตราการสังเคราะห์แสงเท่าเดิมแล้วยังมีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (net photosynthesis) ลดลง

การสังเคราะห์โปรตีนนั้นไนโตรเจนมีความสำคัญ เนื่องจากโปรตีนเป็นองค์ประกอบของ protoplasm และในโปรตีนก็จะประกอบด้วยโมเลกุลของกรดอะมิโน ซึ่งกรดอะมิโนเหล่านี้มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ดังนั้นการขาดไนโตรเจนจะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและขบวนการทางชีวเคมีภายในต้นพืช (สุวัฒน์, 2539) เช่นเดียวกับเยาวพา (2527) รายงานว่าผลผลิตข้าวจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใส่อัตราปุ๋ยไนโตรเจนมากขึ้น แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากเกินพอ อาจจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดการหักล้ม (lodging) ได้ง่าย ทำให้ผลผลิตเสียหายหรือถ้าขาดแคลนไนโตรเจนรุนแรงจะทำให้พืชแคระแกร็น ใบขาดคลอโรฟิลล์และค่อยๆ แห้งตายไปในที่สุด

Eppendorfer (1978) ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณและคุณภาพของโปรตีนในเมล็ดธัญพืช จากการทดลองพบว่าเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงขึ้น ปริมาณไนโตรเจนหรือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โปรตีนในเมล็ดจะสูงขึ้นด้วย แต่ความเข้มข้นของกรดอะมิโนที่จำเป็นหลายชนิด โดยเฉพาะ lysine ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นและมีอยู่ค่อนข้างน้อยในธัญพืชจะลดลง ซึ่งการลดลงของ lysine และกรดอะมิโนตัวอื่นๆ นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของสายพันธุ์ เช่น ในข้าวสาลี ข้าวบาร์เล่ย์และข้าวไรย์จะลดลงมากกว่าข้าวโอ๊ต ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Robinson and Sageman (1968) ได้ทำการทดลองในข้าว พบว่าอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อปริมาณของ lysine ในเมล็ดมีค่อนข้างน้อย

Patrick *et al.* (1974) และ Vaughan *et al.* (1980) รายงานว่าปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดไม่มีผลต่อความเข้มข้นของ lysine ส่วน Juliano *et al.* (1973) พบว่าความเข้มข้นของ lysine ในเมล็ดข้าวลดลงเมื่อความเข้มข้นของโปรตีนในเมล็ดสูงกว่า 10% หลังจากนั้นปริมาณความเข้มข้นของ lysine จะค่อนข้างคงที่

ส่วนอิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมนั้นได้รับการศึกษาน้อยกว่าปุ๋ยไนโตรเจน Eppendorfer (1978) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยในข้าวสาลีและข้าวโอ๊ตพบว่า ปุ๋ยฟอสฟอรัสและปุ๋ยโพแทสเซียมไม่มีอิทธิพลโดยตรงต่อส่วนประกอบของกรดอะมิโนในโปรตีน แต่จะมีผลกระทบต่อปริมาณไนโตรเจนหรือโปรตีนในเมล็ด ดังนั้นธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมจะมีผลทางอ้อมต่อส่วนประกอบของกรดอะมิโนในเมล็ด ซึ่งสอดคล้องกับสุมิตราและคณะ (2531) ทำการทดลองในข้าวพบว่า ความเข้มข้นของไนโตรเจนในเมล็ดมีอิทธิพลโดยตรงต่อส่วนประกอบของกรดอะมิโนในโปรตีน เมื่อปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดสูงขึ้น ความเข้มข้นของกรดอะมิโนที่จำเป็นหลายชนิด เช่น lysine, threonine, methionine, cystine และ tryptophan ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในทางกลับกันความเข้มข้นของกรดอะมิโน glutamic acid, leucine, tyrosine และ phenylalanine กลับเพิ่มสูงขึ้น สำหรับอิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่มีต่อกรดอะมิโนจะเป็นผลทางอ้อม คือจะมีผลต่อความเข้มข้นของไนโตรเจนในเมล็ดเพียงอย่างเดียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved