



รายงานวิจัยประจำปี / ฉบับสมบูรณ์ ประจำปี 2549

โครงการวิจัยที่ 3020 - 3616

เรื่อง การวิเคราะห์ความแตกต่างทางพันธุกรรมของกรดอะมิโนจำเป็น
ในข้าวไร่พื้นเมืองพันธุ์รวบรวมของมูลนิธิโครงการหลวง

(Analyses on Genotypic Variation of Essential Amino Acids in
Landrace Upland Rice Collections of the Royal Project Foundation)

หัวหน้าโครงการวิจัย

ณรงค์ บุญแก้ว

NARONG BOONKAEW

ได้รับทุนวิจัยสนับสนุนจากมูลนิธิโครงการหลวง

เดือน มิถุนายน 2550

คณะผู้ทำงานวิจัย

รศ. อาคม กาญจนประโชติ

นายสมจิต ใจดี

ผศ. ดร. โชค มิเกล็ด

นายณรงค์ บุญแก้ว

นางสาวดาวใจ กรมศิลป์

นางกาญจนา ยุทธศิลป์

นายสมาน ฅ ลำปาง

นายสุทัส ปินตาเสน

นายวิมล ปันสุภา

นายณรงค์ จันทร์โลหิต

นางสาวกฤติดา ทาคำมา

นางสาวอุทัยวรรณ จรุงจิโรจน์ชัย

ที่ปรึกษาโครงการ

ที่ปรึกษาโครงการ

ที่ปรึกษาโครงการ

หัวหน้าโครงการ

ผู้ร่วมโครงการ

ผู้ร่วมโครงการ

ผู้ร่วมโครงการ

ผู้ร่วมโครงการ

ผู้ร่วมโครงการ

ผู้ร่วมโครงการ

ผู้ร่วมโครงการ

ผู้ร่วมโครงการ

โครงการหลวง

กิตติกรรมประกาศ

ในนามของคณะผู้ทำงานวิจัยโครงการการวิเคราะห์ความแตกต่างทางพันธุกรรมของกรดอะมิโน
จำเป็นในข้าวไร่พื้นเมืองพันธุ์รวบรวมของมูลนิธิโครงการหลวง ข้าพเจ้าขอขอบคุณมูลนิธิโครงการ
หลวงที่ได้ให้การสนับสนุนเงินทุนวิจัยเป็นจำนวนเงิน 25,500 บาท (สองหมื่นห้าพันห้าร้อยบาทถ้วน)
ขอขอบคุณที่ปรึกษาโครงการฯ ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ขอขอบคุณหัวหน้าสถานีฯ เจ้าหน้าที่ของ
สถานีเกษตรหลวงปางดะ และคุณสุทัศน์ ปิ่นตาแสน นักวิชาการจากศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่

ขอขอบคุณภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ให้เงินทุนสนับสนุน
งานวิจัยและให้ความช่วยเหลือในด้านสถานที่ เมล็ดพันธุ์ข้าวและอุปกรณ์ในการทำการวิจัยจนงานวิจัยนี้
เสร็จสมบูรณ์

ท้ายสุดนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณคณะผู้ร่วมงานวิจัยทุกท่านที่ได้ใช้ความรู้ ความสามารถและอุทิศ
เวลาของท่านทำงานวิจัยให้แก่โครงการฯ จนผลงานวิจัยประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้
ทุกประการ

ณรงค์ บุญแก้ว
หัวหน้าโครงการวิจัย
พฤษภาคม 2550

การวิเคราะห์ความแตกต่างทางพันธุกรรมของกรดอะมิโนจำเป็นในข้าวไร่พื้นเมือง
พันธุ์รวบรวมของมูลนิธิโครงการหลวง
(Analyses on Genotypic Variation of Essential Amino Acids in Landrace Upland Rice
Collections of the Royal Project Foundation)

บทคัดย่อ

โครงการวิเคราะห์ความแตกต่างทางพันธุกรรมของกรดอะมิโนจำเป็นในข้าวไร่พื้นเมืองพันธุ์รวบรวมของมูลนิธิโครงการหลวง 50 พันธุ์และข้าวนา 4 พันธุ์ ทำการทดลองที่ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลองคือ การทดลองที่ 1 การประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมและวัดความแตกต่างของชนิดกรดอะมิโนจำเป็นในข้าว โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ thin layer chromatography จากนั้นคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่มีจำนวนกรดอะมิโนสูง 4 พันธุ์และค่า 1 พันธุ์ เพื่อนำไปทดสอบการตอบสนองของพันธุ์ข้าวในการสร้างกรดอะมิโนชนิดต่างๆ ต่อระดับปุ๋ยในโตรเจนในการทดลองที่ 2 ผลการศึกษาพบว่าข้าวไร่พื้นเมืองพันธุ์รวบรวมมีความหลากหลายทางพันธุกรรมในลักษณะสีเปลือก สีเยื่อหุ้มเมล็ด ทรงกอ สีแผ่นใบ สีข้อต่อใบ สียอดดอกและการมีหางข้าว และไม่พบความหลากหลายของลักษณะสีกาบใบ สีหูใบ สีลิ้นใบและสีปล้องในทุกพันธุ์ โดยเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่จะมีอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างเมล็ดเฉลี่ย 2.18-3.66 มิลลิเมตร ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม *indica* type

ข้าวไร่พื้นเมืองพันธุ์รวบรวมนี้มีความแตกต่างทางพันธุกรรมของกรดอะมิโนจำเป็น โดยสามารถพบกรดอะมิโนจำเป็นทั้ง 8 ชนิดได้ แต่จะปรากฏชนิดแตกต่างกันไปในแต่ละพันธุ์ ตั้งแต่ 2-6 ชนิดอย่างเป็นอิสระ และไม่พบพันธุ์ข้าวที่มีกรดอะมิโนครบทั้ง 8 ชนิดเลย ซึ่งข้าวพันธุ์บือคอแพพบจำนวนของกรดอะมิโนมากถึง 6 ชนิดมากกว่าข้าวพันธุ์ปรับปรุง กข 6 และข้าวดอกมะลิ 105 และไม่พบพันธุ์ข้าวที่มีกรดอะมิโนต่ำกว่า 2 ชนิด โดย threonine เป็นกรดอะมิโนจำเป็นที่พบได้บ่อยที่สุด ส่วน lysine พบน้อย สำหรับการตอบสนองของพันธุ์ข้าวต่อระดับปุ๋ยในโตรเจน พบว่าพันธุ์บือคอแพเป็นพันธุ์ข้าวที่มีจำนวนชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนจำเป็นมากที่สุด และกรดอะมิโนชนิด lysine มีการตอบสนองเป็นปฏิสัมพันธ์ร่วมกับพันธุ์ข้าว ส่วนกรดอะมิโนชนิดอื่นๆ นั้น มีการตอบสนองต่อระดับปุ๋ยไม่แตกต่างกันในข้าวแต่ละพันธุ์ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าข้าวไร่พื้นเมืองพันธุ์รวบรวมของมูลนิธิโครงการหลวงจัดเป็นแหล่งพันธุกรรมของกรดอะมิโนซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเพื่อส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์ข้าวมีคุณภาพทางโปรตีนที่ดีต่อไป

สารบัญ

| | หน้า |
|------------------------|------|
| กิตติกรรมประกาศ | ก |
| บทคัดย่อ | ข |
| สารบัญ | ค |
| สารบัญตาราง | ง |
| สารบัญภาคผนวก | จ |
| คำนำ | 1 |
| ตรวจเอกสาร | 2 |
| อุปกรณ์และวิธีการทดลอง | 6 |
| ผลการทดลอง | 9 |
| วิจารณ์ผลการทดลอง | 23 |
| สรุปผลการทดลอง | 24 |
| เอกสารอ้างอิง | 25 |
| ภาคผนวก | 27 |



มหาวิทยาลัยราชภัฏบรจรัม
บัณฑิตยสถาน

บัณฑิตยสถาน

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| 1 ลักษณะของเมล็ดภายในประชากรและระหว่างประชากรของข้าวไร้พื้นเมือง 50 พันธุ์ และข้าวนา 4 พันธุ์ | 12 |
| 2 ความยาว ความกว้างและความหนา (มิลลิเมตร) ของเมล็ดข้าวไร้พื้นเมือง 50 พันธุ์ และข้าวนา 4 พันธุ์ | 14 |
| 3 ค่าดัชนีความหลากหลาย Shannon's index (H') ของลักษณะทางคุณภาพแต่ละลักษณะ ภายในและระหว่างประชากรของข้าวไร้พื้นเมือง 50 พันธุ์และข้าวนา 4 พันธุ์ | 17 |
| 4 จำนวนและชนิดของกรดอะมิโนจำเป็นที่พบในข้าวไร้พื้นเมือง 50 พันธุ์และข้าวนา 4 พันธุ์ | 21 |
| 5 ปริมาณของกรดอะมิโนจำเป็น (mg/100 g DM) ทั้ง 8 ชนิดในข้าวที่ปลูกในระดับ ปุ๋ยไนโตรเจนทั้ง 3 ระดับ | 22 |

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สารบัญภาคผนวก

| ภาคผนวกที่ | หน้า |
|--|------|
| 1 รหัส ชื่อพันธุ์ แหล่งที่มาและประเภทของเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้ง 54 พันธุ์ | 28 |
| 2 การประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาที่เป็นลักษณะทางคุณภาพ | 29 |
| 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการตอบสนองของพันธุ์ข้าวในการสร้างกรดอะมิโน lysine ต่อระดับปุ๋ยต่างๆ | 30 |
| 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการตอบสนองของพันธุ์ข้าวในการสร้างกรดอะมิโน tryptophan ต่อระดับปุ๋ยต่างๆ | 30 |
| 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการตอบสนองของพันธุ์ข้าวในการสร้างกรดอะมิโน methionine ต่อระดับปุ๋ยต่างๆ | 30 |
| 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการตอบสนองของพันธุ์ข้าวในการสร้างกรดอะมิโน phenylalanine ต่อระดับปุ๋ยต่างๆ | 31 |
| 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการตอบสนองของพันธุ์ข้าวในการสร้างกรดอะมิโน threonine ต่อระดับปุ๋ยต่างๆ | 31 |
| 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการตอบสนองของพันธุ์ข้าวในการสร้างกรดอะมิโน valine ต่อระดับปุ๋ยต่างๆ | 31 |
| 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการตอบสนองของพันธุ์ข้าวในการสร้างกรดอะมิโน leucine ต่อระดับปุ๋ยต่างๆ | 32 |
| 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการตอบสนองของพันธุ์ข้าวในการสร้างกรดอะมิโน isoleucine ต่อระดับปุ๋ยต่างๆ | 32 |

คำนำ

ข้าวไรคือข้าวที่ปลูกบนพื้นที่สูง ซึ่งเกษตรกรบนที่สูงโดยเฉพาะชาวเขาจะปลูกไว้เพื่อบริโภค เพื่อยังชีพและช่วยเหลือเกื้อกูลกันในหมู่บ้านเท่านั้น ถึงแม้ว่าปัจจุบันข้าวไรยังไม่มีคุณค่าทาง เศรษฐกิจประเทศ แต่ก็จำเป็นต่อเกษตรกรกลุ่มชาติพันธุ์ต่างๆ ตามพื้นที่สูง เพราะข้าวเป็นแหล่งอาหาร หลักที่ให้พลังงานจำพวกคาร์โบไฮเดรต โดยเฉพาะในส่วนของ pericarp ยังมีโปรตีน เหลือแร่ วิตามิน และแร่ธาตุที่สำคัญต่อร่างกาย อีกทั้งยังมีความผูกพันกับขนบธรรมเนียมประเพณีในชุมชนด้วย ทาง มูลนิธิโครงการหลวงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญจึงได้ก่อตั้งโรงสีข้าวกล้องคอยขึ้น เพื่อช่วยเหลือและเพิ่ม มูลค่าข้าวของเกษตรกรบนที่สูงที่เหลือจากการบริโภคในครัวเรือน แต่ก็ยังพบปัญหาในเรื่องคุณภาพ ข้าวก่อนขึ้นตำและผลผลิตไม่เพียงพอ จึงได้ทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงคุณภาพข้าวโดยพิจารณาจาก คุณภาพของโปรตีน ซึ่งคุณภาพดังกล่าวจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของข้าวในสภาพของคุณค่าทาง โภชนะเกษตร โดยจะขึ้นอยู่กับความสมดุลของชนิดกรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acids) และ ความยากง่ายของการย่อย ซึ่งจะมีกรดอะมิโนจำเป็นหนึ่งตัวหรือมากกว่าแตกต่างกันออกไป กลุ่มของ แร่ธาตุต่างๆ จะถูกนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์อย่างเต็มที่หากโปรตีนมีคุณภาพสูง ซึ่งก่อให้เกิดความ แตกต่างทางพันธุกรรมขึ้นได้และอาจทำให้มีความแตกต่างในการสังเคราะห์กรดอะมิโนจำเป็นด้วย

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางพันธุกรรมของ กรดอะมิโนจำเป็นในข้าวไรพื้นเมืองพันธุ์รวบรวมของมูลนิธิโครงการหลวง 50 พันธุ์ โดยผลการ ทดลองบางส่วนเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้จะทำให้ทราบถึงชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนจำเป็นในข้าวไร พันธุ์ต่างๆ สามารถใช้เป็นข้อมูลในการประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมและความแตกต่างของ โปรตีน ซึ่งอาจนำไปประยุกต์ใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงพันธุ์ข้าว เพื่อคุณภาพโปรตีนในข้าวของ มูลนิธิโครงการหลวงต่อไป

ตรวจเอกสาร

ข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองและความสำคัญ

ประเทศไทยมีเนื้อที่เพาะปลูกข้าวประมาณ 475,000 ไร่ โดยภาคเหนือมีประมาณ 177,162 ไร่ ปัจจุบันประชากรบนพื้นที่สูงของภาคเหนือตอนบนมีประมาณ 670,000 คน ซึ่งมีความต้องการบริโภคข้าวประมาณ 340,000 ตันข้าวเปลือก แต่ในขณะที่สามารถผลิตข้าวได้เพียง 100,000 ตันข้าวเปลือกเท่านั้น (กรมวิชาการเกษตร, 2549) เนื่องจากพันธุ์ข้าวไร่ส่วนใหญ่มีลักษณะต้นสูง ฟางอ่อน มีการแตกกอไม่มาก มีความสามารถในการทนแล้งดีปานกลาง เมื่อเจอภาวะแล้งจัด มักฟื้นตัวช้าจึงทำให้มีผลผลิตต่ำ อีกทั้งข้าวไร่มีคุณภาพในการหุงต้มที่นุ่มเหนียว เมื่อหุงไว้ให้เย็นจะไม่ร่วนแยกออกจากกัน และมีรสชาติในการรับประทานที่ดี ข้าวไร่จะปลูกบริเวณไหล่เขาที่มีความลาดชัน และทำนาขั้นบันไดที่ราบลุ่มบริเวณหุบเขา ซึ่งสภาพแวดล้อมบนที่สูงแตกต่างไปจากพื้นที่ราบ เช่น อุณหภูมิต่ำ ลมแรง ความชื้นของแสงน้อย พื้นที่มีความลาดชันและเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ประกอบกับมีปริมาณน้ำฝนมาก ทำให้ดินถูกชะล้างพังทลายได้ง่าย (กรมวิชาการเกษตร, 2528)

พันธุ์ข้าวที่นิยมปลูกทั่วไปเป็นพันธุ์พื้นเมือง (primitive cultivar) มีตั้งชื่อตามความพอใจของเจ้าของพันธุ์ โดยมิได้ประเมินคุณลักษณะประจำพันธุ์ทางด้านวิชาการมาก่อน ดังนั้น โอกาสที่จะซ้ำกันก็มีโอกาสที่เป็นไปได้ สำหรับการตั้งชื่อจะตั้งชื่อตามสถานที่และแหล่งที่พบหรือสถานที่ที่เก็บรวบรวมมา ตามลักษณะรูปพรรณสัณฐานที่พบ ตามจังหวัด ตามชื่อคน ชื่อดอกไม้ ชื่อสัตว์ ชื่อสิ่งของและชื่อที่บ่งบอกความหมาย เป็นต้น มีชื่อเรียกกันไปตามตำแหน่งที่พบ ความหลากหลายของชื่อพันธุ์ดั้งเดิมเหล่านี้ ย่อมหมายถึงความหลากหลายของลักษณะประจำพันธุ์อย่างมากมาย

ฉวีวรรณ (2543) ได้ทำการรวบรวมพันธุ์ข้าวที่พบในประเทศไทย สามารถจำแนกพันธุ์ข้าวพื้นเมืองได้ทั้งหมด 5,928 พันธุ์ เป็นข้าวไร่ 1,746 พันธุ์ ข้าวนาสวน 3,893 พันธุ์ และข้าวขึ้นน้ำ 289 พันธุ์ และจันทบูรณ์ (2533) ยังพบว่าพันธุ์ข้าวที่เกษตรกรบนที่สูงเลือกปลูกนั้นจะขึ้นอยู่กับวัฒนธรรมการบริโภคของแต่ละเผ่า และเพื่อใช้ในการประกอบพิธีกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวัน ซึ่งมีความสำคัญและผูกพันกับวิถีชีวิต ขนบธรรมเนียม จารีตประเพณี และวัฒนธรรมของเกษตรกรหรือกลุ่มชาติพันธุ์บนที่สูงอย่างแนบแน่น ซึ่งข้าวพันธุ์พื้นเมืองนับเป็นแหล่งพันธุกรรมที่ดีมีความหลากหลาย โดยเฉพาะพันธุ์ข้าวพื้นเมืองของไทยได้มีการพัฒนามายาวนาน จึงมีการเจริญเติบโตเหมาะสมในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศ นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะเหมาะที่จะนำมาใช้ปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้ได้พันธุ์ใหม่ๆ ตามต้องการ

โปรตีน

โปรตีนเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย ซึ่งสิ่งมีชีวิตทุกชนิดจะมีโปรตีนเป็นส่วนประกอบอยู่ในเซลล์และเนื้อเยื่อต่างๆ ในร่างกายมนุษย์มีโปรตีนประมาณ 20% ของน้ำหนักตัวทั้งหมด โปรตีนส่วนใหญ่พบในกล้ามเนื้อ รองลงมาคือ กระจก ผิวหนัง เลือด ผม เล็บ ลำไส้ เอ็น ไชม์ สอร์โอมินและแอนติบอดี เป็นต้น ซึ่งโปรตีนในแต่ละส่วนของร่างกายจะทำหน้าที่แตกต่างกัน โปรตีนในเลือดช่วยนำส่งออกซิเจน โปรตีนในกระดูกเป็นโครงสร้างของร่างกาย โปรตีนที่กล้ามเนื้อทำหน้าที่เคลื่อนไหว โปรตีนในน้ำย่อยทำหน้าที่ย่อยอาหาร เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์และฮอร์โมนต่างๆ ในร่างกาย ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมปฏิกิริยาและขบวนการต่างๆ ของร่างกาย นอกจากนี้โปรตีนยังเป็นแหล่งที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย ช่วยในการเจริญเติบโตของร่างกายและซ่อมแซมเนื้อเยื่อส่วนที่สึกหรออีกด้วย ดังนั้นโปรตีนจึงเป็นส่วนประกอบที่สำคัญและจำเป็นในเซลล์ทุกเซลล์ของร่างกายมนุษย์และสัตว์

โปรตีนประกอบด้วยธาตุคาร์บอน 50% ไนโตรเจน 16% ออกซิเจน 22% และไฮโดรเจน 7% บางชนิดมีซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส สังกะสี เหล็กและทองแดงด้วย โปรตีนส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิดต่างๆ ในธรรมชาติมีกรดอะมิโนประมาณ 20 กว่าชนิด ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนที่ต่างกัน โมเลกุลของโปรตีน ทำให้โปรตีนแต่ละตัวมีคุณสมบัติต่างกัน (ศศิเกษมและคณะ, 2530)

โปรตีนในธัญพืช

ธัญพืชมีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 6-20% ปริมาณโปรตีนจะผันแปรตามชนิดของพืชพันธุ์และฤดูกาลด้วย นอกจากนั้นปริมาณโปรตีนในแต่ละส่วนของเมล็ดธัญพืชยังแตกต่างกันด้วย โปรตีนที่พบในส่วน of germ ส่วนใหญ่เป็นไกลบูลินและอัลบูมิน ส่วนใน endosperm เป็นโปรตีนที่พืชสะสมไว้ใช้สำหรับการงอกของเมล็ด เรียกว่า protein bodies พบได้ในข้าวเจ้า ข้าวโพดและข้าวบาร์เลย์ ซึ่งข้าวที่แก่จัดและแห้งแล้วจะมีโปรตีนประมาณ 6-20% โปรตีนในข้าวมีกรดอะมิโนบางอย่างในปริมาณน้อย เช่น โปรตีนไกลออดินในข้าวสาลีมีไลซีนต่ำ ส่วนเซอินในข้าวโพดมีไลซีนและทริปโตเฟนต่ำ (นิธิยา, 2536)

กรดอะมิโนจำเป็นและความสำคัญ

กรดอะมิโน (amino acid) คือ หน่วยเล็กที่สุดของโปรตีน ประกอบด้วยหมู่อะมิโน ($-NH_2$) และหมู่คาร์บอกซิล ($-COOH$) อย่างละ 1 หมู่ และมีหมู่ side chain (R) ต่ออยู่กับคาร์บอนอะตอม ซึ่งหมู่ R จะแตกต่างกันไปตามชนิดของกรดอะมิโน

เมื่ออาหารในโปรตีนถูกย่อยจะกลายเป็นกรดอะมิโน กรดอะมิโนแบ่งออกเป็น 2 พวกได้แก่

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) และวาเลีน (valine) สำหรับเด็กทารกมีความต้องการฮิสติดีน (histidine) ในระยะที่ร่างกายกำลังเจริญเติบโต แต่ไม่จำเป็นสำหรับผู้ใหญ่ จึงรวมเป็น 9 ชนิด

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

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 กล้ามเนื้อ เอ็น กระดูก และแข็งแรงขึ้น ลดไขมันที่สะสมในร่างกาย ปรับสมดุลของไนโตรเจน เพื่อเพิ่มพลังกำลังให้ดีขึ้น (นิธิยา, 2536)

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

เสาวนีย์ (2542) พบว่าในข้าวเจ้าจะมีกรดอะมิโนจำเป็นพวก leucine, valine, isoleucine และ phenylalanine อยู่ปริมาณมาก แต่มีกรดอะมิโนจำเป็นพวก lysine, methionine, threonine และ tryptophan ปริมาณน้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของวรรณวิสา (2547) พบว่าในข้าวแต่ละพันธุ์จะมีจำนวนกรดอะมิโนจำเป็นแตกต่างกัน ข้าวพันธุ์พื้นเมืองโบราณ โดยเฉพาะข้าวเหนียวดำ (purple glutinous rice) จะมีชนิดของกรดอะมิโนจำเป็นมากกว่าข้าวขาว (white rice) เช่น ข้าวพันธุ์ก่ำคอดยสะเกิด

มีจำนวนกรดอะมิโนจำเป็นมากที่สุดถึง 6 ชนิด ซึ่งมากกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่พบเพียง 4 ชนิด เท่านั้น

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

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 จำนวนต้นตอกอ จำนวนดอกต่อรวง และกิจกรรมการสังเคราะห์แสงของข้าวสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Watanabe and Yoshida (1970) รายงานว่าเมื่อเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนแก่ต้นข้าวปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในหน่วยพื้นที่ใบจะเพิ่มขึ้น และมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกับการสังเคราะห์แสง การให้ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมากในพันธุ์ข้าวที่ไม่ตอบสนองต่อไนโตรเจน จะมีอัตราการสังเคราะห์แสงต่ำแล้ว มีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (net photosynthesis) ลดลง

ส่วนการสังเคราะห์โปรตีนนั้นไนโตรเจนมีความสำคัญ เนื่องจากโปรตีนเป็นองค์ประกอบของ protoplasm และในโปรตีนก็จะประกอบด้วยโมเลกุลของกรดอะมิโน ซึ่งกรดอะมิโนเหล่านี้มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ดังนั้นการขาดไนโตรเจนจะมีผลกระทบต่อเจริญเติบโตและขบวนการทางชีวเคมีภายในต้นพืช (สุวรรณ, 2539) เช่นเดียวกับเขาวพา (2527) รายงานว่าผลผลิตข้าวจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากขึ้น แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากเกินไป อาจจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดการหักล้ม (lodging) ได้ง่าย ทำให้ผลผลิตเสียหายหรือถ้าขาดแคลนไนโตรเจนรุนแรงจะทำให้พืชแคระแกร็น ใบขาดคลอโรฟิลล์และค่อยๆ แห้งตายไปในที่สุด

Eppendorfer (1978) ได้ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณและคุณภาพของโปรตีนในเมล็ดข้าวพิษ จากการทดลองพบว่าเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงขึ้น ปริมาณไนโตรเจนหรือโปรตีนใน

เมล็ดจะสูงขึ้นด้วย แต่ความเข้มข้นของกรดอะมิโนที่จำเป็นหลายชนิด โดยเฉพาะ lysine ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นและมีอยู่ค่อนข้างน้อยในธัญพืชจะลดลง ซึ่งการลดลงของ lysine และกรดอะมิโนตัวอื่นๆ นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของสายพันธุ์ เช่น ในข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์และข้าวไรย์จะลดลงมากกว่าข้าวโอ๊ต

Patrick *et al.*, (1974) และ Vaughan *et al.*, (1980) รายงานว่าปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดไม่มีผลต่อความเข้มข้นของ lysine ส่วน Juliano *et al.*, (1973) พบว่าความเข้มข้นของ lysine ในเมล็ดข้าวลดลงเมื่อความเข้มข้นของโปรตีนในเมล็ดสูงกว่า 10% หลังจากนั้นปริมาณความเข้มข้นของ lysine จะค่อนข้างคงที่ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Robinson and Sageman (1968) ได้ทำการทดลองในข้าวพบว่าอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อปริมาณของ lysine ในเมล็ดมีค่อนข้างน้อย

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. วัสดุที่ใช้

1. เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ของมูลนิธิโครงการหลวง จำนวน 50 พันธุ์
2. เมล็ดพันธุ์ข้าวนาของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จำนวน 4 พันธุ์
(แสดงรายชื่อพันธุ์ข้าวทั้งหมดไว้ในภาคผนวก)

2. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้

2.1 อุปกรณ์

1. Reflux condenser
2. Glass plate 20x20 CM. (เคลือบ Silica Gel)
3. Desiccators
4. Thin layer chromatographic tank
5. Water bath
6. คิวเวตต์
7. เครื่อง Spectrophotometer
8. กระจกดินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 ซม.
9. ปุ๋ยไนโตรเจน (ยูเรีย 46% N)
10. ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (46% P_2O_5)
11. ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (50% K_2O)

2.2 สารเคมี

1. Hydrochloric acid (HCl)
2. Sodium hydroxide (NaOH)
3. Acetic acid
4. Absolute ethanol
5. Phenol
6. Ninhydrin
7. Silica gel type 60 G
8. Standard amino acids (isoleucine, leucine, lysine, methionine, phenylalanine, threonine, tryptophane และ valine)

3. วิธีการทดลอง

การทดลองที่ 1 การประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมและวัดความแตกต่างของชนิดกรดอะมิโนจำเป็นในข้าว

นำเมล็ดข้าวไร่พันธุ์พื้นเมือง 50 พันธุ์และเมล็ดพันธุ์ข้าวนา 4 พันธุ์ มาปลูกทดลองในกระถางดินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ปลูกแบบหยอดเมล็ด จำนวน 1 ต้นต่อหลุม 4 ต้นต่อกระถาง ทำการทดลองที่แปลงทดลองของภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในช่วงระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนกันยายน 2549 แล้วบันทึกลักษณะทางสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาที่ใช้ในการประเมินตามวิธีของ IRRI-IBPGR (1980) โดยเก็บตัวอย่างเมล็ดทุกต้นแล้วทำการสุ่มตัวอย่างเมล็ดในแต่ละพันธุ์ เพื่อนำไปสกัดหาชนิดของกรดอะมิโนจำเป็น 8 ชนิดโดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบ Thin layer chromatography (TLC) ทำ 2 ชั้น ในสารละลาย 2 solution คือ

T1. Phenol : water ในอัตราส่วน 75 กรัม : 25 กรัม (3:1 w/w)

T2. Phenol : water : acetic acid ในอัตราส่วน 75 กรัม : 25 กรัม : 5 มิลลิลิตร

โดยใช้เมล็ดข้าวนาทั้ง 4 พันธุ์ ได้แก่ กข 6, กข 15, ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ดเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ

วิธีการวิเคราะห์หาชนิดของกรดอะมิโนจำเป็น

นำตัวอย่างข้าวที่บดละเอียด 1.5 กรัม มา hydrolyzed ด้วย 6 M HCl 20 มิลลิลิตร และ 0.1 M Phenol 2 มิลลิลิตร แล้วทำการ reflux ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำตัวอย่างที่ได้มากรองเอากรดเกลือที่เกินพ้อออก โดยใช้ desicator ที่มี NaOH (pellet) บรรจุอยู่เพื่อดูด

ความชื้น หลังจากนั้นล้าง residue ที่ได้ด้วยน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร แล้วนำไปประเหยอีกครั้งจนแห้ง นำตัวอย่างที่กรองได้ไปวิเคราะห์คุณภาพโดยใช้ TLC ในสารละลายทั้งสองชนิด

หลังจากนั้นนำ plate ที่ develop แล้วมาอบให้แห้งแล้ว spray ด้วย ninhydrin อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที จะเห็น spot ของกรดอะมิโนเป็นสีม่วงแดง ยกเว้น proline และ hydroxyproline จะให้ spot สีเหลือง เมื่อเปรียบเทียบกับค่า R_f ของ sample กับของ standard amino acid แล้วจะทราบได้ว่า spot นั้นคือ amino acid ตัวใด

การทดลองที่ 2 การตอบสนองของพันธุ์ข้าวต่อระดับปุ๋ยไนโตรเจน

จากผลการทดลองที่ 1 ทำการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวที่มีกรดอะมิโนจำเป็นสูง 4 พันธุ์และมีกรดอะมิโนจำเป็นต่ำ 1 พันธุ์ รวม 5 พันธุ์ มาปลูกทดลองในกระถางดินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบ Split plot design จำนวน 3 ซ้ำ โดยกำหนดระดับปุ๋ยไนโตรเจน 3 ระดับ คือ 0, 5 และ 10 kg N/ha (0, 3.535 และ 7.070 กรัมต่อกระถาง) เป็น main plot ใช้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) และพันธุ์ข้าวที่คัดเลือก 5 พันธุ์ เป็น sup plot แล้วนำมาเมล็ดที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณของกรดอะมิโน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของพันธุ์ข้าวกับระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่มีผลต่อปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในเมล็ดข้าว

วิธีการวิเคราะห์ปริมาณของกรดอะมิโนจำเป็น

วิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นด้วยเครื่อง spectrophotometer โดยวัดจากค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างเปรียบเทียบกับสารละลายกรดอะมิโนจำเป็นมาตรฐาน ที่ความยาวคลื่นแสง 540 นาโนเมตร

4. การบันทึกข้อมูล

1. บันทึกลักษณะทางสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาของข้าวไร่ ซึ่งเป็นข้อมูลทางคุณภาพจำนวน 14 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะทรงกอ สีแผ่นใบ สีกาบใบ สีลนใบ สีหูใบ สีข้อ สีข้อต่อใบ สีปล้อง สียอด เกลสรตัวเมีย สียอดดอก สีกลีบรองดอก การมีหางข้าว สีเปลือกเมล็ดและสีเยื่อหุ้มเมล็ด เป็นต้น

2. บันทึกข้อมูลการวิเคราะห์ชนิดของกรดอะมิโน ดังนี้

2.1 บันทึกระยะทางของสารละลายเป็นเซนติเมตร

2.2 บันทึกระยะทางของ spot ตัวอย่างทั้ง 54 ตัวอย่าง

2.3 หาค่า R_f value โดยคำนวณจาก

$$R_f = \frac{\text{ระยะทางของจุดศูนย์กลาง spot จากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสุดท้าย}}{\text{ระยะทางของตัวทำละลายจากจุดเริ่มต้นจนถึง solvent front}}$$

2.4 เปรียบเทียบกับ R_f ของ standard amino acid

2.5 เปรียบเทียบสีของ spot ของ standard amino acid กับ spot ของสารละลายตัวอย่าง

2.6 บันทึกค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง โดยเทียบกับกรดอะมิโนมาตรฐาน

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาของข้าวไร่แต่ละตัวอย่างพันธุ์ นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V., %) สำหรับการพิจารณาความหลากหลายทางพันธุกรรมของลักษณะทางคุณภาพใช้ค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon's index (H') โดยคำนวณจากสูตร (Shannon and Weaver, 1949 อ้างโดย Power and McSorley, 2000)

$$H' = -\sum_{i=1}^s pi \ln pi$$

โดย s = จำนวนชนิดที่พบ
 pi = สัดส่วนของชนิดนั้นต่อจำนวนทั้งหมด

ในการพิจารณาหากพบว่า $H' = 0$ หมายถึง ไม่มีความหลากหลายทางพันธุกรรม และค่า H' สูง หมายถึง มีความแตกต่างทางพันธุกรรมสูง

ส่วนปริมาณของกรดอะมิโนจำเป็นที่คำนวณได้ในแต่ละตัวอย่างนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยวิธี Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD (Least Significant Difference)

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 การประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมและวัดความแตกต่างของชนิดกรดอะมิโนจำเป็นในข้าว

1.1 การประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมโดยอาศัยลักษณะเมล็ดที่ได้จากการรวบรวม

สีเปลือกเมล็ด

พันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองที่ไม่พบความหลากหลายของสีเปลือกเมล็ดทั้งภายในและระหว่างประชากรมีจำนวน 11 พันธุ์ ($H' = 0$) ได้แก่ พันธุ์ 002, 018, 035, 051, 058, 092, 113 มีเปลือกเมล็ดเป็นสีฟาง และพันธุ์ 086, 112, 117, 120 มีเปลือกเป็นสีน้ำตาลเข้มจืดเหลือง นอกจากนี้ยังพบว่ามีความหลากหลายของสีเปลือกเมล็ดภายในประชากรของพันธุ์ข้าวไร่ที่เหลือทั้ง 39 พันธุ์ คือ พบสีเปลือกเมล็ดมีสีฟาง สีฟางสลับ

น้ำตาล สีน้ำตาลเข้มขีดเหลืองและสีฟางกระน้ำตาล ซึ่งเมล็ดพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่จะมีสีเปลือกเมล็ดเป็นสีฟางมากกว่า 90% (H' ตั้งแต่ 0.056-0.524) โดยพันธุ์ข้าวที่มีความหลากหลายของสีเปลือกเมล็ดน้อยที่สุดคือ พันธุ์ 007, 065, 077, 102, 104, 106, 110 และ 118 มากที่สุดคือ พันธุ์ 105 ที่พบสีเปลือก 3 กลุ่มสี ส่วนข้าวนาพันธุ์ กข 6 มีเปลือกสีน้ำตาลเข้มขีดเหลือง พันธุ์ กข 15 และข้าวดอกมะลิ 105 มีเปลือกสีฟาง และพันธุ์ก่ำคอยสะเก็ดมีเปลือกสีม่วง (ตาราง 1)

สีเขียวหุ้มเมล็ด

พันธุ์ข้าวที่ไม่พบความหลากหลายของสีเขียวหุ้มเมล็ดทั้งภายในและระหว่างประชากรมีจำนวน 21 พันธุ์ ($H' = 0$) ได้แก่ พันธุ์ 002, 018, 035, 051, 052, 058, 065, 073, 078, 086, 097, 102, 108, 109, 113, 115, 118, 119, 121, 122 ซึ่งมีสีเขียวหุ้มเมล็ดเป็นสีขาว และพันธุ์ 120 มีสีม่วง นอกจากนี้ยังพบว่ามีความหลากหลายของสีเขียวหุ้มเมล็ดภายในประชากรของพันธุ์ข้าวไร้ที่เหลือทั้ง 29 พันธุ์ คือ พบสีเขียวหุ้มเมล็ดมีทั้งสีแดงและสีขาว ซึ่งส่วนใหญ่จะมีสีเขียวหุ้มเมล็ดเป็นสีขาวมากกว่า 90% (H' ตั้งแต่ 0.056-0.367) โดยพันธุ์ข้าวที่มีความหลากหลายของสีเขียวหุ้มเมล็ดน้อยที่สุดคือ พันธุ์ 007, 044, 056, 076, 088, 092, 105, 106, 111 และ 114 มากที่สุดคือ พันธุ์ 059 ส่วนข้าวนาพันธุ์ กข 6, กข 15 และข้าวดอกมะลิ 105 มีสีเขียวหุ้มเป็นสีขาว และพันธุ์ก่ำคอยสะเก็ดมีสีเขียวหุ้มเมล็ดสีม่วง (ตาราง 1)

น้ำหนัก 100 เมล็ด

พบความแตกต่างระหว่างประชากร (ค่าเฉลี่ย = 2.09-3.42 กรัม) โดยพันธุ์ข้าวที่มีน้ำหนัก 100 เมล็ดน้อยที่สุดคือ พันธุ์ 025 มากที่สุดคือ พันธุ์ 107 ซึ่งเมล็ดพันธุ์ข้าวไร้ส่วนใหญ่จะมีน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ยสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวนา (ตาราง 1)

ความยาว ความกว้างและความหนาเมล็ดข้าวเปลือก

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเมล็ดข้าวทั้ง 54 พันธุ์ที่แสดงไว้ในตาราง 2 ได้ผลดังนี้

ความยาวเมล็ดข้าวเปลือกมีค่าเฉลี่ย 7.48-10.61 มิลลิเมตร โดยพันธุ์ข้าวไร้ที่มีความยาวเมล็ดข้าวเปลือกน้อยที่สุดคือ พันธุ์ 025 และมากที่สุดคือ พันธุ์ 018 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าตั้งแต่ 0.32-1.04 และพันธุ์ข้าวที่มีความหลากหลายของความยาวเมล็ดข้าวเปลือกภายในประชากรมากที่สุดคือ พันธุ์ 119 (C.V. = 11.02%)

ความกว้างเมล็ดข้าวเปลือกมีค่าเฉลี่ย 2.76-3.88 มิลลิเมตร โดยพันธุ์ข้าวไร้ที่มีความกว้างเมล็ดข้าวเปลือกน้อยที่สุดคือ พันธุ์ 092 และมากที่สุดคือ พันธุ์ 118 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าตั้งแต่ 0.07-

0.34 และพันธุ์ข้าวที่มีความหลากหลายของความกว้างเมล็ดข้าวเปลือกภายในประชากรมากที่สุด คือ พันธุ์ 081 (C.V. = 9.97%)

ความหนาเมล็ดข้าวเปลือกมีค่าเฉลี่ย 1.95-2.36 มิลลิเมตร โดยพันธุ์ข้าวใดที่มีความหนาเมล็ดข้าวเปลือกน้อยที่สุดคือ พันธุ์ 092 และมากที่สุดคือ พันธุ์ 113 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าตั้งแต่ 0.04-0.16 และพันธุ์ข้าวที่มีความหลากหลายของความหนาเมล็ดข้าวเปลือกภายในประชากรมากที่สุด คือ พันธุ์ 025 (C.V. = 7.58%)

สัดส่วนความยาวต่อความกว้างเมล็ดข้าวเปลือกมีค่าเฉลี่ย 2.18-3.66 มิลลิเมตร โดยพันธุ์ข้าวใดที่มีสัดส่วนความยาวต่อความกว้างเมล็ดข้าวเปลือกเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ พันธุ์ 105 และมากที่สุดคือ พันธุ์ 018 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าตั้งแต่ 0.14-0.50 และพันธุ์ข้าวที่มีความหลากหลายของสัดส่วนความยาวต่อความกว้างเมล็ดข้าวเปลือกภายในประชากรมากที่สุด คือ พันธุ์ 076 (C.V. = 16.17%)

ส่วนความแปรปรวนของสัดส่วนความยาวและความกว้างเมล็ดข้าวเปลือก (\sqrt{G}) พบว่ามีค่าตั้งแต่ 0.014-0.182 โดยพันธุ์ 058 มีค่าน้อยที่สุดและพันธุ์ 018 มีค่ามากที่สุด และพบว่ามี ความหลากหลายระหว่างประชากรมากเมื่อเทียบกับข้าวนาพันธุ์ปรับปรุง คือ กข 6 (0.033), กข 15 (0.034), ข้าวดอกมะลิ 105 (0.024) และกำดอยสะเก็ด (0.142)

โครงการหลวง

ตาราง 1 ลักษณะของเมล็ดภายในประชากรและระหว่างประชากรของข้าวไรฟีนเมือง 50 พันธุ์และข้าวนา 4 พันธุ์

| รหัสพันธุ์ | สปีดเลือกเมล็ด | | | | | | สปีดเลือกเมล็ด | | | | สปีดเลือกเมล็ด | | | | น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม) |
|------------|----------------|---------------|-------------------|--------------|------|----|----------------|-----|-------|-------|----------------|-----|------|-------|--------------------------|
| | ฟาง | ฟางสลับน้ำตาล | น้ำตาลขมขิดเหลือง | ฟางกระน้ำตาล | ม่วง | H' | แดง | ขาว | ม่วง | H' | แดง | ขาว | ม่วง | H' | |
| 002 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 2.95 |
| 003 | 97 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.135 | 2 | 98 | 0 | 0.098 | 2.47 |
| 004 | 0 | 0 | 6 | 94 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.227 | 3 | 97 | 0 | 0.135 | 2.15 |
| 006 | 92 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.279 | 2 | 98 | 0 | 0.098 | 3.22 |
| 007 | 99 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.056 | 1 | 99 | 0 | 0.056 | 3.10 |
| 018 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 3.08 |
| 025 | 92 | 0 | 2 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.324 | 4 | 96 | 0 | 0 | 0.168 | 2.09 |
| 026 | 95 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.199 | 2 | 98 | 0 | 0 | 0.098 | 2.88 |
| 035 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 3.24 |
| 044 | 94 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.269 | 1 | 99 | 0 | 0 | 0.056 | 2.75 |
| 050 | 98 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.098 | 2 | 98 | 0 | 0 | 0.098 | 2.68 |
| 051 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 3.29 |
| 052 | 97 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.154 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 2.98 |
| 056 | 88 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.367 | 1 | 99 | 0 | 0 | 0.056 | 3.21 |
| 058 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 2.15 |
| 059 | 94 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.265 | 12 | 88 | 0 | 0 | 0.367 | 2.82 |
| 065 | 99 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.056 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 3.03 |
| 072 | 11 | 0 | 89 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.347 | 3 | 97 | 0 | 0 | 0.135 | 3.25 |
| 073 | 6 | 0 | 94 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.227 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 3.10 |
| 076 | 93 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.254 | 1 | 99 | 0 | 0 | 0.056 | 2.94 |
| 077 | 99 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.056 | 4 | 96 | 0 | 0 | 0.168 | 2.53 |
| 078 | 93 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.254 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 3.20 |
| 081 | 86 | 0 | 2 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.462 | 2 | 98 | 0 | 0 | 0.098 | 2.95 |
| 086 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 3.01 |
| 088 | 94 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.227 | 1 | 99 | 0 | 0 | 0.056 | 2.37 |
| 089 | 98 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.098 | 3 | 97 | 0 | 0 | 0.135 | 2.91 |
| 092 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99 | 1 | 0 | 0 | 0.056 | 2.66 |
| 094 | 93 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.254 | 2 | 98 | 0 | 0 | 0.098 | 2.32 |

ตาราง 1 (ต่อ)

| รหัสพันธุ์ | สปีชีส์เลือกเมล็ด | | | | | | สปีชีส์อื่นเมล็ด | | | | น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม) |
|----------------|-------------------|--------------|---------------------|-------------|------|-------|------------------|-----|------|-------|-----------------------------|
| | ฟง | ฟงกลับน้ำตาล | น้ำตาลเข้มปิดเหลือง | ฟงกระน้ำตาล | ม่วง | H' | แดง | ขาว | ม่วง | H' | |
| 097 | 0 | 0 | 98 | 2 | 0 | 0.098 | 0 | 100 | 0 | 0 | 3.14 |
| 102 | 99 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0.056 | 0 | 100 | 0 | 0 | 3.17 |
| 103 | 0 | 97 | 3 | 0 | 0 | 0.135 | 2 | 98 | 0 | 0.098 | 3.30 |
| 104 | 99 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0.056 | 9 | 91 | 0 | 0.303 | 3.25 |
| 105 | 9 | 85 | 6 | 0 | 0 | 0.524 | 1 | 99 | 0 | 0.056 | 3.41 |
| 106 | 99 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0.056 | 1 | 99 | 0 | 0.056 | 2.89 |
| 107 | 94 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0.227 | 5 | 95 | 0 | 0.199 | 3.42 |
| 108 | 4 | 90 | 6 | 0 | 0 | 0.392 | 0 | 100 | 0 | 0 | 3.32 |
| 109 | 0 | 92 | 8 | 0 | 0 | 0.279 | 0 | 100 | 0 | 0 | 3.31 |
| 110 | 99 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0.056 | 2 | 98 | 0 | 0.098 | 2.89 |
| 111 | 2 | 0 | 98 | 0 | 0 | 0.098 | 99 | 1 | 0 | 0.056 | 3.19 |
| 112 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 94 | 6 | 0 | 0.227 | 2.88 |
| 113 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 3.34 |
| 114 | 95 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0.232 | 1 | 99 | 0 | 0.056 | 3.23 |
| 115 | 0 | 0 | 93 | 7 | 0 | 0.254 | 0 | 100 | 0 | 0 | 3.21 |
| 117 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 2 | 98 | 0 | 0.098 | 3.26 |
| 118 | 99 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0.056 | 0 | 100 | 0 | 0 | 3.40 |
| 119 | 98 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0.098 | 0 | 100 | 0 | 0 | 2.96 |
| 120 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 3.14 |
| 121 | 97 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0.135 | 0 | 100 | 0 | 0 | 3.10 |
| 122 | 98 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0.144 | 0 | 100 | 0 | 0 | 3.07 |
| 123 | 92 | 5 | 0 | 3 | 0 | 0.332 | 98 | 2 | 0 | 0.098 | 2.60 |
| กข 6* | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 2.64 |
| กข 15* | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 2.69 |
| ขาวดกมะลิ 105* | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 2.77 |
| ก้ำดอสะเท็ด* | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 2.87 |

ขนาดตัวอย่าง = 100 เมล็ด, * เป็นพันธุ์ข้าวเปรียบเทียบ

ตาราง 2 ความยาว ความกว้างและความหนา (มิลลิเมตร) ของเมล็ดข้าวไร้ฟิมมือ 50 พันธุ์และข้าว 4 พันธุ์

| รหัสพันธุ์ | ความยาว (มิลลิเมตร) | | | ความกว้าง (มิลลิเมตร) | | | ความหนา (มิลลิเมตร) | | | ความยาวความกว้าง | | | √G (มิลลิเมตร) |
|------------|---------------------|------|----------|-----------------------|------|----------|---------------------|------|----------|------------------|------|----------|-------------------|
| | Mean | SD | C.V. (%) | Mean | SD | C.V. (%) | Mean | SD | C.V. (%) | Mean | SD | C.V. (%) | |
| 002 | 10.42 | 0.62 | 5.96 | 2.85 | 0.16 | 5.44 | 2.10 | 0.15 | 7.02 | 3.65 | 0.29 | 8.06 | 0.058 |
| 003 | 9.27 | 0.56 | 6.09 | 2.89 | 0.24 | 8.46 | 2.11 | 0.12 | 5.51 | 3.21 | 0.35 | 10.86 | 0.079 |
| 004 | 9.13 | 0.42 | 4.68 | 3.72 | 0.28 | 7.54 | 2.21 | 0.12 | 5.24 | 2.45 | 0.19 | 7.71 | 0.089 |
| 006 | 8.26 | 0.34 | 4.11 | 3.55 | 0.21 | 6.01 | 2.19 | 0.09 | 4.31 | 2.33 | 0.15 | 6.56 | 0.028 |
| 007 | 8.62 | 0.50 | 5.75 | 3.49 | 0.21 | 5.90 | 2.29 | 0.11 | 4.66 | 2.47 | 0.20 | 8.11 | 0.067 |
| 018 | 10.61 | 1.00 | 9.44 | 2.90 | 0.22 | 7.46 | 2.11 | 0.10 | 4.86 | 3.66 | 0.45 | 12.38 | 0.182 |
| 025 | 7.48 | 0.40 | 5.40 | 3.36 | 0.29 | 8.60 | 2.12 | 0.16 | 7.58 | 2.22 | 0.27 | 12.22 | 0.038 |
| 026 | 9.68 | 0.48 | 4.95 | 3.16 | 0.26 | 8.31 | 2.13 | 0.15 | 6.89 | 3.06 | 0.27 | 8.78 | 0.089 |
| 035 | 9.17 | 0.41 | 4.45 | 3.34 | 0.14 | 4.19 | 2.26 | 0.08 | 3.76 | 2.75 | 0.15 | 5.47 | 0.017 |
| 044 | 8.61 | 0.42 | 4.90 | 2.97 | 0.14 | 4.72 | 1.98 | 0.10 | 5.07 | 2.90 | 0.16 | 5.36 | 0.024 |
| 050 | 9.17 | 0.57 | 6.20 | 2.99 | 0.07 | 2.20 | 2.03 | 0.04 | 1.94 | 3.06 | 0.19 | 6.28 | 0.048 |
| 051 | 9.09 | 0.47 | 5.15 | 3.47 | 0.29 | 8.35 | 2.19 | 0.14 | 6.51 | 2.62 | 0.22 | 8.27 | 0.108 |
| 052 | 9.10 | 0.68 | 7.45 | 3.28 | 0.23 | 6.91 | 2.12 | 0.08 | 3.99 | 2.77 | 0.29 | 10.48 | 0.116 |
| 056 | 9.10 | 0.41 | 4.56 | 3.06 | 0.09 | 2.94 | 2.04 | 0.05 | 2.57 | 2.97 | 0.15 | 5.01 | 0.034 |
| 058 | 8.38 | 0.38 | 4.48 | 3.37 | 0.27 | 8.09 | 2.17 | 0.13 | 6.12 | 2.49 | 0.25 | 10.16 | 0.014 |
| 059 | 9.14 | 0.38 | 4.19 | 3.02 | 0.15 | 4.93 | 1.98 | 0.14 | 7.28 | 3.03 | 0.16 | 5.28 | 0.021 |
| 065 | 9.30 | 0.45 | 4.87 | 3.26 | 0.16 | 5.01 | 2.15 | 0.10 | 4.52 | 2.86 | 0.17 | 5.95 | 0.041 |
| 072 | 8.62 | 0.60 | 6.92 | 3.09 | 0.24 | 7.91 | 2.09 | 0.08 | 4.02 | 2.79 | 0.33 | 11.72 | 0.084 |
| 073 | 9.54 | 0.55 | 5.72 | 3.03 | 0.08 | 2.71 | 2.09 | 0.09 | 4.39 | 3.15 | 0.21 | 6.73 | 0.051 |
| 076 | 9.06 | 0.84 | 9.30 | 2.93 | 0.27 | 9.29 | 2.03 | 0.08 | 3.92 | 3.09 | 0.50 | 16.17 | 0.159 |
| 077 | 7.62 | 0.44 | 5.71 | 3.35 | 0.27 | 7.91 | 2.02 | 0.15 | 7.37 | 2.28 | 0.25 | 10.99 | 0.045 |
| 078 | 9.26 | 0.59 | 6.42 | 3.32 | 0.18 | 5.65 | 2.12 | 0.11 | 5.22 | 2.79 | 0.24 | 8.57 | 0.063 |
| 081 | 8.78 | 0.57 | 6.48 | 3.43 | 0.34 | 9.97 | 2.18 | 0.11 | 5.14 | 2.56 | 0.37 | 14.54 | 0.128 |
| 086 | 9.44 | 0.45 | 4.72 | 3.08 | 0.14 | 4.53 | 2.02 | 0.10 | 5.17 | 3.07 | 0.18 | 5.77 | 0.025 |
| 088 | 9.30 | 0.55 | 5.95 | 2.77 | 0.17 | 6.11 | 1.96 | 0.11 | 5.93 | 3.36 | 0.25 | 7.53 | 0.055 |
| 089 | 9.01 | 0.72 | 7.98 | 2.91 | 0.26 | 8.93 | 2.03 | 0.12 | 6.09 | 3.10 | 0.39 | 12.67 | 0.138 |
| 092 | 9.40 | 0.56 | 5.93 | 2.76 | 0.18 | 6.47 | 1.95 | 0.12 | 5.92 | 3.40 | 0.25 | 7.35 | 0.069 |
| 094 | 8.27 | 0.54 | 6.50 | 2.98 | 0.16 | 5.31 | 2.03 | 0.11 | 5.50 | 2.78 | 0.23 | 8.17 | 0.028 |

ตาราง 2 (ต่อ)

| รหัสพันธุ์ | ความยาว (มิลลิเมตร) | | | ความกว้าง (มิลลิเมตร) | | | ความหนา (มิลลิเมตร) | | | ความยาว/ความกว้าง | | | \sqrt{G} (มิลลิเมตร) |
|----------------|---------------------|------|----------|-----------------------|------|----------|---------------------|------|----------|-------------------|------|----------|---------------------------|
| | Mean | SD | C.V. (%) | Mean | SD | C.V. (%) | Mean | SD | C.V. (%) | Mean | SD | C.V. (%) | |
| 097 | 9.54 | 0.61 | 6.43 | 3.18 | 0.20 | 6.33 | 2.03 | 0.15 | 7.19 | 3.00 | 0.26 | 8.69 | 0.086 |
| 102 | 9.24 | 0.42 | 4.60 | 3.25 | 0.15 | 4.51 | 2.12 | 0.12 | 5.64 | 2.84 | 0.15 | 5.38 | 0.033 |
| 103 | 9.52 | 0.60 | 6.32 | 3.64 | 0.24 | 6.58 | 2.28 | 0.13 | 5.84 | 2.62 | 0.22 | 8.45 | 0.117 |
| 104 | 9.09 | 0.44 | 4.89 | 3.22 | 0.13 | 4.09 | 2.13 | 0.08 | 3.86 | 2.83 | 0.17 | 5.94 | 0.016 |
| 105 | 8.27 | 0.44 | 5.37 | 3.79 | 0.20 | 5.17 | 2.26 | 0.12 | 5.52 | 2.18 | 0.16 | 7.38 | 0.048 |
| 106 | 9.15 | 0.87 | 9.50 | 3.20 | 0.21 | 6.45 | 2.10 | 0.09 | 4.08 | 2.86 | 0.36 | 12.63 | 0.132 |
| 107 | 9.73 | 0.52 | 5.31 | 3.14 | 0.18 | 5.59 | 2.15 | 0.09 | 4.19 | 3.10 | 0.23 | 7.32 | 0.058 |
| 108 | 9.24 | 0.63 | 6.87 | 3.13 | 0.17 | 5.35 | 2.12 | 0.08 | 3.95 | 2.96 | 0.26 | 8.75 | 0.062 |
| 109 | 9.31 | 0.48 | 5.21 | 3.07 | 0.14 | 4.49 | 2.12 | 0.10 | 4.61 | 3.03 | 0.21 | 6.91 | 0.016 |
| 110 | 9.28 | 0.32 | 3.50 | 3.07 | 0.09 | 2.83 | 2.09 | 0.07 | 3.48 | 3.02 | 0.14 | 4.52 | 0.035 |
| 111 | 9.36 | 0.53 | 5.68 | 3.16 | 0.17 | 5.43 | 2.16 | 0.11 | 4.97 | 2.96 | 0.18 | 5.99 | 0.067 |
| 112 | 9.21 | 0.55 | 5.98 | 3.19 | 0.14 | 4.54 | 2.09 | 0.09 | 4.17 | 2.89 | 0.20 | 6.80 | 0.036 |
| 113 | 9.79 | 0.63 | 6.48 | 3.70 | 0.21 | 5.64 | 2.36 | 0.09 | 3.80 | 2.65 | 0.20 | 7.42 | 0.110 |
| 114 | 8.39 | 0.46 | 5.55 | 3.78 | 0.19 | 5.10 | 2.28 | 0.12 | 5.18 | 2.22 | 0.16 | 7.04 | 0.052 |
| 115 | 9.61 | 0.58 | 6.04 | 3.49 | 0.20 | 5.60 | 2.29 | 0.14 | 6.11 | 2.75 | 0.24 | 8.76 | 0.076 |
| 117 | 9.42 | 0.52 | 5.56 | 3.46 | 0.19 | 5.55 | 2.26 | 0.16 | 7.01 | 2.72 | 0.20 | 7.51 | 0.064 |
| 118 | 9.50 | 0.38 | 4.05 | 3.88 | 0.25 | 6.47 | 2.28 | 0.12 | 5.24 | 2.45 | 0.18 | 7.38 | 0.060 |
| 119 | 9.40 | 1.04 | 11.02 | 2.90 | 0.19 | 6.67 | 2.03 | 0.09 | 4.26 | 3.24 | 0.34 | 10.47 | 0.168 |
| 120 | 9.46 | 0.56 | 5.96 | 3.57 | 0.20 | 5.60 | 2.13 | 0.14 | 6.75 | 2.65 | 0.18 | 6.90 | 0.088 |
| 121 | 9.33 | 0.59 | 6.31 | 3.02 | 0.20 | 6.57 | 2.11 | 0.14 | 6.61 | 3.09 | 0.26 | 8.52 | 0.082 |
| 122 | 8.98 | 0.69 | 7.69 | 3.10 | 0.26 | 8.31 | 2.05 | 0.12 | 5.64 | 2.89 | 0.32 | 10.90 | 0.142 |
| 123 | 9.03 | 0.56 | 6.20 | 3.04 | 0.15 | 5.08 | 2.09 | 0.08 | 4.06 | 2.97 | 0.22 | 7.36 | 0.040 |
| กข 6* | 9.95 | 0.41 | 4.07 | 2.74 | 0.09 | 3.42 | 2.00 | 0.08 | 3.86 | 3.64 | 0.18 | 4.96 | 0.033 |
| กข 15* | 10.42 | 0.50 | 4.78 | 2.44 | 0.11 | 4.51 | 1.98 | 0.07 | 3.67 | 4.27 | 0.27 | 6.44 | 0.034 |
| ขาวดกมะลิ 105* | 10.42 | 0.54 | 5.14 | 2.49 | 0.10 | 4.13 | 1.99 | 0.06 | 3.10 | 4.18 | 0.25 | 5.90 | 0.024 |
| ก้ำดอสะเท็ด* | 10.22 | 0.62 | 6.10 | 3.33 | 0.28 | 8.50 | 2.18 | 0.13 | 6.04 | 3.07 | 0.31 | 10.04 | 0.142 |

ขนาดตัวอย่าง = 100 เมล็ด, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และ Square Root of Generalized Variance (\sqrt{G}) $G = \text{Var}_{\text{length}} \times \text{Var}_{\text{width}} - (\text{COV})^2$ * เป็นพันธุ์ข้าวเปรียบเทียบ

1.2 การประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมโดยอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยา

ลักษณะทางคุณภาพ

จากการประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมของลักษณะทางคุณภาพจำนวน 12 ลักษณะ โดยใช้ค่าดัชนีความหลากหลายทางพันธุกรรมของ Shannon's index (H') เมื่อพิจารณาค่าโดยรวมทั้งภายในและระหว่างประชากรของข้าวทั้ง 54 พันธุ์ ดังแสดงไว้ในตาราง 3 พบว่าไม่พบความหลากหลายในลักษณะของสีกาบใบ สีหุใบ สีลีนใบและสีปล้องในข้าวไร้ทุกพันธุ์ ($H' = 0$) และพบความหลากหลายเพียงเล็กน้อยในลักษณะสียอดเกสรตัวเมียและสีกลีบรองดอกในข้าวไร้บางพันธุ์ แต่พบลักษณะที่มีความหลากหลายสูงทั้งภายในและระหว่างประชากร คือ ลักษณะทรงกอ ($H' = 0.056-0.325$), สีแผ่นใบ ($H' = 0.056-0.208$), สีข้อ ($H' = 0.056-0.208$), สีข้อต่อใบ ($H' = 0.056-0.325$), สียอดดอก ($H' = 0.056-0.303$) และการมีหางข้าว ($H' = 0.056-0.325$)

ภายในประชากรพบว่า พันธุ์ข้าวไร้ที่มีความหลากหลายของลักษณะทางคุณภาพต่างๆ สูง คือ พันธุ์ 006 (H' รวม = 1.005) โดยพบความหลากหลายในลักษณะสีแผ่นใบ ($H' = 0.208$), สีข้อ ($H' = 0.056$), สีข้อต่อใบ ($H' = 0.135$), สียอดดอก ($H' = 0.303$) และการมีหางข้าว ($H' = 0.303$) ส่วนพันธุ์ข้าวไร้ที่มีความหลากหลายของลักษณะทางคุณภาพภายในประชากรน้อยที่สุด คือ พันธุ์ 089 และ 097 (H' รวม = 0.056) และพันธุ์ข้าวไร้ที่ไม่พบความหลากหลายของลักษณะต่างๆ ภายในประชากรเลยมี 8 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ 035, 050, 056, 065, 102, 103, 115 และ 118 นอกจากนี้ก็ยังไม่พบความหลากหลายของลักษณะต่างๆ ในข้าวนาทั้ง 4 พันธุ์ด้วย แต่ที่น่าสังเกตคือ พันธุ์ก่ำดอยสะเกิดเป็นพันธุ์เดียวที่พบสีม่วงในทุกลักษณะ

ตาราง 3 คำดัชนีความหลากหลาย Shannon's index (H') ของลักษณะทางคุณภาพแต่ละลักษณะภายในและระหว่างประชากรของข้าวไร่พันธุ์และข้าวนา 4 พันธุ์

| รหัสพันธุ์ | ทรงกอ | สีแผ่นใบ | สีกาบใบ | สีใบ | สีโคนใบ | สีข้อ | สีข้อต่อใบ | สีปล้อง | สียอดดอก | สียอดกรวดมีชัย | สีกลีบรองดอก | การมีหางข้าว | H' รวม |
|------------|------------|-------------------------|-----------|-------------------------|---------|-------------------------|-------------------------|-----------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------|----------|
| 002 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ฟาง-ม่วง (0.056) | ขาว-เหลือง (0.135) | ฟาง-น้ำตาล (0.098) | 0-1(0.056) | 0.345 |
| 003 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ฟาง-น้ำตาล (0.135) | เหลือง (0) | ฟาง-น้ำตาล (0.135) | 0-1(0.325) | 0.595 |
| 004 | 1-3(0.199) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ฟาง (0) | เหลือง (0) | ฟาง (0) | 0(0) | 0.199 |
| 006 | 1(0) | เขียว-เขียวเข้ม (0.208) | เขียว (0) | เขียว-เขียวอ่อน (0.056) | ขาว (0) | เขียว-เขียวอ่อน (0.056) | เขียว-เขียวอ่อน (0.135) | เขียว (0) | น้ำตาล-ม่วง (0.303) | ขาว (0) | ฟาง (0) | 0-1(0.303) | 1.005 |
| 007 | 1(0) | เขียว-เขียวเข้ม (0.056) | เขียว (0) | เขียว-เขียวอ่อน (0.056) | ขาว (0) | เขียว-เขียวอ่อน (0.056) | เขียว-เขียวอ่อน (0.279) | เขียว (0) | น้ำตาล (0) | ขาว (0) | น้ำตาล (0) | 0(0) | 0.391 |
| 018 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ฟาง (0) | ขาว (0) | ฟาง-น้ำตาล (0.135) | 0(0) | 0.135 |
| 025 | 1(0) | เขียว-เขียวเข้ม (0.135) | เขียว (0) | เขียว-เขียวอ่อน (0.056) | ขาว (0) | เขียว-เขียวอ่อน (0.056) | เขียว-เขียวอ่อน (0.199) | เขียว (0) | ฟาง-น้ำตาล (0.168) | ขาว (0) | ฟาง-น้ำตาล (0.135) | 0 (0) | 0.693 |
| 026 | 1-3(0.208) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ฟาง-น้ำตาล (0.135) | ขาว (0) | ฟาง-น้ำตาล (0.056) | 0-1(0.168) | 0.567 |
| 035 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ฟาง (0) | เหลือง (0) | ฟาง (0) | 0(0) | 0 |
| 044 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ฟาง-น้ำตาล (0.168) | เหลือง (0) | น้ำตาล-แดง (0.199) | 0(0) | 0.367 |
| 050 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ฟาง (0) | เหลือง (0) | ฟาง (0) | 0(0) | 0 |
| 051 | 1(0) | เขียว-เขียวเข้ม (0.168) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ฟาง-น้ำตาล (0.208) | เหลือง (0) | ฟาง (0) | 0-1(0.056) | 0.432 |
| 052 | 1(0) | เขียว-เขียวเข้ม (0.135) | เขียว (0) | เขียว-เขียวอ่อน (0.098) | ขาว (0) | เขียว-เขียวอ่อน (0.098) | เขียว-เขียวอ่อน (0.056) | เขียว (0) | น้ำตาล (0) | เหลือง (0) | ฟาง (0) | 0-1(0.168) | 0.457 |
| 056 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | น้ำตาล (0) | ขาว (0) | ฟาง (0) | 0(0) | 0 |
| 058 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | น้ำตาล (0) | ขาว (0) | ฟาง-แดง (0.056) | 0-1(0.098) | 0.154 |
| 059 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ฟาง-น้ำตาล (0.168) | เหลือง (0) | ม่วงดำ (0) | 0-1(0.098) | 0.266 |
| 065 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ฟาง (0) | เหลือง (0) | ฟาง (0) | 0(0) | 0 |
| 072 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ฟาง-น้ำตาล (0.168) | เหลือง (0) | น้ำตาล (0) | 0(0) | 0.168 |
| 073 | 1-3(0.325) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว-เขียวอ่อน (0.098) | เขียว-เขียวอ่อน (0.135) | เขียว (0) | ฟาง (0) | ขาว (0) | น้ำตาล (0) | 0(0) | 0.558 |

ตาราง 3 (ต่อ)

| รหัสพันธุ์ | ทรงกอ | สีแผ่นใบ | สีกาบใบ | สีใบ | สีลิ้นใบ | สีข้อ | สีข้อต่อใบ | สีปล้อง | สียอดอก | สียอดคนสรตัวเมีย | สีกลีบรองดอก | การมีหางข้าว | H' รวม |
|------------|------------|----------------------------|-----------|-----------|----------|----------------------------|----------------------------|-----------|------------------------|------------------|--------------|--------------|--------|
| 076 | 1-3(0.098) | เขียว-เขียวเข้ม (0.135) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ฟาง-น้ำตาล (0.135) | ขาว (0) | น้ำตาล (0) | 0-1(0.168) | 0.536 |
| 077 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | น้ำตาล (0) | เหลือง (0) | ฟาง (0) | 0-1(0.325) | 0.325 |
| 078 | 1-3(0.135) | เขียว-เขียวเข้ม (0.168) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ฟาง (0) | เหลือง (0) | น้ำตาล (0) | 1-7(0.098) | 0.401 |
| 081 | 1-3(0.135) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | น้ำตาล (0) | เหลือง (0) | น้ำตาล (0) | 0(0) | 0.135 |
| 086 | 1(0) | เขียว-เขียวเข้ม (0.056) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว-เขียวอ่อน (0.168) | เขียว-เขียวอ่อน (0.056) | เขียว (0) | น้ำตาล (0) | เหลือง (0) | น้ำตาล (0) | 0(0) | 0.280 |
| 088 | 1-3(0.098) | เขียว-เขียวเข้ม (0.135) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว-เขียวอ่อน (0.208) | เขียว-เขียวอ่อน (0.168) | เขียว (0) | น้ำตาล-ม่วง (0.056) | เหลือง (0) | ฟาง (0) | 0-1(0.168) | 0.833 |
| 089 | 1-3(0.056) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ฟาง (0) | เหลือง (0) | ฟาง (0) | 1(0) | 0.056 |
| 092 | 1-3(0.135) | เขียว-เขียวเข้ม (0.098) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ฟาง (0) | เหลือง (0) | ฟาง (0) | 1-7(0.135) | 0.368 |
| 094 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | น้ำตาล (0) | เหลือง (0) | น้ำตาล (0) | 0-1(0.208) | 0.208 |
| 097 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | น้ำตาล-ม่วง(0.056) | เหลือง (0) | น้ำตาล (0) | 0(0) | 0.056 |
| 102 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | น้ำตาล (0) | เหลือง (0) | น้ำตาล (0) | 0(0) | 0 |
| 103 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | น้ำตาล (0) | เหลือง (0) | น้ำตาล (0) | 0(0) | 0 |
| 104 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว-เขียวอ่อน (0.098) | เขียว-เขียวอ่อน (0.325) | เขียว (0) | น้ำตาล (0) | เหลือง (0) | ฟาง (0) | 0(0) | 0.423 |
| 105 | 1(0) | เขียว-เขียวเข้ม (0.168) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว-เขียวอ่อน (0.135) | เขียว-เขียวอ่อน (0.056) | เขียว (0) | น้ำตาล (0) | เหลือง (0) | น้ำตาล (0) | 0(0) | 0.359 |
| 106 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | น้ำตาล-ม่วง(0.098) | เหลือง (0) | ฟาง (0) | 0(0) | 0.098 |
| 107 | 1(0) | เขียว-เขียวเข้ม (0.056) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | น้ำตาล-ฟาง (0.056) | เหลือง (0) | น้ำตาล (0) | 0(0) | 0.112 |
| 108 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ม่วง (0) | เหลือง (0) | ม่วงดำ (0) | 0-1(0.098) | 0.098 |
| 109 | 1-3(0.056) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | น้ำตาล-ม่วง(0.056) | เหลือง (0) | ม่วงดำ (0) | 0(0) | 0.112 |

ตาราง 3 (ต่อ)

| รหัสพันธุ์ | ทรงกอ | สีแผ่นใบ | สีก้านใบ | สีใบ | สีต้นใบ | สีข้อ | สีข้อใบ | สีปล้อง | สีข้อดอก | สียอดทศกรตัวเมีย | สีปลีใบรองดอก | การมีหางข้าว | รวม |
|-----------------|------------|-------------------------|-----------|-----------|----------|-------------------------|-------------------------|----------------|--------------------|------------------|--------------------|--------------|-------|
| 110 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว-เขียวอ่อน (0.135) | เขียว-เขียวอ่อน (0.056) | เขียว (0) | น้ำตาล (0) | เหลือง (0) | ฟาง-น้ำตาล (0.098) | 0(0) | 0.289 |
| 111 | 1-3(0.056) | เขียว-เขียวเข้ม (0.168) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | น้ำตาล (0) | เหลือง (0) | ฟาง (0) | 0(0) | 0.224 |
| 112 | 1-3(0.056) | เขียว-เขียวเข้ม (0.168) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | น้ำตาล (0) | เหลือง (0) | น้ำตาล (0) | 0(0) | 0.244 |
| 113 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว-เขียวอ่อน (0.135) | เขียว-เขียวอ่อน (0.056) | เขียว (0) | น้ำตาล (0) | เหลือง (0) | น้ำตาล (0) | 0(0) | 0.191 |
| 114 | 1(0) | เขียว-เขียวเข้ม (0.168) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว-เขียวอ่อน (0.098) | เขียว-เขียวอ่อน (0.098) | เขียว (0) | ฟาง-น้ำตาล (0.098) | เหลือง (0) | ฟาง (0) | 0(0) | 0.462 |
| 115 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ม่วง (0) | เหลือง (0) | ม่วงดำ (0) | 0(0) | 0 |
| 117 | 1(0) | เขียว-เขียวเข้ม (0.168) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว-เขียวอ่อน (0.135) | เขียว-เขียวอ่อน (0.098) | เขียว (0) | ม่วง (0) | เหลือง (0) | ม่วงดำ (0) | 0(0) | 0.401 |
| 118 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ม่วง (0) | เหลือง (0) | ฟาง (0) | 0(0) | 0 |
| 119 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ฟาง (0) | เหลือง (0) | ม่วงดำ (0) | 0-1(0.168) | 0.168 |
| 120 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | น้ำตาล (0) | เหลือง (0) | ฟาง (0) | 1-7(0.168) | 0.168 |
| 121 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ฟาง (0) | เหลือง (0) | ฟาง (0) | 0-1(0.208) | 0.208 |
| 122 | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ฟาง (0) | เหลือง (0) | น้ำตาล (0) | 1-7(0.098) | 0.098 |
| 123 | 1(0) | เขียว-เขียวเข้ม (0.098) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว-เขียวอ่อน (0.135) | เขียว-เขียวอ่อน (0.056) | เขียว (0) | ม่วง (0) | เหลือง (0) | ม่วงดำ (0) | 0(0) | 0.289 |
| กช 6* | 1(0) | เขียวเข้ม (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ฟาง (0) | เหลือง (0) | ฟาง (0) | 0(0) | 0 |
| กช 15* | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เหลืองอ่อน (0) | ฟาง (0) | เหลือง (0) | ฟาง (0) | 0(0) | 0 |
| ขาวดอกมะลิ 105* | 1(0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ขาว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | เขียว (0) | ฟาง (0) | เหลือง (0) | ฟาง (0) | 0(0) | 0 |
| กำดอยสะเท็ด* | 1(0) | ม่วง (0) | ม่วง (0) | ม่วง (0) | ม่วง (0) | ม่วง (0) | ม่วง (0) | ม่วง (0) | ม่วง (0) | ม่วง (0) | ม่วง (0) | 0(0) | 0 |

หมายเหตุ ทรงกอ: 1 = ชิงตรง 3 = ยอนเล็กน้อย, หางข้าว: 0 = ไม่มี 1 = สั้นและมีบางเมล็ด 7 = ยาวและมีบางเมล็ด

ตัวเลขในวงเล็บเป็นค่าดัชนีความหลากหลาย (H'), * เป็นพันธุ์ข้าวเปรียบเทียบ

1.3 ชนิดของกรดอะมิโนจำเป็น

จากการวิเคราะห์หาชนิดของกรดอะมิโนจำเป็นในข้าวทั้ง 54 พันธุ์ ดังแสดงไว้ในตาราง 4 พบว่าสามารถพบกรดอะมิโนจำเป็นทั้ง 8 ชนิดได้ แต่การปรากฏจะแตกต่างกันไปในแต่ละพันธุ์ โดยกรดอะมิโนจำเป็นชนิด threonine เป็นกรดอะมิโนชนิดที่พบได้บ่อยในข้าวพันธุ์ต่างๆ คือ พบในข้าวไร้ 27 พันธุ์ (54.0%) ตรงกันข้ามกับ lysine ที่พบน้อยคือ พบในข้าวไร้เพียง 12 พันธุ์เท่านั้น (24.0%) อย่างไรก็ตามไม่พบพันธุ์ข้าวที่มีกรดอะมิโนจำเป็นครบทั้ง 8 ชนิดเลย แต่มีเพียง 1 พันธุ์ที่มีมากถึง 6 ชนิด คือ พันธุ์บือคอแพ นอกนั้นจะมีกรดดังกล่าวตั้งแต่ 2-5 ชนิด และไม่พบพันธุ์ข้าวไร้พื้นเมืองที่มีกรดอะมิโนจำเป็นต่ำกว่า 2 ชนิด นอกจากนี้ยังพบว่า การปรากฏของกรดอะมิโนจำเป็นแต่ละชนิดจะเป็นไปอย่างอิสระ พันธุ์ข้าวไร้ที่มีชนิดของกรดในจำนวนเท่ากัน แต่อาจไม่ใช่ชนิดของกรดอะมิโนจำเป็นเดียวกัน เช่น พันธุ์ข้าวจีด้าว พบ lysine, methionine, threonine และ leucine แต่พันธุ์ข้าวขาวแม่ลาน้อยซึ่งมี 4 ชนิดเช่นกัน พบ tryptophan, threonine, leucine และ isoleucine ส่วนข้าวเวลานั้นพบกรดอะมิโนจำเป็นชนิด valine และ leucine บ่อยสุด และไม่พบกรดอะมิโน isoleucine เลยในทุกพันธุ์

จากผลการทดลองนี้ทำการคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่มีกรดอะมิโนสูง 4 พันธุ์และต่ำ 1 พันธุ์ โดยคัดเลือกได้พันธุ์บือคอแพและบือพะโคะ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีชนิดของกรดอะมิโนมาก (5-6 ชนิด) รวมทั้งพันธุ์ที่ได้จากการสุ่มในกลุ่มพันธุ์ที่มีกรดอะมิโนจำนวน 4 ชนิด อีก 2 พันธุ์ คือ พันธุ์นิกอและลาซอแดง และสุ่มจากกลุ่มพันธุ์ที่มีจำนวนกรดอะมิโน 2 ชนิด อีก 1 พันธุ์ คือ พันธุ์หลวงพระบาง 9 นำไปทดสอบการตอบสนองความสามารถในการสังเคราะห์กรดอะมิโนดังกล่าวต่อระดับปุ๋ยในโตรเจนในการทดลองที่ 2 โดยใช้ข้าวพันธุ์ กข 6 และขาวดอกมะลิ 105 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ

ตาราง 4 จำนวนและชนิดของกรดอะมิโนจำเป็นที่พบในข้าวไร่พื้นเมือง 50 พันธุ์และข้าวนา 4 พันธุ์

| รหัสพันธุ์ | ชื่อพันธุ์ข้าว | ชนิดของกรดอะมิโนจำเป็น | | | | | | | | จำนวน (ชนิด) |
|--------------------|-------------------------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|
| | | Lys | Try | Met | Phe | Thr | Val | Leu | Ileu | |
| 002 | SPT91029-PMP-3-2-1 | | / | / | | / | / | | | 4 |
| 003 | SPT91029-PMP-3-10-1 | | | / | | | | | | 2 |
| 004 | จ่านอนี่ | / | | | | | / | | | 2 |
| 006 | แอ่คู้ | | | / | | / | / | | | 3 |
| 007 | จะกุกี | | / | / | | | | | / | 3 |
| 018 | ข้าวขาว | | | / | | / | | | / | 3 |
| 025 | จำแอ้ | / | | | / | | / | | | 3 |
| 026 | จีห้า | / | | / | | / | | / | | 4 |
| 035 | มือพะโค๊ะ | / | | / | / | / | | / | | 5 |
| 044 | นิกอ | / | | | | | / | / | / | 4 |
| 050 | ขาวยัว | | | / | | / | | / | | 3 |
| 051 | เจ้าลิซอ | | | | | / | / | | | 2 |
| 052 | SPTUR84032-PMP-6-3-2 | | / | | | / | | | / | 3 |
| 056 | SPT88004-SMG9-2-1-1 | / | | / | | / | | | / | 4 |
| 058 | ข้าวแช่ | | / | / | / | / | | | / | 4 |
| 059 | ปางสูง(เมล็ดลายน) | | / | | | / | | | / | 3 |
| 065 | เร้าสุหยา | | | | / | / | / | | | 3 |
| 072 | ข้าวขาวสะโร๊ะ | | | / | | / | / | / | | 4 |
| 073 | ป้อมือ | | | / | | | | | / | 2 |
| 076 | ข้าวขาวห้วยน้ำริน | | | | / | | / | | | 2 |
| 077 | ข้าวขาวเมล็ดน้อย | | / | | | / | | / | / | 4 |
| 078 | ข้าวขาวปางสูง | | | | / | | | | / | 2 |
| 081 | ข้าวขาวแม่หลอด | | / | | | / | / | | | 3 |
| 086 | อะร้อย | | | / | | / | / | / | | 4 |
| 088 | ข้าวเหนียวอีป้อมแค | | / | / | | / | | | | 3 |
| 089 | ข้าวขาวป้อ | | | | / | / | / | / | | 3 |
| 092 | มือคอกเท | / | / | / | / | / | / | / | / | 6 |
| 094 | มือหมือ | | | / | / | / | / | / | | 4 |
| 097 | เบนล้า | / | | | / | / | / | / | | 4 |
| 102 | หลวงพระบาง 1 | | / | | | / | / | / | | 3 |
| 103 | หลวงพระบาง 2 | | / | | | / | / | | | 2 |
| 104 | หลวงพระบาง 3 | / | / | | / | | | / | | 4 |
| 105 | หลวงพระบาง 4 | | | | / | | / | | / | 3 |
| 106 | หลวงพระบาง 5 | / | | | | | / | | | 2 |
| 107 | หลวงพระบาง 6 | | | / | / | | / | / | | 3 |
| 108 | หลวงพระบาง 7 | | | / | / | | / | / | | 2 |
| 109 | หลวงพระบาง 8 | | | / | | / | / | / | | 3 |
| 110 | หลวงพระบาง 9 | | | | / | | / | / | | 2 |
| 111 | หลวงพระบาง 10 | | / | | | | | / | | 2 |
| 112 | หลวงพระบาง 11 | | | / | / | / | / | | | 3 |
| 113 | หลวงพระบาง 12 | | | / | / | / | / | / | | 3 |
| 114 | หลวงพระบาง 13 | | | / | / | / | / | | | 3 |
| 115 | หลวงพระบาง 14 | | | / | | / | | | / | 3 |
| 117 | หลวงพระบาง 16 | / | | / | | | / | | | 3 |
| 118 | ข้าวเหนียวหลวงพระบาง 17 | | | | | | | / | / | 2 |
| 119 | จอหมอยา | | | / | / | / | / | / | | 4 |
| 120 | จ่านอนะ | | | | / | / | / | / | | 3 |
| 121 | ข้าวมาห้า | / | | | | / | | / | | 3 |
| 122 | ข้า้ตะแซ่ | | | | / | / | / | / | / | 4 |
| 123 | ลาซอแดง | | / | | | | / | / | / | 4 |
| รวม | | 12 | 13 | 23 | 22 | 27 | 25 | 20 | 15 | |
| ร้อยละ | | 24.0 | 26.0 | 46.0 | 44.0 | 54.0 | 50.0 | 40.0 | 30.0 | |
| พันธุ์เปรียบเทียบ: | | | | | / | / | / | / | | 4 |
| กข.6 | | | | | | / | / | / | | 3 |
| กข.15 | | | | | | / | / | / | | 4 |
| ข้าวดอกมะลิ 105 | | | / | / | | / | / | / | | 4 |
| ก้าคอกตะเก็ด | | / | / | / | | / | / | / | | 6 |
| รวม | | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 4 | 4 | 0 | |
| ร้อยละ | | 25.0 | 50.0 | 50.0 | 25.0 | 75.0 | 100 | 100 | 0 | |

หมายเหตุ: Lys = Lysine, Try = Tryptophan, Met = Methionine, Phe = Phenylalanine, Thr = Threonine, Val = Valine, Leu = Leucine และ Ileu = Isoleucine

การทดลองที่ 2 การตอบสนองของพันธุ์ข้าวต่อระดับปุ๋ยไนโตรเจน

จากผลการทดลองในตาราง 5 แสดงปริมาณของกรดอะมิโนจำเป็นที่วิเคราะห์ได้จากข้าวที่ปลูกในระดับปุ๋ยไนโตรเจนทั้ง 3 ระดับ ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างของปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นทั้ง 8 ชนิดในข้าวแต่ละพันธุ์ โดยพันธุ์บือคอแพพบชนิดของกรดอะมิโนจำเป็นมากถึง 6 ชนิด มีปริมาณของ phenylalanine มากคือ 121.81 mg/100 g DM และมี methionine, tryptophan, leucine, threonine และ lysine ปริมาณเท่ากับ 82.91, 64.79, 62.57, 52.48 และ 22.28 mg/100 g DM ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ข้าวอื่นๆ พบจำนวนชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนไม่แตกต่างกัน ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับพันธุ์ตรวจสอบ ยกเว้นกรดอะมิโนชนิด lysine ซึ่งมีความแตกต่างกันมาก โดยพันธุ์บือพะโต๊ะและนิกอจะให้ปริมาณของ lysine สูงกว่าพันธุ์อื่นๆ ส่วนการตอบสนองของ lysine มีปริมาณแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ตั้งแต่ 0.15-37.81 mg/100 g DM สำหรับการตอบสนองของกรดอะมิโนชนิด tryptophan, methionine, phenylalanine, threonine, valine, leucine และ isoleucine ไม่พบว่ามีค่าแตกต่างระหว่างพันธุ์แต่อย่างใด

ตาราง 5 ปริมาณของกรดอะมิโนจำเป็น (mg/100 g DM) ทั้ง 8 ชนิดในข้าวที่ปลูกในระดับปุ๋ยไนโตรเจนทั้ง 3 ระดับ

| พันธุ์ข้าว | ปริมาณของกรดอะมิโนจำเป็น (mg/100 g DM) | | | | | | | | จำนวน (ชนิด) |
|----------------|--|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|--------------|
| | Lys | Try* | Met* | Phe* | Thr* | Val* | Leu* | Ileu* | |
| บือคอแพ | 22.28 c (4.65) | 64.79 a (7.92) | 82.91 a (8.98) | 121.81 a (10.75) | 52.48 a (7.17) | 0 (1.00) | 62.50 a (7.72) | 0 (1.00) | 6 |
| บือพะโต๊ะ | 37.81 a (6.10) | 0 (1.00) | 81.25 a (8.94) | 121.84 a (10.90) | 80.94 a (8.73) | 0 (1.00) | 60.00 a (7.54) | 0 (1.00) | 5 |
| นิกอ | 32.31 b (5.63) | 0 (1.00) | 0 (1.00) | 0 (1.00) | 0 (1.00) | 69.65 a (8.09) | 68.25 a (7.95) | 83.57 a (8.93) | 4 |
| ลาซอแดง | 0.15 d (1.07) | 64.48 a (7.81) | 0 (1.00) | 0 (1.00) | 0 (1.00) | 68.02 a (8.02) | 72.28 a (8.22) | 143.78 a (11.16) | 5 |
| หลวงพระบาง 9 | 0.24 d (1.11) | 0 (1.00) | 0 (1.00) | 135.82 a (11.29) | 0 (1.00) | 0 (1.00) | 56.59 a (7.38) | 0 (1.00) | 3 |
| กข 6 | 0.26 d (1.12) | 0 (1.00) | 0 (1.00) | 0 (1.00) | 56.25 a (7.44) | 0 (1.00) | 70.42 a (8.15) | 0 (1.00) | 3 |
| ขาวดอกมะลิ 105 | 0.40 d (1.17) | 67.59 a (8.09) | 80.89 a (8.91) | 0 (1.00) | 0 (1.00) | 66.99 a (7.97) | 58.34 a (7.46) | 0 (1.00) | 5 |

หมายเหตุ: Lys = Lysine, Try = Tryptophan, Met = Methionine, Phe = Phenylalanine, Thr = Threonine, Val = Valine, Leu = Leucine และ

Ileu = Isoleucine, ในการวิเคราะห์ใช้ข้อมูลตัวเลขในวงเล็บที่แปลงค่าด้วยสูตร $\sqrt{x+1}$

ตัวอักษรอังกฤษ แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในคอลัมน์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

* แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในคอลัมน์

วิจารณ์ผลการทดลอง

พันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองที่รวบรวมนั้นยังคงมีลักษณะความหลากหลายทางพันธุกรรมปรากฏอยู่สังเกตได้จากการพบความแตกต่างของลักษณะทางสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาต่างๆ เช่น ลักษณะสีเปลือก สีเยื่อหุ้มเมล็ด ทรงกอ สีแผ่นใบ สีช่อ สีช่อดอ ใบ สียอดดอกและการมีหางข้าว ซึ่งการมีหางของข้าวนั้นบ่งชี้ว่าข้าวไร่พันธุ์รวบรวมนี้ยังคงมีลักษณะของพันธุ์ป่า (primitive rice) และไม่พบความหลากหลายของลักษณะสีกาบใบ สีหูใบ สีลิ้นใบและสีปล้องในทุกพันธุ์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ายีนที่ควบคุมลักษณะดังกล่าวนี้เข้าสู่สภาพ homozygous มีความสม่ำเสมอภายในประชากร นอกจากนี้มีบางพันธุ์ที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงควรคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ให้บริสุทธิ์ และตรงตามลักษณะเฉพาะของพันธุ์นั้นๆ เพื่อเป็นการอนุรักษ์และรักษาพันธุ์ต่อไป

เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองมีอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างเมล็ดข้าวเปลือกเฉลี่ย 2.18-3.66 มิลลิเมตร ซึ่งน้อยกว่าข้าวนาพันธุ์ปรับปรุง ด้วยความที่มีสัดส่วนความยาวต่อความกว้างเมล็ดมากกว่า 2.0 จึงจัดได้ว่าข้าวพื้นเมืองเหล่านี้จัดเป็นกลุ่ม *indica* type สอดคล้องกับข้าวพันธุ์พื้นเมืองกะเหรี่ยง 64 สายพันธุ์ที่อยู่ในกลุ่ม *indica* เช่นกัน (ปาน, 2539)

จากผลการศึกษาความแตกต่างทางพันธุกรรมของกรดอะมิโนจำเป็นในข้าวไร่พันธุ์พื้นเมือง 50 พันธุ์และข้าวนา 4 พันธุ์นั้นพบว่า ในข้าวสามารถพบกรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acids) ได้ทั้ง 8 ชนิด บางพันธุ์พบจำนวนของกรดอะมิโนจำเป็นเท่ากัน แต่อาจไม่ใช่ชนิดของกรดอะมิโนเดียวกัน ซึ่งการปรากฏของกรดอะมิโนจำเป็นแต่ละชนิดจะมีการกระจายตัวเป็นไปอย่างอิสระ พบกรดอะมิโนจำเป็นได้ตั้งแต่ 2-6 ชนิด เช่น ข้าวพันธุ์พื้นเมืองบางพันธุ์พบจำนวนชนิดของกรดอะมิโนจำเป็นมากกว่าข้าวนาพันธุ์ปรับปรุง กข 6 และขาวดอกมะลิ 105 แต่ละต่างชนิดของกรดอะมิโนกันออกไปตามแต่ละพันธุ์ แสดงให้เห็นว่ามีความหลากหลายของกรดอะมิโนจำเป็นเกิดขึ้น เนื่องจากข้าวแต่ละพันธุ์มีลักษณะทางพันธุกรรมที่ต่างกัน การแสดงออกของลักษณะทางคุณภาพ (qualitative) นั้นถูกควบคุมด้วย gene ที่อยู่ภายใน (สันสนีย์, 2545) ซึ่งมีความแตกต่างทางพันธุกรรม ดังนั้นจึงพบชนิดของกรดอะมิโนจำเป็นที่ต่างกัน ลักษณะดังกล่าวนี้ยังคงปรากฏอยู่ในธรรมชาติ และพบกรดอะมิโนชนิด threonine บ่อยกว่ากรดอะมิโนชนิดอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าในการปรับปรุงพันธุ์นั้นสามารถคัดเลือกพันธุ์พ่อแม่ที่มีกรดอะมิโนชนิดนี้ได้ง่ายกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าพันธุ์พื้นเมืองพบกรดอะมิโนจำเป็นได้มากกว่าพันธุ์ปรับปรุง ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวนี้สามารถใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีกรดอะมิโนครบทั้ง 8 ชนิดได้และสามารถใช้ในการพิจารณาคัดเลือกพันธุ์ที่มีกรดอะมิโนจำเป็นสูงมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพทางโปรตีนที่ดีได้

การศึกษาการตอบสนองของพันธุ์ข้าวต่อระดับปุ๋ยไนโตรเจนพบว่า กรดอะมิโนจำเป็นชนิด lysine มีการตอบสนองเป็นปฏิสัมพันธ์ร่วมกับพันธุ์ข้าว ซึ่งมีปริมาณแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์และข้าวพันธุ์พื้นเมืองส่วนใหญ่จะมีปริมาณของ lysine มากกว่าข้าวพันธุ์ปรับปรุง กข 6 และขาวดอกมะลิ 105 แสดงให้เห็นว่ามีความหลากหลายทางพันธุกรรมของกรดอะมิโน lysine และไม่พบความแตกต่างของปริมาณกรดอะมิโนชนิดอื่นๆ ในข้าวทุกพันธุ์

จำนวนกรดอะมิโนจำเป็นจะเป็นตัวกำหนดถึงคุณค่าทางโภชนาการด้านคุณค่าทางโปรตีน ซึ่งมีความจำเป็นต่อร่างกาย ร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นได้ ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น ดังนั้นการรับประทานอาหารที่มีกรดอะมิโนจำเป็นในจำนวนที่เหมาะสมต่อร่างกายจะเป็นสิ่งที่ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในข้าวพันธุ์พื้นเมืองจัดว่าเป็นแหล่งพันธุกรรมที่มีกรดอะมิโนจำเป็นที่ดีและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งที่จะใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเพื่อส่งเสริมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อันเนื่องจากข้าวของมูลนิธิโครงการหลวงต่อไป

สรุปผลการทดลอง

1. ข้าวไร่พื้นเมืองพันธุ์รวบรวมมีความหลากหลายทางพันธุกรรมในลักษณะสีเปลือก สีเยื่อหุ้มเมล็ด ทรงกอ สีแผ่นใบ สีข้อ สีข้อต่อใบ สียอดดอกและการมีหางข้าว และไม่พบความหลากหลายของลักษณะสีกาบใบ สีหูใบ สีลิ้นใบและสีปล้องในทุกพันธุ์
2. เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองมีอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างเมล็ดข้าวเปลือกเฉลี่ย 2.18-3.66 มิลลิเมตร ซึ่งน้อยกว่าข้าวนาพันธุ์ปรับปรุง และถูกจัดอยู่ในกลุ่ม *indica* type
3. พบความแตกต่างทางพันธุกรรมของกรดอะมิโนจำเป็นในข้าวไร่พื้นเมืองพันธุ์รวบรวม โดยสามารถพบกรดอะมิโนจำเป็นทั้ง 8 ชนิดได้ แต่จะปรากฏชนิดแตกต่างกันไปในแต่ละพันธุ์ ตั้งแต่ 2-6 ชนิดและมีการกระจายตัวอย่างอิสระ และไม่พบพันธุ์ข้าวที่มีกรดอะมิโนครบทั้ง 8 ชนิดเลย ซึ่งข้าวพันธุ์บือคอแพบจำนวนของกรดอะมิโนมากที่สุดถึง 6 ชนิดมากกว่าข้าวพันธุ์ปรับปรุง กข 6 และขาวดอกมะลิ 105 และไม่พบพันธุ์ข้าวที่มีกรดอะมิโนต่ำกว่า 2 ชนิด โดย threonine เป็นกรดอะมิโนที่พบได้บ่่อยที่สุด ส่วน lysine พบน้อย
4. สำหรับการตอบสนองของพันธุ์ข้าวต่อระดับปุ๋ยไนโตรเจน พบว่าพันธุ์บือคอแพบเป็นพันธุ์ข้าวที่มีจำนวนชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนจำเป็นมากที่สุด และกรดอะมิโนชนิด lysine มีการตอบสนองเป็นปฏิสัมพันธ์ร่วมกับพันธุ์ข้าว ส่วนกรดอะมิโนชนิดอื่นๆ นั้น มีการตอบสนองต่อระดับปุ๋ยไม่แตกต่างกันในข้าวแต่ละพันธุ์

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2528. การฝึกอบรมเกษตรกรชั้นนำโครงการข้าวไร่ที่สูง. หน้า 28-31.
- กรมวิชาการเกษตร. 2549. ข้าวที่สูง [ระบบออนไลน์]. <http://www.doa.go.th/data-agri/>. (ตุลาคม 2549)
- จันทบูรณ์ สุทธิ. 2533. พฤติกรรมของชาวนาที่มีต่อข้าว. ในเอกสารประกอบการอภิปรายเรื่อง “การพัฒนาข้าวไร่ทำลายป่าจริงหรือ”. การประชุมทางวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ครั้งที่ 5 วันที่ 7-8 กุมภาพันธ์ 2533 ณ อาคารอเนกประสงค์ ศูนย์วิจัยข้าวแพร่. หน้า 21-49.
- ฉวีวรรณ วุฒินุโณ. 2543. เอกสารวิชาการพันธุ์ข้าวพื้นเมืองไทย. ศูนย์ปฏิบัติการและเก็บเมล็ดเชื้อพันธุ์ข้าวแห่งชาติ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. หน้า 6-8.
- นิธิยา รัตนาปนนท์. 2536. เคมีอาหาร: บทที่ 6 โปรตีน. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 111-142.
- ปาน ปานขาว. 2539. ความแตกต่างทางไอโซไซม์และผลผลิตของพันธุ์ข้าวที่ปลูกโดยชุมชนกะเหรี่ยง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 109 หน้า.
- เพียงใจ ขจรนิพัทธ์. 2544. ชีวเคมี: โปรตีน. โครงการสวัสดิการวิชาการ สถาบันพระบรมราชชนก กระทรวงสาธารณสุข. หน้า 121-156.
- เยาวพา หัสธน. 2527. การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของพันธุ์ข้าวสายพันธุ์ดีเด่นที่ไม่ไวต่อช่วงแสง. ในรายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2527. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 106-107.
- วรรณวิสา แดงสกุล. 2547. การเปรียบเทียบคุณภาพโปรตีนในข้าวระหว่างพันธุ์ปลูกกับข้าวพันธุ์พื้นเมืองโบราณ. ปัญหาพิเศษภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. หน้า 8-44.
- ศศิเกษม ทองยงค์และพรณี เดชกำแหง. 2530. เคมีอาหารเบื้องต้น. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 90-116.
- คันสนีย์ จำจด. 2545. เอกสารคำสอนวิชา AGRO 411 Field crop improvement. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. หน้า 23-30.
- สุวัฒน์ เจริญมั่งคั่ง. 2539. การเพิ่มประสิทธิภาพปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว. วารสารวิชาการเกษตร 14(3): 217-229.
- เสาวนีย์ จักรพิทักษ์. 2542. หลักโภชนาการปัจจุบัน. บริษัท โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด. กรุงเทพฯ. หน้า 46-63.
- Briggs, G.M. and C.D. Howes. 1979. Nutrition and Physical Fitness. 10th ed. Philadelphia. W.B. Saunders Company. p 100.

- Eppendorfer, W.H. 1978. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium on amino acid composition and on relationships between nitrogen and amino acid in wheat and oat grain. *J. Sci. Fd. Agric.* 29: 995-1001.
- IRRI. 1988. Rice Ratooning. The International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. 279 p.
- IRRI-IBPGR. 1980. Descriptors for rice *Oryza sativa* L. The International Rice Research Institute, P.O. Box 933, Manila, Philippines. 21 p.
- Juliano, B.O., A.A. Antonio and B.V. Esmana. 1973. Effects of protein content on the distribution and properties of rice protein. *J. Sci. Fd. Agric.* 24: 295-306.
- Lasztity, R. 1996. Rice Protein Ch.8 in the chemistry of cereal proteins. 2nd ed. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida. pp. 249-273.
- Moore, P.A., J.T. Gimour and B.R. Wells. 1981. Seasonal patens of growth and soil nitrogen uptake by rice. *J. Soil Sci. Soc. Am.* pp. 875-879.
- Patrick, R.M., F.H. Hoskins, E. Wilson and F.J. Peterson. 1974. Protein and amino acid content of rice as affected by application of nitrogen fertilizer. *Cereal Chem.* 51: 84-95.
- Power, L.E. and R. Mcsorley. 2000. *Ecological Principles of Agriculture*. Delmar. Thomson Learning. 433 p.
- Robinson, D.W. and R. Sageman. 1968. Amino acid composition of South Africa and Australian wheat varieties as a function of their nitrogen content. *J. Sci. Fd. Agric.* 19: 9-11.
- Vaughan, D.A., M. Womack, R.T. Smith and W.J. Wiser. 1980. Protein quality of rice as affected by application of nitrogen fertilizer. *J. Agric. Food Chem.* 28: 894-896.
- Wang, M., N.S. Hettiarachchy, M. Qi, W. Barks and T. Siebenmorgen. 1999. Preparation and functional properties of rice bran protein isolate. *J. Agric. Food Chem.* 47(2): 411-416.
- Watanabe, H. and S. Yoshida. 1970. Effect in nitrogen, phosphorus and potassium on photophospho- relation in rice in relation to the photosynthetic rate of single leaf. *Soil Sci. Soc. Plant Nutr.* pp 163-166.
- Zhai, C. K., C.M. Lu, X.Q. Zhang, G.J. Sun and K.J. Lorenz. 2001. Comparative study on nutritional value of Chinese and North American wild rice. *Journal of Food Composition and Analysis.* 14: 371-382.



ภาคผนวก 1 รหัส ชื่อพื้นที่ แหล่งที่มาและประเภทของเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้ง 54 พันธุ์

| รหัสพันธุ์ | ชื่อพันธุ์ | แหล่งที่มา | ประเภทของข้าว |
|------------|----------------------|--|---------------|
| 002 | SPT91029-PMP-3-2-1 | สถานีทดลองข้าวปางมะผ้า | ข้าวไร่ |
| 003 | SPT91029-PMP-3-10-1 | สถานีทดลองข้าวปางมะผ้า | ข้าวไร่ |
| 004 | จ่านอนี่ | หมู่บ้านหนองเขียว ต.เมืองนะ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ | ข้าวไร่ |
| 006 | แฮ่ตุ | หมู่บ้านใหม่สามัคคี ต.เมืองนะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ | ข้าวไร่ |
| 007 | จะกุกิ | หมู่บ้านหนองเขียว ต.เมืองนะ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ | ข้าวไร่ |
| 018 | จ้าวขาว | สถานีทดลองข้าวปางมะผ้า | ข้าวไร่ |
| 025 | จำแอ้ | สถานีทดลองข้าวปางมะผ้า | ข้าวไร่ |
| 026 | จิดี้ว | สถานีทดลองข้าวปางมะผ้า | ข้าวไร่ |
| 035 | บือพะโค๊ะ | ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโง๊ะ | ข้าวไร่ |
| 044 | นิกอ | หมู่บ้านห้วยถ้ำ ต.เมืองนะ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ | ข้าวไร่ |
| 050 | ขาวยาว | สถานีทดลองข้าวปางมะผ้า | ข้าวไร่ |
| 051 | เจ้าลิซอ | สถานีทดลองข้าวปางมะผ้า | ข้าวไร่ |
| 052 | SPTUR84032-PMP-6-3-2 | สถานีทดลองข้าวปางมะผ้า | ข้าวไร่ |
| 056 | SPT88004-SMG9-2-1-1 | สถานีทดลองข้าวปางมะผ้า | ข้าวไร่ |
| 058 | ข้าวแซ่ | สถานีทดลองข้าวปางมะผ้า | ข้าวไร่ |
| 059 | ปางอู้ง(เมล็ดลาย) | ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงปางอู้ง | ข้าวไร่ |
| 065 | เร้าสุหยา | ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแก่น้อย | ข้าวไร่ |
| 072 | ข้าวขาวสะโง๊ะ | ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโง๊ะ | ข้าวไร่ |
| 073 | ปอ้อ | ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ | ข้าวไร่ |
| 076 | ข้าวขาวห้วยน้ำริน | ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำริน | ข้าวไร่ |
| 077 | ข้าวขาวแม่ลาน้อย | ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ลาน้อย | ข้าวไร่ |
| 078 | ข้าวขาวปางอู้ง | ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงปางอู้ง | ข้าวไร่ |
| 081 | ข้าวขาวแม่หลอด | ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่หลอด | ข้าวไร่ |
| 086 | อะร้อย | สถานีทดลองข้าวปางมะผ้า | ข้าวไร่ |
| 088 | ข้าวเหนียวอีบ๊อแป | สถานีทดลองข้าวปางมะผ้า | ข้าวไร่ |
| 089 | ข้าวขาวบือวา | สถานีทดลองข้าวปางมะผ้า | ข้าวไร่ |
| 092 | บือคอแพ | ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ลาน้อย | ข้าวไร่ |
| 094 | บือหมือ | ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ลาน้อย | ข้าวไร่ |
| 097 | บนด้า | ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยเล็ง | ข้าวไร่ |
| 102 | หลวงพระบาง 1 | หลวงพระบาง ประเทศลาว | ข้าวไร่ |
| 103 | หลวงพระบาง 2 | หลวงพระบาง ประเทศลาว | ข้าวไร่ |
| 104 | หลวงพระบาง 3 | หลวงพระบาง ประเทศลาว | ข้าวไร่ |
| 105 | หลวงพระบาง 4 | หลวงพระบาง ประเทศลาว | ข้าวไร่ |
| 106 | หลวงพระบาง 5 | หลวงพระบาง ประเทศลาว | ข้าวไร่ |
| 107 | หลวงพระบาง 6 | หลวงพระบาง ประเทศลาว | ข้าวไร่ |
| 108 | หลวงพระบาง 7 | หลวงพระบาง ประเทศลาว | ข้าวไร่ |
| 109 | หลวงพระบาง 8 | หลวงพระบาง ประเทศลาว | ข้าวไร่ |
| 110 | หลวงพระบาง 9 | หลวงพระบาง ประเทศลาว | ข้าวไร่ |
| 111 | หลวงพระบาง 10 | หลวงพระบาง ประเทศลาว | ข้าวไร่ |
| 112 | หลวงพระบาง 11 | หลวงพระบาง ประเทศลาว | ข้าวไร่ |

ภาคผนวก 1 (ต่อ)

| รหัสพันธุ์ | ชื่อพันธุ์ | แหล่งที่มา | ประเภทของข้าว |
|-------------------|-------------------------|---|---------------|
| 113 | หลวงพระบาง 12 | หลวงพระบาง ประเทศลาว | ข้าวไร่ |
| 114 | หลวงพระบาง 13 | หลวงพระบาง ประเทศลาว | ข้าวไร่ |
| 115 | หลวงพระบาง 14 | หลวงพระบาง ประเทศลาว | ข้าวไร่ |
| 117 | หลวงพระบาง 16 | หลวงพระบาง ประเทศลาว | ข้าวไร่ |
| 118 | ข้าวเหนียวหลวงพระบาง 17 | หลวงพระบาง ประเทศลาว | ข้าวไร่ |
| 119 | จอหมอยา | หมู่บ้านหนองวัวแดง ต.เมืองนะ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ | ข้าวไร่ |
| 120 | จ่านอนะ | หมู่บ้านหนองเขียว ต.เมืองนะ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ | ข้าวไร่ |
| 121 | ข้าวม้าห้า | หมู่บ้านใหม่สามัคคีอำเภอ ต.เมืองนะ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ | ข้าวไร่ |
| 122 | ข้าพะแซ | หมู่บ้านใหม่สามัคคีอำเภอ ต.เมืองนะ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ | ข้าวไร่ |
| 123 | ลาซอแดง | ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยเล็ง | ข้าวไร่ |
| พันธุ์เปรียบเทียบ | กข. 6 | คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ | ข้าวนา |
| พันธุ์เปรียบเทียบ | กข.15 | คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ | ข้าวนา |
| พันธุ์เปรียบเทียบ | ขาวดอกมะลิ 105 | คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ | ข้าวนา |
| พันธุ์เปรียบเทียบ | ก้าคอยสะเก็ด | คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ | ข้าวนา |

ภาคผนวก 2 การประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาที่เป็นลักษณะทางคุณภาพ (IRRI-IBPGR, 1980)

ลักษณะ

เกณฑ์การประเมิน

- ทรงกอ (1) ตั้งตรง (3) เอนเล็กน้อย (5) เอน (7) เอนมาก (9) นอน
- สีแผ่นใบ (1) เขียวอ่อน (2) เขียว (3) เขียวเข้ม (4) ม่วงที่ปลาย (5) ม่วงที่ริม (ขอบ) (6) ม่วงผสมเขียว (7) ม่วงทั้งใบ
- สีกาบใบ (1) เขียว (2) เขียวเส้นม่วง (3) ม่วงอ่อน (4) ม่วง
- สีลิ้นใบ (1) ขาว (2) ขาวเส้นม่วง (3) ม่วง
- สีหูใบ (1) เขียว (2) เขียวเส้นม่วง (3) ม่วง
- สีข้อ (1) เขียวอ่อน (2) เขียว (3) ม่วง
- สีข้อต่อใบ (1) เขียวอ่อน (2) เขียว (3) ม่วง
- สีปล้อง (1) เขียว (2) เหลืองอ่อน (3) เขียวเส้นม่วง (4) ม่วง
- สียอดเกสรตัวเมีย (1) ขาว (2) เขียวอ่อน (3) เหลือง (4) ม่วงอ่อน (5) ม่วงดำ
- สียอดดอก (1) ขาว (2) ฟาง (3) น้ำตาล (4) แดง (5) ชมพู (6) ม่วง (7) ม่วงดำ
- สีกลีบรองดอก (1) ฟาง (2) เหลือง (3) แดง (4) ม่วงดำ (5) น้ำตาล
- หางข้าว (0) ไม่มี (1) สั้น (< 1 ซม.) บางเมล็ด (5) สั้น (< 1 ซม.) ทุกเมล็ด (7) ยาวและมีบางเมล็ด (9) ยาวและมีทุกเมล็ด
- สีเปลือกเมล็ด (1) ฟาง (2) ฟางสลับน้ำตาล (3) น้ำตาลเข้มขีดเหลือง (4) ฟางกระน้ำตาล (5) ม่วง
- สีเยื่อหุ้มเมล็ด (1) ขาว (2) แดง (3) น้ำตาล (4) น้ำตาลเข้ม (5) ม่วง

ภาคผนวก 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการตอบสนองของพันธุ์ข้าวในการสร้างกรดอะมิโน lysine ต่อระดับปุ๋ยต่างๆ

| SOURCE | DF | SS | MS | F | P |
|------------------------|----|---------|---------|--------|--------|
| rep | 2 | 0.015 | 0.0075 | | |
| nitrogen | 2 | 18.452 | 9.2261 | 55.16 | 0.0012 |
| Error rep*nitrogen | 4 | 0.669 | 0.1673 | | |
| var | 6 | 301.020 | 50.1701 | 672.06 | 0.0000 |
| nitrogen*var | 12 | 21.654 | 1.8045 | 24.17 | 0.0000 |
| Error rep*nitrogen*var | 36 | 2.687 | 0.0747 | | |
| Total | 62 | 344.498 | | | |

ภาคผนวก 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการตอบสนองของพันธุ์ข้าวในการสร้างกรดอะมิโน tryptophan ต่อระดับปุ๋ยต่างๆ

| SOURCE | DF | SS | MS | F | P |
|------------------------|----|---------|---------|--------|--------|
| rep | 2 | 0.035 | 0.017 | | |
| nitrogen | 2 | 34.402 | 17.201 | 109.81 | 0.0003 |
| Error rep*nitrogen | 4 | 0.627 | 0.157 | | |
| var | 6 | 744.524 | 124.087 | 442.49 | 0.0000 |
| nitrogen*var | 12 | 48.919 | 4.077 | 14.54 | 0.0000 |
| Error rep*nitrogen*var | 36 | 10.095 | 0.280 | | |
| Total | 62 | 838.601 | | | |

ภาคผนวก 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการตอบสนองของพันธุ์ข้าวในการสร้างกรดอะมิโน methionine ต่อระดับปุ๋ยต่างๆ

| SOURCE | DF | SS | MS | F | P |
|------------------------|----|---------|---------|---------|--------|
| rep | 2 | 0.28 | 0.142 | | |
| nitrogen | 2 | 28.69 | 14.345 | 204.04 | 0.0001 |
| Error rep*nitrogen | 4 | 0.28 | 0.070 | | |
| var | 6 | 974.11 | 162.352 | 1687.85 | 0.0000 |
| nitrogen*var | 12 | 38.97 | 3.248 | 33.77 | 0.0000 |
| Error rep*nitrogen*var | 36 | 3.46 | 0.096 | | |
| Total | 62 | 1045.80 | | | |

ภาคผนวก 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการตอบสนองของพันธุ์ข้าวในการสร้างกรดอะมิโน phenylalanine ต่อระดับปุ๋ยต่างๆ

| SOURCE | DF | SS | MS | F | P |
|------------------------|----|---------|---------|--------|--------|
| rep | 2 | 2.89 | 1.443 | | |
| nitrogen | 2 | 66.30 | 33.149 | 29.09 | 0.0041 |
| Error rep*nitrogen | 4 | 4.56 | 1.140 | | |
| var | 6 | 1538.62 | 256.437 | 549.52 | 0.0000 |
| nitrogen*var | 12 | 94.11 | 7.843 | 16.81 | 0.0000 |
| Error rep*nitrogen*var | 36 | 16.80 | 0.467 | | |
| Total | 62 | 1723.28 | | | |

ภาคผนวก 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการตอบสนองของพันธุ์ข้าวในการสร้างกรดอะมิโน threonine ต่อระดับปุ๋ยต่างๆ

| SOURCE | DF | SS | MS | F | P |
|------------------------|----|---------|---------|--------|--------|
| rep | 2 | 0.986 | 0.493 | | |
| nitrogen | 2 | 31.395 | 15.697 | 99.40 | 0.0004 |
| Error rep*nitrogen | 4 | 0.632 | 0.158 | | |
| var | 6 | 721.552 | 120.259 | 592.06 | 0.0000 |
| nitrogen*var | 12 | 47.136 | 3.928 | 19.34 | 0.0000 |
| Error rep*nitrogen*var | 36 | 7.312 | 0.203 | | |
| Total | 62 | 809.012 | | | |

ภาคผนวก 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการตอบสนองของพันธุ์ข้าวในการสร้างกรดอะมิโน valine ต่อระดับปุ๋ยต่างๆ

| SOURCE | DF | SS | MS | F | P |
|------------------------|----|---------|---------|---------|--------|
| rep | 2 | 0.282 | 0.141 | | |
| nitrogen | 2 | 53.202 | 26.601 | 206.37 | 0.0001 |
| Error rep*nitrogen | 4 | 0.516 | 0.129 | | |
| var | 6 | 761.846 | 126.974 | 1258.73 | 0.0000 |
| nitrogen*var | 12 | 71.757 | 5.980 | 59.28 | 0.0000 |
| Error rep*nitrogen*var | 36 | 3.631 | 0.101 | | |
| Total | 62 | 891.235 | | | |

ภาคผนวก 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการตอบสนองของพันธุ์ข้าวในการสร้างกรดอะมิโน leucine ต่อระดับปุ๋ยต่างๆ

| SOURCE | DF | SS | MS | F | P |
|------------------------|----|---------|---------|-------|--------|
| rep | 2 | 0.918 | 0.459 | | |
| nitrogen | 2 | 211.524 | 105.762 | 62.83 | 0.0010 |
| Error rep*nitrogen | 4 | 6.733 | 1.683 | | |
| var | 6 | 7.437 | 1.239 | 2.84 | 0.0229 |
| nitrogen*var | 12 | 11.173 | 0.931 | 2.13 | 0.0396 |
| Error rep*nitrogen*var | 36 | 15.722 | 0.437 | | |
| Total | 62 | 253.507 | | | |

ภาคผนวก 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการตอบสนองของพันธุ์ข้าวในการสร้างกรดอะมิโน isoleucine ต่อระดับปุ๋ยต่างๆ

| SOURCE | DF | SS | MS | F | P |
|------------------------|----|---------|---------|--------|--------|
| rep | 2 | 1.04 | 0.519 | | |
| nitrogen | 2 | 53.45 | 26.726 | 92.44 | 0.0004 |
| Error rep*nitrogen | 4 | 1.16 | 0.289 | | |
| var | 6 | 1074.12 | 179.020 | 749.12 | 0.0000 |
| nitrogen*var | 12 | 161.44 | 13.454 | 56.30 | 0.0000 |
| Error rep*nitrogen*var | 36 | 8.60 | 0.239 | | |
| Total | 62 | 1299.81 | | | |