บทที่ 4

ผลการศึกษาส่วนที่ 1 : งานศึกษาทดลองในแปลง

อิทธิพลของธาตุไนโตรเจนและธาตุเหล็ก ต่อลักษณะทางสัณฐาน ลักษณะทางสรีระ ผลผลิต คุณภาพการสี และคุณค่าทางโภชนาการของข้าว

4.1 อิทธิพลของธาตุไนโตรเจนและเหล็กต่อลักษณะทางสัณฐานของข้าว

4.1.1 ลักษณะทางพืชไร่

ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index ; LAI) ในระยะแทงช่อดอก

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) (ตาราง 4.1) พบเพียงว่าอัตราไนโตรเจนที่แตกต่างกันเท่านั้น ที่มีผลทำให้ดัชนีพื้นที่ใบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยการเพิ่มอัตราไนโตรเจนให้แก่ข้าวทั้งสองพันธุ์ จะส่งผลให้ ดัชนีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น ซึ่งการที่ข้าวได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ให้ค่าดัชนีพื้นที่ใบสูงสุด เท่ากับ 3.43 (ตาราง 4.2)

ตาราง 4.1 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ของดัชนีพื้นที่ใบในระยะแทงช่อดอก ความสูงของต้นข้าว และความยาวรวง ในระยะเก็บเกี่ยว ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนและธาตุเหล็กในอัตราที่แตกต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI)	ความสูงของต้นข้าว (ซม.)	ความยาวรวง (ซม.)
VAR	ns	**	ns
N	**	ns	ns
VAR*N	ns	ns	*
FE	ns	ns	*
VAR*FE	ns	*	ns
N*FE	ns	ns	ns
VAR*N*FE	ns	ns	ns
CV%	31.56	2.50	2.49

VAR = พันธุ์ N = ธาตุไนโตรเจน FE = ธาตุเหล็ก

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

ตาราง 4.2 ดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index : LAI) เฉลี่ย ในระยะแทงช่อดอกของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0, 70 และ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์

อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กิโลกรัมไนโตรเจน/เฮกตาร์)	ดัชนีพื้นที่ใบ (Leave area index) ในระยะแทงช่อดอก
0	2.37b
70	3.27ab
140	3.43a

$LSD_{0.01}$ อัตราไนโตรเจน = 0.91

ความสูงของข้าวในระยะเก็บเกี่ยว

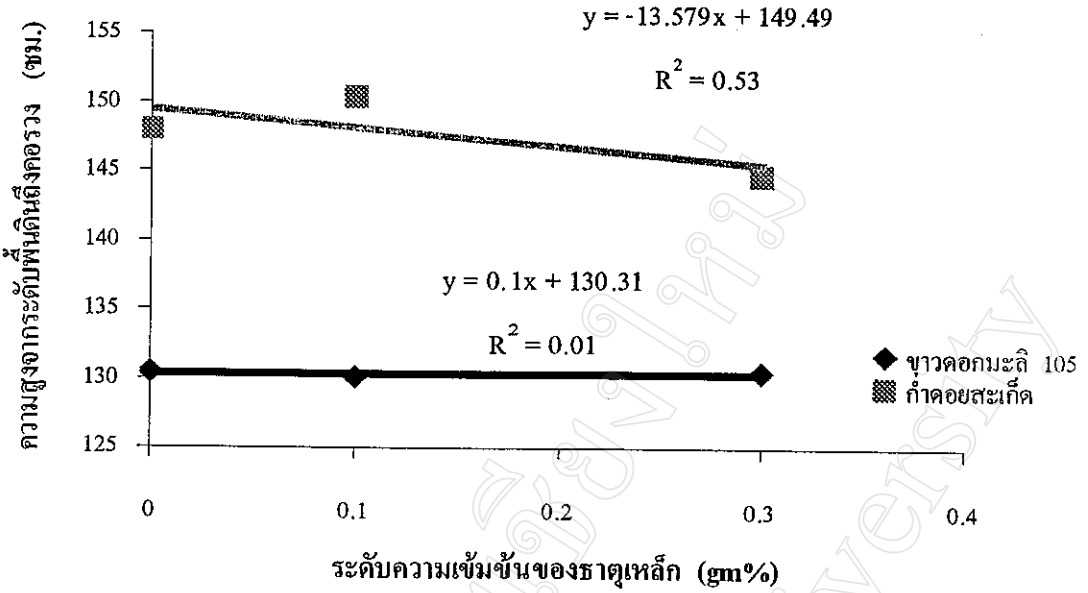
จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าความแตกต่างกันอย่างสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$) ของความสูงของต้นข้าว ได้รับอิทธิพลโดยตรงจากพันธุ์ข้าวที่แตกต่างกัน (ตาราง 4.1) โดยพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดมีความสูงมากกกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (147.68 และ 130.32 เซนติเมตร ตามลำดับ) (ตาราง 4.3)

ตาราง 4.3 ความสูงเฉลี่ยของต้นข้าว (ซม.) ในระยะเก็บเกี่ยวของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด

พันธุ์	ความสูงของต้นข้าว (เซนติเมตร)
ขาวดอกมะลิ 105	130.32b
ก่ำดอยสะเก็ด	147.68a

$LSD_{0.01}$ พันธุ์ = 5.42

จากผลการวิเคราะห์ยังพบว่า ความสูงของข้าวได้รับอิทธิพลจากการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ต่อความสูงของข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าการเพิ่มขึ้นของระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ทำให้ความสูงของข้าวก่ำดอยสะเก็ดมีแนวโน้มที่ลดลงเล็กน้อย ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของระดับความเข้มข้นธาตุเหล็กไม่มีผลต่อความสูงของข้าวขาวดอกมะลิ 105 (ภาพที่ 4.1)



ภาพที่ 4.1 ปฏิสัมพันธ์ของความสูงของข้าว ในระยะเก็บเกี่ยวของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์กำดอยสะเก็ด ที่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.0 , 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์

ความยาวรวง

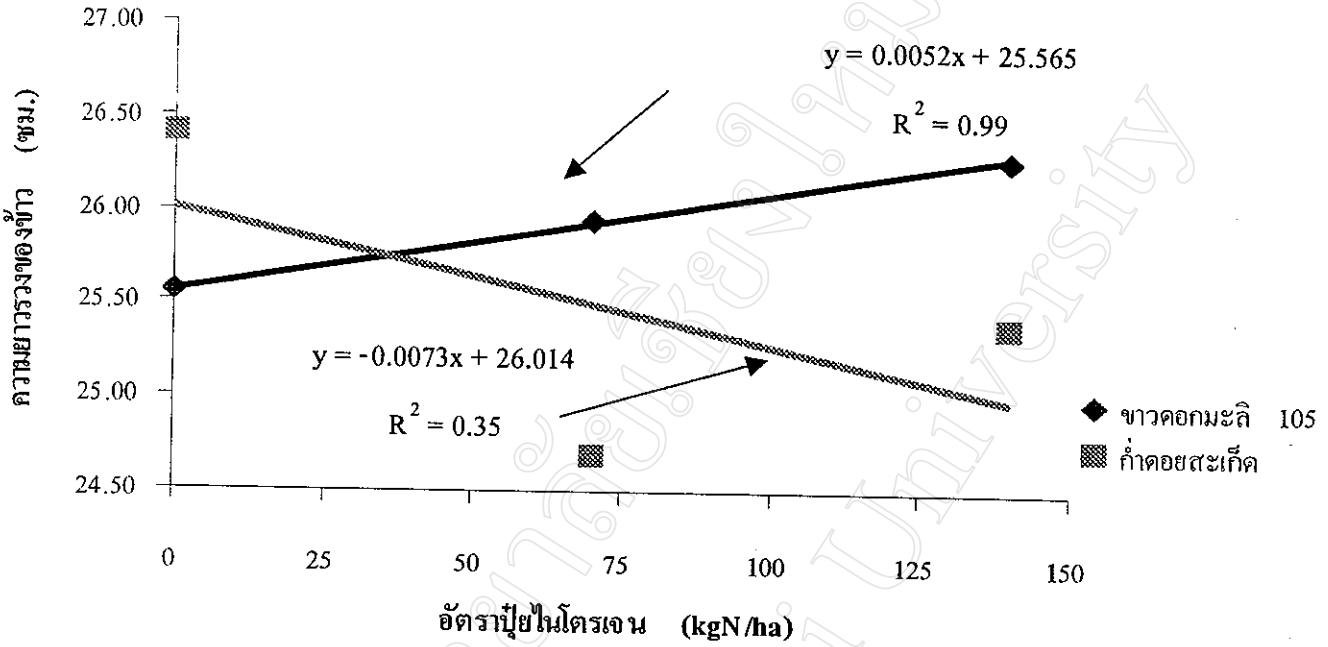
จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก และปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์กับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน มีผลต่อความยาวรวงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตาราง 4.1) โดยพบว่าการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.1 กรัมเปอร์เซ็นต์ ทำให้ความยาวรวงเท่ากับ 26.06 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าที่ระดับการฉีดพ่นธาตุเหล็ก 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ และการไม่ฉีดพ่นธาตุเหล็กเพียงเล็กน้อย (ตาราง 4.4)

ตาราง 4.4 ความยาวรวงเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์กำดอยสะเก็ด ที่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.0, 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์

ความเข้มข้นของธาตุเหล็ก (กรัมเปอร์เซ็นต์)	ความยาวรวง (เซนติเมตร)
0.0	25.69ab
0.1	26.06a
0.3	25.39b

$LSD_{0.05}$ ระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก = 0.44

จากปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน ที่มีผลต่อความยาวรวง พบว่าการเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนมีผลทำให้ความยาวรวงของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เพิ่มขึ้น ในทางกลับกัน การเพิ่มไนโตรเจนทำให้ความยาวรวงของข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดมีแนวโน้มลดลง (ภาพที่ 4.2)



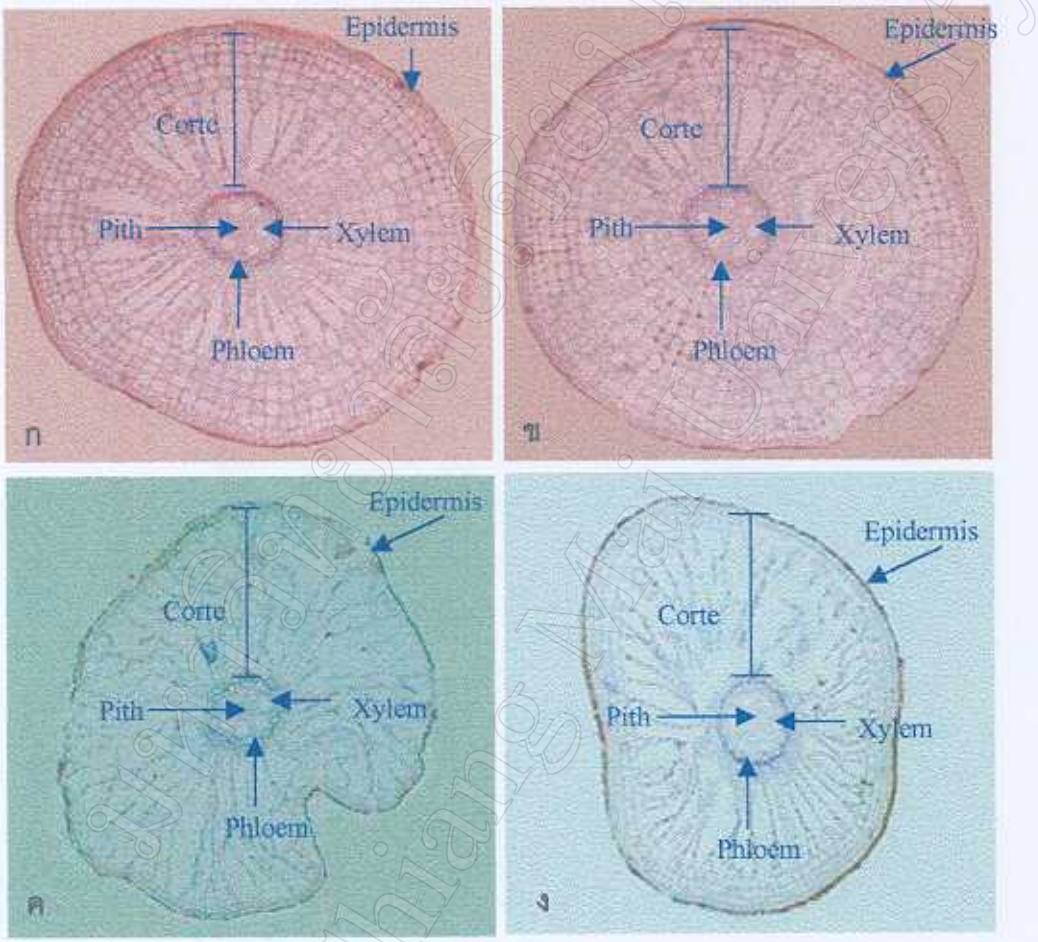
ภาพที่ 4.2 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวก่ำดอยสะเก็ด กับปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 0 , 70 และ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ที่มีผลต่อความยาวรวงของข้าวในระยะเก็บเกี่ยว

4.1.2 ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อ

จากการสังเกตผลการศึกษาลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของรากและใบข้าว โดยวิธี Paraffin section พบว่ารากและใบของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับไนโตรเจนระดับต่างกัน ร่วมกับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน ไม่มีผลทำให้เกิดความแตกต่างกันอย่างชัดเจนต่อลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของขนาด จำนวน ตำแหน่งขององค์ประกอบต่าง ๆ ของรากและใบ เช่น Epidermis, Endodermis, Xylem, Phloem, Cortex, Pith และ Cuticle แต่อย่างใด รายละเอียดของลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของราก และโคนใบทั้งบริเวณเส้นกลางใบ และขอบใบด้านซ้ายและขวา ดังจะได้นำเสนอต่อไปนี้

ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของราก

จากการสังเกตโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของรากข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด พบว่าในทุกอัตราปุ๋ยไนโตรเจน ร่วมกับทุกระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่ฉีดพ่นให้แก่ข้าวทั้งสองพันธุ์ ไม่ส่งผลทำให้เกิดความแตกต่างกันของขนาด จำนวน ตำแหน่งขององค์ประกอบต่าง ๆ เช่น Epidermis, Endodermis, Xylem, Phloem, Cortex และ Pith แต่อย่างใด (ภาพที่ 4.3 และ 4.4)



ภาพที่ 4.3 ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของรากข้าว กำลังขยาย 47 เท่า

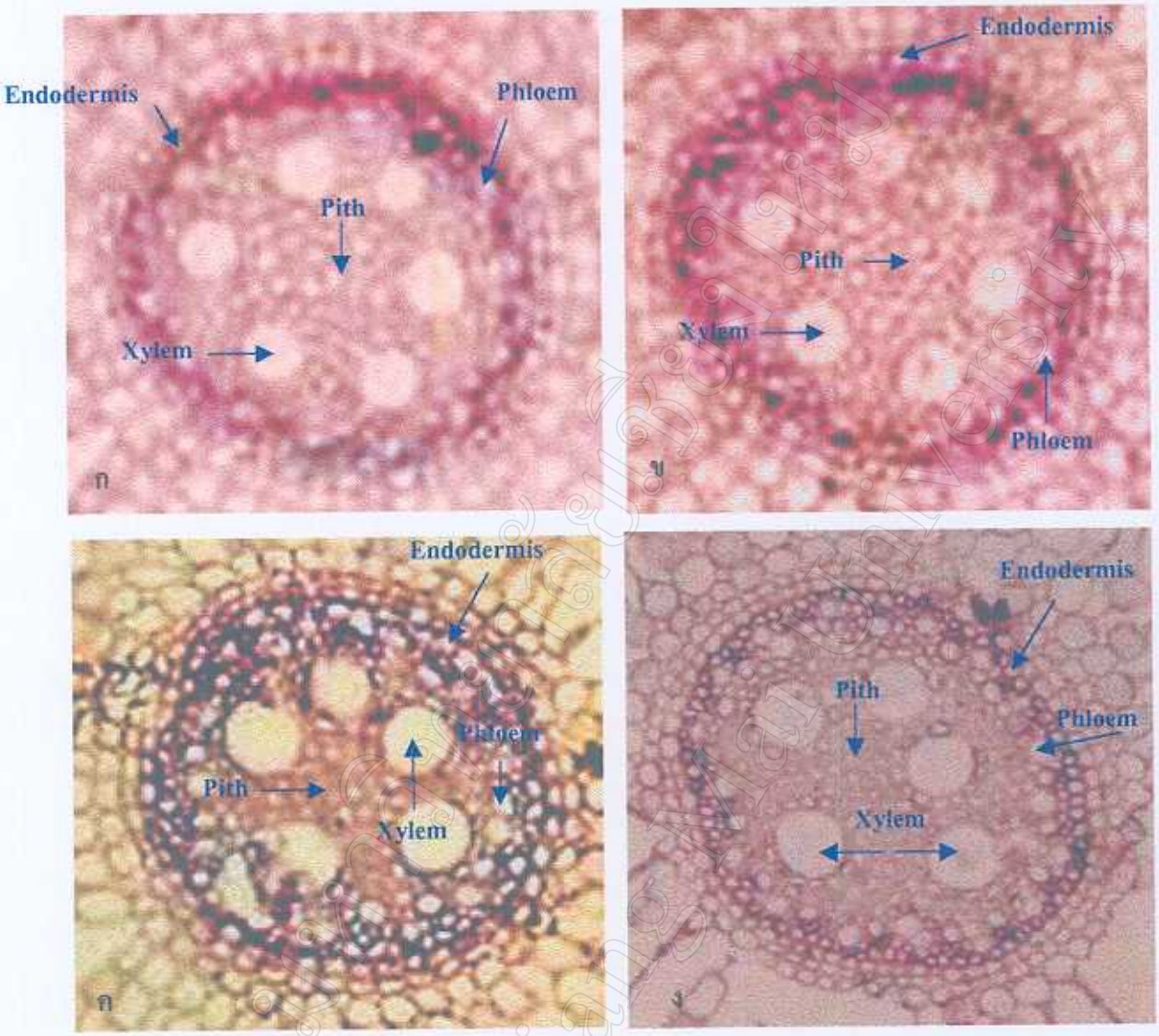
ก. ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของรากข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน และไม่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็ก

ข. ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของรากข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน และไม่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็ก

ค. ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของรากข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ร่วมกับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์

ง. ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของรากข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ที่รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ร่วมกับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์

ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของราก



ภาพที่ 4.4 ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของรากข้าว กำลังขยาย 118 เท่า

ก. ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของรากข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน และไม่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็ก

ข. ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของรากข้าวพันธุ์กำดอยสะเก็ด ที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน และไม่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็ก

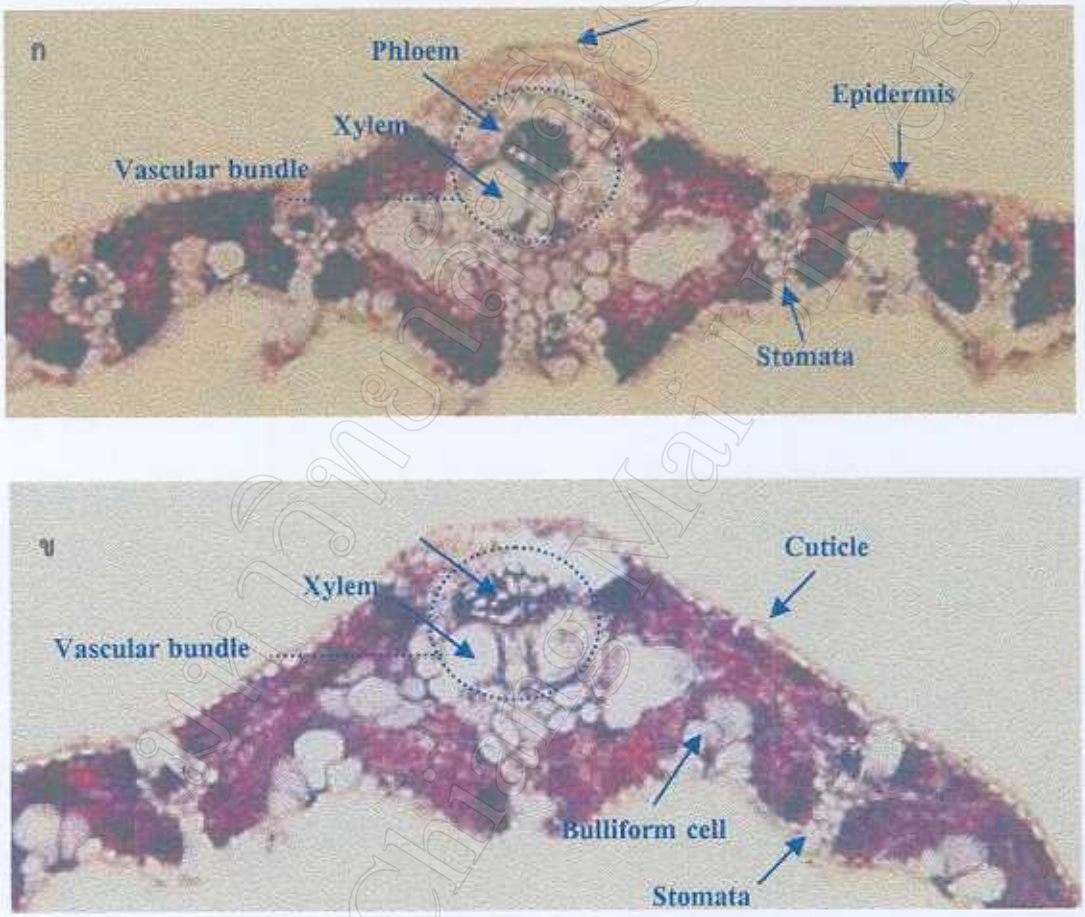
ค. ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของรากข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ร่วมกับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์

ง. ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของรากข้าวพันธุ์กำดอยสะเก็ด ที่รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ร่วมกับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์

ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของใบ

จากการสังเกตโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของใบข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด พบว่าในทุกอัตราปุ๋ยไนโตรเจน ร่วมกับทุกระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่ฉีดพ่นให้แก่ข้าวทั้งสองพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันของ Epidermis, Endodermis, Xylem, Phloem, Cortex และ Pith แต่อย่างใด (ภาพที่ 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 และ 4.10)

โคนใบบริเวณเส้นกลางใบ (midrib)

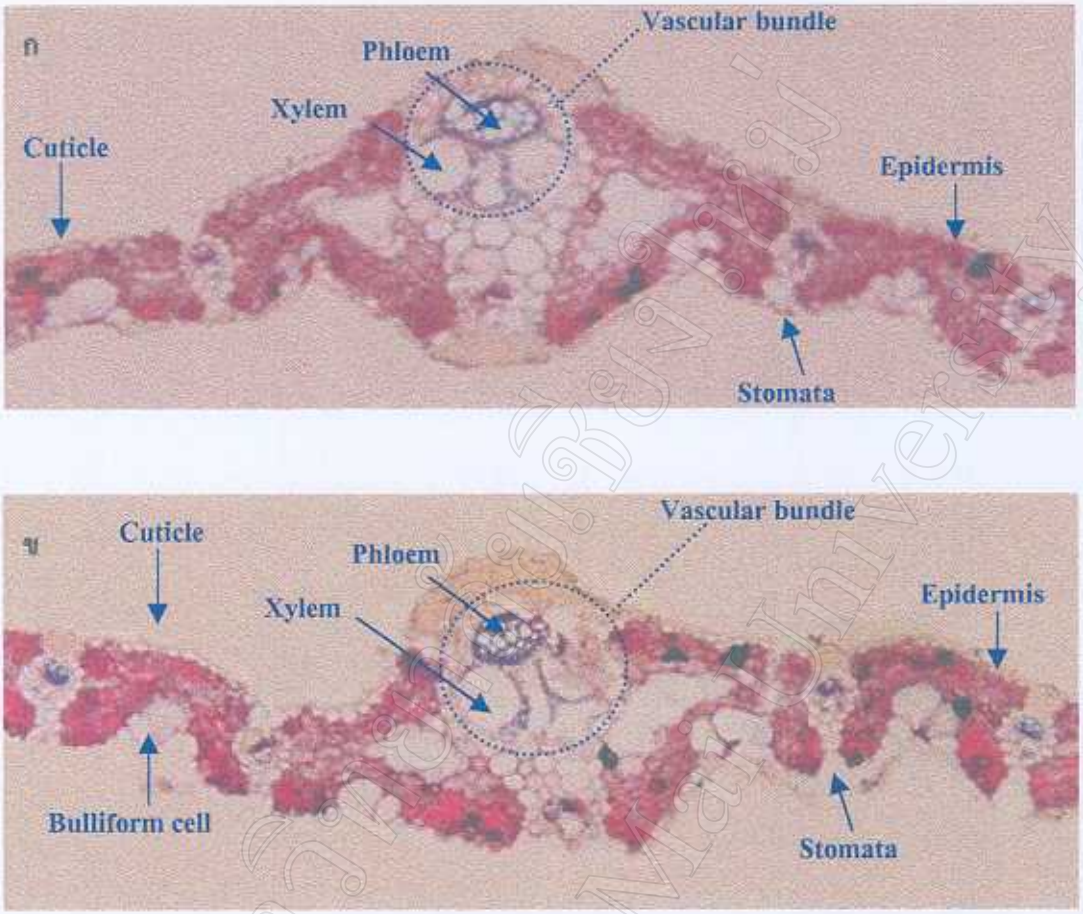


ภาพที่ 4.5 ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของใบข้าว ตำแหน่งโคนใบบริเวณเส้นกลางใบ (midrib) กำลังขยาย 118 เท่า

ก. ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของใบข้าว ตำแหน่งโคนใบบริเวณเส้นกลางใบ (midrib) ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105ที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน และไม่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็ก

ข. ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของใบข้าว ตำแหน่งโคนใบบริเวณเส้นกลางใบ (midrib) ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ร่วมกับการฉีดพ่นธาตุเหล็กระดับ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์

โคนใบบริเวณเส้นกลางใบ (midrib)

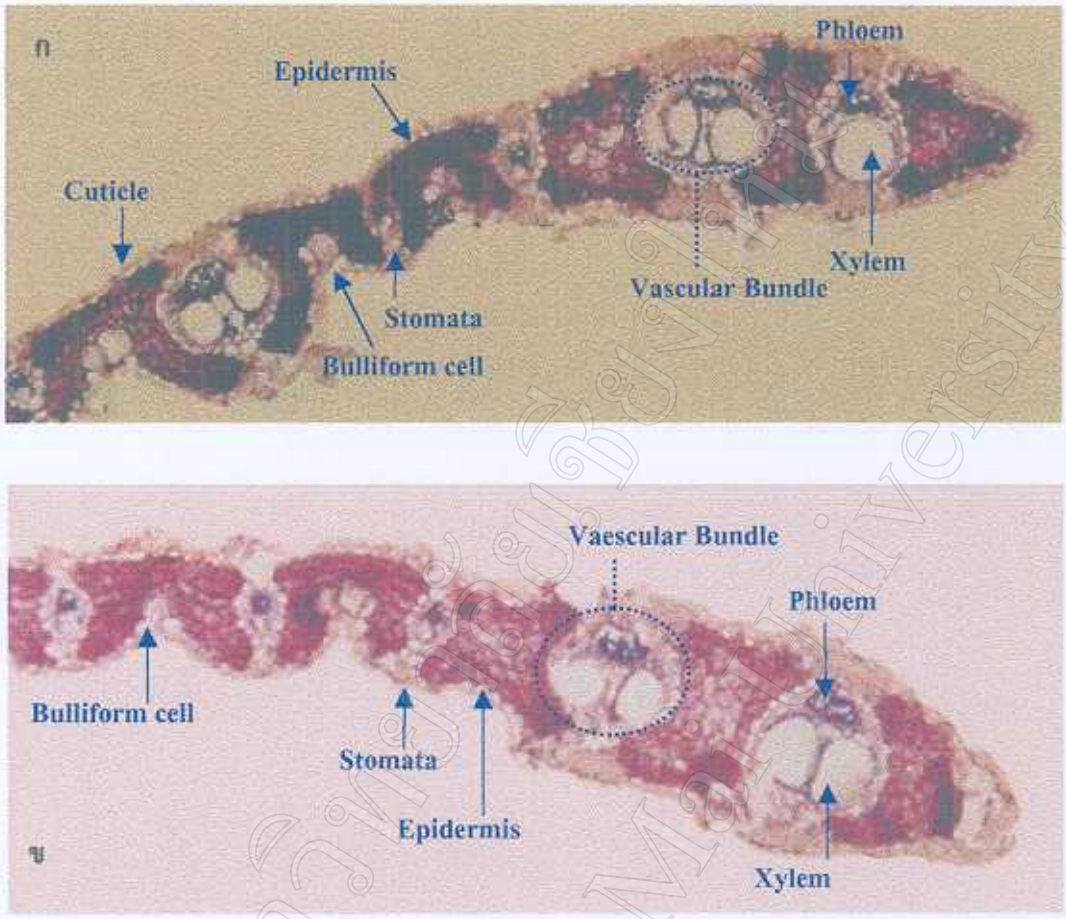


ภาพที่ 4.6 ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของใบข้าว ตำแหน่งโคนใบบริเวณเส้นกลางใบ (midrib) กำลังขยาย 118 เท่า

ก. ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของใบข้าว ตำแหน่งโคนใบบริเวณเส้นกลางใบ (midrib) ของข้าวพันธุ์กำดอย สะเก็ดที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน และไม่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็ก

ข. ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของใบข้าว ตำแหน่งโคนใบบริเวณเส้นกลางใบ (midrib) ของข้าวพันธุ์กำดอย สะเก็ดที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ร่วมกับการฉีดพ่นธาตุเหล็กระดับ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์

โคนใบบริเวณขอบใบทางด้านขวา

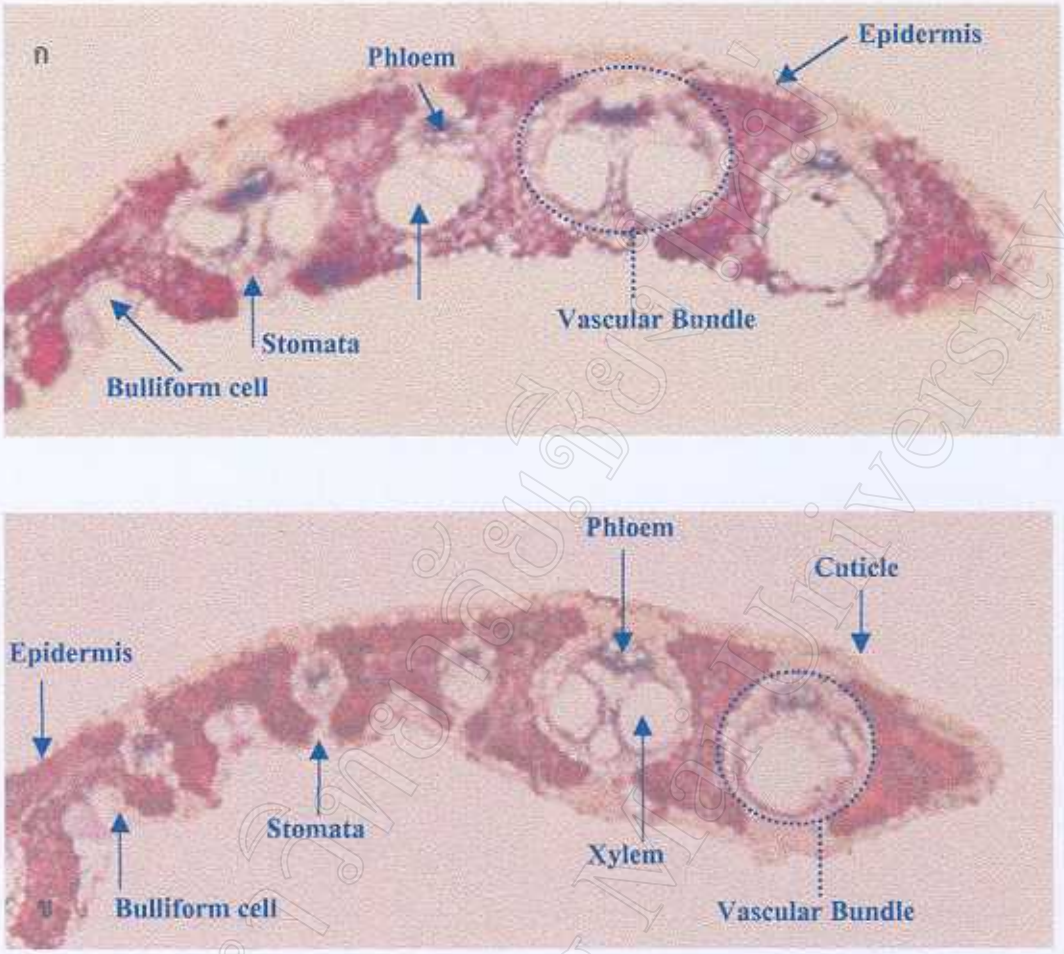


ภาพที่ 4.7 ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของใบข้าว กำลังขยาย 118 เท่า

ก. ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อ ตำแหน่งโคนใบบริเวณขอบใบด้านขวาของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน และไม่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็ก

ข. ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อ ตำแหน่งโคนใบบริเวณขอบใบด้านขวา ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ร่วมกับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์

โคนใบบริเวณขอบใบทางด้านขวา

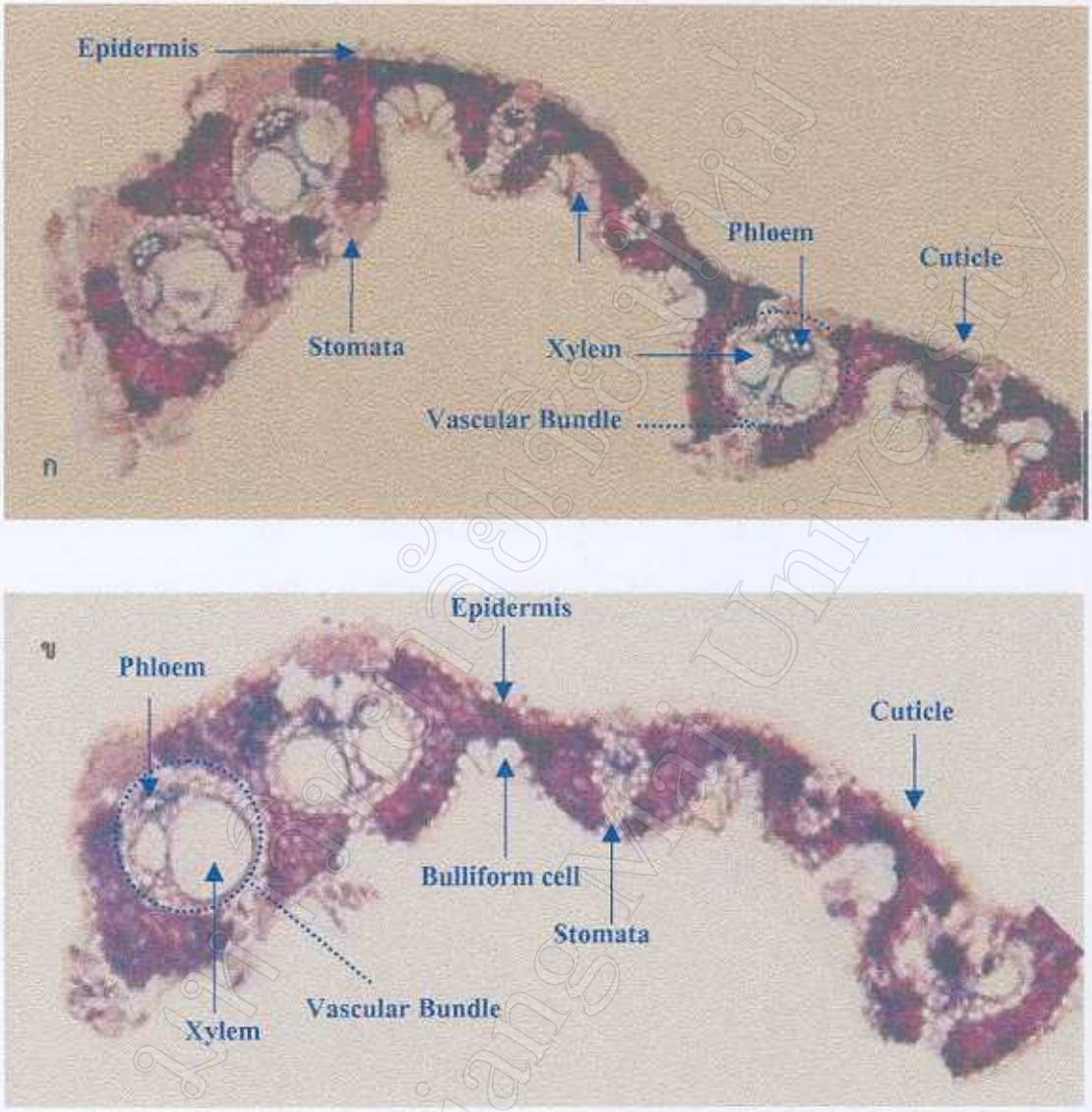


ภาพที่ 4.8 ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของใบข้าว กำลังขยาย 118 เท่า

ก. ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อ ตำแหน่งโคนใบบริเวณขอบใบด้านขวาของข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน และไม่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็ก

ข. ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อ ตำแหน่งโคนใบบริเวณขอบใบด้านขวา ของข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ร่วมกับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์

โคนใบบริเวณขอบใบทางด้านซ้าย

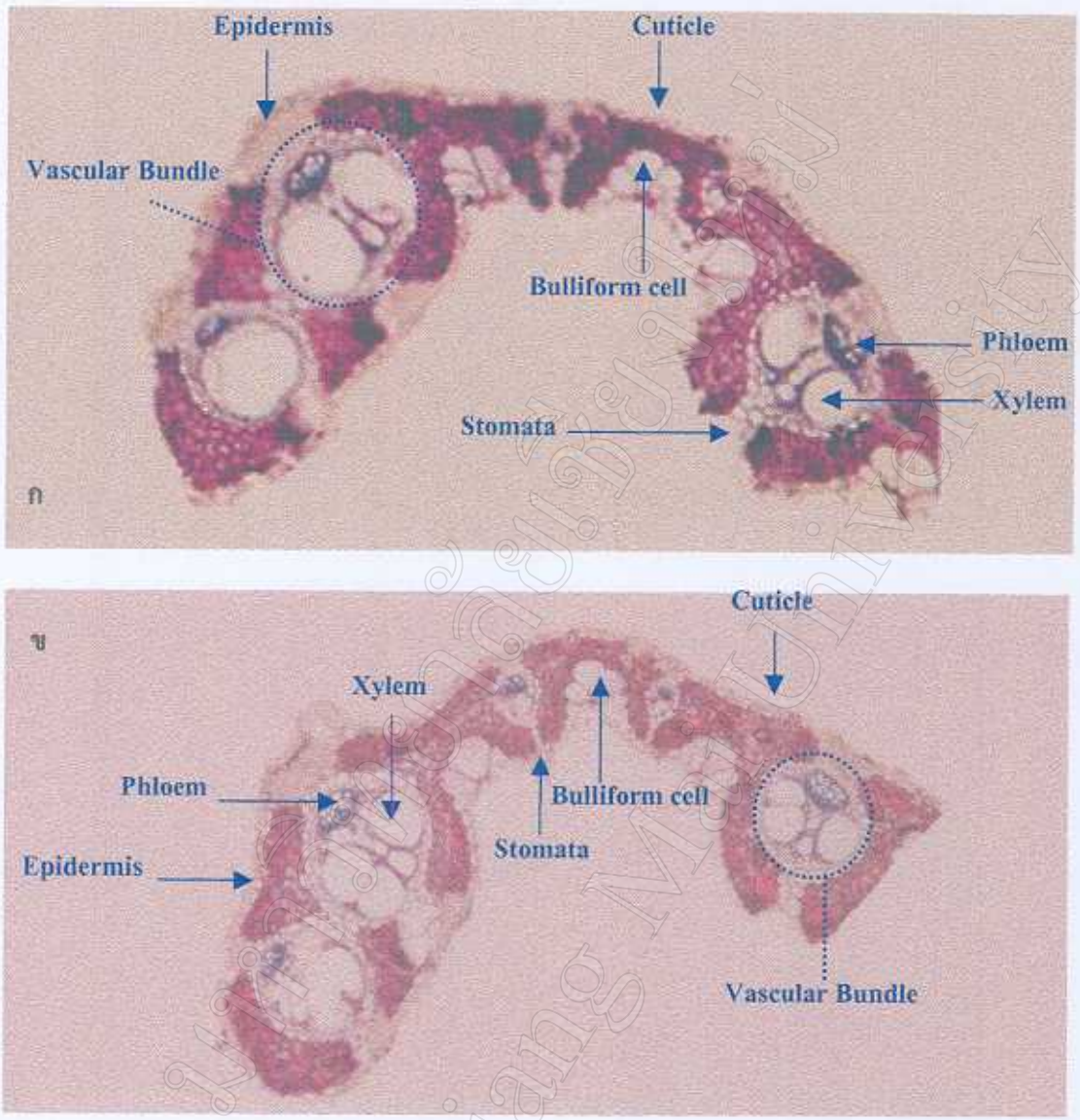


ภาพที่ 4.9 ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของใบข้าว กำลังขยาย 118 เท่า

ก. ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อ ตำแหน่งโคนใบบริเวณขอบใบด้านซ้ายของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน และไม่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็ก

ข. ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อ ตำแหน่งโคนใบบริเวณขอบใบด้านซ้ายของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ร่วมกับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์

โคนใบบริเวณขอบใบทางด้านซ้าย



ภาพที่ 4.10 ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อของใบข้าว กำลังขยาย 118 เท่า

ก. ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อ ตำแหน่งโคนใบบริเวณขอบใบด้านซ้ายของข้าวพันธุ์กำดอยสะเก็ดที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน และไม่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็ก

ข. ลักษณะโครงสร้างภายในระดับเนื้อเยื่อ ตำแหน่งโคนใบบริเวณขอบใบด้านซ้ายของข้าวพันธุ์กำดอยสะเก็ดที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ร่วมกับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์

หมายเหตุ : สภาพเนื้อเยื่อจากการตัดไม่ค่อยสมบูรณ์ อาจเกิดจาก เซลล์มีความแข็งมาก โดยเฉพาะเซลล์ราก เป็นเหตุให้สารพาราฟิลซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อไม่ทั่วถึง หรือขณะที่ตัดใบมีดไม่คม ประกอบกับสภาพอากาศร้อน จึงทำให้เซลล์แตก และย่นดังกล่าว

4.2 อิทธิพลของธาตุไนโตรเจนและเหล็กต่อลักษณะทางสรีระของข้าว

4.2.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ ในระยะกำเนิดช่อดอก (Panicle initiation stage)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ อัตราไนโตรเจน และความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ไม่มีผลต่อมีความแตกต่าง ของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบในระยะกำเนิดช่อดอก แต่พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบระหว่างอัตราไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก (ตาราง 4.5) โดยที่การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจน ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเพิ่มขึ้น (ตาราง 4.6) ซึ่งไนโตรเจนอัตรา 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์มีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบสูงสุด 39.28 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด และการไม่ให้ไนโตรเจนแก่ข้าวเลย จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบต่ำสุดเท่ากับ 29.06 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด และทั้งนี้พบว่าการฉีดพ่นธาตุเหล็ก มีแนวโน้มทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบลดลง โดยพบว่าการไม่ฉีดพ่นธาตุเหล็กให้แก่ข้าว ทำให้ข้าวมีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบสูงสุดเท่ากับ 37.30 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด และมีปริมาณต่ำสุดเท่ากับ 31.97 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด เมื่อได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.1 กรัมเปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.7)

ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ ในระยะข้าวตั้งท้อง (Booting stage)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่ามีเพียงอัตราไนโตรเจนเท่านั้นที่ส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบในระยะข้าวตั้งท้องมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ ระหว่างพันธุ์ระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก และปฏิสัมพันธ์ของพันธุ์ อัตราไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กแต่อย่างใด (ตาราง 4.5) โดยการที่ข้าวได้รับไนโตรเจนทั้งสองระดับ คือ 70 และ 140 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ จะมีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าวสูงกว่าการไม่ได้รับไนโตรเจน ซึ่งเท่ากับ 21.45 21.08 และ 18.63 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ที่ไนโตรเจนอัตรา 70, 140 และ 0 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (ตาราง 4.8)

ตาราง 4.5 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนและธาตุเหล็กในอัตราที่แตกต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ		
	กำเนิดช่อดอก	ตั้งท้อง	แทงช่อดอก
VAR	ns	ns	*
N	*	*	*
VAR*N	ns	ns	ns
FE	*	ns	ns
VAR*FE	ns	ns	ns
N*FE	ns	ns	ns
VAR*N*FE	ns	ns	ns
CV%	18.74	11.52	9.38

VAR = พันธุ์ N = ธาตุไนโตรเจน FE = ธาตุเหล็ก

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

ตาราง 4.6 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด ในระยะกำเนิดช่อดอก ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0, 70 และ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์

อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กิโลกรัมไนโตรเจน/เฮกตาร์)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบในระยะกำเนิดช่อดอก (มิลลิกรัม/น้ำหนักสด (กรัม))
0	29.06b
70	33.88ab
140	39.30a

$LSD_{0.05}$ อัตราไนโตรเจน = 5.82

ตาราง 4.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด ในระยะกำเนิดช่อดอก ที่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กในระดับความเข้มข้น 0.0 , 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์

ระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก (กรัมเปอร์เซ็นต์ของธาตุเหล็ก)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบในระยะกำเนิดช่อดอก (มิลลิกรัม/น้ำหนักสด (กรัม))
0.0	37.30a
0.1	31.97b
0.3	32.96ab

$LSD_{0.05}$ ระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก = 4.39

ตาราง 4.8 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด ในระยะตั้งท้อง ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0, 70 และ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์

อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กิโลกรัมไนโตรเจน/เฮกตาร์)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบในระยะตั้งท้อง (มิลลิกรัม/น้ำหนักสด (กรัม))
0	18.63b
70	21.45a
140	21.08a

$LSD_{0.05}$ อัตราไนโตรเจน = 2.12

ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ ในระยะแทงช่อดอก (Heading stage)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบในระยะแทงช่อดอก ที่ได้รับอิทธิพลจากพันธุ์ และอัตราไนโตรเจน (ตาราง 4.5) โดยเฉลี่ยข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ 24.76 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด น้อยกว่าพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ 35.44 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด (ตาราง 4.9) และการเพิ่มขึ้นของอัตราปุ๋ยไนโตรเจน มีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ ในระยะแทงช่อดอกเพิ่มขึ้น โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 70 และ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ทำให้ค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอโรฟิลล์เท่ากับ 31.59 และ 31.56 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าการไม่ให้ไนโตรเจนแก่ข้าวเลย (27.15 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) (ตาราง 4.10)

ตาราง **4.9** ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบในระยะแทงช่อดอกของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด

พันธุ์	ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบในระยะแทงช่อดอก (มิลลิกรัม/น้ำหนักสด (กรัม))
ขาวดอกมะลิ 105	24.76b
ก่ำดอยสะเก็ด	35.44a

$LSD_{0.05}$ พันธุ์ = 7.32

ตาราง **4.10** ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด ในระยะแทงช่อดอก ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0, 70 และ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์

อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กิโลกรัมไนโตรเจน/เฮกตาร์)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบในระยะแทงช่อดอก (มิลลิกรัม/น้ำหนักสด (กรัม))
0	27.15b
70	31.59a
140	31.56a

$LSD_{0.05}$ อัตราไนโตรเจน = 2.35

การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าว ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต

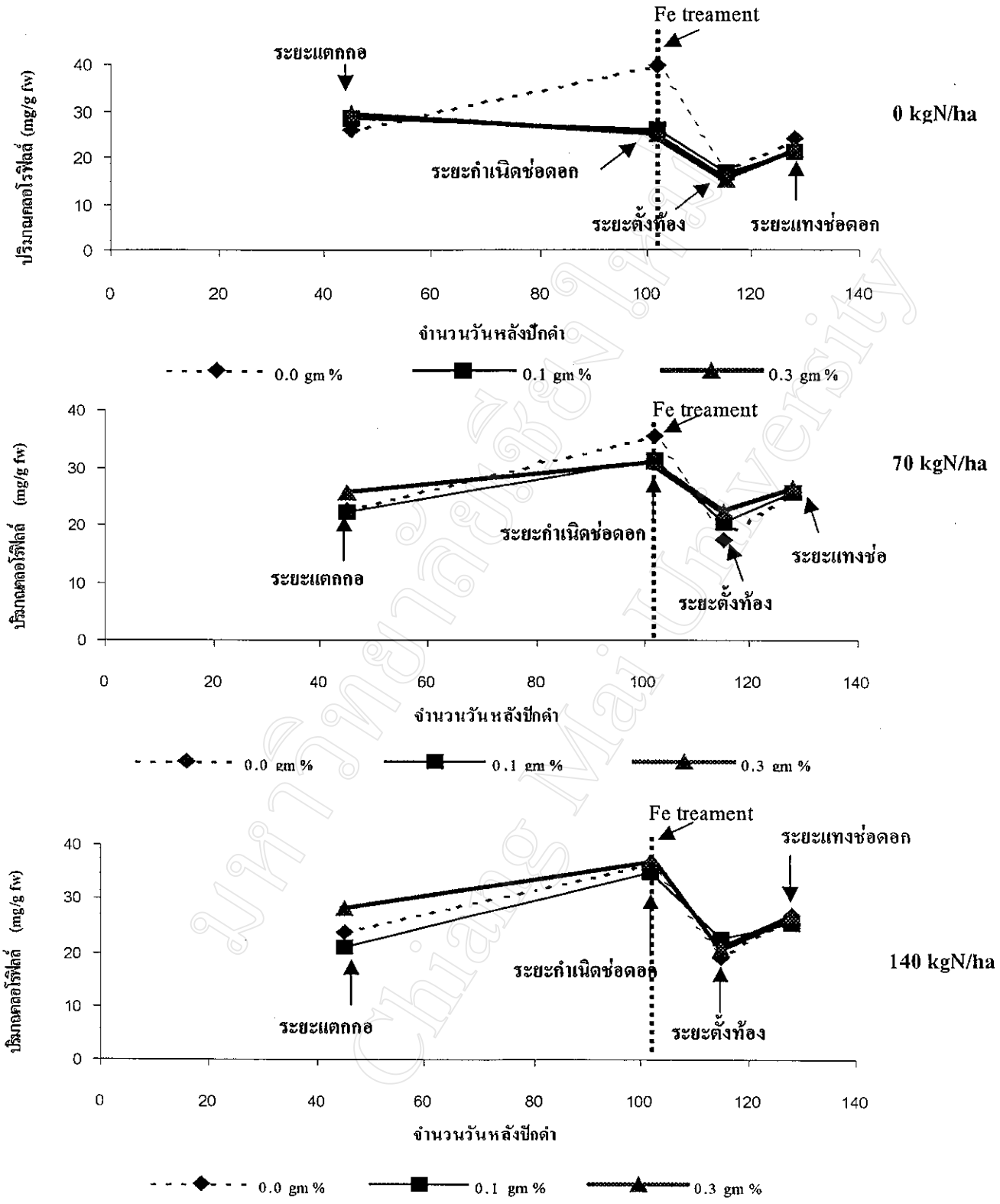
รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าว ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 นั้นพบว่าการที่ข้าวได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 70 และ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ร่วมกับการฉีดพ่นธาตุเหล็ก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ ในระยะแตกกอเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงระยะกำเนิดช่อดอก ซึ่งเป็นระยะที่ข้าวเริ่มได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็ก พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์มีแนวโน้มลดลงและลดลงต่ำสุดในระยะที่ข้าวตั้งท้อง (ภาพที่ 4.11)

ส่วนข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน แต่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ พบว่ารูปแบบการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ มีลักษณะใกล้

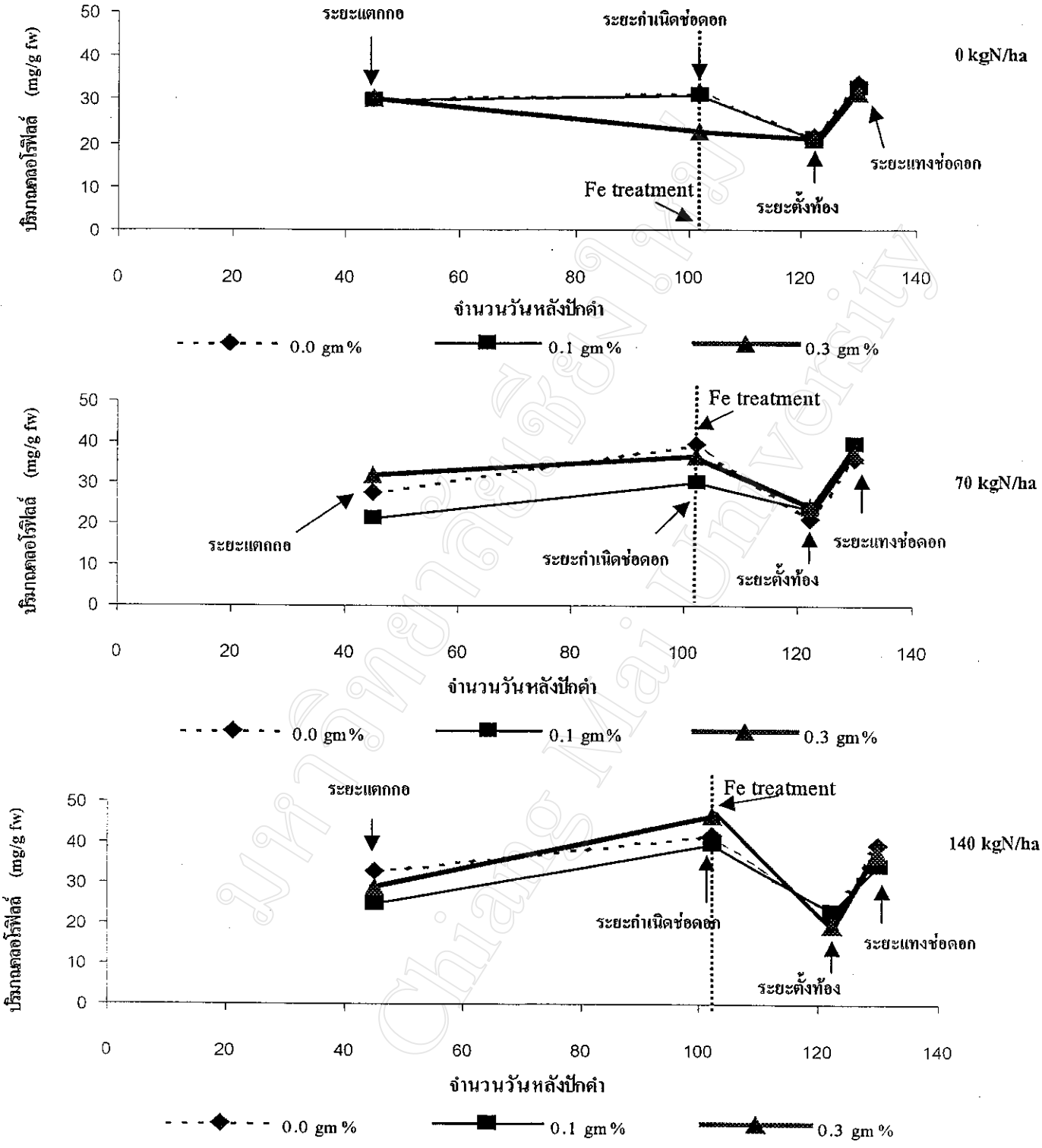
เดียงกันมาก โดยจากระยะแตกกอ เรื่อยมาจนกระทั่งระยะกำเนิดช่อดอก ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ ข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนและไม่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กเลย กลับมีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น แต่เมื่อได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กในระยะกำเนิดช่อดอก แล้วพบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าว ที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับการฉีดพ่นธาตุเหล็กทุกระดับความเข้มข้น มีแนวโน้มลดลง เช่นเดียวกับการที่ข้าวได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 70 และ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ (ภาพที่ 4.11)

สำหรับข้าวก่ำดอยสะเก็ด พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของข้าวที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 70 และ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ร่วมกับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น0.0 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ มีการเปลี่ยนแปลงเป็นไปในลักษณะเดียวกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 70 และ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ เช่นเดียวกันกับ การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน แต่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 0.1 กรัมเปอร์เซ็นต์ เพียงแต่ในข้าวก่ำดอยสะเก็ดมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 (ภาพที่ 4.12)

ส่วนข้าวก่ำดอยสะเก็ดที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน แต่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ กลับมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบลดลงตั้งแต่ระยะแตกกอจนกระทั่งระยะตั้งท้อง แต่ในระยะแทงช่อดอกมีปริมาณคลอโรฟิลล์ใกล้เคียงกับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าว ที่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 0.1 กรัมเปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4.12)



ภาพที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.0 , 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ ในแต่ละอัตราปุ๋ยไนโตรเจน



ภาพที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าว พันธุ์กำดอยสะเก็ด ที่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.0 , 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ ในแต่ละอัตราปุ๋ยไนโตรเจน

4.2.2 ประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบ

ประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบ ในระยะแตกกอ (Tillering stage)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) ไม่พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ของประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบระหว่างพันธุ์ อัตราไนโตรเจน และความเข้มข้นของธาตุเหล็ก รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสาม (ตาราง 4.11) โดยเฉลี่ยประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบในระยะแตกกอ เท่ากับ 0.601

ตาราง 4.11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ของประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนและธาตุเหล็ก ในอัตราที่แตกต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	ประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบ (Fv/Fm)		
	แตกกอ	กำเนิดช่อดอก	แทงช่อดอก
VAR	ns	ns	*
N	ns	ns	ns
VAR*N	ns	ns	ns
FE	ns	ns	ns
VAR*FE	ns	ns	ns
N*FE	ns	ns	ns
VAR*N*FE	ns	ns	ns
CV%	25.53	8.76	7.56

VAR = พันธุ์ N = ธาตุไนโตรเจน FE = ธาตุเหล็ก

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

ประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบ ในระยะกำเนิดช่อดอก (Panicle initiation stage)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าไม่มีความแตกต่างของประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบในระยะกำเนิดช่อดอก ระหว่างพันธุ์ อัตราไนโตรเจน และความเข้มข้นของธาตุเหล็ก อีกทั้งไม่พบว่ามีความแตกต่างของประสิทธิภาพการ

ทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบ อย่างมีนัยสำคัญระหว่างปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรใด ๆ (ตาราง 4.11) และค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบในระยะกำเนิดช่อดอก เท่ากับ 0.669

ประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบ ในระยะแทงช่อดอก (Heading stage)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่ามีเพียงพันธุ์ข้าวเท่านั้นที่มีอิทธิพลต่อความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ของประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบ (ตาราง 4.11) โดยพบความแตกต่างเพียงเล็กน้อยระหว่างข้าวทั้งสองพันธุ์ กล่าวคือ ข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดมีประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบ เท่ากับ 0.755 ซึ่งสูงกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เท่ากับ 0.735 (ตาราง 4.12)

ตาราง **4.12** ประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบ ในระยะแทงช่อดอก ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด

พันธุ์	ประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบ ในระยะแทงช่อดอก (Fv/Fm)
ขาวดอกมะลิ 105	0.735b
ก่ำดอยสะเก็ด	0.755a

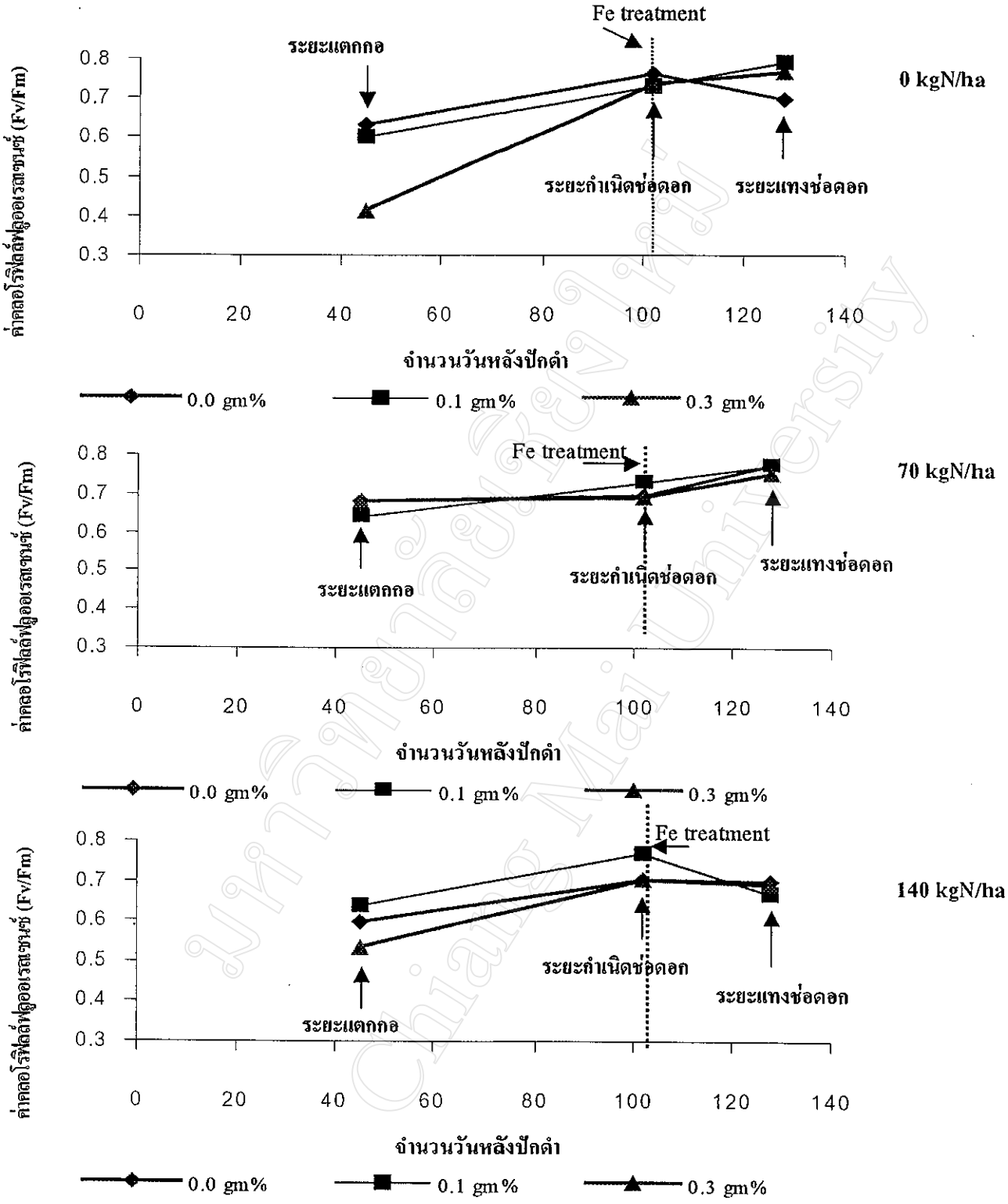
$LSD_{0.05}$ พันธุ์ = 0.050

การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบข้าว ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต

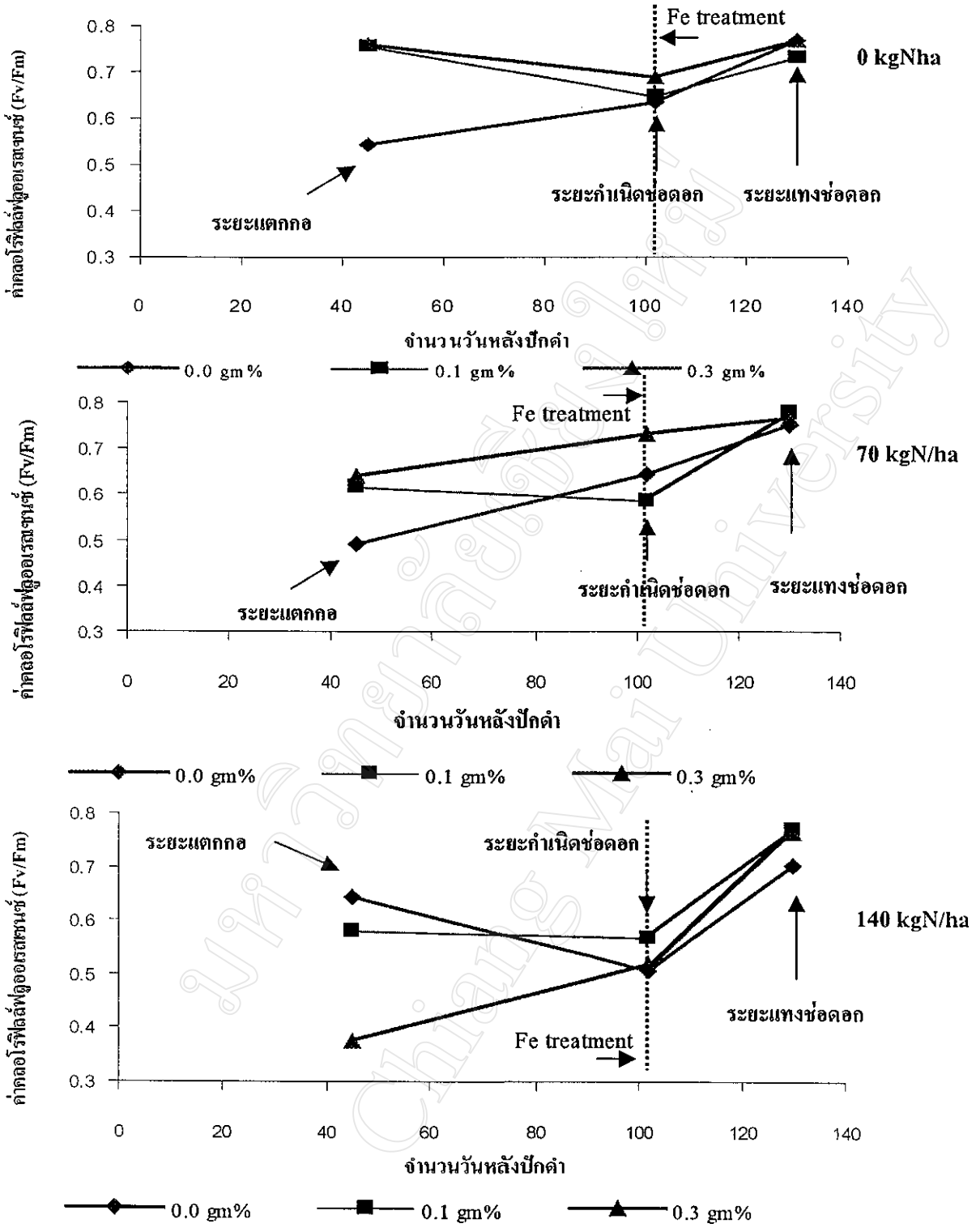
รูปแบบการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบของข้าว พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 0, 70 และ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ร่วมกับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ โดยภาพรวมแล้ว ประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบ เพิ่มขึ้นตามจำนวนวันหลังปักดำที่มากขึ้น ตั้งแต่ระยะแตกกอเป็นต้นไป ยกเว้นในข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนและไม่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กเลย และการที่ข้าวได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ พบว่าประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบ มีแนวโน้มลดลงจากระยะแตกกอไปจนถึงระยะแทงช่อดอก และประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบเฉลี่ย มีค่าสูงสุดในระยะแทงช่อดอก (Fv/Fm เฉลี่ย 0.73) (ภาพที่ 4.13)

สำหรับข้าวก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 70 และ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ร่วมกับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลง ประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบคล้ายคลึงกัน โดยประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามจำนวนวันหลังปักดำที่มากขึ้น และมีค่าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 0.75 ในระยะแทงช่อดอก ในขณะที่การที่ข้าวไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนแต่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ กลับมีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบ เป็นไปในแนวโน้มที่ลดลงจากระยะแตกกอจนกระทั่งถึงระยะกำเนิดช่อดอก แต่เมื่อได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ในระยะกำเนิดช่อดอก ซึ่งเป็นระยะที่ข้าวได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กเป็นครั้งแรก ไปจนถึงระยะแทงช่อดอก พบว่าประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบกลับเพิ่มสูงขึ้น (ภาพที่ 4.14)

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University



ภาพที่ **4.13** การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.0 , 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ ในแต่ละอัตราปุ๋ยไนโตรเจน



ภาพที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบข้าวพันธุ์กำดอยสะเก็ด ที่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.0 , 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ ในแต่ละอัตราปุ๋ยไนโตรเจน

4.2.3 ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดรวมทั้งหมดในใบ

ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบ ในระยะแตกกอ (Tillering stage)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบ ระหว่างพันธุ์ อัตราไนโตรเจน และความเข้มข้นของธาตุเหล็ก รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ อัตราปุ๋ยไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก (ตาราง 4.13) โดยค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบเท่ากับ 4%

ตาราง **4.13** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ของปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบ ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนและธาตุเหล็กในอัตราที่แตกต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบ (%)			
	แตกกอ	กำเนิดช่อดอก	ตั้งท้อง	แทงช่อดอก
VAR	ns	ns	ns	ns
N	ns	**	**	**
VAR*N	ns	ns	ns	ns
FE	ns	ns	ns	ns
VAR*FE	ns	ns	ns	ns
N*FE	ns	*	ns	ns
VAR*N*FE	ns	ns	ns	ns
CV%	12.08	31.54	8.82	8.43

VAR = พันธุ์ N = ธาตุไนโตรเจน FE = ธาตุเหล็ก

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบ ในระยะกำเนิดช่อดอก (Panicle initiation stage)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบในระยะกำเนิดช่อดอก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) และผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจนกับระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ทำให้ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบ มีความแตกต่างอย่างมี

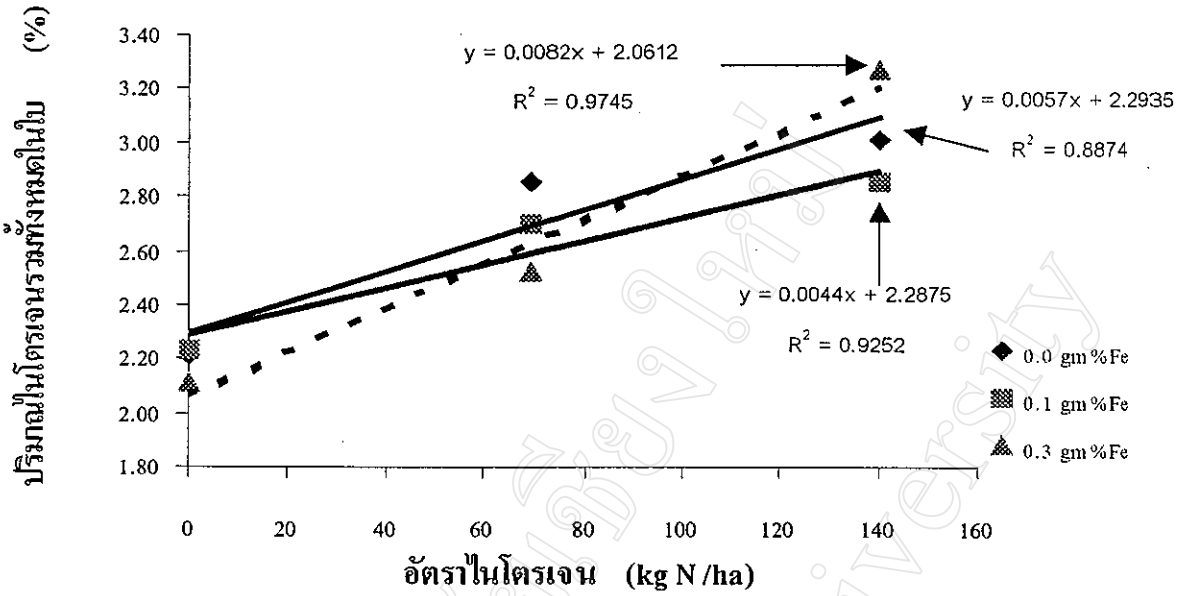
นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตาราง 4.13) โดยการให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบสูงขึ้นด้วย ซึ่งไนโตรเจนที่อัตรา 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ทำให้ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบมีค่าสูงสุดเท่ากับ 3.03% (ตาราง 4.14)

ตาราง 4.14 ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด ในระยะกำเนิดช่อดอก ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0, 70 และ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์

อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กิโลกรัมไนโตรเจน/เฮกตาร์)	ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบในระยะกำเนิดช่อดอก (%)
0	2.20c
70	2.69b
140	3.03a

$LSD_{0.01}$ อัตราไนโตรเจน = 0.32

ผลของปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างอัตราปุ๋ยไนโตรเจนกับระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ที่มีต่อปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบข้าว พบว่าในทุกระดับการฉีดพ่นธาตุเหล็กนั้น การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจน สามารถเพิ่มปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบได้ โดยการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ ตอบสนองต่อปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบ ในการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนดีที่สุด (ภาพที่ 4.15)



ภาพที่ 4.15 ปฏิสัมพันธ์ของปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบ ในระยะกำเนิดช่อดอกของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวก่ำดอยสะเก็ด ตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับระดับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่แตกต่างกัน

ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบ ในระยะตั้งท้อง (Booting stage)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าอัตราไนโตรเจนที่แตกต่างกัน มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบในระยะตั้งท้อง อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติไม่พบว่า ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบมีความแตกต่างกันระหว่างพันธุ์ ระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก รวมทั้ง ปฏิสัมพันธ์ใด ๆ ของปัจจัย (ตาราง 4.13) ซึ่งการให้ปุ๋ยไนโตรเจน ทำให้ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบในระยะตั้งท้อง เพิ่มสูงขึ้น โดยไนโตรเจนอัตรา 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์มีปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบสูงสุด เท่ากับ 2.82% ซึ่งสูงกว่าการที่ข้าวไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน โดยทำให้ข้าวมีปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบต่ำสุด เท่ากับ 2.21% (ตาราง 4.15)

ตาราง **4.15** ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด ในระยะตั้งท้อง ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0, 70 และ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์

อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กิโลกรัมไนโตรเจน/เฮกตาร์)	ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบ ในระยะตั้งท้อง (%)
0	2.21b
70	2.58ab
140	2.82a

$LSD_{0.01}$ อัตราไนโตรเจน = 0.45

ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบ ในระยะแทงช่อดอก (Heading stage)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบเพียงอัตราปุ๋ยไนโตรเจนเท่านั้น ที่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ตาราง 4.13) กล่าวคือ การเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจน มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบในระยะแทงช่อดอกเพิ่มสูงขึ้น โดยการที่ข้าวไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบต่ำสุด เท่ากับ 2.41% และเพิ่มขึ้นเป็น 2.58% และ 2.77% เมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนเป็น 70 และ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (ตาราง 4.16)

ตาราง **4.16** ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด ในระยะแทงช่อดอก ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0, 70 และ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์

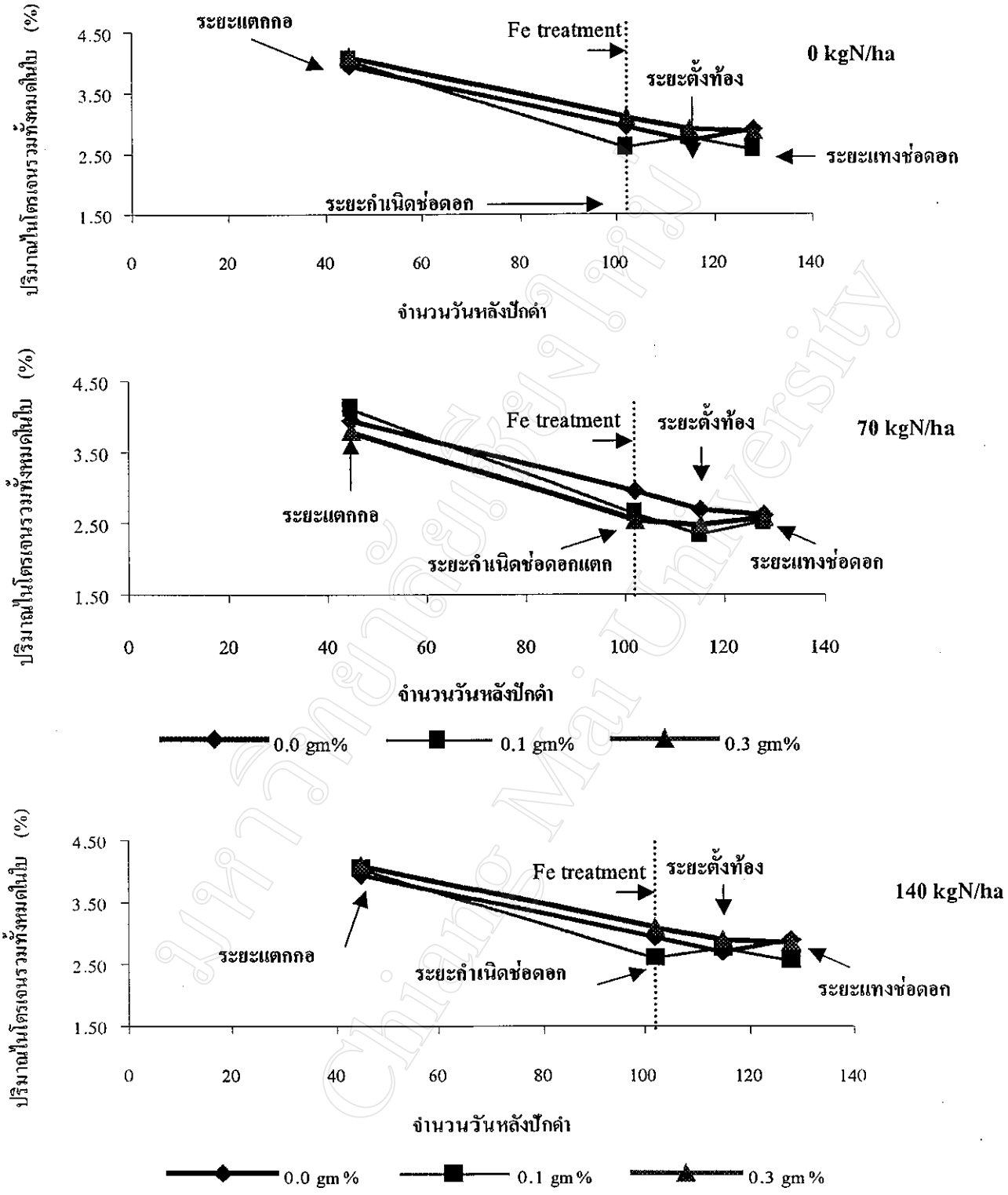
อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กิโลกรัมไนโตรเจน/เฮกตาร์)	ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบ ในระยะแทงช่อดอก (%)
0	2.41b
70	2.58ab
140	2.77a

$LSD_{0.01}$ อัตราไนโตรเจน = 0.27

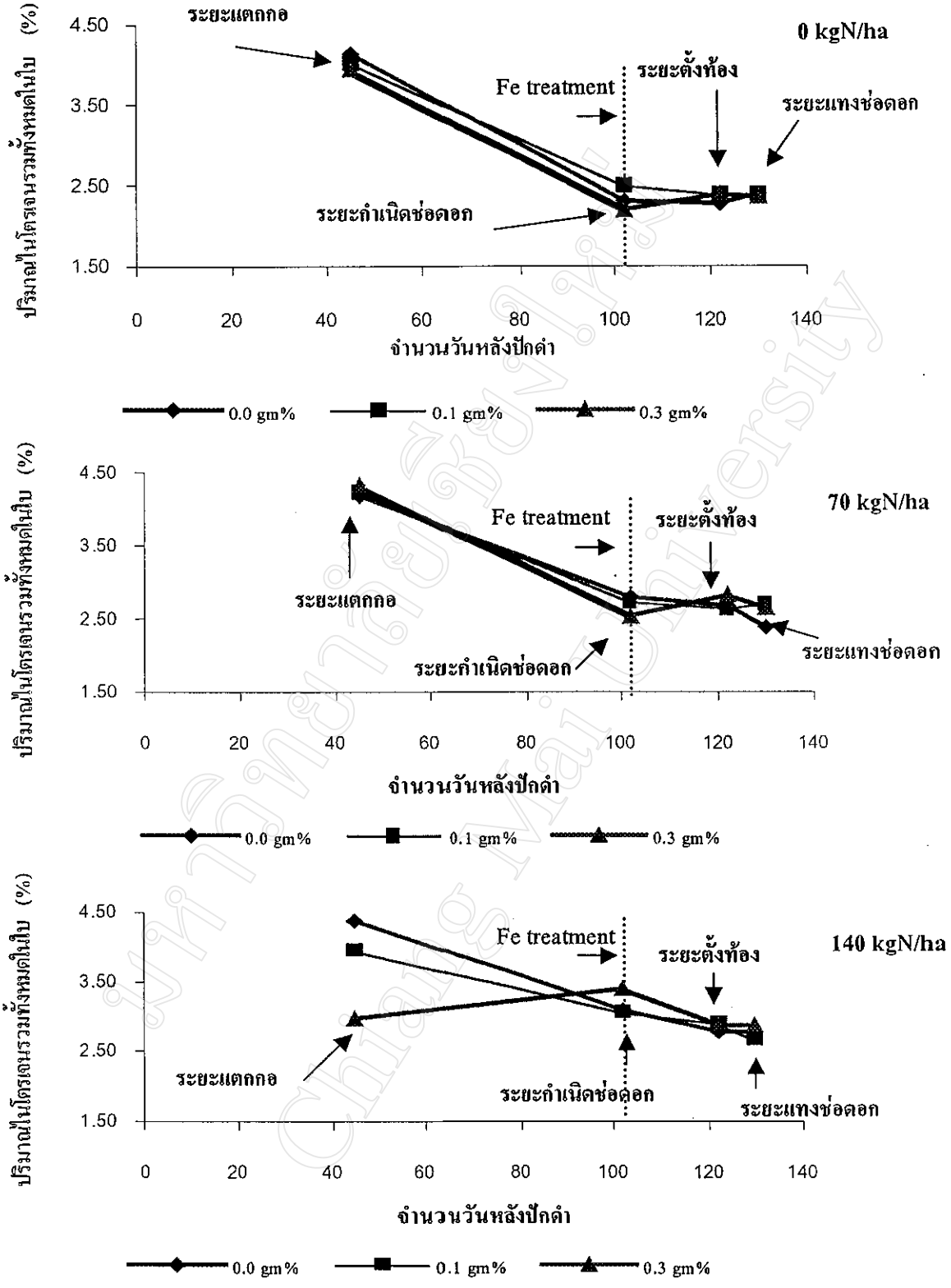
การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบ ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต

รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบ ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0, 70 และ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ร่วมกับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ มีรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน โดยปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบ มีแนวโน้มลดลงตามวันหลังปักดำที่มากขึ้น กล่าวคือในระยะแตกกอ พบว่าปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบค่อนข้างสูง เฉลี่ย 3.90% และจากระยะกำเนิดช่อดอก ซึ่งเป็นระยะที่ข้าวได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กครั้งแรก จนกระทั่งข้าวตั้งท้องและแทงช่อดอก ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบข้าวค่อนข้างใกล้เคียงกัน ซึ่งค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.44 - 2.59% (ภาพที่ 4.16)

สำหรับรูปแบบการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน และที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0 และ 70 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ร่วมกับการที่ข้าวได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กระดับความเข้มข้น 0, 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ เป็นไปเช่นเดียวกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีแนวโน้มลดลงตามจำนวนวันหลังปักดำที่มากขึ้น เพียงแต่ในข้าวก่ำดอยสะเก็ดมีปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบสูงกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เล็กน้อย ซึ่งโดยเฉลี่ยในระยะแตกกอข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดมีปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบเท่ากับ 4.14% ส่วนในระยะกำเนิดช่อดอก ตั้งท้อง และแทงช่อดอก มีปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบเฉลี่ย ระหว่าง 2.48 – 2.53% (ภาพที่ 4.17)



ภาพที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบข้าว พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.0 , 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ ในแต่ละอัตราปุ๋ยไนโตรเจน



ภาพที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบข้าว พันธุ์กำดอยสะเก็ด ที่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.0 , 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ ในแต่ละอัตราปุ๋ยไนโตรเจน

4.2.4 ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่ไม่ใช่ส่วนโครงสร้างของเซลล์ (Total Non-Structural Carbohydrate : TNC) หรือปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล

ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล ในใบ ในระยะแตกกอ (Tillering stage)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ของปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในใบ ในระยะแตกกอ ระหว่างพันธุ์ อัตราไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก รวมทั้งระหว่างปฏิสัมพันธ์ร่วมของตัวแปรทั้งสาม (ตาราง 4.17) โดยเฉลี่ยปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในใบ ในระยะแตกกอ มีปริมาณ 0.529 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง

ตาราง **4.17** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ของปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนและธาตุเหล็กในอัตราที่แตกต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล			
	แตกกอ	กำเนิดช่อดอก	ตั้งท้อง	แทงช่อดอก
VAR	ns	ns	ns	ns
N	ns	ns	ns	ns
VAR*N	ns	ns	ns	ns
FE	ns	ns	*	*
VAR*FE	ns	ns	ns	**
N*FE	ns	ns	ns	ns
VAR*N*FE	ns	ns	ns	**
CV%	38.72	53.92	33.53	32.08

VAR = พันธุ์ N = ธาตุไนโตรเจน FE = ธาตุเหล็ก

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล ในใบ ในระยะกำเนิดช่อดอก (Panicle initiation stage)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล ระหว่างพันธุ์ อัตราไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรใดๆ (ตาราง 4.17) ค่าเฉลี่ยปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในใบ ในระยะกำเนิดช่อดอก เท่ากับ 0.495 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง

ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล ในใบในระยะตั้งท้อง (Booting stage)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่ามีเพียงระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กเท่านั้น ที่มีผลต่อความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ของปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล (ตาราง 4.17) โดยธาตุเหล็กที่ความเข้มข้น 0.1 กรัมเปอร์เซ็นต์ ทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในใบมีปริมาณสูงสุด เท่ากับ 0.579 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง (57.98%) ในขณะที่เหล็กที่ความเข้มข้น 0.0 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ ทำให้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในใบไม่แตกต่างกัน กล่าวคือมีปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล เท่ากับ 42.80% และ 42.25% ตามลำดับ (ตาราง 4.18)

ตาราง **4.18** ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในใบเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด ในระยะตั้งท้อง ที่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.0 , 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์

ระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก (กรัมเปอร์เซ็นต์ของธาตุเหล็ก)	ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในใบ ในระยะตั้งท้อง (มิลลิกรัม/มิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง)
0.0	0.428b
0.1	0.579a
0.3	0.422b

$LSD_{0.05}$ ความเข้มข้นของธาตุเหล็ก = 0.1102

ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล ในใบ ในระยะแทงช่อดอก (Heading stage)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กมีผลต่อความแตกต่างของปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และพบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ อัตราไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่ฉีดพ่นให้แก่ข้าวมีผลต่อความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ของปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในใบ ในระยะแทงช่อดอก (ตาราง 4.17)

โดยระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในใบมีแนวโน้มลดลง จากการที่ข้าวไม่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กเลยพบว่าในใบข้าวมีปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลสูงสุด เท่ากับ 64% และเมื่อฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ ทำให้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล ในใบลดลงเหลือเท่ากับ 48% และ 52 % ตามลำดับ (ตาราง 4.19)

ตาราง **4.19** ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในใบเฉลี่ย ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ในระยะแทงช่อดอก ที่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.0 , 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์

ระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก (กรัมเปอร์เซ็นต์ของธาตุเหล็ก)	ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในใบ ในระยะแทงช่อดอก (มิลลิกรัม/มิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง)
0.0	0.638a
0.1	0.481b
0.3	0.521ab

$LSD_{0.05}$ ความเข้มข้นของธาตุเหล็ก = 0.1206

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่ฉีดพ่นให้แก่ข้าว ในระดับต่างกันนั้นพบว่า ข้าวทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มการตอบสนองต่อระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่เพิ่มขึ้นในแนวทางลดลง โดยการเพิ่มระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กให้แก่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในใบ มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย จนแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง และลดลงเล็กน้อยเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นให้แก่ข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด (ตาราง 4.20)

ตาราง 4.20 ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในใบของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับธาตุเหล็กในระดับความเข้มข้น 0.0, 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ ในระยะแทงช่อดอก

ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในใบ ในระยะแทงช่อดอก (มิลลิกรัม/มิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง)	ความเข้มข้นของธาตุเหล็ก (กรัมเปอร์เซ็นต์ของธาตุเหล็ก)			เฉลี่ย
พันธุ์	0.0	0.1	0.3	
ขาวดอกมะลิ 105	0.4147	0.4600	0.3785	0.4177
ก่ำดอยสะเก็ด	0.8619	0.5012	0.6634	0.6755
เฉลี่ย	0.6383	0.5306	0.6709	0.5466

$LSD_{0.01}$ (พันธุ์X ความเข้มข้นของธาตุเหล็ก) = 0.572

สำหรับปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ อัตราไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กนั้น ผลการวิเคราะห์ในตาราง 4.21 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล ในทุกระดับไนโตรเจน และทุกระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ของข้าวก่ำดอยสะเก็ดมีมากกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และโดยเฉลี่ยแล้วปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล ในพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดมี 0.675 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง และข้าวขาวดอกมะลิ 105 มี 0.418 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง (ตาราง 4.21) ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่อัตราไนโตรเจน 70 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ และไม่ฉีดพ่นธาตุเหล็ก จะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล สูงสุด เท่ากับ 55.55% และต่ำสุดเท่ากับ 25.66% เมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ร่วมกับการฉีดพ่นระดับความเข้มข้น 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ของธาตุเหล็ก ส่วนข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดนั้น พบว่าการให้ไนโตรเจนที่ 0 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ และไม่ฉีดพ่นเหล็กจะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล สูงสุดเท่ากับ 11.11% และต่ำสุดที่

41.22% เมื่อให้ไนโตรเจนที่อัตรา 70 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ และ 0.1 กรัมเปอร์เซ็นต์ของธาตุเหล็ก (ตาราง 4.21)

ตาราง 4.21 ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในใบ (มิลลิกรัม/มิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง) ในระยะแทงช่อดอกของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนและการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่อัตราแตกต่างกัน

พันธุ์	อัตราไนโตรเจน (กิโลกรัมไนโตรเจน/เฮกตาร์)	ความเข้มข้นของธาตุเหล็ก (กรัมเปอร์เซ็นต์ของธาตุเหล็ก)			ค่าเฉลี่ย
		0	0.1	0.3	
ขาวดอกมะลิ 105	0	0.29	0.34	0.46	0.36
	70	0.56	0.54	0.42	0.50
	140	0.40	0.50	0.26	0.39
ค่าเฉลี่ย		0.42	0.49	0.48	0.42
ก่ำดอยสะเก็ด	0	1.11	0.68	0.43	0.74
	70	0.68	0.41	0.92	0.67
	140	0.79	0.42	0.64	0.62
ค่าเฉลี่ย		0.86	0.50	0.66	0.68
ค่าเฉลี่ยรวม		0.64	0.48	0.52	0.55

$LSD_{0.01}$(พันธุ์ X อัตราไนโตรเจน X ความเข้มข้นของธาตุเหล็ก) = 1.27

$LSD_{0.05}$ (พันธุ์ X อัตราไนโตรเจน X ความเข้มข้นของธาตุเหล็ก) = 0.93

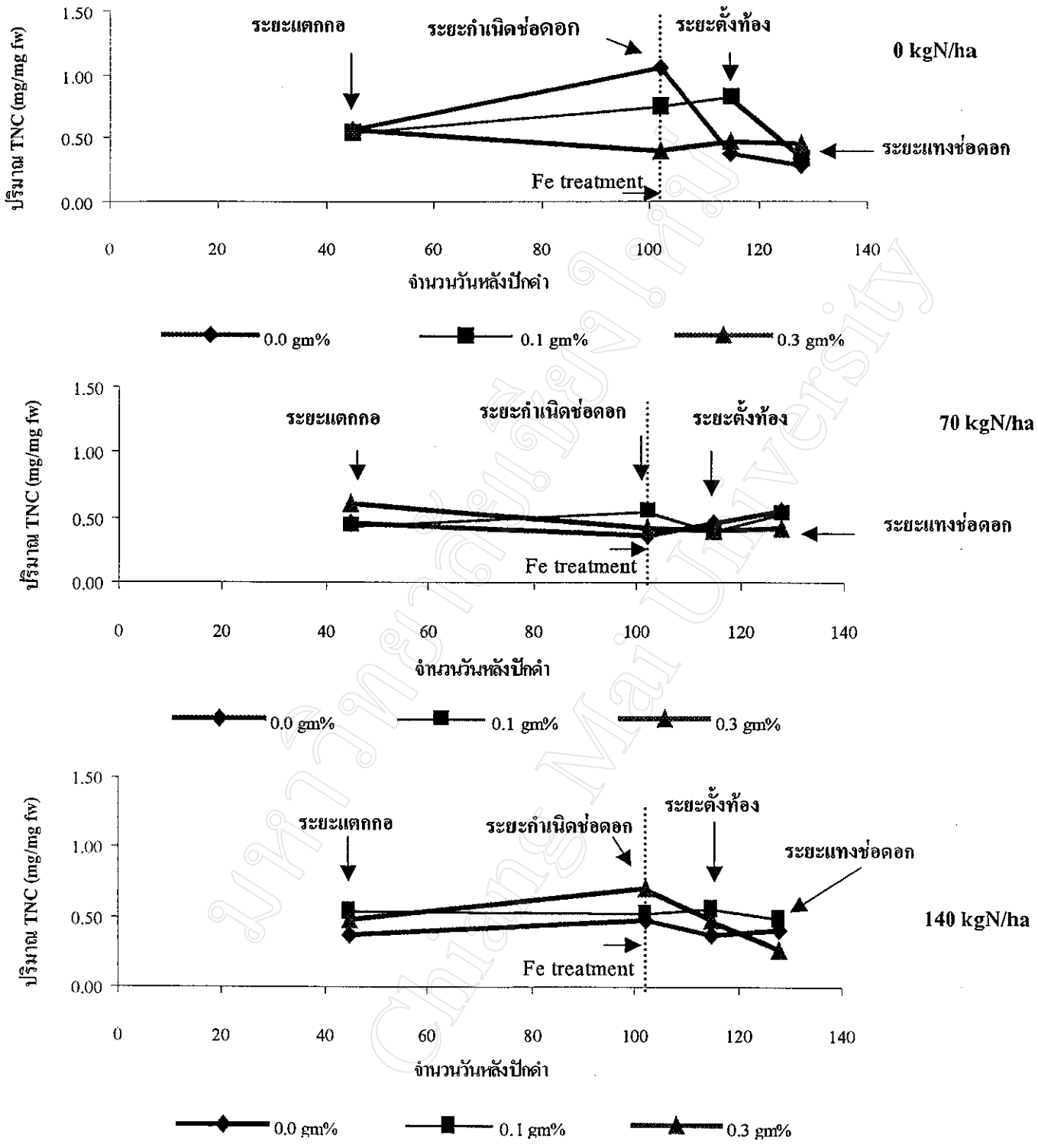
ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในใบ ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต

รูปแบบการเปลี่ยนแปลง ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในใบ ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 70 และ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ร่วมกับการฉีดพ่นธาตุเหล็กทั้งระดับ 0, 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ ค่อนข้างคงที่ตั้งแต่ระยะแตกกอ ระยะกำเนิดช่อดอก ระยะที่ข้าวตั้งท้อง จนกระทั่งแทงช่อดอก ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล อยู่ระหว่างช่วง 0.42 – 0.58 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนในข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ไม่ได้รับไนโตรเจน แต่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็ก 0, 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากระยะ

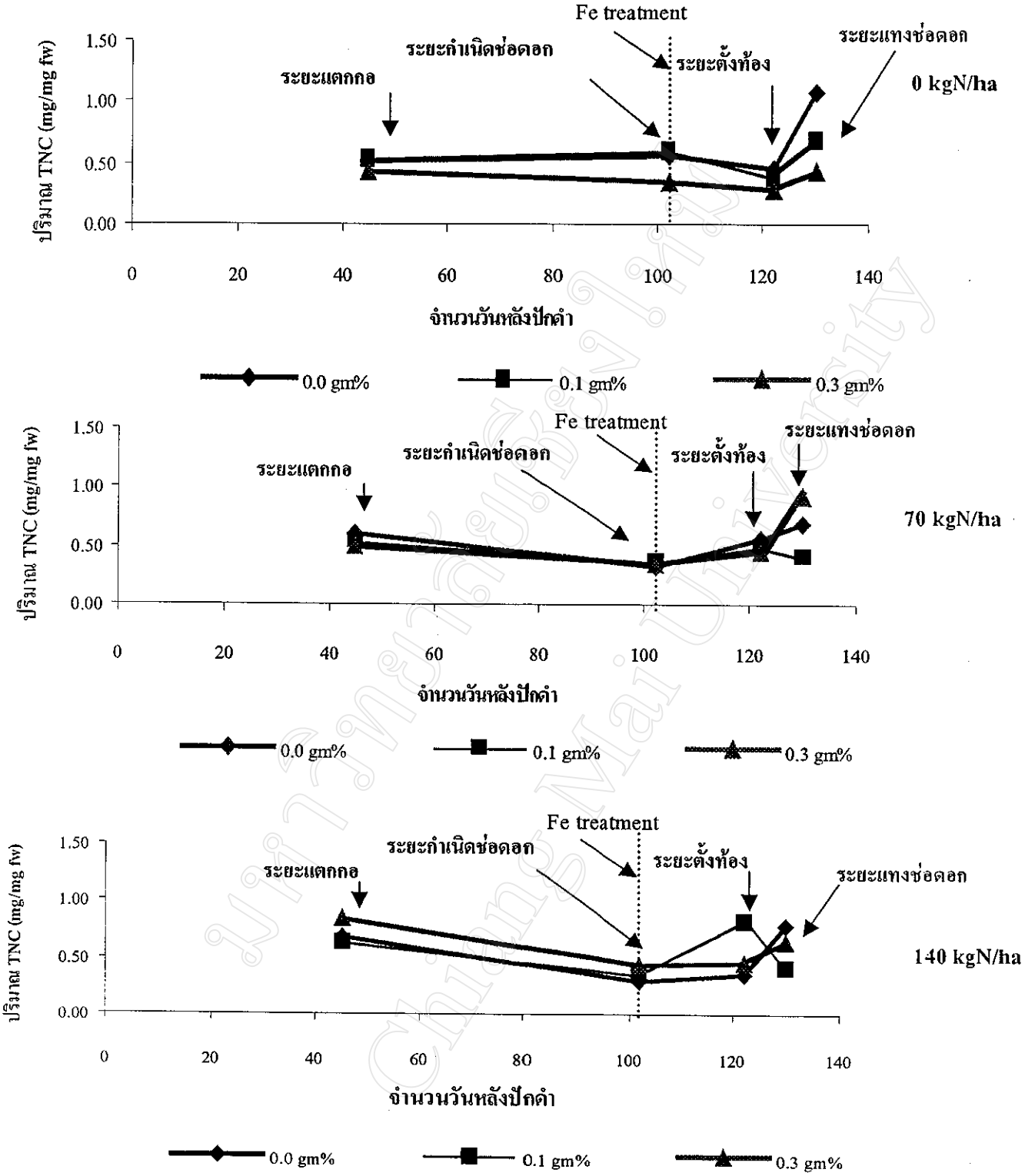
กำเนิดช่อดอก พบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล มีแนวโน้มลดลง ตามจำนวนวันหลังปักดำที่มากขึ้น (ภาพที่ 4.18)

สำหรับรูปแบบการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล ของข้าวพันธุ์กำดอยสะเก็ด ที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับการฉีดพ่นธาตุเหล็กทั้งสามระดับ พบว่าในช่วงแรกของการเจริญเติบโตจากระยะแตกกอ จนถึงระยะกำเนิดช่อดอก การเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล ค่อนข้างคงที่ แต่ภายหลังจากที่ทำการฉีดพ่นธาตุเหล็กให้แก่ข้าวในระยะกำเนิดช่อดอก จนกระทั่งถึงระยะแทงช่อดอก พบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล มีแนวโน้มสูงขึ้นโดยเฉพาะในข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนและธาตุเหล็ก ส่วนข้าวกำดอยสะเก็ดที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 70 และ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ร่วมกับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับ 0, 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ พบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยจากระยะแตกกอถึงระยะกำเนิดช่อดอก หลังจากนั้นปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล ในระยะแทงช่อดอก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน (ภาพที่ 4.19)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



ภาพที่ 4.18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในใบข้าว พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.0 , 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ ในแต่ละอัตราปุ๋ยไนโตรเจน



ภาพที่ 4.19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในใบข้าว พันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.0 , 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ ในแต่ละอัตราปุ๋ยไนโตรเจน

4.3 อิทธิพลของธาตุไนโตรเจนและเหล็กต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต

4.3.1 การวิเคราะห์การเจริญเติบโตของต้น ใบ และรวง

4.3.1.1 จำนวนวันสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุด

จำนวนวันสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดของต้น

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าอัตราปุ๋ยไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่ฉีดพ่นให้แก่ข้าว ไม่มีผลต่อจำนวนวันที่ข้าวสะสมน้ำหนักแห้งของต้นสูงสุดในข้าวทั้งพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด อย่างมีนัยสำคัญ (ตาราง 4.22) โดยเฉลี่ยข้าวมีจำนวนวันสะสมน้ำหนักแห้งต้นสูงสุด 144 วัน

ตาราง 4.22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ของจำนวนวันสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุด น้ำหนักแห้งสะสมสูงสุด และอัตราน้ำหนักแห้งสะสมสูงสุด ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนและการฉีดพ่นธาตุเหล็กในอัตราที่แตกต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	จำนวนวันสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุด			น้ำหนักแห้งสะสมสูงสุด			อัตราน้ำหนักแห้งสะสมสูงสุด		
	ต้น	ใบ	รวง	ต้น	ใบ	รวง	ต้น	ใบ	รวง
VAR	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	**
N	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
VAR*N	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
FE	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
VAR*FE	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
N*FE	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
VAR*N*FE	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV%	11.51	11.99	3.97	73.69	45.54	22.14	56.67	26.23	20.30

VAR = พันธุ์ N = ธาตุไนโตรเจน FE = ธาตุเหล็ก

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

จำนวนวันสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดของใบ

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าในข้าวทั้งพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด การให้ไนโตรเจนในอัตราที่ต่างกัน และระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของธาตุเหล็กที่ฉีดพ่นให้แก่ข้าว ไม่มีผลต่อจำนวนวันที่ข้าวสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดของใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 4.22) ค่าเฉลี่ยจำนวนวันสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดของใบ เท่ากับ 133 วัน

จำนวนวันสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดของรวง

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าพันธุ์ อัตราไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่ฉีดพ่นให้แก่ข้าว ไม่มีผลต่อจำนวนวันที่ข้าวสะสมน้ำหนักแห้งของรวงสูงสุด แต่พบว่าปฏิสัมพันธ์ร่วมของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับธาตุเหล็กในระดับความเข้มข้น 0.0, 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ มีผลต่อจำนวนวันน้ำหนักแห้งสะสมสูงสุดของรวง อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตาราง 4.22) โดยในข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กเพิ่มสูงขึ้น มีแนวโน้มทำให้จำนวนวันที่ข้าวใช้ในการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดของรวงน้อยลง ในขณะที่ข้าวก่ำดอยสะเก็ดเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นในการฉีดพ่นธาตุเหล็ก มีแนวโน้มทำให้จำนวนวันดังกล่าวเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย หรือแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง (ตาราง 4.23)

ตาราง 4.23 วันน้ำหนักแห้งสะสมสูงสุดของรวง ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับธาตุเหล็กในระดับความเข้มข้น 0.0, 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์

วันน้ำหนักแห้งสะสมสูงสุดรวง (วันหลังปลูก)	ความเข้มข้นของธาตุเหล็ก (กรัมเปอร์เซ็นต์ของธาตุเหล็ก)			เฉลี่ย
พันธุ์	0.0	0.1	0.3	
ขาวดอกมะลิ 105	155.89	156.67	149.67	154.08
ก่ำดอยสะเก็ด	160.22	153.33	158.89	157.48
เฉลี่ย	158.06	155.05	154.43	155.78

$LSD_{0.01}$ (พันธุ์X ความเข้มข้นของธาตุเหล็ก) = 17.702

$LSD_{0.05}$ (พันธุ์X ความเข้มข้นของธาตุเหล็ก) = 13.063

4.3.1.2 น้ำหนักแห้งสะสมสูงสุด

น้ำหนักแห้งสะสมสูงสุดของต้น

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าอัตราปุ๋ยไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่ฉีดพ่นให้แก่ข้าว ไม่มีผลต่อความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของน้ำหนักแห้งสะสมสูงสุดของต้น ในข้าวทั้งพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด (ตาราง 4.22) ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งสะสมสูงสุดของต้น เท่ากับ 1,391 กิโลกรัมต่อไร่

น้ำหนักแห้งสะสมสูงสุดของใบ

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่ต่างกัน และระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของธาตุเหล็กที่ฉีดพ่นให้แก่ข้าว ไม่มีผลต่อความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของน้ำหนักแห้งสะสมสูงสุดของใบ ในข้าวทั้งพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด แต่อย่างใด (ตาราง 4.22) โดยเฉลี่ยแล้วน้ำหนักแห้งสะสมสูงสุดของใบ คือ 333 กิโลกรัมต่อไร่

น้ำหนักแห้งสะสมสูงสุดของรวง

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าอัตราไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่ฉีดพ่นให้แก่ข้าว ไม่มีอิทธิพลต่อความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของน้ำหนักแห้งสะสมสูงสุดของรวง แต่ผลการทดลองพบว่าในข้าวทั้งพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีน้ำหนักแห้งสะสมสูงสุดของรวง สูงกว่าพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$) (ตาราง 4.22) โดยมีน้ำหนักสะสมสูงสุดของรวงเท่ากับ 869 และ 501 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ (ตาราง 4.24)

ตาราง 4.24 น้ำหนักแห้งสะสมสูงสุดของรวง ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด

พันธุ์	น้ำหนักแห้งสะสมสูงสุดของรวง (กิโลกรัมต่อไร่)
ขาวดอกมะลิ 105	869a
ก่ำดอยสะเก็ด	501b

$LSD_{0.05}$ พันธุ์ = 269.53

4.3.1.3 อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งเฉลี่ย

อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของต้นเฉลี่ย

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าอัตราไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่ฉีดพ่นให้แก่ข้าว ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่ออัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของต้นเฉลี่ย ของข้าวทั้งพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด แต่อย่างใด (ตาราง 4.22) และโดยเฉลี่ยแล้วอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของต้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.40 กรัม/กอ/วัน

อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของใบเฉลี่ย

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าในข้าวทั้งพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด การให้ไนโตรเจนในอัตราที่ต่างกัน และระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของธาตุเหล็กที่ฉีดพ่นให้แก่ข้าว ไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการสะสมน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 4.22) ค่าเฉลี่ยอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดของใบ คือ 0.11 กรัม/กอ/วัน

อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของรวงเฉลี่ย

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) ไม่พบว่าอัตราปุ๋ยไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่ฉีดพ่นให้แก่ข้าว มีผลต่ออัตราการสะสมน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรวง แต่พบว่าพันธุ์ข้าว มีอิทธิพลต่อความแตกต่างของอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรวง อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของรวงเฉลี่ยเท่ากับ 0.22 ในขณะที่ข้าวก่ำดอยสะเก็ดมีเท่ากับ 0.11 (ตาราง 4.25)

ตาราง 4.25 อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของรวงเฉลี่ย ในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด

พันธุ์	อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดของรวง (กรัมต่อกอต่อวัน)
ขาวดอกมะลิ 105	0.219a
ก่ำดอยสะเก็ด	0.114b

$LSD_{0.05}$ พันธุ์ = 0.0757

4.3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบผลผลิต

จำนวนหน่อต่อตารางเมตร

จากผลวิเคราะห์ทางสถิติ (Analysis of variance) พบเพียงความแตกต่างระหว่างพันธุ์เท่านั้นที่มีผลทำให้จำนวนหน่อต่อตารางเมตรของข้าว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตาราง 4.26) โดยข้างพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีจำนวนหน่อมากกว่าข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด (72 และ 53 หน่อต่อตารางเมตร ตามลำดับ) (ตาราง 4.27)

ตาราง **4.26** ผลวิเคราะห์ทางสถิติของผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนและการฉีดพ่นธาตุเหล็กในอัตราที่แตกต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	จำนวนหน่อต่อตารางเมตร	จำนวนรวงต่อหน่อ	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	นน. 1,000 เมล็ด	ผลผลิต
VAR	*	ns	ns	**	ns
N	ns	ns	ns	**	ns
VAR*N	ns	ns	ns	ns	*
FE	ns	ns	ns	ns	ns
VAR*FE	ns	ns	ns	ns	ns
N*FE	ns	ns	ns	ns	ns
VAR*N*FE	ns	ns	ns	ns	ns
CV%	14.29	10.96	24.58	4.28	20.95

VAR = พันธุ์ N = ธาตุไนโตรเจน FE = ธาตุเหล็ก

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

ตาราง **4.27** จำนวนหน่อต่อตารางเมตรของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด

พันธุ์	จำนวนหน่อต่อตารางเมตร
ขาวดอกมะลิ 105	72a
ก่ำดอยสะเก็ด	53b

$LSD_{0.05}$ พันธุ์ = 8.35

จำนวนรวงต่อหน่อ

จากผลวิเคราะห์ทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าอัตราปุ๋ยไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่ฉีดพ่นให้แก่ข้าวทั้งพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ดไม่ทำให้จำนวนรวงต่อหน่อของข้าว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตาราง 4.26) โดยเฉลี่ยจำนวนรวงต่อหน่อของข้าวเท่ากับ 0.91 รวงต่อหน่อ

จำนวนเมล็ดดีต่อรวง

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าไม่มีความแตกต่างของจำนวนเมล็ดดีต่อรวง อย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างพันธุ์ อัตราไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ใด ๆ ของปัจจัยทั้งสาม (ตาราง 4.26) ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วจำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวทั้งสองพันธุ์ มีค่าเท่ากับ 108 เมล็ดดีต่อรวง

น้ำหนัก 1,000 เมล็ด

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่ฉีดพ่นให้แก่ข้าว ไม่มีผลต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าว แต่ทั้งนี้พบว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดน้อยกว่าข้าวก่ำดอยสะเก็ดอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$) โดยมีน้ำหนักเท่ากับ 26.38 และ 29.03 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด ตามลำดับ (ตาราง 4.28)

ตาราง **4.28** น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด

พันธุ์	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)
ขาวดอกมะลิ 105	26.38b
ก่ำดอยสะเก็ด	29.03a

$LSD_{0.01}$ พันธุ์ = 1.56

และทั้งนี้อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดลดลง ซึ่งการไม่ให้ปุ๋ยไนโตรเจนแก่ข้าวเลย ทำให้ข้าวมีน้ำหนักเมล็ดสูงสุด เท่ากับ 29.23 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด (ตาราง 4.29)

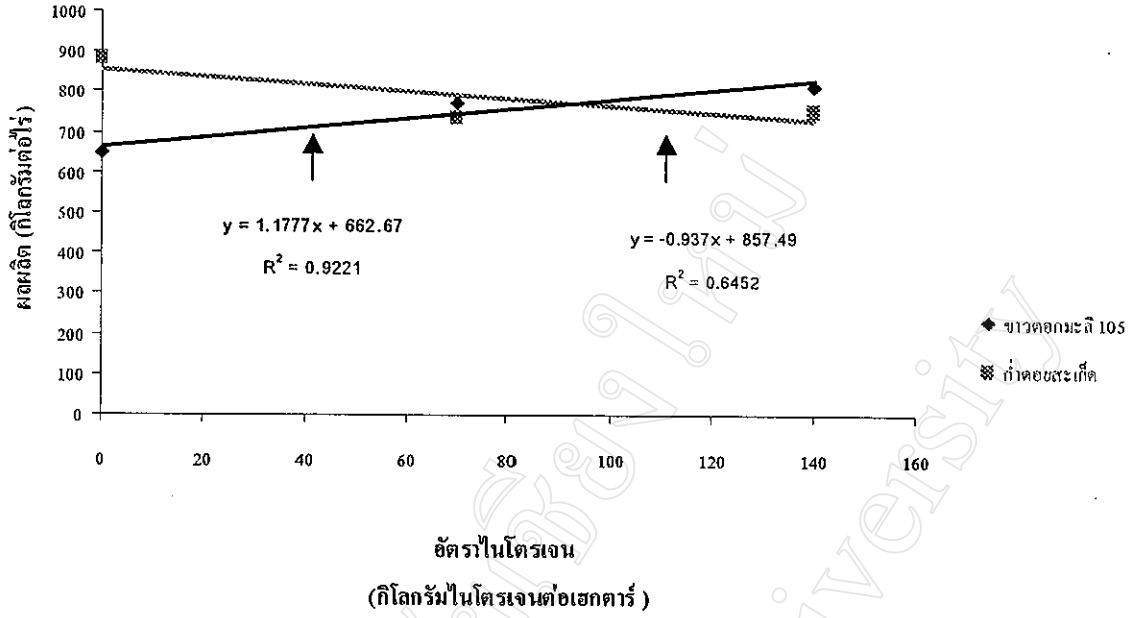
ตาราง 4.29 น้ำหนัก 1,000 เมล็ดเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 0, 70 และ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์

อัตราไนโตรเจน (กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์)	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)
0	29.23b
70	27.39a
140	26.48a

$LSD_{0.01}$อัตราไนโตรเจน = 1.50

4.3.3 ผลผลิต

จากผลวิเคราะห์ทางสถิติ (Analysis of variance) ไม่พบอิทธิพลของอัตราไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ต่อผลผลิต แต่พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของผลผลิต ระหว่างปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับอัตราไนโตรเจน (ตาราง 4.26) โดยข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เมื่อได้รับไนโตรเจนในอัตราที่เพิ่มขึ้น ผลผลิตข้าวจะมากขึ้นตาม ซึ่งในทุก ๆ 1 กิโลกรัมของไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 1.17 กิโลกรัมต่อไร่ (7.31 กิโลกรัม/เฮกตาร์) สำหรับข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ในทุก ๆ 1 กิโลกรัมของไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ผลผลิตลดลง 0.94 กิโลกรัมต่อไร่ (5.88 กิโลกรัม/เฮกตาร์) (ภาพที่ 4.20) โดยเฉลี่ยแล้วข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีผลผลิต 745 กิโลกรัมต่อไร่ และ 792 กิโลกรัมต่อไร่ในข้าวก่ำดอยสะเก็ด



ภาพที่ 4.20 ปฏิสัมพันธ์ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 0, 70 และ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ต่อผลผลิต

4.4 อิทธิพลของธาตุไนโตรเจนและเหล็กต่อคุณภาพการสี

เปอร์เซ็นต์แกลบ

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าความแตกต่างระหว่างพันธุ์ มีผลต่อความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์แกลบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่เปอร์เซ็นต์แกลบที่ต่างกันไม่ได้รับอิทธิพลจากอัตราไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่ฉีดพ่นให้แก่ข้าว (ตาราง 4.30) โดยพันธุ์ข้าวก่ำดอยสะเก็ดมีเปอร์เซ็นต์แกลบ 25.20% ซึ่งสูงกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ที่มี 23.32% (ตาราง 4.31)

เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พันธุ์ที่แตกต่างกันส่งผลให้มีความแตกต่างกันของเปอร์เซ็นต์ข้างกล้อง อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องระหว่างอัตราไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก หรือปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรใด (ตาราง 4.30) โดยข้าวขาวดอกมะลิ105 มีเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องเท่ากับ 76.68% ส่วนข้าวก่ำดอยสะเก็ดมี 74.80% (ตาราง 4.32)

ตาราง **4.30** ผลวิเคราะห์ทางสถิติของคุณภาพการสี ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และข้าวก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนและการฉีดพ่นธาตุเหล็กในอัตราที่แตกต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	% แกลบ	% ข้าวกล้อง	% รำ	% ข้าวสาร	% ต้นข้าว	% ข้าวหัก	ความแข็ง (นิวตัน/ตร.ซม.)
VAR	*	*	**	**	**	**	ns
N	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
VAR*N	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
FE	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
VAR*FE	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
N*FE	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
VAR*N*FE	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV%	2.32	0.74	15.49	2.25	14.53	18.05	4.19

VAR = พันธุ์ N = ธาตุไนโตรเจน FE = ธาตุเหล็ก

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

ตาราง **4.31** เปอร์เซ็นต์แกลบ ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด

พันธุ์	เปอร์เซ็นต์แกลบ
ขาวดอกมะลิ105	23.32b
ก่ำดอยสะเก็ด	25.20a

$LSD_{0.05}$ พันธุ์ = 1.1867

ตาราง **4.32** เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด

พันธุ์	เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง
ขาวดอกมะลิ105	76.68a
ก่ำดอยสะเก็ด	74.80b

$LSD_{0.05}$ พันธุ์ = 0.7445

เปอร์เซ็นต์รำ

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พันธุ์ข้าวที่แตกต่างกันส่งผลให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ของเปอร์เซ็นต์รำ โดยที่ข้าวก่ำดอยสะเก็ดมีเปอร์เซ็นต์รำเท่ากับ 9.60% ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 มีเปอร์เซ็นต์รำเท่ากับ 6.15% (ตาราง 4.33) ส่วนอัตราไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสาม ไม่พบว่าส่งผลต่อความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของเปอร์เซ็นต์รำ (ตาราง 4.30)

ตาราง 4.33 เปอร์เซ็นต์รำ ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด

พันธุ์	เปอร์เซ็นต์รำ
ขาวดอกมะลิ105	6.15b
ก่ำดอยสะเก็ด	9.60a

$LSD_{0.05}$ พันธุ์ = 0.9196

เปอร์เซ็นต์ข้าวสาร

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบเพียงอิทธิพลของพันธุ์เท่านั้นที่มีผลต่อความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ของเปอร์เซ็นต์ข้าวสาร แต่ทั้งนี้ไม่พบว่าอัตราไนโตรเจนและระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก หรือปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างปัจจัยทั้งสาม มีอิทธิพลต่อความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของ เปอร์เซ็นต์ข้าวสาร ของข้าวทั้งสองพันธุ์ อย่างมีนัยสำคัญ (ตาราง 4.30) โดยข้าวขาวดอกมะลิ105 มีเปอร์เซ็นต์ข้าวสาร 70.53% มากกว่าก่ำดอยสะเก็ดที่มี 65.20% (ตาราง 4.34)

ตาราง 4.34 เปอร์เซ็นต์ข้าวสาร ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด

พันธุ์	เปอร์เซ็นต์ข้าวสาร
ขาวดอกมะลิ105	70.53a
ก่ำดอยสะเก็ด	65.20b

$LSD_{0.05}$ พันธุ์ = 1.72

เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่ามีความแตกต่างกันของเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$) ระหว่างพันธุ์ แต่ไม่พบว่าอัตราไนโตรเจน ระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก หรือปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรใด ๆ ส่งผลต่อความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว แต่อย่างใด (ตาราง 4.30) โดยข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 มีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว 55% สูงกว่าพันธุ์กำดอยสะเก็ด ซึ่งมี 23% (ตาราง 4.35)

ตาราง **4.35** เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และพันธุ์กำดอยสะเก็ด

พันธุ์	เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว
ขาวดอกมะลิ105	55.00a
กำดอยสะเก็ด	23.19b

$LSD_{0.05}$ พันธุ์ = 6.23

เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่ามีความแตกต่างกันของเปอร์เซ็นต์ข้าวหัก อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ระหว่างพันธุ์ แต่ไม่พบความแตกต่างดังกล่าวระหว่างอัตราไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก หรือปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสาม อย่างมีนัยสำคัญ (ตาราง 4.30) โดยข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 มีเปอร์เซ็นต์ข้าวหักน้อยกว่าพันธุ์กำดอยสะเก็ด (15.54 และ 42% ตามลำดับ) (ตาราง 4.36)

ตาราง **4.36** เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และพันธุ์กำดอยสะเก็ด

พันธุ์	เปอร์เซ็นต์ ข้าวหัก
ขาวดอกมะลิ105	15.54b
กำดอยสะเก็ด	42.00a

$LSD_{0.05}$ พันธุ์ = 4.5172

ความแข็งของเมล็ด

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าความแข็งของข้าวที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน และธาตุเหล็กในระดับที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ตาราง 4.30) การเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจน มีผลทำให้ความแข็งของเมล็ดเพิ่มมากขึ้น โดยการให้ไนโตรเจนไม่ว่าที่ระดับ 70 หรือ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ มีความแข็งของเมล็ด เฉลี่ยเท่ากับ 69.27 และ 70.01 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งแข็งกว่าการที่ข้าวไม่ได้รับไนโตรเจน (67.06 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร) (ตาราง 4.37)

ตาราง **4.37** ความแข็งเฉลี่ยของเมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์กำดอยสะเก็ด ที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 0, 70 และ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์

อัตราไนโตรเจน (กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์)	ความแข็งของเมล็ด (นิวตันต่อตารางเซนติเมตร)
0	67.06b
70	69.27a
140	70.01a

$LSD_{0.01}$ อัตราไนโตรเจน = 1.98

ผลของระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กต่อความแข็งของเมล็ดนั้นพบว่า การเพิ่มระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่ฉีดพ่นให้แก่ข้าว มีผลทำให้ความแข็งของเมล็ดเพิ่มขึ้น โดยการฉีดพ่นธาตุเหล็กในระดับ 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ มีความแข็งของเมล็ดข้าวมากกว่าการที่ข้าวไม่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็ก (ตาราง 4.38)

ตาราง **4.38** ความแข็งเฉลี่ยของเมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์กำดอยสะเก็ด ที่ได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์

ความเข้มข้นของธาตุเหล็ก (กรัมเปอร์เซ็นต์)	ความแข็งของเมล็ด (นิวตันต่อตารางเซนติเมตร)
0.0	65.86b
0.1	69.26a
0.3	71.23a

$LSD_{0.01}$ ระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก = 2.68

4.5 อิทธิพลของธาตุไนโตรเจนและเหล็กต่อคุณค่าทางโภชนาการ

4.5.1 ปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดข้าวกล้อง

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$) ของปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ด ระหว่างพันธุ์ข้าว อัตราปุ๋ยไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่ฉีดพ่นให้แก่ข้าว รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ร่วมของทั้งสามตัวแปร (ตาราง 4.39)

ความแตกต่างของปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดระหว่างพันธุ์ พบว่าข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดมีปริมาณเหล็ก 1.70 มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง ส่วนข้าวขาวดอกมะลิ105 มี 1.50 มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง (ตาราง 4.40)

ตาราง 4.39 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณธาตุเหล็ก สังกะสี โพแทสเซียม ปริมาณโปรตีน และปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในเมล็ดข้าวกล้อง ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนและธาตุเหล็กในอัตราแตกต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	ปริมาณ				
	เหล็ก	สังกะสี	โพแทสเซียม	โปรตีน	คาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล
VAR	**	*	**	**	ns
N	**	**	ns	**	ns
VAR*N	**	**	**	**	ns
FE	**	*	**	ns	ns
VAR*FE	*	**	**	ns	ns
N*FE	**	**	**	ns	ns
VAR*N*FE	**	**	**	ns	ns
CV%	7.62	4.86	4.73	5.52	68.78

VAR = พันธุ์ N = ธาตุไนโตรเจน FE = ธาตุเหล็ก

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

ตาราง 4.40 ปริมาณธาตุเหล็ก ในเมล็ดข้าวกล้อง พันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และก่ำดอยสะเก็ด

พันธุ์	ปริมาณธาตุเหล็ก (มิลลิกรัม/ 100 กรัมข้าวกล้อง)
ขาวดอกมะลิ105	1.50b
ก่ำดอยสะเก็ด	1.70a

$LSD_{0.01}$ พันธุ์ = 0.17

ผลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนต่อความแตกต่างของปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดข้าวกล้อง พบว่า อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดข้าวกล้องเพิ่มสูงขึ้น โดยที่ระดับไนโตรเจน 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์มีปริมาณธาตุเหล็ก 1.93 มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง ในขณะที่การจัดการไนโตรเจนในระดับ 0 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดข้าวกล้องต่ำสุด เท่ากับ 1.38 มิลลิกรัม/ 100 กรัมข้าวกล้อง (ตาราง 4.41)

ตาราง 4.41 ปริมาณธาตุเหล็กเฉลี่ยในเมล็ดข้าวกล้อง ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0, 70 และ 140 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์

อัตราไนโตรเจน (กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์)	ปริมาณธาตุเหล็ก (มิลลิกรัม/ 100 กรัมข้าวกล้อง)
0	1.38b
70	1.50b
140	1.93a

$LSD_{0.01}$ อัตราไนโตรเจน = 0.15

และสำหรับผลของระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ที่ฉีดพ่นให้แก่ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวก่ำดอยสะเก็ด ที่มีต่อความแตกต่างของปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดข้าวกล้อง นั้นพบว่า ระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่เพิ่มขึ้น มีแนวโน้มทำให้ปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดข้าวกล้องเพิ่มสูงขึ้น โดยการฉีดพ่นเหล็กที่ระดับ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดสูงสุดเท่ากับ 1.73 มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง ในขณะที่การไม่ฉีดพ่นธาตุเหล็กเลย มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดเท่ากับ 1.58 มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง (ตาราง 4.42)

ตาราง 4.42 ปริมาณธาตุเหล็กเฉลี่ยในเมล็ดข้าวกล้อง ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับการฉีดพ่นเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.0 , 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์

ความเข้มข้นธาตุเหล็ก (กรัมเปอร์เซ็นต์)	ปริมาณธาตุเหล็ก (มิลลิกรัม/ 100 กรัมข้าวกล้อง)
0.0	1.58b
0.1	1.50b
0.3	1.73a

$LSD_{0.01}$ ระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก = 0.11

ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ อัตราไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก พบว่าในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด เมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนให้แก่ข้าว ทำให้ปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดข้าวกล้องเพิ่มสูงขึ้น และไนโตรเจนที่อัตรา 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ทำให้ปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดข้าวกล้องสูงสุด แต่ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุเหล็กในข้าวก่ำดอยสะเก็ดมีค่า 1.70 มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง ซึ่งสูงกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่มีค่าเท่ากับ 1.50 มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง (ตาราง 4.43)

ในทำนองเดียวกัน การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดข้าวกล้อง ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวก่ำดอยสะเก็ด พบว่าเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กให้สูงขึ้น ทำให้ปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดข้าวกล้อง มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตาม โดยเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดสูงสุด ที่ 1.66 และ 1.79 มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวก่ำดอยสะเก็ด ตามลำดับ (ตาราง 4.43)

ตาราง 4.43 ปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดข้าวกล้อง (มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง) ของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนและการฉีดพ่นธาตุเหล็กในอัตราแตกต่างกัน

พันธุ์	อัตราไนโตรเจน (กก.ไนโตรเจน/เฮกตาร์)	ความเข้มข้นธาตุเหล็ก (กรัมเปอร์เซ็นต์)			ค่าเฉลี่ย
		0	0.1	0.3	
ขาวดอกมะลิ105	0	1.41	1.49	0.73	1.21
	70	1.51	1.07	1.25	1.28
	140	1.60	1.42	3.00	2.01
ค่าเฉลี่ย		1.51	1.32	1.66	1.50
ก่ำดอยสะเก็ด	0	1.44	1.52	1.69	1.55
	70	1.58	1.67	1.87	1.71
	140	1.92	1.80	1.82	1.85
ค่าเฉลี่ย		1.65	1.66	1.79	1.70

$LSD_{0.01}$(พันธุ์*อัตราไนโตรเจน*ความเข้มข้นธาตุเหล็ก) = 0.28

$LSD_{0.05}$(พันธุ์*อัตราไนโตรเจน*ความเข้มข้นธาตุเหล็ก) = 0.20

4.5.2 ปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้อง

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้องมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ระหว่างพันธุ์ ระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ของปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้อง ระหว่างอัตราปุ๋ยไนโตรเจน รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ อัตราปุ๋ยไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก (ตาราง 4.39)

ความแตกต่างระหว่างพันธุ์มีผลทำให้ปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้องมีความแตกต่างกัน โดยพบว่าข้าวขาวดอกมะลิ105 มีปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดเท่ากับ 2.04 มิลลิกรัม/ 100 กรัมข้าวกล้อง ซึ่งสูงกว่า ปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดของข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดที่มี 1.82 มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง (ตาราง 4.44)

ตาราง 4.44 ปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้องของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และก่ำดอยสะเก็ด

พันธุ์	ปริมาณธาตุสังกะสี (มิลลิกรัม/ 100 กรัมข้าวกล้อง)
ขาวดอกมะลิ105	2.04a
ก่ำดอยสะเก็ด	1.82b

$LSD_{0.05}$พันธุ์ = 0.20

ผลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้อง ของข้าวทั้งพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด นั้นพบว่าการเพิ่มขึ้นของอัตราปุ๋ยไนโตรเจน ทำให้ปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้องเพิ่มสูงขึ้น โดยการให้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ทำให้มีปริมาณธาตุสังกะสีสูงสุดเท่ากับ 2.13 มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง และการไม่ให้ไนโตรเจนเลยทำให้ปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้องต่ำสุดเท่ากับ 1.74 มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง (ตาราง 4.45)

ตาราง 4.45 ปริมาณธาตุสังกะสีเฉลี่ยในเมล็ดข้าวกล้อง ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 0, 70 และ 140 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์

อัตราไนโตรเจน (กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์)	ปริมาณธาตุสังกะสี (มิลลิกรัม/ 100 กรัมข้าวกล้อง)
0	1.74c
70	1.90b
140	2.13a

$LSD_{0.01}$ อัตราไนโตรเจน = 0.10

ความแตกต่างของปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้อง ระหว่างระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก พบว่าการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน มีผลต่อปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้องค่อนข้างน้อย โดยธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.1 กรัมเปอร์เซ็นต์ มีปริมาณธาตุสังกะสีมากที่สุดเฉลี่ย 1.98 มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง ในขณะที่การไม่ฉีดพ่นธาตุเหล็ก และการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ มีปริมาณธาตุสังกะสีเฉลี่ยเท่ากันคือ 1.90 มิลลิกรัม/ 100 กรัมข้าวกล้อง (ตาราง 4.46)

ตาราง 4.46 ปริมาณธาตุสังกะสีเฉลี่ยในเมล็ดข้าวกล้อง ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับการฉีดพ่นเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.0 , 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์

ความเข้มข้นธาตุเหล็ก (กรัมเปอร์เซ็นต์)	ปริมาณธาตุสังกะสี (มิลลิกรัม/ 100 กรัมข้าวกล้อง)
0.0	1.90b
0.1	1.98a
0.3	1.90b

$LSD_{0.05}$ ระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก = 0.06

ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ อัตราไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่ฉีดพ่น พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนให้แก่ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ส่งผลให้ปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้องมีแนวโน้มลดลง ซึ่งการที่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ไม่ได้รับไนโตรเจนเลย มีปริมาณธาตุสังกะสีสูงสุดเท่ากับ 2.18 มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง แต่ในทางกลับกัน เมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนให้แก่ข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด กลับทำให้มีปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้องเพิ่มสูงขึ้น โดยอัตราไนโตรเจนที่ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ทำให้เมล็ดข้าวกล้องมีปริมาณธาตุสังกะสีสูงสุดเท่ากับ 2.26 มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง (ตาราง 4.47)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้องของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด เมื่อได้รับการฉีดพ่นธาตุเหล็กที่ระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น พบว่ามีลักษณะเช่นเดียวกับผลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้แก่ข้าว กล่าวคือ ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 นั้นการเพิ่มขึ้นของระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ทำให้ปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้องมีแนวโน้มลดลงต่ำสุดที่ระดับความเข้มข้น 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณธาตุสังกะสีเท่ากับ 1.89 มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง ส่วนในข้าวก่ำดอยสะเก็ด การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้องมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก และสูงสุดที่ระดับความเข้มข้น 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ ทำให้ข้าวมีปริมาณธาตุสังกะสีเท่ากับ 1.92 มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง (ตาราง 4.47)

ตาราง 4.47 ปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้อง (มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง) ของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน และการฉีดพ่นธาตุเหล็กในอัตราที่แตกต่างกัน

พันธุ์	อัตราไนโตรเจน (กก.ไนโตรเจน/เฮกตาร์)	ความเข้มข้นธาตุเหล็ก (กรัมเปอร์เซ็นต์)			ค่าเฉลี่ย
		0	0.1	0.3	
ขาวดอกมะลิ105	0	2.46	2.54	1.54	2.18
	70	1.79	2.19	1.77	1.92
	140	1.88	1.79	2.35	2.01
ค่าเฉลี่ย		2.04	2.18	1.89	2.04
ก่ำดอยสะเก็ด	0	1.44	1.17	1.29	1.30
	70	1.57	1.92	2.20	1.89
	140	2.25	2.27	2.26	2.26
ค่าเฉลี่ย		1.75	1.79	1.92	1.82

$LSD_{0.01}$ (พันธุ์*อัตราไนโตรเจน*ความเข้มข้นธาตุเหล็ก) = 0.21

$LSD_{0.05}$ (พันธุ์*อัตราไนโตรเจน*ความเข้มข้นธาตุเหล็ก) = 0.16

4.5.3 ปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวกล้อง

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าพันธุ์ และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่ทำการฉีดพ่นให้แก่ข้าว รวมทั้งของปฏิสัมพันธ์ร่วมของทั้งสามตัวแปร มีผลทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวกล้อง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) แต่ทั้งนี้ไม่พบว่าอัตราไนโตรเจน ส่งผลต่อความแตกต่างของปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวกล้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตาราง 4.39)

ความแตกต่างของปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวกล้องระหว่างพันธุ์ พบว่าข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดมีปริมาณโพแทสเซียมเท่ากับ 281.03 มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง ซึ่งสูงกว่าข้าวขาวดอกมะลิ105 ที่มี 233.85 มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง (ตาราง 4.48)

ตาราง **4.48** ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวกล้อง ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด

พันธุ์	ปริมาณธาตุโพแทสเซียม (มิลลิกรัม/ 100 กรัมข้าวกล้อง)
ขาวดอกมะลิ105	233.85b
ก่ำดอยสะเก็ด	281.03a

$LSD_{0.01}$ พันธุ์ = 25.94

ผลของระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ที่ฉีดพ่นให้แก่ข้างทั้งพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด พบว่าการเพิ่มขึ้นของระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวกล้องมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น โดยเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวกล้องสูงสุดเท่ากับ 268.32 มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง (ตาราง 4.49)

ตาราง **4.49** ปริมาณธาตุโพแทสเซียมเฉลี่ยในเมล็ดข้าวกล้อง ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับการฉีดพ่นเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.0 , 0.1 และ 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์

ความเข้มข้นธาตุเหล็ก (กรัมเปอร์เซ็นต์)	ปริมาณธาตุโพแทสเซียม (มิลลิกรัม/ 100 กรัมข้าวกล้อง)
0.0	250.48b
0.1	253.51b
0.3	268.32a

$LSD_{0.01}$ ระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก = 11.34

ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ อัตราปุ๋ยไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่ฉีดพ่น พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนให้สูงขึ้น มีผลทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวกล้องของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เพิ่มสูงขึ้นตาม และสูงสุดที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ซึ่งมีปริมาณโพแทสเซียมเท่ากับ 250 มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง แต่ในทางตรงกันข้ามเมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนให้แก่ข้าวก่ำดอยสะเก็ด กลับทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวกล้องลดลง และให้ค่าต่ำสุดเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์เท่ากับ 267 มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง (ตาราง 4.50)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวกล้องเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กให้แก่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ดเพิ่มสูงขึ้น เหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ ทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ดสูงสุดที่ 291.33 มิลลิกรัม /100 กรัมข้าวกล้อง เช่นเดียวกับข้าวก่ำดอยสะเก็ดซึ่งพบว่าเหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0.3 กรัมเปอร์เซ็นต์ ทำให้มีค่าเฉลี่ยสูงสุดของปริมาณโพแทสเซียมเท่ากับ 287.10 มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง (ตาราง 4.50)

ตาราง 4.50 ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวกล้อง (มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวกล้อง) ของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และก่ำดอยสะเก็ด ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนและการฉีดพ่นธาตุเหล็กในอัตราที่แตกต่างกัน

พันธุ์	อัตราไนโตรเจน (กก.ไนโตรเจน/เฮกตาร์)	ความเข้มข้นธาตุเหล็ก (กรัมเปอร์เซ็นต์)			ค่าเฉลี่ย
		0	0.1	0.3	
ขาวดอกมะลิ105	0	194.64	218.42	247.31	220.12
	70	233.27	228.33	231.79	231.13
	140	221.45	259.93	269.50	250.29
ค่าเฉลี่ย		216.45	235.56	249.53	233.85
ก่ำดอยสะเก็ด	0	301.99	293.28	278.73	291.33
	70	282.51	284.93	286.55	284.66
	140	269.03	236.18	296.02	267.08
ค่าเฉลี่ย		284.51	271.46	287.10	281.02

$LSD_{0.01}$ (พันธุ์*อัตราไนโตรเจน*ความเข้มข้นธาตุเหล็ก) = 27.78

$LSD_{0.05}$ (พันธุ์*อัตราไนโตรเจน*ความเข้มข้นธาตุเหล็ก) = 20.50

4.5.4 ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวกล้อง

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) พบว่าพันธุ์ อัตราปุ๋ยไนโตรเจน และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธ์กับอัตราไนโตรเจนที่ต่างกัน รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน มีผลต่อความแตกต่างของปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวกล้องอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ตาราง 4.39)

ผลของความแตกต่างระหว่างพันธุ์ที่มีต่อปริมาณโปรตีน พบว่าข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าข้าวขาวดอกมะลิ105 (12.92% และ 9.33% ตามลำดับ) (ตาราง 4.51)

ตาราง **4.51** ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวกล้อง ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และก่ำดอยสะเก็ด

พันธุ์	ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวกล้อง (%)
ขาวดอกมะลิ 105	9.33b
ก่ำดอยสะเก็ด	12.92a

$LSD_{0.01}$ พันธุ์ = 1.36

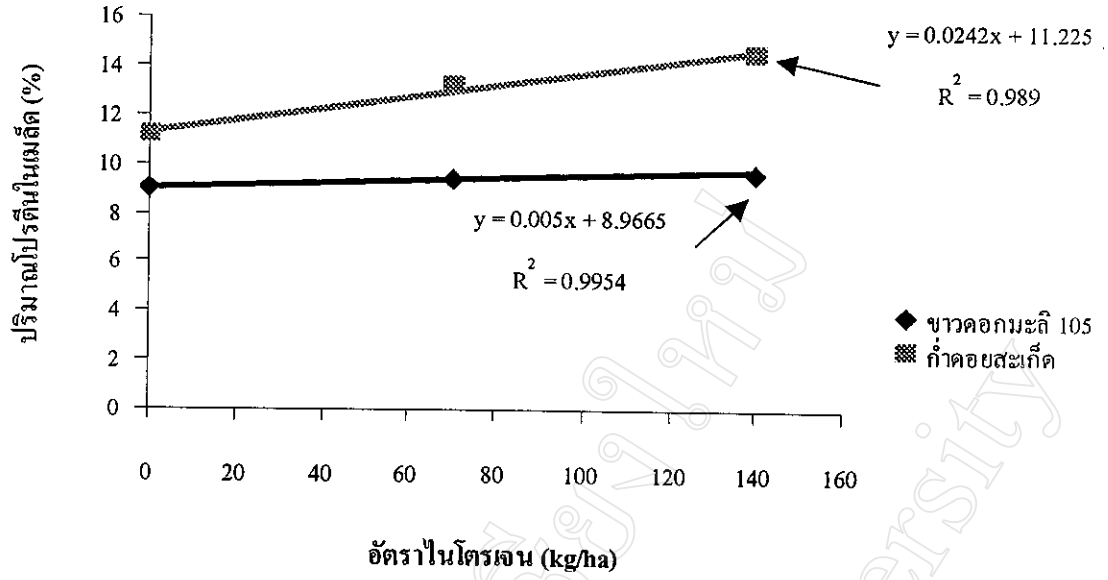
ความแตกต่างของปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวกล้อง ระหว่างอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่างกัน พบว่าการเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนให้แก่ข้าว ทำให้ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวกล้องเพิ่มสูงขึ้นด้วย โดยอัตราไนโตรเจนที่ทำให้มีปริมาณโปรตีนสูงสุด คือ 140 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และรองลงมาคือที่อัตรา 70 และ 0 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (12.08% 11.24% และ 10.02% ตามลำดับ) (ตาราง 4.52)

ตาราง **4.52** ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวกล้อง ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และก่ำดอยสะเก็ด ที่ระดับไนโตรเจน 0, 70 และ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์

อัตราไนโตรเจน (กิโลกรัมไนโตรเจน/เฮกตาร์)	ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวกล้อง (%)
0	10.01c
70	11.24b
140	12.08a

$LSD_{0.01}$ อัตราไนโตรเจน = 0.35

ผลของปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์และอัตราไนโตรเจนนั้นพบว่า ข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด มีแนวโน้มการตอบสนองของปริมาณโปรตีน ต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราไนโตรเจนที่ให้แก่ข้าว มากกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จากสมการ linear regression แสดงให้เห็นว่าในทุกหนึ่งกิโลกรัมของไนโตรเจนที่เพิ่มให้แก่ข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดจะทำให้ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวกล้อง เพิ่มขึ้น 0.024% ส่วนพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 นั้นเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.005% (ภาพที่ 4.21)



ภาพที่ 4.21 ปฏิสัมพันธ์ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และกำดอยสะเก็ด ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 0 70 และ 140 กิโลกรมต่อเฮกตาร์ ต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเมล็ดข้าวกล้อง

4.5.5 ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่ไม่ใช่ส่วนโครงสร้างของเซลล์ (Total Non-Structural Carbohydrate : TNC) หรือปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในเมล็ดข้าวกล้อง

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) ไม่พบว่าอัตราไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่ฉีดพ่นให้แก่ข้าว มีผลต่อความแตกต่างกันของปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในเมล็ดข้าวกล้อง ในเมล็ดข้าวกล้อง ของข้าวทั้งพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และกำดอยสะเก็ด อีกทั้งไม่พบว่าปฏิสัมพันธ์ร่วมของตัวแปรทั้งสาม คือ พันธุ์ อัตราไนโตรเจน และระดับความเข้มข้นของธาตุเหล็ก มีผลต่อความแตกต่างกันของปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในเมล็ดข้าวกล้อง ในเมล็ดข้าวกล้อง อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่อย่างใด (ตาราง 4.39) โดยเฉลี่ยแล้วปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในเมล็ดข้าวกล้องเท่ากับ 61.01 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง

ผลการศึกษาส่วนที่ 2 :

การพัฒนาแบบจำลองเชิงคุณภาพ (Descriptive Model) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางสัณฐาน ลักษณะทางสรีระ ผลผลิต คุณภาพการสี และคุณค่าทางโภชนาการของข้าว ภายใต้อิทธิพลของธาตุไนโตรเจนและเหล็ก

จากการศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ และการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ทางสถิติข้อมูลเชิงปริมาณจากงานทดลองในแปลงปลูก สามารถสร้างแบบจำลองเชิงคุณภาพ เพื่ออธิบายอิทธิพลของธาตุไนโตรเจน และธาตุเหล็ก ที่มีต่อลักษณะทางสัณฐานและสรีระ รวมทั้งผลผลิต คุณภาพการสี และคุณค่าทางโภชนาการของข้าว ได้ดังแสดงในภาพที่ 4.22

ในการศึกษาทดลองครั้งนี้ ได้ทำการให้ธาตุไนโตรเจนแก่ข้าวโดยการหว่านทางดิน ในระยะที่ข้าวแตกกอ และระยะกำเนิดช่อดอก และทำการฉีดพ่นธาตุเหล็กทางใบทุก ๆ 7 วัน ตั้งแต่ระยะกำเนิดช่อดอกจนกระทั่งถึงระยะที่ข้าวแทงช่อดอก เป็นจำนวน 4 ครั้ง ซึ่งข้าวจะดูดใช้ไนโตรเจนและธาตุเหล็ก เพื่อกระบวนการทางสรีระต่าง ๆ โดยพืชดูดธาตุไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์คือ ยูเรีย [$CO(NH_2)_2$] และเปลี่ยนให้เป็นรูป แอมโมเนียม (NH^+_4) แล้วจึงรวมกับอินทรียสารบางชนิด สังเคราะห์เป็นกรดอะมิโน โปรตีน และสารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ ส่วนการดูดใช้ธาตุเหล็กทางใบนั้น พืชดูดใช้เหล็กในรูป Fe^{2+} และสะสมเหล็กส่วนหนึ่งไว้ในส่วนสโตรมา (Stroma) ของคลอโรพลาสต์ ซึ่งเหล็กดังกล่าวมีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ (ยงยุทธ, 2543) โดยในกระบวนการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์นั้น พืชใช้เอนไซม์ δ - aminolevulinate dehydrase และ δ - aminolevulinate synthetase ซึ่งมีธาตุเหล็กเป็นโคแฟกเตอร์ (Bouzayen *et al.*, 1991) ในส่วนของโปรตีนที่มีเหล็กและกำมะถันเป็นองค์ประกอบ (Fe-S-Protein) ซึ่งหมายถึงเฟอร์รีดอกซิน (Ferredoxin) จะทำหน้าที่เป็นตัวส่งอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง (ยงยุทธ, 2543) ดังนั้นการที่พืชมีธาตุเหล็กในปริมาณสูงจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงตาม ซึ่งสอดคล้องกับ Terry (1980) ที่กล่าวว่าการที่พืชขาดเหล็ก จะทำให้รงควัตถุ (pigment) ที่ทำหน้าที่รับพลังงานแสง เช่น คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และแคโรทีน มีปริมาณลดลง

ภาพที่ 4.22 Section 1 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันระหว่างลักษณะทางสรีระ ซึ่งได้แก่ การสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ ซึ่งสามารถวัดได้จากปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าว ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง โดยวัดจากค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ซึ่งเป็นค่าประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบ (รายละเอียดอธิบายไว้ในบทที่ 5) ผลผลิตที่ได้จากการสังเคราะห์แสงโดยวัดจากปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่ไม่ใช่ส่วนโครงสร้างของเซลล์ (Total non-structural

carbohydrate : TNC) หรือปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล รวมทั้งปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบข้าว จากการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ทางสถิติ (correlation analysis) (ตาราง 4.53) พบว่าปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ แสดงให้เห็นว่าการที่ข้าวมีปริมาณไนโตรเจนสูงจะสนับสนุนการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ในใบ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้จากปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบที่สูงขึ้น ตามปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่เพิ่มขึ้น (ตาราง 4.6) ทั้งนี้เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ (ดนัย, 2544)

นอกจากนี้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบและปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบข้าว มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง (ยงยุทธ, 2543; Terry, 1980) ดังนั้นเมื่อมีการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น ย่อมได้ผลผลิตแรกจากการสังเคราะห์แสงที่ถูกเคลื่อนย้ายไปยังส่วนเจริญของพืช ซึ่งโดยทั่วไปได้แก่ ฟรุกโทส กลูโคส และแป้ง หรือปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่ไม่ใช่ส่วนโครงสร้างของเซลล์ (Total non-structural carbohydrate : TNC) (Center for the Study of Carbon Dioxide and Global Change: http://www.co2science.org) ที่มีปริมาณสูงขึ้น

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าคลอโรฟิลล์จะเป็นรงควัตถุที่อยู่ในคลอโรพลาสต์ มีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง แต่จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติ (correlation analysis) กลับพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมีความสัมพันธ์เชิงลบกับประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสงดังจะเห็นว่ามีค่าประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบลดลง (ตาราง 4.53) จากการทดลองอธิบายได้ว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบและประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสงแปรผกผันกัน โดยพบว่าการมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากไม่ได้ทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงสูงขึ้นตาม ซึ่ง ดนัย (2544) กล่าวว่า ประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสง นอกจากคลอโรฟิลล์แล้วยังมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น ลักษณะทางพันธุกรรมของพืช เช่น ลักษณะโครงสร้างของใบ ขนาด จำนวนและตำแหน่งของปากใบ ซึ่งมีผลต่อการเข้าสู่ใบของคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ใบอ่อนของพืชสังเคราะห์แสงได้ดีกว่าใบแก่ ใบที่เป็นโรคมีประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงลดลง แต่ใบที่อยู่ใกล้กับใบที่เป็นโรคกลับมีอัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น รวมทั้งระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่พอเหมาะ ความเข้มแสง ความยาวช่วงแสง คุณภาพแสง และอุณหภูมิ ต่างมีผลต่อ ประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสงทั้งสิ้น

ภาพที่ 4.22 Section 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางสัณฐานของข้าวในส่วนของการเจริญเติบโต ได้แก่ ค่าดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index : LAI) หรืออัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อพื้นที่

ดิน ค่าความสูงของข้าว และความยาวรวง ซึ่งจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติ (correlation analysis) ไม่พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางสัณฐานดังกล่าวของข้าวแต่อย่างใด (ตาราง 4.54) อย่างไรก็ตาม ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าดัชนีพื้นที่ใบ (ภาพที่ 4.22 Section 1 และ 2) เนื่องจากธาตุไนโตรเจนที่เพียงพอสามารถเพิ่มการพัฒนาการเจริญเติบโตของพืช และเพิ่มดัชนีพื้นที่ใบให้สูงขึ้น (ยงยุทธ, 2543) และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสูงของข้าว ทั้งนี้โดยทั่วไปความสูงของข้าวจะถูกควบคุมโดยลักษณะทางพันธุกรรม (Chang and Eliseo, 1974) และเกี่ยวข้องกับสภาพการจัดการปลูก ซึ่งจะเป็นสิ่งสัมพันธ์ดังกล่าว ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ (ตาราง 4.53) ซึ่ง Muathafa *et al.* (1998) พบว่าปริมาณไนโตรเจนที่สูง มีแนวโน้มทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มสูงขึ้น และบทบาทของธาตุไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น สามารถเพิ่มความสูง และการเจริญเติบโตให้แก่พืชได้ (Morris and Stevenson, 1986 ; John, 2001) โดย Roggatz *et al.* (1999) ศึกษาถึงอิทธิพลของไนโตรเจน กับการเจริญเติบโตในถั่วคาสเตอร์ (*Ricinus communis*) พบว่าไนโตรเจนสามารถขยายขนาด และเพิ่มจำนวนเซลล์ได้

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ทางสถิติ (correlation analysis) พบผลผลิตข้าว มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับ จำนวนหน่อต่อตารางเมตร จำนวนรวงต่อหน่อ และจำนวนเมล็ดดีต่อรวง แต่จำนวนหน่อต่อตารางเมตรมีความสัมพันธ์เชิงลบกับน้ำหนัก 1,000 เมล็ด และความสูงของข้าว (ภาพที่ 4.22 Section 2 และ 3) ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของพลากร (2532) ซึ่งอธิบายความสัมพันธ์ดังกล่าวว่าเป็นการชดเชยองค์ประกอบผลผลิตของข้าว

นอกจากนี้ ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบ มีความสัมพันธ์กับจำนวนหน่อต่อตารางเมตรในเชิงบวก อันเป็นผลจากการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนแก่ข้าว ซึ่งตรงกับผลการศึกษาของ Eitzen (1991) ที่พบว่าการเพิ่มอัตราไนโตรเจนให้สูงขึ้น จะส่งผลให้จำนวนหน่อต่อตารางเมตรของข้าวเพิ่มขึ้น และจากการทดลองพบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในใบมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับน้ำหนักเมล็ด (ภาพที่ 4.22 Section 1 และ 3) กรมอนามัย (2543) รายงานถึงสัดส่วนโดยน้ำหนักของข้าวเจ้า 100 กรัม ว่าประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 79.8 กรัม ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าเมื่อปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้น้ำหนักเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นด้วย แต่ทั้งนี้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลกับจำนวนหน่อต่อตารางเมตร และผลผลิตของข้าวกลับเป็นไปในทางลบ (ภาพที่ 4.22 Section 1, 2 และ 3) อาจเป็นไปได้ว่าในระยะที่ข้าวแตกกอมีปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลใน

ใบมาก ในขณะที่จำนวนหน่อต่อตารางเมตรต่ำ เพราะไม่ต้องถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปเลี้ยงหน่ออ่อน และเมื่อแตกหน่อน้อย จึงส่งผลให้ผลผลิตต่ำ สำหรับลักษณะทางสรีระอันได้แก่ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบในระยะแทงช่อดอก มีความสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนหน่อต่อตารางเมตร และจำนวนเมล็ดดีต่อรวง และลักษณะทางสัณฐาน ซึ่งได้แก่ความสูงของข้าวนั้น พบว่าความสูงมีความสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนรวงต่อหน่อ (ตาราง 4.53, 4.54 และ 4.55) ซึ่งเฉลิมพล (2542) กล่าวว่า การเพิ่มขึ้นขององค์ประกอบผลผลิตตัวใดตัวหนึ่ง อาจมีผลทำให้องค์ประกอบผลผลิตตัวอื่นเปลี่ยนไป เมื่อเป็นเช่นนี้ ผลผลผลิตอาจไม่เพิ่มขึ้น หรืออาจลดลงได้ ถ้าการเพิ่มตัวหนึ่ง มีผลทำให้ตัวอื่นลดลงมาก จนชดเชยกันไม่ได้ ดังนั้นจึงอธิบายได้ว่าความสัมพันธ์ข้างต้นเป็นสาเหตุมาจากการชดเชยองค์ประกอบผลผลิตของข้าว

จากการวิเคราะห์คุณภาพการสี (ภาพที่ 4.22 section 4) โดยทั่วไปประกอบด้วยเปอร์เซ็นต์ข้าวสาร และเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกซึ่งกันและกัน แต่เปอร์เซ็นต์แกลบมีความสัมพันธ์เชิงลบกับเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง เปอร์เซ็นต์รำมีความสัมพันธ์เชิงลบกับเปอร์เซ็นต์ข้าวสาร และเปอร์เซ็นต์ข้าวหักมีความสัมพันธ์เชิงลบกับเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว (ตาราง 4.56 และ 4.57) ทั้งนี้ จิรวัฒน์ (2541) กล่าวว่า เปอร์เซ็นต์การสีเป็นข้าวสาร ถูกจำกัดโดยสัดส่วนของแกลบและรำ ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างคงที่เฉพาะพันธุ์ ส่วนเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว จะแปรผันตามเปอร์เซ็นต์ข้าวสาร จากการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบกับการแตกหักของเมล็ด ซึ่งการแตกหักของเมล็ดมี 2 ลักษณะคือ (1) การแตกหักจากเมล็ดที่มีรอยร้าวอยู่ภายในข้าวเปลือกซึ่งมักจะเป็นเพราะความเครียดจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นในเมล็ด เมื่อนำไปสีจะแตกหักออกจากกัน (2) การแตกหักจากระบบการสีและระดับการสีของกระบวนการขัดสีโดยตรง เนื่องจากโครงสร้างเมล็ด เช่น ขนาดและรูปร่าง หรือความทนต่อการแตกหักของเมล็ดที่ถูกขัดสี (Kunze, 1985) สาเหตุสำคัญของการแตกหักที่มีอยู่ก่อนการขัดสี คือการเกิดรอยร้าวเนื่องจากความเครียดจากความแตกต่างของความชื้นภายในเมล็ด ขณะเมล็ดกำลังสุกแก่ ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้นอากาศ ความสุกของเมล็ดและลักษณะพันธุกรรม (Kunze and Calderwood, 1985) พร้อมกันนี้ Ancheta and Andales (1990) และ Liu *et al.* (2000) รายงานว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในเมล็ดต่ำ จะทำให้เมล็ดมีความแข็งเพิ่มขึ้น และต้านทานต่อการแตกหัก อันจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเพิ่มขึ้น และจากการศึกษาของ Balal and Ibrahim (1979) พบว่าการให้ไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้น มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวสูงขึ้น และทำให้เปอร์เซ็นต์ข้าวหักลดน้อยลง เนื่องจากปุ๋ยไนโตรเจนทำให้โปรตีนในรำเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งอาจลดการแลกเปลี่ยนระหว่างความชื้นภายในเมล็ดข้าวกล้องกับความชื้นบรรยากาศ ที่เป็นสาเหตุหนึ่งในการเกิดรอยร้าว และโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในเมล็ด สามารถเชื่อมรอยร้าวในเมล็ดได้ (ตติยะ, 2538) โดย Nabgiu และ De Datta (1973) ; Seetanum and De

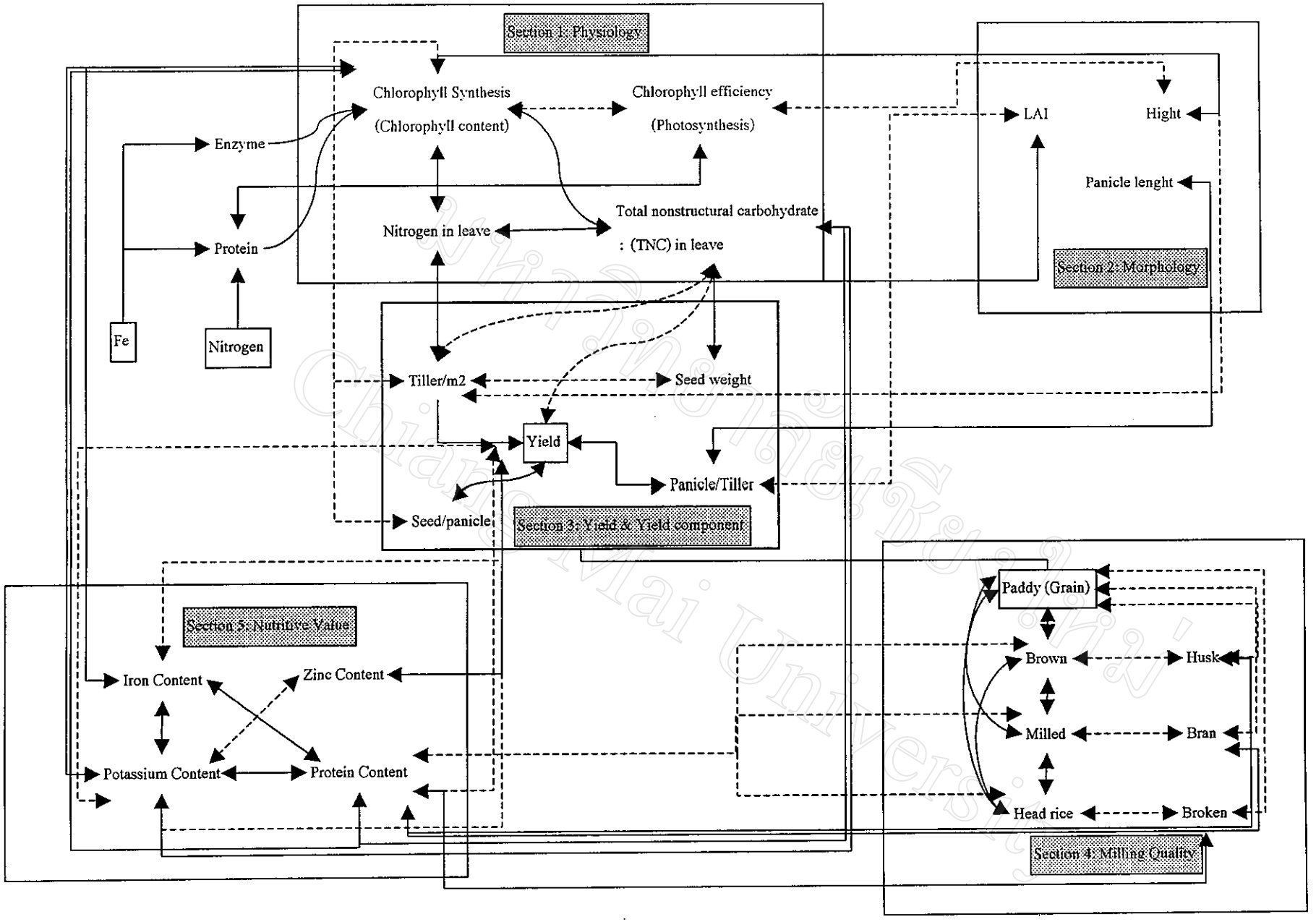
Datta (1973) ; บุญลักษณ์ และคณะ (2517) ; Sajawan *et al.* (1990) อธิบายเพิ่มเติมว่าไนโตรเจนเพิ่มปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าว ทำให้เม็ดแป้งจับตัวกัน และส่งผลให้เมล็ดข้าวเกิดความต้านทานต่อการแตกหักระหว่างการสีมากขึ้น อย่างไรก็ตามการศึกษาทดลองครั้งนี้ ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่าง ค่าความแข็งของเมล็ดและเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวแต่อย่างใด อีกทั้งอัตราปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์แกลบ เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง เปอร์เซ็นต์รำ เปอร์เซ็นต์การสีเป็นข้าวสาร เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวและเปอร์เซ็นต์ข้าวหัก ทั้งนี้อาจเป็นสาเหตุมาจากปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อคุณภาพการสี เช่นการหักล้มที่ก่อให้เกิดความแปรปรวนของผลการศึกษาในส่วนนี้ได้ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของ เครือวัลย์ และคณะ (2539) ที่พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในคุณภาพการสี และสมบัติทางกายภาพของเมล็ดของข้าวญี่ปุ่น จากการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแบบต่าง ๆ

จากการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ทางสถิติ (correlation analysis) พบว่า ข้าวที่ให้ผลผลิตสูงมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง เปอร์เซ็นต์ข้าวสาร และเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว (ตาราง 4.56 และ 4.57) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของไนโตรเจน ซึ่ง Blackmer and Mallarino (2002) กล่าวว่า ไนโตรเจนช่วยเพิ่มผลผลิต หรือแม้แต่งานทดลองนี้ ถึงแม้ว่าผลของอัตราไนโตรเจนจะไม่เด่นชัดต่อผลผลิต แต่ก็พบแนวโน้มที่สอดคล้องกัน กล่าวคือ เมื่อไนโตรเจนเพิ่ม พบแนวโน้มผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (รายละเอียดอธิบายในหัวข้อที่ 4.3.3) บุญลักษณ์ และคณะ (2517) รายงานว่าปุ๋ยไนโตรเจนทำให้เปอร์เซ็นต์แกลบลดลง เนื่องจากไนโตรเจนทำให้น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวกล้องเพิ่มขึ้น และทำให้ความหนาและความยาวของเมล็ดข้าวกล้องเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อไนโตรเจนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิต และเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าข้าวที่ให้ผลผลิตสูง ซึ่งเป็นข้าวที่สัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจน จึงมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวด้วย

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ (ภาพที่ 4.22 section 5) ในส่วนของปริมาณโปรตีน ธาตุเหล็ก สังกะสี โพแทสเซียม และปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในเมล็ดข้าวกล้อง ผลการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ทางสถิติ (correation analysis) ระหว่างปริมาณธาตุอาหารดังกล่าว พบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างปริมาณเหล็กกับปริมาณโปรตีน ซึ่ง Terry and Abadia (1986) อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเหล็กกับโปรตีนไว้ว่าธาตุเหล็กมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์โปรตีนในคลอโรพลาสต์ โดยที่ธาตุเหล็กมีบทบาทในการสังเคราะห์ RNA และการรวมกลุ่มของไรโบโซม ถ้าหากคลอโรพลาสต์ของพืชขาดธาตุเหล็ก จะทำให้อาร์เอ็นเอไรโบโซม (rRNA) และอาร์เอ็นเอนำรหัส (mRNA) ลดลง ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ลดการสังเคราะห์โปรตีน และทั้งนี้ธาตุเหล็ก จะเคลื่อนย้ายจากใบไปสะสมยังเมล็ดต่อไป

จากการทดลองยังพบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างปริมาณธาตุเหล็กกับโพแทสเซียม ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Khan *et al.* (1997) โดยการให้ธาตุเหล็กแก่พืชนั้นจะทำให้ปริมาณธาตุเหล็กและปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ดเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนั้นแล้วยังพบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างปริมาณโพแทสเซียมกับปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวกล้อง โดย Prattley and Stanley (1982) ศึกษาพบว่าพืชที่มีปริมาณโปรตีนสูงในระยะเก็บเกี่ยว จะมีปริมาณโพแทสเซียมสูงด้วย เนื่องจากโพแทสเซียมจะช่วยในการเคลื่อนย้ายและถ่ายเทสารประกอบเชิงอินทรีย์ในโตรเจนเพื่อสังเคราะห์เป็นโปรตีนต่อไป ดังนั้นปริมาณโพแทสเซียม และปริมาณโปรตีนในเมล็ดจึงมีความสัมพันธ์เชิงบวกซึ่งกันและกัน

นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียม และสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้องเป็นไปในเชิงลบ และความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบกับปริมาณธาตุเหล็ก ปริมาณโพแทสเซียม และปริมาณโปรตีนในเมล็ด แต่ในขณะที่ ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล มีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณโพแทสเซียมและปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวกล้อง ทั้งนี้ Dutta and Barua (1978) อธิบายว่า ข้าวที่ได้รับไนโตรเจนจะช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีน แต่ลดปริมาณแป้ง อันเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่ส่วนโครงสร้างของเซลล์ (Nonstructural carbohydrate) (ตาราง 4.58) นอกจากนั้นยังพบความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างปริมาณโพแทสเซียมและโปรตีน กับผลผลิต ขณะที่ Kiuchi and Ishizaka (1961) รายงานถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมกับผลผลิตว่า ปริมาณโพแทสเซียมสูงมีผลทำให้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น



ภาพที่ 4.22 แบบจำลองเชิงคุณภาพของความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางสัณฐานและสรีระ รวมทั้งผลผลิต คุณภาพการสี และคุณค่าทางโภชนาการของข้าว ภายใต้อิทธิพลของธาตุไนโตรเจนและเหล็ก

———— หมายถึง สหสัมพันธ์เชิงบวก, ... หมายถึง สหสัมพันธ์เชิงลบ, yield = Paddy (Grain)

ตาราง 4.53 นัยสำคัญ (p<=0.05) ของความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ของค่าทางสรีระ และองค์ประกอบผลผลิตของข้าว

	CH_T	CH_PI	CH_B	CH_H	EFF_T	EFF_PI	EFF_H	NLE_T	NLE_PI	NLE_B	NLE_H	TNC_T	TNC_PI	TNC_B	TNC_H	TILL_M2	SPIKE_TIL	SEED_SPIK	SEED_WT
CH_PI	.																		
P-VALUE																			
CH_B	.	.																	
CH_H	.	0.5373	0.5946																
		0.0006	0.0001																
EFF_T	.	.	.	.															
EFF_PI	-0.3656	-0.3638	-0.4081	-0.5451	.														
	0.0261	0.0269	0.0122	0.0005															
EFF_H	.	-0.4442	.	.	.	.													
		0.0059																	
NLE_T	.	.	.	.	0.3265	.	.												
					0.0485														
NLE_PI	.	.	.	0.3877	.	.	.	.											
				0.0177															
NLE_B	.	.	.	.	.	.	.	.	0.6924										
									0.0000										
NLE_H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.									
TNC_T	.	.	.	0.3433	.	-0.5018	.	.	.	.	.								
				0.0375		0.0016													
TNC_PI	.	.	-0.3259	-0.3681	.	.	.	0.3246	.	.	0.3465	.							
			0.0490	0.0250				0.0499			0.0357								
TNC_B	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.						
TNC_H	.	.	.	0.4180	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
				0.0100															
TILL_M2	.	.	.	-0.5795	.	.	.	0.4202	-0.3492	-0.3426	.	-0.3637	.	.	.				
				0.0002				0.0096	0.0342	0.0379		0.0269							
SPIKE_TIL	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
SEED_SPIK	.	.	-0.3308	-0.4210	.	0.3274	-0.3839	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
			0.0455	0.0095		0.0479	0.0190												
SEED_WT	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.3265	-0.3726	.	.	
															0.0486	0.0231			
YIELD	.	.	-0.3599	-0.6222	.	0.4064	-0.3752	.	-0.3568	.	.	-0.4406	.	.	.	0.6664	0.3373	0.6896	.
			0.0287	0.0000		0.0126	0.0221		0.0302			0.0064				0.0000	0.0412	0.0000	

หมายเหตุ 1. CH = ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ, EFF = ประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบ, NLE = ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบ, : TNC = ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล

2. TILL_M2 = จำนวนหน่อต่อตารางเมตร, PANICLE_TIL = จำนวนรวงต่อหน่อ, SEED_PANICLE = จำนวนเมล็ดดีต่อรวง, SEED WEIGHT = น้ำหนัก 1,000 เมล็ด, YIELD = ผลผลิต

3. ระยะการเจริญเติบโตของข้าว : T = Tillering, PI = Panicle initiation, B = Booting, H = Heading

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตาราง 4.54 นัยสำคัญ (p<= 0.05) ของความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ของค่าทางสรีระ และลักษณะทางสัณฐานของข้าว

	CH_T	CH_PI	CH_B	CH_H	EFF_T	EFF_PI	EFF_H	NLE_T	NLE_PI	NLE_B	NLE_H	TNC_T	TNC_PI	TNC_B	TNC_H	LAI	HIGHT
CH_PI	.																
P-VALUE																	
CH_B	.	.															
CH_H	.	0.5373	0.5946														
		0.0006	0.0001														
EFF_T	.	.	.	.													
EFF_PI	-0.3656	-0.3638	-0.4081	-0.5451	.												
	0.0261	0.0269	0.0122	0.0005													
EFF_H	.	-0.4442	.	.	.	.											
		0.0059															
NLE_T	.	.	.	.	0.3265	.	.										
					0.0485												
NLE_PI	.	.	.	0.3877	.	.	.	.									
				0.0177													
NLE_B	.	.	.	.	.	.	.	.	0.6924								
									0.0000								
NLE_H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.							
TNC_T	.	.	.	0.3433	.	-0.5018	.	.	.	.	.						
				0.0375		0.0016											
TNC_PI	.	.	-0.3259	-0.3681	.	.	.	0.3246	.	.	0.3465	.					
			0.0490	0.0250				0.0499			0.0357						
TNC_B	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
TNC_H	.	.	.	0.4180	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
				0.0100													
LAI	.	.	.	.	.	.	.	.	0.4206	0.3313	.	.	.	.			
									0.0095	0.0452							
HIGHT	.	.	0.4574	0.6863	.	-0.3960	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
			0.0044	0.0000		0.0153											
PANICLE	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

หมายเหตุ 1. CH = ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ, EFF = ประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบ, NLE = ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบ, : TNC = ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล

2. LAI = ค่าดัชนีพื้นที่ใบ, HIGHT = ความสูงของข้าว, PANICLE = ความยาวรวง

3. ระยะการเจริญเติบโตของข้าว : T = Tillering, PI = Panicle initiation, B = Booting, H = Heading

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตาราง 4.55 นัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ของความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ขององค์ประกอบผลผลิต และผลผลิต และลักษณะทางสัณฐานของข้าว

	TILL_M2	SPIKE_TIL	SEED_SPIK	SEED_WT	YIELD	LAI	HIGHT
SPIKE_TIL	.						
P-VALUE							
SEED_SPIK	.	-0.3284					
		0.0153					
SEED_WT	-0.4334	.	.				
	0.0011						
YIELD	0.7078	.	0.6719	-0.2836			
	0.0000		0.0000	0.0377			
LAI	.	-0.3498	.	.	.		
		0.0095					
HIGHT	-0.5292	-0.3053	.	0.6650	-0.4787	.	
	0.0000	0.0248		0.0000	0.0003		
PANICLE	.	.	.	.	.	.	.

หมายเหตุ :

1. TILL_M2 = จำนวนหน่อต่อตารางเมตร, PANICLE_TIL = จำนวนรวงต่อหน่อ, SEED_PANICLE = จำนวนเมล็ดดีต่อรวง, SEED WEIGHT = น้ำหนัก 1,000 เมล็ด, YIELD = ผลผลิต
2. LAI = ค่าดัชนีพื้นที่ใบ, HIGHT = ความสูงของข้าว, PANICLE = ความยาวรวง

ตาราง 4.56 นัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ของความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ของผลผลิต และคุณภาพการสีของข้าว

	YIELD	HUSK	BROWN	BRAN	MILLED	BROKEN	HEAD
HUSK	-0.5909						
P-VALUE	0.0000						
BROWN	0.5909	-1.0000					
	0.0000	0.0000					
BRAN	-0.5620	0.7104	-0.7104				
	0.0000	0.0000	0.0000				
MILLED	0.6145	-0.8729	0.8729	-0.9635			
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000			
BROKEN	-0.6380	0.7438	-0.7438	0.7877	-0.8290		
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
HEAD	0.6502	-0.7859	0.7859	-0.8394	0.8809	-0.9950	
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
INTREG	.	.	.	.	.	.	.

หมายเหตุ : YIELD = ผลผลิต, HUSK = เปอร์เซ็นต์แกลบ, BROWN = เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง, BRAN = เปอร์เซ็นต์รำ, MILLED = เปอร์เซ็นต์ข้าวสาร, BROKEN = เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก, HEAD = เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว, INTREG = ค่าความแข็ง

ตาราง **4.57** นัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ของความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ของคุณภาพการสี และคุณค่าทางโภชนาการในแง่ของปริมาณโปรตีน ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล ปริมาณธาตุเหล็ก โพแทสเซียม และปริมาณสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้อง

	HUSK	BROWN	BRAN	MILLED	BROKEN	HEAD	INTREG	PROTEIN	CARBO	IRON	K
BROWN	-1.0000										
P-VALUE	0.0000										
BRAN	0.7035	-0.7035									
	0.0000	0.0000									
MILLED	-0.8709	0.8709	-0.9620								
	0.0000	0.0000	0.0000								
BROKEN	0.7635	-0.7635	0.7991	-0.8461							
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000							
HEAD	-0.7994	0.7994	-0.8457	0.8921	-0.9956						
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000						
INTREG	.	.	.	.	.	.					
PROTEIN	0.6002	-0.6002	0.6201	-0.6594	0.8065	-0.7991	.				
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000					
CARBO	.	.	.	.	.	.	.	.			
IRON	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
K	0.6350	-0.6350	0.6339	-0.6824	0.6330	-0.6560	.	0.5838	.	.	
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		0.0000			
ZN	-0.3180	0.3180	-0.3307	0.3509	.	.	.	.	.	0.3701	-0.4438
	0.0313	0.0313	0.0248	0.0168						0.0114	0.0020

หมายเหตุ :

1. HUSK = เปอร์เซ็นต์แกลบ, BROWN = เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง, BRAN = เปอร์เซ็นต์รำ, MILLED = เปอร์เซ็นต์ข้าวสาร, BROKEN = เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก, HEAD = เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว, INTREG = ค่าความแข็ง
2. PROTEIN = ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวกล้อง, CARBO = ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในเมล็ดข้าวกล้อง, IRON = ปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดข้าวกล้อง, K = ปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวกล้อง, ZN = ปริมาณสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University

ตาราง 4.58 นัยสำคัญ (p<= 0.05) ของความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ของค่าทางสรีระ และคุณค่าทางโภชนาการในแง่ของโปรตีน ธาตุเหล็ก สังกะสี โพแทสเซียม และคาร์โบไฮเดรท

	CH_T	CH_PI	CH_B	CH_H	EFF_T	EFF_PI	EFF_H	NLE_T	NLE_PI	NLE_B	NLE_H	TNC_T	TNC_PI	TNC_B	TNC_H	PROTEIN	CARBO	IRON	K
CH_PI	.																		
P-VALUE																			
CH_B	.	.																	
CH_H	.	0.5373	0.5946																
		0.0006	0.0001																
EFF_T	.	.	.	.															
EFF_PI	-0.3656	-0.3638	-0.4081	-0.5451	.														
	0.0261	0.0269	0.0122	0.0005															
EFF_H	.	-0.4442	.	.	.	.													
		0.0059																	
NLE_T	.	.	.	.	0.3265	.	.												
					0.0485														
NLE_PI	.	.	.	0.3877	.	.	.	.											
				0.0177															
NLE_B	.	.	.	.	.	.	.	.	0.6924										
									0.0000										
NLE_H	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.									
TNC_T	.	.	.	0.3433	.	-0.5018	.	.	.	.	.								
				0.0375		0.0016													
TNC_PI	.	.	-0.3259	-0.3681	.	.	.	0.3246	.	.	0.3465	.							
			0.049	0.025				0.0499			0.0357								
TNC_B	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.						
TNC_H	.	.	.	0.418	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
				0.01															
PROTEIN	.	0.4503	0.5074	0.8859	.	-0.6336	.	.	0.4118	.	.	0.4351	-0.4219	.	.				
		0.0052	0.0013	0.0000		0.0000			0.0113			0.0071	0.0093						
CARBO	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
IRON	.	0.3773	.	.	.	-0.3789	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.3248	.		
		0.0213				0.0207										0.0498			
K	.	.	.	0.6318	.	.	.	.	.	.	.	.	-0.379	.	0.3695	0.5783	.	.	
				0.0000									0.0207		0.0244	0.0002			
ZN	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.4003	-0.3867
																		0.0141	0.0181

หมายเหตุ 1. CH = ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ, EFF = ประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบ, NLE = ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในใบ, : TNC = ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาล

2. ระยะการเจริญเติบโตของข้าว : T = Tillering, PI = Panicle initiation, B = Booting, H = Heading

3. PROTEIN = ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวกล้อง, CARBO = ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่เป็นแป้งและน้ำตาลในเมล็ดข้าวกล้อง, IRON = ปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดข้าวกล้อง, K = ปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวกล้อง, ZN = ปริมาณสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้อง

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University