# บทที่ 4
# ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

## 1.ความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ในใบ Y-leaf

### 1.1 ความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ในใบ Y-leaf ก่อนระยะกำเนิดช่อดอก

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (ตารางที่ 1) ไม่พบว่ามีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมและอัตราการฉีดพ่นธาตุสังกะสี ในเรื่องของความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ในใบ Y-leaf ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ในใบ Y-leaf ของข้าวทั้งสองพันธุ์ก่อนที่ข้าวจะเข้าสู่ระยะ PI มีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 6.7 mg/g fw (fresh weight) ซึ่งจากงานทดลองของ ณัฐพงษ์ (2544) พบว่าความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ในใบ Y-leaf ของข้าวในช่วงก่อนระยะกำเนิดช่อดอกมีค่าโดยเฉลี่ย 24.21 mg/g fw และจากผลการทดลองของ สาวิตร (2542) ได้ทำการทดลองเรื่องการตอบสนองของข้าวในสภาพนาอาศัยน้ำฝนและได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในใบข้าว และพบว่าใบข้าวมีคลอโรฟิลล์ค่อนข้างต่ำโดยเฉลี่ยเท่ากับ 3 mg/g fw จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงว่าความเข้มข้นคลอโรฟิลล์เฉลี่ยในใบ Y-leaf ของข้าวมีความแปรปรวนอยู่ในช่วง 3-24 mg/g fw สำหรับงานทดลองนี้พบว่าข้าวไม่มีการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียม เนื่องจากในดินมีโพแทสเซียมในปริมาณที่เพียงพอแล้วคือ 85 ppm exchangeable K โดยโพแทสเซียมที่อยู่ในระดับที่เพียงพอคือ 60-90 ppm (กรมพัฒนาที่ดิน , 2523) ผลการทดลองคาดว่าเมื่อมีการฉีดพ่นสารละลายธาตุสังกะสีพบความแตกต่างในส่วนของความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ในใบ Y-leaf เนื่องจากธาตุสังกะสีเป็นธาตุที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ แต่เนื่องจากช่วงก่อนระยะกำเนิดช่อดอกยังไม่มีการฉีดพ่นสารละลายธาตุสังกะสีจึงยังไม่พบความแตกต่างของความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ในใบ Y-leaf ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวสันป่าตองที่ระยะก่อนกำเนิดช่อดอกและหลังกำเนิดช่อดอก

| แหล่งความแปรปรวน | ความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ก่อนข้าวเริ่มแทงช่อดอก | ความเข้มข้นคลอโรฟิลล์หลังข้าวเริ่มแทงช่อดอก |
|---|---|---|
| V | ns | ns |
| K | ns | ns |
| V x K | ns | ns |
| Zn | ns | * |
| V x Zn | ns | ns |
| K x Zn | ns | ns |
| V x K x Zn | ns | ns |
| CV% | 9.72 | 15.18 |

V = พันธุ์ K = Potassium sulfate Zn = Zinc sulfate ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

**1.2 ความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ในใบ Y-leaf หลังระยะกำเนิดช่อดอก**

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (ตารางที่ 1) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$) ในเรื่องของความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ในใบ Y-leaf ระหว่างอัตราการฉีดพ่นธาตุสังกะสี โดยพบว่าข้าวที่ได้รับการฉีดพ่นธาตุสังกะสีที่อัตรา 0.3 gm% มีความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ในใบ Y-leaf เฉลี่ยเท่ากับ 10.11 mg/g fw มากกว่า ข้าวที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นธาตุสังกะสี ซึ่งมีความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ในใบ Y-leaf เฉลี่ย 8.90 mg/g fw ดังแสดงในตารางที่ 2 เนื่องจากสังกะสีมีบทบาทเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ โดยทำหน้าที่เป็น Co-enzyme เกี่ยวกับปฏิกิริยาการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ (Marschner, 1986) ดังนั้นเมื่อฉีดพ่นธาตุสังกะสีแก่ข้าวจึงพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าวเพิ่มขึ้น ผลการทดลองไม่พบความแตกต่างของความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ในใบ Y-leaf ทั้งในส่วนของพันธุ์และอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมเนื่องจากผลการทดลองไม่พบการตอบสนองของข้าวต่อปุ๋ยโพแทสเซียมจากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ในใบ Y-leaf หลังระยะกำเนิดช่อดอกของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวสันป่าตองที่ได้รับการฉีด พ่นธาตุสังกะสีในอัตราที่แตกต่างกัน

| อัตราการฉีดพ่นธาตุสังกะสี (gm%) | ความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ในใบ Y-leaf (mg/g fw) |
|---|---|
| 0 | 8.90[b] |
| 0. 1 | 9.11[b] |
| 0. 3 | 10.11[a] |

LSD ธาตุสังกะสี (0.05) = 0.84

**2. ผลการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของต้น ใบและรวง**

**2.1 การเจริญเติบโตของต้น**

**2.1.1 จำนวนวันที่ข้าวใช้ในการสะสมน้ำหนักแห้งต้นสูงสุด**

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 3) พบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ในเรื่องของจำนวนวันการสะสมน้ำหนักแห้งต้นสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีจำนวนวันการสะสมน้ำหนักแห้งต้นสูงสุดยาวนานกว่าข้าวเหนียวสันป่าตอง คือ 102 วัน ส่วนจำนวนวันการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดของข้าวเหนียวสันป่าตองคือ 98 วัน ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าการทดลองครั้งนี้มีการปลูกข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ไม่พร้อมกัน โดยปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 วันที่ 10 เดือนสิงหาคม ซึ่งปลูกก่อนข้าวเหนียวสันป่าตอง 13 วัน เนื่องจากมีปัญหาเรื่องความงอกของข้าวเหนียวสันป่าตองในแปลงเพาะกล้าข้าว จึงทำให้การปลูกข้าวเหนียวสันป่าตองเลื่อนออกไปเป็น วันที่ 23 เดือนสิงหาคม นอกจากนั้นยังพบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์เป็นข้าวที่ตอบสนองต่อช่วงแสง เมื่อเข้าสู่ช่วงที่มีความยาวของกลางวันสั้น (ประมาณ 11 ชั่วโมง 40 นาที หรือสั้นกว่านี้) จะเริ่มกำเนิดช่อดอก (panicle initiation) สำหรับในประเทศไทยเริ่มประมาณเดือนตุลาคม จากรายงานของ ประพาส (2526) รายงานว่า ข้าวที่ออกดอกได้ในเดือนที่มีความยาวของกลางวัน 11 ชั่วโมง 40-50 นาที เรียกว่าเป็นข้าวที่ตอบสนองต่อช่วงแสงน้อย พันธุ์ที่ออกดอกในเดือนที่มีความยาวของกลางวันประมาณ 11 ชั่วโมง 10-20 นาที เป็นพันธุ์ที่ไวต่อช่วงแสงมาก จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าข้าวทั้งสองพันธุ์ คือ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวสันป่าตอง จะออกดอกในช่วงเดือนตุลาคม ซึ่งจัดเป็นข้าวที่มีความไวต่อช่วงแสงน้อย อย่างไรก็ตามในช่วงเดือนดังกล่าววันออกดอกของข้าวจะแปรผันได้ ทั้งนี้เนื่องจากความแปรปรวนของจำนวนวันในการออกดอกขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิและการใส่ปุ๋ย เป็นต้น โดยที่ข้าวทั้งสองพันธุ์จะเข้าสู่ระยะเจริญพันธุ์ (reproductive) ใกล้เคียงกัน จากการรายงานของ De Datta (1981) พบว่าเมื่อข้าวเริ่มกำเนิดช่อดอก

ข้าวจะหยุดการเจริญเติบโตทางลำต้น จากการทดลองครั้งนี้พบว่า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เริ่มกำเนิดช่อดอกวันที่ 3 ตุลาคม 2543 ส่วนข้าวเหนียวสันป่าตองเริ่มกำเนิดช่อดอกวันที่ 6 ตุลาคม 2543 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน แต่การปลูกข้าวเหนียวสันป่าตองช้ากว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 13 วัน ดังนั้นจึงทำให้จำนวนวันที่ใช้ในการสะสมน้ำหนักแห้งต้นสูงสุดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ยาวนานกว่า พันธุ์เหนียวสันป่าตอง ผลการทดลองพบว่าข้าวไม่มีการตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยโพแทสเซียม จากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น นอกจากนี้ยังพบอีกว่าการฉีดพ่นธาตุสังกะสีไม่มีบทบาทเกี่ยวกับจำนวนวันในการสะสมน้ำหนักแห้งของต้นของข้าว

**ตารางที่ 3** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนวันที่ข้าวมีจำนวนวันการสะสมน้ำหนักแห้งต้นสูงสุด น้ำหนักแห้งต้นสูงสุดและอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต้นสูงสุด

| แหล่งความแปรปรวน | จำนวนวันที่วัน นน. แห้งต้นสูงสุด | นน.แห้งต้นสูงสุด | อัตราการสะสม นน.ต้นสูงสุด |
|---|---|---|---|
| V | * | * | * |
| K | ns | ns | ns |
| VxK | ns | ns | ns |
| Zn | ns | ns | ns |
| VxZn | ns | ns | ns |
| VxKxZn | ns | ns | ns |
| CV% | 3.54 | 8.16 | 9.46 |

V = พันธุ์ K = Potassium sulfate Zn = Zinc sulfate ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิต

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางที่ 4** จำนวนวันการสะสมน้ำหนักแห้งต้นสูงสุดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวสันป่าตอง

| พันธุ์ | จำนวนวันสะสมน้ำหนักแห้งต้นสูงสุด (วันหลังปักดำ) |
|---|---|
| ข้าวขาวดอกมะลิ 105 | 102[a] |
| ข้าวเหนียวสันป่าตอง | 98[b] |

LSD พันธุ์ (0.05) = 2

**2.1.2 น้ำหนักแห้งต้นสูงสุด**

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 3) พบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ในเรื่องของน้ำหนักแห้งต้นสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีน้ำหนักแห้งต้นสูงสุดเฉลี่ย 1036 กก.ต่อไร่ ส่วนข้าวเหนียวสันป่าตองมีน้ำหนักแห้งต้นสูงสุดเฉลี่ยเพียง 846 กก.ต่อไร่ เนื่องจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีระยะเวลาเจริญเติบโตอยู่ในแปลงนานกว่า จึงมีระยะเวลาในการสะสมน้ำหนักแห้งต้นได้มากกว่า และยังพบว่า จำนวนหน่อต่อกอของข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีจำนวนหน่อต่อกอมากกว่าจึงทำให้มีการสะสมน้ำหนักแห้งต้นสูงสุดมากกว่าข้าวเหนียวสันป่าตอง (ตารางที่ 5 และ 10) ผลการทดลองพบว่าข้าวไม่มีการตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยโพแทสเซียมจากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น และในส่วนของการให้ธาตุสังกะสีแก่ข้าวทางใบโดยการฉีดพ่นในรูปสารละลายธาตุสังกะสี ($ZnSO_4 .7H_2O$) ไม่มีส่วนทำให้น้ำหนักของต้นข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อมีการฉีดพ่นธาตุสังกะสีในอัตราที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากธาตุสังกะสีจึงมีบทบาทเกี่ยวข้องกับการทำงานของเอ็นไซม์ช่วยให้ปฏิกิริยาต่าง ๆ ในต้นพืชดำเนินได้ตามปรกติ (Mengel, 1987) ซึ่งไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเพิ่มการสะสมน้ำหนักแห้งต้นโดยตรงต่อการสะสมน้ำหนักแห้งต้นของข้าว

**ตารางที่ 5** น้ำหนักแห้งต้นสูงสุดของข้าวขาวดอกมะลิ 105และข้าวเหนียวสันป่าตอง

| พันธุ์ | น้ำหนักแห้งต้นสูงสุด (กก./ไร่) |
|---|---|
| ข้าวขาวดอกมะลิ 105 | 1036a |
| ข้าวเหนียวสันป่าตอง | 846b |

LSD พันธุ์ (0.05) =184

**2.1.3 อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ย**

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 3) พบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ในเรื่องของอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ยสูงกว่าข้าวเหนียวสันป่าตอง จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ยคือ 10.16 กก.ต่อไร่ต่อวัน ส่วนข้าวเหนียวสันป่าตองมีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ยคือ 8.63 กก.ต่อไร่ต่อวัน อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งเฉลี่ย เกิดจากสัดส่วนน้ำหนักแห้งต้นที่เก็บเกี่ยว (น้ำหนักแห้งต้นสูงสุด) ต่อจำนวนวันจากวันปลูกจนถึงสุกแก่ทางสรีระวิทยา (จำนวนวันที่ข้าวสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุด) จากผลการทดลองข้างต้นพบว่า เมื่อนำสัดส่วนของน้ำหนักแห้งต้นสูงสุดและจำนวนวันที่ข้าวมีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดของข้าวแต่ละพันธุ์ เพื่อหาอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ย ซึ่ง

พบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีน้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ยมากกว่าข้าวเหนียวสันป่าตองถึงแม้ว่าข้าวเหนียวสันป่าตองมีจำนวนวันที่ข้าวมีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดน้อยกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ก็ตาม แต่ก็ยังทำให้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ยสูงกว่าข้าวเหนียวสนป่าตอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า น้ำหนักแห้งสูงสุดของต้นข้าวเป็นสิ่งที่มีอิทธิพลต่ออัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต้นของข้าวมากกว่าจำนวนวันที่ข้าวใช้ในการสะสมน้ำหนักแห้งจึงทำให้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีน้ำหนักแห้งต้นสูงสุดมากกว่ามีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งมากกว่าข้าวเหนียวสันป่าตอง งานทดลองไม่พบว่าอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมและการฉีดพ่นธาตุสังกะสีมีผลต่ออัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ยจากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

**ตารางที่ 6** อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต้นของข้าวขาวดอกมะลิ105และข้าวเหนียวสันป่าตอง

| พันธุ์ | อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต้น (กก./ไร่/วัน) |
|---|---|
| ข้าวขาวดอกมะลิ 105 | 10.16[a] |
| ข้าวเหนียวสันป่าตอง | 8.63[b] |

LSD พันธุ์ (0.05) = 1.41

**2.2 ใบ**

**2.2.1 จำนวนวันที่ข้าวใช้ในการสะสมน้ำหนักแห้งใบสูงสุด**

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 7) ไม่พบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมและการฉีดพ่นธาตุสังกะสี ของจำนวนวันที่ข้าวใช้ในการสะสมน้ำหนักแห้งใบสูงสุด ซึ่งโดยเฉลี่ยข้าวทั้งสองพันธุ์มีจำนวนวันการสะสมน้ำหนักแห้งใบสูงสุดเท่ากับ 100 วัน (หลังปักดำ)

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนวันที่ข้าวมีการสะสมน้ำหนักแห้งใบสูงสุด น้ำหนักแห้งใบสูงสุดและอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งใบสูงสุด

| แหล่งความแปรปรวน | จำนวนวันที่ข้าว สะสม นน.แห้งใบสูงสุด | นน.แห้งใบ สูงสุด | อัตราการสะสม นน. แห้งใบสูงสุดเฉลี่ย |
|---|---|---|---|
| V | ns | ns | ns |
| K | ns | ns | ns |
| VxK | ns | ns | ns |
| Zn | ns | ns | ns |
| VxZn | ns | ns | ns |
| VxKxZn | ns | ns | ns |
| CV% | 3.16 | 10.26 | 9.77 |

V = พันธุ์ K = Potassium sulfate Zn = Zinc sulfate ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**2.2.2 น้ำหนักแห้งใบสูงสุด**

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 7) ไม่พบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมและการฉีดพ่นธาตุสังกะสีของการสะสมน้ำหนักแห้งใบสูงสุด ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วน้ำหนักแห้งใบสูงสุดของข้าวทั้งสองพันธุ์มีค่าเท่ากับ 474 ก.ก ต่อไร่

**2.2.3 อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งใบเฉลี่ย**

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 7) ไม่พบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมและการฉีดพ่นธาตุสังกะสีของอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งใบเฉลี่ย ซึ่งอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งใบโดยเฉลี่ยของข้าวทั้งสองพันธุ์มีค่า 4.82 กก. ต่อไร่ต่อวัน

จากผลการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าไม่พบความแตกต่างในเรื่องของจำนวนวันที่ข้าวใช้ในการสะสมน้ำหนักแห้งใบสูงสุด น้ำหนักแห้งใบสูงสุดและอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งใบเฉลี่ยสูงสุด จากการสังเกตพบว่า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีจำนวนหน่อต่อกอมากกว่าข้าวเหนียวสันป่าตอง แต่มีลักษณะใบเล็กกว่าใบข้าวเหนียวสันป่าตอง เนื่องจากใบของข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีการแข่งขันกันภายในกอมากจึงทำให้ลักษณะใบข้าวของแต่ละหน่อภายในกอมีขนาดเล็ก ส่วนซึ่งมีจำนวนหน่อต่อกอน้อยกว่าการแข่งขันกันภายในกอจะเกิดขึ้นน้อยกว่าทำให้ลักษณะใบของข้าวแต่ละหน่อมีขนาด

ใหญ่กว่า เมื่อดูถึงลักษณะโดยรวมแล้วถึงแม้ว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะมีจำนวนหน่อมากกว่าทำให้จำนวนใบโดยรวมมากกว่าแต่ไม่แตกต่างกัน ทำให้น้ำหนักแห้งใบสูงสุดและอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบข้าวทั้งสองพันธุ์ไม่แตกต่างกัน ในส่วนของอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมไม่พบการตอบสนองดังเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ในส่วนของการฉีดพ่นสารละลายธาตุสังกะสีก็ไม่พบความแตกต่างเช่นกันเนื่องจากธาตุสังกะสีไม่มีบทบาทโดยตรงต่อการเพิ่มจำนวนใบและการสะสมน้ำหนักแห้งเหมือนไนโตรเจน งานทดลองจึงไม่พบความแตกต่างดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

**2.3 รวง**

**2.3.1 จำนวนวันที่ข้าวมีการสะสมน้ำหนักแห้งรวงสูงสุด**

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 8) ไม่พบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมและการฉีดพ่นธาตุสังกะสี ของจำนวนวันการสะสมน้ำหนักแห้งรวงสูงสุด ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วจำนวนวันที่ข้าวมีการสะสมน้ำหนักแห้งรวงสูงสุดของข้าวทั้งสองพันธุ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38 วันหลังกำเนิดช่อดอก

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนวันที่ข้าวมีการสะสมน้ำหนักแห้งรวงสูงสุด น้ำหนักแห้งรวงสูงสุดและอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งรวงสูงสุด

| แหล่งความแปรปรวน | จำนวนวันที่ข้าวสะสมนน.แห้งรวงสูงสุด | นน.แห้งรวงสูงสุด | อัตราการสะสมนน.แห้งรวงสูงสุด |
|---|---|---|---|
| V | ns | ns | ns |
| K | ns | ns | ns |
| VxK | ns | ns | ns |
| Zn | ns | ns | ns |
| VxZn | ns | ns | ns |
| VxKxZn | ns | ns | ns |
| CV% | 1.00 | 9.28 | 9.83 |

V = พันธุ์ K = Potassium sulfate Zn = Zinc sulfate ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

2.3.2 น้ำหนักแห้งของรวงสูงสุด

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 8) ไม่พบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมและการฉีดพ่นธาตุสังกะสีในเรื่องของน้ำหนักแห้งรวงสูงสุด ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วน้ำหนักแห้งรวงสูงสุดของข้าวทั้งสองพันธุ์มีค่าเท่ากับ 511 ก.ก ต่อไร่

2.3.3 อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งรวงเฉลี่ย

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 8) ไม่พบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมและการฉีดพ่นธาตุสังกะสีของอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งรวง ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งรวงของข้าวทั้งสองพันธุ์มีค่า 13.4 กก.ต่อไร่ต่อวัน

จากผลการทดลองไม่พบความแตกต่างในส่วนของการสะสมน้ำหนักและการพัฒนาของรวง ถึงแม้ว่าข้าวทั้งสองพันธุ์จะปลูกไม่พร้อมกันแต่เนื่องจากข้าวทั้งสองพันธุ์เป็นพันธุ์ที่มีการตอบสนองต่อช่วงแสง จากการทดลองพบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์เข้าสู่ระยะกำเนิดช่อดอกและใช้เวลาในการพัฒนารวงใกล้เคียงกัน จึงทำให้น้ำหนักแห้งรวงสะสมสูงสุดไม่แตกต่างกัน เมื่อนำมาคำนวนหาอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งรวงเฉลี่ย ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ได้จากการคำนวณระหว่าง น้ำหนักแห้งรวงสูงสุดและจำนวนวันที่ข้าวมีการสะสมน้ำหนักแห้งรวงสูงสุด เมื่อข้าวทั้งสองพันธุ์มีน้ำหนักแห้งรวงสูงสุดและจำนวนวันที่ข้าวมีการสะสมน้ำหนักแห้งรวงสูงสุดไม่แตกต่างกันจึงทำให้อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งรวงไม่แตกต่างกัน ในส่วนของการทดลองการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมและการฉีดพ่นสารละลายธาตุสังกะสีไม่พบความแตกต่างเช่นกัน จากผลการวิเคราะห์ดินพบว่าปริมาณธาตุสังกะสีที่มีอยู่ในดินอยู่ในระดับที่พอเพียงสำหรับความต้องการของพืช (ผลการวิเคราะห์ดิน ตารางที่ภาคผนวกที่ 47) เนื่องจากธาตุสังกะสีเป็นจุลธาตุที่พืชต้องการในปริมาณที่ต่ำ เมื่อมีการฉีดพ่นธาตุสังกะสีให้แก่ข้าวที่ได้รับธาตุสังกะสีที่พอเพียง ธาตุสังกะสีที่ฉีดพ่นให้แก่ข้าวจึงไม่มีผลต่อการสะสมน้ำหนักแห้งรวง

**3. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต**

**3.1 จำนวนหน่อต่อกอ**

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 9) พบว่าจำนวนหน่อต่อกอของข้าวทั้งสองพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีจำนวนหน่อเฉลี่ยเท่ากับ 20 หน่อ มากกว่าข้าวเหนียวสันป่าตองซึ่งมีจำนวนหน่อเฉลี่ยเท่ากับ 13 หน่อ ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของ ศักดาและคณะ (2539) ที่ได้ทำการทดลองศึกษาวิธีการเพิ่มปริมาณสารไอโอดีนในเมล็ดข้าวเจ้าและข้าวเหนียวโดยวิธีการเพาะปลูก และผลการทดลองพบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีจำนวนหน่อต่อกอมากกว่าข้าวเหนียวสันป่าตองอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าความสามารถในการแตกกอของข้าวขึ้นกับลักษณะทางพันธุกรรม (จำรัส, 2534) นอกจากนี้ผลการทดลองยังพบอีกว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมและการฉีดพ่นธาตุสังกะสีไม่มีผลต่อจำนวนหน่อต่อกอของข้าวทั้งสองพันธุ์เนื่องจากพืชจะนำโพแทสเซียมไปสร้างดอก เมล็ดและทำให้ละอองเกสรแข็งแรงมากกว่าที่จะเพิ่มการแตกกอ (Von, 1976) ส่วนธาตุสังกะสีเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หลายชนิดที่เกี่ยวกับการควบคุมกระบวนการทางเมตาโบลิซึมในพืชให้ดำเนินได้ตามปรกติ เมื่อมีธาตุสังกะสีพอเพียงการเพิ่มธาตุสังกะสีโดยการฉีดพ่นจึงไม่มีบทบาทในการเพิ่มปฏิกิริยาต่าง ๆ ในพืช ดังนั้นการแตกกอของข้าวจึงไม่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว

| แหล่งความแปรปรวน | จำนวนหน่อต่อกอ | จำนวนรวงต่อกอ | จำนวนเมล็ดดีต่อรวง | น้ำหนัก 1,000 เมล็ด | % เมล็ดลีบ | นน.แห้งมวลรวม | ดัชนีเก็บเกี่ยว | ผลผลิต (กก./ไร่) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| V | * | * | ns | * | ns | ns | ns | ns |
| K | ns | ns | * | ns | ns | ns | * | * |
| v x k | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| Zn | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| V x Zn | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| K x Zn | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| V x K x Zn | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| CV% | 16.26 | 5.56 | 19.98 | 7.55 | 23.9 | 12.06 | 17.61 | 19.91 |

V = พันธุ์ K = Potassium sulfate Zn = ธาตุสังกะสี ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 10 จำนวนหน่อต่อกอของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าว เหนียวสันป่าตอง

| พันธุ์ | จำนวนหน่อต่อกอ (หน่อ) |
|---|---|
| ข้าวขาวดอกมะลิ105 | 20[a] |
| ข้าวเหนียวสันป่าตอง | 13[b] |

LSD พันธุ์ (0.05) = 6

### 3.2 จำนวนรวงต่อกอ

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 9) พบว่าจำนวนรวงต่อกอของข้าวทั้งสองพันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีจำนวนรวงต่อกอ 14 รวง มากกว่าข้าวเหนียวสันป่าตองซึ่งมีจำนวนรวงต่อกอ 12 รวง (ตารางที่ 11) จากการสังเกตุพบว่าหน่อของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ถึงแม้จะมีมากกว่าแต่ก็ไม่ให้รวงทั้งหมดส่วนหน่อของข้าวเหนียวสันป่าตองให้รวงเกือบทั้งหมด อย่างไรก็ตามการที่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีจำนวนหน่อมากกว่าจึงทำให้มีโอกาสที่จะให้จำนวนรวงต่อกอมากกว่า ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับจำนวน

หน่อต่อกอที่วัด ผลการทดลองพบว่าโพแทสเซียมไม่มีผลต่อจำนวนรวงต่อกอเนื่องจากโพแทสเซียม มีส่วนช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง (Pleaslee and Moss, 1973) และมีบทบาทเกี่ยวกับการสร้างดอกและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่อรวง โดยข้าวจะนำโพแทสเซียมไปสร้างดอกและทำให้ละอองเกสรแข็งแรง (Von, 1976) ส่วน Feng and Salnada (1978) พบว่าโพแทสเซียมจะช่วยเพิ่มความสูงของข้าวแต่ไม่มีผลทำให้จำนวนรวงของข้าวเพิ่มขึ้น ส่วนธาตุสังกะสีไม่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการเพิ่มจำนวนรวงของข้าวจากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

**ตารางที่ 11** จำนวนรวงต่อกอของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าว เหนียวสันป่าตอง

| พันธุ์ | จำนวนรวงต่อกอ |
|---|---|
| ข้าวขาวดอกมะลิ 105 | 14[a] |
| ข้าวเหนียวสันป่าตอง | 12[b] |

LSD(0.05) พันธุ์= 1

**2.3 จำนวนเมล็ดดีต่อรวง**

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 9) พบว่าจำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวทั้งสองพันธุ์ที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยข้าวที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราสูงสุดมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงน้อยที่สุด (ตารางที่ 12) จากการสังเกตุในการทดลองครั้งนี้พบว่าจำนวนเมล็ดดีต่อรวงไม่น่าจะเป็นผลที่เกิดจากอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมโดยตรงแต่ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นของผลการทดลองน่าจะเกิดจากการหักล้มของข้าว ซึ่งโดนลมพายุในช่วงฤดูนาปี การที่ข้าวเกิดการหักล้มมีผลต่อจำนวนเมล็ดดีต่อรวงเนื่องจากเมล็ดข้าวร่วงหล่นทำให้จำนวนเมล็ดดีต่อรวงลดลง รวงข้าวที่แช่น้ำในช่วง grain filling ทำให้จำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวลดลง

ตารางที่ 12 จำนวนเมล็ดดีต่อรวงเฉลี่ยของข้าวที่ได้รับโพแทสเซียมในอัตรา 0, 30, 60 และ 120 kg $K_2O$ / ha

| อัตราปุ๋ยโพแทสเซียม kg.$K_2O$/ha | จำนวนเมล็ดดีต่อรวง (เมล็ด) |
|---|---|
| 0 | 86[a] |
| 30 | 82[a] |
| 60 | 84[a] |
| 120 | 75[b] |

LSD ปุ๋ย (0.05) = 8

**3.3 เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ**

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 9) ไม่พบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมและการฉีดพ่นธาตุสังกะสีของเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบของข้าวทั้งสองพันธุ์มีค่าเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบจะถูกกำหนดโดยปัจจัยต่าง ๆ ในช่วงก่อนและหลังการแทงรวงของข้าว (Yoshida, 1981) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบไม่แตกต่างกันแสดงว่าข้าวไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับรายงานของ ศักดาและคณะ (2539) ที่รายงานว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวสันป่าตองที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นโพแทสเซียมไอโอไดด์ไม่แตกต่างกัน โดยข้าวทั้งสองพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเฉลี่ยเท่ากับ 23 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสาเหตุที่ทำให้เมล็ดข้าวลีบเกิดจากหลายปัจจัย เช่น อุณหภูมิ การที่อุณหภูมิต่ำมากในช่วงกลางคืนในขณะที่ข้าวกำลังออกดอกจึงทำให้เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของดอกข้าวเพิ่มขึ้น อุณหภูมิสูงทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเพิ่มขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิสูงทำให้ข้าวเป็นหมัน(sterility) (Satake and Yoshida , 1978) โพแทสเซียมเป็นธาตุที่มีส่วนช่วยในการทำให้ละอองเกสรแข็งแรง (Von, 1976) ทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบลดลง แต่งานทดลองนี้ไม่พบการตอบสนองของข้าวต่อโพแทสเซียม จากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ส่วนธาตุสังกะสีก็ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเช่นกัน ถึงแม้ว่าธาตุสังกะสีจะมีส่วนช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แป้งซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเมล็ดลีบที่เกิดขึ้นเกิดในช่วงผสมเกสรทำให้เมล็ดไม่ได้รับการผสม เมล็ดที่ไม่ได้รับการผสมไม่มีการสร้างแป้งในเมล็ด ธาตุสังกะสีจึงไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ

**4.4 น้ำหนัก 1,000 เมล็ด**

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 9 ) พบว่าน้ำหนักเมล็ด 1,000 เมล็ดของข้าวทั้งสองพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยข้าวเหนียวสันป่าตองมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดเฉลี่ยเท่ากับ 30 กรัมซึ่งมากกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดเฉลี่ยเท่ากับ 26 กรัม ดังแสดงในตารางที่ 13 ผลการทดลองสอดคล้องกับงานทดลองของศักดาและคณะ (2539) ซึ่งพบเช่นกันว่าน้ำหนักเมล็ดข้าวของข้าวเหนียวสันป่าตองมากกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดโดยเฉลี่ย 32 และ 29 กรัม ตามลำดับซึ่ง Yoshida (1981) รายงานว่า น้ำหนัก 1,000 เมล็ดเป็นลักษณะที่ถูกควบคุมโดยพันธุกรรมซึ่งแต่ละพันธุ์จะมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ค่อนข้างคงที่ ส่วนผลการทดลองอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมและการฉีดพ่นธาตุสังกะสีไม่มีผลต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวทั้งสองพันธุ์ จากรายงานของ Kiuchi and Ishizaka (1961) กล่าวว่าโพแทสเซียมมีผลอย่างมากต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด คือ ทำให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงขึ้น โดยที่โพแทสเซียมจะช่วยรักษาสภาพของใบธงของข้าวทำให้สามารถดำเนินกระบวนการทางสรีระวิทยาได้เป็นเวลานานแต่เนื่องจากการทดลองนี้ข้าวไม่มีการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมซึ่งปริมาณโพแทสเซียมในดินมีเพียงพอแล้วจึงทำให้ไม่เห็นผลดังกล่าว ส่วนธาตุสังกะสีไม่มีผลในการเพิ่มน้ำหนักของเมล็ดข้าวโดยตรงแต่อาจมีผลโดยอ้อม โดยสังกะสีมีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงแต่การทดลองไม่เห็นผลชัดเจนอาจเนื่องมาจากความเข้มข้นที่น้อยเกินไป

ตารางที่ 13 น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวสันป่าตอง

| พันธุ์ | น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม) |
|---|---|
| ข้าวขาวดอกมะลิ 105 | $26.68^{b}$ |
| ข้าวเหนียวสันป่าตอง | $30.13^{a}$ |

LSD (0.05) พันธุ์ = 2.84

**3.5 น้ำหนักแห้งมวลรวม**

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 9) ไม่พบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ อัตราปุ๋ยโพแทสเซียม และ อัตราการฉีดพ่นธาตุสังกะสี ของน้ำหนักแห้งมวลรวม ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วน้ำหนักแห้งมวลรวมของข้าวทั้งสองพันธุ์มีค่าเท่ากับ 2,254 กก./ไร่ น้ำหนักแห้งมวลรวมทั้งหมดได้มาจากผลรวมของน้ำหนักฟางข้าวและใบข้าวในระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของ ศักดาและคณะ (2539) ซึ่งพบเช่นกันว่าไม่มีความแตกต่างของน้ำหนักแห้งมวลรวมของข้าวทั้งสองพันธุ์ โดยพบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีน้ำหนักแห้งมวลรวมเฉลี่ยเท่า

กับ 662 กก.ต่อไร่ โดยปัจจัยทางพันธุกรรมเป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมทั้งลักษณะการแตกกอและลักษณะใบของข้าว โดยที่ลักษณะทั้งสองเป็นส่วนสำคัญที่จะกำหนดน้ำหนักแห้งมวลรวม จากการสังเกตุข้าวขาวดอกมะลิ 105 แตกกอมากกว่าข้าวเหนียวสันป่าตอง การที่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีการแตกกอมากกว่าแต่มีลำต้นขนาดเล็กกว่าข้าวเหนียวสันป่าตอง การที่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีจำนวนหน่อต่อกอมากกว่าจึงทำให้มีจำนวนใบมากกว่าเล็กน้อย แต่ไม่ทำให้น้ำหนักแห้งมวลรวมของข้าวทั้งสองพันธุ์ไม่แตกต่างกัน จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้ทั้งปุ๋ยโพแทสเซียมและการฉีดพ่นธาตุสังกะสีไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งมวลรวมของข้าวทั้งสองพันธุ์

**3.6 ผลผลิต**

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 9) พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในเรื่องของผลผลิต โดยพบว่าข้าวที่ได้รับโพแทสเซียมในอัตราที่สูง คือ 120 kg.$K_2O$ /ha มีผลผลิตต่ำสุดคือ 602.44 กก.ต่อไร่ ส่วนข้าวที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียม 0, 30 และ 60 kg.$K_2O$ /ha ผลผลิตไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 14) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมไม่มีผลต่อผลผลิตของข้าวทั้งสองพันธุ์อย่างชัดเจน เนื่องจากการที่ในดินมีปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่เพียงพอสำหรับความต้องการของข้าว เมื่อพืชได้รับธาตุอาหารในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการ การใส่ปุ๋ยเพิ่มลงไปจะมีผลต่อธาตุอื่นทำให้การดูดใช้ธาตุอื่นถูกยับยั้ง การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราส่วนที่มากกว่าปุ๋ยไนโตรเจนจะส่งผลทำให้การดูดใช้ธาตุไนโตรเจนในดินลดลง ซึ่งอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทสเซียมที่แนะนำโดยทั่วไปคือ อัตราส่วน 1:1 (James *et al.*, 2001) จากผลการทดลองอาจเป็นไปได้ว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่สูงกว่าปุ๋ยไนโตรเจนทำให้การดูดใช้ไนโตรเจนในดินลดลง ส่งผลให้ข้าวได้รับโพแทสเซียมในปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงส่งผลทำให้จำนวนเมล็ดดีและผลผลิตของข้าวลดลงตามอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่เพิ่มขึ้น โดยผลการทดลองในส่วนของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงมีผลในทำนองเดียวกันกับในส่วนของ ผลผลิต คือ จำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราสูงสุดมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงน้อยที่สุดในขณะที่จำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมทั้งสามอัตรา คือ 0, 30 และ 60 kg.$K_2O$/ha ไม่แตกต่างกัน ผลการทดลองครั้งนี้พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีผลผลิตไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของศักดาและคณะ (2539) ที่รายงานว่าไม่พบความแตกต่างในส่วนของผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวสันป่าตองเช่นกัน ซึ่งผลผลิตโดยเฉลี่ยของข้าวทั้งสองพันธุ์เท่ากับ 469 กก.ต่อไร่ นอกจากนี้การฉีดพ่นธาตุสังกะสีก็ไม่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตของข้าวเนื่องจากธาตุสังกะสีมีหน้าที่เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ของพืช

(Mengel and Kirkby, 1982) ทำให้พืชสามารถดำเนินกระบวนการทางเมตาโบลิซึมต่าง ๆ ภายในต้นพืชได้ตามปรกติ จึงไม่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตของข้าว

ตารางที่ 14 ผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวสันป่าตองที่ได้รับโพแทสเซียมในอัตรา 0, 30, 60 และ 120 kg $K_2O$ /ha

| อัตราปุ๋ยโพแทสเซียม kg.$K_2O$/ha | ผลผลิต (กก./ไร่) |
|---|---|
| 0 | 759.16[a] |
| 30 | 708.38[a] |
| 60 | 697.44[a] |
| 120 | 602.44[b] |

LSD ปุ๋ย (0.05) = 93.95

**3.7 ดัชนีเก็บเกี่ยว**

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 9) พบว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่แตกต่ากันมีดัชนีเก็บเกี่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 15) โดยผลการทดลองพบว่า ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าวที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่สูงสุด คือ 120 kg.$K_2O$/ha มีค่าต่ำที่สุดขณะที่ข้าวที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 0, 30, 60 kg.$K_2O$/ha มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างกัน โดยดัชนีเก็บเกี่ยว คือ สัดส่วนของผลผลิตต่อมวลชีวภาพ จากผลการทดลองในส่วนของผลผลิตพบว่าผลผลิตของข้าวที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราที่สูงสุดมีผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุด (ตารางที่ 13) ผลดังกล่าวมีความเกี่ยวข้องกับจำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น (ตารางที่ 12) การที่ข้าวเกิดความแตกต่างในส่วนของผลผลิตดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เมื่อนำมาคำนวนค่าดัชนีเก็บเกี่ยวซึ่งได้จากสัดส่วนของผลผลิตต่อน้ำหนักแห้งมวลรวม การที่น้ำหนักแห้งมวลรวมของข้าวทั้งสองพันธุ์ไม่ต่างกัน จึงทำให้ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าวขึ้นอยู่กับผลผลิต นอกจากนี้ผลการทดลองยังพบอีกว่าข้าวและการฉีดพ่นธาตุสังกะสีไม่มีผลต่อดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าว เนื่องจากทั้งข้าวและการฉีดพ่นธาตุสังกะสีไม่มีผลต่อผลผลิตดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ผลผลิตเป็นส่วนที่มีความสำคัญที่มีผลต่อค่าดัชนีเก็บเกี่ยว การที่ทั้งพันธุ์และการฉีดพ่นธาตุสังกะสีไม่มีผลต่อผลผลิตก็ไม่น่าจะมีผลต่อดัชนีเก็บเกี่ยวด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 15 ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวสันป่าตองที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 0, 30, 60 และ 120 kg $K_2O$ /ha

| อัตราปุ๋ยโพแทสเซียม kg.$K_2O$/ha | ดัชนีเก็บเกี่ยว |
|---|---|
| 0 | 0.34[a] |
| 30 | 0.33[a] |
| 60 | 0.30[ab] |
| 120 | 0.27[b] |

LSD ปุ๋ย (0.05) = 0.04

**4 . คุณภาพการสี**

**4.1 เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง**

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 16) ไม่พบความแตกต่างในเรื่องของเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องระหว่างพันธุ์ อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมและอัตราการฉีดพ่นธาตุสังกะสี ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องที่ได้เท่ากับ 77.51 เปอร์เซ็นต์ จากผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับผลการทดลองของ จิรวัฒน์ (2544) ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวสันป่าตองไม่แตกต่างกันโดยมีเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องเฉลี่ย 74.1 และ 74.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนงานทดลองของ ศักดาและคณะ (2539) ก็พบเช่นกันว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องไม่แตกต่างกัน เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องโดยเฉลี่ยของข้าวทั้งสองพันธุ์เท่ากับ 75 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์แกลบจากผลการทดลองไม่พบความแตกต่างในเรื่องของเปอร์เซ็นต์แกลบซึ่งโดยเฉลี่ยข้าวทั้งสองพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์แกลบเท่ากับ 11.98 % ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ ศักดาและคณะ (2539) ก็พบเช่นกันว่าเปอร์เซ็นต์แกลบไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญซึ่งเปอร์เซ็นต์แกลบโดยเฉลี่ยเท่ากับ 7 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าปริมาณข้าวกล้องส่วนใหญ่ขึ้นกับลักษณะทางกายภาพของข้าว เช่น รูปร่างและขนาดของเมล็ดข้าว โดยตัวแปรที่มีความเกี่ยวข้องกับลักษณะดังกล่าวได้แก่ ความกว้าง ความยาวของเมล็ดข้าวเปลือกและสำหรับงานทดลองนี้ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวสันป่าตอง จากการสังเกตุพบว่าขนาดของเมล็ดข้าวเปลือกของข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีความกว้างและความยาวเฉลี่ย 2.22, 7.52 มิลลิเมตร ส่วนพันธุ์เหนียวสันป่าตอง มีความกว้างและความยาวเฉลี่ย 2.37, 7.19 มิลลิเมตร ความกว้างและความยาวของข้าวทั้งสองพันธุ์มีความใกล้เคียงกันมาก จากลักษณะดังกล่าวเมื่อนำเมล็ดมาแยกแกลบออกจึงทำให้เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องของข้าวทั้งสองพันธุ์ไม่แตกต่างกัน ส่วนโพแทสเซียมไม่

พบการตอบสนองของข้าวเนื่องจากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น นอกจากนี้การฉีดพ่นธาตุสังกะสีก็ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องเช่นกัน เนื่องจากปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องคือ ลักษณะรูปร่างของเมล็ดข้าวเปลือกซึ่งเป็นลักษณะทางพันธุกรรม (Yoshida, 1981) จึงไม่พบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องที่เกิดจากการฉีดพ่นธาตุสังกะสี

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคุณภาพการสี

| แหล่งความแปรปรวน | เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง | เปอร์เซ็นต์ข้าวสาร | เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว | เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก | ความแข็ง (นิวตัน) |
|---|---|---|---|---|---|
| V | ns | ns | ns | ns | ns |
| K | ns | ns | ns | ns | ns |
| V x K | ns | ns | ns | ns | ns |
| Zn | ns | ns | ns | ns | ns |
| V x Zn | ns | ns | * | * | ns |
| K x Zn | ns | ns | ns | ns | ns |
| V x K x Zn | ns | ns | ns | ns | ns |
| CV% | 2.80% | 4.15% | 9.94% | 2.8% | 4.03% |

V = พันธุ์ K = Potassium sulfate Zn = ธาตุสังกะสี ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**4.2 เปอร์เซ็นต์ข้าวสาร**

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 16) ไม่พบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมและอัตราการฉีดพ่นธาตุสังกะสีในเรื่องของเปอร์เซ็นต์ข้าวสาร ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วเปอร์เซ็นต์ข้าวสารที่ได้ของข้าวทั้งสองพันธุ์เท่ากับ 70.05 เปอร์เซ็นต์ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานทดลองของ จิรวัฒน์ (2544) ซึ่งพบเช่นกันว่าไม่มีความแตกต่างในเรื่องของเปอร์เซ็นต์ข้าวสารของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวสันป่าตอง โดยที่ข้าวทั้งสองพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์ข้าวสารเฉลี่ย 65.3 และ 65.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของศักดาและคณะ (2539) ก็พบเช่นกันว่าเปอร์เซ็นต์ข้าวสารของข้าวทั้งสองพันธุ์ไม่แตกต่างกันข้าวทั้งสองพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์ข้าวสารโดยเฉลี่ย 68 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองส่วนนี้ยังพบอีกว่าเปอร์เซ็นต์รำข้าวของข้าวทั้งสองพันธุ์ไม่แตกต่างกันซึ่งเปอร์เซ็นต์รำข้าวโดยเฉลี่ยเท่ากับ 7% ซึ่งผลการทดลอง

ของ ศักดาและคณะ (2539) พบเช่นกันว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างข้าวในเรื่องของเปอร์เซ็นต์รำ ซึ่งเปอร์เซ็นต์รำโดยเฉลี่ยของข้าวทั้งสองพันธ์เท่ากับ 7 %

ข้าวสารเป็นส่วน endosperm ที่ได้จากการกระเทาะส่วนแกลบ (husk) ออกจากข้าวเปลือก และขัดส่วนที่เรียกว่ารำออกไป ข้าวสารจึงประกอบด้วยเมล็ดแป้งเป็นส่วนใหญ่ (Juliano and Bechtel, 1985) ปัจจัยที่กำหนดเปอร์เซ็นต์ข้าวสารคือ ความสมบูรณ์ อัตราเร็วและระยะเวลาการสะสมน้ำหนักเมล็ดที่ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิและแสง เป็นต้น (Yoshida and Hara, 1977; Ahmed *et al.*, 1990) นอกจากนี้ยังขึ้นกับความสมบูรณ์ของการสร้างลำต้นและใบตั้งแต่ระยะเริ่มต้นด้วย (Yoshida, 1981) นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์ข้าวสารยังเป็นผลของกระบวนการสะสมน้ำหนักเมล็ดและมีความสัมพันธ์กับลักษณะทางโครงสร้างของเมล็ดที่เป็นลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ รูปร่าง ขนาด และ น้ำหนักสูงสุดของเมล็ด (Yoshida, 1981; Jongkaewwattana, 1990) เปลือกหุ้มเมล็ดข้าวหรือแกลบและสัดส่วนผิวของข้าวกล้องที่ประกอบด้วยชั้นของ pericarb, seed coat, aleurone layer ขนาดของคัพภะ (embryo) และส่วน endosperm บางส่วนที่ถูกขัดออกไปเป็นรำในการสีเพื่อให้ได้ข้าวสารสีขาวตามมาตรฐานของตลาด (Juliano and Bechtel, 1985 ; Srinivas and Bhashyam ;1985) ผลการทดลองไม่พบความแตกต่างระหว่างข้าวเนื่องจากข้าวทั้งสองพันธุ์มีขนาดและลักษณะรูปร่างของเมล็ดที่ใกล้เคียงกัน ผลการทดลองไม่พบว่าโพแทสเซียมและธาตุสังกะสีมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวสาร เนื่องจากผลการทดลองไม่พบว่าข้าวมีการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมจากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เปอร์เซ็นต์ข้าวสารขึ้นกับลักษณะโครงสร้างของเมล็ดซึ่งเป็นลักษณะทางพันธุกรรม ธาตุสังกะสีจึงไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวสาร

### 4.3 เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 16) พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และอัตราการฉีดพ่นธาตุสังกะสี (ตารางที่ 17) ผลทดลองครั้งนี้มีแนวโน้มว่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวโดยเฉลี่ยของข้าวเหนียวสันป่าตองมากกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเฉลี่ยของข้าวเหนียวสันป่าตองเท่ากับ 58 เปอร์เซ็นต์ และ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เท่ากับ 54 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานทดลองของ ศักดาและคณะ (2539) ซึ่งพบว่าข้าวเหนียวสันป่าตองมีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว 56 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว 52 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามผลการทดลองการฉีดพ่นธาตุสังกะสีไม่น่าจะมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวของข้าวทั้งสองพันธุ์อย่างชัดเจน ซึ่งผลการทดลองพบเพียงว่าการฉีดพ่นธาตุสังกะสีที่อัตรา 0.3 gm% ทำให้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ต่ำที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ตัวอย่างข้าวในช่วงวิเคราะห์คุณภาพการสี ในส่วนของปุ๋ยโพแทสเซียมได้มี

งานทดลองฉีดพ่นโพแทสเซียมไอโอไดด์ให้แก่ข้าว โดยมีงานทดลองของ ศักดาและคณะ (2539) และ แขสุมาลย์ ( 2543) ผลการฉีดพ่นโพแทสเซียมไอโอไดด์ 0.05 gm% ทำให้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับแปลงที่ไม่มีการฉีดพ่นโพแทสเซียมไอโอไดด์โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวในแปลงที่มีการฉีดพ่นโพแทสเซียมไอโอไดด์เท่ากับ 54% และแปลงที่ไม่มีการฉีดพ่นโพแทสเซียมไอโอไดด์มีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเฉลี่ยเท่ากับ 52% ในงานทดลองครั้งนี้จึงได้ทดลองให้ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟตแก่ข้าวโดยวิธีการหว่านลงดิน ในอัตรา 0, 30, 60 และ 120 kg $K_2O$/ha ทั้งที่ผลการวิเคราะห์ดินพบว่าดินไม่ขาดโพแทสเซียมแต่คาดหวังว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงไปจะทำให้ข้าวทั้งสองพันธุ์มีคุณภาพการสีดีขึ้น เมื่อเทียบกับข้าวที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม แต่ผลการทดลองไม่พบความแตกต่างดังกล่าว ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าธาตุโพแทสเซียมไม่ช่วยทำให้คุณภาพการสีของข้าวดีขึ้น จากงานทดลองที่อ้างถึงข้างต้น ของศักดิ์ดาและคณะ (2539) และแขสุมาลย์ (2543) ซึ่งพบว่าการฉีดพ่นโพแทสเซียมไอโอไดด์ให้แก่ข้าว ไอโอดีนเป็นธาตุที่ทำให้ข้าวมีคุณภาพการสีดีขึ้นและจากรายงานของ Prattley and Stanley (1982) ซึ่งรายงานว่าการที่พืชขาดโพแทสเซียมจะมีผลทำให้การสังเคราะห์โปรตีนลดลงด้วย ในระยะที่พืชมีการเจริญเติบโตพืชจะมีการเคลื่อนย้ายธาตุโพแทสเซียมอย่างรวดเร็วไปยังเมล็ด ซึ่งธาตุโพแทสเซียมนี้มีส่วนช่วยในการเคลื่อนย้ายและถ่ายเทสารประกอบอินทรีย์ในโตรเจนเพื่อใช้ในการสังเคราะห์โปรตีนต่อไป ซึ่งเมื่อข้าวมีการสะสมโปรตีนในเมล็ดเพิ่มขึ้นจะทำให้ข้าวหักน้อยลงเมื่อนำไปขัดสี (Wongsuthachin,1973) จากผลการทดลองอาจเป็นไปได้ว่าการที่ข้าวไม่ขาดโพแทสเซียมและได้รับธาตุโพแทสเซียมจากในดินปริมาณที่เพียงพอแล้ว กระบวนการสังเคราะห์โปรตีนจึงดำเนินได้ตามปรกติและไม่มีผลทำให้การสังเคราะห์โปรตีนของข้าวเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้ไม่มีความแตกต่างในเรื่องคุณภาพการสี

**ตารางที่ 17** เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวสันป่าตองที่ได้รับการฉีดพ่นธาตุสังกะสีในอัตราที่แตกต่างกัน

| พันธุ์ | อัตราการฉีดพ่นธาตุสังกะสี | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 gm% | 0.1gm% | 0.3 gm% | เฉลี่ย |
| ข้าวขาวดอกมะลิ 105 | 55 | 55 | 49 | 54 |
| ข้าวเหนียวสันป่าตอง | 59 | 55 | 61 | 58 |

LSD ปฏิสัมพันธ์ (0.05)= 6 LSD พันธุ์ (0.05) = 4

4.4 เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 16) พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และอัตราการฉีดพ่นธาตุสังกะสี โดยผลการทดลองพบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับการฉีดพ่นธาตุสังกะสีอัตราที่สูงคือ 0.3 gm% พบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีเปอร์เซ็นต์ข้าวหักสูงที่สุดส่วนข้าวเหนียวสันป่าตองไม่พบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ข้าวหัก (ตารางที่18) โดยเฉลี่ยพบว่าเปอร์เซ็นต์ข้าวหักของข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีแนวโน้มสูงกว่าข้าวเหนียวสันป่าตองและเปอร์เซ็นต์ข้าวหักโดยเฉลี่ยเท่ากับ 17 และ 12 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานทดลอง ของ ศักดาและคณะ (2539) พบว่าเปอร์เซ็นต์ข้าวหักของข้าวขาวดอกมะลิ 105 สูงกว่าข้าวเหนียวสันป่าตอง คือ 17 และ 11 เปอร์เซ็นต์ การหักของข้าวเกิดจากรอยร้าวเนื่องจากความเครียดความชื้นสัมพันธ์กับระยะเวลาการเก็บเกี่ยวและระดับความชื้นของเมล็ดข้าว (ตติยะ, 2538) ซึ่ง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความไม่สม่ำเสมอของการสุกแก่ของเมล็ดข้าว (non-uniformity) ที่หมายถึงระยะพัฒนาการของเมล็ดข้าวแต่ละเมล็ดในแต่ละรวงมีความแตกต่างกันส่งผลทำให้ ณ เวลานั้น ๆ มีทั้งเมล็ดข้าวที่ยังอ่อนอยู่จะมีความชื้นสูงและสะสมน้ำหนักยังไม่เต็มที่และเมล็ดที่สุกแก่ก่อนจะมีความชื้นต่ำและมีการดูดความชื้นกลับจนทำให้เกิดรอยร้าวซึ่งจะส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวลดลง (Jongkaewwattana *et al.*, 1993) และทำให้เปอร์เซ็นต์ข้าวหักเพิ่มขึ้น ส่วนโพแทสเซียมไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวหักซึ่งเปอร์เซ็นต์ข้าวหักเป็นส่วนผกผันกับเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว

ตารางที่ 18 เปอร์เซ็นต์ ข้าวหัก ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวสันป่าตอง ที่ได้รับการฉีดพ่นธาตุสังกะสีในอัตราที่แตกต่างกัน

| พันธุ์ | อัตราการฉีดพ่นธาตุสังกะสี | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 gm% | 0.1gm% | 0.3 gm% | เฉลี่ย |
| ข้าวขาวดอกมะลิ 105 | 16 | 15 | 19 | 17 |
| ข้าวเหนียวสันป่าตอง | 13 | 14 | 10 | 12 |

LSD ปฏิสัมพันธ์ (0.05) = 4

**4.5 ความแข็งเมล็ดข้าว**

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 16) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในเรื่องความแข็งของข้าวทั้งสองพันธุ์ ผลการทดลองพบว่าข้าวทั้งสองพันธ์มีความแข็งโดยเฉลี่ย 73.21 นิวตันต่อเมล็ด จากการสังเกตุพบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีลักษณะการเป็นท้องไข่น้อยมาก ลักษณะท้องไข่ คือ ลักษณะขุ่นขาวในเมล็ดที่เกิดจากการที่แป้งจับตัวกันไม่แน่นในเอ็นโดสเปิร์ม (Bangwaek, 1994) ส่วนข้าวเหนียวสันป่าตองซึ่งเป็นข้าวเหนียวไม่พบลักษณะการเป็นท้องไข่ (การที่ข้าวเป็นท้องไข่จะมีผลทำให้ความแข็งของข้าวลดลงเนื่องจากแป้งในเอ็นโดสเปิร์มที่จับตัวกันไม่แน่น) เมื่อนำมาวัดความแข็งจึงไม่พบความแตกต่างในเรื่องของความแข็งของข้าวทั้งสองพันธุ์ ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานทดลองของ จิรวัฒน์ (2544) ที่ได้ทดสอบความแข็งของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวสันป่าตองและพบว่าความแข็งของข้าวทั้งสองพันธุ์ไม่แตกต่างกันโดยจากงานทดลองนี้ยังพบอีกว่าข้าวทั้งสองพันธุ์มีความหนาแน่น (สัดส่วนของน้ำหนักของเมล็ดข้าวต่อปริมาตรของเมล็ดข้าว) ของเมล็ดใกล้เคียงกันคือ 1.32 และ 1.28 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมและการฉีดพ่นธาตุสังกะสีไม่มีผลต่อความแข็งของข้าว มีรายงานว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงในดินที่ขาดโพแทสเซียมให้แก่พืชทำให้พืชมีการสร้างโปรตีนเพิ่มขึ้น (Prattley and Stanley , 1982) แต่จากผลการวิเคราะห์ดินที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นซึ่งพบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่อยู่ในดินมีปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของพืชจึงไม่มีผลทำให้พืชมีการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้น ซึ่งโปรตีนที่เพิ่มขึ้นเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวหักน้อยลง (Wongsuthachin,1973) การที่ข้าวหักน้อยลงแสดงว่าข้าวมีความแข็งเพิ่มขึ้น ดังนั้นการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเพิ่มให้แก่ข้าวในดินที่ไม่ขาดธาตุโพแทสเซียมจึงไม่มีผลทำให้ความแข็งของเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น ส่วนการฉีดพ่นธาตุสังกะสีก็ไม่มีผลต่อความแข็งของข้าวเช่นกันเนื่องจาก ธาตุสังกะสีซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มจุลธาตุ เป็นธาตุที่พืชต้องการปริมาณน้อยแต่ขาดไม่ได้ Hewitt (1951) George and Michael (1997) รายงานว่า ธาตุสังกะสีมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมตาโบลิซึมของโปรตีน เมื่อขาดจะทำให้กระบวนการในการสร้างโปรตีนและระดับของโปรตีนที่วัดได้ลดลง แต่จากผลการวิเคราะห์ดิน (ตารางที่ภาคผนวกที่ 47) พบว่าในดินมีสังกะสีในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการของข้าวที่จะดำเนินกิจกรรมต่างๆ ภายในต้นพืชให้เป็นปรกติได้ การฉีดพ่นธาตุสังกะสีให้แก่ข้าวจึงไม่มีผลในการเพิ่มการสร้างโปรตีนในพืช จึงส่งผลให้ไม่พบความแตกต่างในส่วนของเปอร์เซ็นต์ความแข็งของข้าวข้างต้น

## 5 องค์ประกอบทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับคุณค่าทางโภชนาการ

### 5.1 ปริมาณโพแทสเซียม

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 19) ไม่พบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมและอัตราการฉีดพ่นธาตุสังกะสี ในเรื่องของปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวกล้อง ซึ่งปริมาณธาตุโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1869 ppm โดยปกติจะพบว่าในเมล็ดข้าวกล้องมีโพแทสเซียมอยู่ในช่วง 600-2800 ppm (Juliano, 1985) เนื่องจากการทดลองได้ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมโดยการหว่านลงในดินและจากผลการวิเคราะห์ดิน พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่มีอยู่ในดินมีปริมาณที่เพียงพอ ตามหลักการถ้าหากพืชได้รับธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินเพียงพอแล้วพืชจะใช้ธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินซึ่งจะอยู่ในรูปที่ใช้ประโยชน์มากกว่าปุ๋ยที่ใส่ลงไป โพแทสเซียมจัดว่าเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ดี ถ้าหากเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่สูงเนื้อเยื่อพืชจะสะสมไว้มากแต่จะไม่ทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น (ยงยุทธ, 2543) นอกจากนี้ John (1999) รายงานเช่นกันว่าโพแทสเซียมที่มีอยู่มากจะไม่ทำให้ผลผลิตสูงขึ้นและจะสูญเสียไปพร้อมกับพืชที่ถูกเก็บเกี่ยวในแต่ละฤดู ลักษณะนี้เรียกว่า "luxury consumption" จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่านอกจากโพแทสเซียมที่ใส่เพิ่มให้แก่ข้าวจะไม่ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตเพิ่มแล้วยังไม่มีการสะสมโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวอีกด้วย ดังนั้นการเพิ่มอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมจึงไม่จำเป็นมากนักเมื่อในดินมีโพแทสเซียมในปริมาณที่เพียงพอแล้ว ดังจะเห็นได้จากปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวที่พบหลังจากการวิเคราะห์เมล็ดข้าวกล้องไม่แตกต่างกันทั้งส่วนของข้าวและอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมส่วนการฉีดพ่นธาตุสังกะสีไม่มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวกล้องเช่นกัน

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติขององค์ประกอบทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับคุณค่าทางโภชนาการ

| แหล่งความแปรปรวน | ปริมาณโพแทสเซียม | ปริมาณธาตุสังกะสี |
|---|---|---|
| V | ns | ns |
| K | ns | ns |
| V x K | ns | ns |
| Zn | ns | ** |
| V x Zn | ns | ns |
| K x Zn | ns | ns |
| V x K x Zn | ns | ns |
| CV% | 12.93 | 12.00 |

V = พันธุ์ K = Potassium sulfate Zn = ธาตุสังกะสี ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**5.2 ปริมาณธาตุสังกะสี**

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 19) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ในเรื่องของอัตราการฉีดพ่นสารละลายธาตุสังกะสีต่อปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้องโดยพบว่าข้าวที่ได้รับการฉีดพ่นธาตุสังกะสีในอัตราที่เพิ่มขึ้นมีปริมาณธาตุสังกะสีเฉลี่ยในเมล็ดข้าวกล้อง สูงกว่าข้าวที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นธาตุสังกะสี อย่างไรก็ตามปริมาณธาตุสังกะสีที่แตกต่างกันอยู่ในปริมาณที่ไม่มากนัก (ตารางที่ 20) ปัจจุบันยังไม่มีรายงานแน่ชัดถึงกระบวนการในการสะสมธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวเมื่อให้ธาตุสังกะสีแก่ข้าวในอัตราที่เพิ่มขึ้น แต่มีงานทดลองหลายงานทดลองที่สนับสนุนว่าปริมาณธาตุสังกะสีที่พบในเมล็ดเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ธาตุสังกะสีในอัตราที่เพิ่มขึ้น เช่น Lian (1986) ใส่ธาตุสังกะสีโดยวิธีการหว่านให้แก่ข้าวบาร์เลย์ ผลการทดลองก็พบว่าปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ธาตุสังกะสีในปริมาณที่เพิ่มขึ้น Shi (1985) รายงานเช่นกันว่าการใส่ธาตุสังกะสีให้แก่ข้าวโดยวิธีการหว่านในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้มีการสะสมธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น และจากงานทดลองของ Yang *et al.*(1986) พบว่าพืชจะมีการดูดใช้ธาตุสังกะสีเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ธาตุสังกะสีในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จากงานทดลองที่พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวได้เมื่อฉีดพ่นสารละลายธาตุสังกะสีในอัตรา

ความเข้มที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวที่ไม่มีการฉีดพ่นสารละลายธาตุสังกะสี ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ามีการเคลื่อนย้ายธาตุสังกะสีจากใบมายังเมล็ดข้าวและมีการสะสมธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวแต่กระบวนการในการสะสมและเคลื่อนย้ายธาตุสังกะสียังไม่มีการศึกษาและไม่สามารถอธิบายถึงกระบวนการดังกล่าวได้อย่างชัดเจน แต่การสะสมและเคลื่อนย้ายธาตุอาหาร ในเมล็ดข้าวมีกระบวนการคร่าวๆ (ภาพที่ 1) คือ ธาตุอาหารจะเคลื่อนย้ายมายังเมล็ดข้าวในช่วงที่เมล็ดข้าวกำลังพัฒนา โดยธาตุอาหารจะเคลื่อนย้ายผ่านส่วนของ pericarb, pigment strand, nucellus และ aleurone layer เข้าสู่ endosperm โดยพบว่าปริมาณธาตุสังกะสีที่พบในส่วนต่าง ๆ ของข้าวมีดังนี้ แกลบ 31 เปอร์เซ็นต์ ข้าวกล้อง 27 เปอร์เซ็นต์ ข้าวสาร 14 เปอร์เซ็นต์ aleurone layer 7 เปอรเซ็นต์ Middle 6 เปอร์เซ็นต์ (Juliano and Bechtel, 1985) และจากรายงานของ Masironi *et al* (1977) ซึ่งได้ทำการสำรวจถึงปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ในเมล็ดข้าวพบว่าในข้าวกล้องพบธาตุสังกะสีโดยเฉลี่ย 16 ppm การเพิ่มธาตุสังกะสีเพียง 3 ppm จากงานทดลองยังไม่เพียงพอสำหรับความต้องการในการที่จะเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการเพื่อแก้ปัญหาภาวะการขาดสารอาหารในปัจจุบัน ซึ่งพบมากในประเทศกำลังพัฒนา (developing country) (www.cimmyt.org/whatiscimmyt/AR99_2000/s...wheat_to_feed_the.th) ภาวะดังกล่าวทำให้เด็กโตช้าร่างกายแคระแกรนและสมองไม่พัฒนา นอกจากนี้ภาวะดังกล่าวยังคร่าชีวิตของผู้ที่ประสบภาวะทุโภชนาการ ถึงประมาณวันละ 40,000 คนต่อวัน ส่วนมากเป็นผู้หญิงพบมากอยู่ในประเทศแถบเอเชีย ถ้าหากสามารถเพิ่มปริมาณธาตุเหล็กและธาตุสังกะสีในข้าวเพิ่มขึ้น 2 ถึง 3 เท่าก็จะสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ (www.irri.org/Hunger/Nutrition.htm) นั่นหมายถึงถ้าสามารถเพิ่มปริมาณ ธาตุสังกะสีในข้าวได้ประมาณ 48 ppm อาจสามารถบรรเทาความรุนแรงที่เกิดจากภาวะทุโภชนาการได้ โดยปรกติคนเราต้องการธาตุสังกะสีในแต่ละวันแตกต่างกันตามอายุ (ตารางที่ภาคผนวกที่ 46, ตารางภาคผนวกที่ 48) ปัจจุบันได้มีนักวิชาการหลายฝ่ายที่กำลังพยายามเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดข้าว นักปรับปรุงพันธุ์พืชได้พยายามที่จะทำให้ข้าวมีธาตุอาหารเพียงพอสำหรับความต้องการแต่ปัจจุบันยังพบว่าธาตุอาหารเหล่านั้นยังอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ Ivan Ortiz-Monasterio, (www.cimmyt.org/whatiscimmyt/AR99_2000/s...wheat_to_feed_the.th) กล่าวว่าได้มีการพยายามเพิ่มธาตุอาหารลงในดินปริมาณสูงเพื่อให้พืชดูดใช้ แต่ธาตุอาหารเหล่านั้นไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชเนื่องจากพืชเหล่านั้นไม่สามารถใช้ธาตุเหล็กและธาตุสังกะสีจากดินได้ แต่อย่างไรก็ตามนักปรับปรุงพันธุ์ได้พยายามที่จะปรับปรุงข้าวให้มีปริมาณเหล็กและธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวในปริมาณสูง การปรับปรุงพันธุ์ใช้เวลาค่อนข้างนาน ดังนั้นวิธีการฉีดพ่นธาตุเหล็กและธาตุสังกะสีน่าจะเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มปริมาณธาตุดังกล่าวได้ ผลการทดลองไม่พบว่าว่าอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมมีผลต่อปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดเนื่องจากข้าวไม่ตอบสนองต่ออัตราปุ๋ย

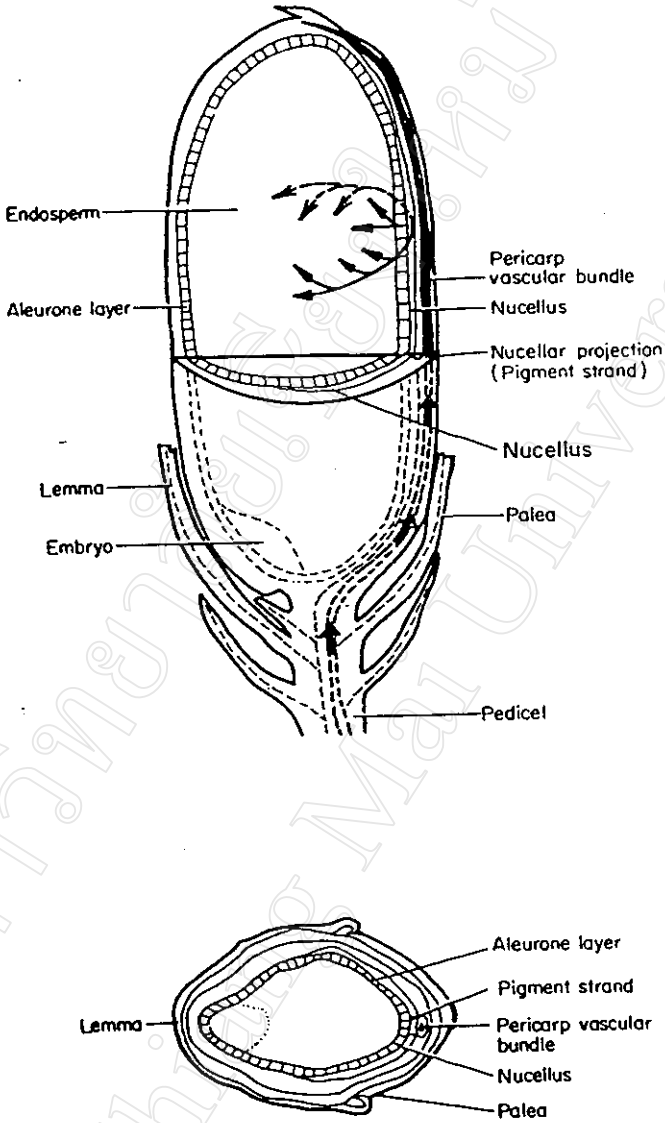
โพแทสเซียมดังเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น สำหรับพันธุ์กีไม่พบความแตกต่างในเรื่องของปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดเช่นกัน

**ตารางที่ 20** ปริมาณธาตุสังกะสีในข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวสันป่าตองที่ได้รับการพ่นธาตุสังกะสีในอัตราที่แตกต่างกัน

| อัตราการฉีดพ่นธาตุสังกะสี (gm%) | ปริมาณธาตุสังกะสี (ppm) |
|---|---|
| 0 | 16.45[b] |
| 0. 1 | 18.68[a] |
| 0. 3 | 19.46[a] |

**LSD** (0.01) ธาตุสังกะสี = 1.28

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University




**รูปที่ 1** Pathway of translocation of nutrients to developing rice grain. Nutrients pass through the pericarb vascular bundles, pigment strand, nucellus, ans aleurone layer to the endosperm. The nucellus extends only around half of the grain circumference at the milky stage. (Adapted from Sato (1964, Hoshikawa (1973), Kawahara *et al* (1977) and Oparaka and Gates (1981a) reference from Juliano and Bechtel, 1985