ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พฤกษศาสตร์)

ปริญญา

พฤกษศาสตร์ | พฤกษศาสตร์

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง ผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ต่อกิจกรรมเอนไซม์ไรบูโลสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลส การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสง ปริมาณน้ำตาล และการสะสมของธาตุอาหารบางชนิดของข้าวหอมสุพรรณบุรี

Effect of Magnesium Chloride on Ribulose Bisphosphate Carboxylase Activity, PS II Electron Transport, Total Soluble Sugar Content and Some Nutrients Accumulation of Rice (*Oryza sativa* L.) cv. Hom Supanburi

นามผู้วิจัย นายศุภกร พรขุนทด

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์วัลลภ อารีรบ, Dr.Agr.Sci.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์คณพล จุฑามณี, Dr.Agr.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ปุณฑริกา หะริณสุต, Dr.Agr.Sci.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์สรัญญา วัชโรทัย, Dr.rer.nat.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ต่อกิจกรรมเอนไซม์ไรบูโลสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลส การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสง ปริมาณน้ำตาล และการสะสมของธาตุอาหารบางชนิดของข้าวหอมสุพรรณบุรี

Effect of Magnesium Chloride on Ribulose Bisphosphate Carboxylase Activity, PS II Electron Transport, Total Soluble Sugar Content and Some Nutrients Accumulation of Rice (*Oryza sativa* L.) cv. Hom Supanburi

โดย

นายศุภกร พรขุนทด

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พฤกษศาสตร์)
พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศุภกร พรขุนทด 2554: ผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ต่อกิจกรรมเอนไซม์ไรบูโลสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลส การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสง ปริมาณน้ำตาล และการสะสมของธาตุอาหารบางชนิดของข้าวหอมสุพรรณบุรี ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พฤกษศาสตร์) สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์วัลลภ อารีรบ, Dr.Agr.Sci. 132 หน้า

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ต่อกิจกรรมเอ็นไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลส ปริมาณน้ำตาล การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่ 2 ของการสังเคราะห์แสง และการสะสมธาตุอาหารบางชนิด ในข้าวหอมสุพรรณบุรี พบว่า ข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค ตอบสนองต่อสารแมกนีเซียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้น คือ 50 75 และ 150 ไมโครโมลลาร์ ในวันที่ 5 หลังจากได้รับสาร ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลส โดยแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลลาร์ ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสโดยรวมเพิ่มสูงขึ้น 20.43 เปอร์เซนต์ เมื่อเทียบกับชุดความคุม การศึกษาในระยะสืบพันธุ์ พบว่าความเข้มของแมกนีเซียมคลอไรด์ 50 ไมโครโมลลาร์ ทำให้กิจกรรมเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสโดยรวมเพิ่มสูงขึ้น 10.00 เปอร์เซนต์ กระบวนการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงที่สองของข้าวหอมสุพรรณบุรีทั้งสองระยะเพิ่มขึ้น ซึ่งในระยะวัฒนภาคตอบสนองได้ดีหลังจากได้รับสารไปแล้ว 5 วัน โดยความเข้มข้น 75 ไมโครโมลลาร์ ทำให้กระบวนการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนโดยรวมเพิ่มขึ้น 28.21 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในระยะสืบพันธุ์ตอบสนองได้ดีทุกความเข้มข้น ดังนั้นจึงส่งผลให้มีการเพิ่มการสะสมปริมาณน้ำตาลในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีทั้งสองระยะ และปริมาณของธาตุแมกนีเซียม แคลเซียม เหล็ก ในลำต้น ใบ และราก และธาตุแมงกานีส ในส่วนใบทั้งสองระยะมีแนวโน้มการสะสมของธาตุเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม การสะสมของธาตุแมงกานีสในส่วนลำต้นและราก และ ธาตุโพแทสเซียมทุกส่วน มีแนวโน้มการสะสมของธาตุลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

_____ _____ __ / __ / __

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่อประธานกรรมการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Supakorn Pornkhuntod 2011: Effect of Magnesium Chloride on Ribulose Bisphosphate Carboxylase Activity, PS II Electron Transport, Total Soluble Sugar Content and Some Nutrients Accumulation of Rice (Oryza sativa L.) cv. Hom Supanburi. Master of Science (Botany), Major Field: Botany, Department of Botany. Thesis Advisor: Associate Professor Wallop Arirob, Dr.Agr.Sci. 132 pages.

The effect of $MgCl_2$ on ribulosebisphosphate carboxylase activity, total soluble sugar content, Hill reaction, and some accumulation of chemical elements (e.g. Magnesium, Potassium, Calcium, Manganese and Iron) in Hom supanburi rice. Was done the results showed that $MgCl_2$ at the concentration 50, 75, 150 µM increased ribulosebisphosphate carboxylase activity in vegetative phase at the 5^{th} days after spraying . 150 µM $MgCl_2$ increased over all ribulosebisphosphate carboxylase activity (20.43% comparing with control). In reproductive phase, 50 µM $MgCl_2$ increased 10.00% of the ribulosebisphosphate carboxylase activity when compare with control. Hill reaction in both phase were increased after spraying with $MgCl_2$ at 50, 75, and 150 µM, respectively. However, the optimal concentration of $MgCl_2$ in vegetative phase on showed and good respond in all concentrations of reproductive phase. The optimal concentration of $MgCl_2$ increased the accumilation of sugar content in both vegetative part and reproductive part. Magnesium, Calcium and Iron concentrations in shoots, leaves, and roots and Manganese concentration in leaves tend to increased comparing with control. While Manganese concentration in shoot and root and Potassium concentration in all parts of rice tend to decrease when compared with control.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. วัลลภ อารีรบ ประธานกรรมการที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของวิทยานิพนธ์เล่มนี้อย่างดียิ่ง ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. คณพล จุฑามณี กรรมการวิชาเอก รองศาสตราจารย์ ดร. ปุณฑริกา หะริณสุต กรรมการวิชารอง และอาจารย์มินตา ชัยประสงค์สุข ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อเจริญ คุณแม่ไปล่ คุณพี่สายลวดี คุณพี่สัมฤทธิ์ คุณพี่ศิริพร พี่ชาย น้องชาย และ หลานๆ ที่เป็นแรงผลักดัน ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังให้เสมอมา

ขอบพระคุณอาจารย์ทุกๆท่านที่กรุณาสั่งสอน และให้ความรู้ ขอบพระคุณภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำงานวิจัย

ขอบคุณ พี่อ้อ (ดร.บุญญวดี จิระกุล) พี่เจี๊ยบ (รัตตา สุทธยาคม) พี่มิ้ง (พรชัย จันทรศุภแสง) น้องหญิง น้องมิ้ง น้องแอน น้องยุ้ย น้องเมย์ ยุ้ย พี่ ๆ น้อง ๆ เจ้าหน้าที่ภาควิชาพฤกษศาสตร์ และบัณฑิตวิทยาลัย ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน ให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

ขอบคุณสมอง ความคิด ความตั้งใจ และขอบคุณทุกอุปสรรคที่ผลักดันให้การทำงานทุกอย่างประสบความสำเร็จ

ศุภกร พรขุนทด

เมษายน 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	14
อุปกรณ์	14
วิธีการ	15
ผลและวิจารณ์	22
ผล	22
วิจารณ์	108
สรุปและข้อเสนอแนะ	115
สรุป	115
ข้อเสนอแนะ	117
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	118
ภาคผนวก	125
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	132

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 กิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค 24

2 กิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์ 26

3 ผลการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ในระยะวัฒนภาค 29

4 การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์ 32

5 ปริมาณน้ำตาลในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ในระยะวัฒนภาค 35

6 ปริมาณน้ำตาลในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ในระยะสืบพันธุ์ 37

7 การสะสมของธาตุแมกนีเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค 39

8 การสะสมของธาตุแมกนีเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์ 41

9 การสะสมของธาตุแมกนีเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค 43

10 การสะสมของธาตุแมกนีเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์ 45

11 การสะสมของธาตุแมกนีเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค 47

12 การสะสมของธาตุแมกนีเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์ 49

13 การสะสมของธาตุโพแทสเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค 53

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

14 การสะสมของธาตุโพแทสเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์ 55

15 การสะสมของธาตุโพแทสเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค 56

16 การสะสมของธาตุโพแทสเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์ 59

17 การสะสมของธาตุโพแทสเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒภาค 61

18 การสะสมของธาตุโพแทสเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์ 63

19 การสะสมของธาตุแคลเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค 67

20 การสะสมของธาตุแคลเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์ 69

21 การสะสมของธาตุแคลเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค 71

22 การสะสมของธาตุแคลเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์ 73

23 การสะสมของธาตุแคลเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค 75

24 การสะสมของธาตุแคลเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์ 77

25 ปริมาณธาตุแมงกานีสในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค 81

26 ปริมาณธาตุแมงกานีสในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์ 83

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

27 ปริมาณธาตุแมงกานีสในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค 85

28 ปริมาณธาตุแมงกานีสในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์ 87

29 ปริมาณธาตุแมงกานีสในรากข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค 89

30 ปริมาณธาตุแมงกานีสในรากข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์ 91

31 การสะสมของธาตุเหล็กในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค 95

32 การสะสมของธาตุเหล็กในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์ 97

33 การสะสมของธาตุเหล็กในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค 99

34 การสะสมของธาตุเหล็กในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์ 101

35 การสะสมของธาตุเหล็กในรากข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค 103

36 การสะสมของธาตุเหล็กในรากข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์ 105

ตารางผนวกที่

1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของกิจกรรมเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลส น้ำตาล และการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคและระยะสืบพันธุ์หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่างกัน 126

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการสะสมของธาตุแมกนีเซียมในใบ ลำต้น และรากของข้าวหอมสุพรรณบุรีในระยะวัฒนภาค และระยะสืบพันธุ์หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น และระยะเวลาต่างกัน 127

3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการสะสมของธาตุโพแทสเซียมในใบ ลำต้น และรากของข้าวหอมสุพรรณบุรีในระยะวัฒนภาค และระยะสืบพันธุ์หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น และระยะเวลาต่างกัน 128

4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการสะสมของธาตุโพแทสเซียมในใบ ลำต้น และรากของข้าวหอมสุพรรณบุรีในระยะวัฒนภาค และระยะสืบพันธุ์หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น และระยะเวลาต่างกัน 129

5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณธาตุแมงกานีสในใบ ลำต้น และรากของข้าวหอมสุพรรณบุรีในระยะวัฒนภาค และระยะสืบพันธุ์หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น และระยะเวลาต่างกัน 130

6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการสะสมของธาตุเหล็กในใบ ลำต้น และรากของข้าวหอมสุพรรณบุรีในระยะวัฒนภาค และระยะสืบพันธุ์หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น และระยะเวลาต่างกัน 131

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะของข้าว	5
2	โครงสร้างของคลอโรฟิลล์	10
3	กิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสเฟสเฟตคาร์บอกซิเลส ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ระยะวัฒนภาค	23
4	กิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสเฟสเฟตคาร์บอกซิเลส ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ระยะสืบพันธุ์	25
5	การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ระยะวัฒนภาค	28
6	การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ระยะสืบพันธุ์	31
7	ปริมาณน้ำตาล ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ระยะวัฒนภาค	34
8	ปริมาณน้ำตาล ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ระยะสืบพันธุ์	36
9	การสะสมของปริมาณแมกนีเซียม หลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค	50
10	การสะสมของปริมาณแมกนีเซียม หลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์	50
11	การสะสมของปริมาณแมกนีเซียม หลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ ในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค	50
12	การสะสมของปริมาณแมกนีเซียม หลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ ในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์	51
13	การสะสมของปริมาณแมกนีเซียม หลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ ในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค	51
14	การสะสมของปริมาณแมกนีเซียม หลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ ในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์	51

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

15 การสะสมของปริมาณโพแทสเซียมหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค 64

16 การสะสมของปริมาณโพแทสเซียมหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ 64

17 การสะสมของปริมาณโพแทสเซียมหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค 64

18 การสะสมของปริมาณโพแทสเซียมหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ 65

19 การสะสมของปริมาณโพแทสเซียมหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค 65

20 การสะสมของปริมาณโพแทสเซียมหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค 65

21 การสะสมของปริมาณแคลเซียมหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค 78

22 การสะสมของปริมาณแคลเซียมหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ 78

23 การสะสมของปริมาณแคลเซียมหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค 78

24 แสดงการสะสมของปริมาณแคลเซียมหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ 79

25 การสะสมของปริมาณแคลเซียมหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค 79

26 การสะสมของปริมาณแคลเซียมหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค 79

27 การสะสมของปริมาณแมงกานีสหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค 92

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

28 การสะสมของปริมาณแมงกานีสหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ 92

29 การสะสมของปริมาณแมงกานีสหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค 92

30 การสะสมของปริมาณแมงกานีสหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ 93

31 การสะสมของปริมาณแมงกานีสหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค 93

32 การสะสมของปริมาณแมงกานีสหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ 93

33 การสะสมของปริมาณธาตุเหล็กหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค 106

34 การสะสมของปริมาณธาตุเหล็กหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ 106

35 การสะสมของปริมาณธาตุเหล็กหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค 106

36 การสะสมของปริมาณธาตุเหล็กหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ 107

37 การสะสมของปริมาณธาตุเหล็กหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค 107

38 การสะสมของปริมาณธาตุเหล็กหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ 107

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ต่อกิจกรรมเอนไซม์ไรบูโลสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลส การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสง ปริมาณน้ำตาล และการสะสมของธาตุอาหารบางชนิดของข้าวหอมสุพรรณบุรี

Effect of Magnesium Chloride on Ribulose Bisphosphate Carboxylase Activity, PS II Electron Transport, Total Soluble Sugar Content and Some Nutrients Accumulation of Rice (*Oryza sativa* L.) cv. Hom Supanburi

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในระหว่างปี 2545/46 ถึง ปี 2549/50 ผู้ส่งออกข้าวที่สำคัญในตลาดโลกนั้นได้แก่ ประเทศไทย โดยในปี 2549-50 ประเทศไทยส่งออกข้าวประมาณ 8.5 ล้านตันข้าวสาร ซึ่งมากกว่าประเทศเวียดนามที่เป็นประเทศส่งออกข้าวอันดับสองเกือบ 2 เท่า (กรมการข้าว, 2550) ข้าวหอมสุพรรณบุรีเป็นข้าวที่ไม่ไวแสง คือปลูกได้ตลอดทั้งปี มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น เมื่อหุงสุกจะนุ่ม และมีกลิ่นหอม

การเพาะปลูกข้าวผลผลิตเป็นสิ่งสำคัญที่เกษตรกรต้องการ การสร้างผลผลิตของข้าวขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ธาตุอาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ซึ่งนำไปสู่กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของข้าว การสังเคราะห์แสงเป็นอีกกระบวนการที่สำคัญ โดยส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิต กระบวนการสังเคราะห์แสง คือการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงมาเป็นพลังงานเคมี เพื่อใช้เป็นสารให้พลังงานภายในเซลล์ เมื่อเพียงพอต่อความต้องการของเซลล์แล้วจะเก็บในรูปของสารประเภทคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ แป้ง และน้ำตาล ซึ่งจะถูกเก็บในลักษณะของผลหรือที่เรียกทั่วไปว่าเมล็ด คือผลผลิตของข้าว ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสงของข้าวมีหลายปัจจัย เช่น แสง คาร์บอนไดออกไซด์ และ น้ำ เหล่านี้เป็นปัจจัยภายนอก แต่หนึ่งในปัจจัยภายใน ได้แก่ กิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลส ซึ่งเป็นตัวเร่งให้มีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง กิจกรรมของเอนไซม์จะขึ้นอยู่กับชนิดพืช น้ำ อุณหภูมิ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับออกซิเจน ธาตุอาหารบางชนิด เช่น แมกนีเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำคัญต่อพืช เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์และเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลสที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาหลักของการถ่ายทอดการทำงานกระบวนการสังเคราะห์แสง รวมทั้งเป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการสร้างแป้งด้วย (Mohr and Schoffer, 1995) จากรายงานของ Nayer and Koshy (1976) พบว่า แมกนีเซียมมีความสำคัญ โดยเป็นส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นรงควัตถุสำคัญในการสังเคราะห์แสง

ดังนั้นการศึกษานี้ เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของแมกนีเซียมคลอไรด์ที่มีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสที่เป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ กระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในระบบที่สอง (PS II) หรือปฏิกิริยาฮิลล์ (Hill reaction) ปริมาณน้ำตาลอันเป็นผลผลิตจากกระบวนการสังเคราะห์แสง เพื่อเป็นแนวทางในการหาความเข้มข้นของสารแมกนีเซียมคลอไรด์ที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าว และ ยังศึกษาผลของแมกนีเซียมที่มีผลต่อการสะสมธาตุอาหารต่างๆ ได้แก่ เหล็ก แคลเซียม โพแทสเซียม แมงกานีสและแมกนีเซียมในข้าวพันธุ์หอมสุพรรณบุรี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ต่อกิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลส

2. เพื่อศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ต่อการสะสมของปริมาณน้ำตาลในใบข้าว

3. เพื่อศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ต่อกระบวนการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงที่สอง

4. เพื่อศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ต่อการสะสมธาตุอาหารในข้าวพันธุ์หอมสุพรรณบุรี ได้แก่ธาตุ เหล็ก แคลเซียม โพแทสเซียม แมงกานีส และแมกนีเซียม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

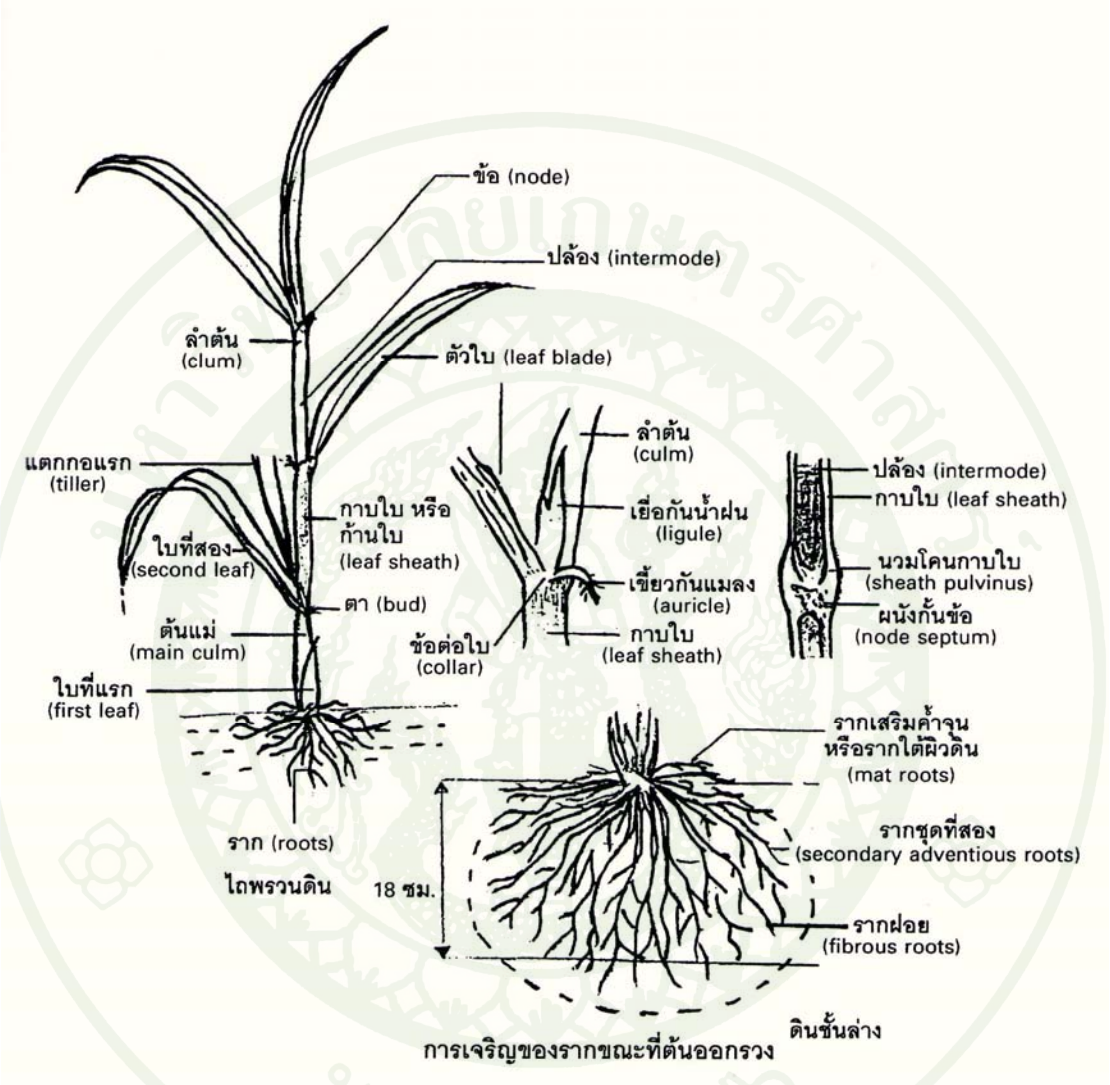
ข้าว

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชล้มลุกใบเลี้ยงเดี่ยวอยู่ในวงศ์ Poaceae รากเป็นระบบรากฝอย (fibrous root system) ที่ประกอบด้วยรากย่อย (rootlets) และรากขนอ่อน (root hairs) การเจริญของรากแบ่งเป็น 2 ชุดคือ รากชุดแรก (seminal root) มีการเจริญมาจากส่วนของคัพภะ (embryo) เป็นรากที่พัฒนามาจากแรดิเคิล (radicle) จะแตกแขนงไม่มาก มีอายุอยู่ได้ไม่นานหลังการงอก รากชุดเสริมชุดที่สอง (secondary root หรือ adventitious roots) เป็นรากที่เกิดข้อใต้ระดับดินของต้นข้าวอ่อน แตกแขนงอย่างอิสระ เมื่อข้าวโตมากขึ้นจะมีรากอีกชนิดหนึ่งเรียกว่า รากเสริมชนิดค้ำจุ้น หรือรากฝังดิน (mat root) ซึ่งเกิดจากข้อเหนือระดับผิวดิน ลำต้นมีลักษณะทรงกลม แกนกลางกลวงและไม่มีแก่น ลำต้นตั้งตรง ประกอบไปด้วยข้อ (node) และปล้อง (internode) ใบมีลักษณะแบน บาง ยาว แคบ และตั้งตรง ใบ (leaf) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ กาบใบ (leaf sheath) และแผ่นใบ (leaf blade) กาบใบเป็นส่วนที่หุ้มลำต้น ไม่มีเส้นกลางใบ ฐานใบเป็นส่วนที่ปกป้องข้อไว้ ดอกมีลักษณะเป็นช่อดอกแบบ panicle เจริญมาจากตายอด (terminal bud) ดอกข้าวเกิดเป็นกลุ่มเรียกว่า spikelet ผลเป็นแบบ caryopsis มีเยื่อหุ้มผล (pericarp) ติดกับเยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat หรือ testa) เมล็ดประกอบด้วย คัพภะ (embryo) ซึ่งเป็นส่วนหัวของเมล็ดข้าวมีสีขาวขุ่น เรียกว่า จมูกข้าว ส่วนรากของคัพภะ เรียกว่า แรดิเคิล (radicle) และปลายยอด (plumule) นอกจากนั้นยังมีส่วนใบเลี้ยงที่เจริญเพียงข้างเดียว (scutelum) และอีกข้างที่ไม่มีการพัฒนา (epiblast) เอ็นโดสเปิร์ม (endosperm) มีลักษณะขาวใสทั้งหมด (รังสฤษฎ์ และคณะ, 2541; อรอนงค์, 2550; Moldenhauer and Gibbons, 2003)

ลักษณะประจำพันธุ์

ข้าวพันธุ์หอมสุพรรณบุรี เป็นข้าวพันธุ์ผสมระหว่าง พันธุ์เอสพีอาร์ 84177-8-2-2-2-1 กับพันธุ์เอสพีอาร์ 85091-13-1-1-4 และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีคุณสมบัติไม่ไวแสง ข้าวสารมีเมล็ดลักษณะยาวเรียว ใส แกร่ง เมื่อสุกจะนุ่ม มีกลิ่นหอม ค่อนข้างต้านทานโรคขอบใบแห้ง เพลี้ยกระโดดหลังขาว ไม่ต้านทานเพี้ยกระโดดสีน้ำตาลและโรคไหม้ เป็นข้าวที่แนะนำให้ปลูกในเขตชลประทานของภาคกลาง ภาคตะวันออก โดยใช้วิธีหว่านนาตม ลำต้นมีความสูงประมาณ 125 เซนติเมตร อายุเก็บเกี่ยวอยู่ระหว่าง 112-121 วัน ได้ผลผลิตเฉลี่ย 600-725 กิโลกรัมต่อไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2543)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 ลักษณะของข้าว

ที่มา: อรอนงค์ (2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กระบวนการสังเคราะห์แสง

การสังเคราะห์แสงเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานทางเคมี โดยมีการเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำไปเป็นคาร์โบไฮเดรต ซึ่งการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชที่เกิดขึ้นเป็นผลที่เกิดจากกระบวนการสังเคราะห์แสงทั้งหมด (Counce *et al*, 2002) กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืชในกระบวนการสังเคราะห์แสงส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลส (Ribulose bisphosphate carboxylase) ที่มีผลต่อการจับตัวกันของโมเลกุลคาร์บอนไดออกไซด์รวมกับน้ำตาลไรบูโรสฟอตเฟต (ribulosephosphate) ใน Calvin's cycle การทำงานของเอนไซม์ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดพืช การขาดน้ำ อุณหภูมิ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน เป็นต้น กิจกรรมของเอนไซม์นี้จับโมเลกุลก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมีการแข่งกับการจับโมเลกุลก๊าซออกซิเจนเกิดกระบวนการหายใจในที่มีแสง (photorespiration) ทำให้ผลผลิตลดลง (Morh and Schopfer, 1995) กล่าวคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารเริ่มต้นที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ในการทำปฏิกิริยากับ Ribulose 1, 5-bisphosphate (RuBP) แล้วได้เป็นสารประกอบคาร์บอน 6 อะตอมที่ไม่เสถียร หลังจากนั้นแตกตัวเป็น 3-phosphoglycerate (PGA) 2 โมเลกุล เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการสังเคราะห์น้ำตาล ในวิถี reductive pentose phosphate pathway (RPP) โดยเอนไซม์ที่กระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาการจับกันระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ กับ RuBP คือเอนไซม์ ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลส เป็นเอนไซม์ที่มีผลต่อการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ และมีผลกระทบต่อการสังเคราะห์แสงของพืชอีกด้วย (Morh and Schopfer, 1995)

โครงสร้างและกิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟต คาร์บอกซิเลส

เอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลส เป็นเอนไซม์ที่มีขนาดโครงสร้างขนาดใหญ่ มีตำแหน่งอยู่บริเวณสโตรมาของคลอโรพลาสท์ โครงสร้างจะมีทั้งส่วนเป็นโปรตีน และส่วนที่เป็นโคแฟกเตอร์ ในส่วนที่เป็นโปรตีนนั้นจะมี 2 subunits ที่อยู่ในรูป hexadecamer compose ได้แก่ 8 large subunits (8L) มีน้ำหนักโมเลกุล 56 กิโลดาร์ตัน และ 8 small subunits (8S) มีน้ำหนักโมเลกุล 14 กิโลดาร์ตัน ซึ่ง 8L เท่านั้นที่มีผลต่อกระบวนการสังเคราะแสง เอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลส มีการตอบสนองภายใต้ความเข้มแสง การตอบสนองเพียงเล็กน้อยต่อแสงจะมีผลต่ออัตราการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ และกระบวนการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 assimilation) ในเซลล์พืช (Mott, 1997; Parry *et al*, 1999; Jensen, 1990)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลสจะเร่งปฏิกิริยาได้ดีจะต้องใช้แมกนีเซียมไอออนเป็นโคแฟกเตอร์ (cofactor) โดยแมกนีเซียมเกาะกับเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลส (ภาพที่ 2) แล้วจะช่วยให้เอนไซม์สามารถจับกับคาร์บอนไดออกไซด์ได้สูงขึ้น นอกจากนั้นแมกนีเซียมยังช่วยปรับให้เอนไซม์ ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลสมีกิจกรรมได้ดีในช่วง pH 6 - 8 โดยค่าดังกล่าวเป็นค่าที่เหมาะสมกับการทำงานของเอนไซม์ (Sugiyama *et al.*,1969)

กิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลสจะสูงเมื่อมี pH สูงกว่า 6 และต่ำกว่า 8 ร่วมกับปริมาณแมกนีเซียมสูง ซึ่งการเพิ่ม pH และความเข้มข้นของแมกนีเซียมในสโตรมาจนจนถึงระดับที่เหมาะสม จะช่วยให้กิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลสที่ใช้แมกนีเซียมเป็นโคแฟกเตอร์มีกิจกรรมที่สูงขึ้นด้วย (Portis, 1981) โดย Jensen (1990)ได้รายงานว่าโครงสร้างของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลส ที่บริเวณ Active site จะถูกกระตุ้นโดยสารประกอบคาร์บอนและแมกนีเซียม เมื่อเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลส จับกับคาร์บอนไดออกไซด์เพียงอย่างเดียวจะอยู่ในรูปที่ไม่พร้อมจะทำงาน (inactive form) แต่เมื่อมีแมกนีเซียมจะทำให้เอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลส อยู่ในรูปที่พร้อมจะทำงาน (active form) ทันที

ส่วนการศึกษา Active site ของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลส/ออกซิเจน-เนส (Rubisco) มีความจำเพาะในการจับกับสารต่างๆ เอนไซม์ชนิดนี้จะทำหน้าที่ได้สองรูป โดยเมื่อจับกับออกซิเจน เรียกว่า เอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตออกซิเจนเนส เมื่อจับกับ คาร์บอนไดออกไซด์ เรียกว่า เอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลส ซึ่งทั้งสองรูปต้องการแมกนีเซียม เพื่อทำให้อยู่ในรูปเสถียรและเกิดความพร้อมจะทำงานได้ดีขึ้น (Mott, 1997) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่อยู่ในสโตรมาจะมีผลต่อการควบคุมการทำงานของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลส โดยแมกนีซียมจะจับกับหมู่อะมิโน ได้แก่ ไลซีนที่บริเวณเอคทีฟไซด์ของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลส เสียก่อนจึงจะทำงานได้ (Parry *et al*, 1999) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Makino *et al*. (1985) ที่พบว่า เอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลส ที่ได้จากผักโขมต้องการทั้งคาร์บอนไดออกไซด์และแมกนีเซียมมาเป็นตัวกระตุ้นจึงจะสามารถทำงานได้

จากรายงานของ Weng and Mao (2000) ที่ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ข้าวเจ้าที่ให้ผลผลิตสูงและผลผลิตต่ำ พบว่าข้าวเจ้าสายพันธุ์ Zhenong 952 ซึ่งให้ผลผลิตสูงจะมีกิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลสมากกว่าข้าวเจ้าสายพันธุ์ Zhenong 966 ที่ให้ผลผลิตต่ำ โดยที่เอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลส เป็นเอนไซม์ซึ่งต้องการแมกนีเซียมมาเป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตัวกระตุ้น เอนไซม์จึงจะสามารถทำงานได้ โดยจะไปเร่งปฏิริยาในกระบวนเมแทบอลิซึมของพืช ซึ่งเป็นกระบวนการที่พืชจะนำไปใช้ในการเจริญเติบโต (Odom *et al*., 2000) และยังสอดคล้องกับรายงานของ Portis and Salvucci (2002) พบว่า การกระตุ้นให้เอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลสทำงานนั้นจะต้องมีทั้งสารคาร์บอนอินทรีย์ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ และ แมกนีเซียมที่เป็นสารอนินทรีย์ การที่มีสารคาร์บอนอินทรีย์ เพียงอย่างเดียวนั้นไม่สามารถกระตุ้นให้เอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลสทำงานได้ นอกจากนี้ Mehen and Huttl (1995) ยังรายงานว่าพืชพวกสนที่เจริญในพื้นที่ขาดแมกนีเซียม ทำให้เกิดอาการใบเหลือง และมีการสะสมสารประเภทคาร์โบไฮเดรตสูงขึ้น นอกจากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลสยังลดลงอีกด้วย ในขณะที่ Apple *et al*. (2002) ได้รายงานว่า แมกนีเซียมมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชคือทำให้พืชเติบโตเพิ่มมากขึ้น

การเคลื่อนย้ายอิเลคตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง

Hill reaction เป็นปฏิกิริยาการเคลื่อนย้ายอิเลคตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเป็นส่วนหนึ่งของปฏิกิริยาแสง ที่ค้นพบโดย Robin Hill ในปี 1937 โดย Hill ได้แสดงให้เห็นว่า เมื่อสกัดคลอโรพลาสท์จากใบพืชแล้วนำมาศึกษาในหลอดทดลอง (in vitro) ในรูปของสารละลายคลอโรพลาสท์ โดยให้สารเคมีที่เหมาะสมที่สามารถรับอิเลคตรอนได้ (artificial electron acceptor) เช่น โพแทสเซียมเฟอร์ริกไซยาไนด์ (potassium ferricyanide) และเมื่อให้แสงกับสารละลายคลอโรพลาสท์ พบว่าสามารถจะเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ และมีการผลิตออกซิเจนออกมาในสภาวะที่ไม่มีคาร์บอนไดออกไซด์ (Hall *et al*., 1993; Taiz and Zeiger, 1998) ดังสมการ

$$2H_2O + 2A \xrightarrow[\text{chloroplast}]{\text{ligh}} 2AH_2 + O_2$$

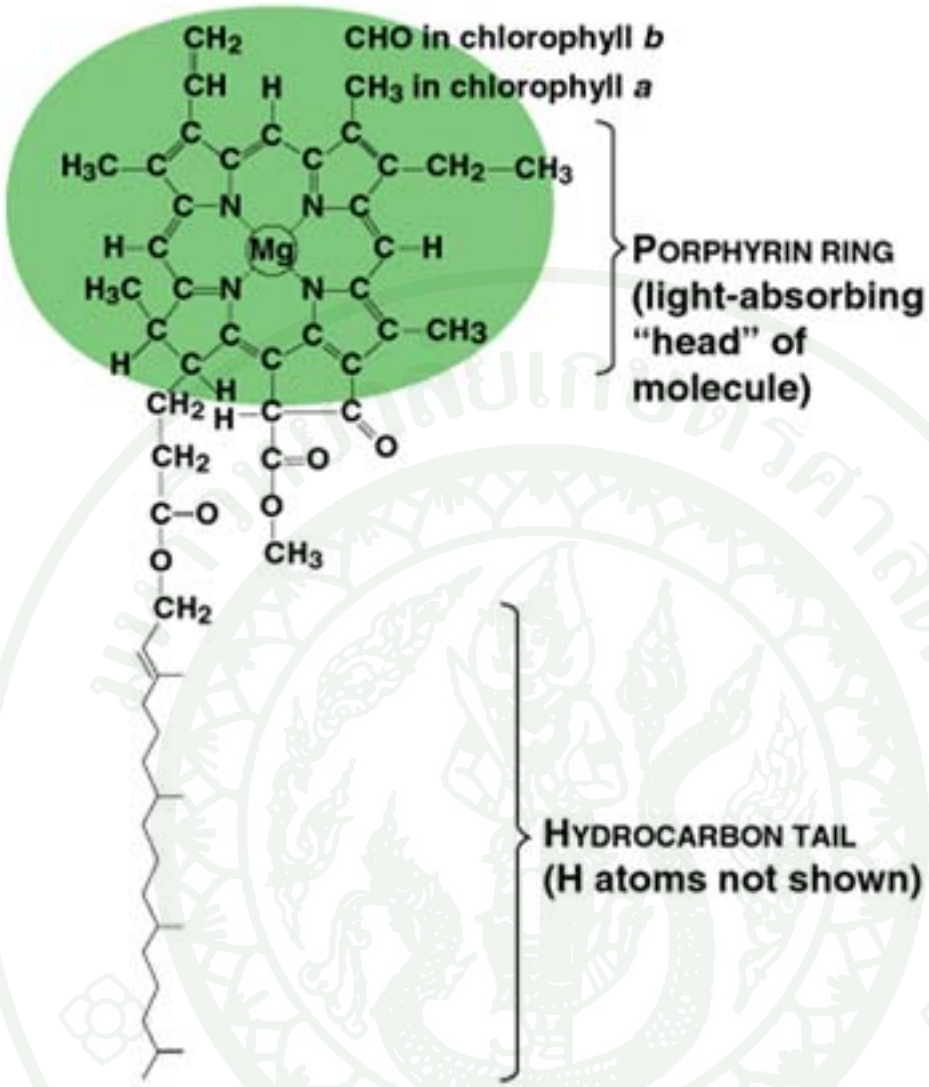
จากสมการ A เป็นสารเคมีที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเลคตรอน (electron acceptor) จากน้ำ ซึ่งอยู่ในรูปออกซิไดซ์ (oxidized form) เรียกสารเคมีนี้ว่า Hill reagent หรือ artificial electron acceptor หรือ Hill oxidant ส่วน AH_2 อยู่ในรูปรีดิวส์ (reduced form) ดังนั้น การเคลื่อนย้ายอิเลคตรอนจากน้ำไปยัง A และมีการปล่อยออกซิเจนออกมาจึงเรียกปฏิกิริยานี้ว่า Hill reaction (Hall *et al*., 1993; Taiz and Zeiger, 1998)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การค้นพบของ Hill นี้ จึงกลายเป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษาลำดับของสารต่างๆ ที่เป็นตัวให้อิเลคตรอน (electron doner) หรือตัวรับอิเลคตรอนในตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งของกระบวนการเคลื่อนย้ายอิเลคตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง พบว่าการเคลื่อนย้ายอิเลคตรอนในปฏิกิริยาแสงนั้น มีลักษณะที่เรียกว่า Z-scheme ซึ่งเป็นการเคลื่อนย้ายอิเลคตรอนโดยพิจารณาจากค่าศักย์รีดอกซ์ของสารนั้นๆ ตัวอย่างเช่น สารที่สามารถให้อิเลคตรอนแก่ระบบแสงหนึ่งได้จะต้องมีค่าศักย์รีดอกซ์ไม่เกิน 480 มิลลิโวลต์ เช่น สารเฟอร์ริกไซยาไนด์ หรือสาร dichlorophenol indophenol (DCPIP) เป็นต้น หรือสารที่สามารถรับอิเลคตรอนจากระบบแสงหนึ่งได้จะต้องมีค่าศักย์รีดอกซ์อยู่ระหว่าง –400 ถึง –600 มิลลิโวลต์ เช่น methylviologen หรือ PMS (phenazine methosulphate) เป็นต้น และสารเฟอร์ริกไซยาไนด์ยังสามารถรับอิเลคตรอนจากระบบแสงสองที่มาจากน้ำได้อีกด้วย (Mohr and Schopfer, 1995)

พืชต้องการพลังงานในการเจริญเติบโตได้จากการสังเคราะห์แสง แมกนีเซียมก็เป็นสิ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชเช่นกัน เนื่องจากเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของโมเลกุลคลอโรฟิลล์ มีโครงสร้างเป็นไพโรลแบบแหวน 4 วง โดยมีแมกนีเซียมเป็นศูนย์กลาง คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุสีเขียวทำหน้าที่ดูดแสงและกระตุ้นปฏิกิริยาที่ใช้แสง ในกระบวนการสังเคราะห์แสงมีผลผลิตที่สำคัญคือ น้ำตาลและออกซิเจน ถ้าปราศจากคลอโรฟิลล์พืชจะไม่สามารถสร้างอาหารและมีชีวิตอยู่ได้ (Taiz and Zeiger, 1998) จากรายงานของ Nayer และ Koshy (1976) ได้ทดลองใส่ธาตุแมกนีเซียมให้กับข้าวในรูปแมกนีเซียมคลอไรด์ แมกนีเซียมคาร์บอเนต แมกนีเซียมซิลิเกต และแมกนีเซียมซัลเฟต พบว่าปุ๋ยแมกนีเซียมซิลิเกตและแมกนีเซียมคลอไรด์ ทำให้ต้นข้าวสูงขึ้นมากที่สุด และปุ๋ยทั้ง 4 ชนิดมีแนวโน้มทำให้ผลผลิตข้าวสูงขึ้น ดังนั้นสารแมกนีเซียมคลอไรด์ซึ่งเป็นสารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของข้าว นอกจากนี้ Candan และ Tarhan (2002) ยังพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ในใบ *Mentha pulegium* จะสูงที่สุดเมื่อได้รับปริมาณแมกนีเซียมมากและจะลดลงเมื่อได้รับแมกนีเซียมน้อยลง ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์และคาโรทีนอยด์จะลดลงระหว่าง 3 ถึง 17 วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียม โดยแมกนีเซียมและคลอไรด์มีผลต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้นในเมมเบรนของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Nostoc muccorum*

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 โครงสร้างของคลอโรฟิลล์

ที่มา: Campbell *et al.* (1999)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การดูดซึมธาตุอาหารทางใบและการสะสมธาตุอาหารของพืช

การลำเลียงไอออนธาตุอาหารของพืชนั้น มีลำเลียงไปพร้อมกับน้ำผ่านไซเลม (Xylem) โดยพืชจะดูดผ่านรากขนอ่อน (root hair) แล้วเคลื่อนย้ายผ่านเซลล์ชั้นต่างๆ จนกระทั้งถึงไซเลมเพื่อส่งไปยังส่วนต่างๆของพืช (Taiz and Zeiger, 1998) ธาตุอาหารสามารถเข้าสู่รากได้หลายบริเวณโดยขึ้นอยู่กับแต่ละชนิดของธาตุอาหาร Clarkson and Sanderson (1978) พบว่ารากข้าวบาร์เลย์จะดูดธาตุแคลเซียมได้เฉพาะบริเวณปลายรากส่วนธาตุเหล็กสามารถเข้าสู่รากทั้งบริเวณปลายรากของข้าวบาร์เลย์สอดคล้องกับรายงานการทดลองของ Kashirad *et al*. (1973) พบว่า ธาตุเหล็กเข้าสู่รากได้ในส่วนพื้นผิวของรากข้าวโพด ในขณะที่ธาตุโพแทสเซียม ไนเตรท แอมโมเนีย และฟอสเฟตสามารถเข้าสู่รากได้ทุกส่วนของราก (Clarkson and Hanson, 1980) และธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมจะมีอัตราการดูดที่บริเวณปลายรากสูงกว่าบริเวณขนราก (Haussling et al., 1988)

สารละลายสามารถซึมผ่านเข้าไปในใบพืชได้ เนื่องจากพื้นที่ผิวใบของพืชมีความหนาไม่เท่ากันทั้งหมด สารละลายจึงสามารถผ่านบริเวณที่ค่อนข้างบางและบริเวณใกล้ๆ กับปากใบหรือขนใบได้ดี (Hull et al., 1975 Leece, 1976) เมื่อสารละลายสัมผัสกับผิวใบแล้วจะแพร่ผ่านผิวเคลือบใบนั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลาย โดยสารละลายยูเรียสามารถซึมผ่านผิวเคลือบด้วยอัตราการแพร่ที่เร็วกว่าของสารละลายชนิดอื่น 10-20 เท่า (Frank, 1967) ส่วนไอออนของธาตุอื่นๆ เช่น เหล็ก ฟอสเฟต และแมกนีเซียมซึ่งผสมอยู่ในสารละลายยูเรียนั้นและให้ทางใบพร้อมๆกัน การซึมผ่านผิวเคลือบของไอออนเหล่านั้นจะสูงขึ้นกว่าเดิม (Yamada *et al*., 1966) สารละลายต่างๆ มักซึมผ่านผิวเคลือบในบริเวณปากใบได้เร็วกว่าผิวเคลือบส่วนอื่นของใบ (Swietlik and Faust, 1984)

ปกติพืชจะดูดสารละลายเข้าไปได้อย่างรวดเร็วจนความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์สูงกว่าภายนอกมาก พฤติกรรมนี้จะเรียกว่า การสะสม โดยพืชดูดเกลือจากสารละลายในขณะความเข้มข้นภายในเซลล์สูงกว่าเกลือภายนอกเซลล์ การเคลื่อนที่ทวนความเข้มข้นนั้นก่อให้เกิดการสะสม อัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของเกลือหรือไอออนภายในเซลล์ต่อความเข้มข้นของเกลือหรือไอออนเดียวกันในสารละลายภายนอกเซลล์เรียกอัตราส่วนระหว่างการสะสม (ยงยุทธ, 2546) อัตราส่วนการสะสมคลอไรด์หรือโพแทสเซียมโดยปกติจะมีค่า 1000/1 หรือสูงกว่า หรือเท่ากับว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมในเซลล์สูงกว่าภายนอกเซลล์ถึง 1000 เท่า (Steward and Sutcliffe, 1959) ซึ่ง McDonald *et al.* (1960) ได้ทดลองการจุ่มเนื้อเยื่อผักกะหล่ำปลีลงในสารละลายโพแทสเซียมความเข้มข้น 0.01 มิลลิโมลาร์ โดยให้น้ำไหลเวียนอย่างสม่ำเสมอเป็นเวลา 3 วัน พบว่า เนื้อผักกะหล่ำปลีมีการสะสมโพแทสเซียมสูงกว่า 10,000 เท่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทบาทของแมกนีเซียมต่อพืช

แมกนีเซียมเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช โดยเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการในปริมาณมาก แมกนีเซียมที่พบได้อยู่ในดินจะมีอยู่ 3 รูป คือ แมกนีเซียมไอออนละลายในดิน แมกนีเซียมแลกเปลี่ยนได้ ซึ่งดูดจับกับผิวของคอลลอยด์ดิน พืชสามารถดูดแมกนีซียมทั้งสองรูปนี้ไปใช้ได้ง่าย แมกนีเซียมที่เป็นองค์ประกอบของเกลืออนินทรีย์และแร่ธาตุในดิน (ยงยุทธ, 2546)

แมกนีเซียมเป็นแคตไอออนที่มีประจุบวกสองขนาดเล็ก รัศมีของไฮเดรตไอออนเท่ากับ 0.428 นาโนเมตร (Mengel and Kirkby, 1982) ทำหน้าที่หลายอย่างภายในเซลล์พืช เนื่องจากมีความสามารถเคลื่อนย้ายภายในเซลล์ มีพันธะเชิงไอออน (ionic bone) กับสารนิวคลีโอฟิลิกลิแกนด์ (nucleophilic ligands) ทำหน้าที่เชื่อมโยงทำปฏิกิริยาได้ สามารถรวมกับเอนไซม์ได้สารประกอบเชิงซ้อน ที่มีบทบาทควบคุมการทำงานของเอนไซม์ให้มีขนาดและรูปทรงที่เข้ากันดีที่สุดกับซับสเตรท และยังช่วยควบคุมภาวะกรดด่างภายในเซลล์ (Clarkson and Hanson, 1980) นอกจากนี้แมกนีเซียมยังเป็นองค์ประกอบที่อยู่บริเวณตรงกลางโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ ซึ่งมีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยเป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์อีกหลายชนิดในพืช และยังทำหน้าที่ในการเชื่อม ATP กับ active site ของเอนไซม์ ยิ่งไปกว่านั้นยังกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลสอีกด้วย (Martin-prével *et al.*, 1984)

การวัดปริมาณไอออนในเนื้อเยื่อพืช

การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชมีหลายวิธี โดยมีทั้งการตรวจสอบเชิงคุณภาพ (qualitative test) ทำให้ทราบว่าในตัวอย่างพืชที่นำมาตรวจสอบพบธาตุต่างๆหรือไม่ และการตรวจสอบเชิงปริมาณ (quantitative analysis) ทำให้ทราบปริมาณธาตุอาหารแต่ละชนิดที่สะสมในเนื้อเยื่อพืชได้ การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชที่เป็นโลหะ เช่น โพแทสเซียม แคลเซียม เหล็ก สามารถใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอบชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (atomic absorption spectrophotometer (AAS)) เป็นการหาปริมาณสารโดยการวัดการดูดกลืนแสงของอะตอม โดยเผาธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ให้เปลี่ยนไปเป็นอะตอมของธาตุนั้นๆ ในสภาวะก๊าซ โดยเตรียมตัวอย่างพืชให้อยู่ในรูปของสารละลายใสก่อน เป็นการเปลี่ยนสารประกอบอินทรีย์ในพืชให้เป็นประกอบสารอนินทรีย์ มี 2 วิธีตามลำดับ คือ 1. เผาให้เป็นเถ้า (dry ashing) 2. การย่อยสลายด้วยกรด (wet digestion) ซึ่งเป็นการย่อยสารประกอบอินทรีย์โดยการใช้กรดและความร้อนเพื่อให้การย่อยสลายเกิดได้ดีและรวดเร็วขึ้น กรดที่ใช้ เช่น กรด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซัลฟิวริก (H_2SO_4) หรือกรดผสมของกรดไนตริก (NHO_3) และกรดเพอร์คลอริก ($HClO_4$) หรือกรดผสมของกรดซัลฟิวริก กรดไนตริก และกรดเพอรคลอริก (จงรักษ์, 2536; ศรีสม, 2544)

เมื่อได้สารละลายที่ใสแล้วจึงนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอบชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยเครื่องจะพ่นตัวอย่างสารละลายให้เป็นละอองเล็กๆ ในเปลวไฟ ทำให้สารประกอบแยกตัวออกในสภาวะก๊าซ และอะตอมจะดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นเฉพาะธาตุนั้นๆ ที่จะวิเคราะห์จาก hollow cathode lamp แสงบางส่วนจะดูดกลืนโดยอะตอม ปริมาณแสงที่ดูดกลืนจะขึ้นอยู่กับปริมาณอะตอมของธาตุ แสงส่วนที่เหลือนั้นจะเดินทางผ่านไปยัง monochromator เพื่อแยกให้เป็นแสงที่มีความยาวคลื่นเท่ากับที่ปลดปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงและอะตอมที่ดูดกลืนไว้ เมื่อแสงนี้ผ่าน monochromator และตกกระทบที่ photodetector ก็จะเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าและเปลี่ยนเป็นค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับกราฟซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า absorbance และความเข้มข้นมาตรฐานก็จะทราบปริมาณของธาตุนั้นๆ แต่ปัจจุบันเครื่อง AAS สามารถแสดงเป็นค่าความเข้มข้นได้เลย (จงรักษ์, 2536; ศรีสม, 2544)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ข้าวพันธุ์หอมสุพรรณบุรี

2. สารเคมีที่ใช้ในการสกัดเอนไซม์ ได้แก่ polyvinylpolypyrrolidone (PVPP), Tris – HCL, Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), Potassium hydrogen carbonate ($KHCO_3$), Magnesium Chloride ($MgCl_2$) ,Tween 20, glycerol และ 1,4-Dithio-DL-threitol (DTT)

3. สารเคมีที่ในการตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ ได้แก่ N-2-hydroxyethylpiperazine-N-2-Ethanesulfonic acid (HEPES) , Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), 1,4-Dithio-DL-threitol (DTT), Adenosine-5-triphosphate Disodium sale (ATP), β-nicotinamide adocine dinucleotide (NADH), Magnesium Chloride($MgCl_2$), sodium carbonate ($NaHCO_3$), 3-phosphoglyceral phosphokinase, trios phosphate isomerase, glycerol phosphate dehydrogenase และ Bovine serum albumin (BSA)

4. สารเคมีที่ในการสเปรย์ใบข้าว ได้แก่ $MgCl_2$

5. สารเคมีที่ใช้ในการตรวจสอบปริมาณน้ำตาล ได้แก่ anthrone , sulfuric acid

6. สารเคมีที่ใช้ในการตรวจสอบ Hill reaction ได้แก่ sucrose, phosphate buffer pH 8.0, dichlorophenol indophenol (DCPIP), 3-(3),4-dichloropheny dimethylurea (DCMU), Trichloroacetic acid (TCA)

7. สารเคมีที่ใช้ย่อยเพื่อวิเคราะห์แร่ธาตุที่สะสมในส่วนต่างๆของต้นข้าว ได้แก่ กรดไนตริก กรดเปอร์คลอริก

8. เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ เครื่องแก้ว เครื่องปั่นเหวี่ยง (refrigerate centrifuge) water bath โกร่งบด, เครื่องชั่งละเอียด, เครื่องกวนสาร (vortex mixture), ไนโตรเจนเหลว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

9. เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (spectrophotometer) รุ่น Spectronic 20 genessysth

10. เครื่องมือ และอุปกรณ์วิเคราะห์แร่ธาตุองค์ประกอบในพืช ได้แก่ เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer รุ่น Perkin elmer Aanalyst-100

วิธีการ

1. จัดแผนการทดลองแบบ Factorial experiment in completely randomized design (CRD)

แบ่งการทดลองออกเป็น 2 แปลงการทดลอง คือ

1. แปลงระยะวัฒนภาค

2. แปลงระยะสืบพันธุ์

โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ ที่ประกอบด้วยสองปัจจัย คือ

ปัจจัย A ได้แก่ ความเข้มข้นของสารแมกนีเซียมคลอไรด์มี 4 ระดับคือ 0 (ชุดควบคุม), 50, 75 และ 150 ไมโครโมลาร์

ปัจจัย B ได้แก่ วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มี 6 วันคือ 1, 3, 5, 7, 14, และ 21 วัน

2. การปลูกข้าวพันธุ์หอมสุพรรณบุรีและการดูแลรักษา

2.1 การเตรียมดินและกระถางสำหรับปลูกข้าว

นำดินสำหรับปลูกข้าวผสมปุ๋ยหมักอัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ใส่กระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร ตากไว้เป็นเวลา 2 สัปดาห์ จากนั้นเติมน้ำให้เต็มกระถาง แช่น้ำทิ้งไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อเป็นการหมักดินให้อิ่มตัวสม่ำเสมอ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 การเตรียมต้นกล้า

นำเม็ดข้าวพันธุ์หอมสุพรรณบุรีไปแช่น้ำทิ้งไว้ 1 คืน แล้วเลือกเอาเมล็ดที่จมน้ำเพราะเป็นที่สมบูรณ์ มาโรยบนผิวดินในกระถางที่มีน้ำสูงกว่าระดับผิวดินประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร

2.3 การปลูกข้าว

ก่อนปลูกข้าว 1 วัน ใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 16-20-0 อัตรา 4 กิโลกรัมไนโตเจน/ไร่ ขังน้ำและรักษาให้สูงกว่าระดับผิวดินประมาณ 10 เซนติเมตร นำต้นกล้าข้าวอายุ 20 วันหลังหว่าน ปักดำลงไปในกระถางที่เตรียมไว้ โดยปักดำ 12 ต้น/กระถาง

3. การพ่นสารละลายแมกนีเซียมคลอไรด์

เตรียมสารละลายแมกนีเซียมคลอไรด์ 4 ระดับความเข้มข้นคือ 0, 50, 75 และ 150 ไมโครโมลาร์ โดยนำแมกนีเซียมคลอไรด์ 101.5 กรัม ละลายในน้ำหนึ่งลิตร ได้สารละลายเข้มข้น 5 มิลลิโมลาร์ แล้วนำสารละลายเข้มข้นจำนวน 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร ได้แมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ สารละลายเข้มข้น 15 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร จะได้แมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ สารละลายเข้มข้น 30 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร จะได้แมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์

นำสารละลายแมกนีเซียมคลอไรด์ ตามความเข้มข้นที่กำหนด พ่นกับต้นข้าวในปริมาณ 25 มิลลิลิตรต่อต้น กำหนดการพ่นเป็น 2 ระยะของการเจริญเติบโต คือ ระยะวัฒนภาค พ่นสารเมื่อต้นข้าวมีอายุ 45 วัน โดยกำหนดจากการที่ข้าวแตกกอและมีใบธงที่ 5 แล้ว และระยะสืบพันธุ์ เมื่อข้าวมีอายุ 75 วัน โดยกำหนดจากการที่ข้าวแทงช่อดอกออกมาประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนต้นข้าว

4. การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างข้าวหลังจากพ่นสารละลายแมกนีเซียมคลอไรด์ เป็นเวลา 1, 3, 5, 7, 14, 21 วัน ทั้งในระยะวัฒนภาค และระยะสืบพันธุ์ โดยแบ่งเก็บตัวอย่างข้าวออกเป็น2 ลักษณะคือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.1 การเก็บเฉพาะใบข้าวเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ในการทดลองที่ 1 2 และ 3 โดยเก็บใบข้าวในตำแหน่งใบที่ 3 จากใบยอด

4.2 การเก็บทุกส่วนของข้าวเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ในการทดลองที่ 4 โดยแยกออกเป็นส่วนใบ ลำต้น และ ราก นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน แล้วทิ้งไว้ให้เย็นในเดสซิเคเตอร์

การทดลองที่ 1 การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโลสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลส

1. สกัดเอนไซม์ไรบูโลสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสโดยใช้วิธีของ Ferraro et *al.* (2003)

1.1 ชั่งใบข้าวน้ำหนัก 0.5 กรัม ใส่โกร่งเติมไนโตรเจนเหลวแล้วบดให้ละเอียด เติมบัพเฟอร์ของเอนไซม์ 10 มิลลิลิตรที่ประกอบด้วยสาร polyvinylpolypyrrolidone (PVPP) 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ใส่ลงใน Tris–HCl pH 7.6 ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์, Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) ความเข้มข้น 1.5 มิลลิโมลาร์, Magnesium Chloride ($MgCl_2$) ความเข้มข้น 1.5 มิลลิโมลาร์, Potassium hydrogen carbonate ($KHCO_3$) ความเข้มข้น 1.5 มิลลิโมลาร์, Tween 20 2.5เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร, glyceral 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และ 1,4-Dithio-DL-threitol (DTT) ความเข้มข้น 5 มิลลิโมลาร์

1.2 นำปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 7500 รอบต่อนาที ใช้เวลา 4 นาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.3 ดูดสารละลายด้านบนใส่หลอดใหม่แล้วนำมาปั่นเหวี่ยงอีกครั้ง ที่แรงเหวี่ยง 7500 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสโดยใช้เวลา 2 นาที แล้วนำส่วนที่เป็นสารละลายด้านบนไปใช้ในขั้นตอนต่อไป ดังนี้

2. ขั้นตอนการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโลสบิสฟอสเฟต คาร์บอกซิเลสโดยดัดแปลงจากวิธีการของ Yeoh et *al.* (1978)

นำสารส่วนที่ได้จากการสกัดเอนไซม์มาตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ โดยการวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร โดย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1 เตรียมสารละลายที่ประกอบไปด้วย N-2-hydroxyethylpiperazine-N-2-Ethanesulfonic acid (HEPES) ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์, $MgCl_2$ ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์, EDTA ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์, DTT ความเข้มข้น 0.5 มิลลิโมลาร์, Adenosine-5-triphosphate Disodium salt (ATP) ความเข้มข้น 2 มิลลิโมลาร์, ß-nicotinamide adinocine dinucleotide (NADH) ความเข้มข้น 62.5 ไมโครโมลาร์, sodium carbonate ($NaHCO_3$) ความเข้มข้น 25 มิลลิโมลาร์, ในปริมาตร 1.8 มิลลิลิตร ผสมรวมกับเอนไซม์ mixture ที่ประกอบไปด้วย 3-phosphoglyceral phosphokinase 12.5 หน่วย, 3-phosphoglyceraldehyde dehydrogenase 12.5 หน่วย, trios phosphate isomerase 25 หน่วย, œ-glycerol phosphate dehydrogenase 12.5 หน่วย, และ BSA ปริมาตร 5 ไมโครกรัม ที่ผสมใน HEPES ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ในคิวเวทแก้วรวมปริมาตร 3 มิลลิลิตร

2.2 นำสารละลายที่ได้ใส่ไว้ในสเปคโตโฟโตมิเตอร์ เวลา 2 นาที ที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร

2.3 นำส่วนของสารสกัดเอนไซม์ที่ได้จากวิธีที่ 1 ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ใส่ลงไปในคิวเวทที่เตรียมไว้นาน 3 นาที

2.4 เติม RuBP ความเข้มข้น 3.6 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร แล้ววัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร บันทึกค่าที่ได้จากเครื่องเสปกโตโฟโตมิเตอร์

การทดลองที่ 2 การตรวจสอบการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่ 2 ของการสังเคราะห์แสง

1. นำใบข้าวน้ำหนัก 0.5 กรัม หรือประมาณ 0.25 ตารางเซนติเมตร ใส่ลงในโกร่งที่เย็นบดด้วยไนโตเจนเหลวแล้วเติม Extraction medium (0.4 มิลลิโมลาร์ ของ sucroseใน 0.1 มิลลิโมลาร์ phosphate buffer pH 8.0) จำนวน 15 มิลลิลิตรแล้วบดให้ละเอียดอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 2 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น

2. นำสารละลายไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ดูดสารละลายด้านบนทิ้งไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ล้างตะกอนด้วยการเติม Extraction medium จำนวน 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer กำลังต่ำ ๆ เป็นเวลา 2 นาที แล้วนำสารละลายที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที อีกครั้งเป็นเวลา 3 นาที ดูดสารละลายด้านบนทิ้งอีกครั้ง

4. นำตะกอนมาล้างด้วย phosphate buffer pH 8.0 จำนวน 5 มิลลิลิตร ได้สารสกัดคลอโรพลาสท์ท์

5. นำสารละลาย Phenolindo-2,5-dichlorophenol(DCPIP), ความเข้มข้น 1.5 มิลลิโมลาร์ จำนวน 0.5 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง แล้วใส่สารที่สกัดได้ 1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจำนวน 9 มิลลิลิตร

6. ตั้งไว้ในที่มีแสงโดยห่างจากหลอดไฟ (60 W) เป็นระทาง 15 เซนติเมตร เป็นเวลา 30 นาที

7. เติม 15 เปอร์เซนต์ Trichloroacetic acid (TCA) จำนวน 1 หยด ในแต่ละหลอดเพื่อตกตะกอนแล้วนำสารละลายมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman No. 1) นำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร ด้วยสเปกโทรนิค (Spectronic 20 รุ่น genessysth)

8. เตรียม blank จากสารละลาย DCPIP ความเข้มข้น 1.5 มิลลิโมลาร์ จำนวน 0.5 มิลลิลิตร ใส่น้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นจำนวน 9 มิลลิลิตรเติม 15 เปอร์เซนต์ TCA จำนวน 1 หยด เพื่อตกตะกอนแล้วนำสารละลายมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1

การทดลองที่ 3 การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล (total soluble sugar)

1. ชั่งใบข้าวน้ำหนัก 0.5 กรัม ใส่ในโกร่ง บดด้วยไนโตรเจนเหลวให้ละเอียด เติมน้ำกลั่น 15 มิลลิลิตร บดให้ละเอียดอีกครั้ง

2. นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที นำสารละลายที่อยู่ด้านบน(supernatant)ใส่ลงในกระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำโดยใช้เป็นสารลายเริ่มต้นที่ใช้ตรวจสอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ปิเปตต์สารที่ได้มาจำนวน 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดสอบปรับปริมาตรให้เป็น 4 มิลลิลิตร

4. เติมสารละลาย Anthrone reagent จำนวน 6 มิลลิลิตรลงในหลอด

5. นำหลอดทดลองไปต้มใน Waterbath ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 นาที แล้วนำมาแช่ในน้ำแข็งทิ้งไว้ให้เย็น หลังจากนั้น นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร โดยเทียบกับ blank ที่ได้จากการวัดน้ำกลั่น

ขั้นตอนการแตรียม standard curve

1. เตรียม standard curve ของสารละลายกลูโคส ทำได้โดยปิเปตต์สารละลายกลูโคสที่เตรียมไว้จำนวน 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอดทดสอบ ปรับปริมาตรในแต่ละหลอดให้เป็น 4 มิลลิลิตร

2. เติมสารละลาย Anthrone reagent จำนวน 6 มิลลิลิตรลงในหลอดแต่ละหลอด

3. นำหลอดทดลองไปต้มใน Waterbath ที่ อุณหภูมิ 100 องศา เป็นเวลา 3-5 นาที แล้วนำมาแช่ในน้ำแข็งทิ้งไว้ให้เย็น หลังจากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร โดยเทียบกับ blank ที่ได้จากน้ำกลั่น

4. ตรวจสอบปริมาณ total soluble sugar โดยใช้ standard curve ของสารละลายกลูโคส

การทดลองที่ 4 วิเคราะห์ธาตุอาหาร

1. นำส่วนต่างๆ ของต้นข้าวโดยแบ่งได้เป็น ส่วนใบ ส่วนลำต้น และส่วนราก เข้าอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน แล้วทิ้งไว้ให้เย็นในเดสซิเคเตอร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. นำส่วนต่างๆ ที่อบแห้งแล้วมาบดด้วยเครื่องบด แล้วนำส่วนที่บดแล้วจำนวน 0.5 กรัม ใส่สารละลายซึ่งประกอบด้วย กรดไนตริกเข้มข้นและกรดเปอร์คลอริกเข้มข้นในอัตราส่วน 2:3 จำนวน 5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1 คืน

3. นำมาเร่งปฏิกิริยาการย่อยด้วยความร้อน เมื่อย่อยตัวอย่างเรียบร้อยแล้วนำไปปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 50 มิลลิลิตร

4. นำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42

5. นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer รุ่น Perkin elmer Aanalyst-100 วิเคราะห์หาธาตุแมกนีเซียม โพแทสซียม แคลเซียม แมงกานีส และเหล็ก

สถานที่และระยะเวลาในการวิจัย

1. สถานที่ทำการวิจัย

1. เรือนเพาะชำ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร

2. ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตร-ศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร

2. ระยะเวลาทำการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ได้กำหนดระยะเวลาการทดลองเป็นเวลา 1 ปี คือ ช่วงระยะเวลาจากเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2547 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2548

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

การวิเคราะห์ผลการทดลอง ใช้หลักทางสถิติ ได้ผลดังนี้

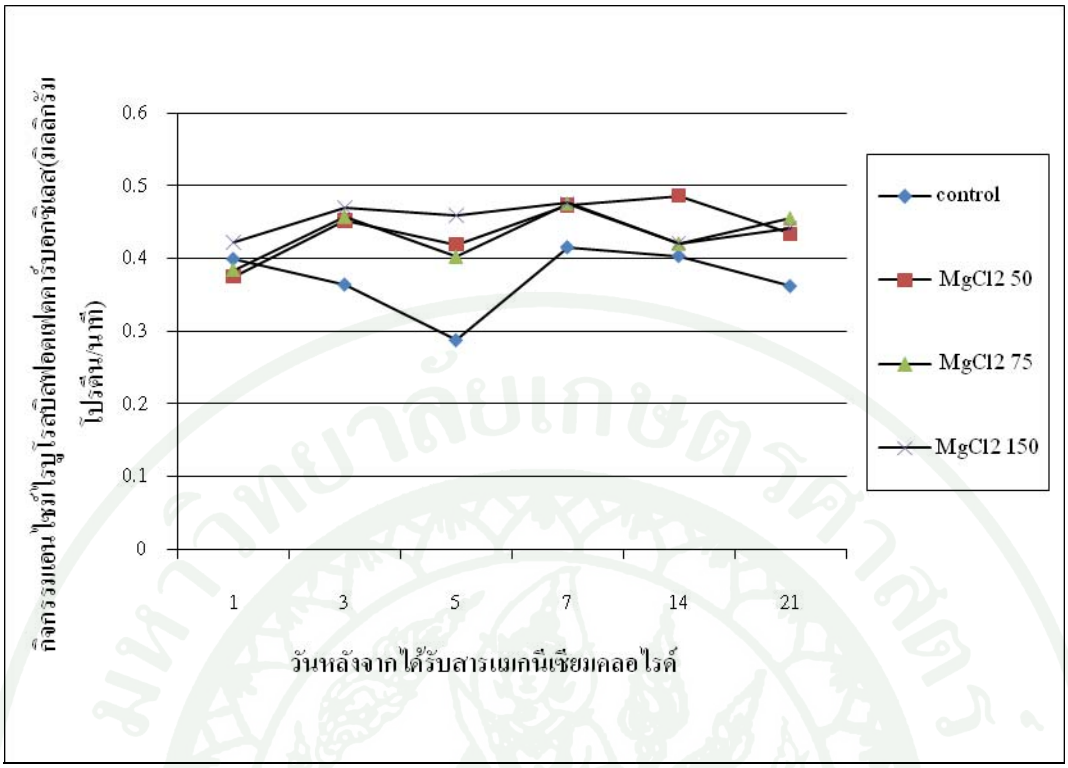
การทดลองที่ 1 ผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ต่อกิจกรรมเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี

1. กิจกรรมเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีในระยะวัฒนภาค

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อกิจกรรมเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางผนวกที่ 1) กล่าวคือ กิจกรรมเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค (ภาพที่ 3) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้นมีผลทำให้กิจกรรมของเอนไซม์สูงขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม(0 ไมโครโมลาร์)โดยเอนไซม์เริ่มมีการตอบสนองเมื่อได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 3 วัน และเพิ่มสุงขึ้น ใน 5 7 14 และ 21 วัน เมื่อเทียบกับต้นควบคุม

เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 1 พบว่า ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์(Interaction) กันที่ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลส เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ โดยกิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลส มีแน้วโน้มสูงขึ้น แต่ค่าที่ดีที่สุดไม่ชัดเจนนัก แต่ในวันที่ 5 หลังได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ทุกความเข้มข้นคือ 50, 75 และ 150 ไมโครโมลาร์ มีเปอร์เซนต์ความแตกต่างสูงสุดคือ 45.49 39.58 และ 59.38เปอร์เซนต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ 150 ไมโคโมลาร์ ที่ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ฯเพิ่มสูงขึ้นมากที่สุดเฉลี่ย 20.43 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และวันที่มีกิจกรรมของเอนไซม์สูงที่สุดได้แก่วันที่ 3 7 และ 14 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 กิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสเฟสเฟตคาร์บอกซิเลส ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ระยะวัฒนภาค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 กิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	กิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลส (ต่อมิลลิกรัมโปรตีนต่อนาที)													
	วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	กิจกรรมเอนไซม์	การเปลี่ยนแปลง (%)	กิจกรรมเอนไซม์	การเปลี่ยนแปลง (%)	กิจกรรมเอนไซม์	การเปลี่ยนแปลง (%)	กิจกรรมเอนไซม์	การเปลี่ยนแปลง (%)	กิจกรรมเอนไซม์	การเปลี่ยนแปลง (%)	กิจกรรมเอนไซม์	การเปลี่ยนแปลง (%)	กิจกรรมเอนไซม์	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	0.399b-e[1/]	0.00	0.364b	0.00	0.288a	0.00	0.415b-f	0.00	0.403b-e	0.00	0.362b	0.00	0.372*A*[2/]	0.00
50	0.375bc	-6.02	0.452e-h	24.18	0.419b-g	45.49	0.473fgh	13.98	0.486h	20.59	0.434c-h	19.89	0.440*B*	18.28
75	0.384bcd	-3.76	0.457e-h	25.55	0.402b-e	39.58	0.475fgh	14.46	0.420b-g	4.21	0.455e-h	25.69	0.432*B*	16.13
150	0.422b-h	5.76	0.470fgh	29.12	0.459e-h	59.38	0.476gh	14.70	0.421b-g	4.46	0.442d-h	22.10	0.448*B*	20.43
เฉลี่ย	0.395A[3/]		0.435BC		0.392A		0.460C		0.433ABC		0.423AB			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

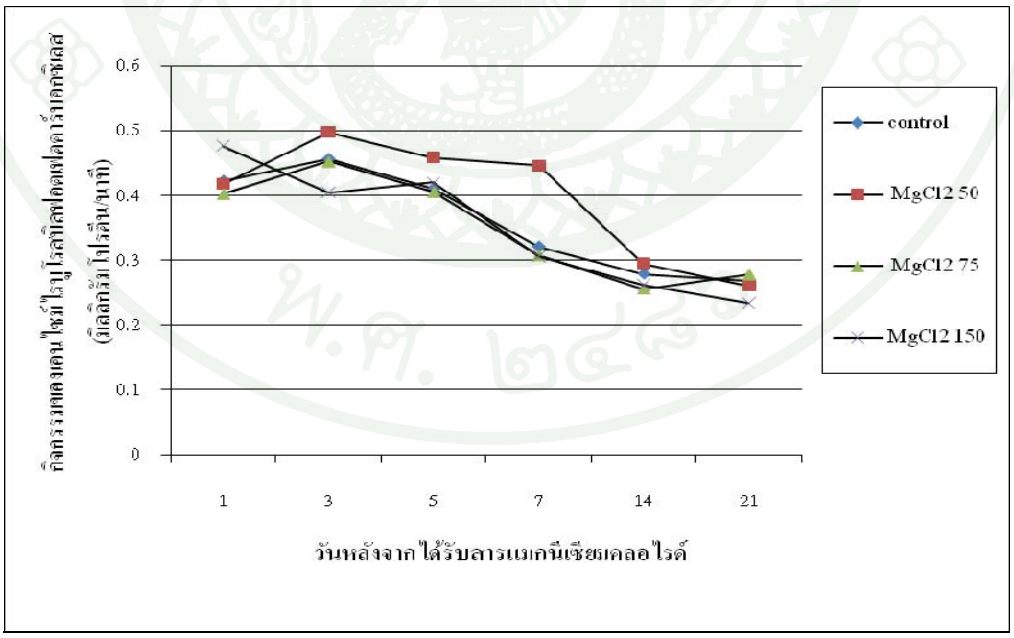
3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. กิจกรรมเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีในระยะสืบพันธุ์

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อกิจกรรมเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางผนวกที่ 1) กล่าวคือ กิจกรรมเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ (ภาพที่ 4) แม้มีแน้วโน้มของกิจกรรมลดลงเรื่อยๆ จนถึงฤดูเก็บเกี่ยว แต่การได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่ำคือ 50 ไมโคโมลาร์ กิจกรรมของเอนไซม์ฯเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 2 พบว่า ความเข้มข้นและวันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไม่มีปฏิสัมพันธุ์กันต่อกิจกรรมของเอนไซม์ฯ แต่ความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ทำให้กิจกรรมของกิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซนต์ เมื่อเทียบกับต้นควบคุม เพราะฉะนั้นความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ น่าจะเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดในระยะนี้ และวันที่ 1 3 และ 5 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีกิจกรรมของเอนไซม์ฯสูงที่สุด



ภาพที่ 4 กิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสเฟสเฟตคาร์บอกซิเลส ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ระยะสืบพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 กิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	กิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลส (ต่อมิลลิกรัมโปรตีนต่อนาที)							
	วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์						เฉลี่ย	
	1	3	5	7	14	21	กิจกรรมเอนไซม์	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	0.423[ns]	0.457	0.410	0.321	0.279	0.269	0.360*A*[1/]	0.00
50	0.418	0.498	0.459	0.446	0.295	0.261	0.396*B*	10.00
75	0.403	0.453	0.406	0.308	0.256	0.278	0.351*A*	-2.50
150	0.477	0.405	0.420	0.306	0.262	0.234	0.351*A*	-2.50
เฉลี่ย	0.430C[2/]	0.453C	0.424C	0.346B	0.273A	0.260A		

ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

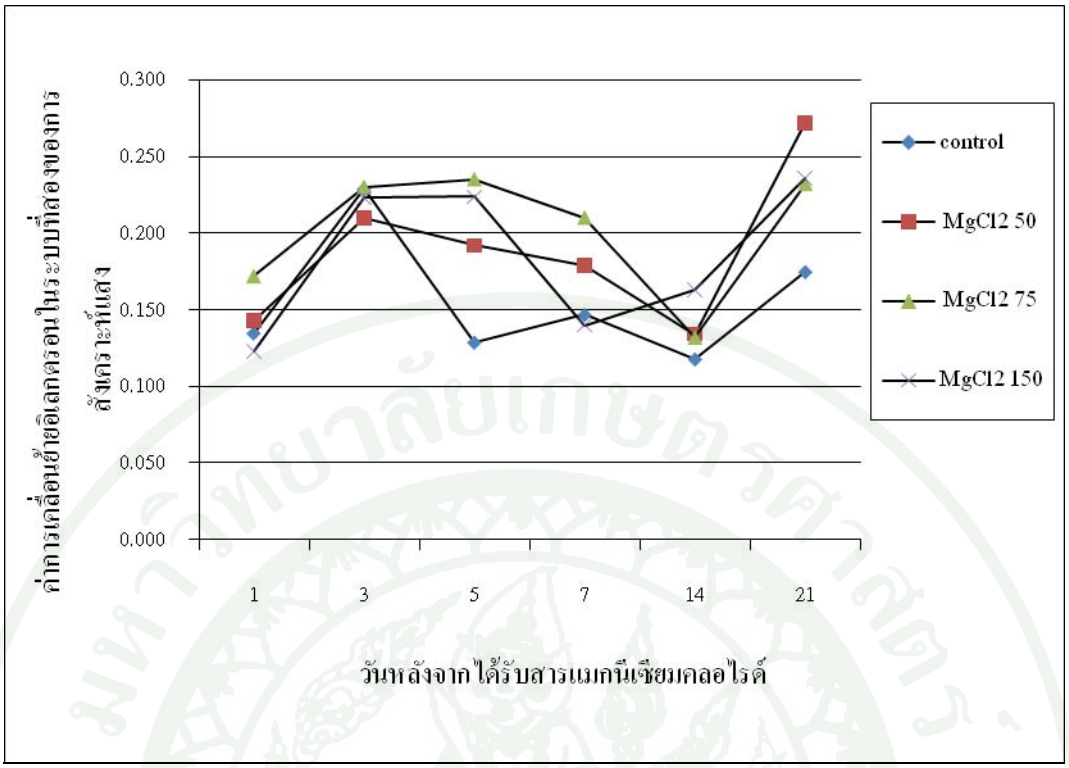
การทดลองที่ 2 ผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี

1. การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 1) กล่าวคือ การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค (ภาพที่ 5) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้นมีผลทำให้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงสูงขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยเริ่มการตอบสนองเมื่อได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 5 วัน แต่หลังจากนั้นเริ่มลดลงแต่เมื่อเทียบกับชุดควบควบคุมแล้วพบว่า การได้รับสารแมกนีเซียมในวันที่ 7 และ 14 ยังคงทำให้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงสูงกว่า และในวันที่ 21 หลังจากได้รับสารการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงเพิ่มสูงมากที่สุด

เมื่อนำผลมาวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 3 พบว่า ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 5 วัน ความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ มีการการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงสูงที่สุด 82.17 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ยังทำให้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงโดยร่วมสูงที่สุด 28.21 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 3 และ 21 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ระยะวัฒนภาค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ในระยะวัฒนภาค

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	เคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสง (ปริมาณก๊าซออกซิเจนต่อตารางเมตร) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน	การเปลี่ยนแปลง (%)	การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน	การเปลี่ยนแปลง (%)	การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน	การเปลี่ยนแปลง (%)	การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน	การเปลี่ยนแปลง (%)	การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน	การเปลี่ยนแปลง (%)	การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน	การเปลี่ยนแปลง (%)	การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	0.135ab[1/]	0.00	0.229ij	0.00	0.129ab	0.00	0.147bc	0.00	0.118a	0.00	0.175def	0.00	0.156	0.00
50	0.143abc	5.93	0.210ghi	-8.30	0.192efg	48.84	0.179def	21.77	0.134ab	13.55	0.272k	55.42	0.188	20.51
75	0.172de	27.41	0.230ij	0.44	0.235j	82.17	0.200ghi	42.86	0.132ab	11.86	0.232ij	32.57	0.200	28.21
150	0.123ab	-8.89	0.223hij	-2.62	0.224hij	73.64	0.140abc	-4.76	0.163cd	38.13	0.236j	34.85	0.185	18.59
เฉลี่ย	0.144A		0.223D		0.195C		0.167B		0.137A		0.229D			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

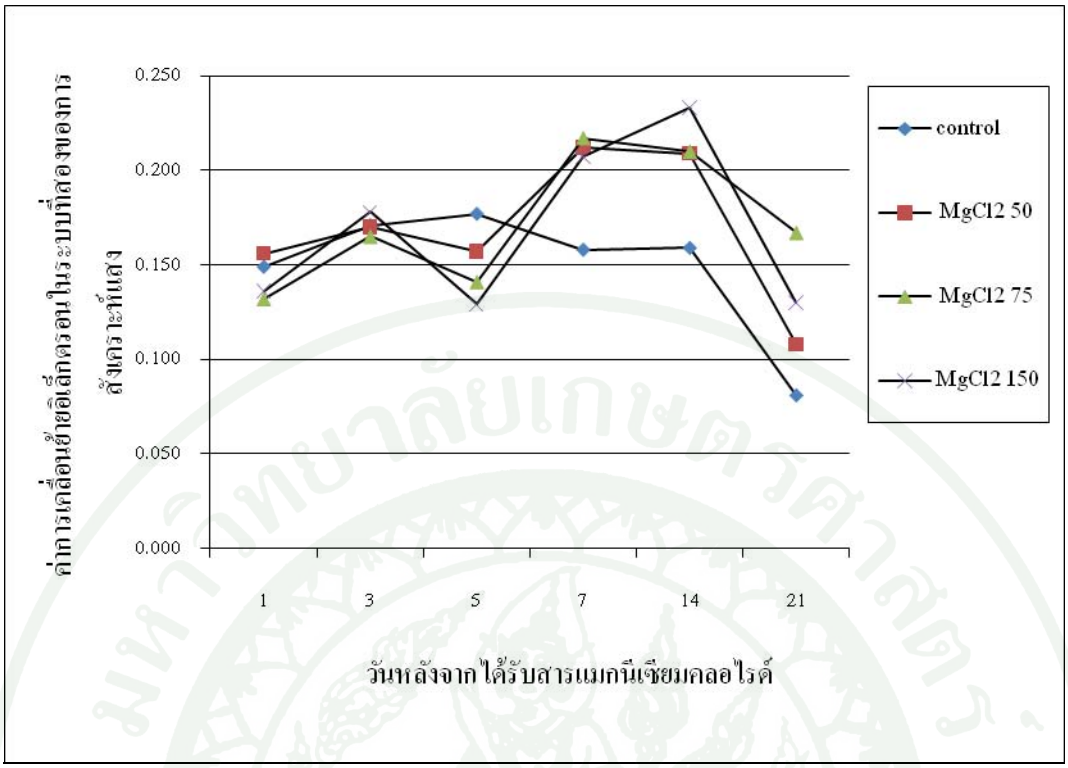
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 1) กล่าวคือ การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค (ภาพที่ 6) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้นมีผลทำให้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงสูงขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่การตอบสนองจะช้ากว่าในระยะวัฒนภาค ซึ่งเริ่มตอบสนองเมื่อได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 7 วัน ในวันที่ 14 หลังจากได้รับสารไปแล้ว การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงเพิ่มมากที่สุด และและเริ่มลดลงหลังจากได้รัยสารไปแล้ว 21 วัน

เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 4 พบว่า ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 21 วัน ความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ มีการการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงสูงที่สุดถึง 106.17 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ ยังทำให้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงโดยร่วมสูงที่สุด 15.44 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 7 และ 14 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 6 การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ระยะสืบพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 แสดงการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ในระยะสืบพันธุ์

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	เคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสง (ปริมาณก๊าซออกซิเจนต่อตารางเมตร) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน	การเปลี่ยนแปลง (%)	การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน	การเปลี่ยนแปลง (%)	การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน	การเปลี่ยนแปลง (%)	การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน	การเปลี่ยนแปลง (%)	การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน	การเปลี่ยนแปลง (%)	การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน	การเปลี่ยนแปลง (%)	การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	0.149c-g[1/]	0.00	0.171fg	0.00	0.177gh	0.00	0.158c-g	0.00	0.159c-g	0.00	0.081a	0.00	0.149*A*	0.00
50	0.156c-g	4.70	0.170efg	-0.58	0.157c-g	-11.30	0.212ij	34.18	0.209hij	31.45	0.108b	33.33	0.169*B*	13.42
75	0.132bcd	-11.41	0.165d-g	-3.51	0.141b-f	-20.34	0.217j	37.34	0.210hij	32.08	0.167d-g	106.17	0.172*B*	15.44
150	0.136b-e	-8.72	0.178ghi	4.09	0.129bc	-27.12	0.207hi	31.01	0.233j	46.54	0.130bc	60.49	0.169*B*	13.42
เฉลี่ย	0.143B		0.171C		0.151B		0.199D		0.203D		0.122A			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 3 ผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณน้ำตาลของใบข้าวหอมสุพรรณบุรี

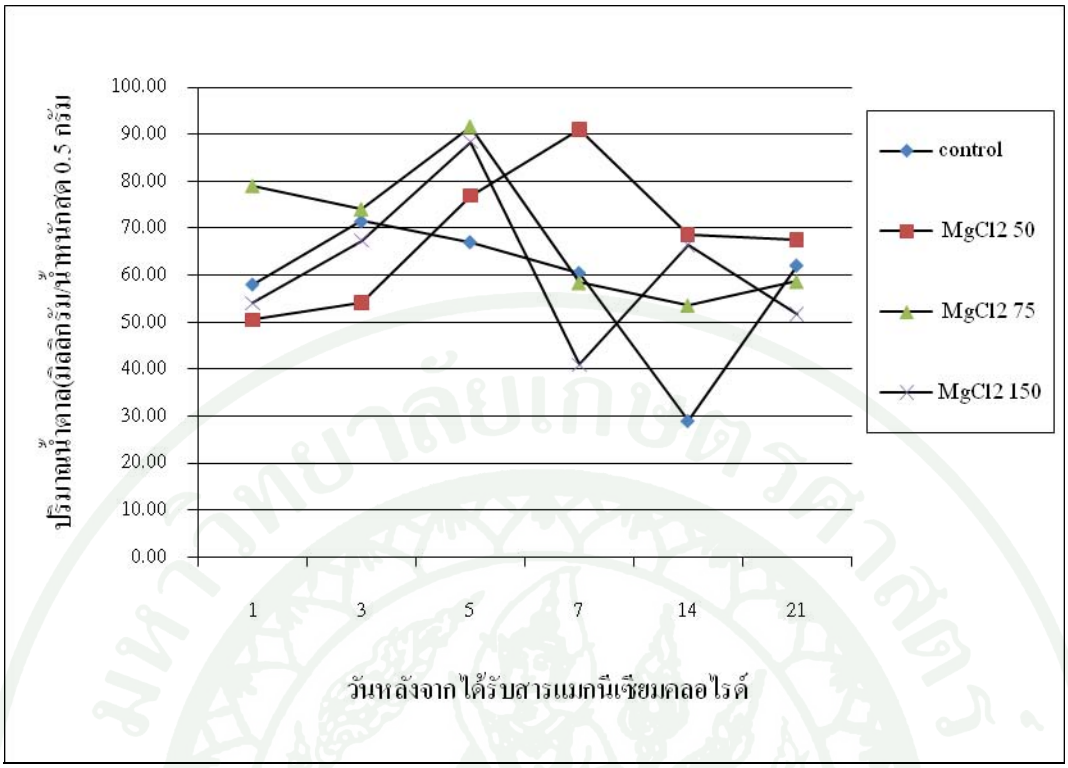
1. ปริมาณน้ำตาลของใบข้าวหอมสุพรรณบุรีในระยะวัฒนภาค

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อปริมาณน้ำตาลในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 1) กล่าวคือ ปริมาณน้ำตาลในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค (ภาพที่ 7) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้นมีผลทำปริมาณน้ำตาลสูงขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งปริมาณน้ำตาลจะเริ่มสูงขึ้นในวันที่ 5 หลังได้รับสาร และเพิ่มมากที่สุดในวันที่ 7 หลังได้รับสาร

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กัน ทำให้ปริมาณน้ำตาลในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 7 วัน ความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ มีปริมาณน้ำตาลสูงที่สุดถึง 137.52 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่ความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ ทำให้การปริมาณน้ำตาลโดยร่วมสูงที่สุดคือ 19.32 เปอร์เซนต์ เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 5 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปริมาณน้ำตาลสูงที่สุด

จากการทดลองที่ 1 และ 2 ในระยะวัฒนภาค พบว่า การตอบสนองต่อสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการตอบสนองได้สูงสุดในช่วงวันที่ 5 หลังจากได้รับสาร แต่การทดลองที่ 3 ในระยะวัฒนภาคการตอบสนองที่ดีที่สุดในวันที่ 5 หลังได้รับสาร น่าเป็นผลต่อเนื่องจากการสังเคราะห์แสงการทดลองที่ 1 และ 2 ทำเกิดการสะสมของน้ำตาลซึ่งเป็นผลผลิตของการสังเคราะห์แสงเพิ่มสูงขึ้นในวันนี้ และความเข้มข้นที่เหมาะสมยังคงเป็นความเข้มข้นเดียวกันกับการทดลองที่ 1 และ 2 คือความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 7 ปริมาณน้ำตาล ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ระยะวัฒนภาค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 ปริมาณน้ำตาลในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	ปริมาณน้ำตาล (มิลลิกรัม/น้ำหนักสด 0.5 กรัม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	ปริมาณน้ำตาล	การเปลี่ยนแปลง (%)	ปริมาณน้ำตาล	การเปลี่ยนแปลง (%)	ปริมาณน้ำตาล	การเปลี่ยนแปลง (%)	ปริมาณน้ำตาล	การเปลี่ยนแปลง (%)	ปริมาณน้ำตาล	การเปลี่ยนแปลง (%)	ปริมาณน้ำตาล	การเปลี่ยนแปลง (%)	ปริมาณน้ำตาล	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	58.05f[1/]	0.00	71.52l	0.00	67.09ij	0.00	60.52g	0.00	28.89a	0.00	62.11h	0.00	58.03*A*[2/]	0.00
50	50.48c	-13.04	54.10e	-24.36	76.90n	14.62	91.07q	50.48	68.62k	137.52	67.58j	8.81	68.13*C*	17.40
75	79.03o	36.14	74.08m	3.58	91.56q	36.47	58.44f	-3.44	53.64e	85.67	58.68f	-5.52	69.24*D*	19.32
150	54.04e	-6.91	67.39j	-5.77	88.36p	31.70	40.92b	-32.39	66.43i	129.94	51.71d	-16.74	61.48*B*	5.95
เฉลี่ย	60.40C[3/]		66.77E		80.98F		62.74D		54.40A		60.02B			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

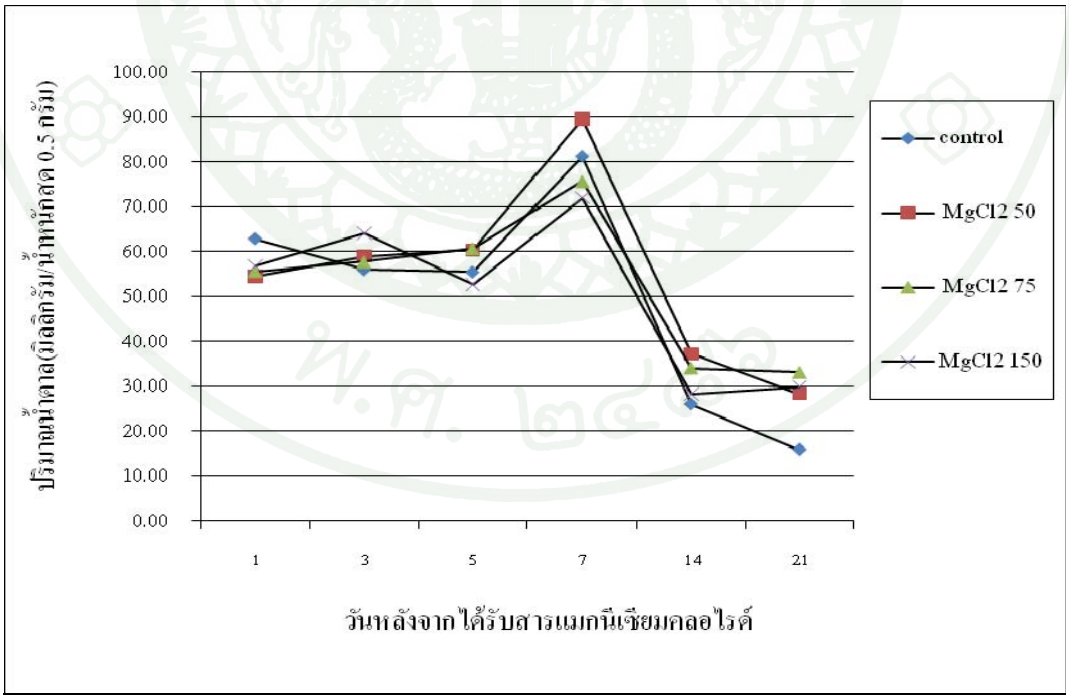
3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ปริมาณน้ำตาลของใบข้าวหอมสุพรรณบุรีในระยะสืบพันธุ์

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อปริมาณน้ำตาลในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 1) กล่าวคือ ปริมาณน้ำตาลในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ (ภาพที่ 8) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้นมีผลทำปริมาณน้ำตาลสูงขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งปริมาณน้ำตาลจะเริ่มสูงขึ้นในวันที่ 5 หลังได้รับสาร และเพิ่มมากที่สุดในวันที่ 7 หลังได้รับสาร

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์(Interaction) กัน ทำให้ปริมาณน้ำตาลในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 21 วัน ความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ มีปริมาณน้ำตาลสูงที่สุดถึง 108.30 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่ความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ทำให้การปริมาณน้ำตาลโดยร่วมสูงที่สุดคือ 10.60 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 7 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปริมาณน้ำตาลสูงที่สุด



ภาพที่ 8 ปริมาณน้ำตาล ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ระยะสืบพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 ปริมาณน้ำตาลในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	ปริมาณน้ำตาล (มิลลิกรัม/น้ำหนักสด 0.5 กรัม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	ปริมาณน้ำตาล	การเปลี่ยนแปลง (%)	ปริมาณน้ำตาล	การเปลี่ยนแปลง (%)	ปริมาณน้ำตาล	การเปลี่ยนแปลง (%)	ปริมาณน้ำตาล	การเปลี่ยนแปลง (%)	ปริมาณน้ำตาล	การเปลี่ยนแปลง (%)	ปริมาณน้ำตาล	การเปลี่ยนแปลง (%)	ปริมาณน้ำตาล	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	62.89o[1/]	0.00	55.98j	0.00	55.42j	0.00	81.34s	0.00	26.04b	0.00	15.90a	0.00	49.60*A*[2/]	0.00
50	54.53i	-13.29	59.03m	5.45	60.40n	8.99	89.59t	10.14	37.29g	43.20	28.34c	78.24	54.86*D*	10.60
75	55.66j	-11.50	57.75l	3.16	60.75n	9.62	75.69r	-6.95	34.10f	30.95	33.12e	108.30	52.85*C*	6.55
150	56.87k	-9.57	64.11p	14.52	52.69h	-4.93	72.00q	-11.48	28.23c	8.41	29.93d	88.24	50.64*B*	2.10
เฉลี่ย	57.49C[3/]		59.22D		57.32C		79.66E		31.42B		26.82A			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 4 ผลของแมกนีเซียมต่อการสะสมธาตุอาหารในข้าวหอมสุพรรณบุรี

1. การสะสมธาตุแมกนีเซียม

1.1 การสะสมธาตุแมกนีเซียมในส่วนใบระยะวัฒนภาค

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่าง ๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุแมกนีเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 2) กล่าวคือ การสะสมของธาตุแมกนีเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค (ภาพที่ 9) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุแมกนีเซียม โดยธาตุแมกนีเซียมมีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งใบข้าวหอมสุพรรณบุรีเริ่มมีการสะสมธาตุแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารไปแล้ว 3 วัน

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุแมกนีเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 5 วัน ความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุแมกนีเซียมสูงที่สุดถึง 23.10 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ ยังทำให้การสะสมของธาตุแมกนีเซียโดยรวมสูงที่สุด คือ 6.50 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 5 และ 7 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุแมกนีเซียมสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 การสะสมของธาตุแมกนีเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุแมกนีเซียม (พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	10.44efg[1/]	0.00	10.94hij	0.00	11.04ij	0.00	12.60m	0.00	13.17n	0.00	8.21b	0.00	11.07*C*[2/]	0.00
50	11.15j	6.80	11.85k	8.32	12.34lm	11.78	12.50m	-0.79	9.48c	-28.02	7.19a	-12.42	10.75*B*	-2.89
75	10.68ghi	2.30	12.62m	15.36	13.59no	23.10	13.62o	8.10	10.52fgh	-20.12	9.72cd	18.39	11.79*D*	6.50
150	10.37efg	-0.67	10.17ef	-7.04	11.97kl	8.42	10.80ghij	-14.29	10.07de	-23.54	6.85a	-16.57	10.04*A*	-9.30
เฉลี่ย	10.66B[3/]		11.39C		12.24D		12.38D		10.82B		7.99A			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 การสะสมธาตุแมกนีเซียมในส่วนใบระยะสืบพันธุ์

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุแมกนีเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 2) กล่าวคือ การสะสมของธาตุแมกนีเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ (ภาพที่ 10) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุแมกนีเซียม โดยธาตุแมกนีเซียมมีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งใบข้าวหอมสุพรรณบุรีเริ่มมีการสะสมธาตุแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารไปแล้ว 5 วัน

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุแมกนีเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 7 วัน ความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุแมกนีเซียมสูงที่สุดถึง 75.62 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ ยังทำให้การสะสมของธาตุแมกนีเซียโดยรวมสูงที่สุด คือ 7.16 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 5 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุแมกนีเซียมสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 การสะสมของธาตุแมกนีเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุแมกนีเซียม (พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	11.94i[1/]	0.00	11.69hi	0.00	11.15fg	0.00	9.61cd	0.00	6.48a	0.00	13.68l	0.00	10.76*B*[2/]	0.00
50	10.61e	-11.14	9.93d	-15.06	10.89ef	-2.33	10.00d	4.06	11.38gh	75.62	13.50kl	-1.32	11.05*C*	2.70
75	9.78cd	-18.09	11.87i	1.54	13.15kl	17.94	9.69cd	0.83	9.78cd	50.93	14.88m	8.77	11.53*D*	7.16
150	10.70ef	-10.39	10.78ef	-7.78	12.44j	11.57	9.76cd	1.56	9.47c	46.14	8.99h	-34.28	10.36*A*	-3.72
เฉลี่ย	10.75C[3/]		11.07D		11.91E		9.77B		9.28A		12.76F			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 การสะสมธาตุแมกนีเซียมในส่วนลำต้นระยะวัฒนภาค

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุแมกนีเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 2) กล่าวคือ การสะสมของธาตุแมกนีเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค (ภาพที่ 11) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุแมกนีเซียม โดยธาตุแมกนีเซียมมีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีเริ่มมีการสะสมธาตุแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารไปแล้ว 3 วัน

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุแมกนีเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 1 วัน ความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุแมกนีเซียมสูงที่สุดถึง 16.49 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุมแต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นพบว่าความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ทำให้การสะสมของธาตุแมกนีเซียมลดลง 4.77 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 3 และ 5 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุแมกนีเซียมสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 การสะสมของธาตุแมกนีเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุแมกนีเซียม (พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	8.49b[1/]	0.00	11.49i	0.00	11.24hi	0.00	9.24c	0.00	10.57fg	0.00	9.36c	0.00	10.07*B*[2/]	0.00
50	7.48a	-11.90	10.41fg	-9.40	10.66fg	-5.16	10.16ef	9.96	9.35c	-11.54	9.46cd	1.07	9.59*A*	-4.77
75	9.89de	16.49	12.50j	8.79	11.46i	1.96	9.53cd	3.14	9.02c	-14.66	9.11c	-2.67	10.25*B*	1.79
150	9.13c	7.54	9.44cd	-17.84	10.89gh	-3.11	9.44cd	2.16	10.50fg	-0.66	11.36hi	21.37	10.13*B*	0.60
เฉลี่ย	8.75A[3/]		10.96D		11.06D		9.59AB		9.86C		9.82BC			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.4 การสะสมธาตุแมกนีเซียมในส่วนลำต้นระยะสืบพันธุ์

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุแมกนีเซียมในลำต้นของข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 2) กล่าวคือ การสะสมของธาตุแมกนีเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ (ภาพที่ 12) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุแมกนีเซียม โดยธาตุแมกนีเซียมมีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีเริ่มมีการสะสมธาตุแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 1 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 10 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุแมกนีเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 21 วัน ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุแมกนีเซียมสูงที่สุดถึง 33.29 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่ความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ ทำให้การสะสมของธาตุแมกนีเซียโดยรวมสูงที่สุดคือ 5.64 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 14 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุแมกนีเซียมสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 การสะสมของธาตุแมกนีเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุแมกนีเซียม (พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	10.25h[1/]	0.00	8.50ef	0.00	8.65f	0.00	7.74bc	0.00	11.36i	0.00	7.78bc	0.00	9.05*B*[2/]	0.00
50	10.56h	3.02	7.67bc	-9.76	8.26def	-4.51	7.88bcd	1.81	11.66i	2.64	6.50a	-16.45	8.76*A*	-3.20
75	11.75i	14.63	8.09cde	-4.82	9.57g	10.64	7.90bcd	2.07	11.51i	1.32	8.54ef	9.77	9.56*C*	5.64
150	9.45g	-7.80	7.72bc	-9.18	8.56f	-1.04	7.50b	-3.10	12.73j	12.06	10.37h	33.29	9.39*C*	3.76
เฉลี่ย	10.50E[3/]		8.00B		8.76D		7.76A		11.82F		8.30C			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.5 การสะสมธาตุแมกนีเซียมในส่วนรากระยะวัฒนภาค

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุแมกนีเซียมในรากของข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 2) กล่าวคือ การสะสมของธาตุแมกนีเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค (ภาพที่ 13) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุแมกนีเซียม โดยธาตุแมกนีเซียมมีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีเริ่มมีการสะสมธาตุแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 3 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 13 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุแมกนีเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 21 วัน ความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุแมกนีเซียมสูงที่สุดถึง 19.19 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ ทำให้การสะสมของธาตุแมกนีเซียโดยรวมสูงที่สุดคือ 11.17 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 3 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุแมกนีเซียมสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 การสะสมของธาตุแมกนีเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุแมกนีเซียม (พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	6.24a[1/]	0.00	12.53j	0.00	8.16f	0.00	7.62d	0.00	7.17c	0.00	7.19c	0.00	8.15*A*[2/]	0.00
50	6.63b	6.25	11.50h	-8.22	7.58d	-7.11	7.85e	3.02	7.27c	1.39	8.57g	19.19	8.23*A*	0.98
75	8.29fg	32.85	11.84i	-5.51	7.20c	-11.76	7.55d	-0.92	7.58d	5.72	8.25f	14.74	8.45*B*	3.68
150	11.34h	81.73	12.98k	3.59	7.58d	-7.11	7.67de	0.66	7.18c	0.14	7.60d	5.70	9.06*C*	11.17
เฉลี่ย	8.12D[3/]		12.21E		7.63B		7.67B		7.30A		7.90C			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.6 การสะสมธาตุแมกนีเซียมในส่วนรากระยะสืบพันธุ์

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุแมกนีเซียมในรากของข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 2) กล่าวคือ การสะสมของธาตุแมกนีเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ (ภาพที่ 14) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุแมกนีเซียม โดยธาตุแมกนีเซียมมีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งรากข้าวหอมสุพรรณบุรีเริ่มมีการสะสมธาตุแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 1 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 10 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุแมกนีเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 21 วัน ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุแมกนีเซียมสูงที่สุดถึง 41.41 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และความเข้มข้น 150ไมโครโมลาร์ ยังทำให้การสะสมของธาตุแมกนีเซียโดยรวมสูงที่สุดคือ 7.51 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 1 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุแมกนีเซียมสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 การสะสมของธาตุแมกนีเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์

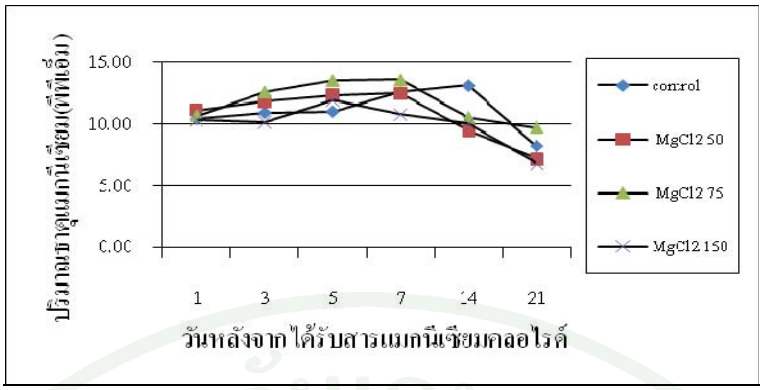
ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุแมกนีเซียม (พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมกนีเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	11.80h[1/]	0.00	8.05e	0.00	7.53ab	0.00	7.44a	0.00	7.32a	0.00	7.39a	0.00	8.26*A*[2/]	0.00
50	12.62i	6.95	8.04de	-0.12	7.77bcde	3.19	7.58abc	1.88	7.46a	1.91	7.78bcde	5.28	8.54*B*	3.39
75	11.08g	-6.10	8.07e	0.25	7.93de	5.31	7.55ab	1.48	7.30a	-0.27	7.61abc	2.98	8.26*A*	0.00
150	11.6 2h	-1.53	8.06e	0.12	7.79bcde	3.45	7.47a	0.40	7.88cde	7.65	10.45f	41.41	8.88*C*	7.51
เฉลี่ย	11.78E[3/]		8.06C		7.76B		7.51A		7.49A		8.31D			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

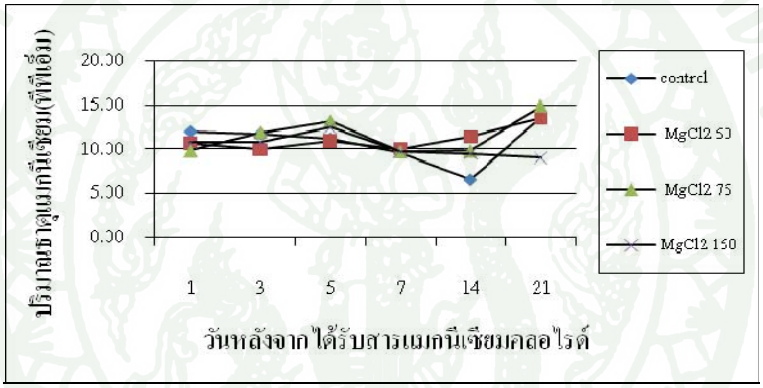
2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

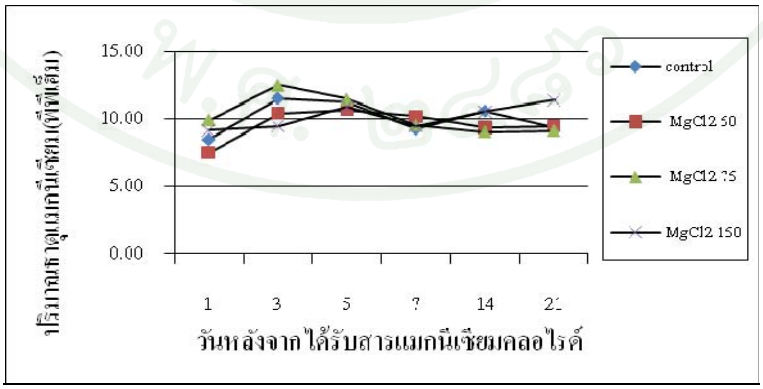
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 9 การสะสมของปริมาณแมกนีเซียม หลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค

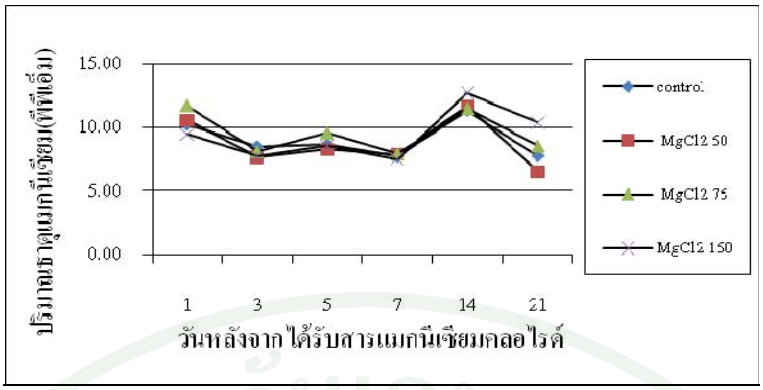


ภาพที่ 10 การสะสมของปริมาณแมกนีเซียม หลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์

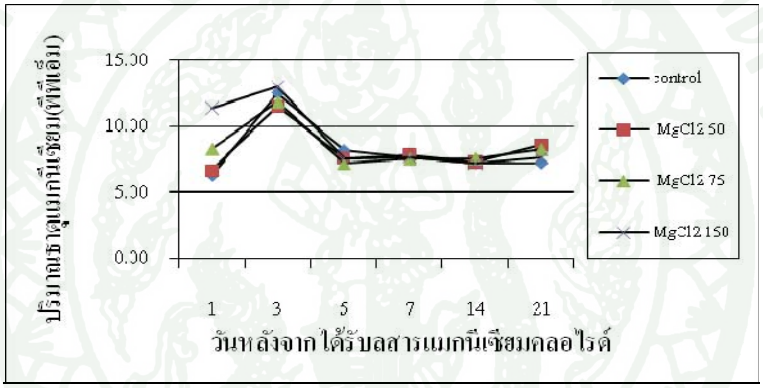


ภาพที่ 11 การสะสมของปริมาณแมกนีเซียม หลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ ในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค

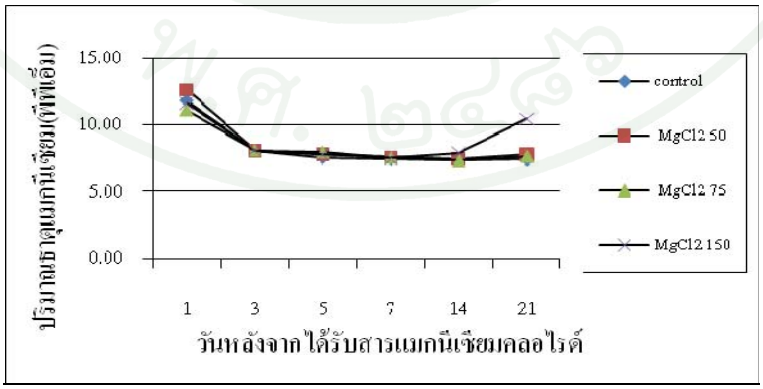
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 12 การสะสมของปริมาณแมกนีเซียม หลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์



ภาพที่ 13 การสะสมของปริมาณแมกนีเซียม หลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัตเนภาค



ภาพที่ 14 การสะสมของปริมาณแมกนีเซียม หลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การสะสมธาตุโพแทสเซียม

2.1 การสะสมธาตุโพแทสเซียมในส่วนใบระยะวัฒนภาค

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุโพแทสเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 3) กล่าวคือ การสะสมของธาตุแมกนีเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค (ภาพที่ 15) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุโพแทสเซียม โดยธาตุโพแทสเซียมมีการสะสมลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 13 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุโพแทสเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 14 วัน ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุโพแทสเซียมลดลงมากที่สุดถึง 30.92 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ ยังทำให้การสะสมของธาตุโพแทสเซียมโดยรวมลดมากที่สุดคือ 8.09 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 21 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุโพแทสเซียมต่ำที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 การสะสมของธาตุโพแทสเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุโพแทสเซียม (พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	221.67m[1/]	0.00	197.33h	0.00	205.67i	0.00	208.67ij	0.00	235.00o	0.00	163.33b	0.00	205.28*D*[2/]	0.00
50	208.00ij	-6.17	226.33n	14.70	191.67g	-6.81	205.00i	-1.76	222.67mn	-5.25	153.67a	-5.91	201.22*C*	-1.98
75	232.33o	4.81	186.00f	-5.74	210.67jk	2.43	175.00d	-16.14	180.67e	-23.12	164.00b	0.41	191.45*B*	-6.74
150	217.33l	-1.96	213.33k	8.11	191.67g	-6.81	176.33d	-15.50	162.33b	-30.92	171.00c	4.70	188.67*A*	-8.09
เฉลี่ย	219.83E[3/]		205.75D		199.92C		191.25B		200.17C		163.00A			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 การสะสมธาตุโพแทสเซียมในส่วนใบระยะวัฒนภาค

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุโพแทสเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 3) กล่าวคือ การสะสมของธาตุแมกนีเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ (ภาพที่ 16) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุโพแทสเซียม โดยธาตุโพแทสเซียมมีการสะสมลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยเริ่มลดลงตั้งแต่วันที่ 1 หลังจากได้รับสาร

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 14 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุโพแทสเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 21 วัน ความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุโพแทสเซียมลดลงมากที่สุดคือ 41.31 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ยังทำให้การสะสมของธาตุโพแทสเซียมโดยรวมลดมากที่สุดคือ 17.86 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 21 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุโพแทสเซียมต่ำที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 การสะสมของธาตุโพแทสเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุโพแทสเซียม (พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	189.00m[1/]	0.00	167.00fghij	0.00	187.67klm	0.00	176.33jkl	0.00	176.00jk	0.00	190.00m	0.00	181.00*C*[2/]	0.00
50	161.33defg	-14.64	175.67ijk	5.19	155.33de	-17.23	162.00defgh	-8.13	137.67b	-21.78	100.00a	-47.37	148.67*A*	-17.86
75	185.67klm	-1.76	196.67m	17.77	195.00m	3.91	173.00hij	-1.89	176.33jkl	0.19	140.33bc	-26.14	177.83*C*	-1.75
150	166.33efghij	-11.99	171.33ghij	2.59	167.67fghij	-10.66	164.33efghi	-6.81	159.00def	-9.66	151.67cd	-20.17	163.39*B*	-9.73
เฉลี่ย	175.58D[3/]		177.68D		176.42D		168.92C		162.25B		145.50A			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 การสะสมธาตุโพแทสเซียมในส่วนลำต้นระยะวัฒนภาค

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุโพแทสเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 3) กล่าวคือ การสะสมของธาตุแมกนีเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค (ภาพที่ 17) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุโพแทสเซียม โดยธาตุโพแทสเซียมมีการสะสมลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยเริ่มลดลงตั้งแต่วันที่ 1 หลังได้รับสาร

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 15 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุโพแทสเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 14 วัน ความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุโพแทสเซียมลดลงมากที่สุดถึง 34.48 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ ทำให้การสะสมของธาตุโพแทสเซียมโดยรวมลดมากที่สุดคือ 18.15 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 21 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุโพแทสเซียมต่ำที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 การสะสมของธาตุโพแทสเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุโพแทสเซียม (พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	525.33l[1/]	0.00	565.00o	0.00	666.67r	0.00	622.67q	0.00	541.33m	0.00	332.33d	0.00	542.22*D*[2/]	0.00
50	494.00k	-5.96	623.67q	10.38	551.67n	-17.25	455.33i	-26.87	354.67e	-34.48	230.33a	-30.69	451.61*B*	-16.71
75	429.67f	-18.21	584.33p	3.42	581.67p	-12.75	524.67l	-15.74	427.00f	-21.12	253.33b	-23.77	466.78*C*	-13.91
150	457.67i	-12.88	582.33p	3.07	476.33j	-28.55	444.33h	-28.64	435.67g	-19.52	266.67c	-19.76	443.83*A*	-18.15
เฉลี่ย	476.67C[3/]		588.83F		569.09E		511.75D		439.67C		270.67A			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4 การสะสมธาตุโพแทสเซียมในส่วนลำต้นระยะสืบพันธุ์

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุโพแทสเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 3) กล่าวคือ การสะสมของธาตุแมกนีเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ (ภาพที่ 18) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุโพแทสเซียม โดยธาตุโพแทสเซียมมีการสะสมลดลงและเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์มีการสะสมลดลงลดลง แต่ความเข้มข้น 75 และ 100 ไมโครโมลาร์

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 16 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุโพแทสเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 21 วัน ความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุโพแทสเซียมลดลงมากที่สุดถึง 33.47 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่ความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ หลังจากได้รับสารแมกนีซียมคลอไรด์ไปแล้ว 5 วัน กลับทำให้การสะสมของธาตุโพแทสเซียมเพิ่มมากที่สุดถึง 188.41 เปอร์เซนต์ โดยความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ทำให้การสะสมของธาตุโพแทสเซียมโดยรวมลดมากที่สุดคือ 17.52 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม แต่ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์กลับทำให้การสะสมของธาตุโพแทสเซียมเพิ่มมากขึ้น 13.56 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 14 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุโพแทสเซียมต่ำที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 การสะสมของธาตุโพแทสเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุโพแทสเซียม (พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	305.33n[1/]	0.00	372.33s	0.00	193.67d	0.00	315.33o	0.00	236.00f	0.00	244.00g	0.00	277.78*B*[2/]	0.00
50	269.67j	-11.68	264.00i	-29.10	218.00e	12.56	274.33k	-13.00	186.33b	-21.05	162.33a	-33.47	229.11*A*	-17.52
75	285.00l	-6.66	331.67p	-10.92	423.00u	118.41	301.00m	-4.54	264.00i	11.86	256.33h	5.05	310.17*C*	11.66
150	356.67r	16.81	394.67t	6.00	301.00m	55.42	345.67q	9.62	185.66b	-21.33	309.00n	26.64	315.45*D*	13.56
เฉลี่ย	304.17D[3/]		340.67F		283.92C		309.08E		218.00A		242.92B			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.5 การสะสมธาตุโพแทสเซียมในส่วนรากระยะวัฒนภาค

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุโพแทสเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 3) กล่าวคือ การสะสมของธาตุแมกนีเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค (ภาพที่ 19) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุโพแทสเซียม โดยธาตุโพแทสเซียมมีการสะสมลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยเริ่มลดลงตั้งแต่วันที่ 5 หลังได้รับสาร

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 17 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุโพแทสเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 5 วัน ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุโพแทสเซียมลดลงมากที่สุดถึง 62.95 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ ทำให้การสะสมของธาตุโพแทสเซียมโดยรวมลดมากที่สุดคือ 10.69 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 1 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุโพแทสเซียมต่ำที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 การสะสมของธาตุโพแทสเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒภาค

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุโพแทสเซียม (พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	32.67a[1/]	0.00	80.00d	0.00	224.00m	0.00	336.67p	0.00	231.33n	0.00	84.00e	0.00	164.78*D*[2/]	0.00
50	37.00bc	13.25	85.33ef	6.66	109.67i	-51.04	370.00r	9.90	217.33l	-6.05	92.00g	9.52	151.89*B*	-7.82
75	36.67b	12.24	91.33g	14.16	96.33h	-57.00	393.67s	16.93	241.00o	4.18	89.00fg	5.95	158.00*C*	-4.11
150	40.67c	24.49	91.00g	13.75	83.00de	-62.95	357.00q	6.04	196.67k	-14.98	114.67j	36.51	147.17*A*	-10.69
เฉลี่ย	36.75A[3/]		86.92B		128.25D		364.34F		221.58E		94.92C			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.6 การสะสมธาตุโพแทสเซียมในส่วนรากระยะสืบพันธุ์

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุโพแทสเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 3) กล่าวคือ การสะสมของธาตุแมกนีเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์(ภาพที่ 20) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุโพแทสเซียม โดยธาตุโพแทสเซียมมีการสะสมลดลงและเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยเริ่มลดลงตั้งแต่วันที่ 1 หลังได้รับสาร แต่เมื่อได้รับสารไปแล้ว 5 และ 7 วันหลังได้รับสารกลับมีการสะสมของธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 18 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุโพแทสเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 7 วัน ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นมากที่สุดถึง 44.66 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่หลังจากได้รับสารแมกนีซียมคลอไรด์ไปแล้ว 14 วัน กลับทำให้การสะสมของธาตุโพแทสเซียมลดลงมากที่สุดถึง 36.90 เปอร์เซนต์ โดยความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ทำให้การสะสมของธาตุโพแทสเซียมโดยรวมลดมากที่สุดคือ 9.50 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม แต่ความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์กลับทำให้การสะสมของธาตุโพแทสเซียมเพิ่มมากขึ้น 10.00 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 21 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุโพแทสเซียมต่ำที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 การสะสมของธาตุโพแทสเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์

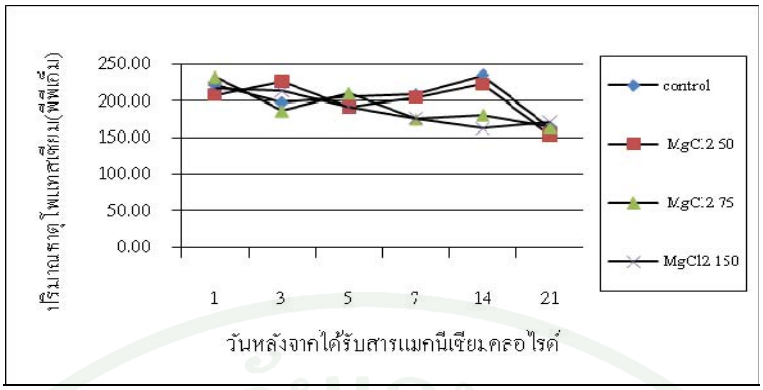
ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุโพแทสเซียม (พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	โพแทสเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	125.67k[1/]	0.00	95.00f	0.00	112.33h	0.00	118.67j	0.00	96.67f	0.00	68.67b	0.00	102.83*B*[2/]	0.00
50	95.67f	-23.87	85.33d	-10.18	115.33ij	2.67	115.00i	-3.09	81.00c	-16.21	66.00b	-3.89	93.06*A*	-9.50
75	138.00m	9.81	105.00g	10.53	124.67k	10.99	144.33n	21.62	87.00de	-10.00	79.67c	16.02	113.11*D*	10.00
150	90.00e	-28.38	133.67l	40.71	133.00l	18.40	171.67o	44.66	61.00a	-36.90	69.33b	0.96	109.78*C*	6.76
เฉลี่ย	112.34D[3/]		104.75C		121.33E		137.42F		81.42B		70.92A			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

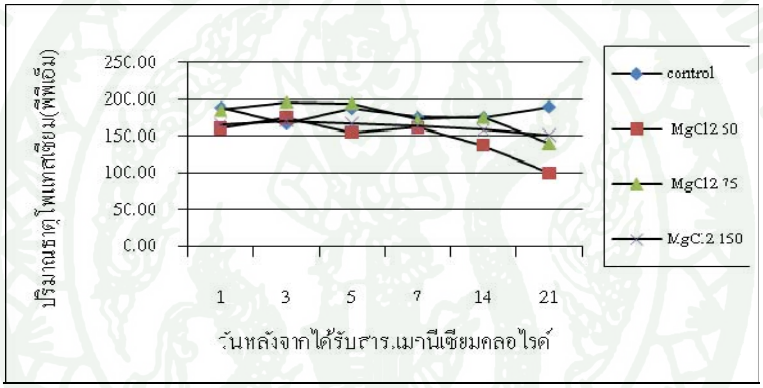
2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

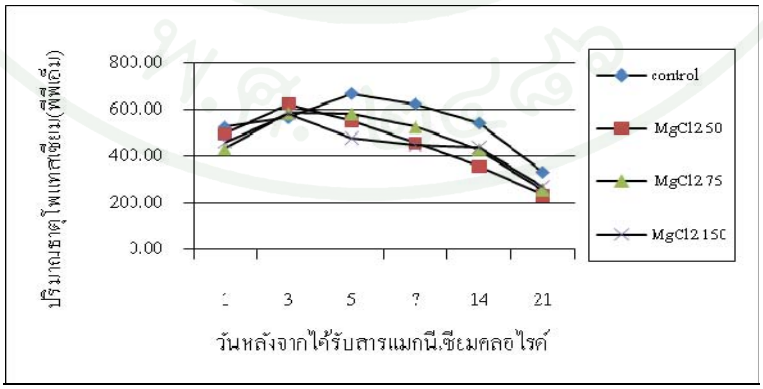
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 15 การสะสมของปริมาณโพแทสเซียมหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค

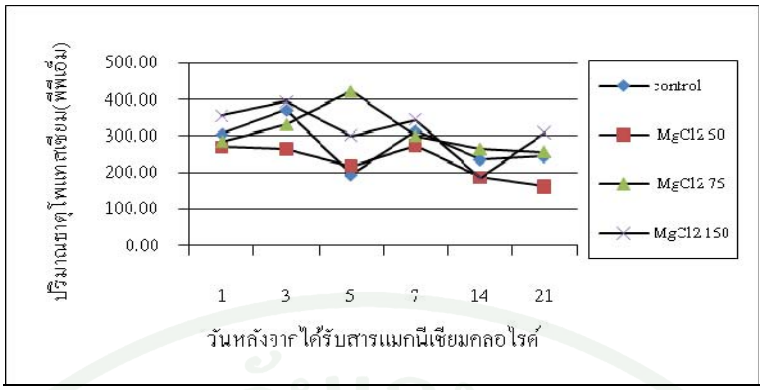


ภาพที่ 16 การสะสมของปริมาณโพแทสเซียมหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์

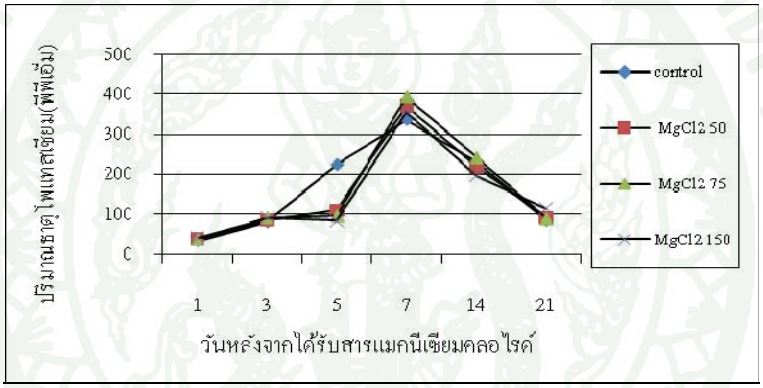


ภาพที่ 17 การสะสมของปริมาณโพแทสเซียมหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค

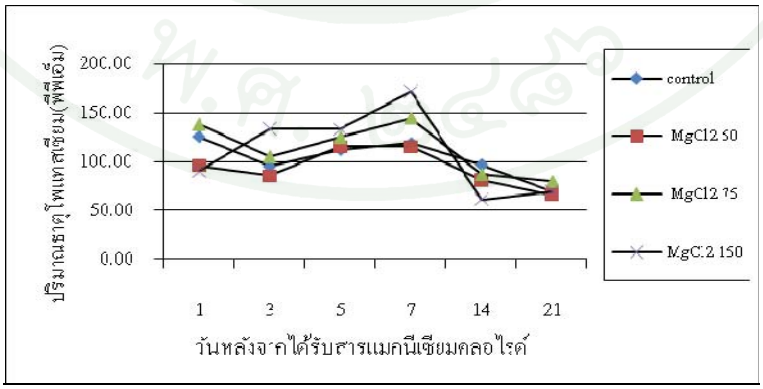
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 18 การสะสมของปริมาณโพแทสเซียมหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์



ภาพที่ 19 การสะสมของปริมาณโพแทสเซียมหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค



ภาพที่ 20 การสะสมของปริมาณโพแทสเซียมหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การสะสมธาตุแคลเซียม

3.1 การสะสมธาตุแคลเซียมในส่วนใบระยะวัฒนภาค

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุแคลเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 4) กล่าวคือ การสะสมของธาตุแคลเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค (ภาพที่ 21) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุแคลเซียม โดยธาตุแคลเซียมมีการสะสมลดลงเมื่อได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งใบข้าวหอมสุพรรณบุรีเริ่มมีการสะสมธาตุแคลเซียมลดลงเมื่อได้รับสารไปแล้ว 3 วัน

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 19 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุแคลเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 7 วัน ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุแคลเซียมลดลงมากที่สุดถึง 32.63 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่ความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ทำให้การสะสมของธาตุแคลเซียมโดยรวมลดลงมากที่สุดคือ 6.74 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 1 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุแคลเซียมต่ำที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 19 การสะสมของธาตุแคลเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุแคลเซียม (พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	25.52cd[1/]	0.00	27.84efg	0.00	34.93jkl	0.00	41.80n	0.00	27.08ef	0.00	34.15j	0.00	31.89*C*[2/]	0.00
50	29.84i	16.93	28.57fghi	2.62	38.87m	11.28	34.80jkl	-16.75	19.94a	-26.37	26.43de	-22.61	29.74*A*	-6.74
75	24.82bc	-2.74	29.45hi	5.78	34.20j	-2.09	28.92ghi	-30.81	34.43jk	27.14	35.81kl	4.86	31.27*BC*	-1.94
150	29.54hi	15.75	27.34ef	-1.80	36.22l	3.69	28.16fgh	-32.63	39.35m	45.31	23.75b	-30.45	30.73*B*	-3.64
เฉลี่ย	27.43A[3/]		28.30B		36.02E		33.42D		30.20C		30.04C			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 การสะสมธาตุแคลเซียมในส่วนใบระยะสืบพันธุ์

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุแคลเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 4) กล่าวคือ การสะสมของธาตุแคลเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ (ภาพที่ 22) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุแคลเซียม โดยธาตุแคลเซียมมีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งใบข้าวหอมสุพรรณบุรีเริ่มมีการสะสมธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารไปแล้ว 3 วัน

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 20 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุแมกนีเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 14 วัน ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุแคลเซียมสูงที่สุดถึง 43.57 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ ยังทำให้การสะสมของธาตุแมกนีเซียโดยรวมสูงที่สุดคือ 13.12 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 21 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุแมกนีเซียมสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 20 การสะสมของธาตุแคลเซียมในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุแคลเซียม (พีพีเอ็ม)													
	วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	39.24k[1/]	0.00	34.53e	0.00	37.57i	0.00	27.46b	0.00	32.22d	0.00	59.44q	0.00	38.41*B*[2/]	0.00
50	38.80j	-1.12	49.12p	42.25	37.44i	-0.35	23.80a	-13.33	40.85l	26.78	69.56s	17.03	43.26*C*	12.63
75	36.44g	-7.14	49.35p	42.92	36.78h	-2.10	32.31d	17.66	41.36m	28.37	64.42r	8.38	43.45*D*	13.12
150	42.30n	7.80	39.09jk	13.21	35.63f	-5.16	27.33b	-0.47	43.57o	35.23	31.55c	-46.92	36.58*A*	-4.76
เฉลี่ย	39.20C[3/]		43.02E		36.86B		27.73A		39.50D		56.24F			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 การสะสมธาตุแคลเซียมในส่วนลำต้นระยะวัฒนภาค

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุแคลเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 4) กล่าวคือ การสะสมของธาตุแคลเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค (ภาพที่ 23) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุแคลเซียม โดยธาตุแคลเซียมมีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งใบข้าวหอมสุพรรณบุรีเริ่มมีการสะสมธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารไปแล้ว 3 วัน

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 21 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุแคลเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 7 วัน ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้นมากที่สุดถึง 16.64 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ ทำให้การสะสมของธาตุแคลเซียมโดยรวมลดลงมากที่สุดคือ 6.27 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 14 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุแคลเซียมสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 21 การสะสมของธาตุแคลเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุแคลเซียม (พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	87.47hi[1/]	0.00	86.48ff	0.00	85.40e	0.00	76.67a	0.00	89.63l	0.00	82.86d	0.00	84.75*B*[2/]	0.00
50	87.60ij	0.15	85.57e	-1.05	85.47e	0.08	82.83d	8.03	85.29e	-4.84	79.89b	-3.58	84.44*A*	-0.37
75	87.16gh	-0.35	86.87fg	0.45	88.47jk	3.59	87.46hi	14.07	86.49f	-3.50	80.91c	-2.35	86.2*C*	1.71
150	87.34hi	-0.15	88.31j	2.12	91.60n	7.26	89.43kl	16.64	93.49o	4.31	90.16m	8.81	90.06*D*	6.27
เฉลี่ย	87.39D[3/]		86.81C		87.74E		84.10B		88.73F		83.46A			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.4 การสะสมธาตุแคลเซียมในส่วนลำต้นระยะสืบพันธุ์

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุแคลเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 4) กล่าวคือ การสะสมของธาตุแคลเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ (ภาพที่ 24) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุแคลเซียม โดยธาตุแคลเซียมมีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งใบข้าวหอมสุพรรณบุรีเริ่มมีการสะสมธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารไปแล้ว 3 วัน

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 22 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุแคลเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 5 วัน ความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้นมากที่สุดถึง 7.09 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ ทำให้การสะสมของธาตุแคลเซียมโดยรวมลดลงมากที่สุด คือ 1.55 เปอร์เซนต์ แต่ความเข้มข้น 50 ไมโคโมลาร์กลับทำให้การสะสมของธาตุแคลเซียมเพิ่มมากสุดคือ 0.68 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 5 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุแคลเซียมสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 การสะสมของธาตุแคลเซียมในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุแคลเซียม (พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การ เปลี่ยนแปลง (%)
0	99.25o[1/]	0.00	97.66m	0.00	97.54l	0.00	85.65e	0.00	88.35g	0.00	86.67f	0.00	92.52*B*[2/]	0.00
50	98.44n	-0.82	98.76n	1.13	101.25q	3.80	88.37g	3.18	90.66h	2.61	81.43d	-6.05	93.15*C*	0.68
75	95.37k	-3.91	102.10r	4.55	104.46t	7.09	78.26c	-8.63	92.26i	4.43	74.06a	-14.55	91.09*A*	-1.55
150	99.17o	-0.08	102.66s	5.12	100.40p	2.93	74.81b	-12.66	92.75j	4.98	85.80e	-1.00	92.60*B*	0.09
เฉลี่ย	98.06D[3/]		100.30E		100.91F		81.77A		91.01C		81.99B			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.5 การสะสมธาตุแคลเซียมในส่วนรากระยะวัฒนภาค

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุแคลเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 4) กล่าวคือ การสะสมของธาตุแคลเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค (ภาพที่ 25) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุแคลเซียม โดยธาตุแคลเซียมมีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งใบข้าวหอมสุพรรณบุรีเริ่มมีการสะสมธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 1 เมื่อได้รับสาร

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 23 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุแคลเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 1 วัน ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้นมากที่สุดถึง 5.73 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ ทำให้การสะสมของธาตุแคลเซียมโดยรวมเพิ่มมากที่สุดคือ 1.67 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 21 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุแคลเซียมสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 23 การสะสมของธาตุแคลเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุแคลเซียม (พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	86.42bc	0.00	89.22hi	0.00	87.98ef	0.00	85.82ab	0.00	87.11cd	0.00	88.53fg	0.00	87.51*B*[2/]	0.00
50	85.72a	-0.81	89.69i	0.53	89.39hi	1.60	86.61c	0.92	88.74gh	1.87	88.97gh	0.50	88.19*C*	0.78
75	86.86c	0.51	85.37a	-4.32	87.01c	-1.10	85.34a	-0.56	87.70de	0.68	88.93gh	0.45	86.87*A*	-0.73
150	91.39j	5.75	85.39a	-4.29	87.82e	-0.18	88.71gh	3.37	87.88ef	0.88	92.62k	4.62	88.97*D*	1.67
เฉลี่ย	87.60CD[3/]		87.42B		88.05E		86.62A		87.86DE		89.76F			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.6 การสะสมธาตุแคลเซียมในส่วนรากระยะสืบพันธุ์

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุแคลเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 4) กล่าวคือ การสะสมของธาตุแคลเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ (ภาพที่ 26) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุแคลเซียม โดยธาตุแคลเซียมมีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งใบข้าวหอมสุพรรณบุรีเริ่มมีการสะสมธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 1 เมื่อได้รับสาร

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 24 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุแคลเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 1 วัน ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้นมากที่สุดถึง 5.65 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ ทำให้การสะสมของธาตุแคลเซียมโดยรวมเพิ่มมากที่สุดคือ 1.47 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 1 และ 14 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุแคลเซียมสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 24 การสะสมของธาตุแคลเซียมในรากข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์

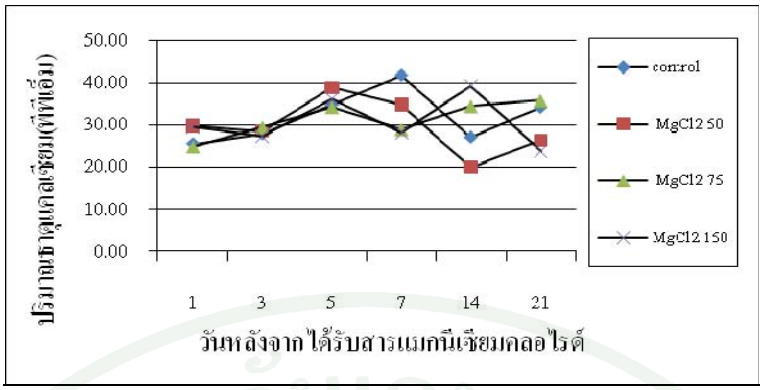
ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุแคลเซียม (พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)	แคลเซียม	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	95.18f [1/]	0.00	95.43fg	0.00	96.36hi	0.00	96.25h	0.00	96.26hi	0.00	95.15f	0.00	95.77*B* [2/]	0.00
50	94.28d	-0.95	96.34hi	0.95	96.64hi	0.29	96.48hi	0.24	98.44k	2.26	93.61c	-1.62	95.97C	0.21
75	95.22f	0.04	93.60c	-1.92	94.41de	-2.02	92.10a	-4.31	94.69e	-1.63	92.61b	-2.67	93.77*A*	-2.09
150	100.56l	5.65	97.40j	2.06	96.67i	0.32	97.25j	1.04	95.74g	-0.54	95.45fg	0.32	97.18*D*	1.47
เฉลี่ย	96.31D [3/]		95.69B		96.02C		95.52B		96.28D		94.21A			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

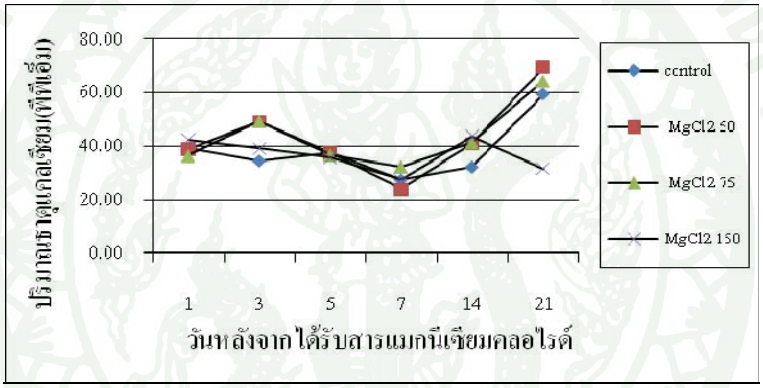
2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

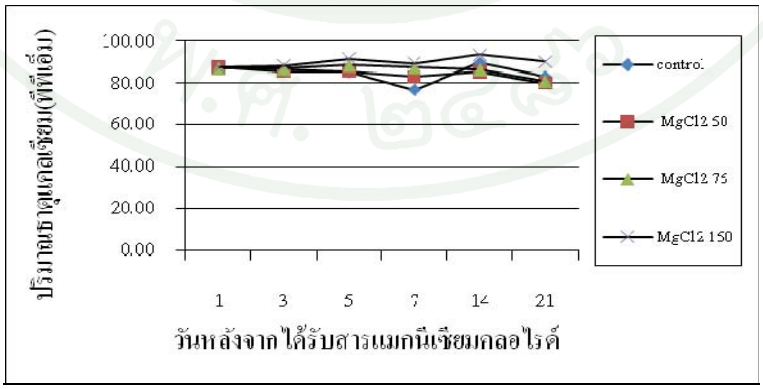
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 21 การสะสมของปริมาณแคลเซียมหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค

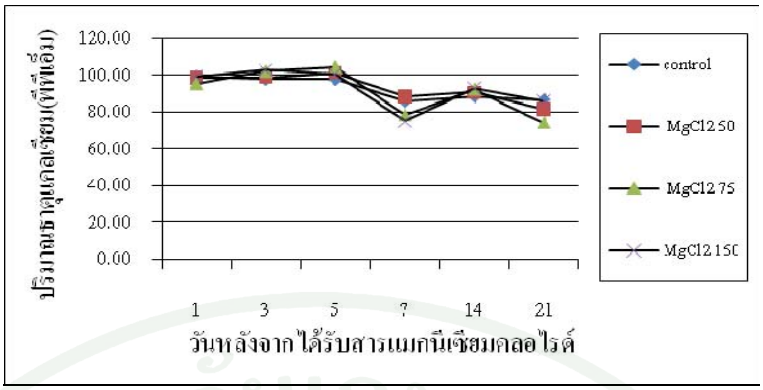


ภาพที่ 22 การสะสมของปริมาณแคลเซียมหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์

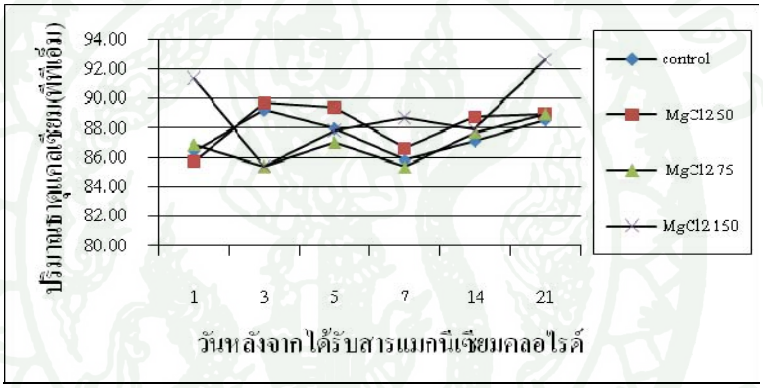


ภาพที่ 23 การสะสมของปริมาณแคลเซียมหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค

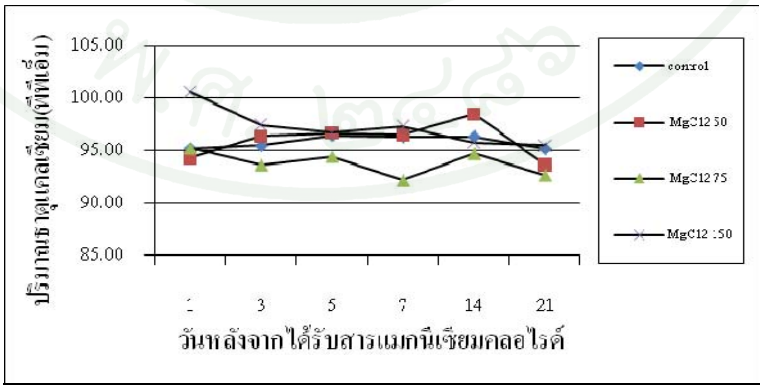
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 24 การสะสมของปริมาณแคลเซียมหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ ในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์



ภาพที่ 25 การสะสมของปริมาณแคลเซียมหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ ในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค



ภาพที่ 26 การสะสมของปริมาณแคลเซียมหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ ในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. การสะสมธาตุแมงกานีส

4.1 การสะสมธาตุแมงกานีสในส่วนใบระยะวัฒนภาค

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุแมงกานีสในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 5) กล่าวคือ การสะสมของธาตุแมงกานีสในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค (ภาพที่ 27) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุแมงกานีส โดยธาตุแมงกานีสมีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งใบข้าวหอมสุพรรณบุรีเริ่มมีการสะสมธาตุแมงกานีสเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 1 หลังได้รับสาร

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 25 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุแมงกานีสในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 21 วัน ความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุแมงกานีสเพิ่มมากที่สุดถึง 41.61 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ ยังทำให้การสะสมของธาตุแมงกานีสโดยรวมเพิ่มมากที่สุดคือ 20.06 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 5 และ 7 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุแมงกานีสสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 25 ปริมาณธาตุแมงกานีสในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุแมงกานีส (พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	20.83e[1/]	0.00	20.64e	0.00	23.62i	0.00	22.05g	0.00	20.77e	0.00	13.82a	0.00	20.29*A*[2/]	0.00
50	22.47h	7.87	23.93i	15.94	24.90j	5.42	25.04j	13.56	19.50d	-6.11	14.59b	5.57	21.74*C*	7.15
75	21.39f	2.69	25.02j	21.22	26.89k	13.84	26.49k	20.14	26.79k	28.98	19.57d	41.61	24.36*D*	20.06
150	20.98ef	0.72	22.05g	6.83	22.48h	-4.83	25.12j	13.92	20.84e	0.34	16.86c	22.00	21.39*B*	5.42
เฉลี่ย	21.42B[3/]		22.91D		24.47E		24.68E		21.98C		16.21A			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2 การสะสมธาตุแมงกานีสในส่วนใบระยะสืบพันธุ์

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุแมงกานีสในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 5) กล่าวคือ การสะสมของธาตุแมงกานีสในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ (ภาพที่ 28) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุแมงกานีส โดยธาตุแมงกานีสมีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งใบข้าวหอมสุพรรณบุรีเริ่มมีการสะสมธาตุแมงกานีสเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 3 หลังได้รับสาร

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 26 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุแมงกานีสในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 21 วัน ความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุแมงกานีสเพิ่มมากที่สุดถึง 119.78 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ยังทำให้การสะสมของธาตุแมงกานีสโดยรวมเพิ่มมากที่สุดคือ 38.95 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 21 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุแมงกานีสสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 26 ปริมาณธาตุแมงกานีสในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุแมงกานีส (พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	17.69jk[1/]	0.00	12.48bcd	0.00	15.25fg	0.00	11.67b	0.00	12.13b	0.00	17.34ij	0.00	14.43*A*[2/]	0.00
50	15.88gh	-10.23	19.25lm	54.25	19.91mn	30.56	10.59a	-9.25	16.57hi	36.60	38.11r	119.78	20.05*D*	38.95
75	13.22de	-25.27	23.88p	91.35	18.56kl	21.70	14.39f	23.31	13.00cde	7.17	21.63o	24.74	17.45*B*	20.93
150	13.43e	-24.08	20.52n	64.42	35.24q	131.08	12.70cd	8.83	18.62kl	53.50	15.97gh	-7.90	19.41*C*	34.51
เฉลี่ย	15.06B[3/]		19.03C		22.24D		12.34A		15.08B		23.26E			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3 การสะสมธาตุแมงกานีสในส่วนลำต้นระยะวัฒนภาค

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุแมงกานีสในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 5) กล่าวคือ การสะสมของธาตุแมงกานีสในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค (ภาพที่ 29) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุแมงกานีส โดยธาตุแมงกานีสมีการสะสมลดลงและเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีเริ่มมีการสะสมธาตุแมงกานีสลดลงตั้งแต่วันที่ 3 หลังได้รับสาร แต่วันที่ 7 หลังได้รับสารกลับมีการสะสมของธาตุแมงกานีสเพิ่มขึ้น

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 27 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุแมงกานีสในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 21 วัน ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุแมงกานีสลดลงมากที่สุดถึง 28.46 เปอร์เซนต์ แต่ในวันที่ 7 หลังจากได้สารความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์การสะสมของธาตุแมงกานีสกลับเพิ่มมากที่สุด 12.98 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยที่ความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ทำให้การสะสมของธาตุแมงกานีสโดยรวมเพิ่มมากที่สุดคือ 14.19 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 1 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุแมงกานีสต่ำที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 27 ปริมาณธาตุแมงกานีสในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุแมงกานีส (พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	13.83b[1/]	0.00	28.83o	0.00	29.49p	0.00	22.89h	0.00	25.21l	0.00	25.23l	0.00	24.25*D*[2/]	0.00
50	12.40a	-10.34	23.66ij	-17.93	23.59ij	-20.01	25.86m	12.98	20.92g	-17.02	18.40e	-27.07	20.81*A*	-14.19
75	17.47c	26.32	23.33i	-19.08	24.35k	-17.43	24.49k	6.99	23.87j	-5.32	19.44f	-22.95	22.16*C*	-8.62
150	13.77b	-0.43	27.42n	-4.89	22.81h	-22.65	25.58lm	11.75	22.87h	-9.28	18.05d	-28.46	21.75*B*	-10.31
เฉลี่ย	14.37A[3/]		25.81F		25.06E		24.71D		23.22C		20.32B			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.4 การสะสมธาตุแมงกานีสในส่วนลำต้นระยะสืบพันธุ์

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุแมงกานีสในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 5) กล่าวคือ การสะสมของธาตุแมงกานีสในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ (ภาพที่ 30) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุแมงกานีส โดยธาตุแมงกานีสมีการสะสมลดลงและเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีเริ่มมีการสะสมธาตุแมงกานีสเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 1 หลังได้รับสาร แต่กลับสะสมลดลงในวันที่ 3 หลังได้รับสาร และกลับมาสะสมเพิ่มขึ้นอีกในวันที่ 5 และ 7 หลังได้รับสาร แต่ในวันที่ที่ 14 และ 21 หลังจากได้รับสารก็มีการสะสมลดลงอีก

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 28 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุแมงกานีสในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 5 วัน ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุแมงกานีสเพิ่มมากที่สุดถึง 54.99 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่ในวันที่ 14 หลังจากได้สารความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ การสะสมของธาตุแมงกานีสกลับลดลงที่สุด 17.12 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ทำให้การสะสมของธาตุแมงกานีสโดยรวมเพิ่มมากที่สุดคือ 4.00 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 7 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุแมงกานีสต่ำที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 28 ปริมาณธาตุแมงกานีสในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุแมงกานีส (พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	21.95i[1/]	0.00	19.24g	0.00	13.82a	0.00	15.48b	0.00	21.44i	0.00	20.71i	0.00	18.77*A*[2/]	0.00
50	22.81j	3.92	17.52de	-8.94	17.24d	24.75	16.54c	6.85	18.93fg	-11.71	18.47f	-10.82	18.59*A*	-0.96
75	23.02j	4.87	17.83e	-7.33	19.28g	39.51	15.79b	2.00	20.38h	-4.94	18.92fg	-8.64	19.20*B*	2.29
150	26.34k	20.00	16.61c	-13.67	21.42i	54.99	15.91b	2.78	17.77de	-17.12	19.09g	-7.82	19.52*C*	4.00
เฉลี่ย	23.53E[3/]		17.80B		17.94B		15.93A		19.63D		19.30C			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.5 การสะสมธาตุแมงกานีสในส่วนรากระยะวัฒนภาค

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุแมงกานีสในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 5) กล่าวคือ การสะสมของธาตุแมงกานีสในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค (ภาพที่ 31) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุแมงกานีส โดยธาตุแมงกานีสมีการสะสมลดลงเมื่อได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งรากข้าวหอมสุพรรณบุรีเริ่มมีการสะสมธาตุแมงกานีสลดลงตั้งแต่วันที่ 1 หลังได้รับสาร

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 29 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุแมงกานีสในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 5 วัน ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุแมงกานีสลดลงมากที่สุดถึง 20.08 เปอร์เซนต์ โดยที่ความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ ทำให้การสะสมของธาตุแมงกานีสโดยรวมลดลงมากที่สุดคือ 12.12 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 1 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุแมงกานีสต่ำที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 29 ปริมาณธาตุแมงกานีสในรากข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุแมงกานีส (พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	10.09c[1/]	0.00	21.44l	0.00	23.56n	0.00	17.46f	0.00	19.23i	0.00	18.11g	0.00	18.32*C*[2/]	0.00
50	7.74a	-23.29	22.38m	4.38	21.04kl	-10.70	18.02g	3.21	17.19f	-10.61	20.50j	13.20	17.81*B*	-2.78
75	8.77b	-13.08	19.25i	-10.21	18.84hi	-20.03	15.97d	-8.53	16.55e	-13.94	17.20f	-5.02	16.10*A*	-12.12
150	9.72c	-3.67	23.81n	11.05	18.83hi	-20.08	18.66h	6.87	17.35f	-9.78	20.62jk	13.86	18.17*C*	-0.82
เฉลี่ย	9.08A[3/]		21.72E		20.57D		17.53B		17.58B		19.11C			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.5 การสะสมธาตุแมงกานีสในส่วนรากระยะสืบพันธุ์

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุแมงกานีสในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 5) กล่าวคือ การสะสมของธาตุแมงกานีสในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์(ภาพที่ 32) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุแมงกานีส โดยธาตุแมงกานีสมีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งรากข้าวหอมสุพรรณบุรีเริ่มมีการสะสมธาตุแมงกานีสเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 1 หลังได้รับสาร

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 30 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุแมงกานีสในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 5 วัน ความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุแมงกานีสเพิ่มมากที่สุดถึง 10.75 เปอร์เซนต์ โดยที่ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ ทำให้การสะสมของธาตุแมงกานีสโดยรวมเพิ่มมากที่สุดคือ 6.44 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 1 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุแมงกานีสสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 30 ปริมาณธาตุแมงกานีสในรากข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์

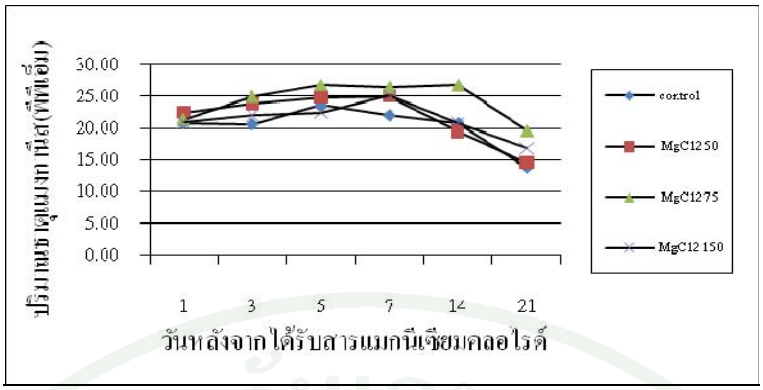
ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุแมงกานีส (พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)	แมงกานีส	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	20.97m[1/]	0.00	17.79hi	0.00	15.40cd	0.00	15.18c	0.00	17.49hi	0.00	11.84b	0.00	16.45*A*[2/]	0.00
50	21.22m	1.19	19.44k	9.27	16.77fg	8.90	15.11c	-0.46	17.43hi	-0.34	11.71ab	-1.10	16.95*B*	3.04
75	20.50l	-2.24	16.64fg	-6.46	17.05gh	10.71	16.67fg	9.82	17.44hi	-0.29	11.34a	-4.22	16.61*A*	0.97
150	21.07m	0.48	18.76j	5.45	16.46ef	6.88	15.77de	3.89	19.30k	10.35	11.56ab	-2.36	17.15*C*	6.44
เฉลี่ย	20.94F[3/]		18.16E		16.42C		15.68B		17.92D		11.61A			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

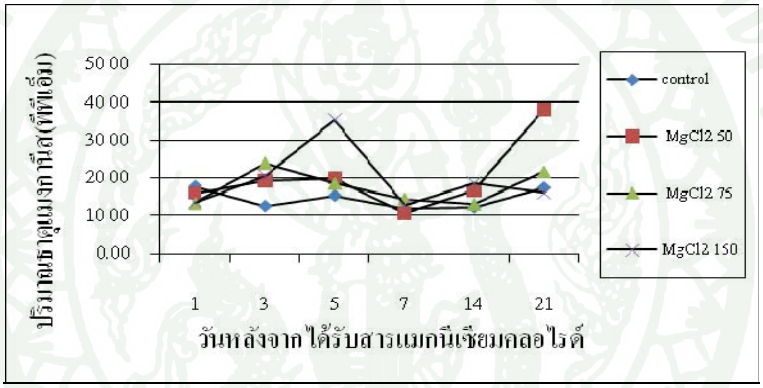
2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

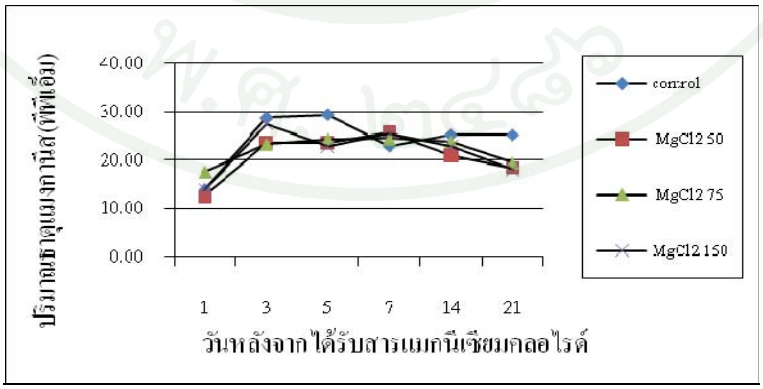
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 27 การสะสมของปริมาณแมงกานีสหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค

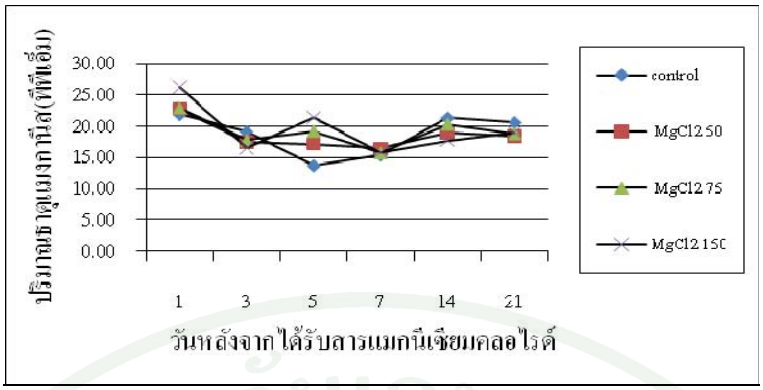


ภาพที่ 28 การสะสมของปริมาณแมงกานีสหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์

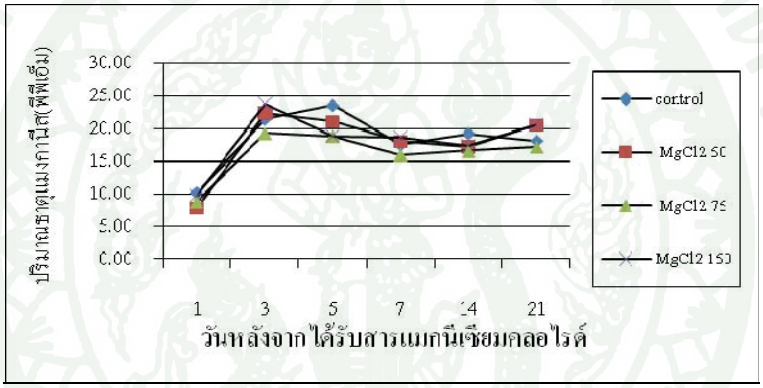


ภาพที่ 29 การสะสมของปริมาณแมงกานีสหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค

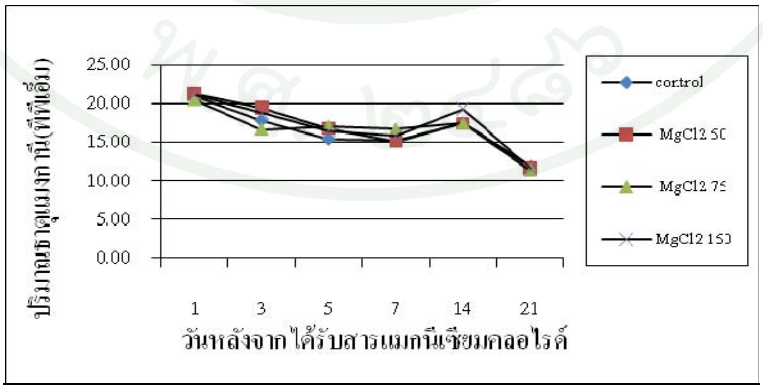
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 30 การสะสมของปริมาณแมงกานีสหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์



ภาพที่ 31 การสะสมของปริมาณแมงกานีสหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัตเนภาค



ภาพที่ 32 การสะสมของปริมาณแมงกานีสหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. การสะสมธาตุเหล็ก

5.1 การสะสมธาตุเหล็กในส่วนใบระยะวัฒนภาค

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุเหล็กในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 6) กล่าวคือ การสะสมของธาตุเหล็กในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค (ภาพที่ 33) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุเหล็ก โดยธาตุเหล็กมีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งใบข้าวหอมสุพรรณบุรีเริ่มมีการสะสมธาตุเหล็กเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 7 หลังได้รับสาร

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 31 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุเหล็กในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 14 วัน ความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุเหล็กเพิ่มมากที่สุดถึง 174.70 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ ยังทำให้การสะสมของธาตุเหล็กโดยรวมเพิ่มมากที่สุดคือ 27.55 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 14 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุเหล็กสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 31 การสะสมของธาตุเหล็กในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุเหล็ก(พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	10.60j[1/]	0.00	6.41d	0.00	7.19ef	0.00	5.67c	0.00	7.47fg	0.00	8.62i	0.00	7.66*A*[2/]	0.00
50	4.34a	-59.06	4.64ab	-27.61	4.94b	-31.29	7.69gh	35.63	20.52n	174.70	10.68j	23.90	8.80*B*	14.88
75	4.42a	-58.30	4.68ab	-26.99	4.82b	-32.96	8.88i	56.61	12.70m	70.01	11.12k	29.00	7.77*A*	1.44
150	6.58d	-37.92	11.96l	86.58	8.62i	19.89	12.81m	125.93	8.02h	7.36	10.64j	23.43	9.77*C*	27.55
เฉลี่ย	6.49A[3/]		6.92B		7.41C		7.75D		12.18F		10.27E			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2 การสะสมธาตุเหล็กในส่วนใบระยะสืบพันธุ์

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุเหล็กในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 6) กล่าวคือ การสะสมของธาตุเหล็กในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ (ภาพที่ 34) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุเหล็ก โดยธาตุเหล็กมีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งใบข้าวหอมสุพรรณบุรีเริ่มมีการสะสมธาตุเหล็กเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 5 หลังได้รับสาร

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 32 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุเหล็กในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 7 วัน ความเข้มข้น 150 ไมโคร-โมลาร์ มีการสะสมของธาตุเหล็กเพิ่มมากที่สุดถึง 81.30 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ ยังทำให้การสะสมของธาตุเหล็กโดยรวมเพิ่มมากที่สุดคือ 28.21 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 21 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุเหล็กสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 32 การสะสมของธาตุเหล็กในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุเหล็ก(พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	6.00c[1/]	0.00	6.90ef	0.00	6.53d	0.00	7.06ef	0.00	7.05ef	0.00	17.91m	0.00	8.58*A*[2/]	0.00
50	4.49a	-25.17	8.12g	17.68	8.45gh	29.40	8.55h	21.10	10.73i	52.20	18.14m	1.28	9.75*B*	13.64
75	5.48b	-8.67	6.01c	-12.90	7.27f	11.33	11.73j	66.15	11.76jk	66.81	23.75o	32.61	11.00*D*	28.21
150	5.13b	-14.50	6.48d	-6.09	6.78de	3.83	12.80l	81.30	12.12k	71.91	21.08n	17.70	10.73*C*	25.06
เฉลี่ย	5.28A[3/]		6.88B		7.26C		10.04D		10.42E		20.22F			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.3 การสะสมธาตุเหล็กในส่วนลำต้นระยะวัฒนภาค

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุเหล็กในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 6) กล่าวคือ การสะสมของธาตุเหล็กในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค (ภาพที่ 35) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุเหล็ก โดยธาตุเหล็กมีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีเริ่มมีการสะสมธาตุเหล็กเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 1 หลังได้รับสาร

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 33 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุเหล็กในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 3 วัน ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุเหล็กเพิ่มมากที่สุดถึง 16.31 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ ยังทำให้การสะสมของธาตุเหล็กโดยรวมเพิ่มมากที่สุดคือ 7.35 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 7 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุเหล็กสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 33 การสะสมของธาตุเหล็กในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุเหล็ก(พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	46.87c[1/]	0.00	47.69d	0.00	49.35f	0.00	48.40e	0.00	49.34f	0.00	47.64d	0.00	48.22*A*[2/]	0.00
50	50.36g	7.45	52.11ij	9.27	52.36jk	6.10	54.29mn	12.17	51.76hi	4.90	46.46c	-2.48	51.22*B*	6.22
75	53.37l	13.87	51.25h	7.46	52.73k	6.85	53.86lm	11.28	54.99pq	11.45	44.33a	-6.95	51.76*D*	7.34
150	52.62jk	12.27	55.47q	16.31	54.93op	11.31	54.47no	12.54	46.90c	-4.95	45.06b	-5.42	51.58*C*	6.97
เฉลี่ย	50.81B[3/]		51.63C		52.34D		52.76E		50.75B		45.87A			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.4 การสะสมธาตุเหล็กในส่วนลำต้นระยะสืบพันธุ์

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุเหล็กในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 6) กล่าวคือ การสะสมของธาตุเหล็กในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ (ภาพที่ 35) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุเหล็ก โดยธาตุเหล็กมีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีเริ่มมีการสะสมธาตุเหล็กเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 1 หลังได้รับสาร

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 33 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุเหล็กในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 1 วัน ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุเหล็กเพิ่มมากที่สุดถึง 17.93 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ ยังทำให้การสะสมของธาตุเหล็กโดยรวมเพิ่มมากที่สุดคือ 6.86 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 14 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุเหล็กสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 34 การสะสมของธาตุเหล็กในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุเหล็ก(พีพีเอ็ม)													
	วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	35.03a[1/]	0.00	43.52ij	0.00	41.47fg	0.00	41.02de	0.00	48.85o	0.00	44.44jki	0.00	42.39*A*[2/]	0.00
50	36.67b	4.68	44.26ijkl	1.70	43.96ij	6.00	41.97gh	2.32	46.39mn	-5.04	43.46ij	-2.21	42.79*A*	0.94
75	39.54c	12.87	45.80m	5.24	43.14hi	4.03	45.22klm	10.24	50.84o	4.07	44.07ijk	-0.83	44.77*B*	5.61
150	41.31efg	17.93	43.19hi	-0.76	47.58n	14.73	44.35ijkl	8.12	49.97o	2.29	45.37lm	2.09	45.30*C*	6.86
เฉลี่ย	38.14A[3/]		44.19C		44.04C		43.14B		49.01D		44.34C			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.5 การสะสมธาตุเหล็กในส่วนรากระยะวัฒนภาค

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุเหล็กในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 6) กล่าวคือ การสะสมของธาตุเหล็กในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค (ภาพที่ 37) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุเหล็ก โดยธาตุเหล็กมีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งรากข้าวหอมสุพรรณบุรีเริ่มมีการสะสมธาตุเหล็กเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 1 หลังได้รับสาร

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 35 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุเหล็กในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 5 วัน ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุเหล็กเพิ่มมากที่สุดถึง 15.02 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ ยังทำให้การสะสมของธาตุเหล็กโดยรวมเพิ่มมากที่สุดคือ 6.66 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 3 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุเหล็กสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 35 การสะสมของธาตุเหล็กในรากข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะวัฒนภาค

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุเหล็ก(พีพีเอ็ม)													
	วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	113.51a[1/]	0.00	184.13 u	0.00	144.31e	0.00	162.29i	0.00	150.22f	0.00	159.42i	0.00	152.31*A*[2/]	0.00
50	113.62a	0.10	177.52s	-3.59	136.64d	-5.31	158.51h	-2.33	167.55q	11.54	164.30m	3.06	153.02*B*	0.47
75	115.51b	1.76	182.14 t	-1.08	151.09g	4.70	161.27k	-0.63	165.84p	10.40	164.81n	3.38	156.78*C*	2.93
150	119.39c	5.18	189.78 v	3.07	165.99p	15.02	165.66op	2.08	160.43j	6.80	173.52 r	8.84	162.46*D*	6.66
เฉลี่ย	115.51A[3/]		183.39F		149.51B		161.93D		161.01C		165.51E			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.5 การสะสมธาตุเหล็กในส่วนรากระยะสืบพันธุ์

การศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการสะสมของธาตุเหล็กในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางผนวกที่ 6) กล่าวคือ การสะสมของธาตุเหล็กในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์ (ภาพที่ 38) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุเหล็ก โดยธาตุเหล็กมีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งรากข้าวหอมสุพรรณบุรีเริ่มมีการสะสมธาตุเหล็กเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 1 หลังได้รับสาร

จากตารางวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 36 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ และระยะเวลาของข้าวที่ได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) กันทำให้การสะสมธาตุเหล็กในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อข้าวได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 1 วัน ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมของธาตุเหล็กเพิ่มมากที่สุดถึง 8.26 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่ความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ยังทำให้การสะสมของธาตุเหล็กโดยรวมเพิ่มมากที่สุดคือ 2.41 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับต้นควบคุม โดยในวันที่ 3 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีการสะสมของธาตุเหล็กสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 36 แสดงการสะสมของธาตุเหล็กในรากข้าวหอมสุพรรณบุรี หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระยะสืบพันธุ์

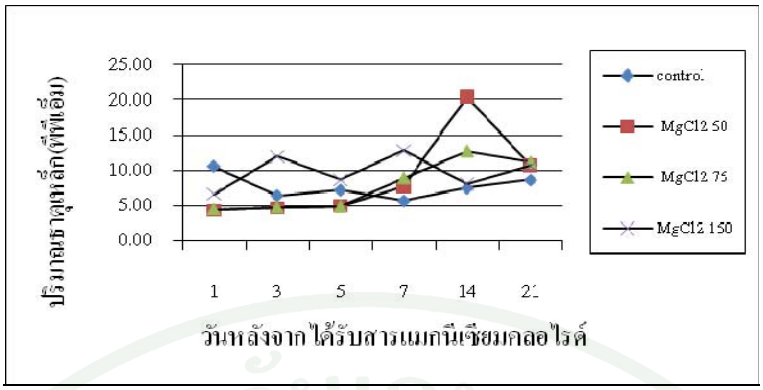
ความเข้มข้นของแมกนีเซียมคลอไรด์ (ไมโครโมลาร์)	การสะสมของธาตุเหล็ก(พีพีเอ็ม) วันหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์													
	1		3		5		7		14		21		เฉลี่ย	
	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)	เหล็ก	การเปลี่ยนแปลง (%)
0	113.51a[1/]	0.00	184.13 u	0.00	144.31e	0.00	162.29i	0.00	150.22f	0.00	159.42i	0.00	152.31*A*[2/]	0.00
50	113.62a	0.10	177.52s	-3.59	136.64d	-5.31	158.51h	-2.33	167.55q	11.54	164.30m	3.06	153.02*B*	0.47
75	115.51b	1.76	182.14 t	-1.08	151.09g	4.70	161.27k	-0.63	165.84p	10.40	164.81n	3.38	156.78*C*	2.93
150	119.39c	5.18	189.78 v	3.07	165.99p	15.02	165.66op	2.08	160.43j	6.80	173.52 r	8.84	162.46*D*	6.66
เฉลี่ย	115.51A[3/]		183.39F		149.51B		161.93D		161.01C		165.51E			

1/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (a, b, …) ทั้งตาราง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

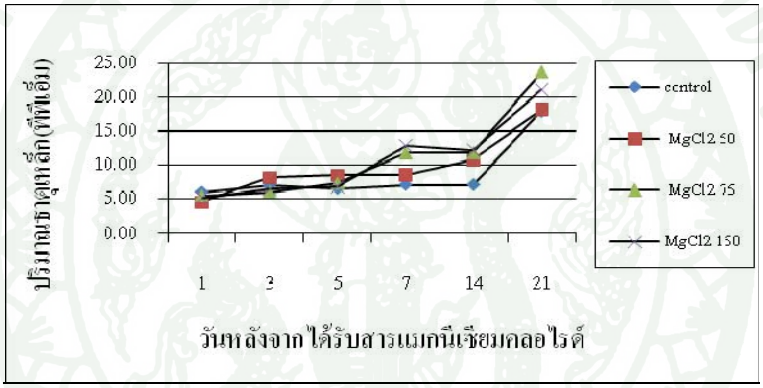
2/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

3/ = ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน (A, B, …) ในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

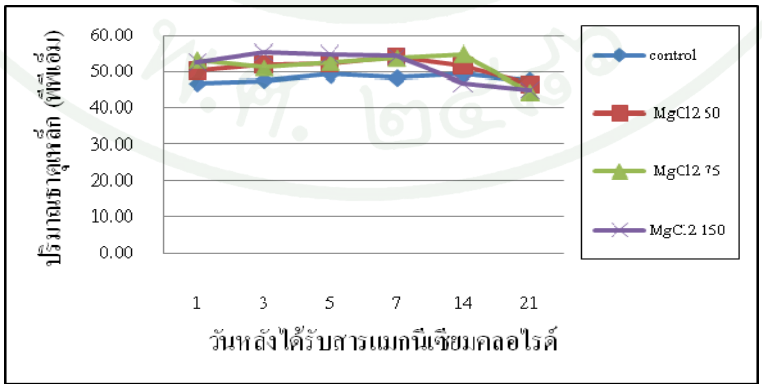
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 33 การสะสมของปริมาณธาตุเหล็กหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค

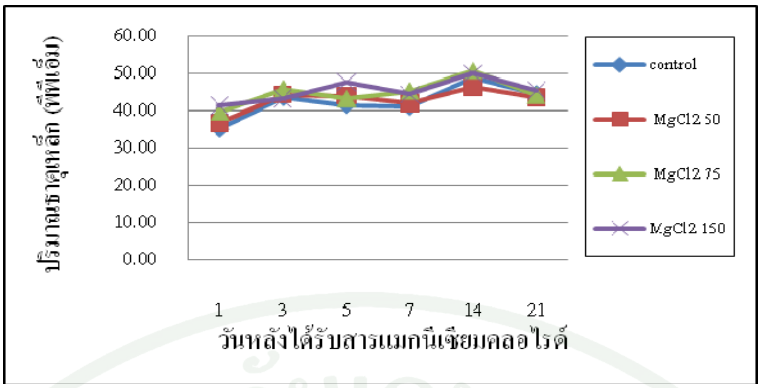


ภาพที่ 34 การสะสมของปริมาณธาตุเหล็กหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์

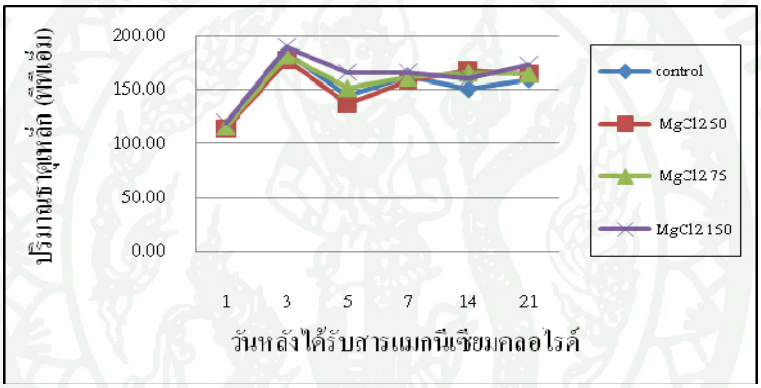


ภาพที่ 35 การสะสมของปริมาณธาตุเหล็กหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค

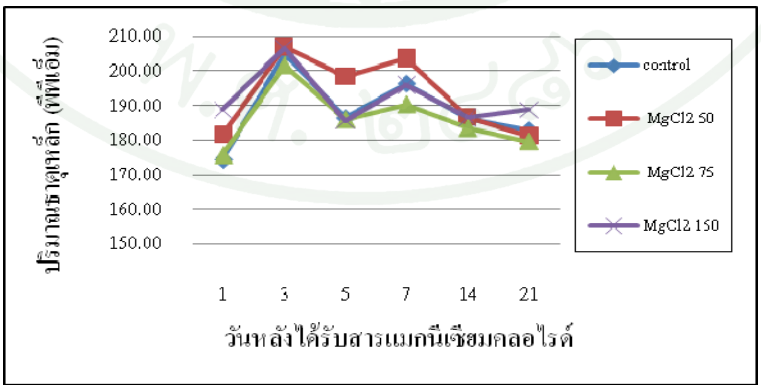
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 36 การสะสมของปริมาณธาตุเหล็กหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในลำต้นข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์



ภาพที่ 37 การสะสมของปริมาณธาตุเหล็กหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาค



ภาพที่ 38 การสะสมของปริมาณธาตุเหล็กหลังได้รับแมกนีเซียมคลอไรด์ในรากข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะสืบพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

จากการศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ต่อกิจกรรมเอนไซม์ไรบูโลสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี พบว่า กิจกรรมเอนไซม์ไรบูโลสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสของใบข้าวหอมสุพรรณบุรีในระยะวัฒนภาคเริ่มมีการตอบสนองสารแมกนีเซียมคลอไรด์หลังจากได้รับสารไป 3 วัน เริ่มสูงขึ้นในวันที่ 5 และเพิ่มสูงสุดในวันที่ 7 แต่เมื่อเทียบเปอร์เซ็นต์แตกต่างจากต้นควบคุมแล้ววันที่ 5 หลังได้รับสารมีเปอร์เซ็นต์แตกต่างจากต้นควบคุมมากที่สุด ชี้ให้เห็นว่า วันที่ 5 หลังได้รับสารเอนไซม์ไรบูโลสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสตอบสนองต่อสารแมกนีเซียมคลอไรด์สูงสุด ซึ่งเป็นแนวทางเดียวกันกับ Mehne and Huttl (1995) โดยพบว่าพืชพวกสนที่เจริญในที่ขาดแมกนีเซียม ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโลสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสมลดลง นอกจากนั้น Makino *et al*. (1985) ยังพบว่าเอนไซม์ไรบูโลสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสที่ได้จากผักโขมนั้นต้องการแมกนีเซียมเพื่อเป็นตัวกระตุ้นจึงจะสามารถทำงานได้ ยิ่งไปกว่านั้นยังสอดคล้องกับรายงาน Portis Jr. and Salvucci (2001) ซึ่งพบว่าการกระตุ้นให้เอนไซม์ไรบูโลสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสทำงานนั้นต้องมีทั้งสารคาร์บอนอินทรีย์ (คาร์บอนไดออกไซด์) และแมกนีเซียม ถ้ามีสารคาร์บอนอินทรีย์ (คาร์บอนไดออกไซด์) เพียงอย่างเดียวนั้นไม่สามารถกระตุ้นให้เอนไซม์ไรบูโลสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสทำงานได้ เมื่อเปรียบเทียบสารแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 50 75 และ150 ไมโครโมลาร์ พบว่า ทั้ง 3 ความเข้มข้นทำให้กิจกรรมเอนไซม์ไรบูโลสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสสูงขึ้นจากชุดควบคุมแต่ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนระยะสืบพันธุ์ของข้าวหอมสุพรรณบุรี พบว่า แมกนีเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ เท่านั้นทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโลสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสเพิ่มสูงขึ้น หลังจากได้รับสารไปแล้ว 7 วัน เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ (เทียบชุดควบคุม) กับระยะวัฒนภาค พบว่า ระยะสืบพันธุ์ มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นที่ต่ำกว่าแสดงให้เห็นว่า ข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคต้องการแมกนีเซียมในปริมาณมากกว่าในระยะสืบพันธุ์ เนื่องจากระยะวัฒนภาคเป็นระยะที่ข้าวกำลังเจริญเติบโต แมกนีเซียมจึงมีความจำเป็นเพื่อกระตุ้น และทำหน้าที่ในการเชื่อม ATP กับ active site ของเอนไซม์ไรบูโลสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลส ให้เอนไซม์อยู่ในรูปที่พร้อมทำงาน (Martin-prével *et al.,* 1984, Makino *et al*., 1985, Jensen, 1990, Mott, 1997 และ Portis and Salvucci, 2001) ทำให้เกิดการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตและสร้างผลผลิตในระยะสืบพันธุ์ เนื่องจากระยะสืบพันธุ์ของข้าวหอมสุพรรณบุรีมีอายุสูงขึ้นจนเข้าสู่ช่วงเก็บเกี่ยว การเจริญเติบโตก็จึงลดลงและความต้องการสร้างหรือสะสมอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตก็ลดลงอีกด้วย ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโลสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสลดลงด้วย แมกนีเซียมจึงมีผล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่อนข้างน้อยในระยะสืบพันธุ์ของข้าวหอมสุพรรณบุรี และแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ เป็นความเข้มข้น ที่เพียงพอในการกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ให้ทำงานเพิ่มขึ้น โดยจะตอบสนองสูงสุดหลังจากได้รับสารไปแล้ว 5 วัน

สำหรับผลของแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อกระบวนการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงที่สองของกระบวนการสังเคราะห์แสงในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีเพิ่มสูงขึ้น ทั้งระยะวัฒนภาคและระยะสืบพันธุ์ ในระยะวัฒนภาค พบว่า กระบวนการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงที่สองของกระบวนการสังเคราะห์แสงเพิ่มสูงสุดหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 5 วัน ซึ่งการตอบสนองของกระบวนการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงที่สองของกระบวนการสังเคราะห์เป็นในทางเดียวกับกิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโลสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลส ส่วนระยะสืบพันธุ์ พบว่า สารแมกนีเซียมคลอไรด์ยังคงมีผลทำให้กระบวนการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงที่สองของกระบวนการสังเคราะห์แสงเพิ่มสูงขึ้น โดยมีการตอบสนองดีที่สุดหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมไปแล้ว 14 วัน จากการทดลองกระบวนการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงที่สองของกระบวนการสังเคราะห์แสงทั้งในระยะวัฒนภาคและระยะสืบพันธุ์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chatterjee *et.al.*(1994) ศึกษาการเจริญเติบโตของข้าวสาลีในดินที่ขาดธาตุแมกนีเซียม พบว่า ปฏิกิริยาฮิลล์ลดลง เมื่อเพิ่มธาตุแมกนีเซียมในดินที่ขาดแมกนีเซียม พบว่าปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น และจากการศึกษาของ Chatterjee *et.al.* (1994) ได้ศึกษาปริมาณแมงกานีส พบว่าปริมาณแมงกานีสลดลงเมื่อขาดธาตุแมกนีเซียมและเพิ่มขึ้นเมื่อมีธาตุแมกนีเซียม ธาตุแมงกานีสเป็นธาตุที่สำคัญในปฏิกิริยาฮิลล์ ซึ่งแมงกาโนสโปรตีนในระบบแสงที่สอง และเป็นโปรตีนทำให้น้ำแยกตัว ต้องการแมงการนีสในการเร่งปฏิกิริยาเพื่อแยกน้ำให้ได้ออกซิเจน(ยงยุทธ, 2546; Yamada *et.al*., 1987; Chatterjee *et.al*.,1994)

สารแมกนีเซียมคลอไรด์ทำให้ปริมาณน้ำตาลในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ระยะวัฒนภาคปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้นหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 5 วัน ซึ่งเป็นช่วงวันที่เอนไซม์ไรบูโลสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสมีการตอบสนองต่อแมกนีเซียมคลอไรด์สูงสุด แต่การสะสมปริมาณน้ำตาลของข้าวสูงสุดกลับอยู่ที่ 14 วัน หลังจากได้รับสารไปแล้ว โดยความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมน้ำตาลสูงสุดถึง 137 % เมื่อเทียบกับชุดควบคุม เมื่อเปรียบเทียบกิจกรรมของเอนไซม์ พบว่า ความเข้มข้นและวันที่มีปริมาณน้ำตาลสูงมีความสัมพันธ์กัน เพราะกิจกรรมของเอนไซม์ก็สูงขึ้นเช่นเดียวกัน ปัทมาภรณ์ (2547) ได้ศึกษาผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี โดยแบ่งพ่นสารแมกนีเซียมคลอไรด์ออกเป็น 4 ความเข้มข้นคือ 0 (ชุดควบคุม) 10 15 30 พีพีเอ็ม และเก็บการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทดลองเป็นสองระยะได้แก่ ระยะวัฒนภาคและระยะสืบพันธุ์เช่นเดียวกับการทดลองนี้ พบว่า มีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นจากต้นควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Candan and Tarhan (2003) พบว่า ปริมาณของคลอโรฟิลล์ในใบ Mentha pulegium จะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับธาตุแมกนีเซียมในปริมาณมาก และลดลงเมื่อได้รับในปริมาณน้อย ดังนั้นเมื่อปริมาณคลอโรฟิลล์มีจำนวนมากโอกาศที่จะเกิดน้ำตาลซึ่งเป็นผลผลิตของกระบวนการสังเคราะห์แสงก็จะเพิ่มมากขึ้น ส่วนระยะสืบพันธุ์ พบว่า สารแมกนีเซียมคลอไรด์ยังคงทำให้ปริมาณน้ำตาลในข้าวหอมสุพรรณบุรีเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับต้นควบคุมแม้ว่าข้าวกำลังเข้าสู่ช่วงเก็บเกี่ยว โดยความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ทำให้มีการสะสมเพิ่มมากที่สุด สอดคล้องกับกิจกรรมของเอนไซม์ พบว่า แมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโลสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลสเพิ่มสูงขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับระยะวัฒนภาค พบว่า ระยะวัฒนภาคมีการตอบสนองที่ดีกว่าการทดลองของ David *et. al*. (2003) ใบของ *lupinus albus* ที่มีอายุน้อยจะมีการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น และปริมาณน้ำตาลสูงขึ้นกว่าใบที่มีอายุมากกว่า แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำตาลและกระบวนการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงที่สองของกระบวนการสังเคราะห์แสง ที่พบว่า กระบวนการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงที่สองของกระบวนการสังเคราะห์แสงเพิ่มสูงสุด ปริมาณน้ำตาลก็เพิ่มขึ้นไปด้วย โดยแมกนีเซียมทุกความเข้มข้นคือ 50 75 และ 150 ไมโครโมลาร์ทำให้กระบวนการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงที่สองของกระบวนการสังเคราะห์แสงเพิ่มไม่ต่างกัน

ผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ต่อการสะสมธาตุ แมกนีเซียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมงกานีส และเหล็ก ในส่วนใบ ลำต้น และราก ของข้าวหอมสุพรรณบุรีในระยะวัฒนภาคและระยะสืบพันธุ์ การสะสมธาตุแมกนีเซียมทั้งในระยะวัฒนภาคและระยะสืบพันธุ์ในใบมีการสะสมเพิ่มขึ้นในวันที่ 5 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ซึ่งความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ทำให้การสะสมของธาตุแมกนีเซียมเพิ่มมากที่สุด จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การสะสมของธาตุมีความสัมพันธุ์กับการทดลองที่ 1 2 และ 3 โดยการทดลองดังกล่าวมีการตอบสนองต่อสารแมกนีเซียมคลอไรด์ได้ดีหลังจากได้รับสารไปแล้ว 5 วันเช่นเดียวกัน เพราะธาตุแมกนีซียมเป็นธาตุหลักที่พืชต้องการและเป็นองค์ประกอบสำคัญอยู่กลางโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ ซึ่งรงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงของพืช และยังเป็นตัวกระตุ้นปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่เกี่ยวกับการย้ายฟอตเฟต คือ เอนไซม์ kinase ที่มีความสำคัญต่อแมทาบอลิซึ่มของการสังเคราะห์แสงและการหายใจของพืช (Mengel and Kirkbty, 2001) ส่วนการสะสมของธาตุแมกนีเซียมในส่วนลำต้น และรากของข้าวหอมสุพรรณบุรีทั้งสองระยะ เมื่อเปรียบเทียบทุกความเข้มข้นคือ 50 75 และ 150 ไมโครโมลาร์ กับชุดควบคุม พบว่า ความเข้มข้น 50 และ75ไมโครโมลาร์การสะสมไม่ค่อยแตกต่าง แต่ความเข้มข้น 150

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไมโครโมลาร์ ทำให้การสะสมของธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น อาจเป็นผลจากการที่ใบของข้าวหอมสุพรรณบุรีต้องการของแมกนีเซียมเพิ่มขึ้น เนื่องจากแมกนีเซียมมีจำเป็นและบทบาทสำคัญในการกระตุ้นเอนไซม์ในกระบวนการสังเคราะห์แสง และกระบวนการหายใจ ซึ่งเป็นกระบวนการสร้างพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต (พูนพิภพ, 2549) ทำให้มีการเคลื่อนย้ายธาตุแมกนีเซียมจากลำต้นไปสู่ใบ ซึ่งธาตุแมกนีเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ดีในโฟลเอ็มไปสู่อวัยวะอื่น (ยงยุทธ, 2546) และที่ความเข้มข้น150 ไมโครโมลาร์มีการสะสมเพิ่มขึ้นทั้งรากและลำต้น เนื่องความเข้มข้นมีการเคลื่อนไปที่อย่างใบเพียงพอแล้วจึงมีการสะสมในส่วนลำต้นและรากเพิ่มขึ้น

การสะสมธาตุโพแทสเซียมในใบ ลำต้น และรากของข้าวหอมสุพรรณบุรีมีการสะสมลดลงทั้งในระยะวัฒนภาคและระยะสืบพันธุ์ โดยในระยะวัฒนภาค แมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ ทำให้การสะสมของแทสเซียมลดต่ำมากที่สุด โดยเริ่มลดงหลังจากได้รับสารไปแล้ว 3 วัน แล้วส่วนใหญ่เริ่มลดลงมากที่สุดหลังจากได้รับสารไปแล้ว 5วัน เนื่องจากแมกนีเซียมไอออนกับโพแทสเซียมไอออนจะเป็นปฏิปักต่อกัน ซึ่งหากโพแทสเซียมไอออนในปริมาณที่มากอัตราการดูดแมกนีเซียมก็จะน้อยลง หากมีธาตุแมกนีเซียมมากอัตราการดูดโพแทสเซียมก็จะน้อย (Mengel and kirkby, 1982) หากมีธาตุโพแทสเซียมปริมาณสูงเกินไปจะทำให้หน่วยย่อยของไรโบโซมกระจัดกระจายทำให้การสังเคราะห์โปรตีนหยุด ทำให้การทำหน้าที่ของคลอโรพลาสต์ และการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในระบบแสงสองลดลง (Marcus, 1976; scott and Robson, 1990) ส่วนการสะสมธาตุโพแทสเซียมในส่วนใบ ลำต้น และรากของข้าวหอมสุพรรณบุรีในระยะสืบพันธุ์พบว่าแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่ำคือ 50 ไมโครโมลาร์ลดลงต่ำมากที่สุดเท่านั้นที่ทำให้การสะสมของธาตุโพแทสเซียมลดลง แต่ความเข้มข้น 75 และ 150 ไมโคโมลาร์ ทำให้การสะสมเพิ่มขึ้น เนื่องจากระยะนี้ข้าวเริ่มเข้าสู่ช่วงเก็บเกี่ยวความต้องของธาตุแมกนีเซียมก็น้อย ดังนั้นเมื่อต้องการน้อย การดูดซึมจึงน้อยไปด้วย ทำให้การสะสมของธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น และเพื่อปรับสมดุลในแต่ต้นข้าวเพื่อไม่ขาดธาตุโพแทสเซียมซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่มีบทบาทสำคัญในการควบคุมแรงดันออสโมติกของเซลล์คุมรักษาสมดุลของประจุในเซลล์ทั้งยังเกี่ยวของกับการสังเคราะห์แป้ง (ศรีสม, 2546) ซึ่งในระยะนี้เป็นระยะที่ข้าวสร้างผลผลิตซึ่งได้แก่แป้งจึงมีการสะสมของธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นด้วย

การสะสมของธาตุแคลเซียมในใบของข้าวหอมสุพรรณบุรีในระยะวัฒนภาค พบว่า มีการสะสมลดลงมากที่สุดหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 7 วัน การตอบสนองค่อนข้างใกล้เคียงกับการทดลองที่ 1 2 และ 3 การที่แคลเซียมมีสะสมลดลง อาจเนื่องจากการที่ใบของข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะนี้ ต้องการธาตุแมกนีเซียมที่มากกว่า แม้ว่าแคลเซียมจะเป็นปฏิปักษ์กับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธาตุแมกนีเซียม ทั้งยังเป็นคู่แข่งที่เก่งกว่าแมกนีเซียมไอออนในการเข้าจับกับมัลทิเดนเทตลิแกนด์ (multidentate ligands) และลิแกนอื่น ๆ บางชนิด เพื่อป้องกันให้แมกนีเซียมไอออนในไซโตพลาซึมทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ พืชจึงมีกลไกลการดูดแคลเซียมออกจากไซโตพลาสซึมให้เหลือพอประมาณ(Hanson, 1984; Leshem, 1992) ทำให้มีปริมาณธาตุแคลเซียมต่ำในระยะนี้ แต่ใบข้าวหอมสุพรรณบุรีในระยะสืบพันธุ์ ลำต้น และรากทั้งสองระยะการสะสมของธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้น โดยในใบระยะสืบพันธุ์เพิ่มขึ้นมากที่สุดหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 3 วัน เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ส่วนลำต้นระยะวัฒนภาคมีการสะสมสูงสุดหลังจากได้รับสารไปแล้ว 7 วัน ลำต้นในระยะสืบพันธุ์มีการสะสมสูงสุดหลังจากได้รับสารไปแล้ว 5 วัน การตอบสนองค่อนข้างใกล้เคียงกับการทดลองที่ 1 2 และ 3 ในรากระยะวัฒนภาคการสะสมธาตุแคลเซียมสูงสุดหลังจากได้รับสารไปแล้ว 7 วัน และในระยะสืบพันธุ์มีการสะสมสูงสุดหลังจากได้รับสารไปแล้ว 14 วัน จากการผลการทดลองที่พบว่า ข้าวหอมสุพรรณบุรีมีการสะสมธาตุแคลเซียมเพิ่ม โดยเฉพาะในระยะสืบพันธุ์ที่มีการสะสมได้ดีกว่าในระยะวัฒนภาค เนื่องจากธาตุแคลเซียมมีบทบาทสำคัญที่เป็นส่วนประกอบและทำให้ผนังเซลล์ เนื้อเยื่อ และต้นพืชแข็งแรง(ยงยุทธ, 2546) และจากการทดลองที่ 1 2 และ 3 มีการตอบสนองต่อสารแมกนีเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นถึงการสังเคราะห์แสงที่เพิ่มขึ้น และ Nayar and Koshy (1976) ได้ทำการทดลองใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมให้กับข้าว ในรูปต่างคือ แมกนีเซียมคลอไรด์ แมกนีเซียมคาร์บอเนต แมกนีเซียมซิลิเกต และแมกนีเซียมซัลเฟต พบว่าปุ๋ยแมกนีเซียมซิลิเกตและแมกนีเซียมคลอไรด์ ทำให้ต้นข้าวสูงขึ้นมากสุด และปุ๋ยทั้ง 4 ชนิด มีแนวโน้มที่ทำให้ผลผลิตของข้าวสูงขึ้นด้วย เมื่อการเจริญเติบโตมากขึ้น ดังนั้นการเจริญเติบโตของข้าวเพิ่มขึ้น การสะสมของธาตุแคลเซียมจึงเพิ่มขึ้นด้วย

ผลของสารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมธาตุแมงกานีสในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีทั้งในระยะวัฒนภาคและระยะสืบพันธุ์ พบว่า สารแมกนีเซียมคลอไรด์ทำให้การสะสมของธาตุแมงการนีสเพิ่มขึ้นทั้งสองระยะ เมื่อเทียบกับต้นควบคุม ระยะวัฒนภาคมีการสะสมมากที่สุดหลังจากได้รับสารไปแล้ว 5 วัน โดยตอบสนองความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ทำให้การสะสมของธาตุแมงกานีสสูงที่สุด แต่ในระยะสืบพันธ์มีการสะสมมากที่สุดหลังจากได้รับสารไปแล้ว 3 วัน และความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ทำให้การสะสมของธาตุแมงกานีสสูงที่สุด การสะสมของธาตุแมงกานีสมีความสัมพันธ์กับกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนระบบแสงที่สองของการสังเคราะห์แสง เนื่องจากแมงกานีสจำเป็นในปฏิกิริยาฮิลล์ (Hill reaction) ซึ่งจะทำงานร่วมกับคลอไรด์และแสงเพื่อกระตุ้นการแตกตัวของน้ำ แล้วได้ออกซิเจน (ยงยุทธ, 2546) หากแมงกานีสในใบลดลงจะมีผลต่อการปลดปล่อยออกซิเจนในปฏิกิริยาฮิลล์ลดลงกว่า 50 % และยังมีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงด้วย (Polle *et al*,1992) สอดคล้องกับการศึกษาของ Chatterjee *et.al.*(1994) ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทำการทดลองเพิ่มแมกนีเซียมให้ต้นข้าวสาลี พบว่า มีปริมาณธาตุแมงกานีสในมวลชีวภาพเพิ่มขึ้น และปฏิกิริยาฮิลล์เพิ่มขึ้นด้วย จากทดลองผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ต่อปฏิกิริยาฮิลล์ พบว่า มีปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นทั้งสองระยะ ดังนั้น ปริมาณแมงกานีส ในใบข้าวหอมสุพรรณทั้งสองระยะจึงเพิ่มมากขึ้นด้วย ในส่วนลำต้นและรากระยะวัฒนภาคพบว่า การสะสมของธาตุแมงกานีสมีการสะสมลดลงโดยตอบสนองหลังจากได้รับสารไปแล้ว 5 วันทั้งสองส่วน ซึ่งในระยะวัฒนภาคมีการตอบสนองต่อความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ แต่ระยะสืบพันธุ์มีการตอบสนองต่อความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ ได้ดี จากการที่มีการสะสมธาตุแมงกานีสลดลง สอดคล้องกับรายงานของ Eugene *et.al.* (1969) โดยได้ทดลองเพิ่มธาตุแมกนีเซียมให้รากข้าวบาร์เลย์ พบว่าข้าวบาร์เลย์มีการสะสมธาตุแมงกานีสลดลง และเพื่อลดความเป็นพิษของธาตุแมงกานีสซึ่งหากมีปริมาณธาตุแมงกานีสมากเกินไปจะทำให้เกิดรอยด่างที่ใบแก่ มีภาวะพร่องคลอโรฟิลล์ (chlorosis) และเนื้อเยื่อตายเป็นหย่อม ๆ (necrosis) และยังมีผลทำให้แคลเซียมย้ายไปที่ใบอ่อนน้อยลง (Wissemeier and Horst, 1992; ยงยุทธ, 2546) ดังนั้นเพื่อลดความเป็นพิษของธาตุแมงกานีส ข้าวหอมสุพรรณบุรีจึงสะสมของธาตุแมงกานีสในลำต้นและรากลดลง ซึ่งข้าวสาลีจะมีกลไกในการลดความเป็นพิษของธาตุแมงกานีสโดยเพิ่มปริมาณธาตุแมกนีเซียมเพื่อลดปริมาณธาตุแมงกานีสในส่วนของลำต้นและราก (Goss and Carvalho, 1992) แต่ส่วนลำต้นและรากในระยะสืบพันธุ์ การสะสมกลับเพิ่มขึ้นทั้งสองส่วน โดยตอบสนองในวันที่ 5 หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนระบบแสงที่สองของการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น โดยแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นสูงที่สุดคือ 150 ไมโครโมลาร์ แม้ว่าระยะสืบพันธุ์เป็นระยะที่พืชกำลังเข้าสู่ช่วงเก็บเกี่ยวแล้ว แต่ก็พบว่า มีการสะสมแมงกานีสเพิ่มขึ้น น่าจะมาจากในระยะนี้ข้าวหอมสุพรรณบุรีมีความต้องธาตุแมงกานีสเพิ่มขึ้น และธาตุแมงกานีสยังไม่เป็นพิษจึงมีการสะสมธาตุแมงกานีสเพิ่มขึ้น

ผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ต่อการสะสมธาตุเหล็กของข้าวหอมสุพรรณบุรีในส่วนใบ ลำต้นและราก ทั้งระยะวัฒนภาคและระยะสืบพันธุ์ พบว่า มีการสะสมธาตุเหล็กเพิ่มขึ้น โดยในระยะวัฒนภาค ส่วนของใบสะสมสูงสุดหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 14 วัน ลำต้นสะสมสูงสุดหลังจากได้รับสารไปแล้ว 1 วัน รากสะสมสูงสุดหลังจากได้รับสารไปแล้ววันที่ 14 วัน ในระยะสืบพันธุ์ ใบสะสมธาตุเหล็กสูงสุดหลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ไปแล้ว 7 วัน ลำต้นสะสมสูงสุดหลังจากได้รับสารไปแล้ว 1วัน รากสะสมสูงสุดหลังจากได้รับสารไปแล้ว 1 วัน จะเห็นได้ว่า การตอบสนองของธาตุเหล็กมีการตอบสนองเร็วกว่าธาตุอื่น ๆ โดยส่วนใหญ่มีการสะสมสูงสุดหลังจากได้รับสารไป 1 วัน เนื่องจากธาตุเหล็กมีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ เพราะเป็น Activator ของเอนไซม์ chlorophyllase เป็นองค์ประกอบของ ferredoxin ในไซโตโครม ซึ่งมีหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนใน electron transpot chain ที่มีความสำคัญต่อแมทาบอลิซึม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มาก โดยเฉพาะการสังเคราะห์แสงและการหายใจ (ยงยุทธ, 2546;Mengel and Kirkby, 2001) Candan and Tarhan (2002) ได้ทำการศึกษาผลของแมกนีเซียมต่อปริมาณคลอโรฟิลล์และคาโรทีนอยด์ในใบ *Mentha pulegium* พบว่า จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับปริมาณแมกนีเซียมมาก และลดลงเมื่อได้รับในปริมาณที่น้อย และจากการทดลองได้ทำการทดลองโดยการพ่นสารแมกนีเซียมคลอไรด์ลงในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี ดังนั้นปริมาณคลอโรฟิลล์ในข้าวหอมสุพรรณบุรีเพิ่มมากขึ้นด้วย ทำให้ปริมาณธาตุเหล็กเพิ่มขึ้น และจากการทดลองนี้ได้ทำการทดลอง ผลของแมกนีเซียมคลอไรด์ต่อกิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลส และการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสง หรือปฏิกิริยาฮิลล์ พบว่า ทั้งกิจกรรมของเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลส และ ปฏิกิริยาฮิลล์เพิ่มขึ้น หลังจากได้รับสารแมกนีเซียม ดังนั้นปริมาณธาตุเหล็กจึงเพิ่มขึ้นด้วย และแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ทำให้มีการสะสมของธาตุเหล็กดีที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. เอ็นไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลสในใบของข้าวหอมสุพรรณบุรีในระยะวัฒนภาคมีการตอบสนองต่สารแมกนีเซียมคลอไรด์ได้ดีกว่าในระยะสืบพันธุ์ ซึ่งในระยะวัฒนภาคจะมีการตอบสนองในทุกๆความเข้มข้นคือ 50 75 และ 150 ไมโครโมลาร์ โดยตอบสนองได้ดีหลังจากวันที่ 5 หลังจากได้รับสาร

2. สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของน้ำตาลในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีทั้งสองระยะคือ ระยะวัฒนภาคและระยะสืบพันธุ์ โดยความเข้มข้นคือ 75 ไมโครโมลาร์ ทำให้มีการสะสมน้ำตาลภายใบใบเพิ่มขึ้น และในระยะวัฒนภาคมีการสะสมน้ำตาลได้ดีกว่าในระยะสืบพันธุ์

3. สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อกระบวนการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงที่สองของข้าวหอมสุพรรณบุรีทั้งสองระยะโดยความเข้มข้นคือ 75 ไมโครโมลาร์ ทำให้มีการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงที่สองเพิ่มสูงสุด ซึ่งในระยะวัฒนภาคมีการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนได้ดีกว่าในระยะสืบพันธุ์

4. สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุแมกนีเซียมใน ใบ ลำต้น และ ราก ของข้าวหอมสุพรรณบุรีโดยมีการสะสมเพิ่มขึ้นทั้งในระยะวัฒนภาคและระยะสืบพันธุ์

- ใบในระยะสืบพันธุ์มีการสะสมได้ดีกว่าในระยะวัฒนภาคโดยความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์มีการสะสมได้ดีที่สุด
- ลำต้นและรากพบว่ามีการสะสมในระยะสืบพันธุ์ได้ดีกว่าระยะวัฒนภาคโดยความเข้มข้น 30 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมดีที่สุดทั้งลำต้นและราก

5. สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุโพแทสเซียมใน ใบ ลำต้น และ ราก ของข้าวหอมสุพรรณบุรีทั้งในระยะวัฒนภาคและระยะสืบพันธุ์

- ใบและลำต้นมีการสะสมธาตุโพแทสเซียมลดลงทั้งในระยะวัฒนภาคและระยะสืบพันธุ์ โดยที่ระยะวัฒนภาคมีการสะสมลดลงมากกว่าระยะสืบพันธุ์และที่ความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ทำให้การสะสมโพแทสเซียมลดลงมากที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- รากมีการสะสมของธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ซึ่งในระยะสืบพันธุ์มีการสะสมได้ดีกว่าในระยะวัฒนภาคโดยที่ความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมที่ดีที่สุด

6. สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุแคลเซียมใน ใบ ลำต้น และ ราก ของข้าวหอมสุพรรณบุรีทั้งในระยะวัฒนภาคและระยะสืบพันธุ์

- ใบในระยะวัฒนภาคมีการสะสมแคลเซียมลดลง แต่ในระยะสืบพันธุ์มีการสะสมเพิ่มขึ้น

- ลำต้นและรากมีการสะสมเพิ่มขึ้นทั้งสองระยะ ซึ่งในระยะวัฒนภาคมีการสะสมได้ดีกว่าในระยะสืบพันธุ์ โดยความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ มีการสะสมที่ดีที่สุด

7. สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุแมกนีเซียมใน ใบ ลำต้น และ ราก ของข้าวหอมสุพรรณบุรีทั้งในระยะวัฒนภาคและระยะสืบพันธุ์

- ใบมีปริมาณธาตุแมงกานีสเพิ่มขึ้นทั้งสองระยะ โดยระยะสืบพันธุ์มีการสะสมได้ดีกว่าระยะวัฒนภาค

- ลำต้นมีปริมาณธาตุแมงกานีสลดลงทั้งสองระยะ โดยระยะวัฒนภาคมีการสะสมลดลงกว่าระยะสืบพันธุ์

- รากในระยะวัฒนภาคมีการสะสมธาตุแมงกานีสลดลง ในระยะสืบพันธุ์มีการสะสมธาตุแมงกานีสเพิ่มขึ้น

8. สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสะสมของธาตุเหล็กใน ใบ ลำต้น และ ราก ของข้าวหอมสุพรรณบุรี โดยมีการสะสมเพิ่มขึ้นทั้งในระยะวัฒนภาคและระยะสืบพันธุ์

- ใบและลำต้นการสะสมของธาตุเหล็กในระยะวัฒนภาคดีกว่าระยะสืบพันธุ์

- รากการสะสมของธาตุเหล็กในระยะสืบพันธุ์ดีกว่าระยะวัฒนภาค

ดังนั้นสารแมกนีเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์จึงมีความเหมาะสมต่อการทดลองนี้ เนื่องจากทำให้กิจกรรจเอ็นไซม์ไรบูโรสบิสฟอตเฟตคาร์บอกซิเลส การสะสมของน้ำตาล และ กระบวนการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงที่สองในใบของข้าวหอมสุพรรณบุรี เพิ่มขึ้นได้ดีที่สุด เนื่องจากทั้ง 3 กระบวนการกี่ยวของกับสังเคราะห์แสง และน้ำตาลก็เป็นผลผลิตของกระบวนการนี้ และระยะที่เหมาะสมในการพ่นคือระยะวัฒนภาค เพราะมีการตอบสนองได้ดี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองพบว่า สารแมกนีเซียมคลอไรด์มีผลทำให้กระบวนการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น ซึ่งกระบวนการสังเคราะห์แสงเป็นกระบวนสร้างอาหารและผลผลิตของพืช ผลที่ได้จากการทดลองเป็นความรู้พื้นฐานเพื่อนำไปต่อยอดในการศึกษาเพื่อหาความเหมาะสม และพัฒนาเพื่อการใช้สารเคมีในการเพิ่ม และพัฒนาผลผลิตของพืชต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมการข้าว. 2550. **งานในรอบปีสำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว,** กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2543. **ข้าวพันธุ์ดี**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรมส่งเสริมการเกษตร. กรุงเทพมหานคร

จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2536. **การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2546. **ธาตุอาหารพืช.** พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

พูนพิภพ เกษมทรัพย์. 2549. **ชีววิทยา 2**. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัทด่านสุทธการการพิมพ์จำกัด. กรุงเทพฯ

รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ, เรวัต เลิศฤทัยโยธิน, ชูศักดิ์ จอมพุก และ จุฑามาศ ร่มแก้ว. 2541. **พฤกษศาสตร์พืชเศรษฐกิจ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

วัลลภ อารีรบ, นิรันดร์ จันทวงศ์, สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, ปัทมาภรณ์ ติดทะ. 2548. อิทธิพลของแมกนีเซียมคลอไรด์ต่อการเติบโต ปริมาณคลอโรฟิลล์ ธาตุอาหารบางชนิดที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสง และน้ำตาลในใบข้าวหอมสุพรรณบุรี. **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43: สาขาพืช.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2544. **การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. **ข้าว:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Bonnet, M., O. Camares and P. Veisseire. 2000. Effects of zinc and influence of *Acremonium lolii* on growth parameter, chlorophyll a fluorescence and antioxidant enzyme activities of ryegrass (*Lolium perenne* L. cv Apollo). **Journal of Experimental Botany** 51(346): 945-953

Campbell, N.A.. J.R. Reece and L.G. Mitchell. 1999. Biology. Fifth Edition. The Benjamin/cummings. Califfornia.

Chatterjee, C., N. Nautiyal and S. C. Agarwala. 1994. Influence of Changes in Manganese and Magnesium Supply on Some Aspects of Wheat Physiology**. J. Soil Sci. Plant Nutr.** 40(2):191-197

Clarkson, D.T. and J.B. Hanson. 1980. The mineral nutrition of higher plants. Annu. Rev. **Pl. Physiol.** 31: 239-298.

_____ and J. Sanderson. 1978. Site of absorption and translocation of iron in barley roots:Tracer and microautoradiograhic studies. **Plant physiol**. 61: 731-736.

Counce, P. A., D. R. Gealy and S. S. Sung. 2003. physiology, pp. 129-152. in C. W. Smite and R. H. Dilday, eds. **RICE: Origin, History, Technology, and Production.** John Wiley & Sons, Inc. New Jersey.

Eichelmann, H. and A. Laisk. 1999. Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase content, assimilatory charge, and mesophyll conductance in leaves. **Plant Physiology** 119: 179-189.

Ferraro, F., A. Castagna, G. F. Soldtini and A. Ranieri. 2003. Tomato (*Lycopersicon esculentnm* M.*)* T3238*FER* and T3238*fer* genotypes. Influence of different iron concentrations on thylakoid pigment and protein composition. **Plant Science**.00:1-10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Franke, W.. 1967. Mechannism of foliar pentration of solution. Ann. Rev. **Plant physiol**. 18: 248-300

Gesch, R.W., K.J. Boote, J.C.V. Vu, L. H. Allen, Jr. and G. Bowes. 1998. Changes in growth CO_2 result rapid adjustment of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase small subunit gene expression in expanding and mature leaves of rice. **Plant Physiology** 118: 521-529.

Goss, M.J. and M.J.P.E.R. Carvalho. 1992. Manganese toxicity: The significance of magnesium for the sensitivity of wheat plant. **Plant Soil** 139: 91-98.

Hanson. J. B. 1984 fuction of calcium in plant nutrition, pp. 149-207. In P.B. Tinker and A. Louchli, eds. **Advances in plant Nutrition**. Praeger Publishers. New york.

Haussling, M., C.A. Jones, G. Lehmbecker, CH. Hecht. Buchholz and H. Marschner. 1988. Ion and watert uptake in relalion to root development in Norway spruce. **J**. **Plant physiol**. 133: 486-491.

Horlitz, M. and P. Klaff. 2000. Gene-specific trans-regulatory function of magnesium for chloroplast mRNA stability in higher plants. **J**. **Biol. Chem**. 275: 35638-35645.

Hull, H.M., H.L. Morton and J.R. Wharrie. 1975. Enviromenttal influences on cuticle development and resultant foliar pentration. **Bot**. **Rev**. 41: 421-452.

Jensen, R. G.. 1990. Ribulose Bisphosphate carboxylase/oxygenase:mechanism, activation, and regulation, pp. 224-238. in D. T. Dennis and D. H. Turpin, eds. **Plant Physiology, Biochemistry and Molecular Biology**. Longman scientific & Technical. Singapore

Kashirad, A., H. Marschner and C. H. Richter. 1973. **Absorption and translocation of 59Fe form Various. Parts of the Corn Plant**. Z. Pflanzenernähr. Bodenk.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Lasa, B., S. Frechilla, M. Aleu, B. González-Moro, C. Lamsfus and P.M. Aparicio-Tejo. 2000. Effects of low and high levels of magnesium on the response of sunflower plants grown with ammonium and nitrate. **Plant and Soil**. 225: 167-174.

Leece, D.R. 1976 Composition of ultranstructure of leaf cuticles fromdifferent trees relative to differential foliar absorption. **Aust. J. Plant physiol**. 3: 833-847.

Leshem. Y.Y. 1992. **plant membrane**. Kluwer Acadamic Publishers. New york.

Li, C.R., Y.H. Liang and C.S. Hew. 2002. Responses of rubisco and sucrose-metabolizing enzymes to different CO_2 in a C_3 tropical epiphytic orchid *Oncidium* Goldiana. **Plant Science** 163: 313-320.

Maas, E.V., D. P. Moore and B. J. Mason. 1969. Influence of Calcium and Magnesium on Manganese Absorption. **Plant Physiol**. 44: 796-800

Mae, T., A. Makino and K. Ohira. 1983. Changes in the Amounts of Ribulose Bisphosphate carboxylase Systhesized and Degraded during the life span of rice leaf (*Oryza sativa* L.). **Plant Physiology** 24(6):1079-1086.

Makino, A., T. Mae and K. Ohira. 1983. Purification and storage of Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase from rice leaves. **Plant & Cell Physiology** 24(6): 1169-1173.

Makino, A., T. Mae and K. Ohira. 1985. Enzyme Properties of Ribulose-1,5-bisphosphat carboxylase/oxygenase Purified from Rice leaves. **Plant Physiology** 79 :57-61.

Martin-prével, P., J. Gagnard and P. Gautier. 1984. General Subjects: Plant Nutrition, pp. 9-68. in P. Martin-Prével, J. Gagnard and P. Gautier, eds. **Plant Analysis: As a Guide To The Nutrient Requirements Of Temperate And Crops**. Technique et Documentation s.a.. Paris.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Marcus, A. 1976. Protein biosynthesis, pp.507-522. in J.Bonner and J.E. Verner, eds. **Plant biochemistry.** Acadamic Press. New york.

McDonald, I. R., P. C. DeKock and A. H. Knight. 1960. Variation in the mineral content of storage tissure disks maintained in tap water. **Physoil. Plant.** 13: 76-89

Mehne-jakobs, B. 1995. The influence of magnesium deficiency on carbohydrate concentrations in Norway spruce (*Picea abies*) needles. **Tree Physiology** 15: 577-584.

_____ and R. F. Huttl. 1995. Seasonal development of the photosynthesis performance of Norway spruce (Picea abies (L.) Karst.) under magnesium deficiency. **Nutrient uptake and cycling in forest ecosystem**. Helmstad. Sweden.

Mengel, K. and E. A. Kirkby. 1982. **Principles of plant nutrition**. Potash Inst. Bern

Moldenhauer, K. A. K. and J. H. Gibbons. 2003. Rice Morphology and Development, pp. 103-127. in C. W. Smite and R. H. Dilday, eds. **RICE:Origin, History, Technology, and Production.** John Wiley & Sons, Inc. New Jersey.

Morh, H. and P.Schopfer. 1995. **Plant physiology**. Spring-Verlag Berlin Heidelberg. New York.

Mott, K. A.. 1997. Ribulose bisphosphat carboxylase /oxygenase:mechanism, activation, and regulation, pp. 286-313. in D. T. Dennis, D. H. Turpin, D. D. Lefebvre and D. B. Layzell, eds. **Plant metabolism**. Addison Wesley Longman. Singapore.

Odom, D., C, J. Grarmer, V. G. Young Jr., S. A. Hilderbrand and S. E. Sherman. 2000. Synthesis and characterization of magnesium and zine complexes of 1,4,7,-triazacycolononane-*N*-acetate. Potential models for the active site of RuBisoCo. **Inoganica Chimica Acta** 297 : 404-410.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Parry, M. A. J., A. J. Keys, G. Bainbridge, S. P. Colliver, P. J. Andralojc, M. J. Paul, F. M. Banks and P. J. Madgwick. 1999. Rubisco: attempts to reform a promiscuous enzyme, pp. 1-16. in N. J. Kruger, S. A. Hill and R. G. Ratcliffe, eds. **Regulation of Primary Metabolic Pathway in Plants**. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.

Potis Jr., A. R. 1981. Evidence of low stromal Mg^{2+} concentration in intact chloroplasts in the dark. I. Studies with the ionophore A 23187. **plant physiol**. 67 : 985-989.

_____ and M. E. Salvucci. 2002. The discovery of Rubisco activese – yet another story of serendipity. **Photosynthesis Research** 73 :257-264.

Scott, B.J. and A.D. Robson. 1990. Changes in the content and form of magnesium in the first trifoliate leaf of subterranean clover under altered or content root supply**. Aust. J. Agric. Res.** 41 :511-519

Steward, F. C. and J. F. sutcliffe. 1959. Plant physiology-A Treatise, pp. 253-478. in F. C. Steward, ed. **Plants in relation to inorganic salts, Vol 2.** Academic Press. New York.

Sugiyama, T.,C. Mutsumoto,T. Akazava and S. Miyachi. Structure and function of chloroplast proteins. VII Ribulose-1,5-diphosphate carboxylase of Chlorella ellipsoida. **Arch. Biochem Biophys**. 129 :597-602

Sun, O.J. and T.W. Payn. 1998. Magnesium nutrition and photosynthesis in *Pinus radiata*: clonal variation and influence of potassium. **Tree Physiology** 19: 535-540.

Swietlik, D. and M. Faust. 1984. Foliar nutrition of fruit crops. **Host. Rev**. 6: 287-355.

Vaughan, D. A. and H. Morishima. 2003. Biosystematic of the Genus *Orysa*, pp.27-65. in C. W. Smite and R. H. Dilday, eds. **RICE:Origin, History, Technology, and Production.** John Wiley & Sons, Inc. New Jersey.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Weng, X. Y. and W. H. Mao. 2000. The relationship of Rubisco activase to Rubisco and photosynthetic rate during development of rice leaf. **Acta-Agriculturae-Zhejingensis**. 12: 3,121-125.

Wissemeier, A.H. and W. J. Horst. 1992. Effects of light intensity on manganese toxicity symptoms and callose fromation in cowpea (*vigna unguiculata* (L.) Walp.). **plant soil.** 143:299-309.

Yamada, y., H. P. Rasmussen, M. J. Bukovac and S. H. Wittwer. 1966. Binding sites for inorganic ions and urea on isolateed cuticular membrane surfaces. **AM. J. Bot**. 53: 170-172.

_____ , X.S. Tang, S. Itah and K. Satoh. 1987. PuriFication and properties of an oxygen-evolving photosystem II reaction complex from spinach. **Biochim. Biophys. Acta**. 891:129-137.

Yeoh, H. H., N. E. Stone, E. H. Creaser and L. Watson. 1978. Isolation and Characterization of Wheat Ribulose-1,5-diphosphate carboxylase. **Phytochemistry** 18 :561-564.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของกิจกรรมเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลส น้ำตาล และการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสงในใบข้าวหอมสุพรรณบุรีระยะวัฒนภาคและระยะสืบพันธุ์หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่างกัน

SV	DF	MS					
		กิจกรรมเอนไซม์ไรบูโรสบิสฟอสเฟตคาร์บอกซิเลส		น้ำตาล		การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบที่สองของการสังเคราะห์แสง	
		ระยะวัฒนภาค	ระยะสืบพันธุ์	ระยะวัฒนภาค	ระยะสืบพันธุ์	ระยะวัฒนภาค	ระยะสืบพันธุ์
อายุ(A)	5	0.008**	0.085**	1003.840**	4638.810**	0.019**	0.012**
ความเข้มข้น(C)	3	0.022**	0.008*	517.545**	99.360**	0.006**	0.002**
A x C	15	0.003*	0.003 ns	603.841**	90.539**	0.002**	0.002**
ERROR	48	0.001	0.002	0.201	0.157	0.0001	0.0002
TOTAL	71						
CV (%)		8.500	12.700	0.700	0.800	5.600	10.500

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการสะสมของธาตุแมกนีเซียมในใบ ลำต้น และรากของข้าวหอมสุพรรณบุรีในระยะวัฒนภาค และระยะสืบพันธุ์หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น และระยะเวลาต่างกัน

SV	DF	MS					
		ใบ		ลำต้น		ราก	
		ระยะวัฒนภาค	ระยะสืบพันธุ์	ระยะวัฒนภาค	ระยะสืบพันธุ์	ระยะวัฒนภาค	ระยะสืบพันธุ์
อายุ(A)	5	30.53**	20.25**	9.19**	31.41**	41.20**	32.55**
ความเข้มข้น(C)	3	9.55**	4.37**	1.52**	2.33**	3.02**	1.58**
A x C	15	2.92**	7.33**	2.56**	2.18**	3.25**	1.23**
ERROR	48	0.06	0.07	0.09	0.08	0.02	0.03
TOTAL	71						
CV (%)		2.40	2.40	3.00	3.10	2.00	2.20

** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการสะสมของธาตุโพแทสเซียมในใบ ลำต้น และรากของข้าวหอมสุพรรณบุรีในระยะวัฒนภาค และระยะสืบพันธุ์หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น และระยะเวลาต่างกัน

SV	DF	MS					
		ใบ		ลำต้น		ราก	
		ระยะวัฒนภาค	ระยะสืบพันธุ์	ระยะวัฒนภาค	ระยะสืบพันธุ์	ระยะวัฒนภาค	ระยะสืบพันธุ์
อายุ(A)	5	4331.51**	1827.56**	158775.00**	24687.00**	170872.00**	7412.99**
ความเข้มข้น(C)	3	1117.05**	3962.56**	36599.40**	28331.30**	1048.83**	1413.65**
A x C	15	1015.62**	675.53**	6550.18**	7233.58**	3004.98**	927.20**
ERROR	48	5.11	49.87	4.83	5.82	5.40	6.44
TOTAL	71						
CV (%)		1.10	4.20	0.50	0.90	0.50	2.40

** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการสะสมของธาตุแคลเซียมในใบ ลำต้น และรากของข้าวหอมสุพรรณบุรีในระยะวัฒนภาค และระยะสืบพันธุ์หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น และระยะเวลาต่างกัน

SV	DF	MS					
		ใบ		ลำต้น		ราก	
		ระยะวัฒนภาค	ระยะสืบพันธุ์	ระยะวัฒนภาค	ระยะสืบพันธุ์	ระยะวัฒนภาค	ระยะสืบพันธุ์
อายุ(A)	5	127.138**	1040.14**	53.49**	936.13**	13.06**	7.39**
ความเข้มข้น(C)	3	14.91**	216.27**	119.66**	14.02**	14.60**	35.85**
A x C	15	92.09**	188.85**	22.36**	53.87**	8.78**	5.82**
ERROR	48	0.85	0.03	0.07	0.06	0.17	0.06
TOTAL	71						
CV (%)		3.00	0.50	0.30	0.30	0.50	0.30

** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณธาตุแมงกานีสในใบ ลำต้น และรากของข้าวหอมสุพรรณบุรีในระยะวัฒนภาค และระยะสืบพันธุ์หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น และระยะเวลาต่างกัน

SV	DF	MS					
		ใบ		ลำต้น		ราก	
		ระยะวัฒนภาค	ระยะสืบพันธุ์	ระยะวัฒนภาค	ระยะสืบพันธุ์	ระยะวัฒนภาค	ระยะสืบพันธุ์
อายุ(A)	5	115.00**	230.01**	224.01**	79.16**	241.45**	116.467**
ความเข้มข้น(C)	3	53.46**	115.11**	37.50**	3.21**	18.77**	1.85**
A x C	15	6.56**	110.22**	14.96**	10.83**	5.50**	1.74**
ERROR	48	0.06	0.33	0.07	0.12	1.00	0.07
TOTAL	71						
CV (%)		1.10	3.20	1.20	1.80	1.80	1.60

** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการสะสมของธาตุเหล็กในใบ ลำต้น และรากของข้าวหอมสุพรรณบุรีในระยะวัฒนภาค และระยะสืบพันธุ์หลังจากได้รับสารแมกนีเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น และระยะเวลาต่างกัน

SV	DF	MS					
		ใบ		ลำต้น		ราก	
		ระยะวัฒนภาค	ระยะสืบพันธุ์	ระยะวัฒนภาค	ระยะสืบพันธุ์	ระยะวัฒนภาค	ระยะสืบพันธุ์
อายุ(A)	5	59.90**	346.13**	74.59**	144.35**	1040.25**	6199.14**
ความเข้มข้น(C)	3	17.66**	21.73**	49.95**	37.11**	186.14**	388.06**
A x C	15	41.09**	8.93**	17.99**	7.08**	44.48**	98.11**
ERROR	48	0.06	0.05	0.10	0.57	0.05	0.06
TOTAL	71						
CV (%)		2.80	2.20	0.60	1.70	0.10	0.20

** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นาย ศุภกร พรขุนทด
วัน เดือน ปี ที่เกิด	13 มกราคม พ.ศ. 2522
สถานที่เกิด	อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา
ประวัติการศึกษา	จบปริญญาตรีคณะวิทยาศาสตร์ สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยรามคำแหง
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์