หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลของธาตุโลหะหนักต่อปรากฏการณ์การขาดเหล็กในผักกาดเขียวกวางตุ้งและข้าว พอสรุปผลได้ดังนี้

1. ระดับความเข้มข้นของ active iron ภายในใบตาม concept ของ Katyal และ Sharma ที่ใช้เป็นเครื่องบ่งชี้ถึงสภาวะของธาตุเหล็กในใบของข้าวสามารถนำมาใช้ และอธิบายกับใบของผักกาดเขียวกวางตุ้ง และวิธีดังกล่าวยังสอดคล้องกับวิธีของ Oserkowsky ที่ทำกับใบข้าวโพด ยาสูบ และในใบสาลี (pear) (Jocobson, 1945) อีกด้วย

2. พบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างปริมาณ total iron และคลอโรฟิลล์ในใบของพืชทั้งสองชนิด กล่าวคือ ปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นตามค่าของ total iron ที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับ active iron

3. ปริมาณ total iron จะต้องมีค่าเกินกว่าปริมาณต่ำสุด ในที่นี้ 100 - 110 ppm. สำหรับผักกาดเขียวกวางตุ้ง และ 140 - 150 ppm. สำหรับข้าว ก่อนที่จะมีการสร้างคลอโรฟิลล์เกิดขึ้น ทั้งนี้ปริมาณต่ำสุดข้างต้นเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการทดลองซึ่งมีผลต่อการพัฒนาของพืชด้วย

4. ในสภาวะขาดเหล็กเมื่อความเข้มข้นของธาตุเหล็กในสารละลายธาตุอาหารเป็น 0 ppm. หรือ 0.25 ppm. พบว่าปริมาณเหล็กที่อยู่ภายในใบพืชจะอยู่ในรูป inactive iron (Fe^{3+}) มากกว่า active iron (Fe^{2+}) ซึ่งเห็นได้ชัดจากสัดส่วนที่ลดลงของ Fe^{2+} : Fe^{3+} และสัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ เมื่อสภาวะการขาดเหล็กยาวนานขึ้น ปริมาณเหล็กทั้งหมด (total iron) ลดลงมากขึ้น ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดต่ำลงใกล้ศูนย์และสัดส่วนของ Fe^{2+} : Fe^{3+} ลดลงจากเดิมมากยิ่งขึ้น ในขณะที่สภาวะปกติ สัดส่วนดังกล่าวรวมทั้งปริมาณ total iron และปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าสภาวะของการขาดเหล็กเป็นผลทำให้ปริมาณทั้ง active iron, total iron และปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง

5. โลหะหนักทั้งสามชนิด คือ สังกะสี, แคดเมียม และนิเกิล ทุกความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นระหว่าง 10 - 40 ppm. ทำให้สัดส่วนของ Fe^{2+} : Fe^{3+} ลดลงและสัดส่วนจะต่ำกว่าต้นปกติ รวมทั้งปริมาณคลอโรฟิลล์ก็ลดต่ำลง ซึ่งการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์นี้สัมพันธ์โดยตรงกับการลดลงของปริมาณ active iron และเมื่อระยะเวลาการทดลองยาวนานขึ้นจาก 9 วัน เป็น 15 วัน สัดส่วนของ Fe^{2+} : Fe^{3+}, total iron และปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงมากยิ่งขึ้น ทั้งในผักกาดเขียวกวางตุ้งและข้าว แสดงให้เห็นว่าอาการซีดเหลืองในพืชที่ได้รับธาตุโลหะหนักทั้งสามในปริมาณเกินความต้องการเป็นผลจากธาตุโลหะหนักทำให้พืชเกิดสภาวะขาดเหล็ก โดยทำให้ทั้งปริมาณ active iron และ total iron ลดลงต่ำกว่าสภาวะปกติแล้วกระทบกระเทือนต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ ยกเว้นในข้าวที่ระดับความเข้มข้นของธาตุแคดเมียม 30 - 40 ppm. พบว่าอาการซีดเหลืองที่เกิดขึ้นไม่ได้เป็นผลจากการขาดเหล็กเพราะธาตุดังกล่าวทำให้ปริมาณ total iron เพิ่มขึ้นสูงกว่าสภาวะปกติในขณะที่ปริมาณคลอโรฟิลล์กลับลดลง

6. โลหะหนักทั้งสามไม่มีผลในแง่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชทั้งสองชนิด โดยทุกระดับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นและระยะเวลานานขึ้นมีผลลดทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและราก

7. อาการผิดปกติที่สังเกตุเห็นได้เนื่องจากโลหะหนักทั้งสามพบว่าสังกะสีทำให้ใบซีดเหลือง จากใบอ่อนเป็นการซีดเหลืองใน ะหว่างเส้นใบอย่างสม่ำเสมอและรุนแรงจนเกิดการตายของเนื้อเยื่อใบ (necrosis) ทั้งในพืชทั้งสองชนิด แคดเมียมทำให้ใบซีดเหลืองจากใบอ่อนและซีดเหลืองสม่ำเสมอทั่วทั้งใบ ยกเว้นในข้าวที่ความเข้มข้น 30, 40 ppm. ทำให้ใบอ่อนซีดเหลืองและยังทำให้ขอบใบที่สองและสามจากยอดเกิดการแห้งเป็นสีเหลืองส้ม นิเกิลทำให้ใบอ่อนเกิดอาการซีดเหลืองในระหว่างเส้นใบอย่างสม่ำเสมอตลอดการทดลอง ธาตุสังกะสีแคดเมียม ทำให้รากเป็นสีน้ำตาล แคระแกรน และเน่าเปื่อยทั้งในพืชสองชนิด ส่วนนิเกิลเฉพาะข้าวรากยังคงเหมือนปกติ อาการต่าง ๆ ข้างต้นสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุเหล็กรูปต่าง ๆ และปริมาณ chlorophyll ภายในพืช

8. เมื่อพิจารณาอาการผิดปกติต่าง ๆ และการลดลงของน้ำหนักแห้งตามอาการที่เริ่มเกิดและความรุนแรงสุดท้าย พบว่าความรุนแรงจัดเรียงลำดับตามชนิดพืชได้ดังนี้

ผักกาดเขียวกวางตุ้ง	$Zn^{2+} > Cd^{2+} > Ni^{2+}$	ตามอาการซีดเหลืองและน้ำหนักแห้ง
ข้าว	$Zn^{2+} > Ni^{2+} > Cd^{2+}$	ตามอาการซีดเหลือง
	$Cd^{2+} > Zn^{2+} > Ni^{2+}$	ตามน้ำหนักแห้ง

จากผลการทดลองที่กล่าวมาข้างต้นนี้มีข้อเสนอแนะบางประการ เพื่อช่วยให้ผู้ศึกษาในข่ายงานที่เกี่ยวข้องในโอกาสต่อไปได้ประกอบการพิจารณาให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้นดังนี้

1. การทดลองเกี่ยวกับอิทธิพลของธาตุโลหะหนักที่มีต่อสภาวะของธาตุอื่นภายในพืช ถ้าหากได้มีการวิเคราะห์หาปริมาณของธาตุโลหะหนักเหล่านี้ในส่วนต่าง ๆ ของพืชในระยะการเจริญต่าง ๆ รวมทั้งการวิเคราะห์ธาตุอื่น ๆ จะช่วยให้ทราบถึงสภาวะของการเปลี่ยนแปลง nutrient balance ของธาตุจำเป็นต่าง ๆ สภาวะของธาตุแบบ antagonism. ซึ่งจะเป็นเครื่องช่วยชี้ให้เห็นถึงกลไกการตอบสนองของพืชต่อธาตุโลหะหนักได้เพิ่มขึ้นและมั่นใจยิ่งขึ้น

2. การศึกษาครั้งนี้เป็นเพียงขั้นตอนหนึ่งที่ชี้ให้เห็นว่าธาตุโลหะหนักมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและปริมาณของธาตุเหล็กภายในพืชและเป็นสภาวะในห้องทดลอง ซึ่งอาจจะแตกต่างจากสภาพความเป็นจริงในธรรมชาติที่มีหลายตัวแปรและจากการทดลองนี้ทำให้เห็นได้ชัดว่าอาการของพืชที่แสดงออกเมื่อได้รับโลหะหนักนี้ไม่ใช่อาการที่เฉพาะจากพิษของโลหะหนัก แต่เป็นผลทางอ้อมต่อการรบกวนสมดุลย์ของธาตุเหล็ก ซึ่งสภาวะดังกล่าวนี้เกิดขึ้นได้ด้วยหลายสาเหตุยากแก่การนำมาเป็นเครื่องตัดสินถึงความปลอดภัยต่อการบริโภค