

บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผล

อภิปรายผล

การแพร่กระจายของเอนโดซัลแฟนซัลเฟตและเอนโดซัลแฟนไดออกซินในน้ำ จากภาพที่ 4-1 เมื่อเปรียบเทียบการแพร่กระจายของเอนโดซัลแฟนซัลเฟตกับระยะเวลาหลังการใส่สาร พบว่า ในวันที่ 19 ถึงวันที่ 62 หลังการใส่สาร ปริมาณการแพร่กระจายมีค่าสูงและเริ่มคงที่ในระยะแรก ทั้งนี้เนื่องมาจาก ในช่วงระยะเวลาวันดังกล่าว คือ ปลายเดือนมีนาคม ถึง เดือนเมษายน เป็นช่วงที่ อุณหภูมิของอากาศร้อนมากถึง 36 องศาเซลเซียส ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน ซึ่งอุณหภูมิปกติกู้ในช่วง 28 - 32 องศาเซลเซียส มีผลให้อุณหภูมิของน้ำที่อยู่ในระบบนิเวศน้ำจืดเพิ่มสูงขึ้น เช่นเดียวกันจึงมีผลกระทบต่อเอนโดซัลแฟนซัลเฟตในน้ำที่อยู่ในระบบนิเวศน้ำจืด ทำให้มีค่าการแพร่กระจายสูงมากกว่าวันอื่น ๆ สอดคล้องกับ International Program on Chemical Safety [IPCS] (1984) กล่าวว่า แสงแดดมีอิทธิพลต่อเมตาบอลิซึมทั้งสอง การแพร่กระจายของเอนโดซัลแฟนซัลเฟตจะเริ่มคงที่อย่างแน่นอนในวันที่ 75 หลังการใส่สาร คิดเป็น 0.24 เปอร์เซ็นต์ ของสารเริ่มต้น

จากภาพที่ 4-2 เมื่อเปรียบเทียบการแพร่กระจายของเอนโดซัลแฟนไดออกซินกับระยะเวลา หลังการใส่สาร พบว่า เอนโดซัลแฟนไดออกซิน ใน 1 ชั่วโมงแรก จนถึงวันที่ 1 หลังการใส่สาร จะมีการลดลงอย่างมีลำดับ และเริ่มคงที่ตั้งแต่วันที่ 3 หลังการใส่สาร คิดเป็น 11.79 เปอร์เซ็นต์ ของสารเริ่มต้น หลังจากนั้นมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 131 หลังการใส่สาร ปริมาณการแพร่กระจายของเอนโดซัลแฟนไดออกซิน คิดเป็น 15.36 เปอร์เซ็นต์ ของสารเริ่มต้น สาเหตุที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าไม่คงที่อย่างแน่นอน ในการศึกษาการแพร่กระจายในน้ำ เนื่องมาจากอุณหภูมิเช่นเดียวกัน เมื่ออุณหภูมิของอากาศเพิ่มสูงขึ้น ทำให้น้ำในระบบนิเวศน้ำจืด มีการลดลงเร็วมาก จึงต้องเติมน้ำลงไปบ่อย จึงเกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศน้ำจืด ค่าที่ได้จึงมีการเปลี่ยนแปลงไม่คงที่อย่างเห็นได้ชัด

เปรียบเทียบการแพร่กระจายของเอนโดซัลแฟนซัลเฟตและเอนโดซัลแฟนไดออกซินในน้ำ แสดงในภาพที่ 5-1 พบว่า เอนโดซัลแฟนไดออกซินมีการแพร่กระจายอยู่ในน้ำมากกว่าเอนโดซัลแฟนซัลเฟต ทั้งนี้เนื่องมาจาก เอนโดซัลแฟนไดออกซินเป็นเมตาบอลิซึมหลักที่พบในน้ำ สอดคล้องกับการศึกษาของ Martens (1976) ได้ศึกษาการสลายตัวของเอนโดซัลแฟนในดิน ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน และมีน้ำ พบว่า เอนโดซัลแฟนไดออกซินนั้นจะมีการแพร่กระจายในส่วนของน้ำมากกว่า

เอนโคซัลแฟนซัลเฟต และ Peterson and Batley (1993) ที่กล่าวว่า เอนโคซัลแฟนในน้ำสามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสได้ดี โดยเปลี่ยนรูปเป็นเอนโคซัลแฟนไดออกไซด์ จึงทำให้เมื่อระยะเวลาผ่านไป การแพร่กระจายของเอนโคซัลแฟนไดออกไซด์ในน้ำมีปริมาณมากกว่าเอนโคซัลแฟนซัลเฟต หรือสามารถกล่าวได้ว่า เอนโคซัลแฟนไดออกไซด์มีความคงทนในน้ำมากกว่าเอนโคซัลแฟนซัลเฟต จากผลการทดลองดังกล่าวจึงทำให้เอนโคซัลแฟนไดออกไซด์นั้นสามารถเกิดการแพร่กระจายไปสู่แหล่งอื่นๆ ได้ดีกว่าเอนโคซัลแฟนซัลเฟต การแพร่กระจายของเมตาบอไลต์ทั้งสอง พบว่า เมื่อได้เมตาบอไลต์ทั้งสองไปยังระบบนิเวศน้ำจืดแล้ว จะเกิดการสูญเสียของเมตาบอไลต์ทั้งสองจากน้ำ โดยเคลื่อนที่ไปยังแหล่งอื่น Guenzi and Beard (1974) กล่าวว่า ระหว่างการใช้สารพบว่า จะเกิดการสูญเสียจากการระเหยไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ โดยสารที่แพร่กระจายอยู่ในน้ำส่วนหนึ่งอาจจะเหวี่ยงขึ้นสู่อากาศ ส่วนที่เหลือตกค้างในน้ำ บางส่วนจะละลายอยู่ในน้ำ บางส่วนจะสะสมในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต

การแพร่กระจายของเอนโคซัลแฟนซัลเฟตและเอนโคซัลแฟนไดออกไซด์ในหอยเชอร์รี่
หอยเชอร์รี่ที่อยู่ในระบบนิเวศน้ำจืดถูกนำมาใช้เป็นตัวแทนของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศน์ พบว่า หอยเชอร์รี่ที่ถูกสารเอนโคซัลแฟนซัลเฟต แสดงอาการผิดปกติมากกว่า หอยเชอร์รี่ที่ถูกสารเอนโคซัลแฟนไดออกไซด์ จากการเปรียบเทียบหอยเชอร์รี่หลังจากที่ถูกสารเมตาบอไลต์เอนโคซัลแฟนพบว่า ในชั่วโมงที่ 3 หอยเชอร์รี่ที่ถูกสารทั้งสองเริ่มแสดงอาการผิดปกติ โดยหอยเชอร์รี่ที่ถูกสารเอนโคซัลแฟนซัลเฟตจะเคลื่อนที่ได้ช้าลงอยู่บริเวณผิวดิน ส่วนหอยเชอร์รี่ที่ถูกสารเอนโคซัลแฟนไดออกไซด์นั้น เริ่มจะมุดตัวอยู่ใต้ดิน และพบว่าเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นพฤติกรรมของหอยเชอร์รี่ เริ่มแสดงอาการผิดปกติมากขึ้น ในชั่วโมงที่ 8 หลังจากการใส่สาร หอยเชอร์รี่ที่ถูกสารเอนโคซัลแฟนซัลเฟตนั้นจะเริ่มเคลื่อนที่ได้ช้าลงกว่าเดิม และหอยเชอร์รี่ที่ถูกสารเอนโคซัลแฟนไดออกไซด์มุดตัวอยู่ใต้ดินทั้งหมด สาเหตุดังกล่าวเนื่องมาจาก คุณสมบัติของสารเอนโคซัลแฟนซัลเฟตที่สามารถแพร่กระจายอยู่ในดิน ได้ดีกว่าน้ำ หอยเชอร์รี่จึงพยายามที่จะอยู่ในน้ำ ไม่มุดตัวลงไปอยู่ใต้ดิน ในลักษณะเดียวกับหอยเชอร์รี่ที่ถูกสารเอนโคซัลแฟนไดออกไซด์ ที่มีคุณสมบัติของสารสามารถแพร่กระจายอยู่ในน้ำได้ดีกว่าดิน หอยเชอร์รี่ที่ถูกสารเอนโคซัลแฟนไดออกไซด์จึงมุดตัวลงไปอยู่ใต้ดิน

ในวันที่ 1 หลังจากการใส่สาร พบว่า หอยเชอร์รี่ที่ถูกสารเอนโคซัลแฟนซัลเฟตนั้นตายทั้งหมด ส่วนหอยเชอร์รี่ที่ถูกสารเอนโคซัลแฟนไดออกไซด์นั้น ไม่แสดงอาการผิดปกติ จึงกล่าวได้ว่า เอนโคซัลแฟนซัลเฟตมีพิษต่อหอยเชอร์รี่มากกว่าเอนโคซัลแฟนไดออกไซด์ ปริมาณการแพร่กระจายของหอยเชอร์รี่ที่ถูกสารเอนโคซัลแฟนซัลเฟต คิดเป็น 9.46 เปอร์เซ็นต์ ของสารเริ่มต้น สารเมตาบอไลต์ของเอนโคซัลแฟนสามารถเข้าสู่หอยเชอร์รี่ได้เนื่องจากว่า หอยขนาด 1 – 1.5 เซนติเมตร มีความไวต่อเมตาบอไลต์ของเอนโคซัลแฟนในการทดลอง ซึ่งเมตาบอไลต์ของ

เอนโคซัลเฟนที่ใช้ในการทดลองเป็นสารอิมัลซิไฟต์ (Emulsifier) เมื่ออยู่ในระบบนิเวศน้ำจืด จำลองโอกาสที่จะเกิดการแพร่กระจายจากน้ำไปสู่ตัวหอยเชอรี่จึงเร็วกว่าการแพร่กระจายไปสู่ดิน ทำให้สารเมตาบอลไลท์เอนโคซัลเฟนมีโอกาสร่วมสัมผัสกับตัวหอยเชอรี่มากกว่า Peterson and Batley (1993) กล่าวว่า ในสิ่งมีชีวิตเอนโคซัลเฟนซัลเฟตเป็นสารที่มีพิษเทียบเท่ากับเอนโคซัลเฟนดั้งเดิม สำหรับสารเอนโคซัลเฟนโคออลัน พบว่า ไม่มีพิษ จากเหตุผลดังกล่าว จึงทำให้เฉพาะหอยเชอรี่ที่ถูกสารเอนโคซัลเฟนซัลเฟตเกิดการตาย

ตารางที่ 4-3 เปรียบเทียบการแพร่กระจายของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตในหอยเชอรี่ พบว่า เมื่อปล่อยหอยเชอรี่ในวันที่ 13, 30 และ 43 วัน หอยเชอรี่สามารถมีชีวิตรอดนานขึ้น 2 วัน ทั้งนี้เนื่องจากการแพร่กระจายของสารในน้ำลดลงในวันที่ปล่อยสาร โอกาสที่หอยเชอรี่จะสัมผัสสารจึงน้อยลงเช่นเดียวกัน ดังนั้น เมื่อปล่อยหอยหลังการใส่สาร ในวันที่ 50 พบว่า หอยสามารถอยู่ในระบบนิเวศน้ำจืดได้อย่างปลอดภัย ซึ่งพิจารณาในส่วนของน้ำ พบว่า วันที่ 50 หลังการใส่สารการแพร่กระจายของสารในน้ำมีการแพร่กระจายที่ต่ำลงและเริ่มคงที่ ซึ่งพบว่าในวันสุดท้ายของการทดลองการแพร่กระจายในน้ำของเอนโคซัลเฟนซัลเฟต คิดเป็น 0.24 เปอร์เซ็นต์ ของสารเริ่มต้น มีผลให้การแพร่กระจายของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตในหอยเชอรี่น้อยลงเช่นเดียวกัน คิดเป็น 0.06 เปอร์เซ็นต์ ของสารเริ่มต้น (ภาพที่ 5-2)

ภาพที่ 4-6 เปรียบเทียบการแพร่กระจายของหอยเชอรี่ที่ถูกสารเอนโคซัลเฟนโคออล พบว่า การแพร่กระจายของหอยเชอรี่จะแปรผกผันกับระยะเวลาหลังการใส่สาร ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อขนาดของหอยเชอรี่ใหญ่ขึ้นมีผลทำให้เมตาบอลิซึม (Metabolism) ทำงานได้ดีการแพร่กระจายของสารจึงลดลง สอดคล้องกับ รายงานของ Navak and Ahmad (1989) กล่าวว่า เมื่อขนาดของปลาใหญ่ขึ้นปริมาณการแพร่กระจายของสารเอนโคซัลเฟนซัลเฟตลดลง

เปรียบเทียบการแพร่กระจายของเนื้อเชอรี่และเปลือกหอยเชอรี่ของเมตาบอลไลท์ของเอนโคซัลเฟน (ภาพที่ 5-3 ภาพที่ 5-4) พบว่า เมตาบอลไลท์เอนโคซัลเฟนมีการแพร่กระจายอยู่ในส่วนของเนื้อหอยเชอรี่มากกว่าเปลือกหอยเชอรี่ เนื่องจากว่า ในส่วนของเนื้อหอยเชอรี่เป็นส่วนที่มีไขมันจึงมีการแพร่กระจายของสารมากกว่าเปลือกหอยเชอรี่ที่มีองค์ประกอบที่เป็นไขมันน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะเปลือกหอยเชอรี่ พบว่า มีการแพร่กระจายของเมตาบอลไลท์ของเอนโคซัลเฟนทั้งสอง ในปริมาณใกล้เคียงกันในแต่ละช่วงเวลาหลังการใส่สาร สอดคล้องกับ Agenda Item (2003) กล่าวว่า สารเอนโคซัลเฟนซัลเฟตมีการแพร่กระจายอยู่ในส่วนที่เป็นไขมัน ภาพที่ 4-4 จะพบว่า ในวันที่ 45 หลังการใส่สาร ปริมาณของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตมีปริมาณสูงขึ้นไปเท่ากับ 0.09 เปอร์เซ็นต์ของสารเริ่มต้น ทั้งนี้เนื่องมาจาก ช่วงดังกล่าว เป็นช่วงที่หอยเชอรี่ได้รับสาร

แล้วแพร่กระจายจากเปลือกไปยังเนื้อหอยเชอรี โดยปริมาณสารส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในเปลือกทำให้พบปริมาณของสารสูงขึ้นอีกครั้งในส่วนของเปลือกหอยเชอรี

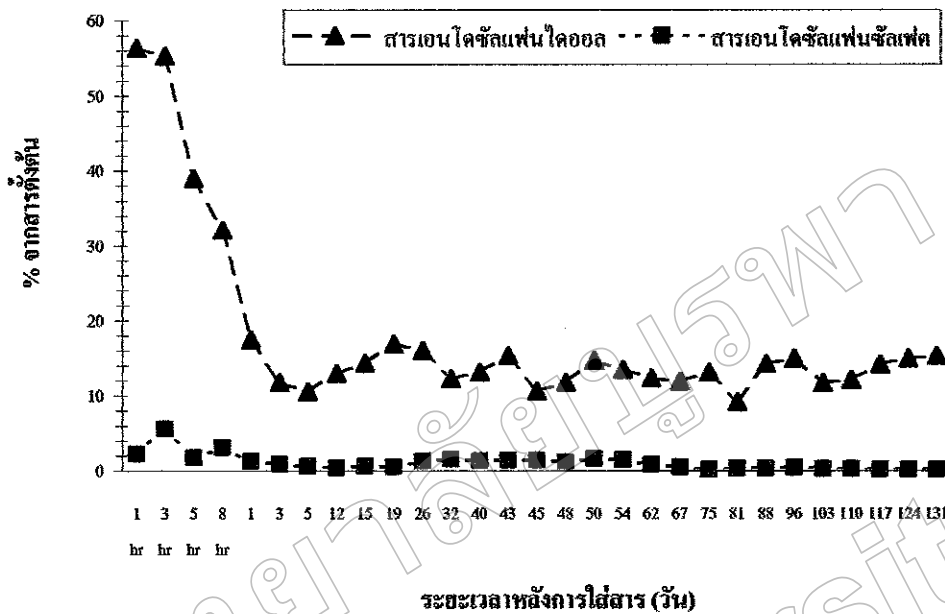
การแพร่กระจายของเอนโดซัลแฟนซัลเฟตในคันข้าว เอนโดซัลแฟนซัลเฟตเป็นเมตาบอไลต์หลักที่พบได้ในพืช ซึ่งเมตาบอไลต์ตัวอื่นพบในปริมาณที่น้อยมาก (Singh, Battu, Singh, & Kalra, 1991) ในการทดลองครั้งนี้จึงพิจารณาเฉพาะเอนโดซัลแฟนซัลเฟตในคันข้าวเท่านั้น เอนโดซัลแฟนซัลเฟตในคันข้าว พบว่า มีการแพร่กระจายของสารเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา ทั้งนี้เนื่องจากคันข้าวมีการเจริญเติบโตทำให้ชีวมวลมากขึ้นปริมาณที่แพร่กระจายของสารจึงมีได้มากขึ้น สอดคล้องกับ Edwards (1970) กล่าวว่า พืชมีการสะสมของสารมากขึ้นเมื่อพืชมีขนาดใหญ่ขึ้น เปรียบเทียบการแพร่กระจายของเอนโดซัลแฟนซัลเฟต หลังการใส่สาร 32 วัน พบว่า มีการแพร่กระจายของสารส่วนรากมากที่สุด รองลงมาคือ ใบ และลำต้น ตามลำดับ เนื่องจาก เมื่อใส่สารไปยังน้ำ เอนโดซัลแฟนซัลเฟตส่วนใหญ่จะแพร่กระจายอยู่ในดิน จึงทำให้โอกาสที่สารจะดูดซึมไปยังพืชทางรากมีได้สูง ดังนั้น หลังการใส่สาร 32 วัน ปริมาณการแพร่กระจายของสารจึงสะสมอยู่ในบริเวณรากมากกว่าส่วนอื่น หลังการใส่สาร 62, 88 และ 132 วัน พบว่า เอนโดซัลแฟนซัลเฟตมีการแพร่กระจายในใบมากกว่าราก สาเหตุเนื่องมาจาก การแพร่กระจายของเอนโดซัลแฟนซัลเฟตในพืชส่วนใหญ่สามารถเกิดการเคลื่อนย้าย (Translocation) จากรากไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช และเกิดการสะสมอยู่ในใบพืช (Beard and Ware, 1969) ทำให้การแพร่กระจายของเอนโดซัลแฟนซัลเฟตในใบมากกว่าในราก จากการเปรียบเทียบการแพร่กระจายของสาร หลังการใส่สาร 32, 62, 88 และ 132 วัน พบว่า มีการแพร่กระจายของเอนโดซัลแฟนซัลเฟตในแต่ละส่วนแตกต่างกันไม่แน่นอน ทั้งนี้เนื่องมาจากกลไกการเข้าสู่พืชและการเคลื่อนย้ายภายในพืช โดยอาจเกิดการเคลื่อนย้ายจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ หรือเคลื่อนย้ายในระดับเดียวกัน (พูนสุข หฤทัยธนาสันต์, 2527 อ้างถึงใน วิสุทธิ เชาวศรี, 2531) นอกจากนี้ ยังขึ้นอยู่กับเมตาบอลิซึม (Metabolism) ภายในพืชแล้วเกิดการเปลี่ยนรูปเป็นสารอื่น (IPCS, 1984) มีผลให้การแพร่กระจายของพืชในแต่ละส่วนแตกต่างกัน สารเอนโดซัลแฟนซัลเฟตสามารถเกิดการสูญหายไปจากพืชได้ขึ้นอยู่กับ ปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ การชะล้าง, การกลายเป็นไอ (Evaporation), การดูดซับของสารไปยังเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต, การย่อยสลาย (Decomposition) ของสาร โดยอาศัยปฏิกิริยาเคมีและแสงแดด (สายนัด จินคามาศย์, 2542)

การแพร่กระจายของเอนโดซัลแฟนซัลเฟตและเอนโดซัลแฟนไดออกไซด์ในดิน เก็บตัวอย่างดินเพียงวันเดียว คือ หลังการใส่สาร 132 วัน การทดลองครั้งนี้ไม่เก็บตัวอย่างดินก่อนเวลาดังกล่าว เนื่องจากเกรงว่าจะมีผลต่อคันข้าวที่อยู่ในระบบนิเวศนาข้าวจำลอง จึงทำให้ไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสารในแต่ละช่วงเวลาได้ การแพร่กระจายของเอนโดซัลแฟนซัลเฟตและ

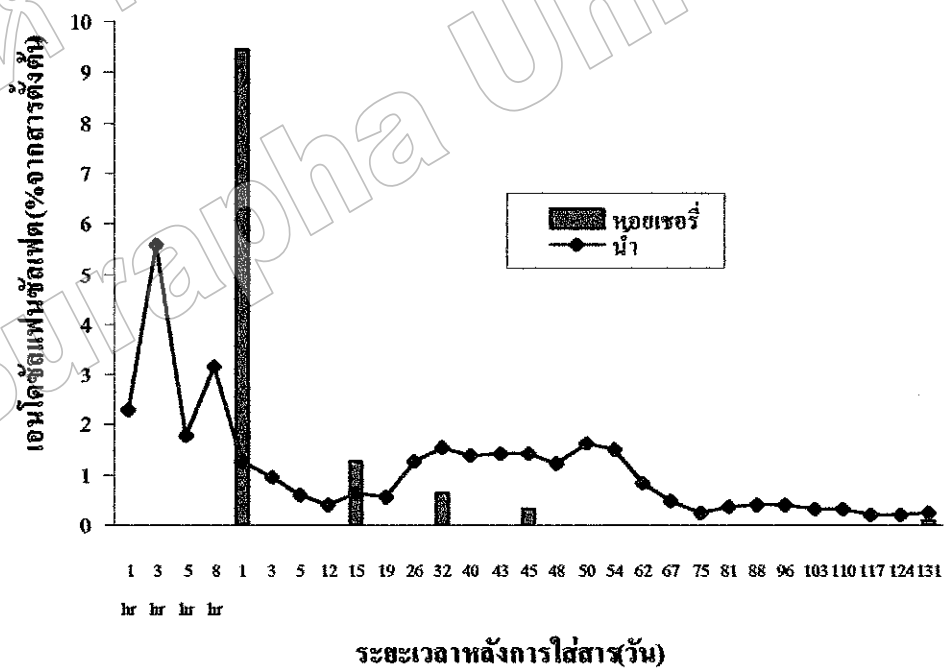
เอนโคซัลแฟนไดออกไซด์ หลังการใส่สาร 132 วัน พบว่า มีการแพร่กระจายในดิน เท่ากับ 73.68 และ 72.88 เปอร์เซ็นต์ ของสารเริ่มต้น ตามลำดับ สารสามารถสูญหายไปจากดินได้โดยปฏิกิริยาเคมี การย่อยสลาย โดยแบคทีเรีย และการระเหย กระบวนการต่าง ๆ เหล่านี้จะต้องขึ้นอยู่กับอิทธิพลของอุณหภูมิของดิน (รัชพล ทรงสุนทรณ์, 2539) จากภาพที่ 4-11 และ 4-12 เปรียบเทียบเอนโคซัลแฟนซัลเฟตและเอนโคซัลแฟนไดออกไซด์ในดินบนและดินล่าง พบว่า ปริมาณของเมตาบอลิท์ของเอนโคซัลแฟนในดินบนและดินล่างมีค่าใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับการทดลองของ Rao and Murty (1980) รายงานว่า ชนิดของดินไม่มีผลต่อการแพร่กระจายของสารเมื่อใส่สารไปในปริมาณเท่ากัน ภาพที่ 5-5 เปรียบเทียบเอนโคซัลแฟนซัลเฟตและเอนโคซัลแฟนไดออกไซด์ในดินบน พบว่า มีการแพร่กระจายของเอนโคซัลแฟนไดออกไซด์มากกว่าเอนโคซัลแฟนซัลเฟต สำหรับดินล่าง พบว่า มีการแพร่กระจายของเอนโคซัลแฟนซัลเฟตมากกว่าเอนโคซัลแฟนไดออกไซด์ สาเหตุที่การแพร่กระจายของสารเอนโคซัลแฟนไดออกไซด์ลงสู่ดินบนมากกว่าดินล่าง เนื่องจากในดินบนเป็นดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ทำให้พบเอนโคซัลแฟนไดออกไซด์ในปริมาณที่สูงกว่าในดินล่าง สอดคล้องกับ Martens (1977) กล่าวว่า ดินที่มีน้ำท่วมขัง จะพบเอนโคซัลแฟนไดออกไซด์ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นแต่พบเอนโคซัลแฟนซัลเฟตในปริมาณที่ลดลง นอกจากนี้การแพร่กระจายของเอนโคซัลแฟนซัลเฟตนั้น ยังขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในดิน เนื่องจากเอนโคซัลแฟนซัลเฟตสามารถเกิดการสลายตัวได้คืบเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Hengpraprom and Lee, n.d.) ทำให้ในดินบนพบปริมาณของเอนโคซัลแฟนซัลเฟตน้อยกว่าในดินล่างเนื่องจากมีปริมาณของออกซิเจนมากกว่าจึงทำให้เกิดการสลายตัวของสารได้ดีกว่าในดินล่าง สอดคล้องกับ Martens (1976) ศึกษาการสลายตัวของเอนโคซัลแฟนในดิน 7 ชนิด ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน พบว่า ในสภาวะที่มีออกซิเจนเอนโคซัลแฟนซัลเฟตจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นมากที่สุด สำหรับในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน จะพบในปริมาณที่น้อยลง 11-12 เปอร์เซ็นต์

การแพร่กระจายของเอนโคซัลแฟนซัลเฟตและเอนโคซัลแฟนไดออกไซด์ในน้ำชะ เนื่องจากการทดลองครั้งนี้ต้องการสภาพน้ำท่วมขังจึงปิดขังน้ำในระบบนิเวศนาข้าวจำลองไม่ให้มีการไหลออกมาในรูปของน้ำชะ หลังจากวันที่ 131 วัน หลังการใส่สาร จึงให้น้ำออกจากระบบนิเวศนาข้าวจำลอง จึงทำให้การแพร่กระจายของเอนโคซัลแฟนซัลเฟตและเอนโคซัลแฟนไดออกไซด์ที่อยู่ในน้ำชะมีค่าใกล้เคียงกันกับค่าของการแพร่กระจายของเอนโคซัลแฟนซัลเฟตและเอนโคซัลแฟนไดออกไซด์ที่อยู่ในน้ำผิวดิน คิดเป็น 0.35 และ 11.93 เปอร์เซ็นต์ ของสารเริ่มต้น ตามลำดับ

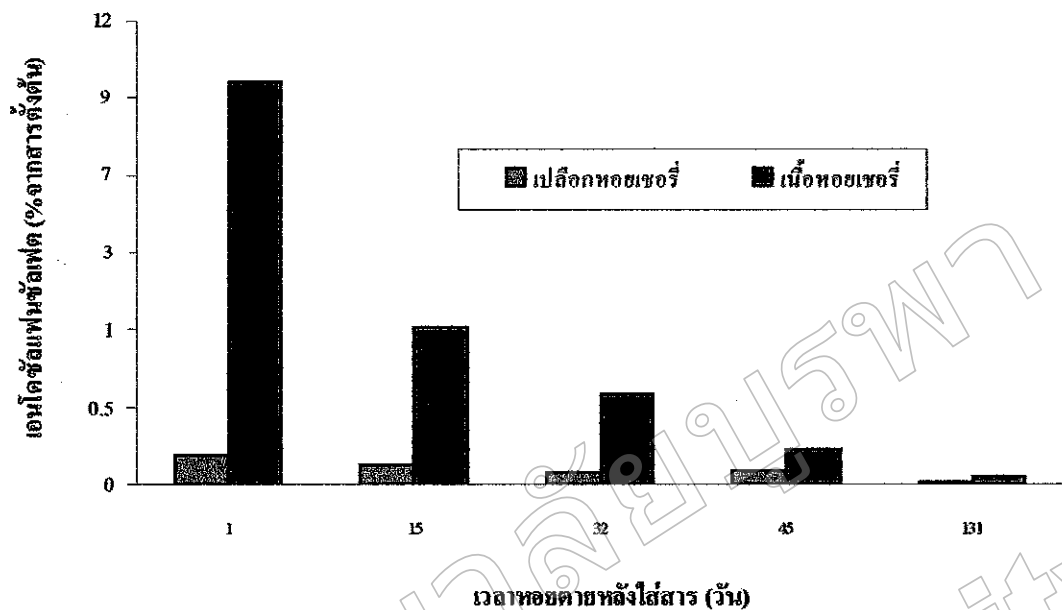
การแพร่กระจายของเอนโคซัลแฟนซัลเฟตและเอนโคซัลแฟนไดออกไซด์ที่แพร่กระจายอยู่ในองค์ประกอบต่าง ๆ ในระบบนิเวศนาข้าวจำลองเมื่อสิ้นสุดการทดลอง จากตารางที่ 4-9 พบว่า เอนโคซัลแฟนซัลเฟต มีการแพร่กระจายอยู่ในองค์ประกอบต่าง ๆ มากกว่า เอนโคซัลแฟนไดออกไซด์ โดยมีปริมาณ คิดเป็น 93.42 และ 90.31 เปอร์เซ็นต์ ของสารเริ่มต้น ตามลำดับ สาเหตุที่ผลรวมของสารทั้งสองน้อยกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากการระเหยกลายเป็นไอ (Volatilization) และขบวนการต่าง ๆ ในส่วนของขั้นตอนการสกัดด้วยเมทานอล (Methanol) ซึ่งเมื่อรวมค่าดังกล่าวจะต้องเท่ากับผลรวมทางทฤษฎี คือ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ในทางปฏิบัติพบว่าไม่เท่ากัน เนื่องจากการทดลองแต่ละครั้งประสิทธิภาพในการสกัดไม่เท่ากัน รวมทั้งการทดลองยังมีขั้นตอนและกระบวนการที่ซับซ้อนมากขึ้น โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดและมีความคลาดเคลื่อนจึงเป็นไปได้สูง จากภาพที่ 4-13 และ ภาพที่ 4-14 เมื่อเปรียบเทียบการแพร่กระจายของเอนโคซัลแฟนซัลเฟตและเอนโคซัลแฟนไดออกไซด์ในดิน พบว่า การแพร่กระจายมีปริมาณใกล้เคียงกันและมีปริมาณสูงมากกว่าส่วนอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจาก ดินมีน้ำหนักมากที่สุดใน การทดลองเมื่อเทียบกับองค์ประกอบอื่น ๆ แม้ว่าจะมีปริมาณที่วิเคราะห์ได้เพียงเล็กน้อย เมื่อคำนวณกลับมาเป็นเปอร์เซ็นต์ของสารเริ่มต้นแล้วปริมาณที่ได้จะมากกว่าส่วนอื่น ๆ ดังนั้น เราจึงทำการคำนวณข้อมูลในส่วนของตารางที่ 4-9 ใหม่ เป็นตารางที่ 5-1 และภาพที่ 5-6 เพื่อจะได้สามารถเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้มาอย่างชัดเจนมากขึ้น ซึ่งพบว่าจาก ภาพรวมแล้ว ปรากฏว่า เอนโคซัลแฟนซัลเฟตและเอนโคซัลแฟนไดออกไซด์ในน้ำนั้น พบว่า มีการแพร่กระจายอยู่ในส่วนของ เอนโคซัลแฟนไดออกไซด์ มากกว่า เอนโคซัลแฟนซัลเฟต ทั้งนี้เนื่องจาก เอนโคซัลแฟนไดออกไซด์เป็น เมตาบอไลต์ตัวที่สำคัญและพบได้ในน้ำ สำหรับสารเอนโคซัลแฟนซัลเฟตนั้นจะเป็นตัวที่สำคัญ และพบได้ในพืชและสิ่งมีชีวิต จึงทำให้เกิดการแพร่กระจายอยู่ในส่วนของหอยเชอร์รี่ และต้นข้าว มากกว่าในน้ำ สำหรับในดิน พบว่า เอนโคซัลแฟนซัลเฟตและเอนโคซัลแฟนไดออกไซด์มีการแพร่กระจายที่น้อยกว่าส่วนอื่น ๆ ซึ่งทั้งนี้เนื่องมาจากการแพร่กระจายของสาร ไปสู่ดินต้องใช้เวลา ยาวนาน แต่เมื่ออยู่ในดินแล้วจะมีความคงทนสูง สอดคล้องกับการทดลองของ Singh, Dureja, and Kumar (2000) ศึกษาการสลายตัวของเมตาบอไลต์เอนโคซัลแฟนในดินโดยอาศัยจุลินทรีย์ทั้งใน ดินฆ่าเชื้อและไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ พบว่า ในดินที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อมีค่าครึ่งชีวิตของเอนโคซัลแฟนซัลเฟต เท่ากับ 277 วัน



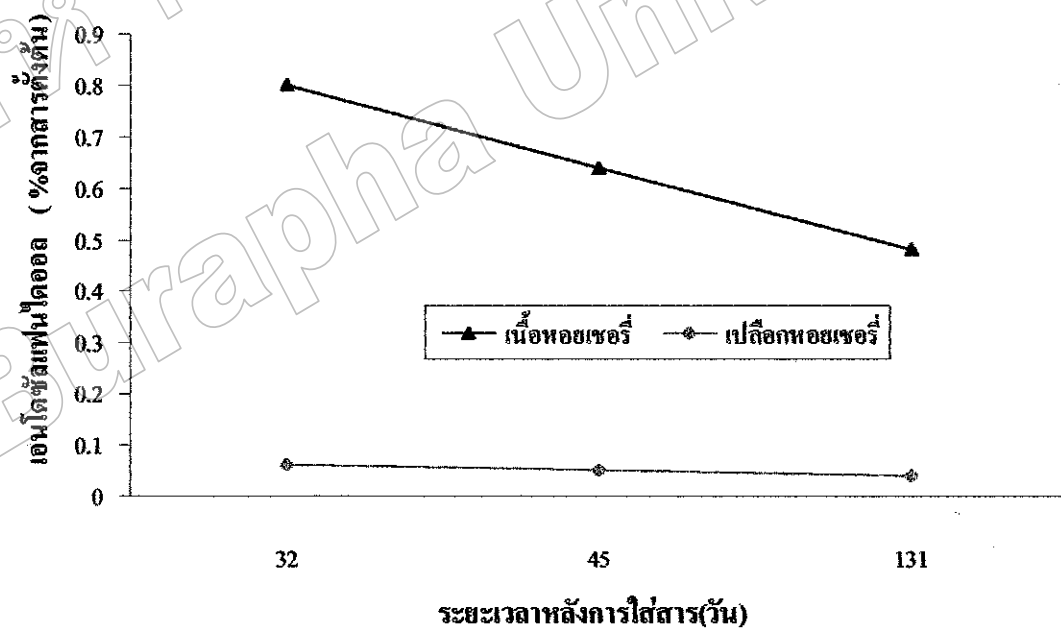
ภาพที่ 5-1 เปรียบเทียบการแพร่กระจายของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตและเอนโคซัลเฟนไฮโดรคลอไรด์ในน้ำ



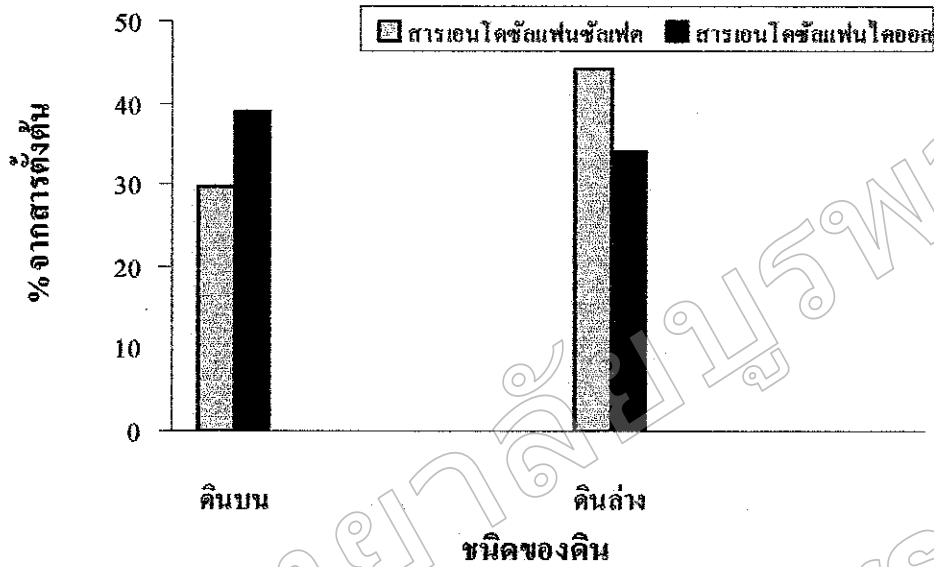
ภาพที่ 5-2 เปรียบเทียบการแพร่กระจายของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตในน้ำและหอยเชอร์



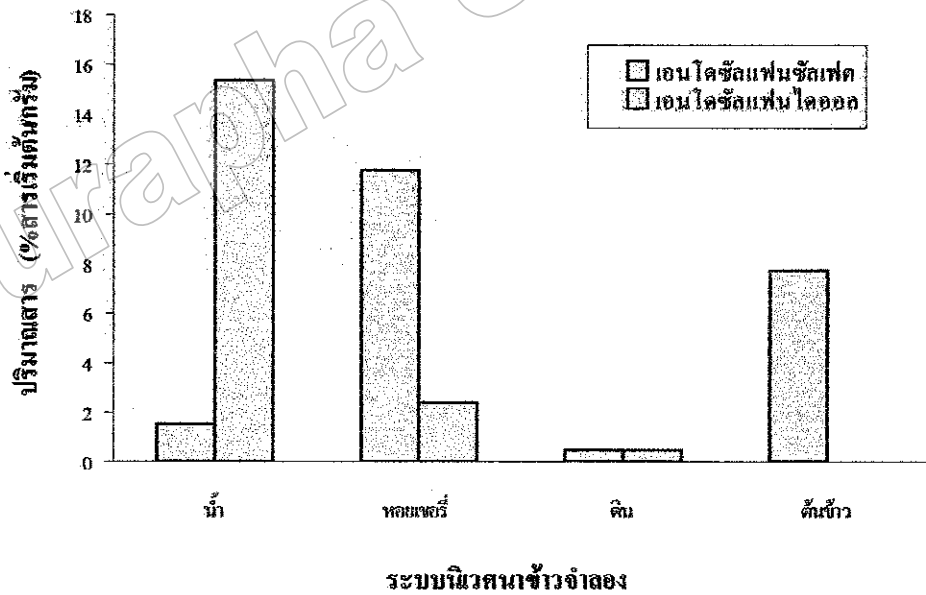
ภาพที่ 5-3 เปรียบเทียบการแพร่กระจายของเอน โคซัลเฟน ซัลเฟต ในเปลือกและเนื้อหอยเชอร์ หลังการใส่สาร 1, 15, 32, 45 และ 131 วัน



ภาพที่ 5-4 เปรียบเทียบการแพร่กระจายของเอน โคซัลเฟน ไดออกไซด์ในเปลือกและเนื้อหอยเชอร์ หลังการใส่สาร 32, 45 และ 131 วัน



ภาพที่ 5-5 เปรียบเทียบการแพร่กระจายของเอนโดซัลเฟนซัลเฟตและเอนโดซัลเฟนไดออกไซด์ในดิน หลังการใส่สาร 132 วัน



ภาพที่ 5-6 เปรียบเทียบการแพร่กระจายของเอนโดซัลเฟนซัลเฟตและเอนโดซัลเฟนไดออกไซด์เมื่อสิ้นสุดการทดลอง หลังการใส่สาร 132 วัน

ตารางที่ 5-1 การแพร่กระจายของเอน โคซัลเฟนซัลเฟตและเอน โคซัลเฟน ไดออกไซด์ในองค์ประกอบต่าง ๆ ทั้งหมด เมื่อสิ้นสุดการทดลอง หลังการใส่สาร 132 วัน

ชนิดของสาร	เปอร์เซ็นต์จากสารตั้งต้น/กรัม			
	น้ำ	ดิน	หอย	ข้าว
เอน โคซัลเฟนซัลเฟต	0.24	6.14×10^{-3}	11.74	7.76
เอน โคซัลเฟน ไดออกไซด์	15.36	6.00×10^{-3}	2.07	-

หมายเหตุ : เนื่องจากน้ำหนักของน้ำ, หอยเชอร์รี่ และต้นข้าว มีปริมาณน้อยกว่าดินมากถึง 1000 เท่า จึงกำหนดให้น้ำหนักน้ำ, หอยเชอร์รี่ และต้นข้าว มีค่าคงที่ เท่ากับ 1

สรุปผลการวิจัย

1. เอน โคซัลเฟน ไดออกไซด์มีการแพร่กระจายอยู่ในน้ำมากกว่าเอน โคซัลเฟนซัลเฟต
2. เอน โคซัลเฟนซัลเฟตเป็นสารที่มีพิษทำให้หอยเชอร์รี่ตายทันทีเมื่อใส่ในวันแรกของการทดลอง และอัตราการตายจะลดลงเมื่อระยะเวลาหลังการใส่สารยาวนานขึ้น เมื่อปล่อยหอยเชอร์รี่หลังการใส่สาร 50 วัน จะทำให้หอยเชอร์รี่มีชีวิตรอด ได้อย่างปลอดภัย
3. เอน โคซัลเฟน ไดออกไซด์ เป็นสารที่ไม่มีพิษในสิ่งมีชีวิต แต่สามารถเกิดการสะสมได้ในสิ่งแวดล้อม
4. เอน โคซัลเฟนซัลเฟตและเอน โคซัลเฟน ไดออกไซด์มีการแพร่กระจายของสารในส่วนของเนื้อหอยเชอร์รี่มากกว่าเปลือกหอยเชอร์รี่
5. การแพร่กระจายของเอน โคซัลเฟนซัลเฟตในต้นข้าวจะเพิ่มขึ้นตามการเจริญเติบโตของต้นข้าว
6. การแพร่กระจายของเอน โคซัลเฟนซัลเฟตและเอน โคซัลเฟน ไดออกไซด์ในดินมีปริมาณใกล้เคียงกัน
7. การแพร่กระจายของสารเอน โคซัลเฟนซัลเฟตและเอน โคซัลเฟน ไดออกไซด์ ในดินบนและดินล่าง พบว่า เอน โคซัลเฟนซัลเฟตมีการแพร่กระจายลงสู่ดินล่างมากกว่าดินบน และเอน โคซัลเฟน ไดออกไซด์มีการแพร่กระจายลงสู่ดินบนมากกว่าดินล่าง เห็น ได้อย่างชัดเจนว่า อัตราการเคลื่อนย้ายของเมตาบอไลต์เอน โคซัลเฟนทั้งสองตัวแตกต่างกันระหว่างดินบนและดินล่าง
8. การแพร่กระจายของเอน โคซัลเฟนซัลเฟตและเอน โคซัลเฟน ไดออกไซด์ในน้ำจะมีค่าใกล้เคียงกับการแพร่กระจายที่มีอยู่ในน้ำผิวดิน

9. เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า การแพร่กระจายของเอน โคซัลเฟนซัลเฟดและ เอน โคซัลเฟนไดออกไซด์ มีการแพร่กระจายในองค์ประกอบต่าง ๆ แตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ คุณสมบัติของสาร และปัจจัยต่าง ๆ ของเมตาบอลิซึมเอน โคซัลเฟนทั้งสองชนิด

10. ค่า BCF ของเอน โคซัลเฟนซัลเฟดในหอยเชอร์รี่ โดยอาศัยน้ำเป็นตัวกลาง หลังการใส่สาร 1, 15, 32, 45 และ 132 วัน เท่ากับ 7.57, 1.97, 0.42, 0.22 และ 0.25 ตามลำดับ สำหรับค่า BCF ของเอน โคซัลเฟนไดออกไซด์ในหอยเชอร์รี่ โดยอาศัยน้ำเป็นตัวกลาง หลังการใส่สาร 32, 45, 131 วัน เท่ากับ 0.07, 0.06 และ 0.03 ตามลำดับ ค่า BCF ของเอน โคซัลเฟนในดินข้าว โดยอาศัยดินเป็นตัวกลาง หลังการใส่สาร 132 วัน เท่ากับ 0.05

ข้อเสนอแนะ

1. การทดลองครั้งนี้ทำการทดลองในช่วงฤดูร้อนซึ่งทำให้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงอย่างมากมีผลให้น้ำที่อยู่ในระบบนิเวศนาข้าวจำลองเกิดการระเหยไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งทำให้ไม่สามารถควบคุมระบบให้อยู่ในสมดุลตามธรรมชาติได้ ดังนั้น ในการทดลองควรควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ตลอดการทดลอง
2. ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ด้วยเมทานอลไม่สามารถสกัดสารที่วิเคราะห์ออกมาได้หมด ควรมีการวิเคราะห์ในส่วนที่สกัดไม่ได้ (Bound Residue) โดยการเผาด้วยเครื่องคอมบัสชัน (Combustion) ซึ่งจะทำได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องมากขึ้น