

## สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

### สรุปผลการศึกษา

1. การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณของคาร์บาริลและคลอร์ไพริฟอสที่ตกค้างในดิน น้ำและตะกอนภายในสนามกอล์ฟหลังจากที่มีการฉีดพ่นสารเคมีในระยะเวลาต่างกัน

1.1 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำและตะกอน จำนวนทั้งหมด 100 ตัวอย่าง เพื่อหาปริมาณสารตกค้างคาร์บาริล ปรากฏว่า ตรวจพบปริมาณสารตกค้างคาร์บาริล มีค่าเป็น N.D. (non-detectable) ในเกือบทุกตัวอย่างมีบางตัวอย่างเท่านั้นที่ผลการวิเคราะห์ได้ออกมาเป็นตัวเลข คือ ตัวอย่างที่ 1 พบปริมาณสารตกค้างคาร์บาริลในตัวอย่างน้ำ จากสถานีที่ 1 บริเวณทะเลสาบใกล้ที่-ออฟของกรีน 8B ปริมาณ 0.011 มิลลิกรัมต่อลิตร ตัวอย่างที่ 2 พบปริมาณสารตกค้างคาร์บาริลในตัวอย่างน้ำจากสถานีที่ 5 บริเวณอ่างเก็บน้ำ นอกโครงการ ปริมาณ 0.012 มิลลิกรัมต่อลิตร ตัวอย่างที่ 3 พบปริมาณสารตกค้างคาร์บาริล ในตัวอย่างตะกอนจากสถานีที่ 3 บริเวณทะเลสาบใกล้แฟร์เวย์ของกรีน 2B ปริมาณ 0.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และตัวอย่างที่ 4 พบปริมาณสารตกค้างคาร์บาริลในตัวอย่างตะกอนจาก บริเวณทะเลสาบดังกล่าว ปริมาณ 0.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

1.2 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำและตะกอน จำนวนทั้งหมด 100 ตัวอย่าง เพื่อหาปริมาณสารตกค้างคลอร์ไพริฟอส ปรากฏว่า ตรวจพบปริมาณสารตกค้าง คลอร์ไพริฟอสมีค่าเป็น N.D. (non-detectable) ในทุกตัวอย่าง

1.3 การเปรียบเทียบปริมาณสารตกค้างคาร์บาริลในดิน น้ำและตะกอนนั้น เมื่อพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำและตะกอนทั้งหมดเพื่อหาปริมาณสารตกค้างคาร์บาริล ปรากฏว่า มีเพียง 4 ตัวอย่างเท่านั้นที่เครื่องมือ GC/MS สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ดังกล่าวแล้ว นอกนั้นตรวจพบปริมาณสารตกค้างคาร์บาริลมีค่าเป็น N.D. (non-detectable) ทั้งหมด ซึ่งไม่ได้หมายความว่าตรวจไม่พบปริมาณสารตกค้างคาร์บาริลอยู่เลย อาจไม่มีปริมาณสารตกค้างหรือมีปริมาณสารตกค้างก็ได้แต่มีค่าต่ำกว่าระดับที่เครื่องมือ GC/MS สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ (detection limit) ดังจะเห็นได้จากระดับ MDL (Method detection limit) ที่เครื่องมือ GC/MS สามารถตรวจวิเคราะห์คาร์บาริลในดิน คือ 0.11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในน้ำ คือ 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตรและในตะกอน คือ 0.11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อตัวอย่างไม่มีปริมาณสารตกค้างหรือมีปริมาณสารตกค้างคาร์บาริลอยู่ต่ำกว่าปริมาณดังกล่าวจึงไม่สามารถที่จะตรวจวัดได้ และจากการที่ผลการศึกษาปริมาณสารตกค้างคาร์บาริลส่วนใหญ่มีค่าเป็น N.D. เช่นนี้จึงไม่สามารถทำการเปรียบเทียบปริมาณของคาร์บาริลที่ตกค้างในดิน น้ำและตะกอน หลังจากที่มีการฉีดพ่นสารเคมีในระยะเวลาต่างกันทางสถิติได้

1.4 การเปรียบเทียบปริมาณสารตกค้างคลอร์ไพริฟอสในดิน น้ำและตะกอน ก็เช่นเดียวกันกับการเปรียบเทียบปริมาณสารตกค้างคาร์บาริล เนื่องจากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำและตะกอนทั้งหมดเพื่อหาปริมาณสารตกค้างคลอร์ไพริฟอส ปรากฏว่า ตรวจพบปริมาณสารตกค้างคลอร์ไพริฟอสมีค่าเป็น N.D. (non-detectable) ทั้งหมด ซึ่งไม่ได้หมายความว่าตรวจไม่พบปริมาณสารตกค้างคลอร์ไพริฟอสอยู่เลย อาจไม่มีปริมาณสารตกค้างหรือมีปริมาณสารตกค้างก็ได้ แต่มีค่าต่ำกว่าระดับที่เครื่องมือ GC/MS สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ (detection limit) ในทำนองเดียวกันระดับ MDL ที่เครื่องมือ GC/MS สามารถตรวจวิเคราะห์คลอร์ไพริฟอสในดิน คือ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในน้ำ คือ 0.0001 มิลลิกรัมต่อลิตร และในตะกอน คือ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังนั้นเครื่องมือ GC/MS จึงไม่สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างที่ไม่มีปริมาณสารตกค้างหรือมีปริมาณสารตกค้างคลอร์ไพริฟอสอยู่ต่ำกว่าระดับที่เครื่องมือ GC/MS สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ และจากการที่ผลการศึกษาปริมาณสารตกค้างคลอร์ไพริฟอสทั้งหมดมีค่าเป็น N.D. เช่นนี้ จึงไม่สามารถทำการเปรียบเทียบปริมาณของ

คลอรัไพบริฟอสที่ตกค้างในดิน น้ำและตะกอน หลังจากที่มีการฉีดพ่นสารเคมีในระยะเวลาต่างกัน ทางสถิติได้เช่นกัน

1.5 การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพในการศึกษา (quality control) ทั้งในทางปฏิบัติในภาคสนามและห้องปฏิบัติการ เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าวิธีการเก็บตัวอย่าง การวิเคราะห์ตัวอย่าง และเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ ได้ดำเนินการอย่างถูกต้องและสมบูรณ์แบบ ดังจะเห็นได้จากค่าประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ซึ่งรวมถึงการสกัดและการวัดด้วย GC/MS (recovery percentage) ของคาร์บาริลในน้ำมีค่าร้อยละ 69 และของคลอรัไพบริฟอสในน้ำ มีค่าร้อยละ 80 และประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ซึ่งรวมถึงการสกัดและการวัดด้วย GC/MS (recovery percentage) ของคาร์บาริลในดิน และตะกอนมีค่าร้อยละ 77 และของ คลอรัไพบริฟอสในดิน และตะกอนมีค่าร้อยละ 81 (รายละเอียดในภาคผนวก ง)

2. การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณของคาร์บาริลและคลอรัไพบริฟอสที่ตกค้างในดิน ที่ระดับความลึกแตกต่างกัน

2.1 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน จำนวนทั้งหมด 60 ตัวอย่างเพื่อหาปริมาณ สารตกค้างคาร์บาริลที่ระดับความลึกแตกต่างกัน ปรากฏว่า ตรวจพบปริมาณสารตกค้าง คาร์บาริลในดินที่ระดับความลึกแตกต่างกัน มีค่าเป็น N.D. (non-detectable) แสดงว่า อาจไม่มีปริมาณสารตกค้างคาร์บาริล หรือมีปริมาณสารตกค้างคาร์บาริลอยู่ในระดับต่ำกว่าที่ เครื่องมือ GC/MS สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ (detection limit) ดังจะเห็นได้จากระดับ MDL ที่เครื่องมือ GC/MS สามารถตรวจวิเคราะห์คาร์บาริลในดิน คือ 0.11 มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม เมื่อไม่มีปริมาณสารตกค้าง หรือมีปริมาณสารตกค้างคาร์บาริลในระดับที่ต่ำกว่าจึงไม่ สามารถวิเคราะห์ออกมาเป็นตัวเลขได้

2.2 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน จำนวนทั้งหมด 60 ตัวอย่าง เพื่อหา ปริมาณสารตกค้างคลอรัไพบริฟอสที่ระดับความลึกแตกต่างกัน ปรากฏว่า ตรวจพบปริมาณ สารตกค้างคลอรัไพบริฟอสในดินที่ระดับความลึกแตกต่างกัน มีค่าเป็น N.D. (non-detectable) แสดงว่า อาจไม่มีปริมาณสารตกค้างคลอรัไพบริฟอส หรือ มีปริมาณสารตกค้าง อยู่ในระดับต่ำกว่าที่เครื่องมือ GC/MS สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ (detection limit)

ในการทำงานเดียวกันระดับ MDL ที่เครื่องมือ GC/MS สามารถตรวจวิเคราะห์คลอรีนไฟรฟอสในดิน คือ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อไม่มีปริมาณสารตกค้าง หรือมีปริมาณสารตกค้าง คลอรีนไฟรฟอสในระดับต่ำกว่านี้ เครื่องมือ GC/MS ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้

2.3 การเปรียบเทียบปริมาณสารตกค้างคาร์บาริลในดินที่ระดับความลึกแตกต่างกันนั้น เมื่อพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินทั้งหมดเพื่อหาปริมาณสารตกค้างคาร์บาริลในดินที่ระดับความลึกแตกต่างกัน ปรากฏว่า ตรวจพบปริมาณสารตกค้างคาร์บาริล มีค่าเป็น N.D. (non-detectable) ทั้งหมด ซึ่งไม่ได้หมายความว่า ตรวจไม่พบปริมาณสารตกค้างคาร์บาริลอยู่เลย อาจไม่มีปริมาณสารตกค้างหรือมีปริมาณสารตกค้างก็ได้แต่มีค่าต่ำกว่าระดับที่เครื่องมือ GC/MS สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ (detection limit) จากการที่ผลการศึกษาปริมาณสารตกค้างคาร์บาริลทั้งหมดในดินที่ระดับความลึกแตกต่างกันมีค่าเป็น N.D. เช่นนี้ จึงไม่สามารถทำการเปรียบเทียบปริมาณของคาร์บาริลที่ตกค้างในดินที่ระดับความลึกแตกต่างกันทางสถิติได้

2.4 การเปรียบเทียบปริมาณสารตกค้างคลอรีนไฟรฟอสในดินที่ระดับความลึกแตกต่างกันก็เช่นเดียวกันกับการเปรียบเทียบปริมาณสารตกค้างคาร์บาริล เนื่องจากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินทั้งหมดเพื่อหาปริมาณสารตกค้างคลอรีนไฟรฟอสในดินที่ระดับความลึกแตกต่างกัน ปรากฏว่า ตรวจพบปริมาณสารตกค้างคลอรีนไฟรฟอสมีค่าเป็น N.D. (non-detectable) ทั้งหมด ซึ่งไม่ได้หมายความว่าตรวจไม่พบปริมาณสารตกค้างคลอรีนไฟรฟอสอยู่เลย อาจไม่มีปริมาณสารตกค้าง หรือมีปริมาณสารตกค้างก็ได้แต่มีค่าต่ำกว่าระดับที่เครื่องมือ GC/MS สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ (detection limit) จากการที่ผลการศึกษาปริมาณสารตกค้างคลอรีนไฟรฟอสทั้งหมดในดินที่ระดับความลึกแตกต่างกันมีค่าเป็น N.D. เช่นนี้ จึงไม่สามารถทำการเปรียบเทียบปริมาณของคลอรีนไฟรฟอสที่ตกค้างในดินที่ระดับความลึกแตกต่างกันทางสถิติได้เช่นกัน

2.5 การตรวจสอบ และควบคุมคุณภาพในการศึกษา (quality control) เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าวิธีการเก็บตัวอย่าง การวิเคราะห์ตัวอย่าง และเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์นั้นถูกต้องและสมบูรณ์แบบเช่นกัน ดังจะเห็นได้จากประสิทธิภาพในการวิเคราะห์

ซึ่งรวมถึงการสกัดและการวัดด้วย GC/MS ของคาร์บาริล และคลอร์ไพริฟอสในดิน มีค่าร้อยละ 77 และ 81 ตามลำดับ (รายละเอียดในภาคผนวก ง)

3. การศึกษาปริมาณสารตกค้างคาร์บาริลและคลอร์ไพริฟอสในดิน น้ำและตะกอน บริเวณสนามกอล์ฟแหลมฉบัง อินเตอร์เนชั่นแนล คันทรีคลับ ครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าภายใต้การใช้สารเคมีทั้งสองชนิดตามปริมาณที่แนะนำทางวิชาการ และจำนวนครั้งตามปกติที่เคยปฏิบัติ กล่าวคือ เมื่อเกิดมีศัตรูพืชระบาดทำลายหญ้าทั้งบริเวณที่-ออฟ กรีน และแฟร์เวย์มีแนวโน้มว่าจะไม่เกิดการตกค้างของสารดังกล่าวในสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เป็นเพราะสารคาร์บาริลและคลอร์ไพริฟอสสามารถสลายตัวได้อย่างรวดเร็วโดยธรรมชาติ ไม่ว่าจะเกิดขึ้นโดยการแตกตัวทำปฏิกิริยากับน้ำการแตกตัวทำปฏิกิริยากับแสง หรือทางเคมีและสภาพอื่น ๆ

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้มีลักษณะเป็นกรณีศึกษา (case study) กล่าวคือ เป็นผลจากการศึกษาเฉพาะบริเวณที่ทำการศึกษาแห่งเดียว ภายใต้เงื่อนไขของช่วงเวลา เทคนิควิธีการวิเคราะห์ที่กำหนดเท่านั้น ไม่สามารถบ่งชี้ถึงสถานการณ์การตกค้างของสารเคมีในสนามกอล์ฟอื่นได้ แต่อาจจะนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาเรื่องอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไปได้

#### ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาอัตราการย่อยสลายของคาร์บาริลและคลอร์ไพริฟอสในสภาพแวดล้อมของประเทศไทย เนื่องจากอยู่ในเขตร้อน แต่จะต้องกระทำภายใต้สภาวะที่สามารถควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ได้และกำหนดตัวแปรต้นและตัวแปรตามที่ชัดเจนมิฉะนั้นจะไม่สามารถสรุปผลได้
2. ควรมีการศึกษาปริมาณสารตกค้างของคาร์บาริลและคลอร์ไพริฟอสในหญ้า เนื่องจากสารทั้งสองชนิดจะจับอยู่เฉพาะใบพืชเท่านั้น
3. การศึกษาปริมาณสารตกค้างในน้ำ และตะกอนควรจะทำในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง เพื่อศึกษาอิทธิพลการชะล้างของน้ำฝนดังที่เคยมีผู้ศึกษามาบ้างแล้ว

4. การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาปริมาณสารตกค้างจากการฉีดพ่นคาร์บาริลและคลอร์ไพริฟอสเพียงครั้งเดียวตามขอบเขตการศึกษาและความจำเป็นในการใช้สารเคมีของผู้ดูแลสนามกอล์ฟเนื่องจากเป็นสนามใหม่ยังไม่มีศัตรูพืชระบาดมากนัก โอกาสที่จะมีการตกค้างในปริมาณสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดโดย สหภาพโซเวียต ประเทศเม็กซิโก และประเทศไทย จึงไม่ปรากฏ (ภาคผนวก ฎ) แต่สำหรับสนามกอล์ฟที่เปิดให้บริการมาหลายปีแล้วอาจมีศัตรูพืชระบาดมากกว่า มีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชมากกว่าทั้งชนิดและจำนวนครั้งที่ฉีดพ่น จึงสมควรที่จะมีการศึกษาในลักษณะการติดตามตรวจสอบในสภาพที่แท้จริง เพื่อศึกษาทั้งชนิดและปริมาณสารตกค้างของสารเคมีฯ ในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ

5. จากการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในสนามกอล์ฟ พบว่า สารเคมีที่ใช้อยู่ในกลุ่มที่สลายตัวเร็ว และมีการระเหยสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และกลุ่มคาร์บาเมต แต่สารดังกล่าวมักมีพิษเฉียบพลันสูง จึงสมควรที่จะมีการศึกษาถึงผลกระทบของสารเหล่านั้นต่อนักกอล์ฟและผู้ใช้โดยตรงด้วย

6. ควรมีการศึกษาถึงบทบาทของจุลินทรีย์ในดินของประเทศไทยทั้งชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีต่อการย่อยสลายของสารคาร์บาริลและคลอร์ไพริฟอส

7. ควรมีการศึกษาการใช้สารอื่นทดแทนการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในสนามกอล์ฟซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อมนุษย์ สัตว์และสิ่งแวดล้อม เช่น การใช้สารสกัดจากสะเดา มีคุณสมบัติในการใช้ควบคุมแมลงได้และยังเป็นการลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชอีกด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย