

ผลของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่แตกต่างกันต่อปริมาณสารพาราควัทที่ตกค้างใน
น้ำไหลบ่าหน้าดิน และตะกอนดิน บริเวณสถานีวิจัยการพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูง
อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่

Effect of Soil and Water Conservation Practices on Paraquat Residues in Surface
Runoff and Sediment at Highland Development Research Station,
Samoeng District, Chiang Mai

คำนำ

ปัจจุบันการใช้สารกำจัดวัชพืชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากการขยายพื้นที่เพาะปลูก ประกอบกับการขาดแรงงานในภาคเกษตรกรรม ค่าจ้างแรงงานสูงขึ้น ไม่คุ้มทุนและไม่สามารถทำงานได้ทันกับเวลาการเจริญเติบโตของวัชพืช ในพื้นที่ทำเกษตรกรรมบนที่สูงของประเทศไทยก็เช่นเดียวกันมีการใช้สารกำจัดวัชพืชกันอย่างแพร่หลาย และเพิ่มปริมาณการใช้ขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน เพื่อเตรียมพื้นที่ก่อนการเพาะปลูก ก่อให้เกิดการชะล้างสารกำจัดวัชพืชออกจากพื้นที่เกษตรกรรมมาปนกับน้ำไหลบ่าหน้าดินและตะกอนดินปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำ หรือชะล้างลงสู่ลำน้ำได้ดิน ถึงแม้ว่าระดับสารกำจัดวัชพืชที่มากับการไหลบ่าของน้ำและตะกอนจะอยู่ในระดับไม่สูงนักแต่อาจสะสมในแหล่งน้ำธรรมชาติและเป็นอันตรายต่อระบบนิเวศวิทยาได้ หากไม่มีการควบคุมการใช้ที่ดินและมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมต่อการควบคุมการปนเปื้อน และพัฒนาสารกำจัดวัชพืชเหล่านี้ ประเทศไทยอาจต้องประสบปัญหามลพิษในแหล่งน้ำมากขึ้น รวมทั้งดินจะลดศักยภาพในการผลิตพืชด้วย

การศึกษาปัญหาการปนเปื้อนและตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชและสารกำจัดวัชพืชที่ผ่านมา นั้นได้มีรายงานการวิจัยจากแหล่งต่าง ๆ มาพอสมควร ซึ่งส่วนใหญ่เป็นรายงานทางด้านปริมาณสารพิษตกค้างที่พืชมามากับน้ำและตะกอนไหลบ่า หรือการสะสมในดิน แหล่งน้ำและตะกอนดินในพื้นที่ราบลุ่มทางการเกษตร และตามลำน้ำสายหลักของประเทศ แต่การศึกษาผลของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่มีต่อปริมาณสารกำจัดวัชพืชและสารกำจัดศัตรูพืชยังมีค่อนข้างน้อย ซึ่งในการศึกษานี้จึงนำเอามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในบริเวณพื้นที่ที่มีการทำเกษตรกรรมบนพื้นที่สูงของสถานีวิจัยพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูง ตำบลสะเมิงใต้ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ มาศึกษา 3

มาตรการ คือ แลบน้ำพุแผ่แถวเดี่ยว แลบน้ำพุธรรมชาติ และคูรับน้ำขอบเขา เทียบกับแปลงที่ไม่มี มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ซึ่งมาตรการเหล่านี้เป็นวิธีการที่ส่งเสริมและมีใช้งานอยู่แล้วในพื้นที่ทำ การเกษตรของเกษตรกร เพื่อศึกษาปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน ตะกอนดิน และการปริมาณสารกำจัด วัชพืชในดิน ตะกอนดิน และน้ำไหลบ่าหน้าดิน โดยในที่นี้ใช้สารพาราควัท (paraquat) เป็นตัวแทน ในการศึกษา เนื่องจากในพื้นที่แปลงทดลองเกษตรกรนิยมใช้สารพาราควัทนี้เป็นสารกำจัดวัชพืช เพราะเห็นผลดี วัชพืชตายเร็วและหาซื้อง่าย โดยเกษตรกรทั่วไปบริเวณสถานวิจัยพัฒนาที่ดินบน พื้นที่สูงจะฉีดพ่นสารพาราควัทให้วัชพืชแห้งหรือเฉาตายก่อน แล้วใช้ไฟเผากำจัดซากวัชพืชก่อน พรวนดิน แต่ถ้าวัชพืชขนาดเล็ก เตี้ย เมื่อฉีดพ่นสารพาราควัทให้วัชพืชแห้งตายแล้วจะพรวนดินได้ ทันที

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบต่าง ๆ ต่อปริมาณน้ำไหลบ่า หน้าดิน และตะกอนดิน
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบต่าง ๆ ต่อปริมาณสารพาราควัท ที่ตกค้างในน้ำไหลบ่าหน้าดิน และตะกอนดิน

ตรวจเอกสาร

1. การอนุรักษ์ดินและน้ำ (soil and water conservation)

การอนุรักษ์ดินและน้ำ หมายถึง การกระทำใด ๆ ก็ตามเพื่อรักษาความสามารถในการให้ผลผลิตของดิน และสามารถใช้น้ำที่ดินนั้นในการเกษตรกรรมได้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยทำการเกษตรกรรมอย่างถูกต้องและเหมาะสมหรือใช้วิธีการพิเศษเพื่ออนุรักษ์ดินและน้ำโดยเฉพาะ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ส่วน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ได้ให้คำจำกัดความของการอนุรักษ์ดินและน้ำว่าเป็นการใช้ทรัพยากรดินและน้ำอย่างเหมาะสม ด้วยวิธีการที่ชาญฉลาด คุ่มค่าเกิดประโยชน์สูงสุด และมีความยั่งยืน ซึ่งทั้งการอนุรักษ์ดินและน้ำมีความสัมพันธ์กันอย่างแยกไม่ออก กิจกรรมที่ช่วยในการอนุรักษ์ดินก็จะส่งผลต่อการอนุรักษ์น้ำด้วย (Fredrick *et al.*, 1999) โดยมีหลักสำคัญคือ ทำให้ดินทนทานต่อการแตกกระจาย การพัดพา และให้น้ำซึมผ่านผิวดินได้ดีป้องกันการกระแทกของเม็ดฝนและแรงลม ทำให้ความเร็วของน้ำไหลบ่าหน้าดินและของลมลดลง ลดการแตกกระจายและการพัดพาของอนุภาคดิน และทำทางระบายน้ำป้องกันการกัดกร่อนดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

2. มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ทดลอง

พื้นที่เกษตรกรรมที่ทำการศึกษาในบริเวณสถานีวิจัยการพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูงนี้ กรมพัฒนาที่ดินได้แนะนำและส่งเสริมให้เกษตรกรใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ 2 รูปแบบ ดังนี้

2.1 มาตรการวิธีพืช ได้แก่ แถบหญ้าธรรมชาติ (natural grass strips) และแถบหญ้าแฝก แถวเดี่ยว (vertiver grass strips) เป็นวิธีการป้องกันการกร่อนดินที่ไม่รุนแรง คือ ปลูกหญ้าเป็นแถบระหว่างพืชที่ปลูก แถบหญ้านี้จะไม่ได้รับการไถพรวน น้ำที่ไหลบ่าหน้าดินจากที่สูงจะถูกสกัดโดยแถบที่ปลูกหญ้านี้ ทำให้ความเร็วในการไหลลดลงและเกิดการตกตะกอนบริเวณหน้าแถบหญ้า และสามารถตัดแต่งใบให้มีทรงพุ่ม และขนาด ความสูงที่เหมาะสมได้

2.2 มาตรการวิธีกล เป็นคูรับน้ำขอบเขา (hillside ditches) ที่สร้างบริเวณขอบเขาตามแนวระดับหรือลดระดับเป็นรูปสามเหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยมคางหมู ระยะห่างของคูรับน้ำขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศและสิ่งแวดล้อม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2544ก) มีลักษณะคล้ายคูเบนรับน้ำ (diversion ditch) คือ

เป็นร่องน้ำเป็นช่วง ๆ บนขวางทางลาดเขา เพื่อระบายน้ำออกและเป็นตัวนำน้ำที่ไหลบ่าออกไปจากบริเวณนั้น และคล้ายขั้นบันไดดิน (bench terrace) แต่ดูรับน้ำขอบเขาไม่มีการปลูกพืชตรงขั้นบันได การปลูกพืชจะกระทำในบริเวณระหว่างคูรับน้ำ (สมเจตน์, 2526)

3. ประสิทธิภาพของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ

นิพนธ์ (2527) ได้กล่าวถึงวิธีการป้องกันการกร่อนดินด้วยวิธีการทางวิศวกรรมว่าเป็นวิธีการสำคัญในการจัดการที่ดิน ส่วนใหญ่จะเป็นการก่อสร้างคันดินขวางความลาดชันของด้านลาดเขา เพื่อชะลอความเร็วของน้ำไหลบ่าหน้าดินก่อนที่จะมีพลังก่อให้เกิดอันตรายต่อการกร่อนดิน และการใช้พืชคลุมดินร่วมกับวิธีกลจะเป็นการเสริมสร้างซึ่งกันและกัน และมักใช้ด้วยกันเสมอแม้ว่าแต่ละวิธีการจะมีวัตถุประสงค์ต่างกัน

Hudson (1981) ได้แสดงให้เห็นว่า ถึงแม้จะมีการใช้วิธีกลในการอนุรักษ์ดินก็ยังคงเกิดการสูญเสียดินไปได้ แต่การจัดการพืชที่ดินนั้นสามารถลดการสูญเสียดินได้ถึงร้อยละ 50 ซึ่งเน้นให้ใช้การปลูกพืชคลุมดินดีกว่าการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินทางกล ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายได้อย่างมากหากได้รับการบำรุงรักษาไม่เพียงพอ หรือได้รับการออกแบบไม่เหมาะสม เช่นเดียวกับ Roose (1977) ที่กล่าวว่า การทำคันดินจะลงทุนสูงและมีประสิทธิภาพต่ำกว่าวิธีการควบคุมโดยพืชที่สามารถตั้งตัวและคลุมดินได้หนาแน่น

จากการศึกษาของภิชาดิ (2525) ที่โครงการสาธิตการจัดการลุ่มน้ำแม่สา บริเวณพื้นที่ที่มีความลาดชันร้อยละ 30 โดยสร้างสิ่งก่อสร้าง 4 ชนิด คือ ขั้นบันไดดินต่อเนื่อง ขั้นบันไดดินไม่ต่อเนื่อง คูรับน้ำขอบเขา และคันดินรับน้ำขอบเขา พบว่าในปีที่สามหลังจากแปลงทดลองอยู่ตัวดีแล้ว สิ่งก่อสร้างแต่ละชนิดสามารถลดการสูญเสียดินและน้ำได้ ร้อยละ 96 86 80 และ 91 ตามลำดับ และแนะนำว่าคันดินรับน้ำขอบเขาควรเป็นวิธีที่นำไปใช้แนะนำให้เกษตรกรใช้ได้มากที่สุด และเสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างต่ำและป้องกันการสูญเสียดินและน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่น้อยกว่าสิ่งก่อสร้างชนิดอื่น และอภิรักษ์ (2538) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของมาตรการเหล่านี้ในพื้นที่เดียวกันตั้งแต่ พ.ศ.2523 ถึง พ.ศ.2533 พบว่า การสูญเสียจากแปลงทดลองแบบคูดินรับน้ำขอบเขามีมากที่สุด รองลงมาเป็นขั้นบันไดดินไม่ต่อเนื่อง คันดินรับน้ำขอบเขา และขั้นบันไดดินต่อเนื่อง มีค่าเท่ากับ 91.34 86.93 81.75 และ 78.69 มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ และการสูญเสียดินก็

ให้ค่าไปในทางเดียวกับการสูญเสีย^๑ โดยมีค่าเท่ากับ 11.70 9.59 8.37 และ 5.01 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ

นคร (2533) ได้ศึกษาระบบการปลูกพืชเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่า การปลูกข้าวไร่ สลับถั่วดำ ข้าวโพด ตามด้วยถั่วแดงหลวง ร่วมกับการใช้แถบหญ้าขนาดกว้าง 1-2 เมตร โดยให้มีระยะระหว่างแถบหญ้าในแนวตั้ง 1.5 และ 3 เมตร มีการสูญเสีย^๑น้อยกว่าระบบปลูกข้าวไร่ที่ไม่มีการอนุรักษ์ดินและน้ำถึงร้อยละ 62 และปริมาณการสูญเสียดินน้อยกว่าร้อยละ 92 และนคร (2542) ได้ศึกษาการใช้ระบบการปลูกพืชเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ บนพื้นที่ปลูกข้าวไร่ ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย ระหว่างปี พ.ศ. 2538 ถึง พ.ศ. 2542 พบว่าในการปลูกข้าวไร่ที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เป็นขั้นบันไดดิน การใช้แถบขาร่วมกับเศษพืช การใช้แถบชา 1 แถว และ 2 แถว ปลูกบนแถบหญ้าป่าเสีย (*Paspalum notatum*) นั้น สามารถลดปริมาณการสูญเสียดินได้เฉลี่ยร้อยละ 33 และลดปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินโดยเฉลี่ยได้ร้อยละ 52 เมื่อเทียบกับการปลูกข้าวไร่ที่ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ

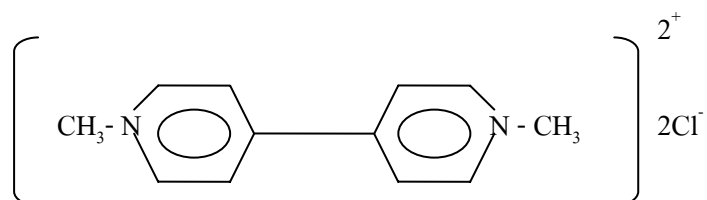
พิทักษ์ และ สวัสดิ์ (2535) ได้กล่าวว่าการควบคุมการกร่อนดินโดยการอนุรักษ์ดินและน้ำทั้งทางพืชและทางกล เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการสูญเสียดินที่ไม่มีการอนุรักษ์ดินและน้ำพบว่าปริมาณการสูญเสียดินปีแรกไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากระบบอนุรักษ์ดินและน้ำยังไม่สมบูรณ์เต็มที่ แต่ในปีที่ 2 และ 3 แปลงที่มีการอนุรักษ์ดินและน้ำสามารถลดการสูญเสียดินได้ดีกว่าและแตกต่างกับแปลงที่ไม่มีการอนุรักษ์ดินและน้ำ ต่อมา พิทักษ์ (2537) ได้ศึกษาการปลูกพืชโดยมีการอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าการปลูกพืชระหว่างแถบไม้พุ่มบำรุงดิน ปลูกพืชระหว่างแถบหญ้า และการปลูกพืชในระบบเกษตรป่าไม้ สามารถลดปริมาณการสูญเสียดินและน้ำไหลบ่าหน้าดินได้ถึงแม้ว่าการทำแถบพืชอนุรักษ์ดินและน้ำ จะเสียพื้นที่การเพาะปลูกไปบ้าง

สิริมาน (2543) ได้ศึกษาการอนุรักษ์ดินสำหรับปลูกมันสำปะหลังบนชุดดินมาบบอน ความลาดชัน 5 % ณ สถานีวิจัยเขาคินซอน จังหวัดฉะเชิงเทรา ในผลการทดลองครั้งที่ 2 ระยะเวลา 13 เดือน พบว่าการไถพรวนขวางความลาดเทร่วมกับการปลูกหญ้าซึ่งเป็นแถบกว้าง 100 เซนติเมตร มีการสูญเสียดินน้อยที่สุด แต่ไม่แนะนำให้ปฏิบัติเพราะต้องดูแลรักษามากและมีผลกระทบต่อพืชที่ปลูก

Kon และ Lim (1991) ได้ศึกษาการสูญเสียดินและน้ำไหลบ่าหน้าดินในมาเลเซีย โดยเปรียบเทียบระหว่างแปลงที่ไม่มีวัสดุคลุมกับแปลงปลูกแฝก 3 แถว ที่มีปริมาณน้ำฝน 581 มิลลิเมตร ปรากฏว่าหญ้าแฝกสามารถป้องกันการน้ำไหลบ่าหน้าดินได้ 75 % และป้องกันการสูญเสียดินได้ 95 % ซึ่งสอดคล้องกับ Greenfield (1992) ที่กล่าวว่าหญ้าแฝกเป็นพืชที่สามารถอนุรักษ์ดินได้ดีที่สุด

4. สารพาราควัท (paraquat)

สารพาราควัทเป็นสารกำจัดวัชพืชที่เกษตรกรนิยมใช้ก่อนทำแปลงเพาะปลูกผักในพื้นที่ศึกษา ณ สถานีวิจัยพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูง อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ เริ่มนำมาใช้และจดสิทธิบัตรในปี ค.ศ. 1958 (Smith, 1995) ชื่อทางเคมี คือ 1,1' – dimethyl – 4,4' – bipyridinium dichloride เป็นสารประกอบประเภท quaternary ammonium herbicide (Khan, 1980; Pesticide Action Network Asia and the Pacific [PANAP], 2003) มีชื่อทางการค้าคือ Grumoxone, Karazone, Topzone, Noxone ฯลฯ มีน้ำหนักโมเลกุลในรูป dichloride salt 257.16 ซึ่งมีสูตรโครงสร้างทางเคมีตามที่พரசัย (2531) รายงานไว้ดังนี้



พาราควัทเป็นสารกำจัดวัชพืชที่จัดอยู่ในกลุ่มไบไพริเดียม (bipyridiliums) ใช้ฉีดพ่นหลังวัชพืชงอก จัดเป็นสารประเภทสัมผัสตายและไม่เลือกทำลาย (ธวัชชัย 2540) มีจุดหลอมเหลว 340 องศาเซลเซียส ความหนาแน่น 1.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ 25 องศาเซลเซียส ละลายน้ำได้ 700 กรัมต่อลิตร ที่ 20 องศาเซลเซียส ละลายได้น้อยในแอลกอฮอล์ และไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) ใช้ควบคุมวัชพืชในวงศ์หญ้าเป็นส่วนใหญ่ (ทศพล, 2545) เป็นสารกำจัดวัชพืชที่มีสถิติการนำเข้าในประเทศมากในระดับต้นๆ มี pH 6.5 – 7.5 (จิราพร และ ญัญญา, 2532) โดยที่ปัจจุบันสารสำเร็จรูปที่นำเข้ามีปริมาณลดลง เนื่องจากมีโรงงานปรุงแต่งในประเทศ (ธวัชชัย, 2540)

4.1 ความเป็นพิษของสารพาราควัท

พิษของสารพาราควัทมีความรุนแรงต่อสัตว์เมื่อเข้าทางปาก (acute oral) โดยมีค่า LD_{50} ต่ำมาก กล่าวคือ สารในรูป paraquat dichloride salt technical กับหนูตัวผู้ มีค่า LD_{50} 112 -150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Ahrens, 1994) มีค่า LC_{50} ต่อปลา rainbow trout 32 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในเวลา 96 ชั่วโมง และไม่เป็นพิษต่อผึ้ง (ทศพล, 2545; Hamishkidd and David, 1991) แต่จากรายงานของ PANAP (2003) ได้กล่าวไว้ว่าสารพาราควัทเพียง 17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ก็สามารถฆ่าชีวิตมนุษย์ได้ โดยจะทำให้ตายดับ หัวใจ ไต ปอด ระบบประสาท ต่อมหมวกไต ม้าม กล้ามเนื้อ และทุกระบบในร่างกายให้ล้มเหลว ซึ่งสารพาราควัทนี้เป็นสารหนึ่งในไม่กี่ชนิดที่จัดว่าเป็นสารที่มีพิษอยู่ในระดับปานกลางของกลุ่มความเป็นพิษเฉียบพลัน (acute toxicity) ต่อมนุษย์ (สมชัย, 2539) ซึ่งในประเทศไทยได้หวั่นิยมใช้สารพาราควัทกันอย่างกว้างขวาง จึงมีการพัฒนาแนวทางเพื่อป้องกันการปนเปื้อนสารนี้ลงในแหล่งน้ำดื่มและแหล่งน้ำตามธรรมชาติ โดยทางการได้หวั่นได้กำหนดมาตรฐานน้ำดื่มให้มีปริมาณสารพาราควัทได้ไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร (Tsai and Hsein, 2003)

4.2 พฤติกรรมของสารพาราควัทในสิ่งแวดล้อม

สารพาราควัทมีความสามารถเคลื่อนย้ายในดินได้อย่างจำกัดเพราะถูกอนุภาคดินและอินทรีย์วัตถุจับยึดไว้ เนื่องจากตัวสารมีสมบัติเป็นประจุบวก จึงสามารถดูดซับกับดินซึ่งมีประจุลบอย่างแข็งแรง โดยเฉพาะดินเหนียวหรือแร่ดินเหนียว (clay mineral) และอินทรีย์วัตถุ (ทศพล, 2545; PANAP, 2003; Spark, 2002) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ (sorption coefficient; K_{oc}) เท่ากับ 10^6 ซึ่งการติดแน่นอยู่กับดินนี้เป็นขีดจำกัดความเป็นประโยชน์ของสารพาราควัทต่อการทำลายวัชพืช โดยที่สารพาราควัทนี้มีการสลายตัวทางชีวภาพ (biodegrade) ได้ช้ามาก และมีครึ่งชีวิต (half-life) ในดิน 1,000 วันหรือมากกว่านั้นขึ้นกับชนิดดิน (Vougue *et al.*, 1994) และในบางกรณีอาจใช้เวลาถึง 13 ปี (Exttoxnet, 1996) โดยสารนี้จะไม่ออกฤทธิ์ในดินและไม่เกิดการชะล้างลงสู่ด้านล่าง (leaching) หรือเกิดน้อยมาก จึงไม่เกิดการปนเปื้อนในแหล่งน้ำใต้ดิน (Hazardous Substances Data Bank [HSDB], 2000) การดูดซับของสารพาราควัทในดินไม่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิและความชื้นดิน ไม่แสดงความเป็นพิษและไม่มีการเคลื่อนย้ายในพืช (Arnold and Kevin, 1990) มีการทดลองหาอัตราการดูดซับของสารพาราควัทกับชนิดแร่ดินเหนียวพบว่าแร่ดินเหนียวในกลุ่ม montmorillonite จะมีการดูดซับสารได้สูงกว่าแร่ดินเหนียวชนิดอื่น ๆ ซึ่ง Tsai and Hsein (2003) ได้ทดสอบขนาดของอนุภาคดินที่มีแร่ดินเหนียว montmorillonite ต่อการดูดซับสารพาราควัทพบว่าเมื่ออนุภาคดินมี

ขนาดใหญ่ขึ้นการดูดซับสารจะลดลง การตกค้างของสารพาราควัทในแหล่งน้ำนั้นตัวสารจะถูกดูดซับอยู่กับอนุภาคแขวนลอย (suspended matter) และตะกอนดิน (sediment) ในน้ำ โดยมีรายงานว่าครึ่งชีวิต (half-life) ในน้ำจะมีค่าตั้งแต่ 1.5 วัน จนถึง 23 สัปดาห์ (HSDB, 2000) ซึ่งสารนี้จะสลายตัวเองภายใน 35 สัปดาห์ จนไม่สามารถตรวจพบในน้ำที่ปราศจากตะกอนดินหรือพีชน้ำภายใน 6 – 8 สัปดาห์ ในแหล่งน้ำที่มีตะกอนดิน และ 3 – 4 สัปดาห์ในแหล่งน้ำที่มีทั้งตะกอนดินและพีชน้ำ (Eisler, 1990)

5. การแพร่กระจายมลพิษที่ติดมากับตะกอนดิน

ตะกอนดินแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ตะกอนแขวนลอย (suspended sediment) ซึ่งเป็นตะกอนดินที่มีขนาดเล็กมีทั้งเป็นสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โดยแขวนลอยอยู่ในน้ำ และสามารถถูกพัดพาไปได้ไกล และตะกอนหนักท้องลำธาร (bed load sediment) เป็นตะกอนดินที่มีขนาดใหญ่ มีน้ำหนักมาก จะถูกพัดพาไปตามท้องน้ำ เช่น กรวด ทราย หรือทรายแป้ง โดยพวกทรายจะตกตะกอนก่อนตามด้วยทรายแป้งหยาบและละเอียด ส่วนตะกอนดินเหนียวจะตกทีหลัง ตะกอนส่วนใหญ่มีกำเนิดจากดิน ดังนั้นจึงเรียกตะกอนเหล่านี้ว่า ตะกอนดิน (เกษม และนิพนธ์, 2517) ซึ่งโดยความเร็วของกระแสน้ำจะเป็นตัวกำหนดเวลาที่แตกต่างกันในการตกตะกอนขนาดใหญ่และขนาดเล็ก (Mcclusky, 1971) ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณตะกอนดินในลำน้ำ ได้แก่ ชนิดของดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ ลักษณะภูมิอากาศ และฝน (Hudson, 1971) นอกจากนี้ มนุษย์ยังมีส่วนทำให้ปริมาณตะกอนดินมากขึ้นจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งพื้นที่ดินที่ขาดพืชปกคลุมจะเกิดการกร่อนดินได้ง่าย ส่งผลให้ปริมาณตะกอนดินสะสมในท้องน้ำมากขึ้นกว่าที่เกิดตามธรรมชาติ (Park, 1980) ซึ่งนิพนธ์ (2545) กล่าวว่า ตะกอนดินเป็นตัวการทำให้เกิดมลพิษทางน้ำเมื่อทับถมในแหล่งน้ำ ทำให้ดินจืดจาง ทำลายดินที่ใช้ในการเกษตรกรรม ทำลายสภาพความเป็นอยู่ของสัตว์น้ำ ทำให้น้ำขุ่นและสกปรก ไม่เหมาะแก่การอุปโภคบริโภค นอกจากนี้ตะกอนดินยังสามารถดูดซับเอาสารมลพิษอื่น ๆ เช่น ธาตุอาหารพืช สารกำจัดศัตรูพืช วัตถุมีพิษ แบคทีเรีย และไวรัสได้อีกด้วย ซึ่งสมบัติของตะกอนดินไม่ว่าจะเป็นทางด้านฟิสิกส์ เคมี และชีวภาพ ล้วนแต่มีผลกระทบต่อภาวะแวดล้อมทั้งนั้น สมบัติทางกายภาพ เช่น ขนาด ความหนาแน่น และรูปร่าง มีผลต่อการพังทลายของดิน การเคลื่อนย้าย และการตกทับถมแตกต่างกันไป ตะกอนดินละเอียดประเภทซิลต์ และดินเหนียวนั้นจะมีสมบัติทางเคมีที่สามารถดูดซับหรือดูดซับและปลดปล่อยไอออนของสารต่าง ๆ จากน้ำและสู่ น้ำ (McDowell and Grissinger, 1976 : อ้างใน นิพนธ์, 2545) โดยขึ้นอยู่กับสมบัติทางเคมีของภาวะแวดล้อมของน้ำด้วย และเป็นตัวการกำหนดความเข้มข้นของมลพิษในน้ำ ซึ่งโดยทั่วไป

แล้วตะกอนดินขนาดหยาบจะเป็นตัวการทำให้พลังงานในการกัดเซาะและพัดพาไปลดน้อยลง ในขณะที่ตะกอนดินขนาดละเอียดก็เป็นตัวลดสารแขวนลอยที่มีมลพิษอื่น ๆ ในน้ำได้บ้าง

ตะกอนดินที่เคลื่อนย้ายในน้ำและลงสู่แหล่งน้ำนั้น มีผลทำให้คุณภาพของน้ำเปลี่ยนแปลงได้ในหลายลักษณะด้วยกัน ความมากน้อยหรือลักษณะของน้ำในลำราง ลำธาร แม่น้ำ ขนาดของตะกอนดิน และความขรุขระของท้องน้ำ รวมทั้งสิ่งกีดขวางบริเวณขอบฝั่ง มีผลต่อการเคลื่อนย้ายตะกอนดิน โดยเฉพาะในช่วงฤดูน้ำหลาก ซึ่งการไหลของน้ำจะเป็นไปในลักษณะปั่นป่วน (turbulence)

ปริมาณของตะกอนดินในลำน้ำ ไม่ว่าจะมาจากพื้นที่ทำการเกษตร ห้วยน้ำ ป่าไม้ ไหล่ถนน เขตที่อยู่อาศัย ล้วนก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวข้องกับคุณภาพของน้ำทั้งสิ้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีแนวทางที่จะบอกให้รู้ว่าการกร่อนดิน และความเข้มข้นของตะกอนดินจะมีได้มากน้อยเพียงใด จึงจะไม่ทำให้แหล่งน้ำเกิดมลพิษ อย่างไรก็ตามปริมาณตะกอนดินทั้งหมดไม่ได้เป็นสิ่งเลวร้ายเสมอไป บางครั้งอาจมีส่วนช่วยทำให้แหล่งน้ำมีคุณภาพดีขึ้น

6. การแพร่กระจายมลพิษในน้ำ

สารกำจัดศัตรูพืช (pesticides) ที่ลงสู่แหล่งน้ำโดยน้ำไหลบ่าหน้าดินจากพื้นที่ลุ่มน้ำ การเกษตร สันนิษฐานว่ามักมากับตะกอนดินไม่อยู่ในรูปสารละลายในน้ำ (Willis *et al.*, 1975 : อ้างใน นิพนธ์, 2545) ตัวอย่างเช่น จากการศึกษาของ Willis *et al.* (1976) พบว่าปริมาณดีดีทีและสารกำจัดศัตรูพืชในน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยที่มาจากพื้นที่ซึ่งมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay) นั้น มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มข้นและปริมาณตะกอนดินในน้ำท่า

จากการศึกษาการสูญเสียสารกำจัดวัชพืชกลุ่ม Amides มาจากน้ำไหลบ่าหน้าดินและตะกอนดินจากพื้นที่เพาะปลูกบริเวณโครงการหลวงอ่างขาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ของ มนตรี (2530) พบว่าจากการใช้สารกำจัดวัชพืชกลุ่ม Amides ได้แก่ alachlor, butachlor อัตรา 4.0 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ของสารออกฤทธิ์, metachlor อัตรา 3 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ของสารออกฤทธิ์ และ propanil อัตรา 6 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ของสารออกฤทธิ์ บนพื้นที่เพาะปลูกความลาดเท 8-10 % และ 25-28 % ซึ่งมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนเหนียว (clay loam) และ ดินเหนียว (clay) ตามลำดับนั้น ปริมาณสูงสุดของสารกำจัดวัชพืชทั้งในน้ำบ่าหน้าดินและตะกอนดินจะเกิดขึ้นในช่วง 1-3 วันแรกหลังจากพ่น

สารเท่านั้น โดยที่ปริมาณของสารกำจัดวัชพืชที่ปนเปื้อนไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดินและตะกอนดินมีเพียง 5 % ของปริมาณที่ใช้เท่านั้น ซึ่งปริมาณเฉลี่ยของ alachlor, butachlor, metachlor และ propanil ในน้ำจะมีอยู่ 66.4 52.2 68.0 และ 54.9 % ของปริมาณสารกำจัดวัชพืชที่พบในน้ำไหลบ่าหน้าดินที่พัดพาตะกอนมา ส่วนที่เหลือจะอยู่ในตะกอนดิน แสดงว่าสารกำจัดวัชพืชดังกล่าวถูกอนุภาคดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุดูดไว้ได้อีกจำนวนหนึ่ง

ประภัสสร (2532) รายงานว่า อนุภาคของดินที่มีสารพิษและแขวนลอยไหลบ่าไปกับกระแสน้ำจะสามารถตกตะกอนลงสู่ท้องน้ำได้เมื่อมีการรวมตัวของอนุภาคดินใหญ่ขึ้น และตกตะกอนได้ดีเมื่อน้ำนิ่ง ดังนั้นสารพิษส่วนใหญ่ที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำจะตกค้างสะสมอยู่ในตะกอนหรือโคลนในท้องน้ำ ซึ่งสามารถตรวจพบสารพิษได้ในปริมาณที่สูงกว่าในตัวอย่างน้ำ 10 – 100 เท่า หรืออาจมากกว่านั้น สารพิษที่สะสมในตะกอนนี้บางส่วนจะสลายตัวโดยจุลินทรีย์หรือสะสมในพืชหรือสัตว์ที่ดำรงชีวิตอยู่บนท้องน้ำ (benthoses) แต่ส่วนใหญ่ยังคงตกค้างสะสมบนท้องน้ำต่อไปเป็นเวลานานจนกว่าสารพิษนั้นจะสลายตัวไปหมด โดยอาจจะกินเวลาดังแต่ 3 เดือน จนถึง 30 ปี ขึ้นอยู่กับชนิดของสารพิษเป็นสำคัญ Edwards (1973) กล่าวว่า การแพร่กระจายของสารพิษลงสู่แหล่งน้ำนั้นเป็นไปได้หลายลักษณะ เช่น การใช้วัตถุมีพิษกับแหล่งน้ำโดยตรง การทิ้งเศษวัสดุที่บรรจุวัตถุมีพิษ การระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน การแพร่กระจายในบรรยากาศและการพัดพาของน้ำไหลบ่าหน้าดินจากพื้นที่ทำการเกษตรเป็นแหล่งใหญ่ที่ทำให้วัตถุมีพิษลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และ Edwards (1997) ได้อธิบายว่า การไหลบ่าของน้ำจากพื้นที่เกษตรกรรมมีโอกาสพัดพาเอาสารกำจัดศัตรูพืชที่ผิวดินและตะกอนดินลงสู่แหล่งน้ำ มากกว่าบริเวณที่มีการใช้ที่ดินอย่างอื่น ๆ

สมยศ (2540) รายงานว่า ในพื้นที่ดินน้ำที่มีการปลูกข้าวไร่ ข้าวโพด พลับ ท้อ กะหล่ำปลี ต้นหอม และไม้ตัดดอก ที่มีการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชมากจะพบว่ามีสารดังกล่าวปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำในปริมาณที่สูงกว่าพื้นที่ดินน้ำที่เป็นป่าธรรมชาติที่อยู่ใกล้เคียง

Walker (1975) รายงานว่า อัตราน้ำไหลบ่าหน้าดินขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝน ซึ่งมีอิทธิพลต่อการพัดพาวัตถุมีพิษสู่แหล่งน้ำ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของดิน ถ้าดินมีอิทธิพลสูงก็จะดูดซับวัตถุมีพิษไว้ได้ดี ทำให้การละลายน้ำได้น้อย แต่อาจอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำและติดอยู่กับชิ้นส่วนของพืชที่ยังไม่สลายตัวก็จะเคลื่อนย้ายไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดิน

Pionke and Chesters (1973) รายงานว่า ปริมาณความเข้มข้นของวัตถุมีพิษในน้ำจะสูงมากในช่วงเกิดฝนตกขึ้นทันทีหลังจากที่มีการฉีดพ่นวัตถุมีพิษ ความหนักเบาของฝน ระยะเวลาที่น้ำไหลบ่าหน้าดิน ที่ตั้งของพื้นที่ที่มีการใช้วัตถุมีพิษรวมทั้งความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำก็เป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อความเข้มข้นของวัตถุมีพิษในน้ำไหลบ่าหน้าดิน

7. พฤติกรรมและความคงทนของสารกำจัดวัชพืชในดิน

เมื่อมีการใช้สารกำจัดวัชพืชโดยเฉพาะสารที่ใช้ทางดินนั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างมากกับดินแต่สารที่ใช้ทางใบก็จะมีบางส่วนที่สัมผัสกับดินได้เช่นกัน ปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียสารกำจัดวัชพืชได้แก่ อุณหภูมิ การเคลื่อนย้ายของน้ำขึ้นลงตามหน้าตัดดิน สารละลายที่มีอยู่ในน้ำ การเคลื่อนย้ายของอากาศ และการดูดซับสารโดยอนุภาคดิน กระบวนการสำคัญที่เกี่ยวข้องหลังฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช มีดังนี้ (ทศพล, 2545)

7.1 กระบวนการทางฟิสิกส์ ได้แก่

7.1.1 การระเหย (volatility) โดยจะเกิดมากในสภาพอากาศที่ร้อน แสงแดดจัด และลมแรง

7.1.2 การชะล้างน้ำพาโมเลกุลของสาร โดยได้รับอิทธิพลจากน้ำไหลบ่าหน้าดิน ทั้งในแนวตั้งและแนวข้าง ซึ่งอาจมีการสะสมโมเลกุลของสารในดินชั้นล่างและน้ำใต้ดิน ปัจจัยที่มีผลต่อการชะล้าง ได้แก่ โครงสร้างดิน ความสามารถในการซาบซึมน้ำ ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน ความสามารถในการดูดซับของอนุภาคดินและความสามารถในการละลายของสาร

7.2 กระบวนการทางเคมี ได้แก่

7.2.1 การสลายตัวโดยแสงแดด ในสภาพที่มีแสงแดดจัด สารจะทำปฏิกิริยากับแสงซึ่งสามารถป้องกันการสลายตัวของสารกำจัดวัชพืชได้โดยการกลุ่ดิน (รังสิต, 2547)

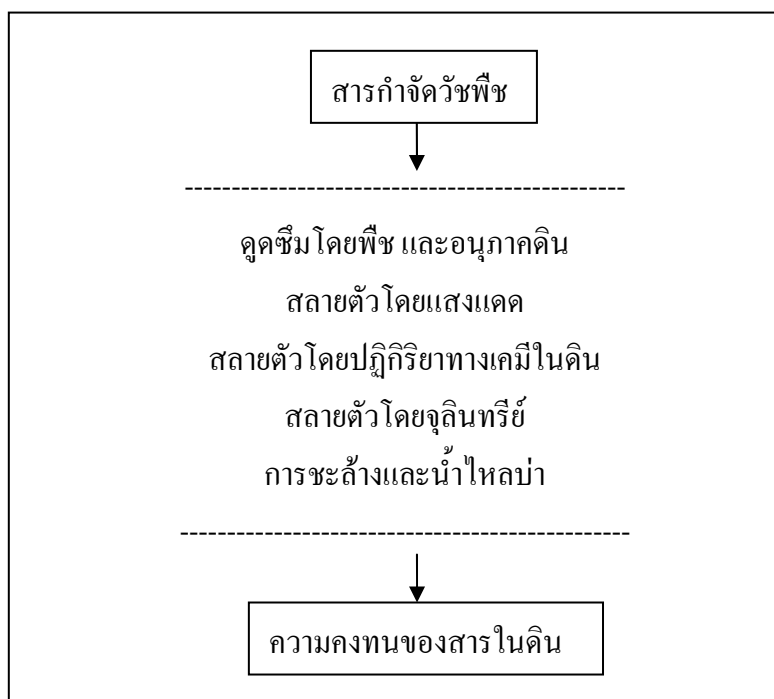
7.2.2 การดูดซับประจุไอออนหรือโมเลกุลของสารกำจัดวัชพืช ซึ่งปฏิกิริยาดิน (soil pH) เป็นปัจจัยสำคัญต่อการดูดซับสารกำจัดวัชพืช และมีผลทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตของ

จุลินทรีย์ดินและพืช (ทศพล, 2545) และศุภมาส (2540) อธิบายว่า การดูดซับสารในสภาพดินแห้ง จะมากกว่าในดินชื้น และสารที่มีประจุบวกจะดูดซับกับดินเหนียวได้ดีกว่าฮิวมัสโดยเฉพาะแร่ดินเหนียวพวกมอนต์มอริลโลไนต์ (montmorillonite) ดูดซับสารได้มากกว่าแร่ดินเหนียวพวกแคลิไนต์ (kaolinite)

7.2.3 ปฏิกิริยาทางเคมีในดินต่าง ๆ เช่น ออกซิเดชัน (oxidation) รีดักชัน (reduction) ไฮโดรอลิซิส (hydrolysis) หรือไฮเดรชัน (hydration) ทำให้เกิดสารเคมีที่มีโครงสร้างซับซ้อน ซึ่งปฏิกิริยาต่าง ๆ นี้จะขึ้นอยู่กับสภาพความเป็นกรดด่างของดิน (ศุภมาส, 2540)

7.3 กระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดิน ได้แก่ พวกแบคทีเรีย เชื้อรา และแอคติโนมัยสิต ซึ่งจุลินทรีย์จะใช้พลังงานจากโมเลกุลของสารเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ การสร้างโปรตีน และการขยายพันธุ์ แล้วปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา การสลายตัวของสารกำจัดวัชพืชในดินโดยจุลินทรีย์มากกว่าหนึ่งชนิดทำการย่อยสลายสาร เช่น พวกการย่อยสลายสารโดยกระบวนการ dealkylation ส่วนพวกแบคทีเรียจะย่อยสลายสารโดยกระบวนการ hydrolysis และ dehalogenation รวมกระบวนการทั้งหมดนี้เรียกว่า การสลายตัวร่วม (cometabolism) (ทศพล, 2545)

ทศพล (2545) กล่าวว่า ระยะเวลาที่สารกำจัดวัชพืชมีฤทธิ์อยู่ในดินเรียกว่า “ความคงทนของสารในดิน (soil persistence)” ส่วนอายุของสารที่ตกค้างในดิน เรียกว่า “ผลตกค้างของสารในดิน (soil residue)” ซึ่งสมบัติที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมสารกำจัดศัตรูพืชในดิน คือ สภาพการละลายได้ ความดันไอ สภาพการมีประจุไฟฟ้า และความเป็นกรดด่างของสารละลาย (ศุภมาส, 2540) โดยที่ความคงทนของสารในดินเป็นส่วนที่เหลือจากพฤติกรรมต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดการสูญเสียสารกำจัดวัชพืชไป แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 พฤติกรรมของสารกำจัดวัชพืชในดิน (ดัดแปลงจาก Ross and Lembi, 1985: อ้างใน ทศพล, 2545)

8. อิทธิพลของการปลูกพืชตามแนวระดับต่อการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินและตะกอนดิน

ในสภาพพื้นที่ที่มีความลาดชันเมื่อถูกใช้ในการเกษตรกรรม ปัญหาเรื่องการกร่อนดินจึงเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งการปลูกพืชและไถพรวนตามแนวระดับเป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถช่วยลดทั้งปริมาณและความบ่อยครั้งของการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินและดินตะกอนได้ เพราะมีรูปลักษณะคล้ายขั้นบันไดดินต่อเนื่องจึงช่วยชะลอการไหลของน้ำให้มีการซึมซาบน้ำลงไปดินและขวางกั้นการเคลื่อนย้ายตะกอนได้ดี จากรายงานของ Sombatpanit (1992) ระบุว่า การปลูกปอแก้วที่มีการไถพรวนตามแนวระดับ บนเนื้อดินร่วนปนทราย ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยนั้น สามารถลดอัตราการสูญเสียดินจาก 3.9 ตัน/เฮกตาร์/ปี ลงเหลือ 1.7 ตัน/เฮกตาร์/ปี เมื่อเทียบกับการปลูกและไถพรวนแบบขึ้นลง สอดคล้องกับการทดลองของสิริมาน (2543) ในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง บนชุดดินมาบบอน ความลาดชัน 5 เปอร์เซ็นต์ แปลงที่มีการไถพรวนและยกทรงขวางแนวลาดชันแล้วปลูกมันสำปะหลังจะสามารถช่วยลดปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินและการสูญเสียดินได้ 30 – 40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับแปลงที่มีการไถพรวนแต่ไม่มีการยกทรง

Krishnarajah (1984) ศึกษาในประเทศศรีลังกา พบว่าสวนชาที่ปลูกขึ้นลงตามความลาดชัน มีอัตราการการสูญเสียดินถึง 40 ตัน/เฮกตาร์/ปี แต่เมื่อปลูกชาตามแนวระดับและขุดหลุมรอบต้น ชาขวางแนวลาดชันบนพื้นที่ที่มีความลาดชัน 30-40 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียดินสูงสุดเพียง 0.33 ตัน/เฮกตาร์/ปี และมีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินเพียง 0.38 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำฝนตลอดทั้งปี และจากการทดลองของ สุรัมย์ และคณะ (2523) ในพื้นที่ของศูนย์พัฒนาจังหวัดระยอง บนชุดดิน มาบบอน ความลาดเท 5 เปอร์เซ็นต์ โดยเปรียบเทียบ 4 วิธี คือ 1) ไถพรวนขึ้นลงแล้วปล่อยว่าง 2) ไถพรวนขึ้นลงแล้วปลูกข้าวโพดสองครั้งติดต่อกัน 3) ไถพรวนขวางความลาดเทแล้วปลูกข้าวโพดสองครั้ง และ 4) ไถพรวนขึ้นลงแล้วปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วเขียว ผลการศึกษาพบว่าปริมาณการสูญเสียดินเท่ากับ 44.38 31.25 26.25 17.50 ตัน/เฮกตาร์/ปี ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลของการปลูกพืชและไถพรวนตามแนวระดับได้ดี

9. ลักษณะพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษา

9.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

สถานีวิจัยการพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูง ตั้งอยู่ที่บ้านบวจัน ตำบลสะเมิงใต้ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ ห่างจากอำเภอแมริมไปตามทางหลวงหมายเลข 1096 (แมริม-สะเมิง) ประมาณ กิโลเมตรที่ 26 มีทางแยกเข้าหมู่บ้านเป็นคอนกรีตลาดลูกรังเป็นช่วง ๆ ระยะทางประมาณ 2.2 กิโลเมตร ซึ่งใช้สัญจรได้ตลอดทั้งปี

9.2 สภาพภูมิประเทศ ธรณีสัณฐานและวัตถุดินกำเนิดดิน

สภาพพื้นที่ศึกษาเป็นเนินเขาถึงที่สูงชันโดยรอบด้านทั้งทางด้านตะวันออกเหนือ และใต้ แล้วลาดเอียงไปทางทิศตะวันตก มีที่ราบบริเวณหุบเขาเป็นแนวแคบ ๆ มีความลาดชันอยู่ระหว่าง 20-75% อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 560 -1,292 เมตร ทางด้านตะวันตกของพื้นที่ประกอบด้วย หินปูน หินดินดาน หินฟอสเฟต หินชนวน และหินชีสต์ ที่อยู่ในยุค Ordovician มีอายุประมาณ 435 – 500 ล้านปี ส่วนด้านตะวันออกพบหินดินดาน หินฟอสเฟต หินชนวน และหินชีสต์ ที่อยู่ในยุค Carboniferous-Devonian อายุประมาณ 280 – 395 ล้านปี นอกจากนี้ยังพบหินแกรนิตในยุค Paleozoic-Precambrian อายุมากกว่า 500 – 2,600 ล้านปี แต่เป็นบริเวณไม่กว้างนัก ซึ่งหินต่าง ๆ มีอิทธิพลต่อลักษณะดินในพื้นที่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2544ข)

9.3 ลักษณะดิน

กรมพัฒนาที่ดิน (2544ข) รายงานลักษณะดินในพื้นที่ศึกษาว่าเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนเหนียว บางแห่งเป็นดินร่วนปนเศษหินที่มีสีน้ำตาลเข้มถึงน้ำตาลปนแดงเข้ม ปฏิกริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงปานกลาง ดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนเหนียวถึงดินเหนียว สีน้ำตาลปนแดงเข้มแล้วค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีแดงเข้มหรือสีแดงตามความลึก ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงกรดเล็กน้อย มีชั้นดินลึก การระบายน้ำดี มีความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ปานกลาง มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลางถึงเร็ว และมีความสามารถในการอุ้มน้ำปานกลางถึงค่อนข้างต่ำ และจากการเจาะสำรวจลักษณะดินภายในแปลงทดลองจัดอยู่ในอันดับ Rhodic Paeleudult ตามระบบ soil taxonomy หน้าตัดดินลึกมากกว่า 2 เมตร มีการพัฒนาการของหน้าตัดดิน แบบ Ap-BA-Bt สภาพการใช้ที่ดิน มีการเพาะปลูกในช่วงฤดูฝนโดยใช้จอบขุด พรวนดินลึกประมาณ 27-30 เซนติเมตร ส่วนในช่วงฤดูแล้งปล่อยพื้นที่ว่างเปล่ามีหญ้าตามธรรมชาติขึ้นปกคลุม

ดินชั้นบนลึกประมาณ 0-27 เซนติเมตร เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง สีน้ำตาลปนดำดิน โครงสร้างแบบเม็ดกลม ปฏิกริยาดินอยู่ในช่วงกรดจัด (pH 4.8-5.0) ดินชั้นล่างลึกประมาณ 27-190 เซนติเมตร เนื้อดินตอนบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้งจนถึงดินเหนียวปนทรายแป้ง สีน้ำตาลปนแดง และเป็นดินเหนียวในตอนล่าง มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนจนถึงก้อนเหลี่ยมมุมคม และพบการสะสมดินเหนียวในช่วงความลึก 50-190 เซนติเมตร ปฏิกริยาดินอยู่ในช่วงกรดจัดถึงกรดปานกลาง (pH 5.0-5.6)

9.4 สภาพภูมิอากาศและแหล่งน้ำ

บริเวณพื้นที่หมู่บ้านบวจันใน 1 ปี มีฝนตกชุก ประมาณ 6-7 เดือน เริ่มตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม เดือนที่มีฝนตกมากที่สุดคือช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,100 – 1,300 มิลลิเมตรต่อปี อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 29.2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 18.5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิโดยเฉลี่ย 23.2 องศาเซลเซียส (กรมพัฒนาที่ดิน, 2544ข) มีแหล่งน้ำซึมบริเวณใจกลางหมู่บ้าน และได้นำมาใช้ประโยชน์ในการทำเกษตรกรรม อุปโภค แต่ก็ยังไม่เพียงพอ โดยเฉพาะในฤดูแล้ง การปลูกพืชส่วนใหญ่จึงจำเป็นต้องอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก

9.5 สภาพทางชีวภาพ

นับย้อนหลังไปประมาณ 30 ปี เกษตรกรมีรายได้จากการปลูกฝิ่นเป็นหลัก และปลูกข้าวโพดพันธุ์พื้นเมืองไว้สำหรับบริโภคและเป็นอาหารสัตว์ หลังจากนั้นได้มีการส่งเสริมจากหน่วยงานราชการให้ปลูกพืชทดแทนฝิ่น คือ มันฝรั่ง เมื่อพื้นที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ เกษตรกรจึงหันมาปลูกถั่วแดงหลวง ซึ่งได้รับการสนับสนุนเมล็ดพันธุ์จากมูลนิธิโครงการหลวง ปลูกกันติดต่อกันประมาณ 3-4 ปี จึงย้อนกลับมาปลูกมันฝรั่งอีกครั้ง ส่วนการปลูกพืชอันดอร์ง ๆ ลงมาได้แก่ 1) ไม้ดอก ได้แก่ ดอกเยอบีร่า กุหลาบ 2) ไม้ผล ได้แก่ ลิ้นจี่ พลับ อะโวคาโด และบัว 3) พืชผัก ได้แก่ หัวผักกาด กระหล่ำปลี ผักกาดขาวปลี แครอท ผักสลัด ปลูกเฉพาะช่วงฤดูฝน และเลือกชนิดผักที่ปลูกตามความต้องการของตลาด 4) พืชไร่ ได้แก่ ข้าวโพดพันธุ์พื้นเมือง มันฝรั่ง ข้าวไร่ 5) การเลี้ยงไก่ และสุกร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2544ข)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติ
2. อุปกรณ์ในการตรวจกรม ได้แก่ จอบ คราด มีดพรว้า และอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการเพาะปลูกอื่น ๆ
3. อุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่างดิน ตะกอนดินและน้ำในภาคสนาม
 - 3.1 สว่านเจาะดิน (auger), พลั่วมือ
 - 3.2 ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ (ขวดพลาสติกสีขาวขุ่น และขวดแก้วสีชา)
 - 3.3 ถังพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่างดิน และตะกอนดิน, ปากกาเคมี, กระดาษขาว
 - 3.4 ถังโคมไฟบรรจุน้ำแข็งเพื่อเก็บรักษาสภาพของตัวอย่าง
4. ตู้อบ และเครื่องชั่งแบบหยาบและแบบละเอียด สำหรับหาน้ำหนักตะกอนดิน

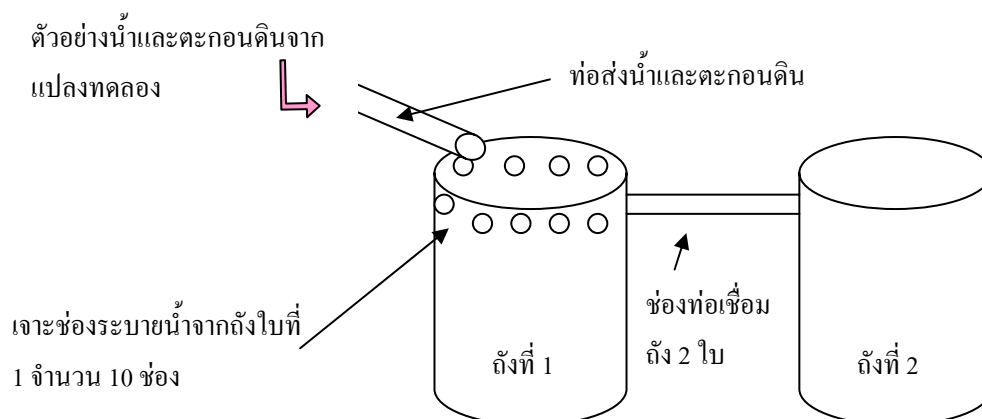
วิธีการ

1. การคัดเลือกพื้นที่

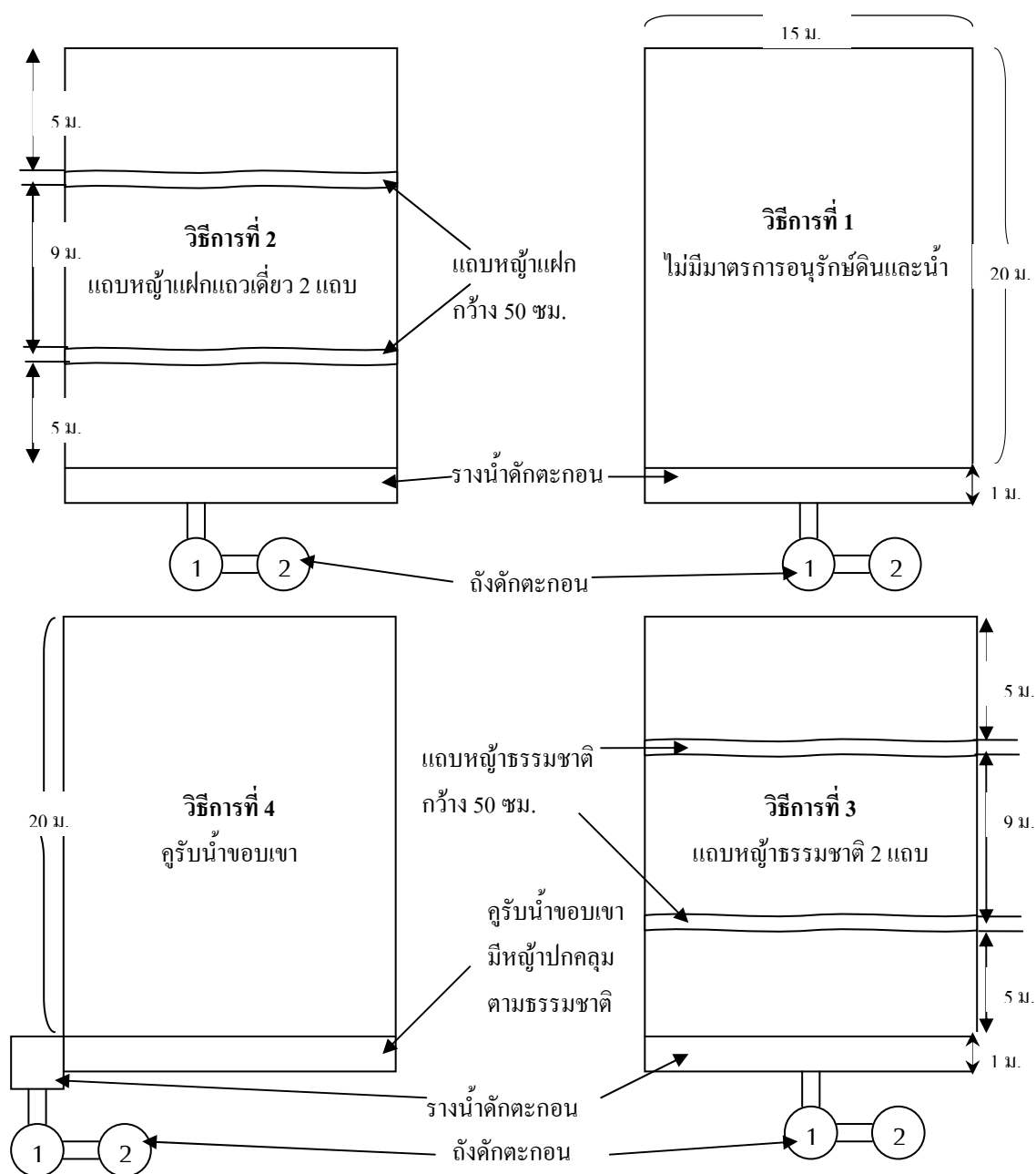
การศึกษานี้ได้เลือกพื้นที่บริเวณสถานีวิจัยการพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูง อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีสภาพแวดล้อมทั่วไปใกล้เคียงกับพื้นที่ทำกินของเกษตรกรชาวเขาบริเวณสถานีวิจัยแห่งนี้ ซึ่งแปลงทดลองตั้งอยู่บนเนื้อที่รวมประมาณ 2 ไร่ มีความลาดชันสม่ำเสมอประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ ทิศด้านลาดหันไปทางทิศตะวันตก แปลงทดลองใกล้กับแหล่งเก็บน้ำและอยู่จุดบนสุดของภูเขาจึงไม่มีอิทธิพลของน้ำไหลบ่าจากพื้นที่เกษตรอื่นๆ และเป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพด พืชไร่ หนุมเงิน และพืชผัก เช่น ผักกาดขาวปลี กะหล่ำปลี ผักสลัดแก้ว มาอย่างต่อเนื่องนานกว่า 10 ปี โดยที่เกษตรกรเจ้าของพื้นที่มีใช้สารเคมีและวิธีการเช่นเดียวกับเกษตรกรทั่วไปโดยรอบสถานีวิจัยฯ และเกษตรกรเจ้าของพื้นที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการทำการทดลองครั้งนี้

2. การวางแผนการทดลอง

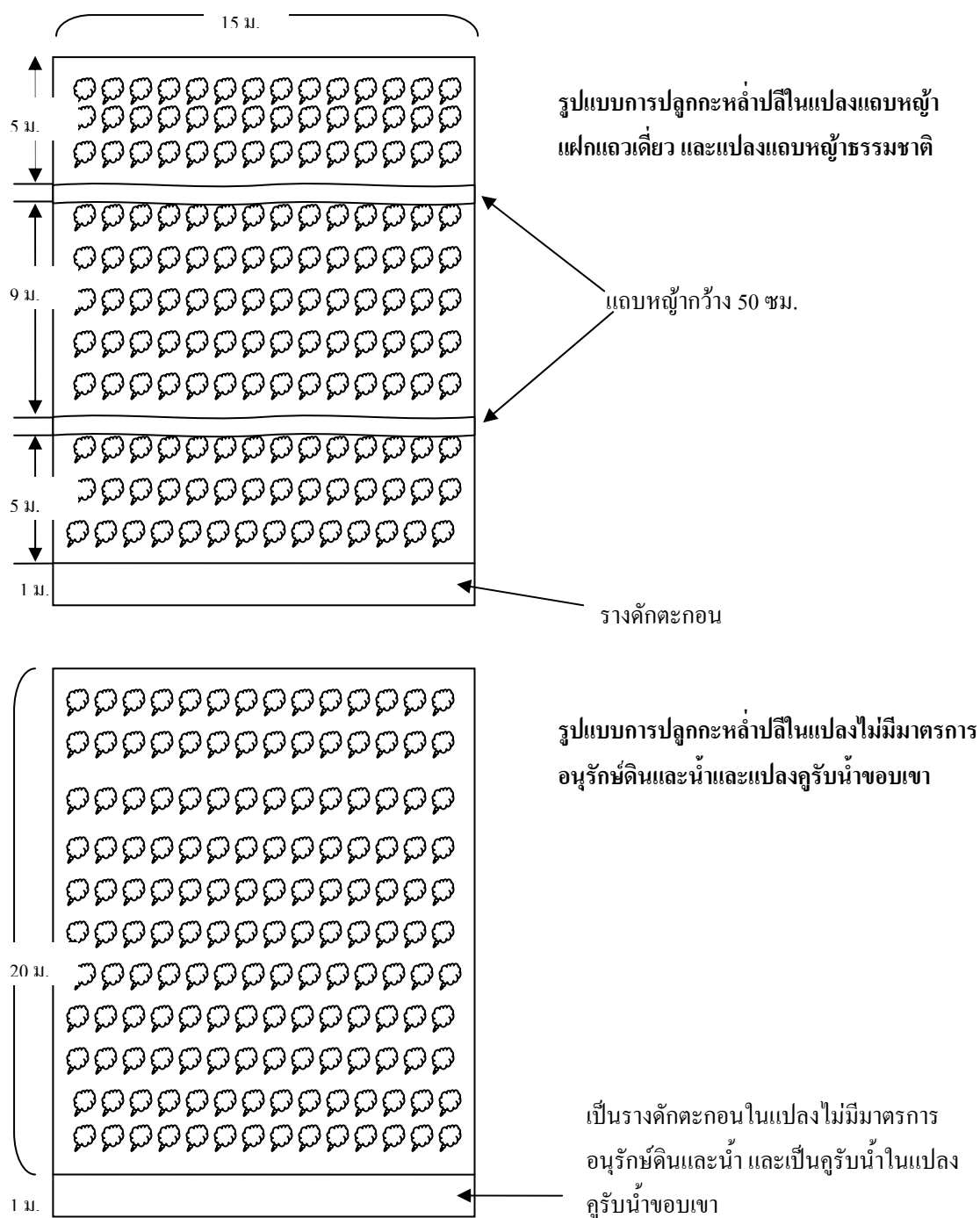
แปลงทดลองเพื่อใช้เก็บข้อมูลการสูญเสียดินมีขนาดกว้าง 15 เมตร ยาวตามความลาดชัน 20 เมตร ทำขอบคันดินและสิ่งกีดขวางแปลงทดลอง มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ใช้ทดลองจำนวน 4 มาตรการ ประกอบด้วย 1) แปลงไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (control, CT) 2) แถบหญ้าแฝกแถวเดี่ยวจำนวน 2 แถบต่อแปลง (vetiver grass, VG) 3) แถบหญ้าธรรมชาติกว้าง 50 เซนติเมตร จำนวน 2 แถบต่อแปลง (natural grass, NG) 4) คูรับน้ำขอบเขา (hillside ditch, HD) ที่ทำแปลงทุกแปลงทดลองมีรางซีเมนต์รองรับกว้าง 70 เซนติเมตร ลึก 30 เซนติเมตร (ยกเว้นแปลงคูรับน้ำขอบเขาที่ทำแปลงเป็นคูรับน้ำที่มีหญ้าขึ้นปกคลุม) และต่อท่อลงถึงดักตะกอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 58 เซนติเมตร เจาะช่องเชื่อมถึงทั้งสองใบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 นิ้ว ถึงใบแรกวัดระยะจากกันถึงสูง 80 เซนติเมตร และเจาะช่องระบายน้ำ (divisor) เพิ่มอีก 9 ช่อง รอบปากถึงให้มีขนาดและเป็นแนวเดียวกับช่องเชื่อมต่อ เพื่อรองรับน้ำไหลบ่าหน้าดินที่เกินความจุของถังแรก โดยถังใบที่สองจะมีปริมาณเป็น 10 เท่าของถังใบแรก ดังภาพที่ 2 และวางแผนแปลงทดลองการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษาดังแสดงในภาพที่ 3 โดยปลูกหญ้าแฝกเป็นพืชทดลอง (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 2 ลักษณะการติดตั้งถังดักตะกอน บริเวณสถานีวิจัยพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูง อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่



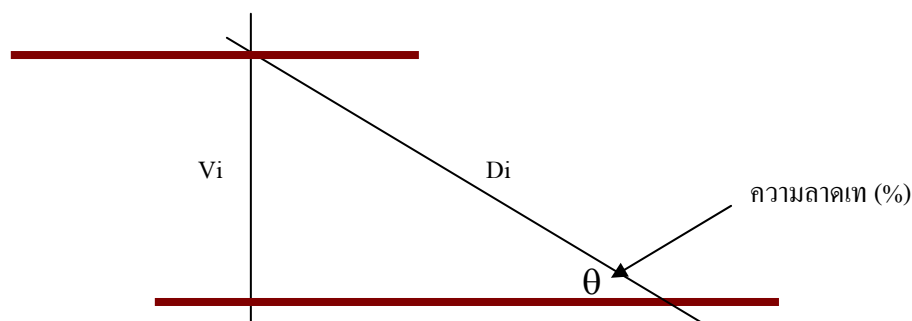
ภาพที่ 3 รูปแบบของแปลงทดลองมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบต่าง ๆ ที่ใช้ในการปลูก
กะหล่ำปลี ณ สถานีวิจัยพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูง อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่



ภาพที่ 4 รูปแบบการปลูกกะหล่ำปลีในแปลงทดลอง บริเวณสถานีวิจัยพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูง
อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่

หมายเหตุ: สัญลักษณ์  1 แถว แทนแปลงปลูกกะหล่ำปลี 1 แปลงย่อย ยกแปลงย่อยโดยเว้น
ทางเดินระหว่างแปลง 50 เซนติเมตร แต่ละแปลงย่อยปลูกกะหล่ำปลีได้ 3 แถว ระยะ
ระหว่างต้น 30X30 เซนติเมตร

ทุกแปลงทดลองได้ทำคันดินรอบแปลงและสร้างรางดักตะกอนที่ท้ายแปลงในเดือนมีนาคมถึงมิถุนายน พ.ศ. 2545 โดยมีการปลูกแนวแถบหญ้าแฝกและเว้นแนวหญ้าธรรมชาติในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2545 ซึ่งทางกรมพัฒนาที่ดินได้ออกแบบระยะห่างระหว่างแนวแถบหญ้าแฝกตามแนวทางของสำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ [สำนักงาน กปร.] (ม.ป.ป) ที่กำหนดไว้ว่าระยะในแนวดิ่งระหว่างแนวแถบหญ้า (V_i) จะมีพื้นที่ระหว่างแถบหญ้า เรียกว่า ระยะจริงตามพื้นผิว (surface run, D_i) ซึ่งขึ้นอยู่กับความชันของพื้นที่ (θ) ซึ่งแปลงทดลองขนาด 15X20 เมตร มีระยะในแนวดิ่ง (V_i) 2 เมตร ความลาดเท 22 เปอร์เซ็นต์ จะมีระยะห่างระหว่างแนวแถบหญ้าแฝกตามสภาพพื้นผิวจริง (D_i) 9 เมตร (ภาพที่ 5 และตารางผนวกที่ 1) ซึ่งจำนวนแถวและความกว้างของแถบหญ้าที่ใช้ปลูกทดลองนี้เป็นไปตามรายงานของกรมพัฒนาที่ดิน (2534) และ wasuwat (1992) ที่ระบุว่า การปลูกแนวแถบหญ้าจำนวน 1 แถว กว้างประมาณ 50 เซนติเมตร สามารถลดการกร่อนดินได้ดี พร้อมทั้งไม่สูญเสียพื้นที่การเกษตรมากและไม่ต้องใช้เครื่องจักรหรือเครื่องมือพิเศษในการดูแลแถบบหญ้านั้น ส่วนระบบคุ้มน้ำขอบเขา กรมพัฒนาที่ดินได้ก่อสร้างระบบไว้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 ให้มีพื้นที่ลาดเทประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ เข้าหาทางระบายน้ำตามธรรมชาติ (waterway) ซึ่งในปีที่เริ่มทำการศึกษาโครงสร้างของดินและของระบบคุ้มน้ำขอบเขามีความเสถียรแล้ว และบนพื้นของคุ้มน้ำจะมีวัชพืชตามธรรมชาติขึ้นตลอดทั้งปีแต่จะตัดขายอย่างสม่ำเสมอ



ภาพที่ 5 การวัดระยะทางระหว่างแถบหญ้าในแนวดิ่ง (V_i) และระยะทางจริงตามพื้นผิวระหว่างแถบหญ้า (D_i)

3. การเตรียมแปลงเพาะปลูก

ก่อนเข้าฤดูฝน (ปลายเดือนเมษายน) ได้ตัดหญ้าคา หญ้าขน ที่ขึ้นสูงปกคลุมพื้นที่ ผึ่งแดดให้แห้งแล้วเผาทิ้ง เว้นระยะเพื่อรอฝน เมื่อจะเริ่มการเพาะปลูกได้ใช้สารกำจัดวัชพืช glyphosate อัตรา 1.4 ลิตรต่อน้ำ 200 ลิตรต่อพื้นที่ทดลอง 1 ไร่ ใช้ปริมาณสารผสมทั้งหมด 240 ลิตร หลังใช้สารไกลโฟเสท (glyphosate) ประมาณ 15 วัน ฉีดพ่นฆ่าด้วยสารพาราควัท (paraquat) อัตราผสม 1.6 ลิตรต่อน้ำ 160 ลิตรต่อพื้นที่ทดลอง 1 ไร่ และอีก 15 วัน ถัดมาขุดกลับหน้าดินและตากดินไว้ 5 วัน แล้วย่อยดิน กำจัดเศษหญ้า และขึ้นแปลงย่อยขนาดกว้างประมาณ 1.5 เมตร ยาวขวางแนวลาดชัน เว้นทางเดินระหว่างแปลงย่อย กว้างประมาณ 50 ซม. ซึ่งแต่ละแปลงทดลอง (มาตรการ) มีจำนวน 12 แปลงย่อย

4. วิธีการจัดการดูแลรักษาพืชผัก

1) การเพาะกล้าและการปลูกกะหล่ำปลี

เพาะกล้ากะหล่ำปลี (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) ในแปลงเพาะ หลังจากกล้ากะหล่ำปลีอายุได้ 15 วัน ฉีดพ่นสารป้องกันโรค mancozeb 22 กรัม และสารป้องกันแมลง cypermethrin 22 มิลลิลิตร ผสมน้ำ 20 ลิตร และฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงเพิ่มอีก 2 ครั้งทุก 7 วัน ขณะต้นกล้าอายุ 50 วัน เริ่มย้ายกล้าปลูกลงในแปลงแถบหญ้าแฝกแถวเดี่ยว และแปลงที่ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ต่อมาประมาณ 1 สัปดาห์จึงย้ายกล้าลงปลูกในแปลงแถบหญ้าธรรมชาติ แปลงรื้อรับน้ำขอบเขา และปลูกซ่อมในแปลงแถบหญ้าแฝกแถวเดี่ยว และแปลงที่ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ได้รองกันหลุมเมื่อย้ายกล้าปลูกด้วยปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 13 กิโลกรัมต่อแปลงทดลอง

2) การดูแลรักษา

การฉีดพ่นสารป้องกันโรคและแมลงตลอดช่วงฤดูเพาะปลูก มีการฉีดพ่นตามพฤติกรรมของเกษตรกรในพื้นที่ สรุปได้ในตารางผนวกที่ 2 และ 3 กล่าวคือ ฤดูเพาะปลูกกะหล่ำปลีปี พ.ศ. 2546 มีการฉีดพ่นสารป้องกันโรคและแมลงรวม 8 ครั้ง มีการใส่ปุ๋ยเคมี 2 ครั้ง ส่วนฤดูเพาะปลูกกะหล่ำปลีปี พ.ศ. 2547 มีการฉีดพ่นสารป้องกันโรคและแมลงรวม 6 ครั้ง และใส่ปุ๋ยเคมี 2 ครั้ง และ

ในระหว่างช่วงเพาะปลูกกะหล่ำปลีจะมีการทำความสะอาดแปลง คายหญ้าโดยมีดและเกี่ยว 1 ครั้ง พร้อมกับการใส่ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 1

5. การเก็บบันทึกข้อมูล

5.1 เก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากเครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติ (recording rain gauge) โดยติดตั้งไว้ตลอดทั้งปีในบริเวณสถานีวิจัยพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูง ห่างจากแปลงทดลองประมาณ 100 เมตร และทำการถ่ายข้อมูล (download) ทุก 4-6 เดือน

5.2 เก็บตัวอย่างดิน 2 ระดับ ที่ความลึก 0 – 10 เซนติเมตร และ 10 – 30 เซนติเมตร จากผิวดิน และแบ่งช่วงเวลาเก็บตัวอย่างดินเป็น 3 ช่วง ดังนี้

- 1) ก่อนการเพาะปลูก เก็บตัวอย่างดินก่อนที่จะมีการฉีดพ่นสารพาราควัทในฤดูเพาะปลูกนั้น ๆ
- 2) เก็บตัวอย่างดินหลังฉีดพ่นสารพาราควัทเพื่อกำจัดวัชพืชไปแล้ว 1 วัน ก่อนการขุดดินเตรียมแปลงปลูกกะหล่ำปลีในฤดูเพาะปลูกนั้น
- 3) หลังการเก็บเกี่ยว เมื่อเก็บผลผลิตออกจากแปลงทดลองแล้ว

5.3 เก็บตัวอย่างตะกอนดินและน้ำจากถังดักตะกอน ตามขั้นตอนดังนี้

- 1) ตรวจวัดปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินโดยวัดความสูงของน้ำในถังดักตะกอนคูณด้วยพื้นที่หน้าตัดของถังบันทึกข้อมูลเป็นปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินในหน่วยลูกบาศก์เมตร
- 2) เก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 4 ลิตร (ไม่กวนตะกอนในถัง) ส่งห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจวัดสารพาราควัทในน้ำไหลบ่าหน้าดิน
- 3) เก็บตัวอย่างตะกอนดินเปียกที่ก้นถังดักตะกอนประมาณ ½ กิโลกรัม ส่งห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจวัดสารพาราควัทในตะกอนดิน
- 4) กวนน้ำในถังให้ขุ่น เก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 1 ลิตร ทิ้งให้ตกตะกอนแล้วคูดน้ำใสออก นำตะกอนดินเปียกที่ได้เข้าสู่อบอุณหภูมิ 105 - 110 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักตะกอนแห้งคงที่ บันทึกเป็นหน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร แล้วคำนวณเทียบกับปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินบันทึกเป็นปริมาณตะกอนดินทั้งหมดที่เกิดขึ้นในวันนั้น ๆ

5.4 ส่องตัวอย่างดิน ตะกอนดิน และน้ำไหลบ่าหน้า เพื่อวิเคราะห์สารพาราควัทที่
ห้องปฏิบัติการเคมีกลุ่มวัตถุมีพิษทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 ประเมินปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินและปริมาณตะกอนดินทั้งหมด ของทุกแปลง
ทดลองที่ได้ในข้อ 5.3 โดยแปลงเป็นหน่วยต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่

6.2 ประเมินปริมาณสารพาราควัทที่ตกค้างในน้ำไหลบ่าหน้าดินและตะกอนดิน โดยนำผล
การวิเคราะห์สารพาราควัทในตัวอย่างน้ำและตะกอนดินในข้อ 5.3 มาแปลงเป็นหน่วยต่อปริมาณน้ำ
ไหลบ่าหน้าดินและตะกอนดินของทุกแปลงทดลอง

6.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง 1) น้ำไหลบ่าหน้าดินกับตะกอนดิน 2) ปริมาณสาร
พาราควัทในตัวอย่างน้ำกับปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน และ 3) ปริมาณสารพาราควัทในตะกอนดิน
กับปริมาณตะกอนดิน ด้วยวิธี Regression Analysis

6.4 เปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน ปริมาณตะกอนดิน และปริมาณสารพาราควัท
ในน้ำไหลบ่าหน้าดินและตะกอนดินจากแต่ละแปลงทดลองที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแปลง
ทดลอง ด้วยวิธี ANOVA

7. ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการวิจัย

เริ่มการทดลองเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2546 สิ้นสุดการทดลองเดือนตุลาคม พ.ศ. 2547 (เฉพาะ
ช่วงการเพาะปลูกกะหล่ำปลี) และใช้พื้นที่ปฏิบัติงานดังนี้

- สถานีวิจัยการพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูง หมู่บ้านบวจัน ตำบลสะเมิงใต้ อำเภอสะเมิง
จังหวัดเชียงใหม่
- ห้องปฏิบัติการเคมี กลุ่มวัตถุมีพิษทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร
- สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน