ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม)
ปริญญา

การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม | อนุรักษวิทยา
สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง การศึกษาการสูญเสียดิน น้ำ และธาตุอาหารจากแปลงทดลองโดยใช้เครื่องจำลองฝน ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่

Investigation on Soil, Water and Nutrient Loss from Erosion Plot Using Rainfall Simulator at Mae Thang Subwatershed, Phrae Province

นามผู้วิจัย นางสาวพุทธพร แสงคำ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมนิมิตร พุกงาม, วท.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....
(ศาสตราจารย์นิพนธ์ ตั้งธรรม, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดรรชนี เอมพันธุ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....
(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาการสูญเสียดิน น้ำ และธาตุอาหารจากแปลงทดลองโดยใช้เครื่องจำลองฝน ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่

Investigation on Soil, Water and Nutrient Loss from Erosion Plot Using Rainfall Simulator at Mae Thang Subwatershed, Phrae Province

โดย

นางสาวพุทธพร แสงคำ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม)
พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พุทธพร แสงคำ 2553: การศึกษาการสูญเสียดิน น้ำ และธาตุอาหารจากแปลงทดลองโดยใช้เครื่องจำลองฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม) สาขาการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาอนุรักษวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมนิมิตร พุกงาม, วท.ด. 97 หน้า

การศึกษาการสูญเสียดิน น้ำ และธาตุอาหารจากแปลงทดลองโดยใช้เครื่องจำลองฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่ ทำการศึกษาระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม 2551 บนพื้นที่ที่มีความลาดชัน 15 เปอร์เซ็นต์ บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) แบ่งการเจริญเติบโตของพืชเป็น 5 ระยะ ได้แก่ ระยะก่อนปลูก ระยะต้นอ่อน ระยะฝักเจริญเต็มที่ ระยะเก็บเกี่ยว และระยะหลังเก็บเกี่ยว จำนวน 3 ซ้ำ ในแปลงทดลองขนาด 1x4 เมตร วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อทราบปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน ซึ่งส่งผลต่อปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารไปกับการชะล้างพังทลายของดินและน้ำไหลบ่าหน้าดิน

ผลจากการตรวจวัดปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินและปริมาณการสูญเสียดินตลอดระยะการเพาะปลูกแต่ละแปลงทดลอง ได้แก่ แปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเท แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน แปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม และแปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน พบว่าปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินเท่ากับ 88.994, 48.489, 34.855, 46.467 และ 169.744 ลูกบาศก์เมตร และส่วนการสูญเสียดินจากแปลงทดลอง เท่ากับ 25.900, 6.350, 3.825, 3.850 และ 4.000 กิโลกรัม ตามลำดับ

การสูญเสียธาตุอาหารตลอดระยะการเพาะปลูกแต่ละแปลงทดลอง พบว่าใน แปลงไถพรวนขึ้น-ลงตามความลาดเท แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน แปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม และแปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน มีการสูญเสียไนโตรเจนไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดิน เท่ากับ 28,815.222, 9,491.675, 1,540.547, 2,363.310 และ 11,499.937 กรัมไนโตรเจน ตามลำดับ ส่วนการสูญเสียไนโตรเจนไปกับตะกอนดิน เท่ากับ 77.308, 22.828, 17.205, 15.315 และ 14.915 กรัมไนโตรเจน ตามลำดับ การสูญเสียฟอสฟอรัสไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดิน เท่ากับ 191.498, 143.319, 84.000, 85.967 และ 390.223 กรัมฟอสฟอรัส ตามลำดับ สำหรับการสูญเสียฟอสฟอรัสไปกับตะกอนดิน เท่ากับ 30.619, 7.709, 8.261, 5.083 และ 6.171 กรัมฟอสฟอรัส ตามลำดับ และการสูญเสียโพแทสเซียมไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดิน เท่ากับ 2,744.990, 174.379, 123.227, 2,341.398 และ 5,526.104 กรัมโพแทสเซียม ตามลำดับ และการสูญเสียโพแทสเซียมไปกับตะกอนดิน เท่ากับ 155.819, 50.616, 39.859, 38.565 และ 42.926 กรัมโพแทสเซียม ตามลำดับ

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Putthaporn Sangkham 2010: Investigation on Soil, Water and Nutrient Loss from Erosion Plot Using Rainfall Simulator at Mae Thang Subwatershed, Phrae Province. Master of Science (Watershed and Environmental Management), Major Field: Watershed and Environmental Management, Department of Conservation. Thesis Advisor: Assistant Professor Somnimirt Pukngam, Ph.D. 97 pages.

Investigation on soil, water and nutrient loss from erosion plot using rainfall simulator at Mae Thang Subwatershed, Phrae province was carried out during April to October 2008. Completely randomized design experiment plot (CRD) was seted up on slope 15 percent of area and divided to 5 different of growth stages, i.e., pre-planting stage, initial stage, vegetative stage, harvest stage and post-harvest stage with 3 replications in the simple plots size 1x4 m. The main objective of this research was to determine soil, water and nutrient loss from erosion plots.

The surface runoff and soil loss were measured throughout cropping period in each experimental plots namely bare soil plot, traditional maize plot, maize obstruct the slope in rows without ploughing plot, traditional soybean plot and soybean obstruct the slope in rows without ploughing plot. The surface runoff was 88.994, 48.489, 34.855, 46.467 and 169.744 m^3 and soil loss was 25.900, 6.350, 3.825, 3.850 and 4.000 kg. respectively.

The nutrient loss measured throughout cropping period in each of the respectively afforementioned indicated that the nitrogen in surface runoff loss was 28,815.222, 9,491.675, 1,540.547, 2,363.310 and 11,499.937 g.N respectively. Nitrogen in sediment loss was 77.308, 22.828, 17.205, 15.315 and 14.915 g.N respectively. Phosphorus in surface runoff loss was 191.498, 143.319, 84.000, 85.967 and 390.22 g.P respectively. Phosphorus in sediment loss was 30.619, 7.709, 8.261, 5.083 and 6.171 g.P respectively. Potassium in surface runoff loss was 2,744.990, 174.379, 123.227, 2,341.398 and 5,526.104 g.K respectively. Potassium in sediment loss was 155.819, 50.616, 39.859, 38.565 and 42.926 g.K respectively.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. สมนิมิตร พุกงาม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ศ.ดร. นิพนธ์ ตั้งธรรม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ ในการค้นคว้าวิจัย ตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่อง ให้ความสนับสนุนด้านต่างๆ และขอขอบพระคุณสำหรับข้อคิดและกำลังใจให้ฝ่าฟันอุปสรรคในการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. วิชา นิยม ประธานการสอบ และ ดร. พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ให้คำแนะนำ ตรวจทานแก้ไข เพื่อความถูกต้องและสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จได้ด้วยดี

ขอบพระคุณบุคลากรจากสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศฝรั่งเศส (IRD) ที่สนับสนุนและให้คำแนะนำเกี่ยวกับเครื่องจำลองฝน ขอขอบคุณ คุณอาทร บุญเสนอ หัวหน้าสถานีวิจัยลุ่มน้ำยม และเจ้าหน้าที่ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ด้านที่พัก การประสานงาน และการเก็บข้อมูลจนงานสำเร็จลุล่วงด้วยดี นอกจากนี้ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. รุ่งเรือง พูลศิริ และพี่ ๆ ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยาป่าไม้ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ สำหรับการให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำด้านการวิเคราะห์ตัวออย่างดิน และน้ำ คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับธาตุอาหารอาหารพืช

ขอบคุณ เพื่อน ๆ พี่น้อง ชาวลุ่มน้ำ คณะวนศาสตร์สำหรับความช่วยเหลือ และให้ความสนับสนุนทั้งแรงกายและแรงใจ

สุดท้ายขอบพระคุณ บิดา มารดา น้องชาย ที่ได้สนับสนุนด้านการศึกษา ให้คำแนะนำ และมอบกำลังใจให้แก่กันเสมอมา

พุทธพร แสงคำ

กุมภาพันธ์ 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	40
อุปกรณ์	40
วิธีการ	41
ผลและวิจารณ์	51
สรุปและข้อเสนอแนะ	61
สรุป	61
ข้อเสนอแนะ	63
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	65
ภาคผนวก	73
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	97

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ลักษณะภูมิอากาศของสถานีตรวจอากาศห้วยหมาไน บริเวณสถานีวิจัยลุ่มน้ำยม จังหวัดแพร่	37
2	ระยะการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และถั่วเหลือง	48
3	ความชื้นในดินเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลองก่อนการเปิดเครื่องจำลองฝน ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่	52
4	ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินจากแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และถั่วเหลือง ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต โดยใช้เครื่องจำลองฝน ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่	53
5	การสูญเสียดินจากแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และถั่วเหลืองในแต่ละระยะการเจริญเติบโต โดยใช้เครื่องจำลองฝน ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่	56
6	การสูญเสียธาตุอาหารหลักไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดินจากแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และถั่วเหลืองในแต่ละระยะการเจริญเติบโต โดยใช้เครื่องจำลองฝน ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่	57
7	การสูญเสียธาตุอาหารหลักไปกับตะกอนดินจากแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และถั่วเหลืองในแต่ละระยะการเจริญเติบโต โดยใช้เครื่องจำลองฝน ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่	59

ตารางผนวกที่

1	ค่าดัชนีชะล้างพังทลายของฝน (R-factor) ในแต่ละสตอร์มจากฝนธรรมชาติ ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่	74
2	ปริมาณน้ำฝน ความหนักเบาของฝน ระยะเวลาที่ฝนตก และค่าดัชนีชะล้างพังทลายของฝน ในแต่ละครั้งจากเครื่องจำลองฝน (Rainfall simulator)ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่	75
3	ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินระหว่างแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเทกับแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม	76

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
4	ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินระหว่างแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเทกับแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน	77
5	ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินระหว่างแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเทกับแปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม	78
6	ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินระหว่างแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเทกับแปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน	79
7	ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินระหว่างระยะก่อนปลูกกับระยะต้นอ่อน	80
8	ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินระหว่างระยะก่อนปลูกกับระยะที่ฝักเจริญเต็มที่	81
9	ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินระหว่างระยะก่อนปลูกกับระยะเก็บเกี่ยว	82
10	ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินระหว่างระยะก่อนปลูกกับระยะหลังเก็บเกี่ยว	83
11	ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินระหว่างแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิมกับแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน	84
12	ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินระหว่างแปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิมกับแปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน	85
13	ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดตะกอนดินระหว่างแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเทกับแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม	86

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
14	ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดตะกอนดินระหว่างแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเทกับแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน	87
15	ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดตะกอนดินระหว่างแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเทกับแปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม	88
16	ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดตะกอนดินระหว่างแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเทกับแปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน	89
17	ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดตะกอนดินระหว่างระยะก่อนปลูกกับระยะต้นอ่อน	90
18	ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดตะกอนดินระหว่างระยะก่อนปลูกกับระยะที่ฝักเจริญเต็มที่	91
19	ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดตะกอนดินระหว่างระยะก่อนปลูกกับระยะเก็บเกี่ยว	92
20	ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดตะกอนดินระหว่างระยะก่อนปลูกกับระยะหลังเก็บเกี่ยว	93
21	ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดตะกอนดินระหว่างแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิมกับแปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม	94
22	ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดตะกอนดินระหว่างแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิมกับแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน	95
23	ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดตะกอนดินระหว่างแปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิมกับแปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน	96

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ที่ตั้งและลักษณะภูมิประเทศพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่	35
2	การใช้ประโยชน์ที่ดิน ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่ ปี พ.ศ. 2550	39
3	ผังการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD)	42
4	ลักษณะแปลงทดลอง และผังการวางแก้ววัดปริมาณฝน	43
5	โครงสร้างเครื่องจำลองฝน (Rainfall simulator) ตำแหน่งหัวฉีด ปั๊มน้ำ และแท็งค์น้ำ	45
6	ระยะการเจริญเติบโตของพืชในแปลงทดลอง ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่	48
7	ปริมาณและการกระจายของฝนจากการใช้เครื่องจำลองฝน (Rainfall simulator) แต่ละแปลงทดลอง ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่	54

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การศึกษาการสูญเสียดิน น้ำ และธาตุอาหารจากแปลงทดลองโดยใช้เครื่องจำลองฝน ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่

Investigation on Soil, Water and Nutrient Loss from Erosion Plot Using Rainfall Simulator at Mae Thang Subwatershed, Phrae Province

คำนำ

การชะล้างพังทลายของดินที่เกิดขึ้นจากการใช้ที่ดินเพื่อกิจกรรมบนที่สูงในปีหนึ่งๆ นั้นได้ก่อให้เกิดความสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติ และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างยิ่ง การสูญเสียหน้าดินส่งผลต่อการสูญเสียธาตุอาหารและอินทรียวัตถุ เมื่อดินเสื่อมโทรมลงเป็นผลให้ไม่สามารถทำการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นตะกอนของดินที่ถูกชะล้าง และถูกพัดพาลงสู่แม่น้ำลำธารสายต่างๆ ส่งผลต่อปริมาณการกักเก็บและคุณภาพของแหล่งน้ำ แหล่งน้ำตื้นเขินไม่สามารถใช้กักเก็บน้ำได้ตามต้องการ

ธาตุอาหารซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการเจริญเติบโตของพืชนั้นได้รับผลกระทบอยู่ตลอดเวลาเนื่องจากการชะล้างพังทลายของดินเป็นสาเหตุใหญ่ ทำให้ต้องสูญเสียออกไปจากพื้นที่โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทย ที่มีความล่อแหลมต่อการชะล้างพังทลาย สาเหตุดังกล่าวมีผลต่อเนื่องไปถึงเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจากปัจจุบันนี้ราคาปุ๋ยเคมีได้เพิ่มสูงขึ้นตลอดเวลา ฉะนั้นควรมีการศึกษา และวิจัย เกี่ยวกับการชะล้างพังทลายดินและสูญเสียธาตุอาหารจากพื้นที่โดยใช้เครื่องจำลองฝนเพื่อช่วยให้ประหยัดเวลา และง่ายต่อการกำหนดช่วงเวลาในการทดลองมากยิ่งขึ้น

พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ ในช่วงหลายสิบปีที่ผ่านมา มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างมากจากพื้นที่ป่าไม้ ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวมีลักษณะเป็นภูเขาสูงชัน ประกอบกับการขาดมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างถูกต้อง จึงส่งผลให้เกิดปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน และน้ำไหลบ่าหน้าดิน การศึกษาครั้งนี้นอกจากเป็นการประเมินการสูญเสียปริมาณตะกอน ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน ยังสามารถประเมินการสูญเสียธาตุอาหารด้วย ตลอดจนหาแนวทางแก้ไขผลกระทบที่เกิดขึ้นเพื่อการจัดการต่อไปในอนาคตด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการชะล้างพังทลายของดินจากแปลงทดลองโดยใช้เครื่องจำลองฝน บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่

2. เพื่อศึกษาปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินจากแปลงทดลองโดยใช้เครื่องจำลองฝน บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่

3. เพื่อศึกษาปริมาณธาตุอาหารจากการชะล้างพังทลายของดินโดยใช้เครื่องจำลองฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. การชะล้างพังทลาย

1.1 ความหมายของการชะล้างพังทลาย

สมเจตน์ (2522) กล่าวว่า อนุภาคดินที่เกิดจากการชะล้างพังทลายโดยน้ำนั้น สามารถเคลื่อนที่ไปในลักษณะต่างๆ กัน เช่น กระเด็น กลิ้ง เลื่อน หรือถูกพัดพาไปในสภาพแขวนลอยกับน้ำที่ไหลบ่าไปบนผิวดิน

นิพนธ์ (2526) กล่าวไว้ว่า การชะล้างพังทลาย ตัวการสำคัญที่สุดที่เกี่ยวข้องคือ ฝน ซึ่งความสามารถในการกัดกร่อน และระดับความรุนแรงของการเกิดนั้นจะมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดฝนการกระจายของฝน และความเร็วของเม็ดฝนที่ตก รวมทั้งมวลของเม็ดฝน และพลังงานจลน์ที่เกิดจากแรงตกกระทบของเม็ดฝน ซึ่งกระบวนการชะล้างพังทลายของดินโดยน้ำนี้ สามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 กระบวนการย่อย ได้แก่ (1) กระบวนการที่อนุภาคดินถูกทำให้แตกกระจายออกจากกัน โดยการกระทำของเม็ดฝนที่ตกลงมา และน้ำที่ไหลบ่าตามผิวหน้าดิน (Detachment) (2) กระบวนการขนย้ายอนุภาคของดินโดยการกระทำของเม็ดฝนที่ตกลงมา และน้ำที่ไหลบ่าตามผิวหน้าดิน (Transportation) และ(3) กระบวนการตกตะกอนทับถมของอนุภาคดิน (Deposition) นอกจากนี้นิพนธ์ (2545) ยังกล่าวไว้อีกว่า การชะล้างพังทลายของดินเป็นกระบวนการที่เกิดจากการที่มีแรง ซึ่งอาจเกิดจากน้ำ ลม หรือแรงโน้มถ่วงของโลก มากระทำให้วัตถุหรือสารแตกแยกออกจากกัน แล้วเคลื่อนย้ายอนุภาคของดิน หรือสาร หรือวัตถุดังกล่าวไปตกตะกอนทับถม และการชะล้างพังทลายของดินตามธรรมชาติเกิดขึ้นอยู่เสมอและหลีกเลี่ยงไม่ได้แต่เป็นการเกิดขึ้นที่ไม่รุนแรงซึ่งเป็นสภาพการปรับดุลของธรรมชาติเป็นกระบวนการของการปรับระดับของผิวโลก ส่วนการชะล้างพังทลายของดินที่มีมนุษย์เป็นตัวเร่งนั้นมีบทบาทที่สำคัญที่เสริมความรุนแรง ให้กับธรรมชาติ ตามสภาพที่ถูกเปลี่ยนไปในพื้นที่และตามวิธีการเพาะปลูกของมนุษย์ในท้องถิ่นนั้นซึ่งความเสียหายเริ่มตามมาและเพิ่มพูนมากขึ้นหากปราศจากมาตรการควบคุมการพังทลายของดินที่ถูกต้องตามหลักการอนุรักษ์ดินและน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินโดยน้ำ

เกษม (2539) กล่าวไว้ว่า การชะล้างพังทลายของดิน จะมีความรุนแรงมากน้อยเพียงไร มีปัจจัยเกี่ยวข้องหลายประการ คือ สภาภูมิอากาศ ภูมิประเทศ พืชพรรณ สมบัติของดิน และกิจกรรมของมนุษย์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.2.1 ปัจจัยเกี่ยวกับภูมิอากาศ ที่สำคัญ ได้แก่ ฝนที่ก่อให้เกิดพลังงานจลน์ และน้ำไหลบ่าหน้าดิน กัดชะและเคลื่อนย้ายอนุภาคดินออกไปจากพื้นที่ และเป็นปัจจัยสำคัญในการประเมินการสูญเสียดินจากสมการสูญเสียดินสากล (USLE) ซึ่งความสามารถในการกัดกร่อนของฝนมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดฝน ความหนักเบา และความเร็วของฝนที่ตกกระทบ ซึ่ง Osborn (1955) ได้มีการคำนวณค่าพลังงานของเม็ดฝนที่ตกลงมากระทบผิวดิน พบว่าขณะที่ฝนตกลงมาในหนึ่งพื้นที่ 1 เอเคอร์ ด้วยความรุนแรง 0.1 นิ้วต่อชั่วโมง จะมีกำลังถึง 100 แรงม้า และถ้าฝนนี้ตกหนัก 2 นิ้วต่อชั่วโมงแล้ว จะมีพลังงานถึง 250 แรงม้า นอกจากนี้ เกษม และนิพนธ์ (2525) ได้กล่าวไว้ว่า ในกรณีดังกล่าวนี้แรงตกกระทบของเม็ดฝนมีอำนาจในการพังทลายเป็น 1000 เท่าของพลังงานที่เกิดจากน้ำไหลบ่าหน้าดินไม่ว่าจะมีลักษณะภูมิประเทศแบบใดก็ตาม

1.2.2 ปัจจัยเกี่ยวกับภูมิประเทศ ได้แก่ ความลาดเทของพื้นที่ ความยาวของแนวความลาดเท Zigg (1940) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับความลาดชันของความลาดเท ที่มีต่อการสูญเสีย พบว่าเมื่อความยาวและความชันของความลาดเทเพิ่มขึ้น การสูญเสียดินก็จะเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ สมยศ (2521) กล่าวว่าถ้าพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงและระยะทางยาวการชะล้างพังทลายของดินย่อมเกิดขึ้นได้มากเนื่องจากความลาดชันมีอิทธิพลต่อความสามารถในการเคลื่อนย้ายของน้ำที่ไหลบ่า นอกจากนี้ นิพนธ์ (2527) และ Baver (1965) ซึ่งกล่าวไว้ว่าโดยทั่วไปแล้วเมื่อความลาดเทมากขึ้นอัตราการการชะล้างพังทลายจะมากขึ้นด้วย และเพิ่มมากขึ้นตามความยาวของความลาดเท และยังขึ้นอยู่กับรูปร่างของความลาดเทด้วย

1.2.3 ปัจจัยเกี่ยวกับพืชพรรณ พืช และสิ่งปกคลุมดินมีบทบาทต่อการชะล้างพังทลายจากการศึกษาความสามารถในการควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน โดยพืชพรรณหรือป่าไม้จะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพการปกคลุมหรือความหนาแน่นของเรือนยอดไม้โดย Monchanov (1963) ได้อ้างถึงการศึกษาของ Tarasashvili (1955) เกี่ยวกับอัตราการพังทลายของดินในป่าที่มีการปกคลุมเรือนยอดต้นไม้แตกต่างกัน ซึ่งพบว่าในป่าที่มีการปกคลุม 60-70 เปอร์เซนต์ เกิดการสูญเสียดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.3 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี ป่าที่มีการปกคลุม 20-30 เปอร์เซนต์ เกิดการสูญเสียดิน 15.1 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี และในพื้นที่ที่ตัดป่าออกหมดเกิดการสูญเสีย 32.11 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี สอดคล้องกับ Wooldridge (1964) ที่กล่าวว่า สภาพของพืชพรรณและสิ่งปกคลุมดินที่เกี่ยวข้องกับการชะล้างพังทลาย คือ ความหนาแน่น และลักษณะที่ปกคลุมติดต่อกันให้เพียงพอที่จะลดแรงปะทะจากเม็ดฝน และช่วยให้น้ำไหลบ่าหน้าดินช้าลง นอกจากนี้ Wishmeier (1975) ได้จำแนกอิทธิพลของพืชพรรณ และสิ่งปกคลุมในการป้องกันการชะล้างพังทลายของดินพบว่าแบ่งออกได้ 3 กลุ่ม คือ (1) อิทธิพลจากเรือนยอด (2) อิทธิพลจากพืชพรรณชั้นล่างหรือสิ่งปกคลุมดิน และ (3) อิทธิพลจากเศษซากพืชที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือจากการเพาะปลูกพืชโดยผลรวมของอิทธิพลต่างๆ นี้เรียกว่า ค่าดัชนีการจัดการพืชปกคลุมดิน (Crop management factor; C) ซึ่ง Schulz (1981) ให้คำนิยามว่าเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณดินที่สูญเสียจากพื้นที่ที่มีการปกคลุมของพืชพรรณและสิ่งปกคลุมดินต่างๆ กับปริมาณดินที่สูญเสียจากพื้นที่ที่ปราศจากพืชหรือสิ่งปกคลุมดิน และมีการไถพรวนดินเป็นแนวยาวตลอดตามแนวความลาดชันในเมื่อพื้นที่นั้นมีระดับของความลาดชันและความยาวของความลาดชันอันเดียวกัน

สำหรับการศึกษาในประเทศไทย นิวัติ (2514) ได้ศึกษาในพื้นที่ป่าดิบเขาดอยปุย พบว่า การสูญเสียดินและน้ำมีความสัมพันธ์เป็นปฏิภาคโดยตรงกับความหนาแน่นของเรือนยอด และการสูญเสียดินและน้ำจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อความหนาแน่นของเรือนยอดต่ำกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ถ้าความหนาแน่นของเรือนยอดเท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่านี้ อัตราการสูญเสียดินและน้ำเกือบคงที่ นอกจากอิทธิพลของเรือนยอดแล้ว อิทธิพลพืชพรรณชั้นล่าง และอิทธิพลของเศษซากพืช เป็นสวนหนึ่งที่ส่งผลต่อการชะล้างพังทลายด้วย ซึ่งนิพนธ์ (2527) ได้กล่าวไว้ว่า การมีพืชพรรณ และสิ่งปกคลุมดิน นั้นสามารถช่วยลดแรงกระทบของเม็ดฝนที่จะกัดชะหน้าดินโดยช่วยยึดน้ำฝนไว้ล่วงหน้า ช่วยลดความเร็วของน้ำไหลบ่าหน้าดิน เพิ่มสมรรถนะการซึมน้ำผ่านผิวดินและกักเก็บน้ำ ตลอดจนมีการคายระเหยสูง

1.2.4 ปัจจัยเกี่ยวกับสมบัติของดิน การเกิดการชะล้างพังทลายของดินจะมากน้อยนั้นขึ้นอยู่กับดินที่สามารถดูดซับน้ำไว้หรือยอมให้น้ำไหลซึมสู่ดินล่างได้รวดเร็ว โอกาสที่จะเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินมากน้อยแต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ด้วย ลักษณะของดินที่นำมาพิจารณานั้น ได้แก่ สมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของดิน ได้แก่ เนื้อดิน ความสามารถในการซาบซึมน้ำของดิน โครงสร้างของดิน และปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Osborn, 1955 และ Hudson, 1971) ดังนั้นพื้นที่ที่ดินมีอัตราการซาบซึมน้ำต่ำ ผนวกกับมีความลาดชัน ย่อมมีการเกิดการชะล้างพังทลายของดินสูงแต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ด้วยเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับ ประสิทธิ์ (2525) กล่าวไว้ว่าดินที่มี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โครงสร้างเป็นแบบแผ่น (Platy) หรือแบบสี่เหลี่ยม (Blocky) จะถูกกัดชะได้มากกว่าดินที่มีอินทรียวัตถุมากและดินเนื้อละเอียดมากจะถูกกัดชะได้มากกว่าดินเนื้อหยาบ นอกจากนี้ สมยศ (2529) ได้กล่าวว่า อัตราการชะล้างพังทลายของดินขึ้นกับชนิดของดิน โดยดินทรายหรือดินร่วนย่อมมีการเกิดการชะล้างพังทลายได้ง่ายกว่าดินเหนียวหรือดินดินที่มีโครงสร้างเกาะตัวกันอย่างหลวมๆ หรือดินที่ไม่มีอินทรียวัตถุอยู่เลยจะเกิดการชะล้างพังทลายได้ง่ายกว่า และมากกว่าดินที่เกาะตัวแน่นและมีอินทรียวัตถุอยู่สูง เป็นต้น แต่ดินเหนียวง่ายต่อการถูกพัดพามากกว่าดินทราย นอกจากนี้ Wischmeier *et al.* (1971) ได้ศึกษาและประเมินค่าความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน โดยการสร้างความสัมพันธ์ของค่าที่ได้จากแปลงทดลองกับสมบัติของดินอันประกอบด้วย เปอร์เซ็นต์ผลบวกของทรายแป้ง (Silt) และทรายละเอียดมาก (Very fine sand) เปอร์เซ็นต์ทราย (Sand) เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุ (Organic matter) โครงสร้างของดิน และอัตราการซึมซาบน้ำของดิน (Permeability) สร้างเป็นกราฟความสัมพันธ์ขึ้นมาเรียกว่า Nomograph เพื่อใช้ในการหาค่า K-factor ในสมการสูญเสียดินสากล

1.2.5 ปัจจัยเกี่ยวกับมนุษย์ พื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรสูงจะมีส่วนในการเพิ่มการกัดชะหน้าดินได้มากกว่าพื้นที่ที่มีความหนาแน่นประชากรน้อยกว่า อย่างไรก็ตามพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรน้อยกว่า แต่มีการแผ้วถางป่ามากกว่าจะทำให้เกิดการกัดชะมากกว่า (ECAFE, 1953) และการศึกษาของ สุพัฒน์ (2533) พบว่าที่ลุ่มน้ำชี พื้นที่ป่าลดลงทุกๆ 10 เปอร์เซนต์ จะทำให้ปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้นประมาณ 5,671 ตัน ส่วน เกษม (2539) ได้กล่าวไว้ว่า การสร้างถนนและอาคารเป็นสาเหตุของการพังทลายของดินอีกอย่างหนึ่ง นอกจากนี้ Johnson (1993) ได้พบว่า ปริมาณตะกอนจะเพิ่มขึ้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ดังการศึกษาที่ลุ่มน้ำ Manachyle และลุ่มน้ำ Kirkton บริเวณพื้นที่ราบสูง Balquhidder ประเทศสก็อตแลนด์ ผลการศึกษาพบว่าหลังจากมีการไถพรวนเพื่อการปลูกป่าที่ลุ่มน้ำ Manachyle ทำให้ปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้น 121 เปอร์เซนต์และหลังจากตัดต้นไม้ออกพื้นที่ลุ่มน้ำ Kirkton หมดทำให้ปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้น 595 เปอร์เซนต์ และปริมาณตะกอนจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณฝน

1.3 การประเมินการชะล้างพังทลายของดิน

กรมพัฒนาที่ดิน (2530) ได้เสนอวิธีการประเมินการชะล้างพังทลายของดินไว้ดังนี้

1.3.1 การประเมินจากชนิดของวัตถุต้นกำเนิดดิน (Parent materials) ดินที่มีวัตถุต้นกำเนิดจากหินปูน (Limestone) จะมีความทนทานต่อการชะล้างพังทลายสูงที่สุด รองลงมาได้แก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หินดินดาน (Shale) หินแกรไนต์ (Granite) และหินควอทไซต์ (Quartzite) การประเมินด้วยวิธีนี้จำเป็นต้องมีการคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ อีกด้วย เช่น ความลาดชัน พืชพันธุ์ การใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น

1.3.2 การประเมินจากสภาพภูมิประเทศและพืชพันธุ์ที่ขึ้นอยู่ การประเมินด้วยวิธีนี้เป็นการประเมินอย่างคร่าวๆ ในสนามจากสภาพพื้นที่เป็นภูเขาซึ่งมีความลาดชันในระดับต่างกัน ส่วนพืชพันธุ์ที่ปลูกหรือขึ้นอยู่นั้น ถ้าเป็นพวกมันสำปะหลัง อ้อย ก็จะมีการชะล้างพังทลายสูงกว่าพวกผลไม้ และข้าว เป็นต้น

1.3.3 การประเมินจากการสูญเสียหน้าดิน การประเมินวิธีนี้เป็นการประเมินจากลักษณะของดินในสนามหลังจากที่หน้าดินถูกชะล้างไปแล้ว โดยยึดความหมายของชั้นดินบนเป็นหลัก

1.3.4 การประเมินดัชนีความยากง่ายต่อการชะล้างพังทลายของดินโดยการศึกษาของ Bennett and Chapline (1928) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ อัตราส่วนระหว่าง Silica dioxide (SiO_2) กับ Sesquidioxide (R_2O_2) และต่อมา Middleton (1930) ได้ศึกษาสมบัติต่างๆ ของดินที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดิน และได้พยายามสร้างดัชนีความยากง่ายของดินเกี่ยวกับการชะล้างพังทลาย ซึ่งเป็นหลักเกณฑ์ในการคำนวณเรียกว่า “Dispersion ratio” ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนระหว่างปริมาณของทรายแป้ง (Silt) และดินเหนียว (Clay) ในสภาพที่ไม่แตกกระจาย (Undispersed state) ถ้าค่านี้มากกว่า 10 ก็แสดงว่าดินนั้นมีการชะล้างพังทลายง่าย

1.3.5 การประเมินจากสมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation; USLE) การประเมินโดยวิธีนี้จะได้ค่าการสูญเสียดินออกมามีหน่วยเป็นตันต่อเฮกแตร์ต่อปี และทำการปรับหน่วยให้เหมาะสมกับประเทศไทยเป็นตันต่อไร่ต่อปี จากการศึกษาของ Smith and Whitt (1947); Musgrave (1947); Van Doren and Bartelli (1956) และ Wischmeier and Smith (1958) ซึ่งได้นำมาประมวลและพัฒนาเป็น USLE ซึ่งมีรูปแบบสมการ (1) ดังนี้

$$A = RKLSCP \qquad (1)$$

เมื่อ A = ปริมาณดินที่สูญเสียที่คำนวณได้ต่อหน่วยพื้นที่

R = ค่าดัชนีการชะล้างของฝน (Rainfall erosivity factor) ในปีที่มีฝนตกในระดับที่เป็นปกติ (Normal year rain) ซึ่งค่าที่ได้เป็นการวัดพลังงานของฝนที่ทำให้เกิดการพังทลายของดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

K = ค่าความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดิน เป็นอัตราการสูญเสียดินต่อหนึ่งหน่วยของดัชนีชะล้างพังทลาย (Erosion index) ชนิดใดชนิดหนึ่ง ในลักษณะของหน้าดินที่ทำเป็นร่องไถพรวนขึ้น-ลงติดต่อกันยาว 72.60 ฟุต (22.13 เมตร) บนพื้นที่ความลาดชัน 9 เปอร์เซ็นต์

L = ค่าอิทธิพลของความยาวความลาดชันที่มีผลต่อการชะล้างพังทลายดิน (Slope length factor) เป็นค่าที่ได้จากอัตราส่วนการสูญเสียดิน จากความยาวของความลาดชันช่วงใดช่วงหนึ่งกับความยาวมาตรฐาน ยาว 72.6 ฟุต (22.13 เมตร) ซึ่งอยู่บนแนวความลาดเทเดียวกัน

S = ค่าอิทธิพลของความลาดชัน (Slope-gradient factor) เป็นอัตราส่วนของการสูญเสียดินจากความลาดชันระดับใดระดับหนึ่งต่อความลาดชันมาตรฐาน (9 เปอร์เซ็นต์)

C = ค่าอิทธิพลของพืชหรือสิ่งปกคลุมดิน (Cropping management factor) เป็นอัตราส่วนของการสูญเสียดินระหว่างพื้นที่ที่มีพืชชนิดใดชนิดหนึ่งที่ปกคลุมอยู่กับการสูญเสียดินจากบริเวณไถพรวนที่ปราศจากพืชคลุมดิน

P = ค่าอิทธิพลของมาตรการที่ใช้ในการควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน (Erosion control factor) เป็นค่าอัตราส่วนของการสูญเสียดินจากพื้นที่ที่มีการอนุรักษ์แบบต่าง ๆ

2. การสูญเสียดินและน้ำ

สุธัม และคณะ (2523) ได้ทดลองในดินชุดมาบบอนที่ศูนย์พัฒนาจังหวัดระยอง ความลาดเท 5 เปอร์เซ็นต์ โดยเปรียบเทียบ 2 วิธีคือ ไถพรวนขึ้นลงและปล่อยทิ้งไว้ ไถพรวนขึ้นลงแล้วปลูกข้าวโพดสองครั้งติดต่อกัน ไถขวางความลาดเทแล้วปลูกข้าวโพด สองครั้งติดต่อกัน และไถขวางความลาดเทแล้วปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วเขียว พบว่า มีการสูญเสียดิน เท่ากับ 44.38, 31.25, 26.25 และ 17.50 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลดีของการไถขวางความลาดเท และการปลูกพืชที่คลุมดินได้แน่นทึบ เช่น ถั่วเขียวนั่นเอง ซึ่งจากการศึกษาของ ภิชาติ (2525) ที่โครงการสาธิตการจัดการลุ่มน้ำแม่สา ซึ่งมีความลาดชัน 30 เปอร์เซ็นต์ โดยสร้างสิ่งก่อสร้าง 4 ชนิด คือ ขั้นบันไดดินต่อเนื่อง ขั้นบันไดดินไม่ต่อเนื่อง คูรับน้ำขอบเขา และคันดินรับน้ำขอบเขา พบว่า ในปีที่สามหลังจากแปลงทดลองอยู่ตัวแล้ว สิ่งก่อสร้างแต่ละชนิดสามารถลดการสูญเสียดินและน้ำได้ 96, 86, 80 และ 91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และแนะนำไว้ว่า คันดินรับน้ำขอบเขาควรเป็นวิธีที่น่านำไปแนะนำให้เกษตรกรใช้ได้ดีที่สุด เพราะเสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างถูกและป้องกันการสูญเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดินและน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่น้อยกว่าสิ่งก่อสร้างชนิดอื่นที่เสียค่าใช้จ่ายสูงมาก ส่วน Gupta (1981) ได้ศึกษาแปลงทดลองขนาดเล็ก และพื้นที่ลุ่มน้ำ พบว่า พื้นที่ป่าหรือทุ่งหญ้าที่หนาแน่นนั้น มีการสูญเสียดินออกจากพื้นที่น้อยมากในระหว่างช่วงฤดูฝน คือมีเพียง 2 ตันต่อเฮกแตร์ และรายงานว่า การปลูกข้าวโพดบนพื้นที่ลาดเขาที่มีความลาดเทประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ และไถพรวนขึ้นลงเขา ทำให้มีการสูญเสียดินถึง 28.5 ตันต่อเฮกแตร์ ในขณะที่การปลูกข้าวโพดด้วยการไถพรวนตามแนวระดับเส้นขอบเขา ลดการสูญเสียดินลงมาเป็น 19.3 ตันต่อเฮกแตร์ หรือประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของการปลูกขึ้นลงเขา นอกจากนี้ พรชัย (2527) ได้ให้ความเห็นว่า มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบต่างๆ ให้ค่าการสูญเสียดินและน้ำต่างกัน สำหรับ กัลยาณี และคณะ (2528) ได้ศึกษาปริมาณตะกอน และน้ำไหลบ่าหน้าดินจากแปลงปลูกข้าวโพดและตะไคร้แบบขั้นบันได ข้าวโพดและตะไคร้ ข้าวโพดอย่างเดียว และแปลงควบคุม บริเวณสถานีวิจัยเพื่อรักษาต้นน้ำแม่กลอง จังหวัดกาญจนบุรี พบว่า มีค่าการสูญเสียดินเฉลี่ย 204.92, 273.56, 355.80 และ 930.11 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี และ 233.5, 259.0, 332.6 และ 549.8 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งปริมาณตะกอนและน้ำไหลบ่าจากแปลงควบคุมมีมากที่สุด รองลงมาคือแปลงปลูกข้าวโพดอย่างเดียว แปลงปลูกข้าวโพดและตะไคร้ และแปลงปลูกข้าวโพดและตะไคร้แบบขั้นบันได ตามลำดับ และเรือง (2529) ได้ศึกษาการสูญเสียดินและน้ำจากการปลูกป่าบนขั้นบันไดดิน จากแปลงทดลองที่มีการปลูกชนิดพันธุ์ไม้บนขั้นบันไดดินกับไม่มีการทำขั้นบันไดดิน และแปลงทดลองที่มีการไถพรวนขึ้นลงขนานแนวความลาดชัน บริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า การสูญเสียดินและน้ำจากแปลงทดลองที่มีการปลูกป่าบนขั้นบันไดดินปี พ.ศ. 2526 มีค่าเฉลี่ย 0.20 ตันต่อเฮกแตร์ และ 17.09 มิลลิเมตร ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบพบว่าการปลูกป่าบนขั้นบันไดดินสามารถช่วยลดปริมาณการสูญเสียดิน และน้ำจากพื้นที่ได้มากกว่าแปลงที่ไม่มีการทำขั้นบันไดดิน นอกจากนี้ พิณทิพย์ (2536) ได้ศึกษา การสูญเสียดินและน้ำจากแปลงทดลองภายใต้สภาพพืชพรรณชนิดต่างๆ ได้แก่ ป่าเบญจพรรณ ไร่ร้าง ถั่วเหลือง ข้าวไร่ ข้าวโพด สวนสักอายุ 3 ปี และพื้นที่ว่างเปล่าไถพรวนขึ้นลง บริเวณสถานีวิจัยเพื่อรักษาต้นน้ำน่าน อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน พบว่ามีการสูญเสียดินเท่ากับ 1.996, 0.117, 2.633, 1.398, 0.742 และ 13.823 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ และมีน้ำไหลบ่าหน้าดินเท่ากับ 120.31, 11.96, 68.14, 64.19, 50.97, 35.31 และ 87.20 ตันต่อเฮกแตร์ รวมทั้งลำดับ รวมทั้ง อภินันท์ (2538) ได้ศึกษา ประสิทธิภาพของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำรูปแบบต่างๆ ได้แก่ คันดินรับน้ำรอบคู คูรับน้ำรอบเขา ขั้นบันไดไม่ต่อเนื่อง ขั้นบันไดต่อเนื่อง และไม่มีมาตรการอนุรักษ์ ภายในแปลงปลูกข้าวไร่และข้าวโพดบนพื้นที่ลาดเขา บริเวณโครงการจัดการทดลองลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ พบว่ามีการสูญเสียดินเท่ากับ 8.37, 11.70, 9.59, 5.00 และ 31.30 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ และมีปริมาณน้ำไหลบ่าเท่ากับ 81.75, 91.34, 86.93, 78.69 และ 90.38 มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ประสิทธิภาพของพืชหรือสิ่งปกคลุมดินสามารถป้องกันและลดความรุนแรงของการชะล้างพังทลายดินได้ พืชแต่ละชนิดมีความสามารถสกัดกั้นการตกกระแทกของฝนได้แตกต่างกัน และช่วงเวลาการเจริญเติบโตหรืออายุของพืชแต่ละชนิดมีความสามารถปกคลุมดินได้แตกต่างกันไป โดยลักษณะเรือนยอดของพืชแต่ละชนิดสามารถปกคลุมพื้นที่ผิวดินได้มากน้อยเพียงใด ร่วมกับพืชพรรณชั้นล่างที่ปกคลุมผิวหน้าดินและเศษซากเหลือของพืช ปัจจัยเหล่านี้สามารถช่วยลดการชะล้างพังทลายดินได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ นิวัติ (2514) ที่กล่าวไว้ว่า เมื่อความหนาแน่นของเรือนยอดต่ำกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ การสูญเสียดินและน้ำจะเพิ่มมากขึ้น ถ้าความหนาแน่นของเรือนยอดเท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่านี้ อัตราการสูญเสียดินและน้ำเกือบคงที่ นอกจากนี้วิธีการปฏิบัติในการปลูกพืชหรือระบบปลูกพืชเมื่อเปรียบเทียบระหว่างแปลงทดลองที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ เช่น แปลงคันดินรับน้ำรอบคู คูรับน้ำรอบเขา ขั้นบันไดไม่ต่อเนื่อง ขั้นบันไดต่อเนื่อง กับแปลงไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่า ในแปลงที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ แต่ละแบบนั้นมีความสามารถป้องกันการสูญเสียดินและน้ำที่แตกต่างกัน แต่เมื่อมีมาตรการแล้วสามารถป้องกันการสูญเสียดินและน้ำได้ดีกว่าแปลงไม่มีมาตรการอนุรักษ์

3. ธาตุอาหารในดินและน้ำ

มุกดา (2544) ได้กล่าวไว้ว่า กระบวนการเสริมสร้างการเจริญเติบโตของพืช วัฏจักรการดำรงชีพและกิจกรรมต่าง ๆ ของพืชมีความต้องการธาตุอาหารหลายธาตุ เพื่อเป็นองค์ประกอบการหายใจ กระบวนการสังเคราะห์แสงและการทำงานของเอนไซม์ เป็นต้น พืชจะได้รับธาตุอาหารเหล่านี้จากอากาศ น้ำ และดิน แต่ความต้องการของธาตุอาหารพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดพืช ช่วงอายุพืชปริมาณธาตุอาหารในดิน ความสามารถของรากพืช และปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ

3.1 ความหมายของธาตุอาหารในดิน

ธาตุอาหารที่พืชต้องการมีประมาณ 16 ธาตุ เรียกว่า ธาตุอาหารพืช (Mineral nutrients) ซึ่งรากพืชสามารถดึงดูดไปใช้ได้หลายรูป เช่น รูปของสารประกอบ หรือก๊าซ เช่น ธาตุคาร์บอน ธาตุออกซิเจน และธาตุไฮโดรเจน และอยู่ในรูปของไอออนและสารละลายดิน เช่น ธาตุไนโตรเจนอยู่ในรูป NH_4^+ และโพแทสเซียมอยู่ในรูป K^+ เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความสามารถของรากพืชที่ดึงดูดนำธาตุอาหารพืชไปใช้ประโยชน์ได้ และให้ผลตอบสนองในแง่ของปริมาณและคุณภาพของผลผลิตสูงสุดได้นั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของธาตุอาหารพืชที่จะต้องมีความเพียงพอแก่พืช ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช และปัจจัยที่เกี่ยวกับการจัดการดินให้มีสมบัติที่เหมาะสม ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานที่เกี่ยวกับความอุดมสมบูรณ์ของดิน

3.2 หลักเกณฑ์การบัญญัติบรรทัดฐานความจำเป็นของธาตุอาหารพืช

การศึกษาทดลองเกี่ยวกับธาตุอาหารพืช พบว่าในน้ำหนักสดของพืชทั่วไปจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือประกอบด้วยธาตุหลายชนิดมากกว่า 90 ธาตุ แต่มีธาตุที่จัดว่าจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชมีเพียง 16 ธาตุเท่านั้น ซึ่ง Arnon and Stout (1939) ได้บัญญัติบรรทัดฐานเพื่อใช้ในการวินิจฉัยว่าธาตุอาหารใดที่มีความจำเป็นต่อพืช และได้ใช้หลักเกณฑ์ในการวินิจฉัยดังนี้

3.2.1 ธาตุนั้น จำเป็นต่อกระบวนการเจริญเติบโต ให้ผลผลิตและสืบพันธุ์ หากขาดธาตุนั้นจะทำให้การเจริญไม่ครบชีพจักรของพืชนั้น

3.2.2 ธาตุนั้น ต้องเป็นธาตุที่พืชต้องการอย่างจำเพาะเจาะจง ธาตุอื่นไม่สามารถทำหน้าที่แทนได้

3.2.3 ธาตุนั้น ต้องเป็นธาตุที่จำเป็นต่อกระบวนการต่าง ๆ ในต้นพืชโดยตรง ไม่ใช่ทำให้พืชเจริญเติบโตโดยทางอ้อม เช่น การที่ทำหน้าที่เป็นตัวต่อต้านอิทธิพลอื่น ๆ อันเป็นอิทธิพลทางอ้อม เป็นต้น

ธาตุอาหารพืชที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 16 ธาตุนี้ ได้แก่ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) กำมะถัน (S) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โบรอน (B) โมลิบดีนัม (Mo) และคลอรีน (Cl) และยังพบว่ามีธาตุที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตเฉพาะพืชบางชนิด เช่น ซิลิกา (Si) เป็นธาตุที่ทำให้ข้าว ข้าวฟ่าง ทานตะวัน มีลำต้นแข็งแรงทนทานต่อการหักล้ม งอ และต้านทานโรคและแมลง ทำให้ข้าวให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้น โซเดียม ทำหน้าที่แทนโพแทสเซียมได้ในบางส่วนของกระบวนการเมแทบอลิซึม (Metabolism) โคบอลต์ (Co) จำเป็นสำหรับแบคทีเรียพวกไรโซเบียม นำไปใช้ในการดำรงชีพเพิ่มประสิทธิภาพการตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับธาตุโคบอลต์ นักวิทยาศาสตร์บางคนจัดว่าเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชตระกูลถั่ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชตระกูลถั่วที่ปลูกในดินที่มีระดับไนโตรเจนต่ำ ธาตุกลุ่มนี้บางคนเรียกว่า ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ (Beneficial elements)

3.3 การจัดจำแนกกลุ่มธาตุอาหารพืช

3.3.1 การจำแนกกลุ่มธาตุอาหารพืชตามแหล่งที่มา ได้ดังนี้

1) ธาตุอาหารที่พืชได้รับจากอากาศ ได้แก่ ธาตุ C และ O ในรูปของก๊าซ CO_2 และ O_2

2) ธาตุอาหารที่พืชได้รับจากน้ำ ได้แก่ ธาตุ H และ O ในรูปของ H_2O

3) ธาตุอาหารที่พืชได้รับจากดิน ได้แก่ ธาตุ N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, B, Cu, Mo และ Cl

พืชได้รับธาตุกลุ่มที่มาจากอากาศและน้ำในปริมาณมากตามความต้องการ เช่น ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และเป็นกลุ่มธาตุที่มีปริมาณเพียงพอตามความต้องการของพืชจึงจัดเป็นธาตุที่มีอยู่ในธรรมชาติ ไม่ขาดแคลนถ้ามีการจัดการดินที่ดี ดินที่มีการถ่ายเทอากาศและมีการระบายน้ำที่ดี ส่วนกลุ่มธาตุอาหารที่พืชได้รับจากดิน 13 ธาตุนั้น จะมีปริมาณมากน้อยไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นกับสมบัติของดินทั้งกายภาพ ทางชีวเคมี ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการจัดการดิน

3.3.2 การจำแนกกลุ่มธาตุอาหารพืชตามปริมาณความต้องการ และเป็นธาตุที่ได้จากดิน มี 2 กลุ่มใหญ่ คือ

1) มหธาตุ (Macronutrient elements) เป็นกลุ่มที่พืชต้องการในปริมาณมากเมื่อเปรียบเทียบกับจุลธาตุ ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และธาตุอาหารรองแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน รวม 6 ธาตุ มหธาตุนี้สามารถแบ่งได้อีกเป็น 2 กลุ่ม คือ

(1) กลุ่มธาตุอาหารหลัก เป็นกลุ่มธาตุอาหารที่พืชมีความต้องการในปริมาณมาก แต่ในสารละลายดินมักมีไม่เพียงพอ พืชจึงแสดงอาการขาดแคลนได้เสมอ ทั้งนี้อาจเกิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากสาเหตุหลายประการ เช่น ในดินมีธาตุอาหารหลักปริมาณน้อย หรืออาจมีมากแต่อาจอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ไม่ได้หรืออยู่ในสภาวะที่ไม่สมดุลกัน จึงจำเป็นต้องใส่ชดเชยให้ในรูปของปุ๋ย ดังนั้นจึงเรียกธาตุอาหารหลักนี้ว่า ธาตุปุ๋ย เช่น ธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในดินจึงมีปริมาณน้อยมากและบางส่วนอยู่ในรูปของสารประกอบที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ทันทีต้องมีการสลายตัวหรือเปลี่ยนรูปเสียก่อน ส่วนธาตุโพแทสเซียมในดินถือว่ามีปริมาณมากพอควร ยกเว้นในดินเนื้อหยาบส่วนใหญ่อยู่ในรูปของหินแร่ เช่น เฟลด์สปาร์ ไมกา จึงมีส่วนที่พืชใช้ประโยชน์ได้น้อย โพแทสเซียมที่อยู่ในดินจึงขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนรูป การสลายตัวปลดปล่อยไปเป็นโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

(2) กลุ่มธาตุอาหารรอง ได้แก่ ธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน กลุ่มธาตุอาหารรองนี้พืชต้องการในปริมาณที่รองลงมา ปกติในดินมักมีเพียงพอแล้วไม่ค่อยพบการขาดแคลนมากนัก เนื่องจากในวัตถุต้นกำเนิดดินมีในปริมาณมากพอ รวมทั้งเป็นผลพลอยได้ที่ได้จากสิ่งเจือปนติดมาจากการใส่ปุ๋ยเคมีด้วย เช่น แคลเซียมมักได้รับร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟต กำมะถันได้จากการสลายตัวของอินทรียวัตถุและแม่ปุ๋ยอื่น ๆ เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และโพแทสเซียมซัลเฟต เป็นต้น

แคลเซียม และแมกนีเซียม ในดินมีอยู่ในปริมาณมากเช่นกัน รองจากกลุ่มธาตุอาหารหลักและมักอยู่ในรูปหินและแร่แต่ง่ายต่อการสลายตัว มักพบในปริมาณน้อยกว่าโพแทสเซียมแต่มีปริมาณมากพอต่อความต้องการของพืช ทั้งแคลเซียม และแมกนีเซียมพบได้ในพวกหินปูน หินอ่อน หรือแร่บางชนิด เช่น ไดโลไมต์ ฮอร์นเบลน เฟลด์สปาร์ เป็นต้น

กำมะถัน ในดินมีปริมาณที่เกือบเท่ากับฟอสฟอรัส โดยอยู่ในรูปที่พืชสามารถใช้ได้ง่ายในปริมาณมากพอ เพราะกำมะถันในรูปอนินทรีย์ คือ ซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) เปลี่ยนรูปไปอยู่ในรูปที่ละลายได้ง่ายจะแตกต่างจากฟอสฟอรัสซึ่งฟอสฟอรัสมักจะไวต่อการทำปฏิกิริยากับธาตุอื่น เปลี่ยนเป็นรูปที่ละลายน้ำยาก

2) จุลธาตุ (Micronutrient elements) จุลธาตุหรือธาตุอาหารเสริมเป็นกลุ่มที่พืชต้องการในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่มีความสำคัญต่อการดำรงชีพของพืชเท่ากับธาตุ อื่นๆ ถ้าดินอยู่ในสภาพปกติเหมาะสมจุลธาตุในดินมีปริมาณเพียงพอต่อพืช และมีอยู่ด้วยกัน 7 ธาตุ ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส สังกะสีทองแดง โบรอน โมลิบดีนัม และคลอรีน มักพบว่าความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล่านี้จะมีมากน้อยในดินขึ้นกับสมบัติของดิน เช่น ระดับความเป็นกรด-ด่าง เนื้อดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศ หรือดินที่ปลูกพืชติต่อเป็นระยะเวลานาน นอกจากนี้ในพืชบางชนิดต้องการจุลธาตุในปริมาณมาก เช่น หน่อไม้ฝรั่ง กะหล่ำปลี ต้องการธาตุโบรอนมากกว่าพืชชนิดอื่น เป็นต้น

3.4 แหล่งที่มาของธาตุอาหารหลัก

ชัยฤกษ์ (2529) รายงานว่าไนโตรเจนในดินได้มาจากก๊าซไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบของอากาศในดิน โดยกระบวนการตรึงของจุลินทรีย์ในดิน และสิ่งมีชีวิตต่างๆ (Biological nitrogen fixation) จากก๊าซไนโตรเจนในบรรยากาศถูกออกซิไดซ์แล้วละลายมากับน้ำฝนหรือหิมะลงบนพื้นดินและได้มาจากปุ๋ยที่ใส่ลงไปในดิน และคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541) รายงานว่าแหล่งใหญ่ของไนโตรเจนในดิน คือ อินทรียวัตถุ โดยเฉลี่ยแล้วมีไนโตรเจนประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนฟอสฟอรัสในดินโดยทั่วไปแล้วฟอสฟอรัสจะอยู่ในรูปใดขึ้นอยู่กับวัตถุต้นกำเนิดดิน ปกติฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินมีอยู่น้อยมาก พื้นดินทั่วไปที่ใช้ทำการเพาะปลูกมีฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ระหว่าง 0.03-0.22 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉลี่ยประมาณ 0.06 เปอร์เซ็นต์ (สรสิทธ์ และคณะ, 2527 และ Tisdale and Nelson, 1975) ส่วน Kalpage (1974) กล่าวว่าโพแทสเซียมในดินนั้นในบรรดาธาตุอาหารมีมากที่สุดคือประมาณ 0.05-3.00 เปอร์เซ็นต์หรือโดยเฉลี่ยประมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียมในดินได้มาจากการผุสลายของวัตถุต้นกำเนิดที่ประกอบไปด้วยเฟลสปาร์ (Feldspar) และไมก้า (Micas) นอกจากนี้ Tisdale and Nelson (1975) พบว่าในดินทั่วๆ ไปมีโพแทสเซียมมากซึ่งมีอยู่ตามผิวโลกประมาณ 0.11 เปอร์เซ็นต์และในดินมีประมาณ 2.4 เปอร์เซ็นต์ ดินเนื้อหยาบที่เกิดจากหินพวก ควอตไซต์ (Quartzite) มีธาตุนี้ประมาณ 5.78-8.68 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนดินเนื้อละเอียดที่เกิดจากหินแกรนิตมีประมาณ 1,445.92 กิโลกรัมต่อไร่ หรืออาจมากกว่านี้ และยังให้ความเห็นเพิ่มเติมอีกว่าดินในเขตร้อนมักมีปริมาณโพแทสเซียมต่ำทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุต้นกำเนิดดิน การที่มีอุณหภูมิสูง และฝนตกชุก

3.4.1 แหล่งที่มาของธาตุไนโตรเจนในดิน

1) ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงแก๊สไนโตรเจนจากอากาศ

การตรึงไนโตรเจนเป็นกระบวนการที่แปรสภาพไนโตรเจนจากรูปที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้เป็นรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากในอากาศมีแก๊สไนโตรเจนอยู่ประมาณ 68 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร แต่พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ต้องผ่านกระบวนการแปรสภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ให้เป็นรูปอื่น เช่น อินทรีย์ไนโตรเจนโดยกระบวนการตรึงไนโตรเจนก่อน แล้วจึงสลายตัวปลดปล่อยเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมไอออน หรือไนเตรตไอออนที่เป็นประโยชน์ต่อไป การตรึงไนโตรเจนเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์นำแก๊สไนโตรเจนจากอากาศมาสร้างเป็นอินทรีย์ไนโตรเจน ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเซลล์ของจุลินทรีย์หลายชนิด เช่น ไรโซเบียม สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Azotobactor* และ *Clostridium* เป็นต้น แต่มีกระบวนการตรึงที่แตกต่างกันดังนี้

(1) การตรึงไนโตรเจนแบบพึ่งพาอาศัยกัน ไรโซเบียมเป็นชื่อของแบคทีเรียชนิดหนึ่งที่รู้จักกันโดยทั่วไป มีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ว่า *Bacillus radiocicola* อาศัยอยู่ในปมรากตระกูลถั่ว มีการตรึงไนโตรเจนแบบพึ่งพาอาศัยกันกับพืชตระกูลถั่ว

(2) การตรึงไนโตรเจนจากอากาศแบบอิสระ การตรึงไนโตรเจนจากอากาศวิธีนี้จุลินทรีย์สามารถทำได้โดยไม่ต้องอาศัยคาร์โบไฮเดรตหรือแหล่งพลังงานจากพืช จุลินทรีย์พวกนี้ได้พลังงานจากอินทรียวัตถุที่มีอยู่ในดิน ดังนั้นกิจกรรมของจุลินทรีย์พวกนี้จึงเรียกว่า การตรึงโดยไม่พึ่งพาอาศัยกันหรือตรึงโดยอิสระจุลินทรีย์ดังกล่าว ได้แก่ *Azotobactor* และ *Clostridium*

ส่วนในดินที่มีน้ำขัง เช่น ในนาข้าวจะมีสาหร่าย (Algae) บางชนิด เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (*Anabaena axollae*) ก็สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้โดยอิสระเช่นกัน สาหร่ายชนิดนี้จะเข้าไปอยู่ในร่องกาบใบของแหนแดง (Azolla) และสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ และมีการปลดปล่อยอินทรีย์ไนโตรเจนบางชนิดให้กับแหนแดง เมื่อแหนแดงตายลงไนโตรเจนจะถูกทับถมลงในดิน เป็นประโยชน์ต่อพืชต่อไป จากการตรึงไนโตรเจนดังกล่าวนี้ จึงมีการนำใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ยไนโตรเจนให้แก่ดินนาน้ำขัง

2) ไนโตรเจนที่ได้จากบรรยากาศ

การเกิดฝนตกฟ้าคะนอง เกิดฟ้าแลบ ฟ้าร้อง แก๊สไนโตรเจนในอากาศจะถูกออกซิไดส์ให้กลายเป็นไนตรัสออกไซด์ (Nitrous oxide; N_2O) ไนตริกออกไซด์ (Nitricoxide; NO) และไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen diocide; NO_2) ซึ่งละลายกับน้ำฝนตกลงมายังพื้นโลก และการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนในดิน จะแปรสภาพเป็นแอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรต (NO_3^-) ในกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) ไนเตรตจะถูกชะล้างสูญเสียได้ง่ายในสภาพฝนตกมากในระยะที่ฝนเริ่มตกใหม่ ๆ ไนเตรตไอออนในดินจะถูกปลดปล่อย พืชจะได้รับไนโตรเจนใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รูปจองไนเตรตที่มีสะสมอยู่ในดินที่ทำให้พืชเจริญงอกงามดีในฤดูฝน แต่อย่างไรก็ตาม ไนโตรเจนที่ได้รับจากบรรยากาศนี้สูญเสียได้ง่าย โดยการแปรรูปเป็นแก๊สต่าง ๆ และถูกชะล้างลงสู่ดิน

3) ไนโตรเจนที่ได้จากปุ๋ย

พืชได้รับธาตุไนโตรเจนอย่างเพียงพอถ้ามีการจัดการดินที่ดี เช่น การใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีร่วมกัน เนื่องปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการปรับปรุงดินมีส่วนช่วยให้ปุ๋ยเคมีมีประโยชน์และเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยได้มากขึ้น เช่น การกลบตอซัง การปลูกพืชเป็นปุ๋ยพืชสด และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อื่น ๆ เป็นต้น

4) ไนโตรเจนที่ได้จากการแปรรูปของไนโตรเจนในดิน (Mineralization)

การแปรรูปของไนโตรเจนในดินส่วนใหญ่เป็นกระบวนการทางชีวเคมี โดยเป็นกิจกรรมของจุลินทรีย์ กระบวนการนี้เป็นกระบวนการแปรรูปจากสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน หรือเรียกว่า กระบวนการ Mineralization อนินทรีย์ไนโตรเจนที่ได้จะอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และประกอบด้วย 3 กระบวนการย่อย ดังนี้

(1) กระบวนการอะมิไนเซชัน (Aminization) เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดสารประกอบอะมีน (Amine) ขึ้นโดนกระบวนการนี้เริ่มจากสารประกอบโปรตีนที่มาจากซากพืชตระกูลถั่ว หรือซากสัตว์ต่าง ๆ ถูกจุลินทรีย์ที่ใช้คาร์บอนจากอินทรียวัตถุ (Heterotrophic microorganism) เข้าทำการย่อยสลาย ในกระบวนการย่อยสลายจุลินทรีย์จะปล่อยสารเอนไซม์ออกมาย่อยสลายโปรตีนให้เปลี่ยนสภาพไปเป็นสารประกอบไนโตรเจน ที่ประกอบด้วยสารประกอบอมิโนชนิดต่าง ๆ เช่น โปรทีโอสเพปทีน และต่อไปก็จะเปลี่ยนไปเป็นพวกอะมีน และกรดอมิโนชนิดต่าง ๆ ซึ่งอะมีนจากกระบวนการนี้มีประโยชน์ ดังนี้ 1) จุลินทรีย์นำไปสร้างเซลล์ 2) พืชนำไปใช้ประโยชน์ 3) พลังงานจากกระบวนการนี้จุลินทรีย์นำไปใช้ในการยังชีพได้ และ 4) มีการแปรรูปต่อไปในกระบวนการ Ammonification

(2) กระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (Ammonification) เป็นกระบวนการเกิดแอมโมเนีย โดยจุลินทรีย์ประเภทเดียวกับกระบวนการแรก เข้าทำการย่อยสลายเปลี่ยนสารประกอบพวกอะมีนหรือกรดอะมิโนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการอะมิไนเซชัน ให้เป็นแอมโมเนีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(NH_3) คือ แอลกอฮอล์ (R-OH) และพลังงาน โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ทั้งในสภาพที่มีการถ่ายเทอากาศดีและไม่ดีจะได้แก๊สแอมโมเนีย ซึ่งแก๊สแอมโมเนียหรืออนุมูลแอมโมเนียมจากกระบวนการนี้จะถูกแปรรูปและมีประโยชน์ต่อไป โดยพืชชั้นสูงที่อยู่ในระยะแรกของการเจริญเติบโตและจุลินทรีย์ใช้เป็นอาหาร หรือถูกอนุภาคของดินเหนียวดูดซับเพื่อการแลกเปลี่ยนต่อไปในกระบวนการ Nitrification

(3) กระบวนการไนไตรฟิเคชัน (Nitrification) เป็นกระบวนการเกิดไนไตรต์ และไนเตรต ซึ่งเป็นกระบวนการออกซิเดชันแอมโมเนียม โดยจุลินทรีย์เข้าทำปฏิกิริยามีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง จุลินทรีย์พวกนี้เป็นกลุ่มแบคทีเรียที่เรียกว่า แบคทีเรียไนตริไฟอิง (Nitrifying bacteria) อันจัดเป็นกลุ่มออโตโทรป (Autotrophic microorganisms) คือ ในการสร้างเซลล์จุลินทรีย์ใช้คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอเนตหรือไบคาร์บอเนต และได้พลังงานจากการออกซิไดส์สารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจน (NH_4^+) ซึ่งมีความต้องการออกซิเจนในการเข้าทำปฏิกิริยา กระบวนการนี้ประกอบด้วยปฏิกิริยา 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนแรก แอมโมเนียหรือแอมโมเนียมถูกออกซิไดส์ให้เป็นไนไตรต์ โดยแบคทีเรียพวก Nitrosomonas และ Nitrosococcus และได้ H^+ จึงมีผลทำให้มีความเป็นกรดเกิดขึ้นได้ และขั้นตอนที่สอง ไนไตรต์ที่เกิดขึ้นถูกออกซิไดส์เปลี่ยนไปเป็นไนเตรตไอออนต่อไป โดยแบคทีเรียพวก Nitrobactor

3.4.2 แหล่งที่มาของธาตุฟอสฟอรัสในดิน

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541) ได้รายงานไว้ว่า ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินจะมีน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม พื้นที่ดินที่ใช้ในการเพาะปลูกโดยทั่วไปมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ปริมาณ 0.02 นอกจากนี้ มุกดา (2544) ได้กล่าวไว้ว่า การแพร่กระจายของฟอสฟอรัสตามระดับความลึกของชั้นดินที่ใช้ในการเพาะปลูกนั้นพบว่าดินชั้นบนมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่าดินชั้นล่างที่มีรากพืชแพร่กระจายอยู่ เนื่องจากพืชสามารถดูดใช้ฟอสฟอรัสในระยะใกล้รากมากกว่าระดับผิวดิน และในระดับผิวดินจะพบธาตุฟอสฟอรัสที่ได้จากการสลายตัวของซากพืชซากสัตว์และจากการใส่ปุ๋ยบริเวณดินบน ถึงแม้ว่าในดินชั้นบนมีการชะล้างฟอสฟอรัสลงสู่ดินชั้นล่าง แต่เนื่องจากอัตราที่พืชดูดใช้ฟอสฟอรัสจากดินชั้นล่างมาใช้ประโยชน์มากกว่าอัตราที่ฟอสฟอรัสจะถูกชะล้างจากดินชั้นบนสะสมลงสู่ดินชั้นล่าง ดังนั้นการจัดการให้ปริมาณของฟอสฟอรัสในชั้นดินเพียงพอต่อความต้องการของพืชควรเพิ่มฟอสฟอรัสในรูปของปุ๋ยในตำแหน่งที่บริเวณรากพืช เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ละลายน้ำได้ยาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และง่ายต่อการถูกตรึงโดยธาตุอื่น นอกจากนี้ในดินที่มี เนื้อดินละเอียดจะมีปริมาณฟอสฟอรัสมากกว่าดินเนื้อหยาบ

ฟอสฟอรัสในดินจะปรากฏรูปของสารประกอบ ที่เรียกว่า ออโทฟอสเฟต (Orthophosphate) หรือมีการแตกตัวออกไป เรียกว่า ฟอสเฟตไอออน (Phosphate ion) โดยมาจากแหล่งใหญ่ ๆ 2 แหล่ง คือ อินทรีย์ฟอสเฟต และอนินทรีย์ฟอสเฟต

1) อินทรีย์ฟอสเฟต ได้แก่ ฟอสเฟตที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตในดิน หรือที่มาจากการสลายตัวของซากพืชซากสัตว์ มีมากมายหลายชนิดและที่มีในปริมาณมาก คือ Inositol hexaphosphate ซึ่งเป็น Phytin ที่พบในรากพืช เช่น Phospholipid, Lecithin, Nucleic acids Nucleoproteins, Phosphorelated sugar และ Coenzymes ซึ่ง Anderson (1980) ได้รายงานว่า พืชสามารถดูดใช้ฟอสฟอรัสในรูปอินทรีย์สารเหล่านี้ไปใช้ได้โดยตรง อินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ปรากฏในดินน้อยมาก เนื่องจากสลายตัวได้ง่ายเมื่อมีการย่อยสลายซากพืชและซากสัตว์โดยเฉพาะมูลสัตว์ โดยจุลินทรีย์ในดินจะปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สู่ดินได้ 2 รูป คือ ในรูปของสารประกอบฟอสเฟตที่ละลายได้ง่าย มีโมเลกุลเล็กเหมาะแก่การดูดไปใช้ของรากพืช อีกรูปหนึ่งเป็นฟอสเฟตไอออนในสารละลายดิน ดังนั้นการใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมักลงในดิน จะเกิดการแปรสภาพฟอสฟอรัสในรูปอินทรีย์สารไปเป็นสารอนินทรีย์ และฟอสเฟตไอออนเป็นแหล่งฟอสฟอรัสในดินอีกแหล่งหนึ่งแต่ปริมาณอินทรีย์ฟอสเฟตจะมีน้อยกว่าอนินทรีย์ฟอสเฟตมาก นอกจากนี้ Paul and Clark (1989) ได้รายงานไว้ว่า สำหรับอินทรีย์ฟอสเฟตในดินทั่วไปนั้น พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 30- 50 เปอร์เซ็นต์ ของฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน ส่วน ประพิศ และพิชิต (2539) รายงานไว้ว่า ในดินของประเทศไทยนั้นมีอินทรีย์ฟอสฟอรัสอยู่ถึง 35 เปอร์เซ็นต์ ของฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน โดยกระบวนการแปรรูปอินทรีย์ฟอสฟอรัสเป็นอนินทรีย์ฟอสฟอรัส (Phosphorus minerallization)

ดังนั้น ดินได้รับฟอสฟอรัสในรูปอินทรียสารส่วนใหญ่มาจากซากของพืชและสัตว์ ซึ่งมีสารประกอบฟอสฟอรัสในรูปของไฟติน (Phytin) ประมาณ 30-60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นเกลือของแคลเซียม-แมกนีเซียมของกรดไฟติก (Phytic acid) หรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Inositol hexaphoosphate นอกจากนี้ฟอสโฟลิฟิด (Phospholipids) มีประมาณ 0.1-5.0 เปอร์เซ็นต์ และกรดนิวคลีอิก (Nucleic acids) 1-10 เปอร์เซ็นต์ ของอินทรีย์ฟอสฟอรัสทั้งหมด แต่เกลือฟอสเฟตแตกต่างจากเกลือซัลเฟตและเกลือไนเตรต คือ เมื่อพืชดูดเกลือต่าง ๆ เหล่านี้เข้าไปอยู่ในต้นพืช ซัลเฟตและไนเตรตจะถูกลดออกซิเจนเปลี่ยนรูปไป ส่วนฟอสเฟตจะคงรูปเดิมอยู่ไม่เปลี่ยนแปลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2) อนินทรีย์ฟอสเฟต สามารถจำแนกตามความเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ 3 ประเภท ดังนี้

(1) สารประกอบฟอสเฟตที่ละลายยาก ได้แก่ แร่ปฐมภูมิที่มีแร่ฟอสเฟตชนิดต่าง ๆ สำหรับแร่ฟอสเฟตในดินที่สำคัญมีอยู่ 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแรก คือแร่ซึ่งมีแคลเซียม พบแร่ประเภทนี้ในดินที่เกิดใหม่ และมีปฏิกิริยาเป็นด่าง สารปะกอบประเภทแคลเซียมฟอสเฟตทั้ง 3 รูป ละลายน้ำได้ง่าย และพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด และกลุ่มที่สอง คือ แร่ซึ่งมีเหล็กและอลูมินัม แร่กลุ่มนี้พบได้ในดินที่เป็นกรดจัดจึงไม่ค่อยมีความสำคัญต่อดินเพาะปลูกทั่วไป เพราะปกติมีค่า pH ในระดับที่ไม่ต่ำมาก ดังนั้นหากถ้ามีการจัดการดินให้เป็นกรดได้มากขึ้น หรือเพิ่มไฮโดรเจนไอออนในดินก็ได้ก็จะมีผลให้แร่อะพาไทต์มีการละลายสูงขึ้นบ้าง โดยอาจมีแนวทางดังนี้

ก. เพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน เมื่อมีอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น จุลินทรีย์ดินมีกิจกรรมเพิ่มมากขึ้น โดยกิจกรรมการย่อยอินทรียวัตถุนี้ ทำให้เกิดกรดอินทรีย์และกรดคาร์บอนิกขึ้น ซึ่งสามารถทำลายแร่เหล่านี้ให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้

ข. ใช้ปุ๋ยพวกแอมโมเนียมและกำมะถันผงที่มีฤทธิ์ตกค้างเป็นกรด โดยปุ๋ยพวกนี้จะถูกจุลินทรีย์ดินเข้าทำการออกซิไดส์ ปุ๋ยเหล่านี้กลายเป็นกรดดินประสิวและกรดกำมะถัน ตามลำดับ กรดเหล่านี้มีส่วนทำให้อะพาไทต์ในดินมีการละลายได้มากขึ้น

(2) สารประกอบฟอสเฟตที่สามารถละลายอย่างช้า (Slowly available phosphate) สารประกอบนี้ และแตกตัวให้ฟอสเฟตไอออนได้เร็วพอสมควร ได้แก่

ก. แคลเซียมฟอสเฟต เหล็กฟอสเฟตหรืออลูมินัมฟอสเฟต ที่ตกตะกอนใหม่ ๆ ในดิน

ข. สารประกอบแคลเซียมฟอสเฟตที่ตกตะกอน โดยการยึดที่ผิวของอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนต เหล็กหรืออลูมินัมไฮดรอกไซด์ สารประกอบเหล่านี้สามารถแตกตัวละลายออกมาได้ ถ้าฟอสเฟตไอออน ในสารละลายของดินลดลงเพื่อรักษาสภาวะสมดุลทางเคมีไว้ แต่ในระยะเวลาต่อมาความเป็นประโยชน์ของสารประกอบฟอสเฟตเหล่านี้จะลดลง เนื่องสารประกอบเหล่านี้มีขนาดผลึกโตขึ้น การละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชได้น้อยลง และเกิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แทรกตัวของเหล็กและอลูมินัมไฮดรอกไซด์ ระหว่างอนุภาคของแคลเซียมคาร์บอเนต และสารประกอบฟอสเฟตเกิดการตกตะกอนขึ้น ทำให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ยากขึ้น

(3) ฟอสเฟตไอออนในสารละลายดิน ฟอสเฟตที่จัดว่าเป็นประโยชน์ได้ง่ายหรือละลายน้ำได้ดี ได้แก่ ไดไฮโดรเจนออโทฟอสเฟตไอออน ($H_2PO_4^-$) และโมโนไฮโดรเจนออโทฟอสเฟตไอออน (HPO_4^{2-}) ที่อยู่ในสารละลายดิน และเกลือฟอสเฟตซึ่งจะแตกตัวให้ไอออนทั้งสองนี้ได้โดยง่าย ฟอสเฟตไอออนที่อยู่ในสารละลายดินจะง่ายและว่องไวต่อการทำปฏิกิริยาหรือถูกตรึงได้ทั้งในภาวะที่เป็นกรดและด่าง โดยทำปฏิกิริยาตกตะกอนกับเหล็กและอะลูมินัมในดินกรด และทำปฏิกิริยากับแคลเซียมเกิดเป็นแคลเซียมฟอสเฟตที่มีการละลายน้ำได้ยากในดินด่าง ทำให้สูญเสียความเป็นประโยชน์ไป ฟอสเฟตในสารละลายดินนี้มีเพียงเล็กน้อย คิดเป็นฟอสฟอรัสได้ประมาณ 0.3 – 3.0 ppm เท่านั้นเมื่อเปรียบเทียบกับฟอสฟอรัสทั้งหมด ซึ่งมีถึง 200 – 1,500 ppm ในกรณีที่ดินมี pH เป็นกลางจะพบไอออนทั้งสองนี้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน แต่หากดินเป็นกรดอ่อน (pH 6 – 8) จะพบ $H_2PO_4^-$ ในสัดส่วนที่สูงกว่า ส่วนในสารละลายของดินด่าง (pH 6.8 – 7.2) จะพบ HPO_4^{2-} สูงกว่าอีกชนิดหนึ่งเช่นกัน เมื่อรากพืชดูดฟอสเฟตไอออนจากสารละลายของดินไปใช้ความเข้มข้นของไอออนเหล่านี้ที่บริเวณรอบ ๆ รากจะลดต่ำลง ฟอสเฟตไอออนจากบริเวณข้างเคียงมีการแพร่ไปทดแทน ในขณะเดียวกันสารประกอบฟอสเฟตส่วนที่เป็นของแข็งที่มีการละลายได้บ้างจะปลดปล่อยไอออนออกมาด้วย ซึ่งเห็นได้ว่าการที่รากพืชได้รับฟอสฟอรัสอย่างเพียงพอหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับอัตราการละลาย หรือการสลายตัวของสารประกอบฟอสเฟตส่วนที่เป็นของแข็งและส่วนที่เป็นสารประกอบที่ละลายยากด้วย ในดินที่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืชต้องมีฟอสเฟตไอออนในสารละลายดินอยู่อย่างพอเพียงเสมอ

3) การแปรรูปฟอสฟอรัสในดิน สามารถเกิดขึ้นได้หลายทาง ดังนี้

(1) กระบวนการแปรรูปของอินทรีย์ฟอสฟอรัสหรือกระบวนการมินเนอรัลไลเซชันของฟอสฟอรัส (Minerallization of organic phosphorus) การแปรรูปของอินทรีย์ฟอสฟอรัสนั้นขึ้นอยู่กับกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ดีบริเวณรากพืชที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสม (Harrison, 1982) และขึ้นอยู่กับปริมาณฟอสฟอรัสในต้นพืชที่มีค่าลดลง พืชจะเร่งดูดใช้ฟอสฟอรัสมากขึ้น ซึ่งมีผลในการเร่งให้เกิดกิจกรรมการแปรรูปอินทรีย์ฟอสฟอรัสจากดิน (Barber, 1980) และธรรมชาติของอินทรีย์ฟอสฟอรัสก็มีส่วนควบคุมการแปรรูปโดย Nucleic acid แปรรูปได้ง่ายที่สุด ส่วน Phytin แปรรูปได้ยากที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(2) กระบวนการอิมโมบิไลเซชันของฟอสฟอรัส (Immobillization of phosphorus) ในการเจริญเติบโตและกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายอินทรียวัตถุ จะมีความต้องการฟอสฟอรัสในการสร้างเซลล์ ถ้าในดินนั้นอินทรียวัตถุมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและฟอสฟอรัสค่อนข้างกว้าง เช่น C:P กว้างกว่า 300:1 หรือมีฟอสฟอรัสต่ำจะเกิดกระบวนการดึงฟอสฟอรัสจากดินไปใช้ในการสร้างเซลล์ของจุลินทรีย์หรือเรียกว่ากระบวนการการอิมโมบิไลเซชันของฟอสฟอรัสในดิน

(3) กระบวนการละลายได้สารประกอบฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นอนินทรียสาร (Solubility of inorganic phosphorus) เนื่องจากอนินทรีย์ฟอสฟอรัสมักอยู่ในดินในรูปที่ละลายน้ำได้น้อยมาก สารประกอบที่พบมีตั้งแต่ประเภทที่ละลายน้ำได้บ้าง คือ โมโนไดแคลเซียมฟอสเฟตซึ่งมีอยู่ในสารละลายดินในปริมาณที่น้อยมาก และพวกที่ละลายน้ำได้น้อยมาก คือ Fluorapatita และ Hydroxyapatite ในสภาพดินกรดพบอนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่รวมตัวเป็นสารประกอบของเหล็กและอะลูมินัม ส่วนในดินด่างพบในรูปสารประกอบของแคลเซียม

จุลินทรีย์ดินมีบทบาทในการทำให้อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลาย โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นนั้นทำให้เกิดกรดต่าง ๆ ทั้งกรดอนินทรีย์และกรดอินทรีย์ กรดต่าง ๆ เหล่านี้มีผลไปละลายอนินทรีย์ฟอสฟอรัส โดยทำให้ฟอสฟอรัสละลายน้ำได้ง่ายขึ้นและอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อต้นพืชชั้นสูงและพืชชั้นต่ำในดิน

4) กระบวนการออกซิเดชันและรีดักชันของสารประกอบอนินทรีย์ฟอสฟอรัส (Oxidation and reduction of inorganic phosphorus) กระบวนการนี้เกิดขึ้นเนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่สามารถเปลี่ยน Oxidation state ได้ตั้งแต่ -3 ถึง +5 โดยเป็นกิจกรรมของจุลินทรีย์บางชนิดที่เพิ่มออกซิเจนให้แก่ Phosphite (HPO_3^{2-}) เป็น Phosphate (HPO_4^{2-})

ส่วนการลดออกซิเจนแก่ฟอสฟอรัสมีจุลินทรีย์บางชนิดที่เจริญเติบโตได้ดีในที่ที่ไม่มีออกซิเจน หรือแบคทีเรีย เช่น *Clostridium butyricum* และ *Escherichia coli* ที่สามารถลดออกซิเจนฟอสเฟต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.4.3 แหล่งที่มาของโพแทสเซียมในดิน

โพแทสเซียมเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบของแร่และหิน ซึ่งเป็นวัตถุต้นกำเนิดดินหลายชนิด ในดินโดยทั่วไปจึงพบว่ามีธาตุโพแทสเซียมกระจายทั่วไปในดินชั้นบนและดินชั้นล่าง และพบในปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน โพแทสเซียมเป็นธาตุจำเป็นสำหรับการดำรงชีพของพืชและอยู่รูปของสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นอนุมูลของเกลือที่ละลายได้ ไม่เกิดการแปรสภาพเป็นสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ และเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ในพืช เช่นเดียวกับธาตุฟอสฟอรัสและไนโตรเจน

ความเป็นประโยชน์ของธาตุโพแทสเซียม ขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ของดิน เช่น ลักษณะเนื้อดิน อนุภาคดินเหนียวที่เกี่ยวข้องกับการตรึงโพแทสเซียมและกระบวนการชะล้างไปจากดิน และวิธีการและอัตราการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่เหมาะสม ดังนั้นจึงเป็นธาตุที่เกี่ยวข้องกับความอุดมสมบูรณ์ของดินธาตุหนึ่ง

ดินทั่วไปมีโพแทสเซียมทั้งหมดค่อนข้างสูง แต่ดินเนื้อหยาบมีปริมาณโพแทสเซียมน้อยกว่าดินเนื้อละเอียด แม้ว่าในดินมีโพแทสเซียมในปริมาณมากก็ตาม แต่ในการเพาะปลูกทั่วไปยังต้องใส่ปุ๋ยที่ให้โพแทสเซียมอยู่เสมอ เนื่องจากพืชมีความต้องการโพแทสเซียมในปริมาณมาก ความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดินสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

1) รูปโพแทสเซียมที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ทันที (Relatively unavailable form)

โพแทสเซียมในรูปนี้เป็นองค์ประกอบของแร่ในดิน แร่ในดินที่มีโพแทสเซียมมีองค์ประกอบ มีทั้งแร่ปฐมภูมิและทุติยภูมิ ได้แก่

(1) แร่ปฐมภูมิ ที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ โซดาไลม์ เฟลด์สปาร์ มัสโคไวท์ (โพแทสไมกา) และไบโอไทต์

(2) แร่ทุติยภูมิ ที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ อิลไลต์ เวอร์มิ-คิวไลต์ คลอไรด์ และมอนต์มอริลโลไนต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ในแร่ จึงยังไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชในขณะนั้นแต่แร่เหล่านี้จะเป็นแหล่งโพแทสเซียมที่สำคัญของพืช เพราะเมื่อแร่สลายตัวและปลดปล่อยโพแทสเซียมไอออนออกมาพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น แร่เฟลด์สปาร์ไมโครไคลออโทเคลด แร่ไมกา แร่ทุติยภูมิกลุ่มอิลไลต์ ซึ่งแร่เหล่านี้สลายตัวได้ยาก จึงเป็นแหล่งโพแทสเซียมของดินที่สำคัญ เนื่องจากในดินมีโพแทสเซียมในรูปนี้ในปริมาณมาก คือประมาณ 90-98 เปอร์เซ็นต์ ของโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน ซึ่งแร่เหล่านี้เมื่อสลายตัวผุพังลงโพแทสเซียมจะถูกปลดปล่อยให้ออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ โดยการเข้าทำปฏิกิริยาของกรดคาร์บอนิก

2) รูปโพแทสเซียมที่พืชใช้ประโยชน์ได้อย่างช้า ๆ (Slowly available form)

โพแทสเซียมรูปนี้เป็นโพแทสเซียมที่ถูกตรึงอยู่ภายในหลืบ (ช่องว่างระหว่างผลึก) ของแร่ดินเหนียวพวกอิลไลต์ และแร่ดินเหนียวพวก 2:1 อื่น ๆ ด้วย โพแทสเซียมในรูปนี้เป็นรูปโพแทสเซียมที่พืชไม่สามารถเอาไปใช้ได้ทันทีหรือนำไปใช้ได้ช้า เนื่องจากถูกดูดซับหรือตรึงไว้ที่ผิวของคอลลอยด์ดินจึงเป็นโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ (Non exchangeable K^+) นอกจากจะถูกปลดปล่อยออกมาจากการถูกตรึงเสียก่อน การถูกปลดปล่อยออกมาช้าหรือเร็วแค่ไหนขึ้นอยู่กับระบบความสมดุลของปฏิกิริยาที่มีกับส่วนของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และส่วนของโพแทสเซียมไอออนที่อยู่ในสารละลายดิน ดังนั้นจึงพบว่าดินนาในประเทศไทยบางพื้นที่ที่องค์ประกอบของดินเป็นแร่ดินเหนียวประเภทอิลไลต์หรือมอนต์มอริลโลไนต์ ซึ่งเป็นแหล่งที่สำคัญของโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์อย่างช้า ๆ โดยการดูดซับโพแทสเซียมไว้และสามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ ดินเหล่านี้จึงมีความสามารถในการรักษาระดับโพแทสเซียม จึงทำให้ไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในดินนาขณะในดินทราย ดินพรุ และดินที่มีแร่ดินเหนียวประเภทคาร์โอลิไนต์ ความสามารถในการรักษาระดับโพแทสเซียมในดินเพียงพอกับความต้องการของพืช

3) รูปโพแทสเซียมที่พืชใช้ประโยชน์ได้ทันที (Rapidly available form) มี 2 รูป คือ

รูปของโพแทสเซียมที่อยู่ในสารละลายดิน (Soil solution K^+) และโพแทสเซียมที่ถูกดูดซับอยู่บนผิวคอลลอยด์ดินและสามารถแลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K^+) โพแทสเซียมทั้ง 2 รูป จะรักษาสมดุลซึ่งกันและกัน ส่วนของโพแทสเซียมที่ถูกดูดซับบนผิวอนุภาคดินจะถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในรูปโพแทสเซียมไอออนออกสู่สารละลายดิน หรือเมื่อมีการใส่ปุ๋ย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลงไปในดินปฏิกิริยาของสมดุลก็เปลี่ยนแปลงไปในทางตรงกันข้าม และโพแทสเซียมที่พืชได้รับเพิ่มจากการใส่ปุ๋ยลงไปในดิน ส่วนหนึ่งพืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที คือโพแทสเซียมในสารละลายดิน ส่วนที่ดูดซับอยู่ที่ผิวของแร่ดินเหนียวหรือคอลลอยด์ดินรอการแลกเปลี่ยนเพื่อเป็นประโยชน์ต่อพืชต่อไป

ดังนั้นทุกรูปของโพแทสเซียมในดินเป็นปฏิกิริยารักษาสมดุล หากพืชดูดส่วนที่เป็นโพแทสเซียมในสารละลายดินไปใช้ ส่วนของโพแทสเซียมที่เกาะอยู่กับผิวของอนุภาคดินจะถูกปลดปล่อยออกมาเพื่อรักษาสมดุลของปฏิกิริยาไว้ แต่หากมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงไปสมดุลของปฏิกิริยาจะเปลี่ยนไปเช่นกัน คือ ระดับของโพแทสเซียมในสารละลายดินกับส่วนที่ถูกดูดซับอยู่บนผิวอนุภาคดินจะสูงกว่าปกติ ทำให้บางส่วนของโพแทสเซียมที่ดูดซับอยู่ตามผิวอนุภาคดินเปลี่ยนรูปกลายเป็นส่วนที่พืชใช้ประโยชน์ได้อย่างช้า ๆ ดังนั้นปฏิกิริยาก็ย้อนกลับไปโดยปริมาณของโพแทสเซียมส่วนที่ถูตรึงจึงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ส่วนที่ถูกตรึงไว้นี้พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในระยะเวลาชั่วคราว เมื่อระดับของโพแทสเซียมส่วนที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง ส่วนที่ตรึงไว้ปลดปล่อยออกมาคืนได้บ้างโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปถูกตรึงนี้จะไม่สูญหายไปจากกระบวนการชะล้าง ซึ่งเป็นผลดีต่อดินเพราะเสมือนเป็นการรักษาโพแทสเซียมของดินไม่ให้สูญหายไปโดยการชะล้าง ดังนั้นหากมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมแล้วปล่อยให้ดินมีปฏิกิริยาสมดุลนานพอสมควรแล้วตรวจสอบดู จะพบว่าโพแทสเซียมไอออนที่แลกเปลี่ยนได้จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยหรืออาจไม่เพิ่มเลย เนื่องจากการตรึงรักษาสภาวะสมดุลของโพแทสเซียมนั่นเอง

3.5 รูปแบบการสูญเสียธาตุอาหาร

สมเจตน์ (2524) ได้ให้ความเห็นไว้ว่า การสูญเสียธาตุอาหารไปจากดินย่อมส่งผลให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ลดน้อยลงจากเดิมพืชที่ปลูกต่อมาจะให้ผลผลิตต่ำลง และจากรายงานของคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541) ได้รายงานไว้ว่า ธาตุอาหารในดินสูญเสียไปได้ 4 ทางด้วยกัน คือ สูญเสียไปกับผลผลิตที่ขนเอาออกไปจากพื้นที่ที่ปลูกพืชนั้น ทั้งนี้เพราะในเมล็ด ผล ต้น หรือใบนั้นมีธาตุอาหารพืชเป็นองค์ประกอบ สูญเสียไปกับน้ำที่ไหลไปจากผิวดินลงสู่เบื้องล่างของดิน (Percolating water) ซึ่งอาจไปสะสมอยู่ในดินชั้นล่างหรือในน้ำใต้ดิน สูญเสียไปเนื่องจากการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน (Soil erosion) โดยกระบวนการที่เกิดขึ้นโดย น้ำ ลม หรือโดยเหตุอื่นๆ และสูญเสียโดยกลายเป็นก๊าซ (Volatilization) ซึ่งเป็นแบบหนึ่งของกระบวนการแปรสภาพของธาตุอาหารในดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมเจตน์ (2522) กล่าวไว้ว่า การประเมินค่าต่างๆ ของ Condensation, Absorption, Percolation, Evaporation และ Transpiration นี้เกิดขึ้นในธรรมชาติในขณะที่มีปริมาณฝนตกทำให้เกิดน้ำไหลบ่าบนผิวดิน และการกักเก็บน้ำนั้นมีอัตราการเกิดในปริมาณหลายนิ้วต่อชั่วโมง ดังนั้นค่าต่างๆ เหล่านี้โดยเฉพาะค่า Percolation นั้นมีค่าน้อยมากเพื่อคาดคะเนปริมาณน้ำที่ไหลบ่าบนผิวดินจากฝนที่ตกในระยะเวลาสั้นๆ จึงสามารถตัดค่าต่างๆ เหล่านี้ออกจากการคำนวณ นอกจากนี้ คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541) ได้กล่าวไว้ว่า การสูญเสียที่เกิดโดยการกลายเป็นก๊าซก็เกิดในบางธาตุ ในธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการในปริมาณมาก (Macronutrient element) เช่น ปริมาณของไนโจรเจนในดินที่สูญหายไปในรูปของก๊าซจะสมดุลพอดีกับปริมาณที่ได้รับจากที่ฝนตกลงมา ส่วนธาตุฟอสฟอรัสยังไม่มีรายงานที่เกิดจากธรรมชาติเลย เช่นเดียวกับ เจริญศักดิ์ (2532) ซึ่งรายงานว่าการสูญเสียธาตุอาหารในสภาพธรรมชาติบนพื้นที่ที่มีการปลูกพืช เกิดได้ 2 ทาง คือ ทางแรกพืชดูดไปใช้ ธาตุอาหารถูกสะสมไว้ในส่วนต่างๆ ของต้นพืช เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิต หรือนำส่วนใดของพืชออกไปจากพื้นที่ปลูก ธาตุอาหารก็ถูกนำออกไปด้วย และทางที่สองการชะล้างหน้าดิน ทำให้ธาตุอาหารบางส่วนที่ละลายน้ำ หรือติดไปกับเม็ดดินถูกพัดพาออกไป

3.6 การสูญเสียธาตุอาหารจากดินและน้ำ

สมศักดิ์ (2530) ได้กล่าวว่าปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารในแต่ละฤดูกาลนั้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความรุนแรงของตัวการ ส่วนสุภาภรณ์ (2524) กล่าวว่าธาตุอาหารพืชมักเคลื่อนที่ติดไปกับตะกอนดินในปริมาณที่มากกว่า ละลายไปกับน้ำ

จากรายงานของ Burwell *et al*. (1975) พบว่า การสูญเสียหน้าดินและธาตุอาหารพืชจากดินในรัฐมินิโซต้า สหรัฐอเมริกาในปีหนึ่งๆ เกิดขึ้นจากการพังทลายของดิน และการสูญเสียธาตุอาหารพืชทั้ง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในรูปที่เป็นประโยชน์จะเคลื่อนย้ายไปกับตะกอนมากกว่าไปกับน้ำไหลบ่าเช่นกัน นอกจากนี้ Heinemann *et al*. (1973) พบว่า ตะกอนเป็นสิ่งสำคัญในการนำพาธาตุอาหารพืชไปสู่แหล่งต่างๆ เพราะตะกอนสามารถดูดซับธาตุอาหารพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และอินทรียวัตถุที่มีน้ำหนักเบา

การสูญเสียธาตุอาหารพืช โดยการชะล้างพังทลายมีการสูญเสียไปในรูปของสารอินทรีย์ต่างๆ และในรูปของสารละลายอินทรีย์ (Soluble organic form) ส่วนใหญ่สูญเสียในรูปอิออนน้อยมาก และกล่าวว่าฟอสฟอรัสจะถูกตรึงอยู่ในดิน ดังนั้นฟอสฟอรัสจึงสูญเสียโดยติดไปกับดินเหนียวที่เป็นตะกอนดิน และอินทรียวัตถุเป็นบางส่วน (Bhatt, 1977) นอกจากนี้การสูญเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไนโตรเจนมีมากกว่าธาตุอาหารอื่นๆ เพราะว่าไนโตรเจนทั้งหมด อยู่ในส่วนประกอบของอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งง่ายต่อการชะล้างพังทลาย (Barrow and Kilmer, 1963) นอกจากนี้ มุกดา (2544) ยังได้กล่าวถึงการสูญเสียธาตุอาหารหลักจากดินไว้ ดังนี้

3.6.1 การสูญเสียไนโตรเจนจากดินเป็นไปได้หลายทางด้วยกัน ซึ่ง มุกดา (2544) ได้กล่าวไว้ ดังนี้

1) การสูญเสียธาตุไนโตรเจนโดยพืชและจุลินทรีย์ในดินนำไปใช้

พืชและจุลินทรีย์สามารถนำไนโตรเจนไปใช้ได้ในรูปของไนเตรตไอออนและแอมโมเนียมเป็นส่วนใหญ่ไปสะสมเป็นโครงร่างและผลผลิต การสูญเสียไนโตรเจนโดยถูกพืชและจุลินทรีย์ดินนำไปใช้ในการเสริมสร้างการเจริญเติบโต เป็นการสูญเสียชั่วคราวซึ่งจะได้กลับคืนมาเมื่อพืชและจุลินทรีย์นั้นตาย เน่าเปื่อย สลายตัวทับถมคืนสู่ดิน แต่หากมีการเคลื่อนย้ายผลผลิตออกไปจากพื้นที่นั้นจะเป็นการสูญเสียไนโตรเจนจากดินนั้นอย่างถาวร

2) การสูญเสียธาตุไนโตรเจนโดยกระบวนการชะล้าง

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่ละลายน้ำได้ง่ายและเคลื่อนที่ได้ดี ดังนั้นน้ำฝนหรือน้ำที่ให้แก่พืชที่ซึมผ่านชั้นดินมักชะล้างไนโตรเจนตามลงไปด้วยถ้าไนโตรเจนที่ถูกชะล้างลงไปนั้นไปสะสมอยู่ในชั้นล่างของดินที่ไม่ลึกนัก รากพืชสามารถดูดคืนกลับมาใหม่และทับถมคืนสู่ผิวดินได้แต่หากถูกชะล้างลงไปในดินชั้นล่างที่ระดับความลึกที่รากหยั่งลงไปไม่ถึง ไนโตรเจนในส่วนนั้นจะไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ในดินที่มีลักษณะเนื้อหยาบมีการสูญเสียไนโตรเจนจากกระบวนการชะล้างนี้ค่อนข้างมากกว่าดินเนื้อละเอียด และไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของไนเตรตสูญเสียได้มากและมากกว่าแอมโมเนียมซึ่งมีไอออนบวก เพราะในการดูดซับไอออนบวกของดินเนื้อหยาบมีน้อยกว่า และไนเตรตเป็นไอออนลบถูกดูดซับได้น้อยทำให้ถูกชะล้างได้ง่าย

3) การสูญเสียธาตุไนโตรเจนในรูปแก๊ส

สภาพที่มีการถ่ายเทอากาศไม่ดี มีปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอ เช่น บริเวณที่มีน้ำขัง ไนไตรต์และไนเตรตจะถูกแปรรูปเป็นแก๊ส ซึ่งเกิดขึ้นได้เนื่องจากอิทธิพลของปัจจัยดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(1) กระบวนการที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์

ดินที่อยู่ในสภาพขาดออกซิเจน หรือเรียกว่ากระบวนการรีดักชันทางชีวภาพ จะเกิดกระบวนการรีดักชันของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจน เนื่องจากการที่ไม่ได้รับออกซิเจนจากอากาศจุลินทรีย์จึงจำเป็นต้องใช้อนุมูลต่าง ๆ ที่มีระดับออกซิเดชันสูง ๆ เช่นไนไตรต์หรือไนเตรตเป็นตัวให้อิเล็กตรอนในกระบวนการหายใจโดยไม่ใช้อากาศ นั่นคือ ไนไตรต์หรือไนเตรตในดินจะถูกรีดิวซ์กลายเป็นแก๊สรูปต่าง ๆ สูญเสียออกไปจากดิน ที่เกิดจากกระบวนการอาจเป็นเพียงรูปใดรูปหนึ่ง หรือหลายรูปรวมกัน เช่น แก๊สไนโตรเจน (N_2) แก๊สไนตรัสออกไซด์ (N_2O) แก๊สไนตริกออกไซด์ (NO) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ ตลอดจนสภาพแวดล้อมของดิน เรียกกระบวนการที่เกิดขึ้นนี้ว่า กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification)

จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดกระบวนการนี้ ได้แก่ *Thiobacillus denitrificans* และ *Thiobacillus* และ *Achoromobactor* เป็นต้น ซึ่งสร้างกิจกรรมในสภาพที่ขาดออกซิเจนในกระบวนการนี้ ที่ระเหิดออกมาส่วนใหญ่เป็นไนตรัสออกไซด์ (N_2O) แต่ถ้าเกิดในดินที่มีค่า pH สูงกว่า 7.0 มักเกิดการสูญเสียไนโตรเจนในรูปของแก๊สไนโตรเจน (N_2)

(2) ระดับความเป็นกรดและด่างของดิน ทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนได้หลายกรณี เช่น ในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกรด ไนไตรต์กับสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรตเกิดปฏิกิริยารีดักชันขึ้นได้

ส่วนในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นด่างหรือในดินที่มีหินปูน เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน เกิดการสูญเสียไปในรูปแอมโมเนียจากการเกิดปฏิกิริยา

สภาพดินที่มี pH สูงขึ้น หรือใส่อินทรียวัตถุในดินจะช่วยให้เพิ่มกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ จึงทำให้มีอัตราการหายใจของจุลินทรีย์มากขึ้น จึงทำให้กระบวนการดีไนตริฟิเคชันมากขึ้นและถ้าใช้ปุ๋ยในรูปแอมโมเนีย เมื่ออยู่ในดินจะละลายน้ำเกิดเป็น NH_4OH เมื่อแตกตัวเป็นแอมโมเนียม และในการใช้ปุ๋ยยูเรีย ส่วนหนึ่งพืชหรือจุลินทรีย์สามารถดูดไปใช้โดยตรงได้ รวมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้ ถูกจุลินทรีย์ย่อยโดยใช้เอนไซม์ยูรีเอส (Urease) แปรสภาพไปเป็นแอมโมเนียมคาร์บอเนต ซึ่งแตกตัวต่อไปเป็นแก๊สแอมโมเนีย ซึ่งเกิดได้ในการใส่ยูเรียในปริมาณมากและความเข้มข้นสูง ทำให้บริเวณนั้นเป็นด่างเกิดเป็นแก๊สแอมโมเนียระเหยไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(3) สภาพการถ่ายเทอากาศในดิน ไนโตรเจนในดินสามารถสูญหายได้ง่าย ทั้งสภาพที่อากาศถ่ายเทดีและไม่ดี และการสูญหายมักเป็นไปในรูปของการถูกชะล้างกับการแปรรูปเป็นแก๊สสูญหายไป ดังนั้นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจึงควรระมัดระวัง ไม่ควรใส่ครั้งละมาก ๆ จึงควรมีการแบ่งใส่ตามระยะการเจริญเติบโตของพืช และควรปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินให้ดีอยู่เสมอ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนควรรดน้ำตาม หรือมีการพรวนกลบจะช่วยลดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันลงได้ เนื่องจากความชื้นในดินมีอิทธิพลโดยตรงต่ออัตราการแพร่กระจายของออกซิเจนในเม็ดดิน ซึ่งมีผลต่อกระบวนการไนตริฟิเคชัน โดยเฉพาะในดินที่มีน้ำขังหรือดินที่มีการถ่ายเทอากาศไม่ดี ในระยะแรกจะมีไนเตรตซึ่งเกิดจากการออกซิไดส์ปุ๋ยที่สะสมได้ในน้ำ ต่อมาเกิดการหายใจของจุลินทรีย์ที่ต้องการสารประกอบที่มีออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอน ซึ่งได้แก่ไนเตรต จึงเกิดการแปรรูปไนเตรตในกระบวนการดีไนตริฟิเคชันได้ จึงเป็นการสูญเสียไนโตรเจนของปุ๋ยในนาน้ำขังได้

4) การสูญเสียธาตุไนโตรเจนโดยการถูกตรึงโดยแร่ดินเหนียว

ไนโตรเจนในรูป NH_4^+ บางส่วนถูกตรึงอยู่ในส่วนของแร่ซิลิเกตด้วยแรงดูดยึดที่สูงทำให้นำไปใช้ประโยชน์ได้ยากขึ้น

3.6.2 การสูญเสียฟอสฟอรัสจากดิน มีหลายทางด้วยกัน คือ

1) กษัยการ การพังทลายบริเวณหน้าดิน และถูกชะล้างหน้าดิน

2) การระเหย ในดินที่มีน้ำท่วมขังมีการถ่ายเทอากาศไม่ดีจะสูญเสียฟอสฟอรัสโดยการแปรรูปเป็นแก๊สฟอสฟีน (PH_3)

3) การสูญเสียจากการติดไปกับส่วนของผลผลิตพืช เมื่อเก็บเกี่ยวออกจากพื้นที่เพาะปลูก

3.6.3 การสูญเสียโพแทสเซียมจากดิน

1) สูญเสียโดยพืชดูดไปใช้ ถ้าหากในดินมีโพแทสเซียมในปริมาณมากพืชจะดูดโพแทสเซียมไปใช้ในปริมาณที่มากกว่าที่พืชต้องการใช้จริง ๆ (Luxury consumption) โดยพืชสามารถดูดขึ้นไปสะสมในปริมาณที่เกินความต้องการ โดยไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นและไม่เป็นพิษ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ต่อต้นพืช เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตไปจะสูญเสียโพแทสเซียมที่สะสมนี้ไป ดังนั้นการใส่โพแทสเซียมในปริมาณมากเกินไปเป็นการสิ้นเปลืองโดยเปล่าประโยชน์ จึงควรพิจารณาและหลีกเลี่ยงการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในปริมาณที่มากเกินไป

2) สูญเสียโดยถูกชะล้างสู่ดินชั้นล่าง โพแทสเซียมเป็นธาตุที่สามารถสูญเสียโดยการชะล้างไปกับน้ำที่ซึมสู่ดินชั้นล่างได้มากกว่า โพแทสเซียมไอออนจะถูกดูดซับไว้ได้ที่ผิวของอนุภาคดินเหนียวแต่ก็มีโอกาสถูกชะล้างได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินเนื้อหยาบที่มีการดูดซับน้อย การสูญเสียโพแทสเซียมโดยวิธีนี้น้อยกว่าการสูญเสียไนโตรเจนแต่มากกว่าการสูญเสียฟอสฟอรัส ในบางครั้งปริมาณโพแทสเซียมที่ถูกชะล้างอาจไม่แตกต่างกับปริมาณที่พืชดูดเข้าไป ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่กับดินทรายมีการสูญเสียโดยถูกชะล้างได้มาก จึงควรมีการจัดการ การใส่ปุ๋ยอย่างถูกต้อง โดยการใส่ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อเพิ่มการดูดซับไอออนบวกของดินให้มากขึ้น และการใส่ปุ๋ยแก้ไขความเป็นกรดของดินจะช่วยลดการชะล้างในดินกรดได้ขณะเดียวกันถ้ามีการใส่ปูนในปริมาณมากเกินไป แคลเซียมจากปูนเข้าไปแทนที่โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ผิวของคอลลอยด์ดิน ทำให้โพแทสเซียมออกมาอยู่ในสารละลายดินมากขึ้นและอาจถูกชะล้างได้เช่นกัน

3) สูญเสียโดยการเซาะกร่อนพังทลายของดิน เมื่อเกิดน้ำขังและมีการไหลบ่าไปตามผิวดินดิน น้ำจะชะล้างอนุภาคของดินไป ทำให้โพแทสเซียมที่อยู่ในดินสูญหายไปด้วย โพแทสเซียมที่สูญหายไปจากการกัดเซาะผิวดิน มีปัญหาน้อยกว่าการสูญเสียไนโตรเจนในวิธีเดียวกัน ทั้งนี้เพราะว่าการกระจายของธาตุอาหารทั้งสองตามความลึกมีปริมาณที่แตกต่างกัน โพแทสเซียมในดินชั้นล่างมีปริมาณมากกว่าไนโตรเจน เนื่องจากโพแทสเซียมส่วนใหญ่ได้มาจากการปลดปล่อยของอนินทรียวัตถุในดิน ดังนั้นแม้ว่าโพแทสเซียมในดินชั้นบนถูกกัดเซาะหายไปก็จะเกิดการทดแทนโดยดินชั้นล่างจะปลดปล่อยออกมา ส่วนไนโตรเจนนั้นส่วนใหญ่ได้จากการสลายตัวอินทรียวัตถุ จึงมักมีการสะสมมากในดินชั้นบน การกัดเซาะพังทลายจะก่อให้เกิดการสูญเสียธาตุไนโตรเจนมากกว่าธาตุโพแทสเซียม

4. เครื่องจำลองฝน

งานวิจัยจำนวนมากในต่างประเทศที่นำเครื่องจำลองฝน (Rainfall simulator) มาใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับ การชะล้างพังทลายของดิน แต่งานวิจัยเหล่านั้นให้ผลแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับศักยภาพของวิธีการนำเทคนิคต่างๆ มาใช้และมีเพียงบางงานวิจัยเหล่านั้นที่ทดลองเกี่ยวกับวิธีการใช้เครื่องจำลองฝนโดยเฉพาะ โดยปกติแล้วไม่มีงานวิจัยเกี่ยวกับเทคนิคการใช้เครื่องจำลองฝนเลย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(De Ploey, 1983) ก่อนที่มีการศึกษาเกี่ยวกับเครื่องจำลองฝน ได้มีคำถามเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องจำลองฝน ค่าใช้จ่ายและปัญหาต่างๆ ขึ้นไม่ว่าจะเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์และปัญหาที่จะเกิดขึ้นเมื่อใช้งานจริง เนื่องจากยังไม่มีเครื่องจำลองฝนมาตรฐานในการจำลองการตกของฝนตามธรรมชาติจึงได้มีข้อตกลงเกี่ยวกับความแตกต่าง และเทคนิคการใช้เครื่องจำลองฝน สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับการชะล้างพังทลายของดิน จึงต้องมีการคำนวณค่าปัจจัยต่างๆ และต้องศึกษาศักยภาพของเครื่องมืออื่นๆในการทดลองในแปลงด้วย (Nord, 1991)

4.1 หลักการของเครื่องจำลองฝน

การนำเครื่องจำลองฝนมาใช้ในระยะแรกๆ มีวัตถุประสงค์เพื่อเลียนแบบการตกของฝนตามธรรมชาติอย่างถูกต้องแม่นยำและแน่นอน ฝนที่ตกลงมาแต่ละครั้งมีส่วนประกอบมากมายและซับซ้อน เช่น สมบัติของฝน ประกอบด้วย ขนาดของเม็ดฝน และอัตราเร็วของเม็ดฝน เป็นต้น และความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศบนภาคพื้นทวีปและพื้นน้ำมีอิทธิพลต่อฝนที่ตกลงมาด้วย ดังนั้น จึงจำเป็นต้องกำหนดข้อตกลงเกี่ยวข้องกับหลักการของเครื่องจำลองฝน ซึ่ง Bubenzer (1979); Laws (1941); Laws and Parsons (1943) และ วรากร (2551) ได้สรุปไว้ ดังนี้

4.1.1 การกระจายตัวของขนาดเม็ดฝนต้องใกล้เคียงกับฝนที่ตกตามธรรมชาติ

4.1.2 อัตราเร็วของเม็ดฝนที่ตกกระทบพื้นต้องใกล้เคียงกับอัตราเร็วสุดท้ายของฝนที่ตกตามธรรมชาติ

4.1.3 ความหนักเบาของฝนที่ตกลงมาและการกระจายตัวของเม็ดฝนต้องมีรูปแบบเหมือนกัน

4.1.4 รูปแบบการตกของฝนต้องประยุกต์ใช้ในการทดลองได้อย่างต่อเนื่องสมบูรณ์

4.1.5 ต้องสามารถปรับมุมในแนวดิ่งให้รับกับแรงตกกระทบของเม็ดฝนได้

4.1.6 ต้องสามารถถอดแบบรูปแบบการตกของฝนแต่ละครั้งให้ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งระยะเวลาการตก และความหนักเบาของฝน (Moore *et al.*, 1983 และ Meyer and Harmon, 1979)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การกระจายตัวของเม็ดฝน อัตราเร็วของแรงกระแทกต้องสามารถเลียนรูปแบบการตกของฝนแต่ละครั้ง เพื่อหาพลังงานจลน์ของฝน ซึ่งพลังงานจลน์ของฝน (KE) มีค่าเท่ากับ $\frac{1}{2}mV^2$ เมื่อ m คือ น้ำหนักมวลสาร V คือ ความเร็วอนุภาค ใช้บอกปริมาณของฝนที่ตกให้สัมพันธ์กันกับฝนธรรมชาติและสภาพแวดล้อมนั้นๆ ซึ่งการกระจายตัวของเม็ดฝนขึ้นอยู่กับลักษณะของฝนที่ตกแต่ละครั้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งความหนักเบาของฝน การกระจายตัวของขนาดเม็ดฝนที่เปลี่ยนแปลงไปกับความหนักเบาของฝน จากน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ถึงประมาณ 7 มิลลิเมตร ความหนักเบาของฝนที่ตกแต่ละครั้ง จะสูงขึ้นเมื่อขนาดของเม็ดฝนเฉลี่ยเท่ากับ 2.25 มิลลิเมตร (Laws and Parsons, 1943)

อัตราเร็วของฝน มีความสำคัญมากในเรื่องของการออกแบบเครื่องจำลองฝน เม็ดฝนที่ตกตามธรรมชาติจะมีอัตราเร็วสุดท้ายเมื่อตกกระทบผิวดิน (Meyer and McCune, 1958) นอกจากนี้ Laws (1941) ได้กล่าวว่า เครื่องจำลองฝนต้องออกแบบให้ได้ขนาดของเม็ดฝนที่เพียงพอ และได้อัตราเร็วเหมือนกับฝนที่จำลองมาจากสภาพธรรมชาติ สิ่งที่บอกความสำคัญระหว่างขนาดของเม็ดฝนที่เพียงพอและสัมพันธ์กับระยะห่างที่ตกและการกระจายตัวของขนาดเม็ดฝน บ่งบอกถึงความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดฝน และระยะห่างของเม็ดฝนที่ตก

4.2 การเลือกชนิดเครื่องจำลองฝน

การเลือกชนิดเครื่องจำลองฝน จำต้องประเมินปัจจัยต่างๆ ให้แน่นอนซึ่งการเลือกชนิดของเครื่องจำลองฝน ต้องพิจารณาว่าทำการศึกษาในแปลงทดลองหรือในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีอิทธิพลต่อการจำลองความสูงของเครื่องให้ใช้งานได้จริงและสะดวก เช่น การทดลองมีระยะเวลาสั้นหรือยาว เพื่อพิจารณาว่าต้องการเครื่องจำลองฝนที่มีความแข็งแรงคงทนมากหรือน้อย วัตถุประสงค์ของการใช้เครื่องจำลองฝนว่าต้องการลักษณะการตกของฝนจำลองได้อย่างถูกต้องแม่นยำหรือต้องการแบบคร่าวๆ สำหรับการพิจารณาด้านอื่นๆ เช่น ราคา งบประมาณค่าใช้จ่าย ระยะเวลาในการใช้เครื่องจำลองฝน การประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องเพียงพอต่อการนำไปใช้งานหรือไม่ และต้องมีความสะดวกในการบำรุงรักษาซ่อมแซม เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องจำลองฝน

4.3.1 ข้อดี

1) สามารถสร้างลักษณะของฝนที่ตกได้ตามจุดประสงค์ของงานวิจัยนั้น เช่น การกำหนดรูปแบบฝน ความเข้มฝนและช่วงเวลาของฝนตก

2) ไม่จำเป็นต้องใช้เวลารอฝนที่ตกตามธรรมชาติในการทำวิจัย

3) สามารถสร้างข้อมูลฝนในกรณีที่ต้องการข้อมูลมาก ๆ ในการทำวิจัยทางด้านสถิติ

4) สามารถกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ของฝนได้ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ซึ่งไม่สามารถกำหนดได้ในเหตุการณ์ฝนที่ตกตามธรรมชาติ

5) การเก็บข้อมูลในเหตุการณ์ธรรมชาติเป็นไปได้ด้วยความยุ่งยากแต่สามารถทำได้โดยใช้ชุดจำลองน้ำฝน เช่น การวัดปริมาณสารเคมีต่าง ๆ ที่ตกค้างในดินและขบวนการพัดพาขณะฝนตก

4.3.2 ข้อเสีย

1) งานวิจัยบางอย่างต้องทำในพื้นที่ขนาดใหญ่ ซึ่งถ้าใช้ชุดจำลองน้ำฝนจำเป็นต้องลงทุนมหาศาล

2) การจำลองฝนในชุดจำลองน้ำ ฝนไม่สามารถเลียนแบบธรรมชาติได้สมบูรณ์

5. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กัลยาณี และคณะ (2528) ได้ศึกษา การสูญเสียตะกอน และการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินบริเวณสถานีวิจัยเพื่อรักษาต้นน้ำแม่กลอง จังหวัดกาญจนบุรี จากแปลงควบคุม ข้าวโพดอย่างเดียว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้าวโพดและตะไคร้ และแปลงปลูกข้าวโพดและตะไคร้แบบขั้นบันไดพบว่า มีค่าเฉลี่ย 930.11, 355.80, 273.56 และ 204.92 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ และปริมาณน้ำไหลบ่า 549.80, 332.60, 259.00 และ 233.50 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งการสูญเสียตะกอน และการเกิดน้ำไหลบ่าจากแปลงควบคุมนั้นมีปริมาณสูงสุด รองลงมาคือ แปลงปลูกข้าวโพดอย่างเดียว แปลงปลูกข้าวโพดและตะไคร้ และแปลงปลูกข้าวโพดและตะไคร้แบบขั้นบันได ตามลำดับ

พิณทิพย์ (2536) ได้ศึกษา โดยการใช้สมการสูญเสียดินสากลทดสอบการสูญเสียดินและน้ำจากแปลงทดลองภายใต้พืชพรรณชนิดต่างๆ ได้แก่ ป่าเบญจพรรณ ไร่ร้าง ถั่วเหลือง ข้าวไร่ ข้าวโพด สวนสักอายุ 3 ปี และพื้นที่ว่างเปล่าไถพรวนขึ้นลง ในพื้นที่ป่าไม้ บริเวณสถานีวิจัยเพื่อรักษาต้นน้ำน่าน อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน พบว่า มีการสูญเสียดิน 1.996, 0.117, 2.697, 2.633, 1.398, 0.742 และ 13.823 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ และมีน้ำไหลบ่าหน้าดิน 120.310, 11.960, 68.140, 64.190, 50.970, 35.310 และ 87.200 มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ

อภินันท์ (2538) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำรูปแบบต่าง ๆ บนพื้นที่ลาดเขาบริเวณโครงการทดลองจัดการลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ คันดินรับน้ำรอบเขา คูรับน้ำรอบเขา ขั้นบันไดไม่ต่อเนื่อง ขั้นบันไดต่อเนื่อง และแบบไม่มีมาตรการอนุรักษ์ พบว่ามีการสูญเสียดิน 8.37, 11.70, 9.59, 5.00 และ 31.30 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ และปริมาณน้ำไหลบ่า 81.75, 91.34, 86.93, 78.69 และ 90.38 มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ

Gupta (1981) ได้ศึกษา โดยใช้แปลงทดลองขนาดเล็กและพื้นที่ลุ่มน้ำพบว่าพื้นที่ป่าไม้หรือทุ่งหญ้าที่หนาแน่นนั้นมีการสูญเสียดินออกจากพื้นที่น้อยมากในช่วงฤดูฝน คือสูญเสียดินเพียง 2 ตันต่อเฮกแตร์ ในขณะที่พื้นที่ว่างเปล่าที่มีการไถพรวนทิ้งไว้นั้นมีการสูญเสียดินออกจากพื้นที่สูงถึง 44 ตันต่อเฮกแตร์ โดยพื้นที่มีความลาดชันประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น และพบว่าการทำไร่เลื่อนลอยบนพื้นที่ลาดเขา ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินประมาณ 41 ตันต่อเฮกแตร์ แต่เมื่อมีการทำคันดิน หรือขั้นบันไดสามารถลดการสูญเสียดินเหลือเพียง 5 ตันต่อเฮกแตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. พื้นที่ศึกษา

6.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

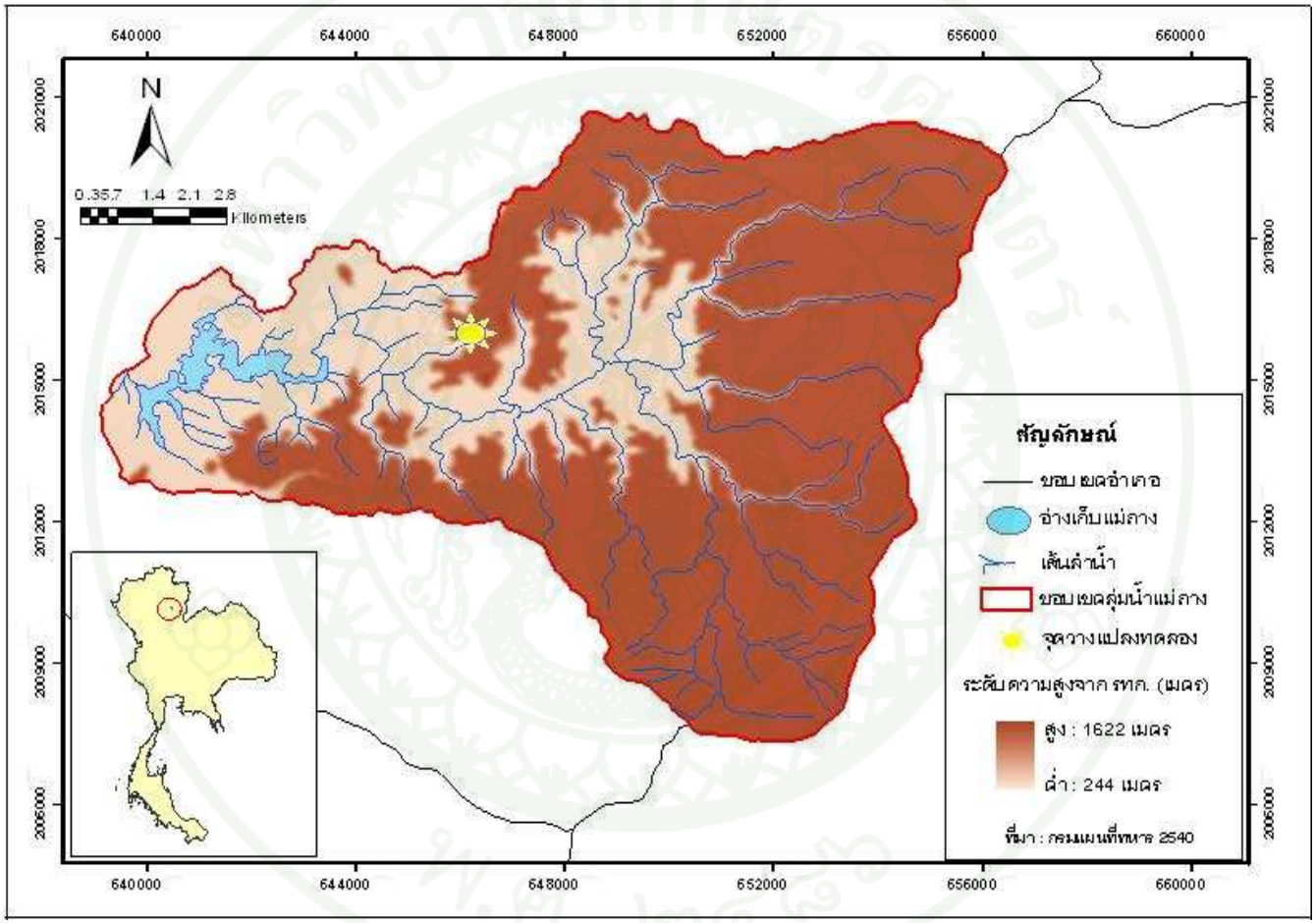
พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง บ้านปากห้วยอ้อย ตำบลบ้านเวียง อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ ในเขตป่าสงวนแห่งชาติแม่คำมี ระหว่างละติจูดที่ 18 องศา 09 ลิปดา เหนือ ถึง ละติจูดที่ 18 องศา 16 ลิปดาเหนือ และลองจิจูดที่ 100 องศา 19 ลิปดาตะวันออก ถึง 100 องศา 29 ลิปดาตะวันออก อยู่ฝั่งขวาของแม่น้ำยมห่างจากจังหวัดแพร่ตามเส้นทางหลวงหมายเลข 101 สายแพร่-น่าน ระยะทางห่างจากจังหวัดแพร่กับสถานี 40 กิโลเมตร (ภาพที่ 1)

ทิศเหนือ	จรด อำเภอร้องกวาง
ทิศใต้	จรด อำเภอเมือง
ทิศตะวันออก	จรด จังหวัดน่าน
ทิศตะวันตก	จรด อำเภอร้องกวาง

6.2 ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นภูเขาสลับซับซ้อน มีความลาดชันเฉลี่ยเท่ากับ 36.1 เปอร์เซ็นต์ มีที่ราบเพียงเล็กน้อยบริเวณที่ราบริมน้ำ และตอนล่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ การระบายน้ำค่อนข้างดี การไหลของน้ำสู่ลำธารจึงเร็วมากเมื่อฝนตก ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางอยู่ในช่วง 244 - 1,622 เมตร ความสูงโดยเฉลี่ยทั้งพื้นที่ 892 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง พื้นที่ของลุ่มน้ำสาขาแม่ถางประกอบด้วยลุ่มน้ำย่อย คือ ลุ่มน้ำห้วยอ้อย ลุ่มน้ำห้วยหวด ลุ่มน้ำแม่คำปอง ลุ่มน้ำห้วยฮ่อม และแม่ถางไหลลงสู่แม่น้ำยมอันเป็นแม่น้ำสายหลักที่สำคัญของจังหวัดแพร่ และจากการกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำศึกษาลุ่มน้ำสาขาแม่ถางมีพื้นที่ 119.91 ตารางกิโลเมตร ความยาวขอบเขตลุ่มน้ำ (Perimeter) 56.49 กิโลเมตร ความลาดชันเฉลี่ย 36.13 เปอร์เซ็นต์ และทิศด้านลาดทางทิศตะวันตก (วรากร, 2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 ที่ตั้งและลักษณะภูมิประเทศในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่

ที่มา: กรมแผนที่ทหาร (2542)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.3 ลักษณะทางอุตุ-อุทกวิทยา

ที่ตั้งลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง อยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของจังหวัดแพร่ ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ฝนที่ตกส่วนใหญ่เป็นแบบฝนพายุคะนอง (Thunderstorm precipitation) และฝนภูเขา (Orographic precipitation) มีความหนักเบาและระยะเวลาในการตกไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับปริมาณไอน้ำในอากาศและลักษณะท้องที่ โดยฤดูฝนเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน และฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม ช่วงน้ำหลาก มีระยะเวลา 6 เดือน โดยเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม ส่วนช่วงแล้งฝนมีระยะเวลา 6 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนเมษายน (สถานีวิจัยลุ่มน้ำยม, 2550)

ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาของลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง โดยใช้ข้อมูลการตรวจอากาศของสถานีตรวจอากาศห้วยหมาไน อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 -2549 (ตารางที่ 1) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1,325.6 มิลลิเมตร

2) อุณหภูมิเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 25.7 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 37.2 องศาเซลเซียสในเดือนเมษายน และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 16.2 องศาเซลเซียสในเดือนธันวาคม

3) ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปีเท่ากับ 74.8 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 90.6 เปอร์เซ็นต์ ในเดือนกันยายน และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับ 56.7 เปอร์เซ็นต์ ในเดือนกุมภาพันธ์

6.4 ลักษณะทางธรณีและปฐพีวิทยา

ดินที่พบในบริเวณนี้มีทั้งดินลึกและดินตื้น มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของหินต้นกำเนิด ในพื้นที่พบเศษหิน ก้อนหิน หรือหินโผล่กระจัดกระจายทั่วไป ดินบริเวณนี้เป็นชุดดินลี้ ชุดดินนครสวรรค์ ชุดดินมวกเหล็ก ชุดดินโคกปรื้อ มีชั้นหินลึกกว่า 50 เซนติเมตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 ลักษณะภูมิอากาศของสถานีตรวจอากาศห้วยหมาไน บริเวณสถานีวิจัยลุ่มน้ำยม จังหวัดแพร่

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
			ต่ำสุดเฉลี่ย	สูงสุดเฉลี่ย	เฉลี่ย
มกราคม	6.1	66.0	16.4	31.6	22.8
กุมภาพันธ์	6.0	56.7	19.0	33.7	25.4
มีนาคม	35.4	56.8	21.3	35.4	27.5
เมษายน	46.9	59.5	22.9	37.2	29.4
พฤษภาคม	241.5	77.2	22.5	34.6	27.2
มิถุนายน	171.5	83.7	22.9	32.9	26.7
กรกฎาคม	149.7	86.3	22.6	32.6	26.2
สิงหาคม	256.3	89.3	22.4	33.0	25.9
กันยายน	282.2	90.6	22.0	33.4	25.8
ตุลาคม	68.5	84.5	20.6	33.8	25.4
พฤศจิกายน	29.1	78.9	18.1	32.1	23.7
ธันวาคม	31.4	68.5	16.2	30.3	21.9
รวม	1325.6	-	-	-	-
เฉลี่ย	-	74.8	20.6	33.4	25.7
สูงสุด	-	90.6	22.9	37.2	29.4
ต่ำสุด	-	56.7	16.2	30.3	21.9

ที่มา: สถานีวิจัยลุ่มน้ำยม (2550)

หินที่พบในบริเวณพื้นที่ศึกษาเป็นหินดินดานและหินทราย โดยหินทรายแทรกสลับอยู่ในชั้นความหนาของหินดินดาน หินดินดานที่พบมีลักษณะสีเทาอมดำและมีสีน้ำตาลอมเหลืองเมื่อผุ เนื้อหินทรายมีขนาดปานกลาง ชั้นของหินวางตัวทำมุมกับแนวระดับ และพบว่ามีรอยแตกในชั้นหินอยู่สองแถว โดยทำมุมกับชั้นหินบริเวณรอยแตกจะมีแร่แคไรต์ (แคลเซียมคาร์บอเนต) มาตกผลึกทำให้เกิดสายแร่แคลไซต์ การมีรอยแตกทำให้หินมีการผุพังได้ดีขึ้นและทำให้หินแตกออกเป็นก้อนๆ เล็กบ้างใหญ่บ้าง นอกจากนี้ยังเป็นช่องทางการไหลของน้ำ รวมทั้งเป็นแหล่งสะสมน้ำไปในตัวด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณะหินที่พบบริเวณลุ่มน้ำนี้ เมื่อผุพังให้ดินร่วนเหนียว-ร่วนเหนียวปนทราย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545)

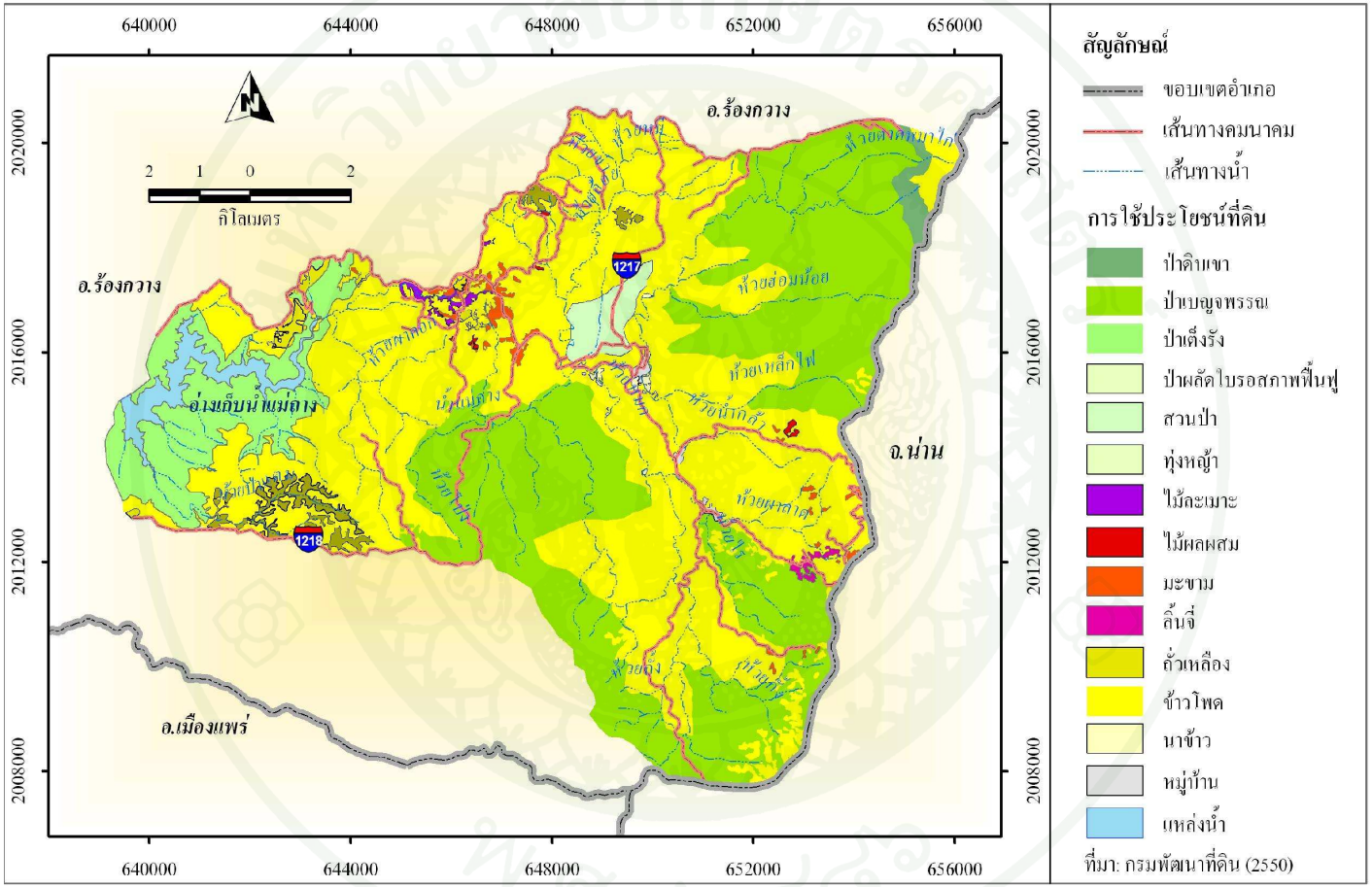
6.5 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่ 64.33 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 53.65 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด โดยส่วนใหญ่ทำการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และถั่วเหลือง กระจายค่อนข้างหนาแน่นบริเวณที่ราบ หรือใกล้อ่างเก็บน้ำแม่ถาง สำหรับพื้นที่ป่าไม้มีประมาณ 51.88 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 43.26 เปอร์เซ็นต์ กระจายอยู่บริเวณตอนเหนือ และทางตะวันตกของลุ่มน้ำ โดยมีบางส่วนที่เป็นป่าไม้รอสภาพฟื้นฟูมีพื้นที่เท่ากับ 1.56 ตารางกิโลเมตร บริเวณตอนกลางของพื้นที่ลุ่มน้ำมีสวนป่าแม่คำปอง มีพื้นที่ 1.66 ตารางกิโลเมตร สำหรับการตั้งถิ่นฐานมีหมู่บ้านอยู่บริเวณที่สูง ได้แก่ บ้านปากห้วยอ้อยใต้ บ้านปากห้วยฮ่อมบน และบ้านปากห้วยฮ่อมล่าง (ภาพที่ 2)

6.6 ลักษณะพืชพรรณ

พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถางนี้ ปกคลุมด้วยป่าเบญจพรรณผสมสัก ลักษณะของป่ามีสภาพโล่งในฤดูแล้งเนื่องจากไฟป่าได้ทำลายพืชที่ปกคลุมอยู่พื้นล่าง ฤดูฝนป่ารกทึบด้วยไม้พื้นล่าง ต้นไม้ที่พบมีตั้งแต่ขนาดเล็กและขนาดใหญ่ (ขนาดความโตเพียงอก อยู่ระหว่าง 10-120 เซนติเมตร) ความหนาแน่นของไม้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกโตกว่า 10 เซนติเมตร มีประมาณ 477 ต้นต่อเฮกแตร์ หรือ 76 ต้นต่อไร่ การปกคลุมของเรือนยอดประมาณ 60-80 เปอร์เซ็นต์ เรือนยอดแบ่งได้สามชั้น ได้แก่ ชั้นเรือนยอดสูงกว่า 20 เมตร ประกอบด้วย ไม้สัก (*Tectona grandis* Linn.) มะเกลือ (*Diospyros mollis* Griff.) ยมหิน (*Chukrasia tabularis* A. Juss.) ฉนวน (*Dalbergia nigrescens* Kurz) และเสลาเปลือกบาง (*Lagerstroemia tomentosa* C.Presl.) ชั้นเรือนยอดต่ำกว่า 15 เมตร ประกอบด้วยไม้ผาเสี้ยน (*Vitex canescens* Kurz.) กระพี้จั่น (*Millettia brandisiana* Kurz) และมะตูม (*Aegle marmelos* Corr.) ส่วนไม้ชั้นล่าง ประกอบด้วย ไม้ไผ่ชนิดต่างๆ (*Thyrsostachys Siamensis* Gamble) สาบเสือ (*Eupatorium odoratum* L.) และหญ้ายูง (*Thysanoleana maxima* Kuntze) เป็นต้น (วรากร, 2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 การใช้ประโยชน์ที่ดิน ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่ ปี พ.ศ. 2550

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัสดุและอุปกรณ์ในการทำแปลงทดลอง

1.1 แปลงทดลองขนาด 1 × 4 เมตร จำนวน 15 แปลง

1.2 บ่อซีเมนต์เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 เมตร สูง 0.5 เมตร จำนวน 15 บ่อ

1.3 รางสังกะสีแบบเรียบสี่เหลี่ยมกว้าง 0.2 เมตร ยาว 1.0 เมตร จำนวน 15 ราง

1.4 ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว ยาว 2.0 เมตร จำนวน 15 ท่อพร้อมข้องอ 90 องศา

1.5 แผ่นสังกะสีแบบเรียบขนาด 0.5 × 4.0 เมตร จำนวน 30 แผ่น และ ขนาด 0.5 × 5.0 เมตร จำนวน 6 แผ่น

1.6 แผ่นสังกะสีเรียบตัดเป็นวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 เมตร จำนวน 15 แผ่น

1.7 พลั่ว จอบ เสียม ตลับเมตร สายยางจับระดับ และซิลิโคน

1.8 กระบอกรองแก้วสแตนเลส 48 ใบ

1.9 แก้วสแตนเลส จำนวน 48 ใบ

1.10 เหล็กขนาดความยาว 2.0 เมตร จำนวน 12 อัน

2. เครื่องจำลองฝน

2.1 ถังน้ำแสตนเลส ขนาด 1100 ลิตร จำนวน 4 ถัง พร้อมท่อพีวีซีต่อเชื่อม

2.2 ถังน้ำแสตนเลส ขนาด 850 ลิตร จำนวน 4 ถัง

2.3 แทงค์น้ำขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 2 แทงค์

2.4 ปั๊มน้ำ ขนาดความดัน 15-40 บาร์ พร้อมสายยางและเครื่องปั่นไฟ

2.5 มาตรวัดระดับความดัน (Pressure gage) ขนาดความดันสูงสุด 40 บาร์

2.6 หัวฉีด (Spray nozzle) 1H106SQ จำนวน 8 หัว

2.7 เหล็ก ขนาดความยาว 6 เมตร จำนวน 10 ชุด

2.8 ท่อเหล็กกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 6 เมตร จำนวน 10 ท่อน

2.9 ลวดสลิง ขนาดความยาว 6 เมตร จำนวน 6 เส้น

2.10 เครื่องมือและวัสดุช่างต่างๆ เช่น ค้อน ตะปู มีด คีม ไขควง และตลับเมตร เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. วัสดุอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

3.1 เครื่องวัดความชื้นในดินแบบดิจิตอล รุ่น Delta-T Devices Cambridge-England

3.2 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำ และตะกอน

3.2.1 ขวดเก็บน้ำและตะกอน ขนาด 1000 มิลลิลิตร

3.2.2 เทปวัด

3.2.3 เทปกาว

3.2.4 ปากกา

3.2.5 ตารางบันทึกข้อมูล

3.2.6 ลังเก็บรักษาตัวอย่างน้ำและตะกอน

3.3 วัสดุและอุปกรณ์วิเคราะห์ตะกอนในห้องปฏิบัติการ

3.3.1 กรวยกรอง

3.3.2 กระดาษกรอง

3.3.3 ถาดสำหรับอบตัวอย่าง

3.3.4 ตู้อบตะกอน

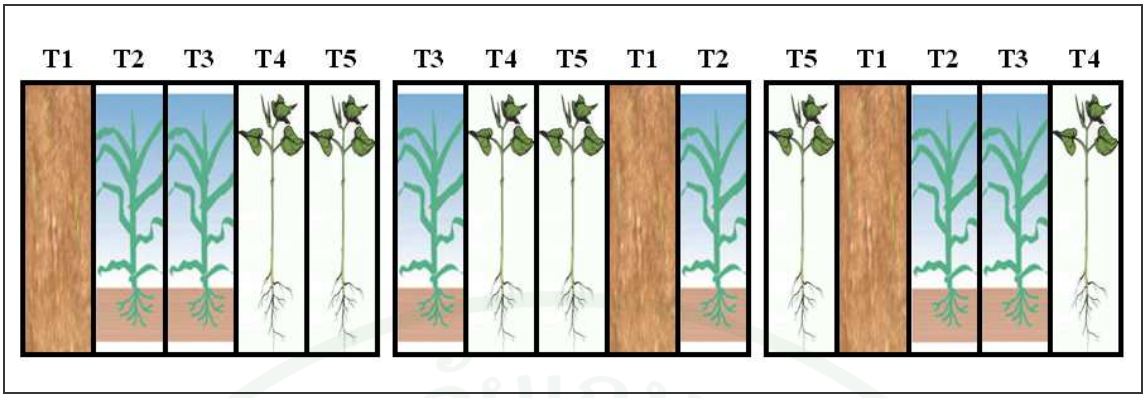
3.3.5 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล

วิธีการ

1. การวางแผนการทดลอง

การวางแปลงทดลองเพื่อการศึกษาครั้งนี้ใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ประกอบด้วย 5 สิ่งทดลอง (Treatments) คือ (1) แปลงไถพรวนขึ้น-ลงตามความลาดเท (2) แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม (ปลูกแบบวิธีการเดียวกับชาวบ้านในพื้นที่) (3) แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน (4) แปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม (ปลูกแบบวิธีการเดียวกับชาวบ้านในพื้นที่) (5) แปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน มีจำนวน 3 ซ้ำ (Replications) โดยแปลงทดลองมีขนาด 1 × 4 เมตร อยู่บนพื้นที่ไร่ข้าวโพดบนเนินเขา ที่มีระดับความลาดชัน 15 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



กำหนดให้ T1 คือ แปลงไถพรวนขึ้น-ลงตามความลาดเท
T2 คือ แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม
T3 คือ แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชัน โดยไม่ไถพรวน
T4 คือ แปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม
T5 คือ แปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน

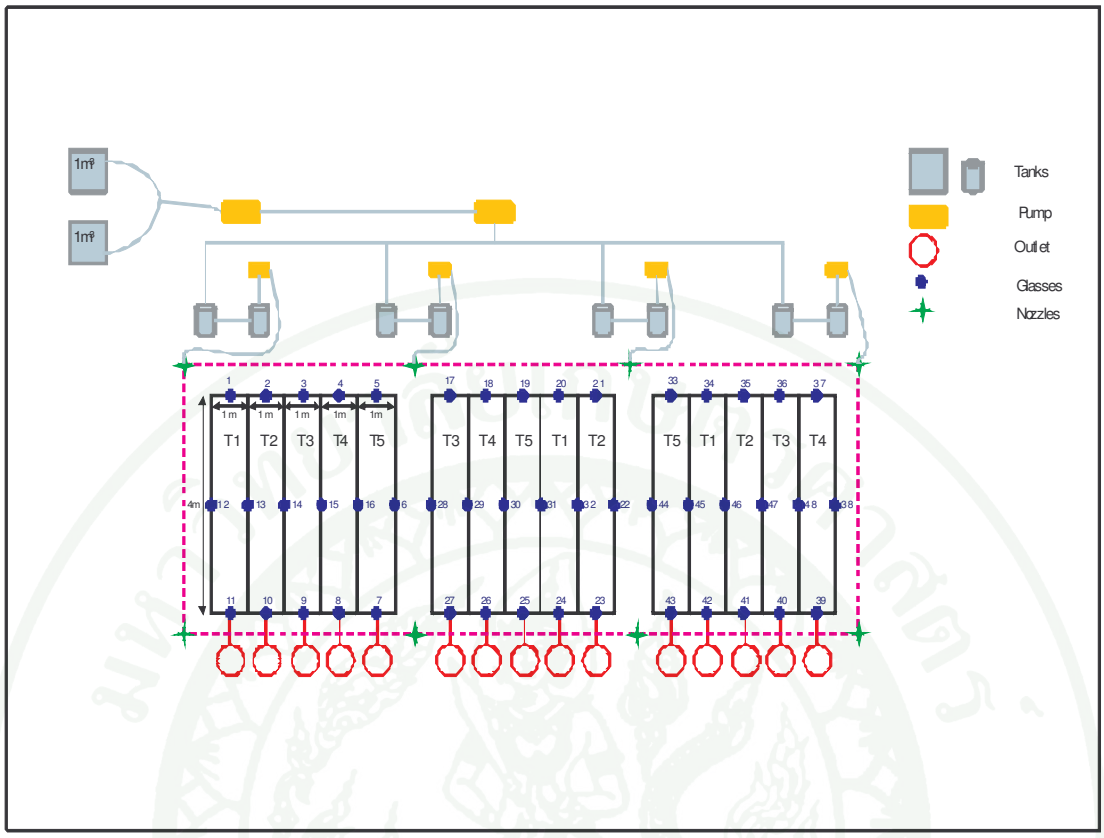
ภาพที่ 3 ผังการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD)

2. การสร้างแปลงทดลอง

สร้างแปลงทดลองขนาด 1×4 เมตร วางขนานไปตามด้านลาดเดียวกัน และมีความชันเท่ากัน โดยใช้แผ่นสังกะสีเป็นขอบแปลง ฝังแผ่นสังกะสีให้ลึกลงในดิน 20 เซนติเมตร และอยู่เหนือผิวดิน 20 เซนติเมตร ขอบแปลงด้านล่างวางรางน้ำสังกะสีสี่เหลี่ยมไว้รองรับน้ำและตะกอน ต่อท่อพีวีซีต่อไปยังถังรับตะกอนซึ่งเป็นท่อซีเมนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.80 เมตร

ติดตั้งกระบอกรองรับแก้วสแตนเลส บริเวณขอบแปลงทดลอง จำนวน 48 ใบ โดยเจาะรูให้น้ำไหลออกได้ และใช้วัสดุยึดแก้วเอาไว้กับขอบแปลง ในการจำลองฝนแต่ละครั้งต้องวางแก้วอีก 48 ใบ บนแก้วที่ยึดติดอยู่กับแปลงทดลองอีกครั้งหนึ่ง และหลังการจำลองฝนเสร็จ ต้องนำแก้วทั้งหมดมาชั่งน้ำหนัก เพื่อตรวจสอบฝนที่ตกลงสู่แปลงทดลอง (ภาพที่ 4)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4 ลักษณะแปลงทดลอง และผังการวางแก้ววัดปริมาณฝน

3. การสร้างเครื่องจำลองฝน

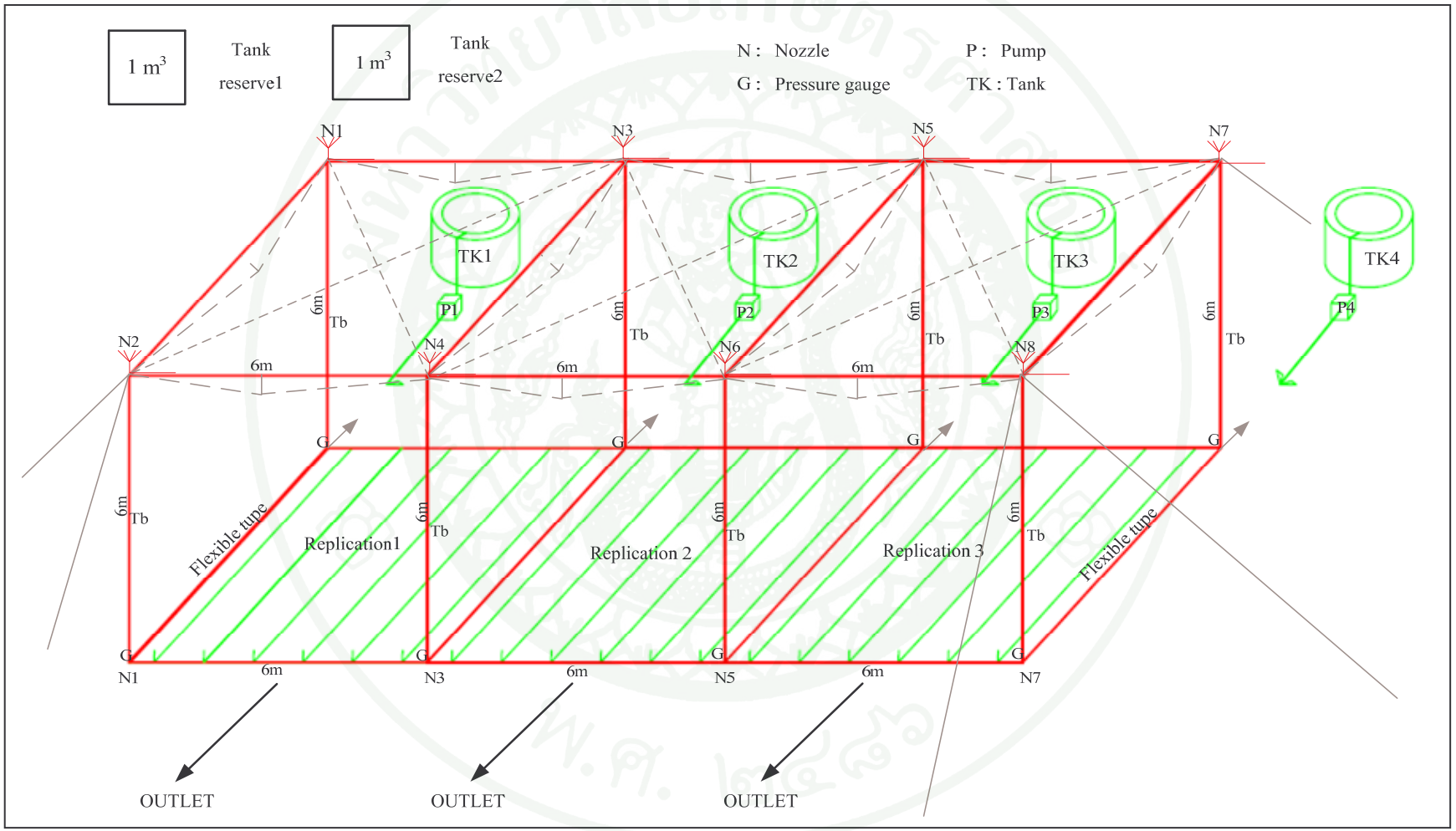
การศึกษาการสูญเสียดินและธาตุอาหารในครั้งนี้ได้ใช้เครื่องจำลองฝนเนื่องจาก ไม่ให้เป็นการเสียเวลาในการรอคอยฝนที่จะตกจริง วรากร (2551) ได้ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างเครื่องจำลองฝนกับฝนที่ตกจริงตามธรรมชาติ พื้นที่ศึกษาและจุดวางแปลงทดลองเดียวกัน และใช้สิ่งทดลองเหมือนกัน พบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่า C-factor ของข้าวโพด และถั่วเหลือง ระหว่างการใช้เครื่องจำลองฝน กับฝนจริงตามธรรมชาติ กล่าวคือ C-factor ของข้าวโพดจากการเปิดเครื่องจำลองฝน ไม่แตกต่างกันกับ C-factor ของข้าวโพดจากฝนที่ตกจริงตามธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่า CV เท่ากับ 12.98 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ C-factor ของถั่วเหลืองจากการเปิดเครื่องจำลองฝนที่ไม่มีความแตกต่างกันกับ C-factor ของถั่วเหลืองจากฝนที่ตกจริงตามธรรมชาติอย่างนัยสำคัญทางสถิติ มีค่า CV เท่ากับ 15.26 เปอร์เซนต์ และการเปรียบเทียบค่า CP-factor ของข้าวโพด และถั่วเหลือง ระหว่างการใช้เครื่องจำลองฝน กับฝนที่ตกจริงตามธรรมชาติ กล่าวได้คือ CP-factor ของข้าวโพดจากการเปิดเครื่องจำลองฝน ไม่มีความแตกต่างกันกับ CP-factor ของข้าวโพดจากฝนที่ตกจริงตามธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่า CV เท่ากับ 19.28 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ CP-factor ของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ถั่วเหลืองจากการเปิดเครื่องจำลองฝนที่ไม่มีความแตกต่างกันกับ CP-factor ของถั่วเหลืองจากฝนที่ตกจริงตามธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า CV เท่ากับ 28.40 เปอร์เซ็นต์ ในการศึกษาครั้งนี้จึงสร้างเครื่องจำลองฝนขึ้น และเปรียบเทียบปัจจัยด้านพืชและวิธีการปลูกพืชที่แตกต่างกันต่อปริมาณการสูญเสียดิน การเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน และการสูญเสียธาตุอาหาร สำหรับค่าดัชนีการชะล้างพังทลายโดยฝนธรรมชาติ และค่าดัชนีการชะล้างพังทลายโดยเครื่องจำลองฝนการศึกษาครั้งนี้แสดงดัง (ตารางผนวก 1 และ 2) โดยการใช้เครื่องจำลองฝนนั้นมีความมุ่งเน้นให้จำลองฝนธรรมชาติมากที่สุด จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับเรื่องความหนักเบาของฝน การกระจายตัวของฝน ปริมาณฝนที่ตก ระยะเวลาที่ฝนตก และขนาดของเม็ดฝน ดังนั้นตำแหน่งในการติดตั้งหัวฉีด และความสูงจากพื้นดินไปยังที่ติดตั้งหัวฉีด และการปรับความดันจึงเป็นสิ่งสำคัญ ดังเช่นการศึกษาของ Esteves *et al*. (2000) จากสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศฝรั่งเศส (Institut de recherché pour le développement; IRD) โดยทำการศึกษาที่ประเทศเซเนกัล (Senegal) ซึ่งการศึกษาแต่ละแปลงมีขนาด 4 × 5 เมตร มีทั้งหมด 3 ชุดแปลงการทดลอง และมี 4 ชุดของหัวฉีด (Nozzles) ในแต่ละชุดมี 2 หัวฉีด รวมทั้งหมด 8 หัวฉีด ซึ่งหัวฉีดยกสูงขึ้น โดยท่อเหล็กสูง 6 เมตร จากระดับพื้นดิน มีจำนวน 8 ท่อ และโครงสร้างส่วนบนของเครื่องจำลองฝนมีเหล็กที่มีความยาว 6 เมตร จำนวน 10 ชุด และใช้ลวดสลิงดึงตามแนวเส้นทแยงมุม จำนวน 6 เส้น ที่สำคัญเพื่อให้เครื่องจำลองฝนสามารถอยู่ได้อย่างถาวรจึงมีความจำเป็นต้องยึดด้วยเชือกทั้ง 4 มุม รอบนอกมุมละ 2 เส้น

โครงสร้างที่ยกขึ้นสูง 6 เมตร ของเครื่องจำลองฝนต้องใช้ปั๊มกระแสไฟฟ้าจำนวน 4 ปั๊ม โดยให้มีกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบคงที่ และความดันคงที่ เพราะความดันมีความมีผลต่อความหนักเบาของฝน โดยควบคุมความดันของปั๊มให้มีค่าเท่ากับ 0.7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับการปั๊มน้ำในการจำลองฝนแต่ละครั้งเพื่อนำน้ำจากถังสเตนเลส ขนาด 1,100 ลิตร จำนวน 4 ถัง ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายน้ำมายังหัวฉีด โดยใช้สายยางต่อเชื่อมระหว่างถังน้ำกับท่อต่อเชื่อมด้านล่าง การจำลองฝนที่มีความหนักเบา 75 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง เป็นระยะเวลา 30 นาที ต้องใช้น้ำปริมาณมาก จำเป็นต้องสำรองน้ำโดยใช้ ถังสเตนเลส ขนาด 850 ลิตร จำนวน 4 ถัง และแท็งค์น้ำที่มีขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 2 แท็งค์ (ภาพที่ 5)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 โครงสร้างเครื่องจำลองฝน (Rainfall simulator) ตำแหน่งหัวฉีด ปั๊มน้ำ และแท็งค์น้ำ

การศึกษาโดยใช้เครื่องจำลองฝนมีข้อกำหนดดังนี้

3.1 เตรียมแปลงทดลอง

3.1.1 ตัดหญ้าออกจากแปลงทดลองไถพรวนขึ้น-ลงตามความลาดเท ในแปลงที่เป็นแปลงควบคุม

3.1.2 ติดตั้งแก้วรองรับน้ำฝนทุก ๆ ระยะ 25 เซนติเมตร ภายในแปลงทดลองเพื่อใช้ในการตรวจสอบน้ำฝนที่ตกลงมา โดยให้มีระดับในแนวตั้งฉากกับพื้นดิน

3.2 เงื่อนไขการทดลองโดยใช้เครื่องจำลองฝน

3.2.1 แรงดันน้ำทั้ง 8 ตัวตรวจวัด มีแรงดันเท่ากับ 0.7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

3.2.2 ทำการจำลองฝนในช่วงเวลา 07.00 น.- 09.00 น. เพราะเป็นเวลาที่มีความเร็วลมต่ำ และกำหนดให้มีความหนักเบาของฝน 75 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง (Esteves *et al*., 2000)

3.2.3 การจำลองฝนในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของพืชทำติดต่อกัน ระยะการเจริญเติบโตละ 2 ครั้ง โดยจำลองฝน ติดต่อกัน 2 วัน เนื่องจากข้อจำกัดด้านทรัพยากรน้ำที่นำมาใช้ในแปลงทดลองมีราคาการขนส่งสูง และปริมาณจำกัด

4. การเก็บและรวบรวมข้อมูล

4.1 ก่อนการจำลองฝน

4.1.1 ข้อมูลน้ำฝน รวบรวมข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาจากสถานีตรวจอากาศ บริเวณสถานีวิจัยต้นน้ำยมระหว่าง ปี พ.ศ. 2550-2551 โดยเฉพาะข้อมูลน้ำฝนจากเครื่องวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติ ที่ติดตั้งบริเวณแปลงทดลอง โดยวัดทั้งปริมาณและความหนักเบาของฝน เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณ ระยะเวลา และความหนักเบาของน้ำฝนเพื่อสร้างเครื่องจำลองฝน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.1.2 ทำการตรวจวัดความชื้นในแปลงทดลองทุกครั้ง ก่อนการจำลองฝนโดยใช้เครื่องวัดความชื้นในดินแบบดิจิตอล รุ่น Delta-T Devices Cambridge-England กำหนดหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ทำการวัดบริเวณส่วนบน และส่วนล่างของแปลงทดลอง

4.2 ระหว่างการจำลองฝน

4.2.1 เริ่มจับเวลาเมื่อฝนตกลงสู่พื้น พร้อมทั้งบันทึกเวลาเริ่ม และเวลาหยุดการจำลองฝน เพื่อทำการตรวจสอบความเร็ว และทิศทางของลมที่มีผลต่อการตกของฝน

4.3 หลังการจำลองฝน

4.3.1 ชั่งน้ำหนักแก้ว และน้ำหนักแก้วรวมกับน้ำ เพื่อนำไปหาปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละพื้นที่

4.3.2 เก็บตัวอย่างตะกอนและน้ำ โดยวัดความสูงของน้ำในถังเก็บตะกอนเพื่อใช้หาปริมาตรน้ำและตะกอนที่สูญเสียจากแปลง แล้วกวนตะกอนและน้ำให้เข้ากัน จึงตักน้ำเก็บใส่ขวดโพลีเอธิลินขนาด 1 ลิตร 2 ขวด เพื่อเพื่อหาปริมาณตะกอนในแต่ละแปลงทดลอง โดยกรองตะกอนจากตัวอย่างตะกอนและน้ำ 1 ขวด ด้วยกระดาษกรอง ชั่งน้ำหนักตะกอนเปียกแล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปชั่งน้ำหนักแห้ง (กำหนดหน่วยเป็นกรัม) เทียบเป็นความเข้มข้นของตะกอนดินต่อน้ำทั้งหมดในแต่ละถังตะกอน และเก็บรักษาคุณภาพตัวอย่างตะกอนและน้ำ อีกหนึ่งขวดแล้วส่งห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหาร สำหรับการวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชจากน้ำ และตะกอนในการศึกษาครั้งนี้วิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยาป่าไม้ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภายใต้การควบคุมโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง พูลศิริ ซึ่งทำการวิเคราะห์ธาตุอาหาร ดังนี้

1) ไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen) วิเคราะห์โดยวิธี Kjedahl method

2) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total phosphorus) ย่อยด้วยกรดไนตริกและเปอร์ครอริก ในอัตราส่วน 5:2 แล้ววิเคราะห์โดยวิธี Vanadomolybdate yellow color และอ่านค่าด้วยเครื่อง Spectrophotometer

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3) โปแทสเซียมทั้งหมด (Total potassium) ย่อยด้วยกรดไนตริกและเปอร์ครอริก ในอัตราส่วน 5:2 แล้ววิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer

4.4 ระยะการเจริญเติบโตของพืช

การศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาใน 5 ระยะการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และถั่วเหลือง โดยพืชทั้งสองชนิดมีระยะการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน ในการทำการปฏิบัติต่อแปลงทดลอง (Practice) เช่นเดียวกับเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่ ซึ่งสภาพพื้นที่ การจัดการพื้นที่ และการเจริญเติบโตของพืชมีลักษณะที่แตกต่างกัน ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต (ตารางที่ 2) และ (ภาพที่ 6) ดังนี้

ตารางที่ 2 ระยะการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และถั่วเหลือง

ระยะการเจริญเติบโตของพืช	วันที่ทำการจำลองฝน
ระยะก่อนปลูก	25-26 เมษายน 2551
ระยะต้นอ่อน	19-20 มิถุนายน 2551
ระยะที่ฝักเจริญเต็มที่	25-26 สิงหาคม 2551
ระยะเก็บเกี่ยว	30 กันยายน – 1 ตุลาคม 2551
ระยะหลังเก็บเกี่ยว	21-22 ตุลาคม 2551

ภาพที่ 6 ระยะการเจริญเติบโตของพืชในแปลงทดลองในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1) ระยะก่อนปลูก แปลงทดลองในระยะนี้ พื้นที่ปกคลุมไปด้วยหญ้าค่อนข้างหนาแน่นแตกต่างกันในแต่ละแปลงทดลอง ซึ่งก่อนหน้านี้มีการเผา และหลังจากนั้นจึงมีหญ้าขึ้นปกคลุม โดยในระยะก่อนปลูกไม่มีมาตรการใด ๆ ที่กระทำต่อแปลงทดลอง

2) ระยะต้นอ่อน ก่อนปลูกพืชได้นำหญ้าออกจากแปลงทดลองก่อน และทำการปลูกพืชที่มีระยะการปลูกเท่ากับ 30 x 45 เซนติเมตร ระยะต้นอ่อนเป็นระยะตั้งแต่เริ่มปลูกพืชจนถึงออกช่อดอก ใช้เวลา 40-45 วัน ซึ่งมีการเจริญเติบโตของราก ลำต้น และใบ โดยข้าวโพดมีความสูงเฉลี่ยในแต่ละแปลงทดลองเท่ากับ 8 เซนติเมตร และถั่วเหลืองมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 8 เซนติเมตร ในระยะนี้ใบของพืชมีสามารถปกคลุมดินได้ค่อนข้างต่ำ

3) ระยะที่ฝักเจริญเต็มที่ เมื่อผสมเกสรแล้ว รังไข่เจริญเป็นเมล็ดอ่อนและแก่ตามลำดับ เป็นระยะที่ต้นข้าวโพดเจริญเติบโตเต็มที่ ฝักโตเต็มที่ เมล็ดเจริญเต็มที่ และแห้งในที่สุด ช่วงนี้ข้าวโพดมีอายุประมาณ 90-120 วัน สำหรับถั่วเหลืองมีอายุประมาณ 70-90 วัน นับจากหลังปลูกโดยข้าวโพดมีความสูงเฉลี่ยในแต่ละแปลงทดลองเท่ากับ 149 เซนติเมตร และถั่วเหลืองมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 54 เซนติเมตร ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การปกคลุมดินค่อนข้างสูง โดยเฉพาะถั่วเหลือง

4) ระยะเก็บเกี่ยว การเก็บฝักสดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ควรเก็บหลังจากไหมออกจากฝักได้ 15-20 วัน ไหมมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ เปลือกหุ้มฝักจะบวม และเปลือกหุ้มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อน สำหรับการเก็บฝักถั่วเหลือง ควรเก็บเมื่อเปลือกหุ้มบวม และมีสีเขียวเข้มจึงสามารถทำการเก็บเกี่ยวได้ โดยความสูงเฉลี่ยของพืชเท่าเดิม แต่ใบของพืชมีลักษณะเป็นน้ำตาล และมีจำนวนใบน้อยลง

5) ระยะหลังเก็บเกี่ยว เมื่อเก็บเกี่ยวฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วเหลืองออกจากแปลงทดลองแล้วปล่อยให้มีเศษซากพืชปกคลุมดินอยู่ และปกคลุมด้วยหญ้าค่อนข้างหนาแน่น

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 เปรียบเทียบการสูญเสียดิน และน้ำจากแปลงทดลองชนิดต่างๆ โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างแปลงไถพรวนขึ้น-ลงตามความลาดเท กับแปลงอื่นๆ เปรียบเทียบระหว่างชนิดพืช เปรียบเทียบระหว่างพืชชนิดเดียวกันแต่วิธีการปลูกพืชแตกต่างกัน และเปรียบเทียบในแต่ละระยะการเจริญเติบโต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2 วิเคราะห์การสูญเสียปริมาณธาตุอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม โดยหาปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียสูญเสียสุทธิจากการชะล้างพังทลายออกจากพื้นที่ ในรูปของไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด ซึ่งได้จากค่าวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการแล้วเทียบเป็นการสูญเสียทั้งหมดจากตะกอนดินและน้ำที่สูญเสียจากแปลงทดลองในแต่ละระยะการเจริญเติบโต และทำการเปรียบเทียบระหว่างแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ขวางตามลาดเท กับแปลงอื่นๆ เปรียบเทียบระหว่างชนิดพืช เปรียบเทียบระหว่างพืชชนิดเดียวกันแต่วิธีการปลูกพืชที่แตกต่างกัน และเปรียบเทียบในแต่ละระยะการเจริญเติบโต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. ความชื้นในดิน

การศึกษาความชื้นในดินต่อการสูญเสียธาตุอาหาร จากการชะล้างพังทลายของดินโดยใช้เครื่องจำลองฝน เพราะความชื้นในดินมีผลต่อปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน หากความชื้นในดินสูงโอกาสที่จะเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน (Surface runoff) ก็สูงเช่นกัน ซึ่งน้ำไหลบ่าหน้าดินมีส่วนสำคัญต่อกระบวนการเกิดชะล้างพังทลายของดิน เนื่องจาก ยิ่งเกิดน้ำไหลหน้าดินมาก จะทำให้สามารถพัดพาตะกอนจากพื้นที่ได้มากตามไปด้วย และสำหรับการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินในแปลงทดลองขนาดเล็กมีความจำเป็นต้องควบคุมความชื้นในดิน และต้องทดสอบความแตกต่างของความชื้นในดินที่มีผลต่อการสูญเสียดินในแต่ละสิ่งทดลอง และแต่ละระยะการเจริญเติบโตของพืช (รัตนา, 2552)

การวัดความชื้นในดินก่อนจำลองฝน ผลการศึกษาพบว่า ความชื้นในดินเฉลี่ยสูงสุดก่อนการเปิดเครื่องจำลองฝนตลอดการศึกษา มีค่าเท่ากับ 30.17 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และความชื้นในดินเฉลี่ยต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 15.07 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และความชื้นในดินในการเปิดเครื่องจำลองฝนครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2 มีความแตกต่างกัน โดยความชื้นในดินก่อนการเปิดเครื่องจำลองฝนครั้งที่ 2 มีความชื้นในดินสูงกว่าครั้งที่ 1 ผลเนื่องจากหลังการจำลองฝนในวันแรก ทำให้ดินมีความชื้นสูงขึ้น (ตารางที่ 3) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความชื้นในดินก่อนการจำลองฝนแต่ละครั้งในแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า ความชื้นในดินในแต่ละสิ่งทดลองมีค่าใกล้เคียงกันมาก แต่ค่าเฉลี่ยความชื้นแต่ละระยะการเจริญเติบโต พบว่าความชื้นในดินแต่ละระยะการเจริญเติบโตแตกต่างกันกันไปในแต่ระยะ ทั้งนี้เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ทำการทดลองในช่วงฤดูฝน การกำหนดวันในการจำลองฝนแต่ละครั้ง โดยมีเงื่อนไขให้ดินอยู่ในสภาวะแห้ง ก่อนทำการการเปิดเครื่องจำลองฝนเป็นเรื่องค่อนข้างยาก และบางครั้งจำเป็นต้องทำการทดลอง เพราะหากไม่ทำในระยะเวลาดังกล่าว อาจเลยระยะการเจริญเติบโตที่กำหนดไว้ ในกรณีที่มีความแตกต่างของความชื้นในดินอาจมีผลต่อการเปรียบเทียบการสูญเสียดิน และการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินซึ่งส่งผลปริมาณต่อการสูญเสียธาตุอาหาร ในแต่ละระยะการเจริญเติบโต แต่จากการศึกษาของ Srinivan *et al.* (2007) ที่ทำในแปลงทดลองขนาดเล็ก พบว่าเมื่อเปรียบเทียบความชื้นในดินที่มีอยู่ก่อนหน้า ในสภาวะดินเปียก และแห้งไม่มีความแตกต่างต่อการระบายน้ำของดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 ความชื้นในดินเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลองก่อนการเปิดเครื่องจำลองฝน ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่

ระยะการเจริญเติบโต	ครั้งที่	ความชื้นในดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)					
		ไถพรวนขึ้น-ลง	ข้าวโพด	ข้าวโพดเป็นแถว	ถั่วเหลือง	ถั่วเหลืองเป็นแถว	เฉลี่ย
ระยะก่อนปลูก	1	29.47	30.77	30.65	28.12	29.60	29.72
	2	-	-	-	-	-	-
ระยะต้นอ่อน	1	15.23	15.23	14.53	14.73	15.60	15.07
	2	28.07	28.68	28.35	27.40	27.53	28.01
ระยะที่ฝักเจริญเต็มที่	1	19.78	20.52	19.47	19.37	18.83	19.59
	2	25.00	24.47	24.48	25.42	22.78	24.43
ระยะเก็บเกี่ยว	1	25.70	30.42	28.37	28.07	28.70	28.25
	2	26.68	29.88	30.45	30.02	30.42	29.49
ระยะหลังเก็บเกี่ยว	1	18.95	17.87	18.97	15.67	18.60	18.01
	2	30.30	31.03	30.80	27.73	30.97	30.17

หมายเหตุ - คือ ไม่มีข้อมูล

2. การเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินและสูญเสียดินจากแปลงทดลอง

ผลจากการศึกษาการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินในแต่ละแปลงทดลองในตลอกระยะการเพาะปลูก (ตั้งแต่ก่อนมีฝนถึงหลังการเก็บเกี่ยว) พบว่า เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินแต่ละแปลงการทดลอง ในแปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินสูงสุดเท่ากับ 169.744 ลูกบาศก์เมตรต่อตลอดระยะการเพาะปลูก รองลงมาคือ แปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเท แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม แปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม และแปลงที่มีการสูญเสียดินต่ำสุด คือ แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน เท่ากับ 88.994, 48.489, 46.467 และ 34.855 ลูกบาศก์เมตรต่อตลอดระยะการเพาะปลูก ตามลำดับ (ตารางที่ 4) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินระหว่างแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเทโดยใช้ค่าสถิติ t (t-test) กับแปลงทดลองอื่น ๆ นั้น พบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 3) เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน พบว่ามีความแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

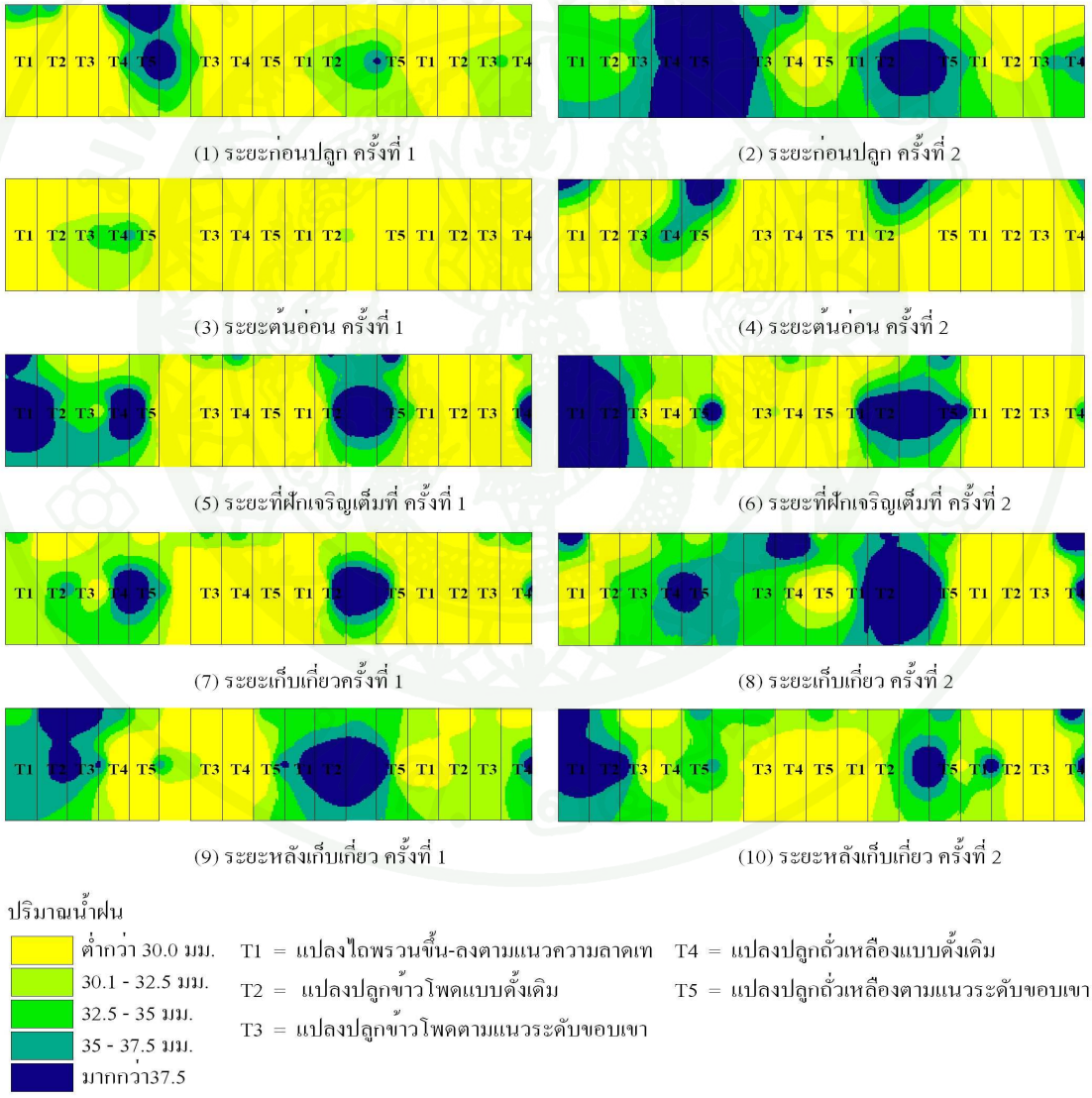
ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินจากแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และถั่วเหลืองในแต่ละระยะการเจริญเติบโต โดยใช้เครื่องจำลองฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่

ระยะการเจริญเติบโต	ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (ลูกบาศก์เมตรต่อระยะการเจริญเติบโต)				
	แปลงไถพรวนขึ้น-ลง	ข้าวโพด	ข้าวโพดเป็นแถว	ถั่วเหลือง	ถั่วเหลืองเป็นแถว
ระยะก่อนปลูก	0.018	0.051	0.066	0.047	0.068
ระยะต้นอ่อน	0.027	0.058	0.049	0.036	0.061
ระยะที่ฝักเจริญเต็มที่	39.684	12.772	7.326	16.795	64.585
ระยะเก็บเกี่ยว	24.177	18.063	13.883	20.260	53.615
ระยะหลังเก็บเกี่ยว	25.088	17.545	13.531	9.329	51.414
ตลอดระยะการเพาะปลูก	88.994	48.489	34.855	46.467	169.744

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t = -2.651; sig = 0.03) (ตารางผนวกที่ 4) ส่วนการเปรียบเทียบกับแปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิมนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 5) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t = -1.008; sig = 0.026) (ตารางผนวกที่ 6) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินในแต่ละระยะการเจริญเติบโต พบว่า ในระยะแรกของการศึกษา คือระยะก่อนปลูกและระยะต้นอ่อนนั้น ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินน้อยกว่าระยะอื่น ๆ เนื่องจากในระยะนี้เป็นช่วงฤดูแล้งต่อต้นฤดูฝน ความสามารถในการซึมซาบน้ำของดินยังสูงทำการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินน้อย ประกอบกับการเตรียมแปลงสำหรับการเพาะปลูกเช่นการไถพรวนดิน และขุดหลุมปลูกในระยะแรกนี้ส่งผลให้การซึมซาบน้ำดียิ่งขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินของ 2 ระยะนี้ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 7) ส่วนในระยะที่ฝักเจริญเติบโตเต็มถึงระยะหลังเก็บเกี่ยวนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับระยะก่อนปลูก (ตารางผนวกที่ 8 ถึงตารางผนวกที่ 10) โดยปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินสูงกว่าระยะแรก เนื่องจากระยะนี้เป็นช่วงฤดูฝนความสามารถของการซึมน้ำของดินค่อนข้างน้อย ประกอบกับหน้าดินได้ถูกชะล้างออกไปเหลือเพียงดินชั้นล่างซึ่งลักษณะทางปฐพีวิทยาของพื้นที่เป็นหินดินดาน และมีหินทรายแทรกสลับ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545) การซึมน้ำของดินในระยะนี้จึงไม่ดีนัก สำหรับการเปรียบเทียบความแตกต่างของวิธีการปลูกพืช พบว่า แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน (ตารางผนวกที่ 11) เพราะแปลงทดลองซึ่งมีขนาดเล็กเมื่อปลูกพืชจนมีการปกคลุมของเรือนยอดเต็มพื้นที่ก็จะบดบังลักษณะการปลูกที่แตกต่างกันจึงทำให้เห็นผลของความแตกต่างได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไม่ชัดเจน ส่วนในแปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน (ตารางผนวกที่ 12) ซึ่งพบว่า ในแปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวนนั้นมีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินสูงกว่าแปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิมเนื่องจากความแตกต่างของการเตรียมแปลงทดลองแปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม ใช้วิธีการปลูกแบบชาวบ้านในพื้นที่มีการไถพรวนดินก่อนการเพาะปลูก และตลอดระยะการเพาะปลูก แปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินสูงที่สุด เนื่องจากแปลงนี้ได้รับน้ำจากเครื่องจำลองฝนมากที่สุด (ภาพที่ 7) นอกจากนี้ยังพบว่าสาเหตุของการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินแต่ละแปลงเนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ทำการทดลองในแปลงขนาดเล็ก



ภาพที่ 7 ปริมาณและการกระจายของฝนจากการใช้เครื่องจำลองฝน (Rainfall simulator) แต่ละแปลงทดลอง ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จึงทำให้เปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินระหว่างชนิดพืชได้ค่อนข้างยาก และพื้นที่ที่ศึกษาได้ถูกเปลี่ยนจากพื้นที่ป่าไม้มาเป็นพื้นที่เกษตรกรรมอย่างยาวนาน โดยขาดมารตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ มีการเผาวัชพืช และใช้รถเก็บเกี่ยวผลผลิต ดินเกิดการอัดแน่นต่างไปจากพื้นที่ธรรมชาติ หลังจากฤดูการเก็บเกี่ยวพื้นที่ถูกปล่อยโล่งไม่มีสิ่งปกคลุมดิน การสูญเสียดินจึงเกิดต่อเนื่อง พื้นที่มีลักษณะหินโผล่ การซึมซาบน้ำของดินจึงไม่ดีนักนอกจากนี้การทดลองโดยการใช้เครื่องกำเนิดฝน การตกของฝนอาจได้รับอิทธิพลของลมซึ่งมีผลให้การรับฝนแต่ละแปลงมากน้อยต่างกัน

การเปรียบเทียบการสูญเสียดินแต่ละแปลง พบว่า แปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเท มีการสูญเสียดินสูงกว่าแปลงอื่น ๆ ในทุกระยะการเจริญเติบโต โดยตลอดระยะการเพาะปลูก การสูญเสียดินสูงสุดเกิดขึ้นในแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเท เท่ากับ 25.900 กิโลกรัมตลอดระยะการเพาะปลูก รองลงมา คือ แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม แปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน แปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม และแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวนสูญเสียดินน้อยที่สุด ซึ่งเท่ากับ 6.350, 4.000, 3.850 และ 3.825 กิโลกรัมตลอดระยะการเพาะปลูก (ตารางที่ 5) สำหรับการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติกับแปลงอื่น ๆ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 13 ถึงตารางผนวกที่ 16) ส่วนการเปรียบเทียบระหว่างระยะการเจริญเติบโต พบว่าในระยะแรก คือ ระยะก่อนปลูกและระยะต้นอ่อน จะมีการสูญเสียดินสูงกว่าระยะอื่น โดยเฉพาะระยะต้นอ่อนซึ่งเป็นช่วงที่มีการเตรียมแปลงเพาะปลูกได้แก่ การถอนกำจัดวัชพืช การไถพรวนดิน และขุดหลุมสำหรับปลูก ซึ่งการกระทำดังกล่าวเป็นการรบกวนดินมากกว่าระยะการเจริญเติบโตอื่น ๆ จึงส่งผลให้เกิดการสูญเสียดินสูง และลดลงในระยะต่อมาเนื่องจากความสามารถในการปกคลุมดินของพืชเพิ่มสูงขึ้น ประกอบกับการสูญเสียดินส่วนใหญ่เกิดขึ้นในระยะแรกจนหน้าดินเกือบหมดแล้ว แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 17 ถึงตารางผนวกที่ 20) สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างชนิดพืช พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน (ตารางผนวกที่ 21) และการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการปลูกต่อปริมาณการสูญเสียดิน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน (ตารางผนวกที่ 22 และตารางผนวกที่ 23) เนื่องจากการทดลองครั้งนี้ใช้แปลงขนาดเล็ก และใช้การจำลองฝนแทนฝนจริงตามธรรมชาติซึ่งการกระจายของฝนอาจไม่เท่ากัน จึงทำให้ไม่พบความแตกต่างระหว่างแปลงทดลอง ชนิดพืช วิธีการปลูก และระยะการเจริญเติบโตของพืช ที่มีผลต่อการสูญเสียดินจากแปลงทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 การสูญเสียดินจากแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และถั่วเหลืองในแต่ละระยะการเจริญเติบโต โดยใช้เครื่องจำลองฝน ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่

ระยะการเจริญเติบโต	การสูญเสียดิน (กิโลกรัมต่อระยะการเจริญเติบโต)				
	แปลงไถพรวนขึ้น-ลง	ข้าวโพด	ข้าวโพดเป็นแถว	ถั่วเหลือง	ถั่วเหลืองเป็นแถว
ระยะก่อนปลูก	5.725	1.100	1.150	1.375	2.125
ระยะต้นอ่อน	6.150	4.375	1.525	1.900	0.975
ระยะที่ฝักเจริญเต็มที่	4.825	0.425	0.325	0.250	0.400
ระยะเก็บเกี่ยว	3.975	0.250	0.425	0.225	0.350
ระยะหลังเก็บเกี่ยว	5.225	0.200	0.400	0.100	0.150
ตลอดระยะการเพาะปลูก	25.900	6.350	3.825	3.850	4.000

3. การสูญเสียธาตุอาหารจากแปลงทดลอง

การชะล้างพังทลายของดินจากการกระทำของฝนนอกจากจะเคลื่อนย้ายอนุภาคของดินออกจากพื้นที่แล้ว ยังได้เคลื่อนย้ายธาตุอาหารพืชไปกับตะกอนดินและน้ำไหลบ่าหน้าดินอีกด้วย สำหรับการสูญเสียธาตุอาหารจากการชะล้างพังทลายของดินส่วนใหญ่สูญเสียไปกับตะกอนดินและน้ำไหลบ่าหน้าดิน นอกจากนี้วิธีเขตกรรมที่มีความแตกต่างกันส่งผลให้ปริมาณการสูญเสียดิน น้ำไหลบ่าหน้าดิน และธาตุอาหารแตกต่างกันอีกด้วย

การสูญเสียธาตุอาหารหลักคือ ไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total phosphorus) และโพแทสเซียมทั้งหมด (Total potasstium) ไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดินตลอดระยะการเพาะปลูกในแต่ละแปลงทดลอง พบว่า แปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเท เท่ากับ 28,815.222, 191,498 และ 2,744.990 กรัม ตามลำดับ แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม เท่ากับ 9,491.675, 143.319 และ 174.379 กรัม ตามลำดับ แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน เท่ากับ 1,540.547, 84.000 และ 123.227 กรัม ตามลำดับ แปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม เท่ากับ 2,363.310, 85.967 และ 2,341.398 กรัม ตามลำดับ และแปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน เท่ากับ 11,499.937, 390.223 และ 5,526.104 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 6) โดยสามารถจำแนกการสูญเสียแต่ละธาตุอาหารที่ติดไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดินได้ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 การสูญเสียธาตุอาหารหลักไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดินจากแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วเหลืองในแต่ละระยะการเจริญเติบโต โดยใช้เครื่องจำลองฝน ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่

ธาตุอาหาร	ระยะการเจริญเติบโต	สิ่งทดลอง				
		แปลงไถพรวนขึ้น-ลง	ข้าวโพด	ข้าวโพดเป็นแถว	ถั่วเหลือง	ถั่วเหลืองเป็นแถว
กรัมไนโตรเจนต่อระยะการเจริญเติบโต	ระยะก่อนปลูก	0.016	0.077	4.745	4.583	14.919
	ระยะต้นอ่อน	0.027	0.133	6.581	25.150	15.518
	ระยะที่ฝักเจริญเต็มที่	24,123.904	8,475.499	1,457.874	53.744	4,482.199
	ระยะเก็บเกี่ยว	2,601.445	65.027	38.872	2,263.042	5,013.003
	ระยะหลังเก็บเกี่ยว	2,089.830	950.939	32.474	16.792	1,974.298
	รวม	28,815.222	9,491.675	1540.547	2363.310	11,499.937
กรัมฟอสฟอรัสต่อระยะการเจริญเติบโต	ระยะก่อนปลูก	0.059	0.173	0.234	0.170	0.144
	ระยะต้นอ่อน	0.057	0.132	0.088	0.062	0.102
	ระยะที่ฝักเจริญเต็มที่	89.210	27.077	15.502	33.103	129.170
	ระยะเก็บเกี่ยว	44.897	54.460	22.657	25.588	96.024
	ระยะหลังเก็บเกี่ยว	57.276	61.478	45.518	27.045	164.782
	รวม	191.498	143.319	84.000	85.967	390.223
กรัมโพแทสเซียมต่อระยะการเจริญเติบโต	ระยะก่อนปลูก	0.039	0.118	0.182	0.102	0.165
	ระยะต้นอ่อน	0.099	0.193	0.198	0.121	0.185
	ระยะที่ฝักเจริญเต็มที่	79.408	38.878	26.278	42.609	250.848
	ระยะเก็บเกี่ยว	2,601.445	65.027	38.872	2,263.042	5,013.003
	ระยะหลังเก็บเกี่ยว	63.999	70.162	57.696	35.525	261.903
	รวม	2,744.990	174.379	123.227	2,341.398	5,526.104

การสูญเสียไนโตรเจนทั้งหมดไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดิน ผลการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละแปลงทดลอง แปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเท มีการสูญเสียสูงสุดเท่ากับ 28,815.222 กรัมไนโตรเจน และแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวนสูญเสียต่ำสุดเท่ากับ 1,540.547 กรัมไนโตรเจน และพบว่าในระยะก่อนปลูก และระยะต้นอ่อนปริมาณการสูญเสียไนโตรเจนน้อยกว่าระยะอื่น ส่วนระยะที่ฝักเจริญเต็มที่นั้นการสูญเสียธาตุอาหารไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดินสูงสุด เนื่องจากปริมาณธาตุอาหารนั้นมีความสอดคล้องกับปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การสูญเสียฟอสฟอรัสทั้งหมดไปกับน้ำไหลบ่าดิน ผลการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละแปลงทดลอง พบว่า แปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวนมีการสูญเสียสูงสุดเท่ากับ 390.223 กรัมฟอสฟอรัส และแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวนสูญเสียต่ำสุดเท่ากับ 84.000 กรัมฟอสฟอรัส เมื่อเปรียบเทียบการสูญเสียฟอสฟอรัสแต่ละระยะการเจริญเติบโต พบว่าในระยะต้นอ่อนหรือในระยะแรกของการปลูกพืชสูญเสียฟอสฟอรัสน้อยที่สุดเนื่องจากช่วงนี้ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินน้อย และยังมีธาตุอาหารเดิมหลงเหลืออยู่ในพื้นที่บางส่วน ซึ่งระยะนี้พืชยังไม่มีการดูดใช้ธาตุอาหารมากนัก ประกอบกับเป็นช่วงต้นฤดูฝนการละลายของธาตุอาหารในดินยังไม่มากนัก ส่วนระยะหลังเก็บเกี่ยวมีการสูญเสียธาตุฟอสฟอรัสไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดินสูงที่สุด เนื่องจากระยะนี้ความสามารถของพืชในการปกคลุมดินลดต่ำลง และเป็นช่วงที่เพิ่งพ้นช่วงการเก็บเกี่ยวผลผลิตซึ่งเป็นการรบกวนดินมาไม่นานนัก นอกจากนี้ในระยะนี้การเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินยังค่อนข้างสูง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีส่วนในการทำให้เกิดการสูญเสียธาตุอาหารออกจากพื้นที่

การสูญเสียโพแทสเซียมทั้งหมดไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดิน ผลการศึกษาพบว่า ในการเปรียบเทียบในแต่ละแปลงทดลอง พบว่า แปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน มีการสูญเสียสูงสุดเท่ากับ 5,526.104 กรัมโพแทสเซียม และแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวนมีสูญเสียต่ำที่สุดเท่ากับ 123.227 กรัมโพแทสเซียม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดพืช พบว่า แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิมมีการสูญเสียโพแทสเซียมน้อยกว่าแปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม นอกจากนี้พบว่าในช่วงที่ทำการปลูกพืชแล้วระยะต้นอ่อนนั้นมีการสูญเสียโพแทสเซียมน้อยที่สุด เนื่องจากระยะนี้การเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินน้อยส่งผลต่อการสูญเสียโพแทสเซียมน้อยด้วย ส่วนระยะเก็บเกี่ยวสูญเสียโพแทสเซียมสูงที่สุดเพราะระยะมีการสูญเสียน้ำจากแปลงทดลองสูง และมีการรบกวนพื้นที่จากการเก็บเกี่ยว

นอกจากนี้ การสูญเสียธาตุอาหารหลักที่ติดไปกับตะกอนดินตลอดระยะการเพาะปลูกในแต่ละแปลงทดลอง พบว่า แปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเท เท่ากับ 77.308, 30.619 และ 155.819 กรัม ตามลำดับ แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม เท่ากับ 22.828, 7.709 และ 50.616 กรัม ตามลำดับ แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน เท่ากับ 17.205, 8.261 และ 39.859 กรัม ตามลำดับ แปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม เท่ากับ 15.315, 5.083 และ 38.565 กรัม ตามลำดับ และแปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน เท่ากับ 14.915, 6.171 และ 42.926 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 7) โดยสามารถจำแนกการสูญเสียแต่ละธาตุอาหารที่ติดไปกับตะกอนดินได้ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 การสูญเสียธาตุอาหารหลักไปกับตะกอนดินจากแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และถั่วเหลือง ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตโดยใช้เครื่องจำลองฝน ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่

ธาตุอาหาร	ระยะการเจริญเติบโต	สิ่งทดลอง				
		แปลงไถพรวนขึ้น-ลง	ข้าวโพด	ข้าวโพดเป็นแถว	ถั่วเหลือง	ถั่วเหลืองเป็นแถว
กรัมไนโตรเจนต่อระยะการเจริญเติบโต	ระยะก่อนปลูก	13.740	2.860	2.645	3.575	4.463
	ระยะต้นอ่อน	15.375	12.688	3.813	5.130	2.633
	ระยะที่ฝักเจริญเต็มที่	13.028	1.955	1.593	2.650	3.080
	ระยะเก็บเกี่ยว	11.130	2.025	1.955	1.800	3.045
	ระยะหลังเก็บเกี่ยว	24.035	3.300	7.200	2.160	1.695
	รวม	77.308	22.828	17.205	15.315	14.915
กรัมฟอสฟอรัสต่อระยะการเจริญเติบโต	ระยะก่อนปลูก	6.298	1.210	1.725	1.925	2.338
	ระยะต้นอ่อน	6.150	5.250	2.745	1.710	1.073
	ระยะที่ฝักเจริญเต็มที่	4.246	0.404	0.296	0.265	0.496
	ระยะเก็บเกี่ยว	5.565	0.625	1.615	0.833	0.945
	ระยะหลังเก็บเกี่ยว	8.360	0.220	1.880	0.350	1.320
	รวม	30.619	7.709	8.261	5.083	6.171
กรัมโพแทสเซียมต่อระยะการเจริญเติบโต	ระยะก่อนปลูก	12.023	7.040	14.375	15.813	23.163
	ระยะต้นอ่อน	41.820	38.063	17.385	17.670	11.018
	ระยะที่ฝักเจริญเต็มที่	9.602	2.559	2.269	2.443	3.716
	ระยะเก็บเกี่ยว	38.558	2.475	3.910	2.070	3.500
	ระยะหลังเก็บเกี่ยว	53.818	0.480	1.920	0.570	1.530
	รวม	155.819	50.616	39.859	38.565	42.926

การสูญเสียไนโตรเจนทั้งหมดไปกับตะกอนดิน ผลการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละแปลงทดลอง แปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเท มีการสูญเสียสูงสุด เท่ากับ 77.308 กรัมไนโตรเจน เนื่องจากการสูญเสียดินในแปลงนี้เกิดขึ้นสูงทุก ๆ ระยะการเจริญเติบโต จึงทำให้ธาตุอาหารที่ติดไปกับตะกอนดินนั้นสูงไปด้วย และแปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน สูญเสียต่ำสุด เท่ากับ 14.915 กรัมไนโตรเจน เนื่องมาจากสูญเสียดินในแปลงนี้ค่อนข้างต่ำ และถั่วเหลืองเองมีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนด้วยจึงมีส่วนช่วยในการลดการสูญเสียธาตุอาหารจากพื้นที่ได้ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดพืชพบว่าในแปลงปลูกถั่วเหลืองทั้งสองแบบนั้นเกิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การสูญเสียธาตุอาหารน้อยกว่าแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ โดยการปลูกด้วยวิธีการปลูกแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวนสามารถลดการสูญเสียธาตุอาหารไปกับตะกอนดินได้

การสูญเสียฟอสฟอรัสทั้งหมดไปกับตะกอนดิน ผลการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละแปลงทดลอง แปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเท มีการสูญเสียสูงสุดเท่ากับ 30.619 กรัมฟอสฟอรัส และแปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิมสูญเสียต่ำสุดเท่ากับ 5.083 กรัมฟอสฟอรัส เมื่อเปรียบเทียบการสูญเสียฟอสฟอรัสของแปลงปลูกถั่วเหลืองและแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แต่ละระยะการเจริญเติบโต พบว่าในแรกคือ ระยะก่อนปลูกและระยะต้นอ่อนเป็นระยะที่มีการสูญเสียฟอสฟอรัสสูงเนื่องจากการปกคลุมของพืชยังต่ำ การสูญเสียดินจากแปลงเกิดขึ้นในปริมาณที่สูงกว่าระยะอื่น ส่วนระยะอื่น ๆ ปริมาณการสูญเสียฟอสฟอรัสขึ้น ๆ ลง ๆ เนื่องจากธาตุฟอสฟอรัสมักจะอยู่ในหิน หรือแร่ดังนั้นต้องอาศัยปัจจัยที่เหมาะสมหลายปัจจัยด้วยกันที่จะทำให้การละลายของธาตุอาหารนี้จากวัตถุต้นกำเนิด

การสูญเสียโพแทสเซียมทั้งหมดไปกับตะกอนดิน ผลการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละแปลงทดลอง แปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเท มีการสูญเสียสูงสุดเท่ากับ 155.819 กรัมโพแทสเซียม และสูญเสียน้อยที่สุดในแปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม เท่ากับ 38.565 กรัมโพแทสเซียม เมื่อเปรียบเทียบระยะการเจริญเติบโต พบว่า ระยะต้นอ่อนมีการสูญเสียโพแทสเซียมสูงกว่าระยะอื่น ๆ เนื่องจากระยะนี้ความสามารถในการปกคลุมดินของพืชยังน้อยมากรวมทั้งเป็นระยะที่มีการสูญเสียดินสูงสุดจึงทำให้สูญเสียธาตุอาหารไปกับตะกอนดินสูงด้วย ส่วนระยะที่ฝักเจริญเต็มที่ปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารไปกับตะกอนดินน้อยที่สุด เนื่องจากระยะนี้พืชมีความต้องการธาตุอาหารสูง และการปกคลุมพื้นที่สูงกว่าระยะอื่น ๆ จึงสามารถป้องกันการตกกระทบของเม็ดฝนการสูญเสียธาตุอาหารไปกับตะกอนดินจึงน้อย นอกจากนี้พบว่าโพแทสเซียมที่สูญเสียไปจากการกัดเซาะผิวดิน จะมีปริมาณน้อยกว่าการสูญเสียไนโตรเจน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากผลการศึกษาการสูญเสียดิน น้ำ และธาตุอาหารจากแปลงทดลองโดยใช้เครื่องจำลองฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่ โดยเก็บข้อมูลจากแปลงทดลองการสูญเสียดินที่สร้างขึ้นในปี 2551 จำนวน 15 แปลง มีความลาดชันของพื้นที่ 15 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาปริมาณการสูญเสียดิน น้ำไหลบ่าหน้าดิน และการสูญเสียธาตุอาหารจากแปลงการทดลอง สามารถสรุปได้ดังนี้

ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินตลอดระยะการเพาะปลูกสูงสุดในแปลงแปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน รองลงมาในแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเท แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม แปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม และน้อยที่สุดในแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน เท่ากับ 169.744, 88.994, 48.489, 46.467 และ 34.855 ลูกบาศก์เมตร เมื่อเปรียบเทียบแต่ละระยะการแจริญเติบโต ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินสูงสุดในระยะที่ฝักเจริญเต็มที่เนื่องจากระยะนี้เป็นช่วงฤดูฝนความสามารถของการซึมน้ำของดินค่อนข้างน้อย ประกอบกับหน้าดินได้ถูกชะล้างออกไปเหลือเพียงดินชั้นล่างซึ่งลักษณะทางปฐพีวิทยาของพื้นที่เป็นหินดินดาน และมีหินทรายแทรกสลับ ส่วนระยะต้นอ่อนนั้น ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินน้อยกว่าระยะอื่น ๆ เนื่องจากในระยะนี้เป็นช่วงฤดูแล้ง-ต้นฤดูฝน ความสามารถในการซึมซาบน้ำของดินยังสูงทำการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินน้อย ประกอบกับการเตรียมแปลงสำหรับการเพาะปลูกเช่นการไถพรวนดิน และขุดหลุมปลูกในระยะแรกนี้ส่งผลให้การซึมซาบน้ำดียิ่งขึ้น สำหรับปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินมากน้อยเพียงไร นั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยด้วยกัน ได้แก่ ความแตกต่างของชนิดพืช วิธีการปลูก ความหนาแน่นของเรือนยอด ระยะการเจริญเติบโตของพืช และการกระจายของน้ำฝนจากเครื่องจำลองฝน

การสูญเสียดินจากแปลงทดลองตลอดระยะการเพาะปลูกพบว่า สูงสุดในแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเท รองลงมาคือแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม แปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน แปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม และสูญเสียดินน้อยที่สุดในแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน เท่ากับ 25.900, 6.350, 4.000, 3.850 และ 3.825 กิโลกรัม และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติระหว่างแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเทกับแปลงอื่น ๆ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากแปลงทดลองขนาดเล็กอาจส่งผลให้การแสดงผลจากการศึกษาไม่ดีนัก ประกอบกับการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สูญเสียหน้าดินได้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลานาน พื้นที่ศึกษาจึงเหลือดินชั้นล่างซึ่งมีลักษณะเป็นกรวด และหินโหล่ซึ่งเกิดการชะล้างได้น้อย ส่วนการเปรียบเทียบระหว่างระยะการเจริญเติบโต พบว่าในระยะแรก คือ ระยะก่อนปลูกและระยะต้นอ่อน จะมีการสูญเสียดินสูงกว่าระยะอื่น โดยเฉพาะระยะต้นอ่อนซึ่งเป็นช่วงที่มีการเตรียมแปลงเพาะปลูกได้แก่ การกำจัดวัชพืช การไถพรวนดิน และขุดหลุมสำหรับปลูก ซึ่งการกระทำดังกล่าวเป็นการรบกวนดิน จึงส่งผลให้เกิดการสูญเสียดินสูง และลดลงในระยะต่อมาเนื่องจากความสามารถในการปกคลุมดินของพืชเพิ่มสูงขึ้น

การสูญเสียธาตุอาหารหลักไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดินตลอดระยะการเพาะปลูก ได้แก่ การสูญเสียไนโตรเจนทั้งหมด พบว่า สูงที่สุดในแปลงแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเท รองลงมาในแปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม แปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม และน้อยที่สุดในแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน เท่ากับ 28,815.222, 11,499.937, 9,491.675, 2,363.310 และ 1,540.547 กรัมไนโตเจน ตามลำดับ พบว่า สูญเสียฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงที่สุดในแปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน รองลงมาในแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเท แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม แปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม และน้อยที่สุดในแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน เท่ากับ 390,223, 191.498, 143.319, 85.967 และ 84.000 กรัมฟอสฟอรัส ตามลำดับ และสูญเสียโพแทสเซียมทั้งหมดไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดินตลอดระยะการเพาะปลูกในแต่ละแปลงทดลอง พบว่า สูงที่สุดในแปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน รองลงมาในแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเท แปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม และน้อยที่สุดในแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน เท่ากับ 5,526.104, 2,744.990, 2,341.398, 174.379 และ 123.227 กรัมโพแทสเซียม ตามลำดับ

การสูญเสียธาตุอาหารหลักไปกับตะกอนดินตลอดระยะการเพาะปลูก ได้แก่ การสูญเสียไนโตรเจนทั้งหมด พบว่า สูงที่สุดในแปลงแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเท รองลงมาในแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน แปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม และน้อยที่สุดในแปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน เท่ากับ 77.308, 22.828, 17.205, 15.315 และ 14.915 กรัมไนโตเจน ตามลำดับ พบว่า สูญเสียฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงที่สุดในแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเท รองลงมาในแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม แปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้อยที่สุดในแปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม เท่ากับ 30.619, 8.261, 7.709, 6.171 และ 5.083 กรัม ฟอสฟอรัส ตามลำดับ และสูญเสียโพแทสเซียมทั้งหมดที่ติดไปกับตะกอนดินตลอดระยะการเพาะปลูกในแต่ละแปลงทดลอง พบว่า สูงที่สุดในแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเท รองลงมาในแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม แปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน และน้อยที่สุดในแปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม เท่ากับ 155.819, 50.616, 42.926, 39.859 และ 38.565 กรัม โพแทสเซียม ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากการศึกษาครั้งนี้

1.1 วิธีการเตรียมดินเพื่อการเพาะปลูกต้องรบกวนหน้าดินให้น้อยที่สุด ควรหลีกเลี่ยงการไถพรวนหน้าดิน การเพาะปลูกอาจใช้เพียงการขุดดิน เป็นหลุมเฉพาะแห่งที่จะปลูกพืช จากผลการทดลอง ปรากฏว่าในระยะต้นอ่อนมีการสูญเสียดินสูงกว่าระยะอื่น ๆ เนื่องมาจากการไถพรวนหน้าดินเพื่อเตรียมการเพาะปลูกปัจจัยหนึ่งด้วย

1.2 การใช้วัสดุคลุมดินขณะปลูก และหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต เป็นวิธีการที่สามารถลดการรบกวนดินจากการตกกระทบของเม็ดฝนอันเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เม็ดดินแตกตัว ซึ่งง่ายต่อการชะล้างพังทลาย และสูญเสียธาตุอาหารจากพื้นที่ นอกจากนี้ยังช่วยควบคุมความชื้น และเป็นการลดวัชพืชไปในตัวโดยเฉพาะในพื้นที่ที่ไม่มีการไถพรวนก่อนปลูก

1.3 ปริมาณวัชพืชที่แตกต่างกันในแต่ละแปลงทดลอง และแต่ละช่วงการเจริญเติบโต ส่งผลให้ความสามารถในการป้องกันการตกกระทบของฝนในแปลงทดลอง การชะล้างพังทลายของดิน และการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน แตกต่างกันไป จึงควรคำนึงถึงปัจจัยความหนาแน่นของการปกคลุมดินจากวัชพืชในแปลงด้วย

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาครั้งต่อไป

2.1 อิทธิพลของลมมีผลต่อทิศทางของน้ำฝนจากเครื่องจำลองฝนที่อาจทำให้รับน้ำฝนไม่เท่ากันทั้งแปลง ในการศึกษาครั้งต่อไปจึงควรหาแนวทางแก้ไขปัจจัยด้านนี้ด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 แปลงทดลองขนาดเล็กทำให้ผลการศึกษาที่ได้ไม่ดีนัก เนื่องจากการใช้แปลงขนาดเล็กนั้นอาจทำให้ไม่เห็นความแตกต่างระหว่างแปลงที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำกับแปลงที่ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ และปกติขนาดของพื้นที่ขนาดเล็กจะเกิดการชะล้างพังทลายของดินสูงกว่าพื้นที่ขนาดใหญ่ จึงอาจทำให้ค่าที่ได้จากการทดลองสูง หรือแตกต่างจากพื้นที่ธรรมชาติได้ การศึกษาครั้งต่อไปจึงควรคำนึงถึงปัจจัยด้านขนาดแปลงทดลองที่เหมาะสมมากกว่านี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมแผนที่ทหาร. 2542. **แผนที่ภูมิประเทศลำดับชุด L7018**. กระทรวงกลาโหม, กรุงเทพฯ

กรมพัฒนาที่ดิน. 2530. **การศึกษาและวิจัยการชะล้างพังทลายของชุดดินต่างๆ จังหวัดแพร่**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2545. **แผนที่กลุ่มชุดดิน**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2550. **แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กัลยาณี ดอนสกุล, ประเดิมชัย แสงคูวงษ์ และ สมาน รวยสูงเนิน. 2528. **ปริมาณตะกอนและน้ำไหลบ้าหน้าดินจากพื้นที่เกษตรกรรม บริเวณสถานีวิจัยเพื่อรักษาต้นน้ำแม่กลองกาญจนบุรี**. ฝ่ายวิจัยกองอนุรักษ์ต้นน้ำ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทร์แก้ว. 2539. **หลักการจัดการลุ่มน้ำ.** คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทร์แก้ว และนิพนธ์ ตั้งธรรม. 2525. **หลักปฏิบัติในการจัดการลุ่มน้ำ.** ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 8. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์. 2532. **มันสำปะหลัง : การปลูก อุตสาหกรรมแปรรูป และการใช้ประโยชน์**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. 2529. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2526. **การควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน ตอนที่ 2: กรรมวิธีในการควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน.** ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2527. **การควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน**. ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2545. **แบบจำลองคณิตศาสตร์การชะล้างพังทลายของดินและมลพิษตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำ.** ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิวัติ เรืองพานิช. 2514. **ความหนาแน่นของเรือนยอดต้นไม้ที่มีผลต่อการสูญเสียดินและน้ำ การวิจัยลุ่มน้ำห้วยคอกม้า เล่มที่ 7**. ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

ประพิศ แสงทอง และพิชิต พงษ์สกุล. 2539. " การปลดปล่อยอินทรีย์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินไร่ " **ดินและปุ๋ย**. 18(1): 29-39.

ประสิทธิ์ นิรัติศยกุล. 2525. ปัญหาการกัดเซาะและการตกตะกอนในอ่างเก็บน้ำเพื่อการผลิตไฟฟ้า, *ใน* **รายงานประกอยการบรรยายพิเศษในที่ประชุมอนุรักษ์ดินและน้ำ**. โรงแรมบางแสน, ชลบุรี.

พิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์. 2536. **การศึกษาเปรียบเทียบการสูญเสียดินระหว่างสมการสูญเสียดินสากล (USLE) กับแปลงทดลองในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรชัย ปรีชาปัญญา. 2527. **การสูญเสียดินและน้ำจากการประยุกต์ระบบวนเกษตร : กรณีศึกษาเฉพาะกรณีการทำสวนกาแฟในป่าดิบเขาที่ดอยปุย เชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รัตนา ไกรนรา. 2552. **ดัชนีพืชคลุมดิน และดัชนีพืชคลุมดินร่วมกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่สัมพันธ์กับระยะการเจริญเติบโตของพืช ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เรือง จันทร์มหเสถียร. 2529. **การสูญเสียดินและน้ำจากการปลูกป่าบนขั้นบันไดดินบริเวณดอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภิชาติ วรรธนะประทีป. 2525. ผลการทดลองหาค่าการสูญเสียดินและปริมาณน้ำไหลบ่าโดยใช้สิ่งก่อสร้างต่างๆที่โครงการทดลองจัดการลุ่มน้ำแม่สา พ.ศ. 2522-2524, น. 263-271. *ใน* **รายงานการประชุมอนุรักษ์ดินและน้ำแห่งชาติ พ.ศ. 2525,** ชลบุรี.

วรากร สุจริต. 2551. **การประเมินค่าดัชนีของพืชคลุมดิน และค่าดัชนีของมาตรการควบคุมการชะล้างพังทลายของดินร่วมกับพื้นที่ปกคลุม ในสมการสูญเสียดินสากล โดยใช้เครื่องกำเนิดฝน ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ถาง จังหวัดแพร่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถานีวิจัยลุ่มน้ำยม. 2550. **ข้อมูลตรวจอากาศห้วยหมาไน อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่**. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ. (อัดสำเนา)

สมเจตน์ จันทวัฒน์. 2522. **การอนุรักษ์ดินและน้ำ เล่ม 1: การพังทลายของดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2524. **หลักการใช้ที่ดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมยศ กิจค้า. 2521. **การอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่ภูเขา.** โครงการจัดการลุ่มน้ำแม่สา กองอนุรักษ์ต้นน้ำ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมศักดิ์ เหลืองสะอาด. 2530. **การทดสอบการอนุรักษ์ดินและน้ำที่มีผลต่อการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน และส่งผลกระทบต่อผลผลิตของมันสำปะหลังบนชุดดินมาบบอนในบริเวณลุ่มน้ำแกแล อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, ถวิล ครุฑกุล, ไพบูลย์ ประพฤติธรรม และอำนาจ สุวรรณฤทธิ์. 2527. **ความอุดมบูรณ์ของดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุธัม ปลัดสงคราม, วิรัช บัวคา และวีนัส เจริญรุ่งรัตน์. 2523. การศึกษาการถูกชะล้างของดินบางชนิดที่เกิดจากความยาวของพื้นที่ลาดเทต่างๆกัน น. 79-83. *ใน* **รายงานวิชาการประจำปี 2523.** กองบริรักษ์ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุภาภรณ์ ศิริโสภณา. 2524. **การศึกษาธาตุอาหารในน้ำและในดินตะกอนที่มาจากการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ บริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุพัฒน์ ปักษาจันทร์. 2533. **ผลกระทบของปัจจัยทางชีวภาพต่อปริมารน้ำท่า และตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำชี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อภินันท์ ขอพร. 2538. **ประสิทธิภาพของมาตรการการอนุรักษ์ดินและน้ำรูปแบบต่างๆบนพื้นที่ลาดเขา บริเวณโครงการทดลองจัดการลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Anderson, G. 1980. **Assessing Organic Phosphorus in Soils**. pp.411-431. *In* F.E. Khasawnah (ed.). The Role of Phosphorus in Agriculture. ASA-CSSA-SSSA. Madison Wise.

Arnon, D.I. and P.O. Stout. 1939. The Essentiality of Certain Elements in Minute Quantity for Plants with Special Reference to Copper. **Physiol. Plant.** 14 : 371-375.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Barber, S.A. 1980. **Soil-Plant Interactions in Phosphorus Nutrition of Plants**. pp. 591-615. *In* F.E. Khasaeneh E.C. Sample and E.J. Kamprath. (eds.) The Role of Phosphorus in Agriculture. ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wise.

Baver, L.D. 1965. **Soil Physics.** 3rd ed. John Wiley and Sons, New York.

Barrow, H.L. and J.V. Kilmer. 1963. **Plant Nutrient Losses from Soils by Water Erosion**. Advances in Agron. 15 : 303-316.

Bhatt, P.N. 1977. **Loss of Plant Nutrient through Erosion Process**. Soil Conservation. Digest. 5(1) : 34-36.

Bennett, H.H. and W.R. Chapline. 1928. **Soil Erosion a National Management**. USDA Circular 33(36).

Bubenzer, G.D. 1979. Inventory of Rainfall Simulators. pp. 120-130. *In* **Proceeding of the Rainfall Simulator Workshop, Tucson Arizona, March 7-9, 1979**. U.S. Department of Agriculture Science and Education Administration Agricultural Reviews and Manuals. ARM-W-102 July 1979.

Burwell, R.E. , D.R. Timmons and R.F. Holt. 1975. **Nutrient Transport in Surface as Influenced by Soil Cover Seasonal Period**. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 39 : 523-528.

De Ploey, J.E. 1983. **Rainfall Simulation, Runoff and Soil Erosion**. Catena Supp. 4, Braunschwcig.

Esteves, M., Planchon, O., Lapetite, J.M., Silvera, N. and P. Cadet. 2000. The "EMIRE" Large Rainfall Simulator: Design and Field Testing. **Earth Surface Processes Landforms**. 25: 681-690.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ECAFE. 1953. **The Sediment Problems**. The United Nations Economic Commission for Asia and The Far East, Bangkok.

Gupta, R.K. 1981. Ecological Consequences of Irrational Landuses on Loss of Productive Soil pp. 219-230. *In* Proc. **South-East Asia Regional Symposium on Problems of Soil Erosion and Sedimentation**.

Harrison, A.F. 1982. Labile Organic Phosphorus Mineralization in Relationship to Soil Properties. **Soil Biol. Biochem**. 14 : 343-351.

Heinemann, H.G., R.F. Holt and D.L. Raush. 1973. Sediment and Nutrient Research on Selected Reservoirs, pp. 381-386. *In* **Man-Made Lakes: Their Problems and Environmental effect**. Amer. Geophys. Union Geophys. Monogr.

Hudson, N.W. 1971. **Soil Conservation**. Cornell University Press Ithaca, New York.

Johnson, R.C. 1993. **Effects of Forestry on Suspended Soils and Bedload Yield in the Balquhidder Catchments**. Journal of Hydrology. 145 : 403-417.

Kalpage, F.S.C.P. 1974. **Tropical Soils**. St.Martin Press , New York.

Laws, J.O. 1941. **Measurement of Fall Velocity of Water Drop Sand Raindrops**. Transactions of American Geophysics Union. 22 : 709-721.

Laws, J.O. and D.A. Parsons. 1943. **The Relationship of Raindrop-size to Intensity**. Transaction of American Geophysics Union. 24 : 452-459.

Meyer, L.D. and D.L. McCune. 1958. **Rainfall Simulator for Runoff Plots**. Agricultural Engineering. 10 : 644-648.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Meyer, L.D. and W.C. Harmon. 1979. **Multiple-Intensity Rainfall Simulator for Erosion Research on Row Side Slopes**. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. 22 : 100-103.

Middleton, H.E. 1930. **Properties of Soil with Influence Soil Erosion**. USDA Tech. Bull. 78.

Monchanov, A.A. 1963. **The Hydrological Roles of Forest**. Israel Program for Scientific Translations Ltd., Jerusalem.

Moore, Ian D; Michael Hirschi C. and B. J. Barfield. 1983. **Kentucky Rainfall Simulator**. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. 23 : 1085-1089.

Musgrave, G.W. 1947. **The Quantitative Evaluation of Factors in Water Erosion, a First Approximation**. Journal of Soil and Water Conservation. 2 : 133-138.

Nord, J.C. 1991. **A laboratory Rain Chamber for Testing Rain Fastness of Insecticide Deposite**. Journal Entomology. Soc. 26 : 267-270.

Osborn, B. 1955. How Rainfall and Runoff Erode Soil. pp. 126-135. *In* **The Yearbook of Agriculture USDA Government Printing Office Washington, D.C.**

Paul, E.A. and F.E. Clark. 1989**. Soil Microbiology and Biochemistry**. New York: Academic Press.

Schulz, E.F. 1981. Sediment Yield Estimated in Planning Land-use Changes. pp. 177-128. *In* **South-East Asian Regional Symposium on Problems of Soil Erosion and Sedimentation, Bangkok**.

Srinivan, M.S., P.J.A. Kleinman, A.N. Sharpley, T. Buob. and W.J. Gburek. 2007. Hydrology of Small Field Plots Used to Study Phosphorus Runoff under Simulated Rainfall. **Journal of Environ Qual**. 36: 1833-1842.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Smith, D.D. and D.M. Whitt. 1947. **Estimating Soil Losses from Field Areas of Claypan Soils**. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 12 : 485-490.

Tarasashvili, G.M. 1955. Forest and Mountain Meadow Soil in Eastern Georgia, pp. 51-83. *In* **A.A. Monchanov (ed). The Hydrological Roles of Forest**. Israel program for Scientific Translations Ltd., Jerusalem.

Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1975. **Soil Fertility and Fertilizer.** 3rd ed. Macmillan Publishing Co Inc, New York.

Van Doren, C.A. and J.J. Bartelli. 1956. **A Method of Forecasting Soil Losses**. Agric. Engineering. 37 : 335-341

Wischmeier, W.H. 1975. Estimation the Soil Loss Equation Cover and Management Factor for Undisturbed Area. pp. 188-124. *In* **ARS-S-40 US. Department. of Agriculture**. **Sediment Yield Workshop Proceeding**, Washington D.C.

Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1958. **Rainfall Energy and Its Relationship to Soil Loss**. Trans. Amer. Geophys. Union. 39 : 285-291.

Wischmeier, W.H. C.B. Johnson and B.V. Cross. 1971. **A Soil Erodibility Nomograph for Farmland and Construction Sites**. J. Soil and Water Conserv. 26: 189-193.

Wooldridge, D.D. 1964. **Effects of Parent Material and Vegetation on Properties Related to Soil Erosion in Central Washington**. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 28 : 430-432.

Zigg, A.W. 1940. Degree and Length of Land Slope as It Effects Soil Loss in Runoff. **Agr.** Eng. 21(2) : 59-64.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ค่าดัชนีชะล้างพังทลายของฝน (R-factor) ในแต่ละสตอร์มจากฝนธรรมชาติ ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่

ระยะการเจริญเติบโต	สตอร์ม	ปริมาณน้ำฝน (mm)	ระยะเวลาที่ฝนตก (min)	ความหนักเบาของฝน (mm/hr)	I_{30max} (cm/hr)	KE (m-ton/ha-cm)	E (m-ton/ha)	EI_{30} (m-ton/ha)
ระยะก่อนปลูก	06/05/2008	43.00	108	23.89	2.39	243.96	1049.03	2.51
	23/05/2008	13.00	30	26.00	4.50	247.23	321.40	14.46
ระยะต้นอ่อน	28/06/2008	15.00	84	10.71	2.00	212.97	319.45	6.39
	30/06/2008	22.00	174	7.59	2.00	199.62	439.17	8.78
	09/07/2008	19.00	42	27.14	3.00	248.90	472.90	14.19
	14/07/2008	34.00	114	17.89	4.00	232.79	791.49	31.66
ระยะที่ฝักเจริญเต็มที่	21/07/2008	12.50	78	9.62	1.00	208.78	260.98	2.61
	22/07/2008	24.00	78	18.46	3.50	234.00	561.59	19.66
	02/08/2008	25.50	96	15.94	1.00	228.32	582.20	5.82
	02/09/2008	29.00	96	18.13	7.00	233.29	676.53	47.36
	06/09/2008	25.50	132	11.59	4.50	216.01	550.82	24.79
	07/09/2008	18.50	96	11.56	2.00	215.91	399.44	7.99
	10/09/2008	37.00	96	23.13	4.50	242.70	898.00	40.41
ระยะเก็บเกี่ยว	13/09/2008	49.50	162	18.33	3.00	233.73	1156.96	34.71
ระยะหลังเก็บเกี่ยว	23/10/2008	24.50	72	20.42	3.50	237.89	582.83	11.90
	02/11/2008	50.25	144	20.94	3.00	238.86	1200.28	25.13

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณน้ำฝน ความหนักเบาของฝน ระยะเวลาที่ฝนตก และค่าดัชนีชะล้างพังทลายของฝน ในแต่ละครั้งจากเครื่องจำลองฝน (Rainfall simulator)ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่

ระยะการเจริญเติบโต	ครั้งที่	ระยะเวลาที่ฝนตก (min)	ความหนักเบาของฝน (mm/hr)	KE (m-ton/ha-cm)	E (m-ton/ha)	EI_{30} (m-ton/ha)	KE>1 (m-ton/ha)	AI_m (cm^2/hr)
ระยะก่อนปลูก	1	30.00	56.43	277.13	782.23	44.28	2.77	15.97
ระยะก่อนปลูก	2	30.00	68.32	284.54	972.23	66.55	2.85	23.38
ระยะต้นอ่อน	1	24.00	64.57	282.39	729.43	47.11	2.82	16.68
ระยะต้นอ่อน	2	30.00	53.56	275.15	737.01	39.53	2.75	14.36
ระยะที่ฝักเจริญเต็มที่	1	30.00	58.99	278.83	822.91	48.75	2.79	17.47
ระยะที่ฝักเจริญเต็มที่	2	29.00	63.85	281.75	870.77	56.28	2.82	19.92
ระยะเก็บเกี่ยว	1	30.00	63.03	281.39	887.29	56.17	2.81	19.94
ระยะเก็บเกี่ยว	2	30.00	63.03	281.39	887.29	56.17	2.81	19.94
ระยะหลังเก็บเกี่ยว	1	30.00	64.27	282.12	907.16	58.63	2.82	20.75
ระยะหลังเก็บเกี่ยว	2	30.00	62.08	280.83	871.97	54.26	2.81	19.31
รวม	-	-	-	2805.52	8468.29	527.71	28.06	187.71
เฉลี่ย	-	-	61.81	280.55	846.83	52.77	2.81	18.77

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินระหว่างแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเทกับแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
RUNOFF	Equal variances assumed	3.797	.087	.926	8	.382	8.10100	8.751462	-12.079909	28.281909
	Equal variances not assumed			.926	6.022	.390	8.10100	8.751462	-13.293816	29.495816

หมายเหตุ ทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 % โดยใช้วิธี t-test

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินระหว่างแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเทกับแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
RUNOFF	Equal variances assumed	6.649	.033	1.298	8	.230	10.82780	8.340558	-8.405561	30.061161
	Equal variances not assumed			1.298	5.210	.249	10.82780	8.340558	-10.355407	32.011007

หมายเหตุ ทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 % โดยใช้วิธี t-test

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินระหว่างแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเทกับแปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
RUNOFF	Equal variances assumed	3.478	.099	.965	8	.363	8.50540	8.810524	-11.811704	28.822504
	Equal variances not assumed			.965	6.131	.371	8.50540	8.810524	-12.941596	29.952396

หมายเหตุ ทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 % โดยใช้วิธี t-test

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินระหว่างแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเทกับแปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
RUNOFF	Equal variances assumed	7.443	.026	-1.008	8	.343	-16.14980	16.017850	-53.087029	20.787429
	Equal variances not assumed			-1.008	6.243	.351	-16.14980	16.017850	-54.976699	22.677099

หมายเหตุ ทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 % โดยใช้วิธี t-test

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินระหว่างระยะก่อนปลูกกับระยะต้นอ่อน

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
RUNOFF	Equal variances assumed	.128	.729	.343	8	.740	.00380	.011074	-.021737	.029337
	Equal variances not assumed			.343	7.273	.741	.00380	.011074	-.022188	.029788

หมายเหตุ ทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 % โดยใช้วิธี t-test

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินระหว่างระยะก่อนปลูกกับระยะที่ฝักเจริญเต็มที่

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
RUNOFF	Equal variances assumed	16.927	.003	-2.651	8	.029	-28.18240	10.629130	-52.693217	-3.671583
	Equal variances not assumed			-2.651	4.000	.057	-28.18240	10.629130	-57.693578	1.328778

หมายเหตุ ทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 % โดยใช้วิธี t-test

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9 ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินระหว่างระยะก่อนปลูกกับระยะเก็บเกี่ยว

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
RUNOFF	Equal variances assumed	6.107	.039	-3.654	8	.006	-25.94960	7.101684	-42.326114	-9.573086
	Equal variances not assumed			-3.654	4.000	.022	-25.94960	7.101684	-45.667012	-6.232188

หมายเหตุ ทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 % โดยใช้วิธี t-test

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินระหว่างระยะก่อนปลูกกับระยะหลังเก็บเกี่ยว

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
RUNOFF	Equal variances assumed	6.890	.030	-3.122	8	.014	-23.33140	7.474305	-40.567178	-6.095622
	Equal variances not assumed			-3.122	4.000	.035	-23.33140	7.474305	-44.083373	-2.579427

หมายเหตุ ทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 % โดยใช้วิธี t-test

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 11 ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินระหว่างแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิมกับแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
RUNOFF	Equal variances assumed	1.514	.253	.538	8	.605	2.72680	5.067153	-8.958076	14.411676
	Equal variances not assumed			.538	7.443	.606	2.72680	5.067153	-9.112015	14.565615

หมายเหตุ ทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 % โดยใช้วิธี t-test

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 12 ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินระหว่างแปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิมกับแปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
RUNOFF	Equal variances assumed	23.789	.001	-1.686	8	.130	-24.65520	14.619162	-58.367048	9.056648
	Equal variances not assumed			-1.686	4.703	.156	-24.65520	14.619162	-62.960233	13.649833

หมายเหตุ ทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 % โดยใช้วิธี t-test

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 13 ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดตะกอนดินระหว่างแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเทกับแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิม

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
SOIL	Equal variances assumed	1.334	.281	4.458	8	.002	3.91000	.877133	1.887327	5.932673
	Equal variances not assumed			4.458	5.708	.005	3.91000	.877133	1.736810	6.083190

หมายเหตุ ทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 % โดยใช้วิธี t-test

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 14 ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดตะกอนดินระหว่างแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเทกับแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
SOIL	Equal variances assumed	.556	.477	9.889	8	.000	4.41500	.446444	3.385498	5.444502
	Equal variances not assumed			9.889	6.830	.000	4.41500	.446444	3.353981	5.476019

หมายเหตุ ทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 % โดยใช้วิธี t-test

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 15 ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดตะกอนดินระหว่างแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเทกับแปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
SOIL	Equal variances assumed	.087	.775	8.427	8	.000	4.41000	.523319	3.203225	5.616775
	Equal variances not assumed			8.427	7.993	.000	4.41000	.523319	3.203048	5.616952

หมายเหตุ ทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 % โดยใช้วิธี t-test

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 16 ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดตะกอนดินระหว่างแปลงไถพรวนขึ้น-ลง ตามความลาดเทกับแปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
SOIL	Equal variances assumed	.007	.935	8.438	8	.000	4.38000	.519098	3.182958	5.577042
	Equal variances not assumed			8.438	7.983	.000	4.38000	.519098	3.182521	5.577479

หมายเหตุ ทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 % โดยใช้วิธี t-test

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 17 ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดตะกอนดินระหว่างระยะก่อนปลูกกับระยะต้นอ่อน

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
SOIL	Equal variances assumed	.467	.514	-.524	8	.614	-.69000	1.316767	-3.726470	2.346470
	Equal variances not assumed			-.524	7.899	.615	-.69000	1.316767	-3.733234	2.353234

หมายเหตุ ทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 % โดยใช้วิธี t-test

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 18 ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดตะกอนดินระหว่างระยะก่อนปลูกกับระยะที่ฝักเจริญเต็มที่

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
SOIL	Equal variances assumed	.006	.940	.838	8	.426	1.05000	1.253365	-1.840266	3.940266
	Equal variances not assumed			.838	7.996	.427	1.05000	1.253365	-1.840488	3.940488

หมายเหตุ ทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 % โดยใช้วิธี t-test

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 19 ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดตะกอนดินระหว่างระยะก่อนปลูกกับระยะเก็บเกี่ยว

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
SOIL	Equal variances assumed	.081	.783	1.093	8	.306	1.25000	1.143154	-1.386117	3.886117
	Equal variances not assumed			1.093	7.757	.307	1.25000	1.143154	-1.400539	3.900539

หมายเหตุ ทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 % โดยใช้วิธี t-test

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 20 ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดตะกอนดินระหว่างระยะก่อนปลูกกับระยะหลังเก็บเกี่ยว

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
SOIL	Equal variances assumed	.081	.783	.810	8	.441	1.08000	1.332878	-1.993621	4.153621
	Equal variances not assumed			.810	7.858	.442	1.08000	1.332878	-2.003301	4.163301

หมายเหตุ ทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี t-test

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 21 ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดตะกอนดินระหว่างแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิมกับแปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
SOIL	Equal variances assumed	1.176	.310	.573	8	.582	.50000	.872597	-1.512212	2.512212
	Equal variances not assumed			.573	5.620	.589	.50000	.872597	-1.670653	2.670653

หมายเหตุ ทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 % โดยใช้วิธี t-test

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 22 ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดตะกอนดินระหว่างแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบดั้งเดิมกับแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
SOIL	Equal variances assumed	2.471	.155	.609	8	.559	.50500	.828779	-1.406168	2.416168
	Equal variances not assumed			.609	4.737	.570	.50500	.828779	-1.661490	2.671490

หมายเหตุ ทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 % โดยใช้วิธี t-test

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 23 ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณการเกิดตะกอนดินระหว่างแปลงปลูกถั่วเหลืองแบบดั้งเดิมกับแปลงปลูกถั่วเหลืองเป็นแถวขวางความลาดชันโดยไม่ไถพรวน

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
SOIL	Equal variances assumed	.173	.689	-.059	8	.955	-.03000	.511395	-1.209279	1.149279
	Equal variances not assumed			-.059	7.998	.955	-.03000	.511395	-1.209337	1.149337

หมายเหตุ ทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 % โดยใช้วิธี t-test

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวพุทธพร แสงคำ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2527
สถานที่เกิด	สุราษฎร์ธานี
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วนศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	เจ้าหน้าที่วิเทศสัมพันธ์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์