



เหนียว (Clay loam) มีความสามารถในการซึมของน้ำเท่ากับ 7 มิลลิเมตร/วัน ดินร่วน (Loam) มีความสามารถในการซึมของน้ำเท่ากับ 12 มิลลิเมตร/วัน และ ดินเหนียวทราย (Sandy clay) มีความสามารถในการซึมของน้ำเท่ากับ 17 มิลลิเมตร/วัน ในขณะที่ปริมาณการซึมลึกที่ใช้ในงานชลประทานของประเทศไทย กำหนดให้ดินเหนียวมีความสามารถในการซึมของน้ำเท่ากับ 1 - 2 มิลลิเมตร/วัน ดินทรายมีความสามารถในการซึมของน้ำเท่ากับ 3-10 มิลลิเมตร/วัน (กรมชลประทาน, 2531) หรือร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำฝน (กิจการ พรหมมา, 2546) ซึ่งการซึมลึกเกิดกับน้ำที่ไม่อยู่ในอำนาจดูดยึดของดินนี้ถือเป็นน้ำอิสระ นอกจากทำให้ธาตุอาหารสูญเสียไปจากดินแล้ว ที่สำคัญกว่านั้นในด้านการทำให้ความชื้นที่พืชต้องการสูญเสียไปจากดินในรูปของการซึมลึกเป็นสิ่งที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ (กรมชลประทาน, 2531) ซึ่งการซึมของน้ำที่ผ่านโซนที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำไปสู่ระดับล่างหรือบาดาลถูกควบคุมโดยองค์ประกอบเหล่านี้คือ (สง่า ตั้งชวาล, 2537)

(1) ปริมาณน้ำฝน (Amount of Rainfall) ถ้ามีมากการแทรกซึมได้มาก

(2) สภาพภูมิประเทศ (Topography) พื้นที่ที่ลาดเอียงน้ำมีการแทรกซึมผ่านพื้นที่ลาดเทลงสู่ทางด้านล่างได้มากกว่าบนพื้นที่ราบ

(3) ความพรุนและความซึมได้ของหินและดิน (Porosity and Permeability of Rock and Soil) คุณสมบัติของหินและดินมีค่าความพรุนและความซึมได้แตกต่างกัน หินและดินที่มีค่าความพรุนและความซึมได้สูงจะแทรกซึมได้มาก

(4) พืช (Plant) ถ้าในบริเวณนั้น พืชมักจะดูดซึมน้ำได้ดี ทำให้การแทรกซึมลงไปสู่ชั้นดินและหินข้างล่างได้น้อย

นอกจากปัจจัยสำคัญดังกล่าวข้างต้นแล้ว น้ำในดินยังเกิดจากการเรียงตัวของเม็ดดินที่ทำให้เกิดช่องว่างที่มีขนาดและรูปร่างต่าง ๆ ขึ้น เมื่อฝนตกหรือให้น้ำแก่พืช น้ำก็จะแทรกเข้าไปอยู่ในช่องว่างเหล่านี้และเกาะติดอยู่กับเม็ดดินด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของดินกับโมเลกุลของน้ำ (วิบูลย์ บุญยธโรกุล, 2526) น้ำที่ไหลซึมผ่านชั้นพื้นผิวดินได้มาจากน้ำฝน (Rain fall) จะลงไปกักเก็บอยู่เหนือเส้นระดับน้ำใต้ดิน และน้ำที่ขังอยู่ระหว่างเม็ดดินตะกอน (สง่า ตั้งชวาล, 2537) ซึ่งแบ่งออกเป็น

(1) โซนที่มีอากาศแทรก (Zone of Aeration) เป็นส่วนของชั้นดินหรือชั้นหินที่มีอากาศ บางทีเรียกว่า โซนที่ไม่อิ่มตัว (Unsaturated Zone) โซนนี้จะอยู่เหนือ ระดับน้ำใต้ดินหรือระดับน้ำบาดาล (Ground Water Table หรือบางทีเรียกสั้น ๆ ว่า Water Table) และมีน้ำกักเก็บอยู่ และบางส่วนมีอากาศแทรกอยู่ มีความกดดันของของเหลวต่ำกว่าความกดดันของอากาศบนพื้นผิวดิน พืชส่วนมากได้รับน้ำใต้ดินในโซนที่มีอากาศแทรก ซึ่งน้ำในดินอยู่ในโซนนี้ด้วย



(2) โซนที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Zone of Saturation) เป็นโซนที่ไม่มีอากาศอยู่ใต้ระดับน้ำ ใต้ดิน น้ำที่ได้มาจากน้ำฝน น้ำที่ไหลตามแรงโน้มถ่วงจากโซนชั้นบน และน้ำที่มาจากหินหนืด (Magmatic Water) ที่อยู่ในระดับลึกเกิดจากการเย็นตัวตกผลึกของหินหนืดในโซนที่อิ่มตัวด้วยน้ำ มีน้ำใต้พื้นผิวดินอยู่เพียงชั้นเดียว คือ น้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาล (Ground Water)

น้ำในดิน

จากการเปลี่ยนแปลงและถ่ายเทเคลื่อนไหวได้ตลอดเวลาของน้ำในวงจรอุทกวิทยา โดยอยู่ในรูปของปัจจัยต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วนั้นทำให้เกิดเป็นสมดุลของน้ำในช่วงเวลาต่าง ๆ ซึ่งได้มีผู้ศึกษาเรื่องนี้มาเป็นระยะเวลานานแล้ว ในแต่ละวิธีมีการคำนวณหาที่แตกต่างกันออกไปตามสภาพของท้องที่และวัตถุประสงค์ของผู้ศึกษา แต่โดยทั่วไปปริมาณน้ำในดินมักคำนวณจากสมการสมดุลน้ำ ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรที่สำคัญ คือ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณการคายระเหย ปริมาณน้ำท่า และปริมาณน้ำซึมลึก

สมาน ปราการรัตน์ (2537) ได้ศึกษาปริมาณของน้ำในดินจากวิธีการการวิเคราะห์สมดุลน้ำในดินโดยใช้ข้อมูลอุตุณิยมิวิทยาเกษตรตั้งแต่ พ.ศ. 2512-2536 ของสถานีตรวจวัดอากาศเกษตร จำนวน 18 สถานีทั่วประเทศ ได้กำหนดให้ช่วงที่ 3 ของเดือนพฤษภาคม เป็นช่วงที่ดินจะมีน้ำในดินอิ่มตัวคือมีน้ำสะสมอยู่ 100 มิลลิเมตร ในทุกสถานีพบว่าจะเริ่มมีปริมาณสะสมของน้ำในดินที่ จังหวัดเชียงใหม่ ในปลายเดือนพฤษภาคม ถึงปลายเดือนพฤศจิกายน ปริมาณน้ำในดินจะมีมากที่สุด แต่ในต้นเดือนธันวาคมถึงกลางเดือนพฤษภาคม จะไม่มีปริมาณสะสมของน้ำในดินที่ จังหวัดสุโขทัย สำหรับในจังหวัดพิษณุโลก จากการศึกษาของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่า ช่วงระหว่างปลายเดือนพฤศจิกายนจนถึงต้นเดือนพฤษภาคม จะเป็นช่วงขาดแคลนน้ำ ช่วงระหว่างต้นเดือนพฤษภาคมถึงประมาณปลายเดือนสิงหาคม จะเป็นช่วงที่ฝนตกมากกว่าค่าคายระเหยน้ำ ซึ่งในช่วงนี้ดินเริ่มสะสมความชื้นจนถึงจุดอิ่มตัว หลังจากนั้นฝนจะตกลงมามากเกินกว่าที่ดินจะรับได้ จึงเป็นสาเหตุประการหนึ่งที่ทำให้เกิดมีการไหลบ่าของน้ำ ซึ่งปกติจะอยู่ในช่วงระหว่างกลางเดือนสิงหาคมจนถึงประมาณปลายเดือนตุลาคม ตั้งแต่ปลายเดือนตุลาคมเป็นต้นไป ฝนเริ่มจะตกน้อยลงเกินกว่าค่าคายระเหยน้ำ ซึ่งช่วงนี้พืชก็จะเริ่มใช้น้ำที่สะสมจากดินไปจนถึงต้นเดือนธันวาคม จากนั้นก็จะเข้าสู่ช่วงขาดน้ำต่อไป จากความสัมพันธ์ดังกล่าวพอที่จะสรุปได้ว่า ฤดูกาลเพาะปลูกของจังหวัดพิษณุโลกในพื้นที่นอกเขตชลประทาน อยู่ระหว่างช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนพฤศจิกายน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2538) รณิณี ทองดารา (2540) ได้การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และข้อมูลสำรวจระยะไกลในการจัดทำแผนที่ความชื้นของดิน กรณีศึกษา ณ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ซึ่งการศึกษาเป็นการจัดทำแผนที่



ความชื้นของดิน โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และข้อมูลสำรวจระยะไกล พื้นที่ศึกษาดังอยู่ในพื้นที่ หมู่บ้านบริวารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยมี วิธีการศึกษา คือ การจัดทำฐานข้อมูลความชื้นของดิน การจัดทำแผนที่เพื่อใช้ในการเก็บตัวอย่างดิน การเก็บตัวอย่างและวัดค่าความชื้นของดิน การหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นของดินกับค่าการสะท้อนพลังงานของวัตถุจากข้อมูลดาวเทียมและปัจจัยที่เกี่ยวข้องด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอย การจัดทำแผนที่ความชื้นของดิน ได้ใช้โปรแกรม ILWIS โดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ชุตดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน ความสูงจากระดับน้ำทะเล ความลาดชัน ปริมาณน้ำฝน ค่าศักยภาพการคายระเหย และค่าการสะท้อนพลังงานของวัตถุจากข้อมูลดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM ช่วงเวลาที่ทำการศึกษาระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2538 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2539 ผลจากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปัจจัย ที่มีต่อปริมาณความชื้นของดิน พบว่า ความสูงจากระดับน้ำทะเล ความลึกของดิน เนื้อดิน ฤดูกาล ปริมาณน้ำฝน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีอิทธิพลต่อปริมาณความชื้นของดิน โดยค่าการสะท้อนพลังงานของวัตถุของข้อมูลดาวเทียม LANDSAT แบนด์ 4 และความสูงจากระดับน้ำทะเลมีอิทธิพลต่อความชื้นของดินเท่ากับ 79.64 เปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อนจากการประมาณค่าความชื้นของดินมีค่าเท่ากับ 1.877 เปอร์เซ็นต์ จากสมการประมาณค่าความชื้นของดินที่ได้ทำการศึกษาในพื้นที่สามารถจัดทำเป็นแผนที่ความชื้นของดิน เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบหรือวางแผนการเพาะปลูกหรือการให้น้ำแก่พืชได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยสามารถนำไปปรับใช้กับพื้นที่ศึกษาอื่น ๆ ได้ โดยใช้ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความชื้นของดินหรือ สามารถเพิ่มปัจจัยการศึกษาเพื่อให้เกิดศักยภาพในการประมาณ ค่าความชื้นของดินเพิ่มขึ้น

สมมูลน้ำ

ซูโซค อายุพงศ์ (2531) ได้ศึกษาสมมูลปริมาณน้ำของกลุ่มน้ำขนาดเล็กที่มีฝ่ายจำนวนมาก ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งปัจจุบันหน่วยงานของรัฐและองค์การระหว่างประเทศ กำลังเน้นการอย่างเร่งรัดในการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ โดยเฉพาะในด้านแหล่งน้ำ โครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็ก เพื่อการเกษตร เช่น ฝ่าย มีจำนวนเพิ่มขึ้น อย่างรวดเร็วทำให้มีความจำเป็นต้องวางแผนระยะยาวสำหรับการพัฒนาตลอดกลุ่มน้ำ เพื่อป้องกันการแย่งน้ำกันระหว่างฝ่ายแต่ละแหล่งในกลุ่มน้ำเดียวกัน จึงต้องวางแผนตลอดกลุ่มน้ำแต่ยังขาดวิธีในการวางแผน การศึกษานี้จึงสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับการวางแผนพัฒนาในกลุ่มน้ำขนาดเล็กที่มีฝ่ายหลายแหล่ง แบบจำลองนี้ใช้วิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ USDA Soil Conservation Service ในการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากฝน และใช้หลักการการสมมูลของปริมาณน้ำ (Water



Balance) คำนวณปริมาณน้ำรายวันในแปลงนาที่ได้รับน้ำเสริมจากฝายตลอดฤดูเพาะปลูก (นาปี) โดยการตรวจสอบความชื้นในดินของแปลงนาแต่ละวัน และหาปริมาณผลผลิตที่ได้ต่อไร่ ซึ่งถ้าทำการ วิเคราะห์เช่นนี้สำหรับแผนการพัฒนาหลาย ๆ แผนแล้วเปรียบเทียบผลก็สามารถหาจำนวนฝายและตำแหน่งที่เหมาะสมในลุ่มน้ำได้ ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง ประกอบด้วยข้อมูลฝนรายวัน และข้อมูลการระเหยรายวัน ประเภทของการใช้ที่ดินและชนิดของดินในลุ่มน้ำ และลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำ โดยข้อมูลเหล่านี้ได้รับการบันทึกไว้โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทางอุทกวิทยา แบบจำลองนี้จึงใช้ได้กับลุ่มน้ำที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่า การศึกษานี้ได้ทดลองใช้แบบจำลองกับลุ่มน้ำห้วยยาง อำเภอบัวลำภู จังหวัดอุดรธานี และลุ่มน้ำห้วยแสนพัน อำเภอกุศบาก จังหวัดสกลนคร ในกรณีพื้นที่นาที่รับน้ำเสริมจากฝายแต่ละแห่งมีขนาด 400 ไร่ และพื้นที่รับน้ำของฝายแต่ละแห่งมีขนาดใกล้เคียงกัน ถ้าเกณฑ์ในการวางแผนต้องการให้ไม่มีการแย่งน้ำระหว่างฝายแต่ละแห่งเพื่อไม่ให้ผลผลิตข้าวที่ได้ต่อไร่ลดลง พบว่าลุ่มน้ำห้วยยาง (พื้นที่รับน้ำ 75 ตารางกิโลเมตร) สามารถมีฝายได้ 15 แห่ง และลุ่มน้ำห้วยแสนพัน (พื้นที่รับน้ำ 40 ตารางกิโลเมตร) มีฝายได้ 8 แห่ง

ธนากร ลัทธิดีระสุวรรณ (2543) ได้ศึกษาสมมูลของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยไร่ บริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดสกลนคร ลุ่มน้ำห้วยไร่ซึ่งเป็นลุ่มน้ำขนาดเล็กเป็นต้นน้ำลำธารที่สำคัญแห่งหนึ่งของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งอยู่ในพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพาน ตำบลห้วยยาง อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร พื้นที่ลุ่มน้ำประกอบไปด้วยป่าเต็งรัง การศึกษาสมมูลของน้ำในครั้งนี้โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า ปริมาณความชื้นดิน ปริมาณการระเหยจากผิวดินตั้งแต่เดือนเมษายน 2535 ถึงมีนาคม 2542 เป็นเวลา 7 ปี พบว่าปริมาณน้ำฝนรายปีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,588.3 มิลลิเมตร และปริมาณของน้ำท่ารายปีเฉลี่ยเท่ากับ 22,272.8 ลูกบาศก์เมตร หรือคิดเป็นความสูงของน้ำเท่ากับ 160.9 ลูกบาศก์เมตร และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำฝน เท่ากับ 10.4 เปอร์เซ็นต์ หรือเท่ากับ 160,930.6 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางกิโลเมตร ปริมาณความชื้นของดิน เท่ากับ 174.5 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำรั่วซึม เท่ากับ 313 มิลลิเมตร คิดเป็น 19.2 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำฝน ปริมาณการคายระเหยน้ำรายปี เท่ากับ 1,114.3 มิลลิเมตร คิดเป็น 70.2 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำฝน ปริมาณการคายระเหยน้ำรายวัน เท่ากับ 3.1 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับสมมูลของน้ำกับพื้นที่อื่นๆ ลุ่มน้ำห้วยไร่มีปริมาณการคายระเหยเมื่อ เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อปริมาณน้ำฝน มีค่ามากกว่าลุ่มน้ำที่มีสภาพการปกคลุมเป็นป่าไม่ผลัดใบปริมาณการคายระเหยน้ำรายปีในลุ่มน้ำห้วยไร่มีแนวโน้มมากขึ้น ปริมาณการคายระเหยน้ำรายเดือนเพิ่มขึ้นในฤดูฝนและลดลงในฤดูแล้ง ลุ่มน้ำห้วยไร่มีสภาพภาพในระดับระยะวังภัย



3.3 วิธีการวิจัย

3.3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลหลักๆ ที่ใช้ในการวิจัยส่วนนี้ ได้แก่ ข้อมูลน้ำฝน ข้อมูลการระเหย เนื้อดิน ภูมิประเทศและประเภทการใช้ที่ดิน ข้อมูลเหล่านี้จัดเก็บเป็นข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital Data) ในรูปข้อมูลสถิติและแผนที่เชิงตัวเลข (Digital Map) โดยมีรายละเอียดดังนี้

- (1) แผนที่เชิงตัวเลขแสดงขอบเขตการปกครองจังหวัด อำเภอ และตำบล มาตราส่วน 1: 50,000 จัดทำโดยสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (Thai Environment Institute: TEI)
- (2) แผนที่เชิงตัวเลขแสดงพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยมาตราส่วน 1: 250,000
- (3) แผนที่ภูมิประเทศ (Topography Map) ขนาดมาตราส่วน 1: 50,000 จัดทำโดยกรมแผนที่ทหาร
- (4) แผนที่เชิงตัวเลขแสดงเส้นชั้นความสูง (Contour) และความลาดเทของพื้นที่ (Slope) ของจังหวัดพิษณุโลกมาตราส่วน 1: 50,000 จัดทำโดยสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย
- (5) แผนที่เชิงตัวเลขแสดงความลาดเทของพื้นที่ มาตราส่วน 1: 250,000 จัดทำโดยสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย
- (6) แผนที่เชิงตัวเลขแสดงชุดดินมาตราส่วน 1: 50,000 จัดทำโดยกรมพัฒนาที่ดิน
- (7) แผนที่เชิงตัวเลขแสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินมาตราส่วน 1: 50,000 จัดทำโดยกรมพัฒนาที่ดิน
- (8) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันจำนวน 145 สถานี (พ.ศ. 2536 ถึง 2545) จากข้อมูลของสถานีอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา และสถานีอุทกวิทยา กรมชลประทาน
- (9) ข้อมูลปริมาณการระเหยจากผิวดินรายวัน จำนวน 14 สถานี (พ.ศ. 2536 ถึง 2545) จากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา

3.3.2 การจัดเตรียมข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล เป็นข้อมูลที่มีความหลากหลายอยู่มาก ดังนั้นจึงมีการปรับปรุง และเปลี่ยนแปลงรูปแบบของข้อมูลเพื่อสะดวกต่อการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

- (1) ออกแบบระบบฐานข้อมูล (Data Base) ที่บรรยายคุณลักษณะของข้อมูลแต่ละชั้นข้อมูลให้ครอบคลุมเนื้อหาที่ศึกษา
- (2) นำเข้าตำแหน่งสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา (Add xy Data) เป็นข้อมูลจุด (Point) เป็น ระบบ UTM

(3) กำหนดขอบเขตของชั้นข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาทุกชั้นข้อมูลด้วยวิธีการ Clip Analysis ด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของพื้นที่ศึกษา

(4) ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และปรับปรุงแก้ไขระบบฐานข้อมูลแผนที่ โดยเปรียบเทียบกับแผนที่ฐาน (Base Map)

(5) จัดเตรียมข้อมูลชนิดดิน โดย สร้างชั้นข้อมูลชนิดของดิน ที่ได้จากการแบ่งกลุ่มชุดดิน ออกเป็น 4 กลุ่ม คือ Clay, Loam, Sandy Clay และ Clay Loam เพื่อใช้ในการหา ปริมาณการซึมลึก และค่า CN

(6) สร้างชั้นข้อมูลพื้นที่เกษตรกรรมจากแผนที่การใช้ที่ดิน โดยเลือกพื้นที่ทำการเกษตรที่เพาะปลูก ข้าว พืชไร่ และพืชผัก

(7) สร้างชั้นข้อมูลความเหมาะสมของการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรต่อชนิดของพืชที่ใช้ปลูก ตามโปรแกรม Soil View ของกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งวิเคราะห์จากชุดดินที่มีคุณสมบัติต่อการปลูกพืช

(8) สร้างชั้นข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient : Kc) ตามชนิดของพืช เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณการใช้น้ำของพืช

(9) นำเข้าสู่จุดความสูง โดยใช้ข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50000 เพื่อนำจุดความสูงเหล่านี้ไปใช้ในการสร้าง DEM

3.3.3 ขั้นตอนการดำเนินการ

(1) ปริมาณน้ำฝนและปริมาณการระเหย สร้างชั้นข้อมูลการกระจายของปริมาณน้ำฝน และปริมาณการระเหย โดยการประมาณค่าเชิงพื้นที่ ด้วยวิธี Tension Spline Type

(2) ปริมาณของน้ำท่าผิวดิน คำนวณจากผลรวมของน้ำท่าที่คำนวณได้จาก 2 วิธีการคือ (1) วิธีการคำนวณจากค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าซึ่งวิเคราะห์จากเปอร์เซ็นต์ความชัน และ (2) วิธีการคำนวณจาก SCS Curve Number ซึ่งวิเคราะห์จากชนิดดิน (Soil Type) และประเภทสิ่งปกคลุมดิน และ (Land Cover Type) โดยวิธีการคำนวณน้ำท่าจากสัมประสิทธิ์น้ำท่า สามารถวิเคราะห์ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ โดยการนำข้อมูลจุดความสูงของพื้นที่มาสร้าง DEM เพื่อวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน และแบ่งชั้นข้อมูลตามเปอร์เซ็นต์ความลาดชัน ด้วยวิธี Reclassify เพื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 แบบ ตามการจำแนกในงานชลประทาน ดังตาราง 3-1 จากเกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความลาดชันนำมาวิเคราะห์สัมประสิทธิ์น้ำท่าในสมการ 3-1 แล้วนำค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการคำนวณปริมาณน้ำท่ามาคำนวณหาปริมาณน้ำท่าใน สมการ 3-2

สมการคำนวณสัมประสิทธิ์น้ำท่า

$$Rc = (a \cdot P) + b \quad (\text{สมการ 3-1})$$

สมการคำนวณปริมาณน้ำท่า

$$R = [P \cdot R_c \cdot \text{Area}] / 1000 \quad (\text{สมการ 3-2})$$

เมื่อ R = น้ำท่า (ลบ.ม.) R_c = สัมประสิทธิ์น้ำท่า
 P = น้ำฝน (มม.) a = ค่าคงที่ของสมการ
 b = ค่าคงที่ของสมการ
 Area = พื้นที่ (ตร.ม.) (ในการศึกษานี้ เท่ากับ 1600)

ตาราง 3-1 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการในการคำนวณสัมประสิทธิ์น้ำท่า

Terrain	Type	Slope	a	b
1	Flat area	0 – 5%	0.1293	- 6.2370
2	Gentle slope area	> 5 – 15%	0.1293	- 3.0540
3	Rolling area	> 15 – 30%	0.1295	1.4890
4	Steep area	> 30%	0.1295	5.7160

ส่วนวิธีการคำนวณปริมาณน้ำท่าจาก SCS Curve Number โดยการใช้ค่า CN ที่ได้จากการแบ่งชนิดดินและประเภทสิ่งปกคลุมดิน ดังตาราง 3-2 มาคำนวณในสมการ 3-3 และสมการ 3-4 ตามลำดับ

$$R = [((P - 0.2S) / (P + 0.8S)) * 25.4 * \text{Area}] / 1000 \quad (\text{สมการ 3-3})$$

โดยที่ $P > 0.2S$

$$S = (1000/\text{CN}) - 10 \quad (\text{สมการ 3-4})$$

เมื่อ R = ปริมาณน้ำท่า (ลบ.ม.)
 P = ปริมาณน้ำฝน (นิ้ว)
 S = ความสามารถกักเก็บน้ำของดิน (นิ้ว)

ตาราง 3-2 ค่า CN แบ่งตามชนิดดินและประเภทสิ่งปกคลุมดิน

ชนิดดิน	ไร้ง	พืชผัก	นาข้าว	พืชไร่	ทุ่งหญ้า	ป่าไม้	ชุมชน
A (sandy)	77	67	62	60	30	35	58
B (loamy)	86	76	73	72	58	60	73
C (sandy clay loam)	91	83	81	81	71	73	82
D (clay)	94	86	85	84	78	80	86

(3) ปริมาณการซึม ซึ่งปริมาณน้ำที่สามารถซึมลงผ่านพื้นผิวดิน คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$I = P - (R + E) \quad (\text{สมการ 3-5})$$

เมื่อ I = ปริมาณการซึมทั้งหมด (น้ำในดินและน้ำซึมลึก) (ลบ.ม.)

P = ปริมาณน้ำฝน (ลบ.ม.)

R = ปริมาณน้ำท่า (ลบ.ม.)

E = ปริมาณการระเหย (ลบ.ม.)

(4) ปริมาณการซึมลึก โดยทดสอบการคำนวณจาก 7 แบบจำลองของการซึมลึก เพื่อได้ความเหมาะสมของปริมาณการซึมที่เหมาะสมกับการศึกษาครั้งนี้

(4.1) ปริมาณการซึมลึกที่ได้จากชนิดของดินที่ได้ศึกษาไว้โดย International Training Centre for Aerial Survey (ITC, 2002) และกรมชลประทาน (2531) (ตาราง 3-3) แสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$D_{(A, B, C, D)} = D_{\text{tex}} \cdot D_{\text{day}} \cdot \text{Area} \quad (\text{สมการ 3-6})$$

เมื่อ $D_{(A, B, C, D)}$ = ปริมาณการซึมลึก/สัปดาห์ตามชนิดดิน (ลบ.ม.)

D_{tex} = ปริมาณการซึมลึก/วัน ตามชนิดดิน (ลบ.ม.)

D_{day} = จำนวนวันที่ใช้ศึกษาสำหรับการศึกษานี้เท่ากับ 7 วัน

Area = พื้นที่ (ไร่)



ตาราง 3-2 ค่า CN แบ่งตามชนิดดินและประเภทสิ่งปกคลุมดิน

ชนิดดิน	ไร่ร้าง	พืชผัก	นาข้าว	พืชไร่	ทุ่งหญ้า	ป่าไม้	ชุมชน
A (sandy)	77	67	62	60	30	35	58
B (loamy)	86	76	73	72	58	60	73
C (sandy clay loam)	91	83	81	81	71	73	82
D (clay)	94	86	85	84	78	80	86

(3) ปริมาณการซึม ซึ่งปริมาณน้ำที่สามารถซึมลงผ่านพื้นผิวดิน คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$I = P - (R + E) \quad (\text{สมการ 3-5})$$

เมื่อ I = ปริมาณการซึมทั้งหมด (น้ำในดินและน้ำซึมลึก) (ลบ.ม.)

P = ปริมาณน้ำฝน (ลบ.ม.)

R = ปริมาณน้ำท่า (ลบ.ม.)

E = ปริมาณการระเหย (ลบ.ม.)

(4) ปริมาณการซึมลึก โดยทดสอบการคำนวณจาก 7 แบบจำลองของการซึมลึก เพื่อได้ความเหมาะสมของปริมาณการซึมที่เหมาะสมกับการศึกษาครั้งนี้

(4.1) ปริมาณการซึมลึกที่ได้จากชนิดของดินที่ได้ศึกษาไว้โดย International Training Centre for Aerial Survey (ITC, 2002) และกรมชลประทาน (2531) (ตาราง3-3) แสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$D_{(A, B, C, D)} = D_{\text{tex}} \cdot D_{\text{day}} \cdot \text{Area} \quad (\text{สมการ 3-6})$$

เมื่อ $D_{(A, B, C, D)}$ = ปริมาณการซึมลึก/สัปดาห์ตามชนิดดิน (ลบ.ม.)

D_{tex} = ปริมาณการซึมลึก/วัน ตามชนิดดิน (ลบ.ม.)

D_{day} = จำนวนวันที่ใช้ศึกษาสำหรับการศึกษานี้เท่ากับ 7 วัน

Area = พื้นที่ (ไร่)

ตาราง 3-3 ค่าการปรับแก้ปริมาณการซึมลึกของสถาบัน ITC และ กรมชลประทาน

Texture	A	B	C	D
A(Clay)	4	1.00	1	4
B(Loam)	12	2.57	3	12
C(Sandy clay)	14	3.00	3	12
D(Clay loam)	7	1.75	1	4

ที่มา : ITC = International Training Centre for Aerial Survey, RID = กรมชลประทาน

(*มิลลิเมตร/วัน)

(4.2) ปริมาณการซึมลึกที่มีการศึกษาไว้โดยกองวางแผนที่ดิน ซึ่งกำหนดให้ดินระดับความลึก 50 เซนติเมตร สามารถสะสมน้ำได้สูงสุด 100 มิลลิเมตร

$$D_{(E)} = (P - (E + R)) - (100 * \text{Area}) \quad (\text{สมการ 3-7})$$

เมื่อ $D_{(E)}$ = ปริมาณการซึมลึกของกรมพัฒนาที่ดิน (ลบ.ม.)

(4.3) ปริมาณการซึมลึกโดยคิดจาก 5% ของปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นในพื้นที่

$$D_{(F)} = ((P * 5) / 100) * \text{Area} \quad (\text{สมการ 3-8})$$

เมื่อ $D_{(F)}$ = ปริมาณการซึมลึกที่คิดเป็น 5% ของปริมาณน้ำฝน (ลบ.ม.)

(4.4) ปริมาณการซึมลึกที่ได้จากความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ในระดับความลึก 50 เซนติเมตร

$$D_{(G)} = (P - (E + R)) - (\text{Spore} * \text{Area}) \quad (\text{สมการ 3-9})$$

เมื่อ $D_{(G)}$ = ปริมาณการซึมลึกจากการอุ้มน้ำของดินชนิดต่าง ๆ (ลบ.ม.)

Spore = สัมประสิทธิ์ความพรุนของดินแต่ละชนิด (ตาราง 3-4)



ตาราง 3-4 สัมประสิทธิ์ความพรุนของดินแต่ละชนิด

ชนิดดิน	สัมประสิทธิ์ความพรุน
clay	0.60
clay loam	0.60
coarse	0.40
loam	0.50
loamy sand	0.40
sand	0.40
sand clay loam	0.50
sandy clay	0.40
silt loam	0.50
average	0.50

ที่มา : ยงยุทธ ไสยสกลา และคณะ (2541)

(5) ปริมาณน้ำในดิน แบบจำลองน้ำในดินประกอบด้วยตัวแปรสำคัญดังสมการ 3 -10

(ยงยุทธ ไสยสกลา และคณะ , 2541)

$$SW = P - (R + D + E) \quad (\text{สมการ 3-10})$$

เมื่อ SW = ปริมาณน้ำในดิน (ลบ.ม.) P = ปริมาณน้ำฝน (ลบ.ม.) R = ปริมาณน้ำท่า (ลบ.ม.) D = ปริมาณการซึม (ลบ.ม.) E = ปริมาณการระเหย (ลบ.ม.)

การวิเคราะห์ข้อมูลในแบบจำลองน้ำในดินได้กำหนดวิธีวิเคราะห์ โดยแบ่งตามวิธีการคำนวณตามแบบจำลองการซึมลึก จึงสามารถแบ่งแบบจำลองน้ำในดินได้ดังนี้

(5.1) แบบจำลองน้ำในดินโดยใช้ปริมาณการซึมลึกตามลักษณะของเนื้อดิน (ลบ.

ม.)

$$SW_{(A)}, SW_{(B)}, SW_{(C)}, SW_{(D)} = (P) - (E + D_{(A, B, C, D)} + R) \quad (\text{สมการ 3-11})$$

(5.2) แบบจำลองน้ำในดินที่ใช้ปริมาณการซึมลึกที่ศึกษาไว้โดยกองวางแผนที่ดิน

(ลบ.ม.)

$$SW_{(E)} = (P)-(E+D_{(E)}+R) \quad (\text{สมการ 3-12})$$

(5.3) แบบจำลองน้ำในดินโดยใช้ปริมาณการซึมลึกจาก 5% ของปริมาณน้ำฝน

(ลบ.ม.)

$$SW_{(F)} = (P)-(E+D_{(F)}+R) \quad (\text{สมการ 3-13})$$

(5.4) แบบจำลองน้ำในดินโดยใช้ปริมาณการซึมลึกที่เหลือจากความสามารถ

ในการอุ้มน้ำของดิน (ลบ.ม.)

$$SW_{(G)} = (P)-(E+D_{(G)}+R) \quad (\text{สมการ 3-14})$$

แบบจำลองน้ำในดินโดยวิธีการต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ดังตาราง 3-5

ตาราง 3-5 แบบจำลองน้ำในดินที่คำนวณตามลักษณะการซึมลึก

สมการ	หมายเหตุ
$SW_{(A)} = (P)-(E+D_{(A)}+R)$	คิดปริมาณการซึมลึกตามชนิดของดินแบบของ ITC
$SW_{(B)} = (P)-(E+D_{(B)}+R)$	คิดปริมาณการซึมลึกตามชนิดของดินแบบ ITC ที่ปรับเทียบกับแบบของชลประทาน
$SW_{(C)} = (P)-(E+D_{(C)}+R)$	คิดปริมาณการซึมลึกตามชนิดของดินแบบของชลประทาน
$SW_{(D)} = (P)-(E+D_{(D)}+R)$	คิดปริมาณการซึมลึกตามชนิดของดินแบบของชลประทานที่ปรับเทียบกับแบบของ ITC
$SW_{(E)} = (P)-(E+D_{(E)}+R)$	คิดปริมาณการซึมลึกแบบของกรมพัฒนาที่ดิน
$SW_{(F)} = (P)-(E+D_{(F)}+R)$	คิดปริมาณการซึมลึกจากร้อยละ 5 ของน้ำฝน
$SW_{(G)} = (P)-(E+D_{(G)}+R)$	คิดปริมาณการซึมลึกที่เหลือจากความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน

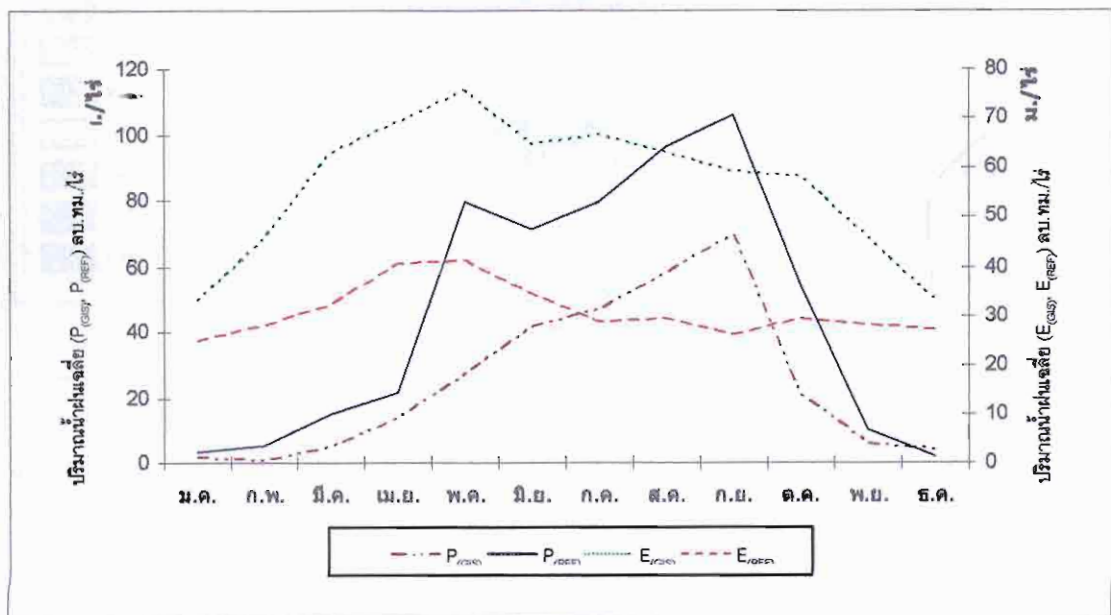
3.4 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองสมดุลน้ำ

3.4.1 ปริมาณน้ำฝนและปริมาณการระเหย

ปริมาณน้ำฝน ($P_{(GIS)}$) และปริมาณการระเหย ($E_{(GIS)}$) ของพื้นที่ศึกษาที่ได้จากการประมาณเชิงพื้นที่ เมื่อนำมาหาค่าสหสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนและปริมาณการระเหยอ้างอิง ($P_{(REF)}$, $E_{(REF)}$) ของกรมพัฒนาที่ดิน (ภาพ 3-2) พบว่า ปริมาณน้ำฝนมีค่าสหสัมพันธ์ร้อยละ 96 และปริมาณการระเหยมีค่าสหสัมพันธ์ร้อยละ 74 ช่วงสัปดาห์ที่ 34 ถึงสัปดาห์ที่ 37 มีปริมาณ

น้ำฝนเฉลี่ยมากกว่าสัปดาห์อื่นๆ คือ 109-119 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ตามลำดับ สำหรับปริมาณของน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปีของพิษณุโลกและอุตรดิตถ์ เท่ากับ 2,094 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ (1,309 มิลลิเมตร) และ 1,925 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ (1,203 มิลลิเมตร) ตามลำดับ ซึ่งผลรวมของทั้งจังหวัดเท่ากับ 13,948 และ 9,395 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับ (ภาพ 3-3)

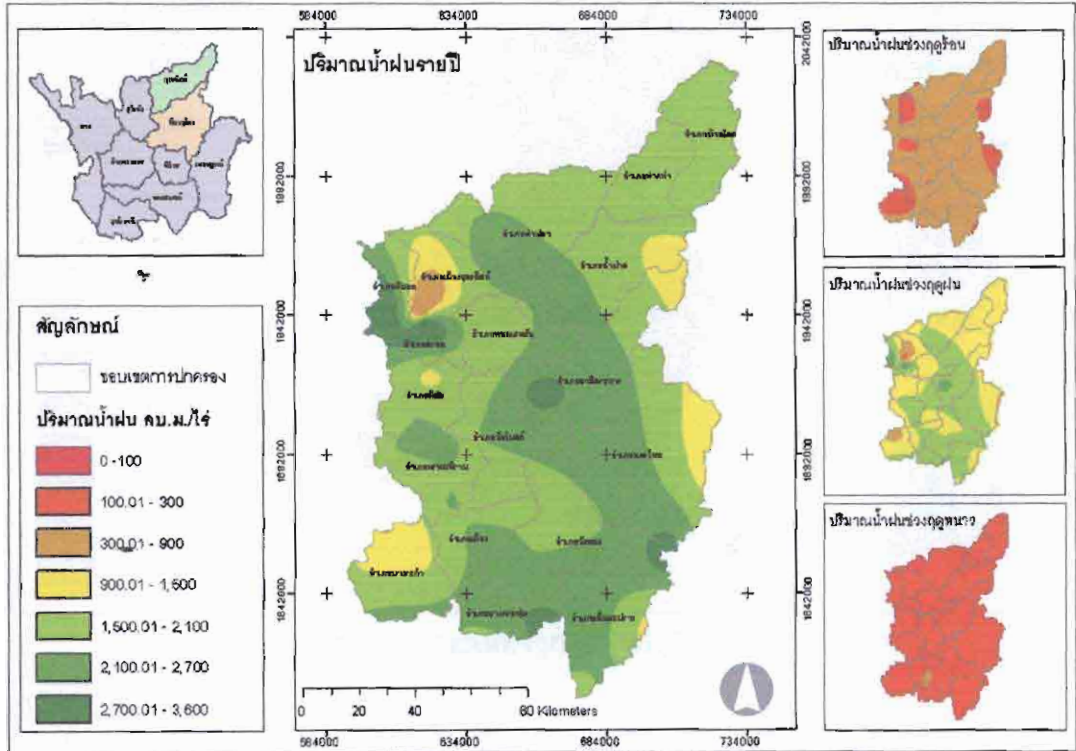
ปริมาณการระเหยจากผิวน้ำของทั้ง 2 จังหวัด ในช่วงสัปดาห์ที่ 16 ถึง สัปดาห์ที่ 18 เป็นสัปดาห์ที่มีปริมาณการระเหยเฉลี่ยสูงกว่าสัปดาห์อื่นๆ คือ 66-68 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ สำหรับปริมาณการระเหยเฉลี่ยทั้งปีของพิษณุโลกและอุตรดิตถ์ เท่ากับ 2,540 และ 2,363 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ (1,587 และ 1,476 มิลลิเมตร) ตามลำดับ ซึ่งผลรวมของการระเหยทั้งจังหวัดเท่ากับ 16,914 และ 11,534 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับ (ภาพ 3-4)



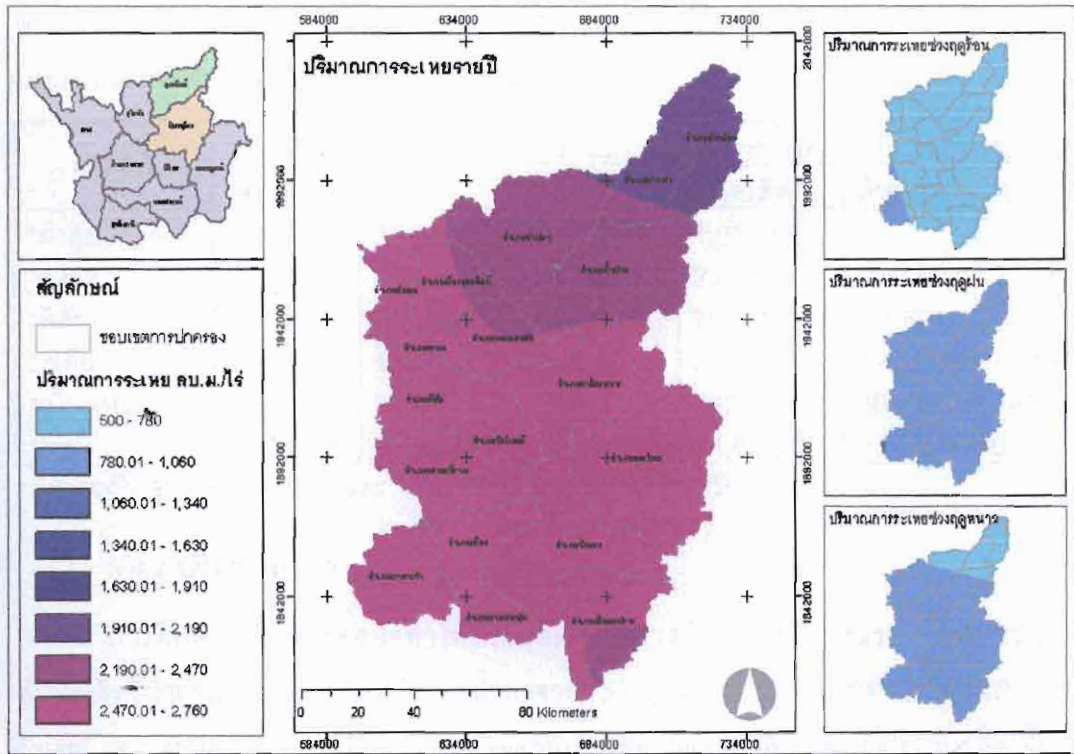
ภาพ 3-2 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำระเหย จากผลการศึกษาของสารสนเทศภูมิศาสตร์ (P_{GIS} , E_{GIS}) กับผลการศึกษาของกรมพัฒนาที่ดิน (P_{REF} , E_{REF})

จากการศึกษาปริมาณน้ำฝนและปริมาณการระเหยจากผิวน้ำของจังหวัดพิษณุโลกและอุตรดิตถ์ พบว่า สัปดาห์ที่มีปริมาณของน้ำฝนเพิ่มมากขึ้นจนสูงกว่าปริมาณการระเหยมีจำนวน 22 สัปดาห์ คือสัปดาห์ที่ 20 ถึงสัปดาห์ที่ 41 (ยกเว้นสัปดาห์ที่ 25 ที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่ำกว่าปริมาณการระเหย) สำหรับปริมาณการระเหยจริงซึ่งคำนวณจากสมการสมดุลน้ำ โดยปริมาณน้ำฝนลบกับผลรวมของปริมาณน้ำท่าและน้ำซึม พบว่า จังหวัดพิษณุโลกมีปริมาณเฉลี่ย 1,431 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี และมีปริมาณรวมทั้งจังหวัดเท่ากับ 9,532 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี จังหวัดอุตรดิตถ์มีปริมาณการระเหยจริงเฉลี่ย 1,275 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี และมีปริมาณรวมทั้งจังหวัด

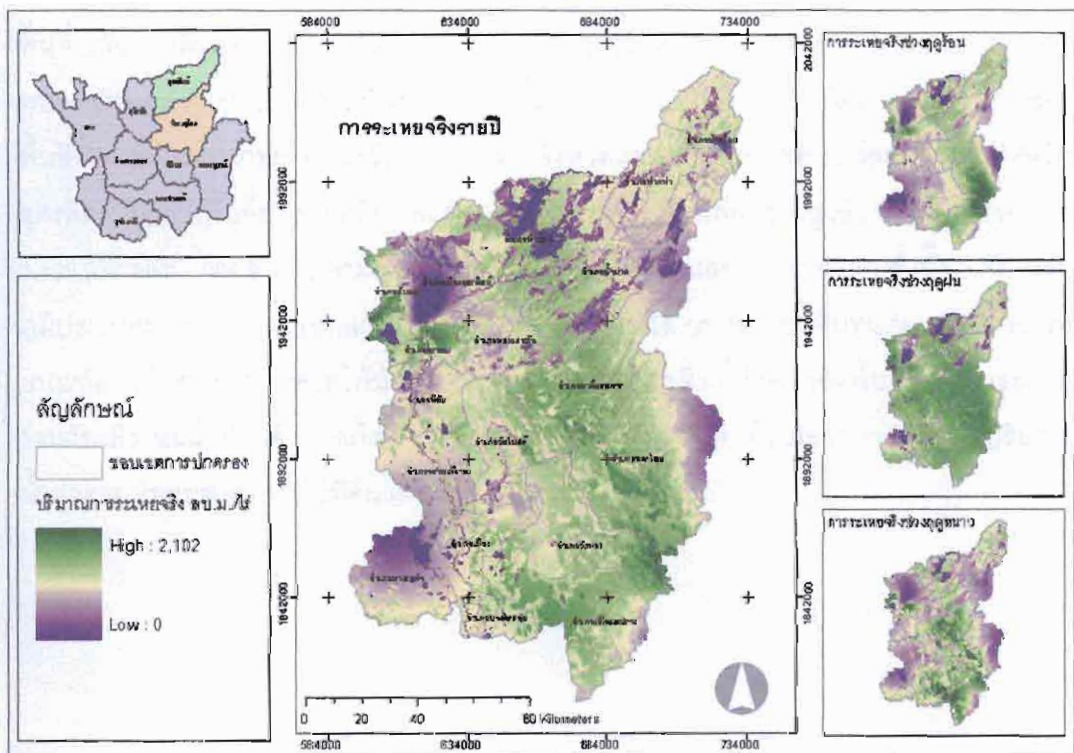
เท่ากับ 6,213 ล้านลูกบาศก์เมตร/ ปี (ภาพ 3-5) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน ปริมาณการระเหยจากผิวดิน และปริมาณการระเหยจริง สรุปได้ดังตาราง 3-6



ภาพ 3-3 ปริมาณน้ำฝนรวมทั้งปี และแต่ละฤดูกาล



ภาพ 3-4 ปริมาณการระบายจากเขื่อนรวมทั้งปี และแต่ละฤดูกาล



ภาพ 3-5 ปริมาณการระบายจริงรวมทั้งปี และแต่ละฤดูกาล

ตาราง 3-6 ปริมาณน้ำฝน ปริมาณการระเหยจากผิวดิน และปริมาณการระเหยจริงที่ได้จากการประมาณค่าเชิงพื้นที่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ค่าสถิติ	ปริมาณน้ำฝน		ปริมาณการระเหยจากผิวดิน		ปริมาณการระเหยจริง	
	พิษณุโลก	อุตรดิตถ์	พิษณุโลก	อุตรดิตถ์	พิษณุโลก	อุตรดิตถ์
*ต่ำสุด	884.05	314.12	2,314.23	1,911.53	-	-
*สูงสุด	2,936.78	3,531.54	2,757.15	2,668.22	2,102.34	2,062.97
*พิสัย	2,052.74	3,217.42	442.92	756.69	2,106.14	2,096.32
*เฉลี่ย	2,094.39	1,925.15	2,539.75	2,363.29	1,431.39	1,275.00
*เบี่ยงเบน	363.51	391.16	61.71	182.48	260.91	349.94
**รวม	13,948.20	9,395.75	16,914.20	11,534.10	9,532.37	6,213.04

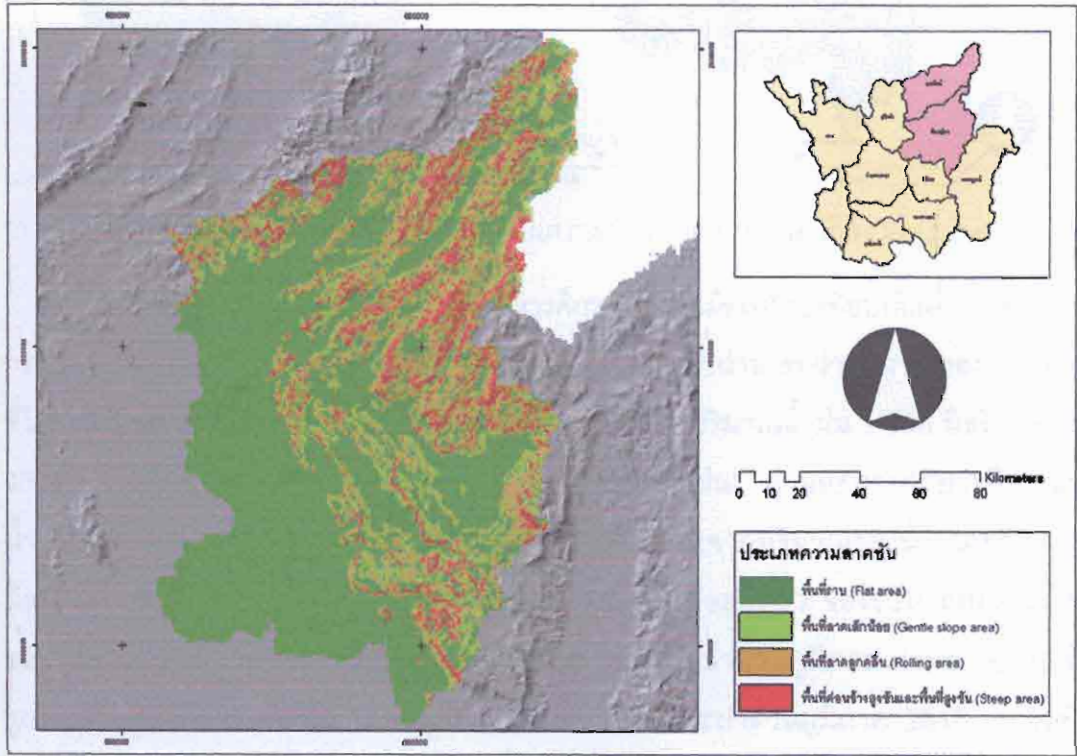
* มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี และ ** มีหน่วยเป็น ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี

3.4.2 ปริมาณน้ำท่า

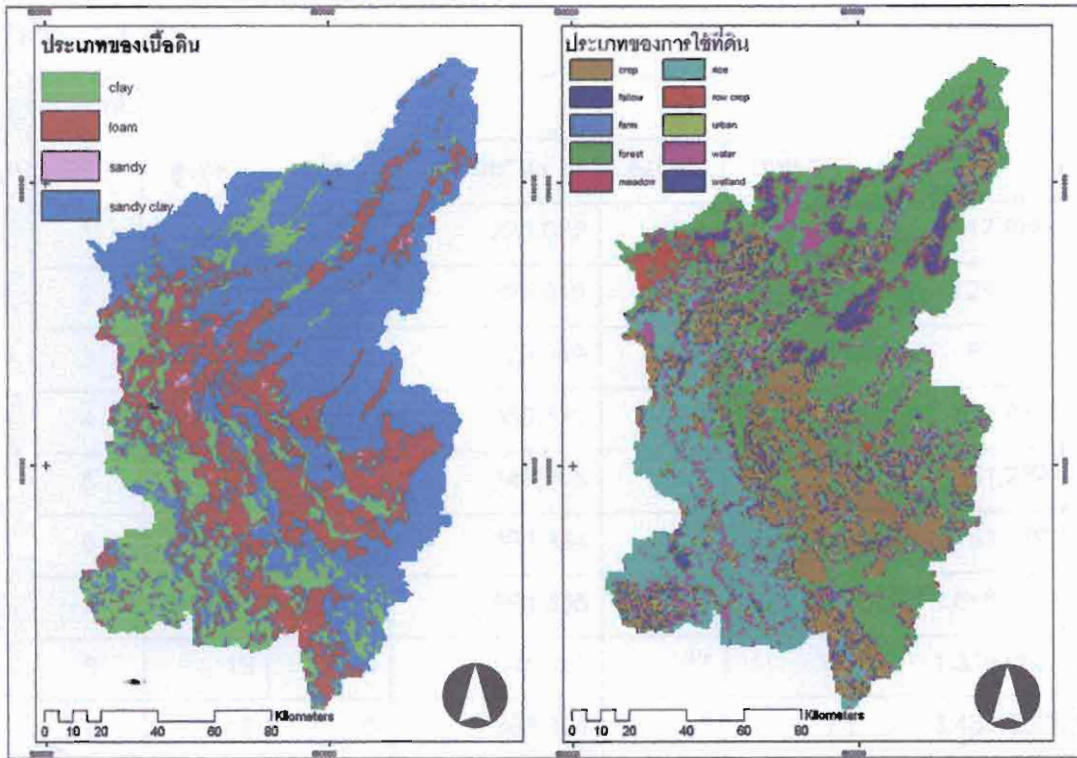
การศึกษาปริมาณของน้ำท่าได้ประยุกต์ใช้วิธีการคำนวณปริมาณของน้ำท่าจากค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าและการคำนวณปริมาณน้ำท่าจาก CN Curve โดยที่สัมประสิทธิ์น้ำท่า (Runoff Coefficient) แบ่งตามลักษณะความลาดเทของภูมิประเทศ (Slope) ออกเป็น 4 ประเภท คือ พื้นที่ราบ (Flat Area) พื้นที่ลาดเล็กน้อย (Gentle Slope Area) พื้นที่ลาดลูกคลื่น (Rolling Area) และพื้นที่สูงชัน (Steep Area) จากชั้นข้อมูลความสูงได้นำมาคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความลาดเทของพื้นที่ แล้วแบ่งพื้นที่ตามเปอร์เซ็นต์ความลาดเทออกเป็น 4 ประเภท (ตาราง 3-7) ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะภูมิประเทศแบบพื้นที่ราบมีพื้นที่มากที่สุดคือ 7,996,358 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 69 ของพื้นที่ทั้งหมด พบมากทางทิศตะวันตกของทั้ง 2 จังหวัดแต่พบในจังหวัดพิษณุโลกมากกว่าจังหวัดอุตรดิตถ์ สำหรับพื้นที่ลาดลูกคลื่น พื้นที่ลาดเล็กน้อย และพื้นที่ค่อนข้างสูงชัน มีพื้นที่ 1,318,226, 1,138,932 และ 1,080,835 ไร่ ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 11, 10 และ 9 ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 ลักษณะภูมิประเทศพบมากทางตอนกลาง และตะวันออกของจังหวัด (ภาพ 3-6) พื้นที่แต่ละประเภทตามเกณฑ์แบ่งด้วยความลาดเทได้นำไปใช้คำนวณหาสัมประสิทธิ์น้ำท่าของพื้นที่แต่ละประเภทร่วมกับปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จากวิธี SCS Curve Number ซึ่งได้จากการคำนวณปริมาณน้ำท่าตามประเภทของการใช้ที่ดินและเนื้อดิน (ภาพ 3-7)

ตาราง 3-7 เนื้อที่ตามประเภทความลาดชันของพื้นที่

ประเภทความลาดชัน	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (ตร.กม.)	พืชนุโลก (ไร่)	อุ ต ร ดิ ต ถ์ (ไร่)
พื้นที่ราบ (Flat area)	7,996,358	12,794	4,812,920	3,183,438
พื้นที่ลาดเล็กน้อย (Gentle slope area)	1,138,932	1,822	704,694	434,238
พื้นที่ลาดลูกคลื่น (Rolling area)	1,318,226	2,109	690,966	627,260
พื้นที่สูงชัน (Steep area)	1,080,835	1,729	450,976	629,859



ภาพ 3-6 ลักษณะความลาดชันของพื้นที่



ภาพ 3-7 ประเภทการใช้ที่ดินและเนื้อดินที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าโดยวิธี CN (curve number)

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองน้ำท่าในการศึกษารั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของกรมชลประทาน และกองประปาส่วนภูมิภาค โดยใช้พื้นที่ลุ่มน้ำน่าน พบว่าปริมาณของน้ำท่ารายปีที่ได้จากแบบจำลองเท่ากับ 10,148 ล้านลูกบาศก์เมตร (จากปริมาณน้ำฝน 1,308 มิลลิเมตร หรือ 45,213 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 22 ของปริมาณน้ำฝน) ส่วนผลการศึกษาปริมาณของน้ำท่าของกรมชลประทานเท่ากับ 12,015 ล้านลูกบาศก์เมตร (จากปริมาณของน้ำฝนเฉลี่ย 1,272 มิลลิเมตร หรือเท่ากับ 43,693 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 27 ของปริมาณน้ำฝน) (กรมชลประทาน, 2547. เว็บไซต์) และผลการศึกษาของการประปาส่วนภูมิภาคเท่ากับ 9,158 ล้านลูกบาศก์เมตร (คิดเป็นร้อยละ 21 ของปริมาณน้ำฝน) (การประปาส่วนภูมิภาค, 2547. เว็บไซต์)

ผลการศึกษา พบว่า จังหวัดพิษณุโลกมีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย 515.9 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี มีผลรวมของทั้งจังหวัดเท่ากับ 3,435 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี ซึ่งลำดับที่ 34 มีปริมาณน้ำท่ามากที่สุด คือ 344 ล้านลูกบาศก์เมตรและมีปริมาณเฉลี่ย 51.7 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ จังหวัดอุดรดิตถ์มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย 537 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี ผลรวมของทั้งจังหวัดเท่ากับ 2,617 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี ซึ่งลำดับที่ 34 มีปริมาณน้ำท่ามากที่สุด คือ 259 ล้านลูกบาศก์เมตรมีปริมาณเฉลี่ย 53.2 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ (ตาราง 3-8) ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าสามารถแสดงการกระจายของปริมาณน้ำท่าได้ดังภาพ 3-8

ตาราง 3-8 ปริมาณน้ำท่า

ลำดับ ที่	พิษณุโลก			อุตรดิตถ์		
	สูงสุด	เฉลี่ย*	รวม**	สูงสุด*	เฉลี่ย*	รวม**
1	10	0	220,852	4	0	517,848
2	8	0	321,016	8	0	729,260
3	2	0	20,049	3	0	64,204
4	19	0	350,581	6	0	321,814
5	6	0	149,905	3	0	161,282
6	17	0	393,394	2	0	61,279
7	16	0	693,685	14	0	1,616,800
8	19	0	541,523	17	0	1,339,080
9	19	0	888,304	31	1	3,437,880
10	25	0	991,331	55	2	8,290,350
11	26	0	1,099,650	16	0	1,872,890
12	48	1	3,286,030	28	1	3,734,170
13	32	0	2,942,090	42	3	12,454,700
14	62	1	6,413,730	36	2	8,394,170
15	101	1	9,567,590	39	2	10,239,300
16	62	2	13,575,900	42	2	11,601,000
17	70	4	26,716,400	60	6	28,653,200
18	109	6	36,312,700	128	9	42,340,800
19	133	18	117,004,000	209	25	119,647,000
20	123	19	129,072,000	157	27	130,768,000
21	108	12	81,138,000	110	13	63,636,700
22	128	20	134,663,000	116	20	96,281,700

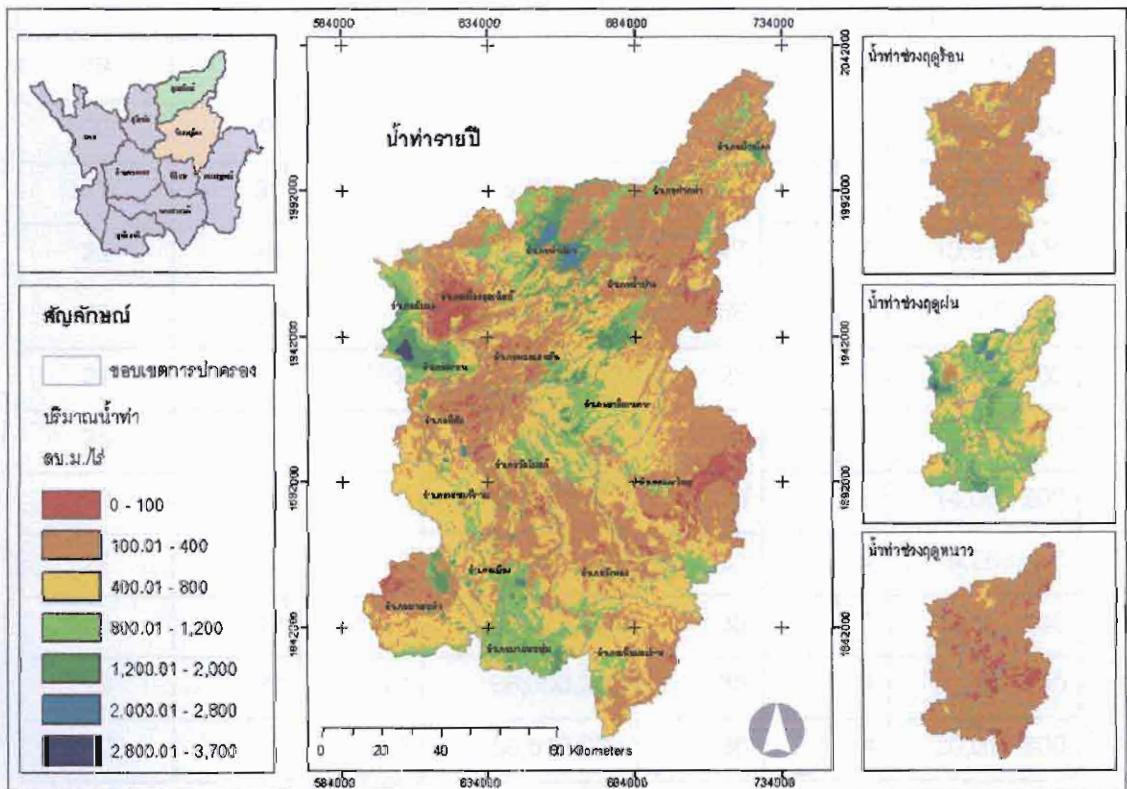
ตาราง 3-8 (ต่อ)

ลำดับ ที่	พิษณุโลก			อุตรดิตถ์		
	สูงสุด*	เฉลี่ย*	รวม**	สูงสุด*	เฉลี่ย*	รวม**
23	97	15	96,704,600	177	20	95,631,700
24	87	10	67,941,900	92	12	58,584,100
25	77	5	31,297,900	51	4	18,533,500
26	109	12	79,853,000	105	11	51,813,000
27	139	20	136,107,000	118	11	55,481,900
28	81	8	50,181,800	89	9	43,117,800
29	172	20	130,057,000	77	12	60,099,200
30	124	18	119,171,000	87	11	55,231,800
31	159	33	220,572,000	188	38	183,822,000
32	167	31	205,761,000	168	29	142,031,000
33	117	17	115,308,000	155	25	120,420,000
34	199	52	344,088,000	241	53	259,202,000
35	147	32	211,115,000	218	49	236,526,000
36	186	45	297,109,000	169	35	172,041,000
37	165	43	284,401,000	151	32	155,753,000
38	158	37	244,497,000	206	35	172,149,000
39	106	12	77,127,000	115	16	76,046,100
40	139	12	78,453,500	82	7	36,264,300
41	78	4	23,933,600	69	4	19,775,600
42	45	1	9,428,250	39	2	9,239,650
43	88	4	24,590,800	88	6	27,709,300
44	66	2	15,097,000	71	2	9,968,520
45	30	0	2,179,850	18	1	2,970,720

ตาราง 3-8 (ต่อ)

ลำดับ ที่	พืชปลูก			อุตสาหกรรม		
	สูงสุด	เฉลี่ย*	รวม**	สูงสุด*	เฉลี่ย*	รวม**
46	21	0	1,191,400	14	1	2,310,210
47	18	0	624,280	15	0	1,988,800
48	15	0	609,611	9	0	884,950
49	21	0	835,948	6	0	253,431
50	2	0	68,110	0	0	33,344
51	0	0	64,256	1	0	67,671
52	16	0	822,356	24	1	3,155,940
รวม		516	3,435,552,891		537	2,617,268,964

หมายเหตุ : * ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี ** ลูกบาศก์เมตร/ปี



ภาพ 3-8 ปริมาณน้ำท่ารายปี และปริมาณน้ำท่าแต่ละฤดูกาล

3.4.3 ปริมาณการซึมทั้งหมด

ปริมาณน้ำที่สามารถซึมลงสู่ผิวดิน (Infiltration) คิดจากปริมาณของน้ำฝนที่เหลือจากการระเหยและที่กลายเป็นน้ำท่า ผลการศึกษาพบว่า จังหวัดพิษณุโลกมีปริมาณการซึมทั้งหมดเฉลี่ย 247.0 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี มีผลรวมของทั้งจังหวัดเท่ากับ 1,644 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี สับดาห์ที่ 36 มีปริมาณการซึมมากที่สุด คือ 167.1 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณเฉลี่ย 25.1 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ จังหวัดอุดรดิตถ์มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย 196.5 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี มีผลรวมของทั้งจังหวัดเท่ากับ 957 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี ซึ่งสับดาห์ที่ 31 มีปริมาณการซึมมากที่สุด คือ 105.8 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณเฉลี่ย 21.7 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ (ตาราง 3-9)

ตาราง 3-9 ปริมาณการซึมรายสับดาห์

สับดาห์ที่	พิษณุโลก			อุดรดิตถ์		
	สูงสุด*	เฉลี่ย*	รวม**	สูงสุด*	เฉลี่ย*	รวม**
1 – 16	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	2	-	4,035
18	23	0	981,534	36	0	461,229
19	42	3	18,150,800	71	4	18,219,700
20	48	5	34,794,200	65	7	33,048,800
21	31	1	9,054,430	39	1	4,914,860
22	49	6	36,648,500	47	4	19,979,300
23	36	4	24,088,800	66	4	17,427,000
24	37	2	14,172,000	28	1	5,311,200
25	29	1	4,827,360	-	-	-
26	55	6	39,396,300	45	3	14,060,900
27	72	12	82,528,400	51	4	19,263,000
28	42	4	27,071,100	39	2	11,358,800
29	87	10	68,000,200	38	4	21,452,500
30	63	10	68,512,900	36	4	20,015,800



ตาราง 3-9 (ต่อ)

ลำดับพื้นที่	พิษณุโลก			อุตรดิตถ์		
	สูงสุด*	เฉลี่ย*	รวม**	สูงสุด*	เฉลี่ย*	รวม**
31	78	22	146,402,000	88	22	105,863,000
32	71	17	111,006,000	78	16	79,194,600
33	74	16	107,029,000	75	15	71,909,000
34	101	24	157,112,000	91	21	103,257,000
35	73	21	137,145,000	88	21	103,197,000
36	84	25	166,906,000	74	17	84,117,500
37	82	25	167,194,000	74	18	85,392,500
38	82	22	145,702,000	86	18	89,377,600
39	48	4	24,415,200	53	7	31,995,800
40	68	7	43,304,800	32	2	8,141,120
41	27	1	4,273,640	23	0	1,806,230
42	1	-	1	-	-	-
43	40	1	4,343,640	32	1	6,867,030
44	19	0	1,588,270	23	0	902,698
45 – 52	-	-	-	-	-	-
รวม		247	1,644,648,075		197	957,538,202

หมายเหตุ : * ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี ** ลูกบาศก์เมตร/ปี

3.4.4 ปริมาณการซึมลึก

ปริมาณของน้ำฝนที่สามารถซึมลึกลงสู่ผิวดินมีทั้งส่วนที่ดินสามารถกักเก็บไว้ (ซึ่งพืชสามารถใช้ประโยชน์จากน้ำในส่วนนี้) และน้ำที่สามารถไหลลงสู่ชั้นบาดาล การศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งการศึกษาปริมาณของการซึมลึกลงสู่ชั้นบาดาลออกเป็น 7 วิธีการ (สมการ 3-6 ถึง 3-9) ผลการศึกษา พบว่าวิธีที่มีปริมาณของน้ำซึมลึกเฉลี่ยมากที่สุดคือวิธี $D_{(E)}$ $D_{(B)}$ และ $D_{(C)}$ คือมีปริมาณ 47, 34 และ 28 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ (ภาพ 3-9) ปริมาณการซึมลึกที่คำนวณได้จาก 7 วิธี โดยเลือก

ตาราง 3-10 ตัวอย่างสัปดาห์ที่แสดงปริมาณการซึมลึกที่คิดเป็นร้อยละของน้ำฝนที่เกิดขึ้น

สัปดาห์	I	D _(A)	D _(B)	D _(C)	D _(D)	D _(E)	D _(F)	D _(G)
1 (ม.ค.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0
5 (ก.พ.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	0.0
9 (มี.ค.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0
14 (เม.ย.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0
18 (พ.ค.)	1.3	1.3	1.0	0.8	1.3	0.0	5.0	0.0
23 (มิ.ย.)	13.9	13.8	9.7	9.5	13.8	0.0	5.0	0.0
27 (ก.ค.)	32.0	29.2	12.9	15.3	28.0	0.0	5.0	0.0
32 (ส.ค.)	36.7	33.2	12.2	14.7	30.0	0.0	5.0	0.0
36 (ก.ย.)	45.0	36.5	11.1	13.5	31.8	0.0	5.0	0.0
41 (ต.ค.)	5.4	5.4	4.7	4.4	5.4	0.0	5.0	0.0
45 (พ.ย.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0
49 (ธ.ค.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0

หมายเหตุ: I คือ การซึมคิดเป็นร้อยละของน้ำฝน D_(A), D_(B), D_(C), D_(D), D_(E), D_(F), D_(G) คือ ปริมาณการซึมลึกคิดเป็นร้อยละของน้ำฝน



ตาราง 3-11 ปริมาณการขี้มด

สปีดาร์ ที่	พิษณุโลก			อุดรดิตถ์		
	สูงสุด*	เฉลี่ย*	รวม**	สูงสุด*	เฉลี่ย*	รวม**
1 – 16	-	-	-	2	-	4,035
18	18	0	963,569	18	0	458,202
19	21	3	16,772,500	21	3	15,751,100
20	21	4	29,743,600	21	5	25,327,400
21	21	1	8,507,480	21	1	4,797,050
22	21	5	31,915,700	21	4	18,051,800
23	21	3	23,021,700	21	3	15,501,700
24	21	2	13,944,400	18	1	5,245,780
25	21	1	4,816,420	-	-	-
26	21	5	32,040,800	18	3	12,942,100
27	21	8	55,113,700	18	3	15,155,500
28	21	4	24,856,700	18	2	10,402,100
29	21	7	48,118,700	18	4	19,358,700
30	21	8	51,816,400	21	4	18,219,500
31	21	11	75,246,100	21	10	50,123,900
32	21	10	64,839,300	21	9	41,516,100
33	21	10	66,289,800	21	9	43,818,000
34	21	11	73,206,400	21	10	48,613,900
35	21	11	73,001,300	21	10	46,881,900
36	21	12	77,747,400	21	9	44,561,200
37	21	12	78,969,300	21	10	47,308,900
38	21	12	77,847,200	21	10	46,474,700



ตาราง 3-11 (ต่อ)

ลำดับ ที่	พิษณุโลก			อุตรดิตถ์		
	สูงสุด*	เฉลี่ย*	รวม**	สูงสุด*	เฉลี่ย*	รวม**
39	20	3	22,394,500	21	5	26,112,600
40	21	6	38,791,100	18	2	7,940,460
41	18	1	4,183,180	12	0	1,717,010
42	1	-	1	-	-	-
43	21	1	3,891,540	21	1	6,164,790
44	18	0	1,587,600	18	0	899,410
รวม		150	999,626,390		118	573,347,837

หมายเหตุ : * ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี ** ลูกบาศก์เมตร/ปี

ลำดับที่ไม่ปรากฏในตาราง แสดงว่าไม่มีการขมิลกในลำดับนั้น

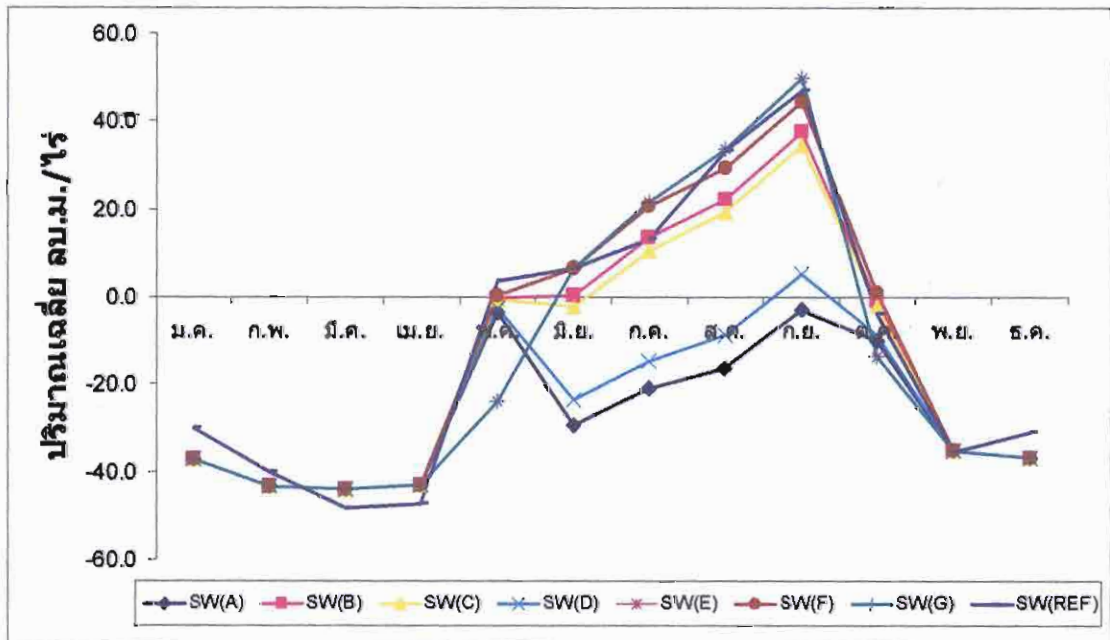
3.4.5 ปริมาณน้ำในดิน

การคำนวณปริมาณของน้ำในดินได้เลือกลำดับแรกของแต่ละเดือนมาเป็นตัวแทนในการเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำในดินอ้างอิงที่คำนวณโดยกรมพัฒนาที่ดิน โดยได้กำหนดให้ปริมาณน้ำที่ดินที่สามารถกักเก็บได้ไม่เกินความสามารถอุ้มน้ำได้ของดินที่ความลึกที่ 50 เซนติเมตร สามารถกักเก็บน้ำได้สูงสุด คือ ร้อยละ 50 ปริมาตรของดินทั้งหมด

ผลการศึกษา พบว่า ทุกแบบจำลอง (ตามสรุปในตาราง 3-5) เริ่มมีปริมาณน้ำในดินตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงกันยายน (ภาพ 3-10) ปริมาณของน้ำในดินจากแบบจำลองของสมการ $SW_{(A)}$ และ $SW_{(G)}$ มีปริมาณน้ำในดินเฉลี่ยเท่ากัน คือ 144.0 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี รองลงมาคือแบบจำลองของสมการ $SW_{(F)}$ และ $SW_{(D)}$ มีปริมาณน้ำในดินเฉลี่ย คือ 126.8 และ 101.7 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี ในขณะที่ปริมาณของน้ำในดินอ้างอิงเท่ากับ 96.8 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี แบบจำลองที่มีปริมาณของน้ำในดินน้อยกว่าปริมาณน้ำในดินอ้างอิงมีเพียงแบบจำลองเดียวคือแบบจำลองที่ได้จากสมการ $SW_{(B)}$

ผลการศึกษาปริมาณน้ำในดินโดยใช้แบบจำลองสมการน้ำโดยคิดจากปริมาณการขมิลก 7 วิธี พบว่า ปริมาณของน้ำในดินจากแบบจำลองของสมการ $SW_{(A)}$, $SW_{(B)}$, $SW_{(C)}$, $SW_{(D)}$, $SW_{(E)}$, $SW_{(F)}$ และ $SW_{(G)}$ มีค่าสหสัมพันธ์กับปริมาณอ้างอิง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2538) ร้อยละ 86, 99, 99, 93, 96, 99, และ 95 ตามลำดับ แบบจำลอง $SW_{(E)}$ และแบบจำลอง $SW_{(G)}$ มีปริมาณของน้ำในดินมาก

ที่สุดเท่ากันคือ 111.51 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี สำหรับของแบบจำลอง $SW_{(A)}$ มีปริมาณการซึมลึกสูง จึงทำให้ไม่มีปริมาณน้ำในดินเกิดขึ้น จากการเปรียบเทียบค่าคำนวณจากแบบจำลองกับค่าอ้างอิง จากผลการศึกษาของกรมพัฒนาที่ดิน เมื่อพิจารณาความถูกต้องของแบบจำลองจากค่า R^2 และ MSE พบว่า แบบจำลอง $SW_{(B)}$ เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด ($R^2=0.98$ และ $MSE=33.6$) ทั้งนี้ แบบจำลองนี้คำนึงถึงความแตกต่างของชนิดของดินที่มีผลต่อการซึม ในขณะที่แบบจำลอง $SW_{(C)}$ ซึ่งแม้ว่ามีค่า MSE ต่ำกว่าแต่ไม่ได้นำตัวแปรด้านชนิดดินมาใช้ในการคำนวณ ผลการวิเคราะห์ โดยด้วยแบบจำลอง $SW_{(B)}$ มีผลรวมของปริมาณน้ำในดินเท่ากับ 73.6 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณอ้างอิง (97 ลูกบาศก์เมตร) ปริมาณน้ำในดินที่คำนวณได้จากแบบจำลองทั้ง 7 สามารถแสดงเป็นแผนที่ได้ดังภาพ 3-10



ภาพ 3-10 ปริมาณน้ำในดินจากแบบจำลองต่าง ๆ เปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงของกรมพัฒนาที่ดิน

ตาราง 3-12 ปริมาณน้ำในดิน

สัปดาห์	*น้ำฝน	*การระเหย	*น้ำท่า	*การซึมรวม	*SW _(A)	*SW _(B)	*SW _(C)	*SW _(D)	*SW _(E)	*SW _(F)	*SW _(G)	*SW _(REF)
1 (ม.ค.)	2.2	39.5	0.0	-37.2	-37.2	-37.2	-37.2	-37.2	-37.2	-37.2	-37.2	-30.1
5 (ก.พ.)	1.2	44.7	0.0	-43.4	-43.4	-43.4	-43.4	-43.4	-43.4	-43.4	-43.4	-40.1
9 (มี.ค.)	7.3	51.6	0.1	-43.9	-43.9	-43.9	-43.9	-43.9	-43.9	-43.9	-43.9	-48.3
14 (เม.ย.)	21.4	64.8	1.0	-43.2	-43.2	-43.2	-43.2	-43.2	-43.2	-43.2	-43.2	-47.3
18 (พ.ค.)	43.4	65.6	5.5	-3.5	-3.5	-0.4	-0.6	-2.7	-44.9	0.3	-25.6	3.7
23 (มิ.ย.)	66.4	54.9	14.5	6.5	-29.3	0.3	-2.3	-23.6	-443.4	6.6	-269.2	6.5
27 (ก.ค.)	74.6	45.5	20.4	21.6	-20.9	13.5	10.4	-14.7	-506.0	20.5	-304.0	13.0
32 (ส.ค.)	92.7	46.5	30.9	33.6	-16.3	22.3	19.3	-8.7	-573.9	29.5	-341.2	33.2
36 (ก.ย.)	110.7	41.7	44.6	49.8	-2.9	37.5	34.6	5.3	-590.2	44.3	-344.5	46.8
41 (ต.ค.)	33.2	46.5	3.6	-13.8	-10.1	-1.0	-1.8	-8.8	-151.0	1.1	-97.6	-3.8
45 (พ.ย.)	9.0	44.6	0.3	-35.1	-35.1	-35.1	-35.1	-35.1	-35.1	-35.1	-35.1	-35.6
49 (ธ.ค.)	6.0	43.2	0.1	-36.9	-36.9	-36.9	-36.9	-36.9	-36.9	-36.9	-36.9	-31.0
รวม	468.0	589.1	121.1	111.5	0.0	73.6	64.3	5.3	0.0	102.3	0.0	97.0



ตาราง 3-13 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

Statistic*	SW _(A)	SW _(B)	SW _(C)	SW _(D)	SW _(E)	SW _(F)	SW _(G)	SW _(REF)
sum	0.00	73.60	64.28	5.33	111.51	102.26	111.51	97.00
%	0.00	15.73	13.73	1.14	23.82	21.85	23.82	26.50
R	0.86	0.99	0.99	0.93	0.96	0.99	0.96	
R ²	0.74	0.98	0.98	0.86	0.92	0.98	0.92	
SSE	7589.41	402.69	582.50	5355.16	1073.97	244.55	1073.97	
MSE	632.45	33.56	48.54	446.26	89.50	20.38	89.50	

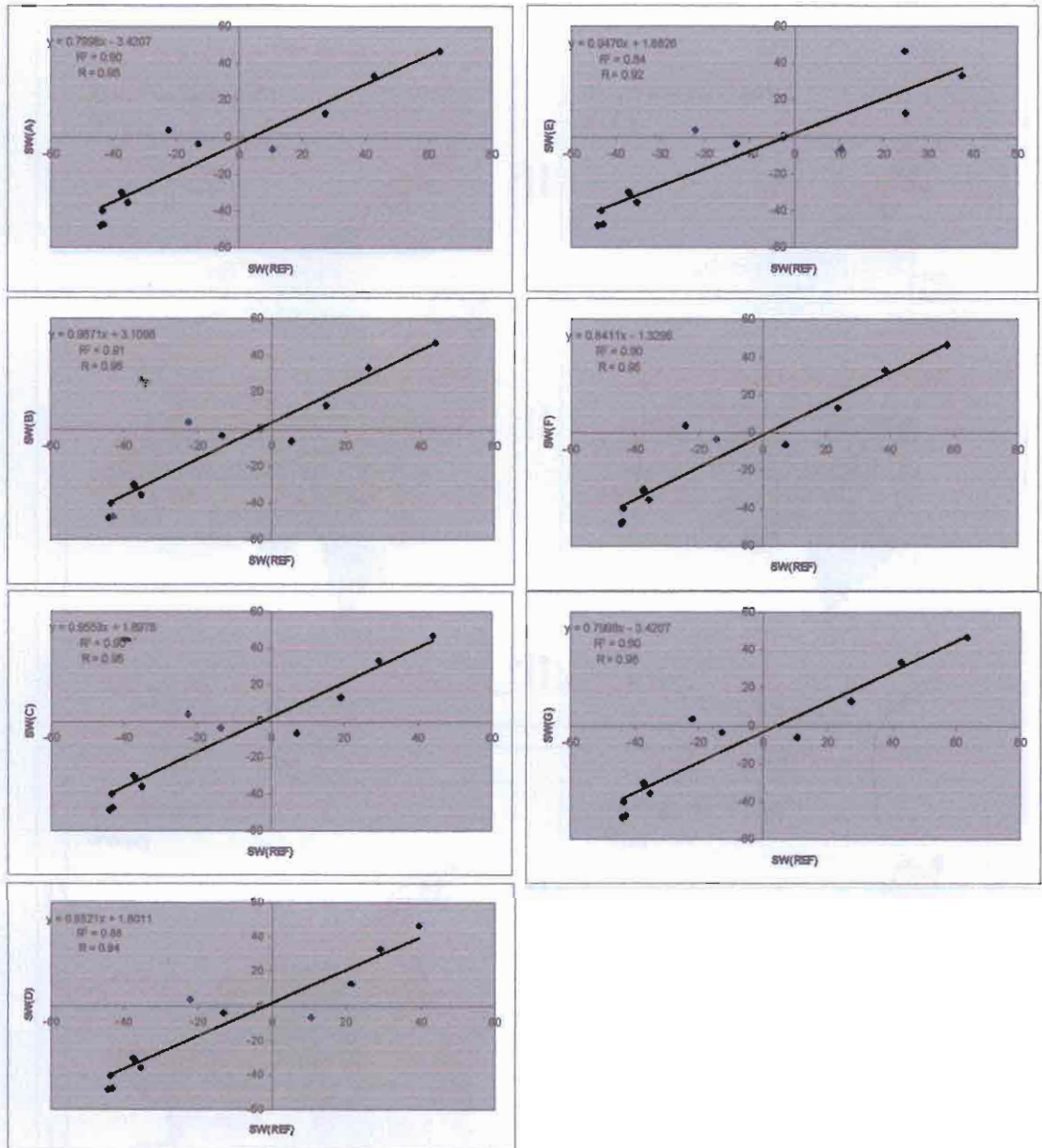
หมายเหตุ* : SUM = ผลรวมของปริมาณน้ำในดิน

% = ร้อยละของน้ำฝน

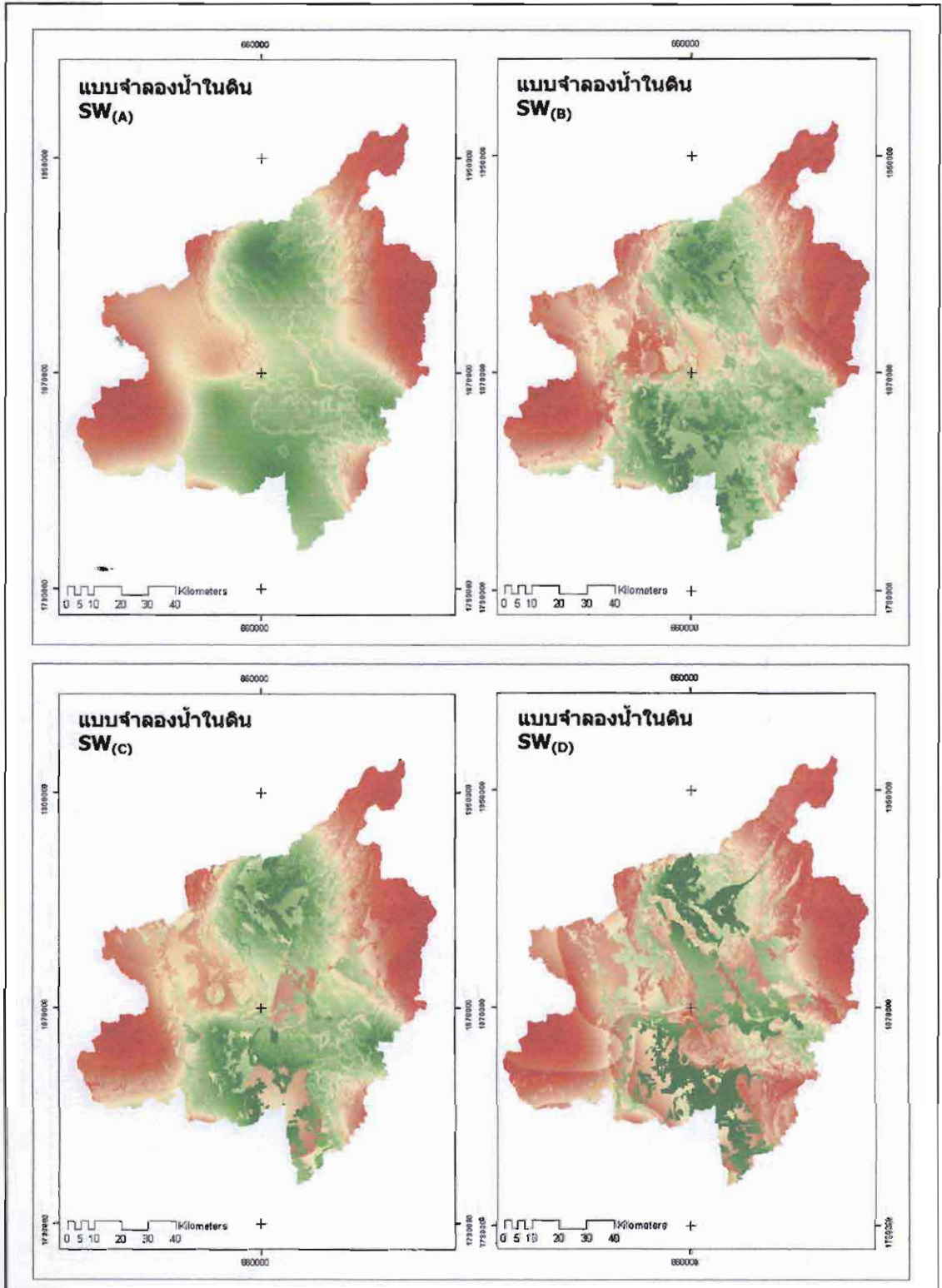
R = สหสัมพันธ์

SSE = sum squares error

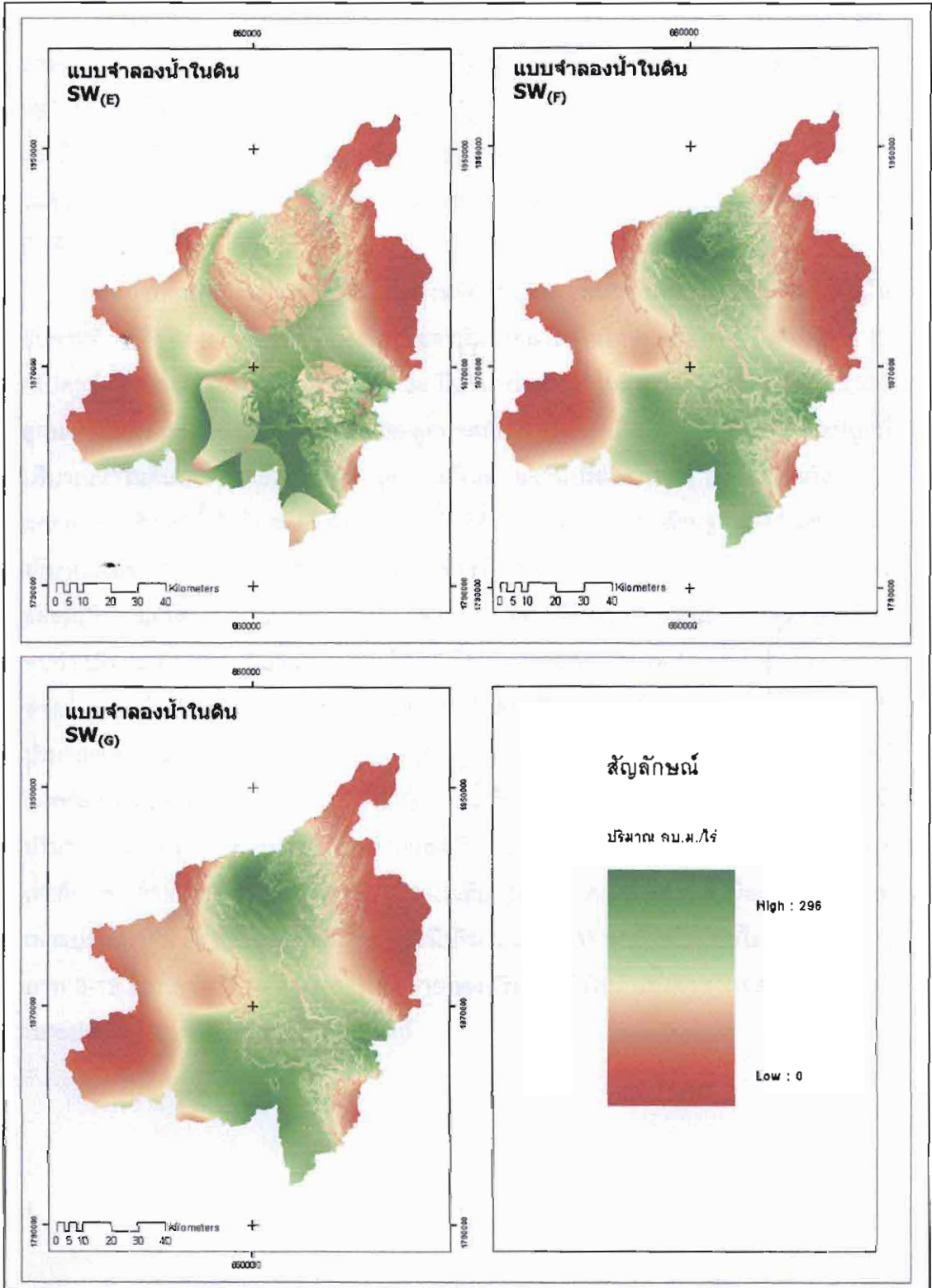
MSE = mean squares error



ภาพ 3-11 สมการถดถอยเส้นตรงระหว่างปริมาณน้ำในดินจากแบบจำลองต่าง ๆ
กับค่าอ้างอิงของกรมพัฒนาที่ดิน



ภาพ 3-12 ปริมาณน้ำในดินก่อนการปรับแก้



ภาพ 3-12 (ต่อ)



ผลการศึกษาปริมาณของน้ำในดินที่ศึกษาด้วยแบบจำลอง $SW_{(B)}$ และ ปริมาณน้ำในดินอ้างอิง พบว่าผลรวมของปริมาณน้ำในดินที่ได้มีปริมาณใกล้เคียงกัน คือมีปริมาณเฉลี่ย 99.0 และ 98.7 ลูกบาศก์เมตร/ปี (คิดจากปริมาณน้ำในดินสัปดาห์แรกของเดือนระยะเวลา 1 ปี) ตามลำดับ และมีช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำในดินมากที่สุดในช่วงเวลาเดียวกันคือ สัปดาห์ที่ 36 คือมีปริมาณน้ำในดินเท่ากับ 47 และ 44 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ตามลำดับ ปริมาณในดินปรากฏตั้งแต่เดือนมิถุนาคมถึงเดือนกันยายน

ผลการศึกษาปริมาณน้ำในดินของจังหวัดพิษณุโลก พบว่า ปริมาณน้ำในดินเกิดขึ้นในสัปดาห์ที่ 18 ถึง 44 (ยกเว้นสัปดาห์ที่ 42) และจะเริ่มขาดน้ำในดินในสัปดาห์ที่ 45 ถึงสัปดาห์ที่ 17 (สัปดาห์ที่ 17 ของปีต่อมา) ซึ่งสัปดาห์ที่ 36 มีปริมาณของน้ำในดินมากที่สุด คือ 89,158,300 ลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณเฉลี่ย 13.39 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ แต่เมื่อคิดเฉพาะพื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณน้ำในดินเท่ากับ 43,869,100 ลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณเฉลี่ย 11 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ผลรวมของปริมาณน้ำในดินตลอดทั้งปีสำหรับพื้นที่ทั้งหมด เท่ากับ 645 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณเฉลี่ย 97 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ แต่เมื่อคิดเฉพาะพื้นที่เพาะปลูกเท่ากับ 309 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณเฉลี่ย 88 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ (ตาราง 3-14) ปริมาณน้ำในดินของจังหวัดอุดรดิตถ์ พบว่า ปริมาณน้ำในดินเกิดขึ้นในสัปดาห์ที่ 18 ถึง 44 (ยกเว้นสัปดาห์ที่ 25 และ 42) และจะเริ่มขาดน้ำในดินในสัปดาห์ที่ 45 ถึงสัปดาห์ที่ 17 (สัปดาห์ที่ 17 ของปีต่อมา) ซึ่งสัปดาห์ที่ 35 มีปริมาณของน้ำในดินมากที่สุด คือ 56,315,000 ลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณเฉลี่ย 11 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ แต่เมื่อคิดเฉพาะพื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณน้ำในดินเพียง 9,527,420 ลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณเฉลี่ย 4 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ผลรวมของปริมาณน้ำในดินตลอดทั้งปีสำหรับพื้นที่ทั้งหมด เท่ากับ 384 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณเฉลี่ย 79 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ แต่เมื่อคิดเฉพาะพื้นที่เพาะปลูกเท่ากับ 81 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณเฉลี่ย 37 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ (ตาราง 3-15) ภาพ 3-13 และภาพ 3-14 แสดงการกระจายของปริมาณน้ำในดินทั้งจังหวัดและเฉพาะพื้นที่เพาะปลูกของจังหวัดพิษณุโลกและอุดรดิตถ์

ตาราง 3-14 ปริมาณน้ำในดินของจังหวัดพิษณุโลก

ลำดับ ที่	พื้นที่ทั้งหมด (6,659,500 ไร่)			พื้นที่เพาะปลูก (4,000,068 ไร่)		
	สูงสุด*	เฉลี่ย*	รวม**	สูงสุด*	เฉลี่ย*	รวม**
1-17	-	-	-	-	-	-
18	7	-	17,965	4	-	15
19	24	0	1,378,240	23	-	30,278
20	30	1	5,050,620	30	1	2,066,910
21	14	0	546,951	11	-	1,037
22	28	1	4,732,730	28	0	1,252,090
23	17	0	1,067,060	16	0	408,471
24	16	0	227,521	16	-	116,521
25	9	-	10,939	9	-	9,869
26	37	1	7,355,510	36	1	3,097,310
27	51	4	27,414,700	51	4	15,452,600
28	21	0	2,214,420	21	0	1,379,140
29	66	3	19,881,500	66	3	10,075,500
30	42	3	16,696,500	42	2	7,426,060
31	60	11	71,155,600	59	9	34,599,700
32	53	7	46,166,700	53	5	21,172,300
33	53	6	40,738,900	53	4	17,077,500
34	80	13	83,905,500	75	9	34,357,100
35	52	10	64,144,100	52	9	35,142,700
36	66	13	89,158,300	66	11	43,869,100
37	61	13	88,225,200	56	11	43,827,700
38	61	10	67,854,600	61	8	33,531,000

ตาราง 3-14 (ต่อ)

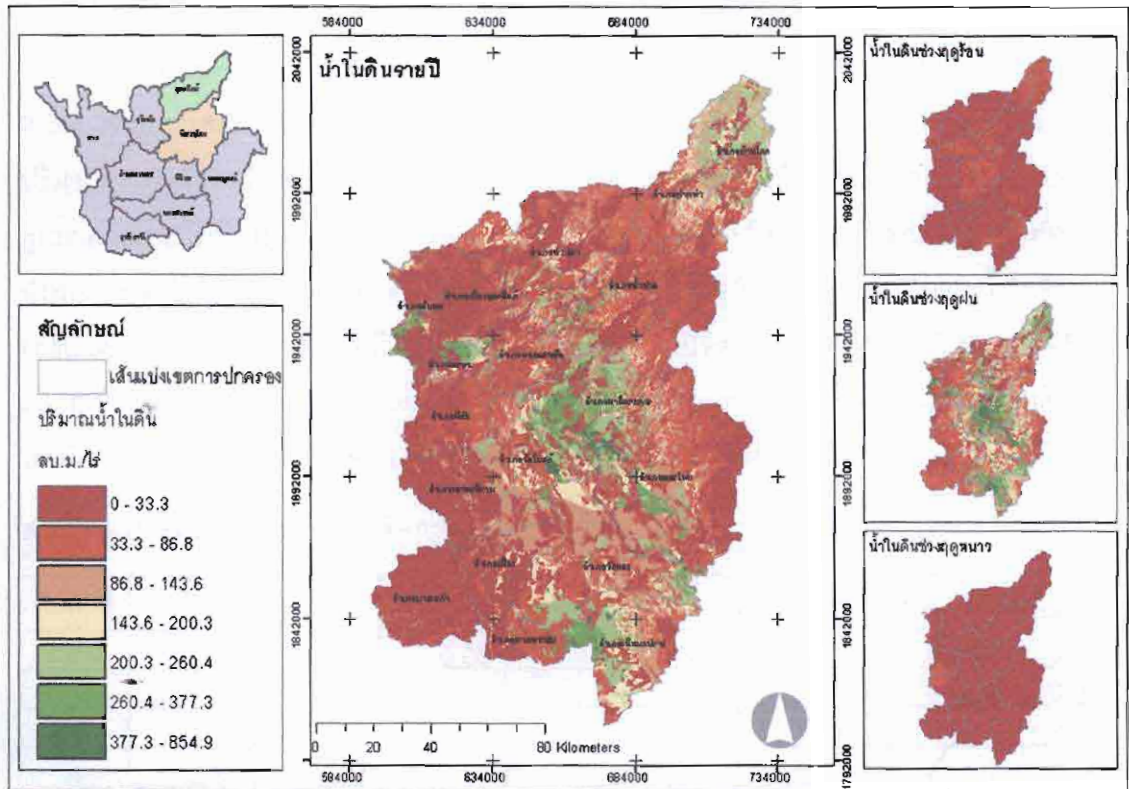
ลำดับ ที่	พื้นที่ทั้งหมด(6,659,500 ไร่)			พื้นที่เพาะปลูก (4,000,068 ไร่)		
	สูงสุด*	เฉลี่ย*	รวม**	สูงสุด*	เฉลี่ย*	รวม**
39	30	0	2,020,720	28	0	528,024
40	50	1	4,513,690	36	1	3,099,050
41	9	0	90,456	9	-	822
42	-	-	-	-	-	-
43	22	0	452,093	14	0	350,991
44	2	-	673	2	-	354
45	-	-	-	-	-	-
รวม		97	645,021,186		77	308,872,140

ตาราง 3-15 ปริมาณน้ำในดินของจังหวัดอุดรธานี

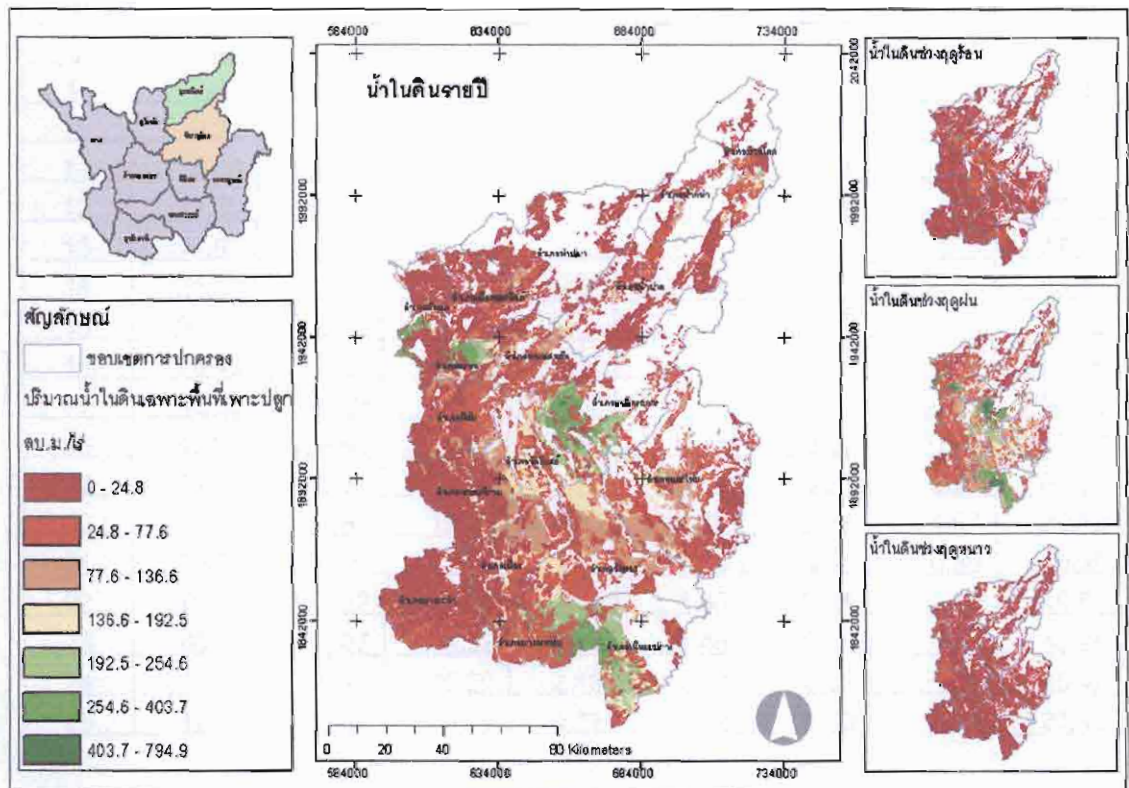
ลำดับ ที่	พื้นที่ทั้งหมด (4,872,975 ไร่)			พื้นที่เพาะปลูก (2,183,350 ไร่)		
	สูงสุด*	เฉลี่ย*	รวม**	สูงสุด*	เฉลี่ย*	รวม**
1-17	-	-	-	-	-	-
18	18	-	3,027	3	-	3
19	53	1	2,468,640	44	1	1,368,910
20	47	2	7,721,440	47	1	1,524,880
21	21	0	117,816	19	-	54,054
22	26	0	1,927,500	22	0	193,124
23	48	0	1,925,270	36	1	1,046,290
24	10	0	65,423	10	-	913
25	-	-	-	-	-	-
26	27	0	1,118,790	27	0	279,850
27	33	1	4,107,500	25	0	859,660
28	21	0	956,709	21	0	216,019

ตาราง 3-15 (ต่อ)

ลำดับ ที่	พื้นที่ทั้งหมด (4,872,975 ไร่)			พื้นที่เพาะปลูก (2,183,350 ไร่)		
	สูงสุด*	เฉลี่ย*	รวม**	สูงสุด*	เฉลี่ย*	รวม**
29	20	0	2,093,780	17	-	15,622
30	18	0	1,796,300	15	0	140,694
31	70	11	55,738,900	65	7	14,751,900
32	60	8	37,678,500	53	3	6,130,450
33	57	6	28,091,000	44	3	5,837,380
34	73	11	54,643,500	67	6	14,011,000
35	70	12	56,315,000	69	4	9,527,420
36	56	8	39,556,300	53	3	6,259,820
37	56	8	38,083,600	56	3	6,527,500
38	68	9	42,903,000	67	5	10,629,500
39	35	1	5,883,220	34	1	1,760,100
40	15	0	200,664	14	-	105,478
41	11	0	89,223	8	-	3,293
42	-	-	-	-	-	-
43	17	0	702,231	15	0	553,830
44	6	-	3,288	2	-	2,379
45 - 52	-	-	-	-	-	-
รวม		79	384,190,622		37	81,800,069



ภาพ 3-13 การกระจายตัวของน้ำในดิน



ภาพ 3-14 การกระจายตัวของน้ำในดินเฉพาะพื้นที่เพาะปลูก

ตาราง 3-16 (ต่อ)

สัปดาห์	P	E	R	I	D	SW	SW _{acm}	E _{actual}
26	61.40	48.26	11.99	5.92	4.81	1.11	2.44	43.49
27	74.58	45.55	20.43	12.40	8.28	4.12	6.56	41.75
28	51.85	45.66	7.54	4.07	3.73	0.33	6.49	40.65
29	74.30	48.18	19.53	10.22	7.22	2.99	9.46	44.58
30	72.69	47.66	17.89	10.30	7.78	2.51	11.95	44.52
31	96.04	41.63	33.11	22.00	11.30	10.70	22.65	40.94
32	92.67	46.52	30.89	16.67	9.74	6.93	29.56	45.13
33	72.05	40.33	17.31	16.08	9.95	6.12	35.63	38.72
34	119.14	45.18	51.64	23.60	10.99	12.61	48.23	43.91
35	93.91	42.35	31.69	20.60	10.96	9.64	57.85	41.63
36	110.74	41.69	44.59	25.07	11.67	13.39	71.15	41.09
37	108.69	41.49	42.67	25.11	11.86	13.25	84.27	40.91
38	100.59	42.62	36.68	21.89	11.69	10.20	94.31	42.02
39	59.56	47.04	11.58	3.67	3.37	0.30	92.91	46.01
40	58.87	42.51	11.78	6.51	5.83	0.68	92.78	41.37
41	33.21	46.53	3.59	0.64	0.63	0.01	80.55	41.22
42	26.21	44.03	1.42	-	-	-	68.51	36.84
43	33.70	41.51	3.69	0.66	0.59	0.07	61.68	36.24
44	23.13	41.57	2.27	0.24	0.24	0.00	49.89	32.42
45	9.32	44.57	0.32	-	-	-	33.88	25.02
46	8.95	44.01	0.18	-	-	-	22.13	20.52
47	3.62	43.20	0.09	-	-	-	13.01	12.66
48	4.48	39.89	0.08	-	-	-	7.34	10.07
49	6.01	43.17	0.12	-	-	-	3.50	9.73
50	0.39	41.04	0.01	-	-	-	1.13	2.76
51	1.49	43.51	0.01	-	-	-	0.37	2.24
52	6.76	40.27	0.12	-	-	-	0.13	6.87
รวม m ³	2,094.39	2,539.75	515.63	247.06	150.13	96.93	1,016.85	1,428.16
mm.	1308.99	1587.34	322.27	154.41	93.83	60.58	635.53	892.60
%	100.00	121.26	24.62	11.80	7.17	4.63	48.55	68.19

หมายเหตุ : P = ปริมาณน้ำฝน (เฉลี่ย ลบ.ม./ไร่) E = ปริมาณการระเหย (เฉลี่ย ลบ.ม./ไร่)

R = ปริมาณน้ำท่า (เฉลี่ย ลบ.ม./ไร่) I = ปริมาณการซึมทั้งหมด (เฉลี่ย ลบ.ม./ไร่)

D = ปริมาณการซึมลึก (เฉลี่ย ลบ.ม./ไร่) SW = ปริมาณน้ำในดิน (เฉลี่ย ลบ.ม./ไร่)

SW_{acm} = ปริมาณน้ำในดินสะสม (เฉลี่ย ลบ.ม./ไร่)

E_{actual} = ปริมาณการระเหยจริง (เฉลี่ย ลบ.ม./ไร่) % = ร้อยละของปริมาณน้ำฝน



3.4.6 แบบจำลองสมดุลงน้ำ

การศึกษาสมดุลงน้ำในจังหวัดพิษณุโลก 52 สัปดาห์ พบว่ามีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 2,094.39 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี ปริมาณการระเหยจากผิวดินเฉลี่ย 2,539.75 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี ปริมาณการระเหยจริงเฉลี่ย เท่ากับ 1,428.16 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย 515.63 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี ปริมาณการซึมทั้งหมดเฉลี่ย 247.06 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี ซึ่งปริมาณการซึมทั้งหมดนี้กลายเป็นปริมาณน้ำซึมลึกเฉลี่ย 150.13 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี และเป็นปริมาณน้ำในดินเฉลี่ย 96.93 ลูกบาศก์เมตร /ไร่/ปี จากปริมาณน้ำฝนรวมทั้งปีที่ผ่านมาในจังหวัดพิษณุโลก ได้กลายเป็นส่วนของปริมาณการระเหยจริง ปริมาณน้ำท่า ปริมาณน้ำซึมลึก และปริมาณน้ำในดิน เท่ากับ 68.19, 24.62, 7.17, และ 4.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 3-16)

ตาราง 3-16 สมดุลงน้ำของจังหวัดพิษณุโลก

สัปดาห์	P	E	R	I	D	SW	SW _{acm}	E _{actual}
1	2.24	39.51	0.03	-	-	-	0.05	2.30
2	2.88	39.94	0.05	-	-	-	0.00	2.87
3	0.30	40.71	0.00	-	-	-	0.00	0.30
4	2.85	42.79	0.04	-	-	-	-	2.80
5	1.16	44.65	0.02	-	-	-	-	1.14
6	4.24	45.52	0.06	-	-	-	-	4.18
7	5.90	49.31	0.10	-	-	-	-	5.80
8	5.45	51.43	0.08	-	-	-	-	5.37
9	7.37	51.60	0.13	-	-	-	-	7.24
10	9.39	54.40	0.15	-	-	-	-	9.24
11	9.06	56.19	0.17	-	-	-	-	8.90
12	17.95	58.54	0.49	-	-	-	-	17.46
13	17.91	61.15	0.44	-	-	-	-	17.47
14	21.42	64.82	0.96	-	-	-	-	20.46
15	21.64	62.71	1.44	-	-	-	-	20.12
16	29.49	66.64	2.04	-	-	-	-	27.45
17	40.06	68.28	4.01	-	-	-	-	36.05
18	43.36	65.60	5.45	0.15	0.14	0.00	0.00	37.76
19	71.16	60.35	17.57	2.73	2.52	0.21	0.21	50.87
20	74.73	56.84	19.38	5.23	4.47	0.76	0.97	50.12
21	59.34	56.90	12.18	1.36	1.28	0.08	0.89	45.96
22	75.61	57.12	20.22	5.51	4.80	0.71	1.59	49.89
23	66.37	54.87	14.52	3.62	3.46	0.16	1.73	48.26
24	57.73	56.11	10.20	2.13	2.10	0.03	1.74	45.42
25	42.44	53.80	4.70	0.72	0.72	0.00	1.33	37.42



การศึกษาสมดุลน้ำในจังหวัดอุดรดิตถ์ พบว่า มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,925.15 ลูกบาศก์เมตร /ไร่/ปี ปริมาณการระเหยจากผิวดินเฉลี่ย 2,363.29 ลูกบาศก์เมตร /ไร่/ปี ซึ่งปริมาณการระเหยจริงเฉลี่ย เท่ากับ 1,302.06 ลูกบาศก์เมตร /ไร่/ปี ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย 537.10 ลูกบาศก์เมตร /ไร่/ปี ปริมาณการซึมทั้งหมดเฉลี่ย 196.50 ลูกบาศก์เมตร /ไร่/ปี ซึ่งในปริมาณน้ำซึมทั้งหมดนี้กลายเป็นปริมาณน้ำซึมลึกเฉลี่ย 117.66 ลูกบาศก์เมตร /ไร่/ปี และเป็นปริมาณน้ำในดินเฉลี่ย 78.84 ลูกบาศก์เมตร /ไร่/ปี จากปริมาณน้ำฝนรวมทั้งปีที่ตกลงมาในจังหวัดอุดรดิตถ์ ได้กลายเป็นส่วนของปริมาณการระเหยจริง ปริมาณน้ำท่า ปริมาณน้ำซึมลึก และปริมาณน้ำในดิน เท่ากับ 67.63, 27.90, 6.11 และ 4.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 3-17)

ตาราง 3-17 สมดุลน้ำของจังหวัดอุดรดิตถ์

ลำดับ	P	E	R	I	D	SW	SW _{acm}	E _{actual}
1	1.61	34.43	0.11	-	-	-	0.06	1.59
2	2.40	35.65	0.15	-	-	-	0.02	2.29
3	0.30	36.43	0.01	-	-	-	0.00	0.31
4	1.47	37.30	0.07	-	-	-	-	1.41
5	0.52	40.16	0.03	-	-	-	-	0.49
6	0.34	41.01	0.01	-	-	-	-	0.33
7	5.13	43.87	0.33	-	-	-	-	4.81
8	5.42	46.39	0.27	-	-	-	-	5.14
9	9.39	46.51	0.71	-	-	-	-	8.70
10	18.76	49.83	1.70	-	-	-	-	17.06
11	7.28	52.40	0.38	-	-	-	-	6.89
12	12.02	53.43	0.77	-	-	-	-	11.25
13	26.61	52.94	2.56	-	-	-	-	24.05
14	17.74	56.75	1.72	-	-	-	-	16.03
15	21.46	57.99	2.10	-	-	-	-	19.36
16	26.19	63.26	2.38	-	-	-	-	23.80
17	39.06	64.68	5.88	0.00	0.00	-	-	33.17
18	45.99	63.24	8.69	0.09	0.09	0.00	0.00	37.22
19	75.26	56.97	24.55	3.74	3.23	0.51	0.51	47.04
20	80.71	54.32	26.84	6.78	5.20	1.58	2.09	47.10
21	56.02	53.38	13.06	1.01	0.98	0.02	1.94	42.14
22	68.38	53.26	19.76	4.10	3.70	0.40	2.30	44.57
23	68.25	53.76	19.62	3.58	3.18	0.40	2.70	48.83
24	54.07	52.93	12.02	1.09	1.08	0.01	2.35	41.31
25	30.19	51.23	3.80	-	-	-	0.42	28.32
26	50.29	45.35	10.63	2.89	2.66	0.23	0.64	36.78
27	51.83	44.54	11.39	3.95	3.11	0.84	1.49	36.48

ตาราง 3-17 (ต่อ)

สัปดาห์	P	E	R	I	D	SW	SW _{acm}	E _{actual}
28	46.26	42.39	8.85	2.33	2.13	0.20	1.18	35.61
29	55.30	43.95	12.33	4.40	3.97	0.43	1.61	38.55
30	50.84	42.97	11.33	4.11	3.74	0.37	1.71	35.69
31	95.36	38.95	37.72	21.72	10.29	11.44	13.14	35.99
32	82.30	41.73	29.15	16.25	8.52	7.73	20.66	37.17
33	75.55	39.11	24.71	14.76	8.99	5.76	26.39	36.15
34	114.23	43.65	53.19	21.19	9.98	11.21	37.60	40.02
35	108.26	42.70	48.54	21.18	9.62	11.56	49.07	38.80
36	91.98	43.67	35.31	17.26	9.14	8.12	57.09	39.57
37	88.51	42.25	31.96	17.52	9.71	7.82	64.89	39.04
38	92.46	42.75	35.33	18.34	9.54	8.80	73.62	38.89
39	61.16	43.72	15.61	6.57	5.36	1.21	74.33	39.48
40	44.00	43.11	7.44	1.67	1.63	0.04	71.57	37.68
41	28.93	44.12	4.06	0.37	0.35	0.02	61.79	34.30
42	21.94	41.55	1.90	-	-	-	50.43	31.41
43	34.16	39.63	5.69	1.41	1.27	0.14	45.91	31.74
44	18.53	39.55	2.05	0.19	0.18	0.00	36.30	25.92
45	8.64	41.55	0.61	-	-	-	24.38	19.95
46	8.85	39.33	0.47	-	-	-	16.04	16.73
47	5.35	38.68	0.41	-	-	-	9.70	11.28
48	3.39	36.06	0.18	-	-	-	5.32	7.60
49	1.69	38.58	0.05	-	-	-	2.44	4.51
50	0.07	36.35	0.01	-	-	-	0.78	1.73
51	1.22	38.86	0.01	-	-	-	0.25	1.74
52	9.45	36.11	0.65	-	-	-	0.14	35.99
รวม m ³	1,925.15	2,363.29	537.10	196.50	117.66	78.84	760.83	1,302.06
mm.	1,203.22	1,477.06	335.69	122.81	73.54	49.28	475.52	813.78
%	100.00	122.76	27.90	10.21	6.11	4.10	39.52	67.63

หมายเหตุ : P = ปริมาณน้ำฝน (เฉลี่ย ลบ.ม./ไร่) E = ปริมาณการระเหย (เฉลี่ย ลบ.ม./ไร่)

R = ปริมาณน้ำท่า (เฉลี่ย ลบ.ม./ไร่) I = ปริมาณการซึมทั้งหมด (เฉลี่ย ลบ.ม./ไร่)

D = ปริมาณการซึมลึก (เฉลี่ย ลบ.ม./ไร่) SW = ปริมาณน้ำในดิน (เฉลี่ย ลบ.ม./ไร่)

SW_{acm} = ปริมาณน้ำในดินสะสม (เฉลี่ย ลบ.ม./ไร่)

E_{actual} = ปริมาณการระเหยจริง (เฉลี่ย ลบ.ม./ไร่) % = ร้อยละของปริมาณน้ำฝน

บทที่ 4

แบบจำลองความต้องการน้ำเพื่อการเพาะปลูก

4.1 บทนำ

4.1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

โดยปกติแล้วอัตราการเติบโตของพืชผันแปรโดยตรงกับปริมาณน้ำที่พืชดูดไปใช้ได้ในแต่ละช่วงเวลาการเจริญเติบโต หากพืชดูดน้ำจากดินและคายน้ำมากพืชจะเติบโตได้ดี ในสภาวะที่มีปริมาณของน้ำที่พืชต้องการน้อยส่งผลให้เกิดสภาวะการขาดน้ำของพืชอันเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชลดลง (ยงยุทธ โอสดสภา, 2541) ผลของสภาวะขาดน้ำของพืชดังกล่าวส่งผลให้พืชเหี่ยวเฉาไม่เจริญงอกงามเท่าที่ควร และอาจตายไปในที่สุด สภาพปัญหาดังกล่าวสามารถพบได้เกือบทุกจังหวัด จังหวัดอุดรธานีและจังหวัดพิษณุโลกมีปัญหการขาดแคลนน้ำในการเพาะปลูก ในช่วงฤดูแล้งคือประมาณเดือนธันวาคมถึง เมษายน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2538) สาเหตุของปัญหาการขาดแคลนน้ำในพื้นที่เพาะปลูก โดยเฉพาะแบบอาศัยน้ำฝนเพื่อการเกษตร คือการที่ปริมาณของฝนที่ตกมาปริมาณน้อย และ/หรือการเลือกชนิดพืชปลูกที่ไม่สอดคล้องกับปริมาณของน้ำในดิน จากสภาพปัญหาที่เกิดจากปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำในดินไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ทางภาครัฐ โดยมีกรมชลประทานเป็นหน่วยงานหลัก ได้ดำเนินการในการพัฒนาพื้นที่เกษตรเขตชลประทาน อย่างไรก็ตาม โดยภาพรวมแล้วพื้นที่เพาะปลูกในประเทศไทยก็ยังเป็นแบบอาศัยน้ำฝน ดังนั้นสภาพการเพาะปลูกพืชของประเทศส่วนใหญ่จึงมักประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำ หรือประสบปัญหาภัยแล้งทางการเกษตร

โดยทั่วไปวัตถุประสงค์หลักของการให้น้ำแก่พื้นที่เพาะปลูกพืชคือ การให้น้ำทันเวลาและมีปริมาณพอเหมาะกับที่พืชต้องการ โดยปริมาณที่ให้แต่ละครั้งจะต้องไม่น้อยจนเกินไป จนกระทั่งพืชต้องขาดน้ำก่อนที่จะถึงกำหนดให้น้ำครั้งต่อไป หรือมากเกินไปจนกระทั่งดินในเขตรากไม่สามารถเก็บไว้ได้หมด และทำให้มีการสูญเสียน้ำโดยการซึมเลยเขตราก ยกเว้นว่าส่วนที่เกินจากที่ดินจะเก็บไว้ได้นั้นเพื่อประโยชน์อย่างอื่นด้วย เช่น เพื่อการชะล้างเกลือออกจากดิน และเพื่อควบคุมอุณหภูมิของบรรยากาศรอบ ๆ ต้นพืช เป็นต้น การให้น้ำแก่พืชมากจนเกินไปนั้น นอกจากจะสูญเสียน้ำไปโดยเปล่าประโยชน์แล้ว ยังจะทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง อาจก่อให้เกิดปัญหาการระบายน้ำ ซึ่งแก้ไขได้ยาก และอาจทำให้คุณภาพของพื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตลดลงด้วย



ในการจำลองความต้องการน้ำเพื่อการเพาะปลูกพืชในการศึกษานี้ ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ (1) การสร้างแบบจำลองปริมาณน้ำในดินสะสมที่เกิดขึ้นในแต่ละสัปดาห์ตลอดปี โดยใช้แบบจำลองสมมูลน้ำ แล้วนำผลการประมาณปริมาณน้ำในดินสะสมไปกำหนดพื้นที่และช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกพืช 4 ประเภท คือ ข้าว ข้าวไร่ พืชไร่ และพืชผัก ผลการศึกษาที่ได้ในส่วนนี้จึงเป็นเครื่องมือสำหรับสนับสนุนการตัดสินใจด้านการเพาะปลูกพืชทุกๆ พื้นที่ขนาด 1 ไร่ ของพื้นที่เกษตรแบบอาศัยน้ำฝน และ (2) การสร้างแบบจำลองความต้องการน้ำชลประทานของพื้นที่โครงการชลประทาน โดยเลือกพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลายชุมพลมาเป็นต้นแบบของพื้นที่ศึกษา

4.1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- (1) สร้างแบบจำลองปริมาณน้ำในดินสะสมรายสัปดาห์ ของพื้นที่เกษตรแบบอาศัยน้ำฝน
- (2) กำหนดพื้นที่และช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกพืชในพื้นที่เกษตรแบบอาศัยน้ำฝน โดยพิจารณาจากปริมาณน้ำในดินและความเหมาะสมของดิน
- (3) ประเมินอุปสงค์ของน้ำชลประทานในสภาพจริงในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลายชุมพล สำนักชลประทานที่ 3
- (4) สร้างแบบจำลองสำหรับประเมินประสิทธิภาพการชลประทาน ประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทาน และอุปสงค์น้ำชลประทาน
- (5) เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่ออุปสงค์น้ำชลประทานในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลายชุมพล สำนักชลประทานที่ 3

4.1.3 ประโยชน์ของการวิจัย

- (1) ทราบพื้นที่ที่มีน้ำในดินเหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืช
- (2) เป็นข้อมูลสนับสนุนการจัดทำปฏิทินการปลูกพืช สำหรับพื้นที่เพาะปลูกขนาด 1 ไร่
- (3) เป็นข้อมูลในการประเมินความเสี่ยงของความแห้งแล้งในพื้นที่เพาะปลูกที่อาศัยน้ำฝน
- (4) ได้แบบจำลองในการประเมินประสิทธิภาพการชลประทาน ประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทาน และอุปสงค์น้ำชลประทาน
- (5) ทราบปัจจัยที่มีผลต่ออุปสงค์น้ำชลประทานในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลายชุมพล สำนักชลประทานที่ 3
- (6) เป็นข้อมูลสำหรับพิจารณาการให้น้ำและ/หรือจัดน้ำให้แก่พืช



4.1.4 ขอบเขตของการวิจัย

(1) พื้นที่การเกษตร หมายถึงพื้นที่เพาะปลูกพืช โดยแบ่งพืชออกเป็น 4 ประเภทหลัก ๆ คือ พืชผัก พืชไร่ ข้าวไร่ และข้าวนาลุ่ม

(2) โครงการชลประทาน หมายถึง โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาหลายชุมพล สำนักชลประทาน ที่ 3 จังหวัดพิษณุโลก

4.1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

(1) ปริมาณน้ำในดินสะสม หมายถึง ผลรวมของน้ำฝนที่ดินสามารถกักเก็บไว้ในช่องว่างของดินในสัปดาห์ปัจจุบันรวมกับน้ำฝนที่ดินสามารถกักเก็บไว้ในสัปดาห์ก่อนหน้านี้

(2) ประสิทธิภาพการชลประทาน หมายถึง ร้อยละของความสามารถของระบบชลประทานในการส่งน้ำและบำรุงรักษาตั้งแต่จากแหล่งเก็บน้ำจนถึงแปลงเพาะปลูกในระดับโครงการ

(3) ประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทาน หมายถึง จำนวนผลผลิตต่อปริมาณน้ำชลประทาน ที่ใช้ในการเพาะปลูกพืชใน 1 ช่วงฤดูกาลเพาะปลูกในช่วงของการส่งน้ำชลประทาน

(4) อุปสงค์น้ำชลประทาน หมายถึง อุปสงค์น้ำชลประทานที่เกิดกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งได้แก่ ขนาดของพื้นที่รับน้ำ ความยาวของคลอง ประเภทของพื้นที่รับน้ำตามประเภทพื้นที่การชลประทาน สถานะของเกษตรกร ระดับการมีส่วนร่วมของผู้ใช้น้ำ อัตราการใช้น้ำและสารเคมี ความต้องการน้ำของพืช

4.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

4.2.1 การส่งน้ำชลประทาน

การส่งน้ำชลประทาน หมายถึง การเปิดน้ำจากแหล่งน้ำเข้าสู่ระบบส่งน้ำเพื่อให้ไหลไปยังพื้นที่เพาะปลูกที่ต้องการให้น้ำ โดยปริมาณที่ส่งนั้นพอเหมาะกับความต้องการของพืช ขนาดของพื้นที่เพาะปลูกและตรงกับเวลาที่ต้องการให้น้ำ ในโครงการชลประทานทั่ว ๆ ไป น้ำที่นำมาให้แก่พืชอาจจะได้มาจากแม่น้ำลำธารหรืออ่างเก็บน้ำ แหล่งน้ำเหล่านี้มักจะอยู่ห่างจากพื้นที่เพาะปลูกไม่มากนักจนถึงอยู่ไกลออกไปเป็นระยะทางกว่า 100 กิโลเมตร ดังนั้นเพื่อให้พื้นที่เพาะปลูกทุกแปลงได้รับน้ำที่มีกฎเกณฑ์แน่นอนเพื่อให้พื้นที่ที่ส่งไปนั้นช่วยเพิ่มผลผลิตได้ตามวัตถุประสงค์ ระบบส่งน้ำที่ใช้กันอาจแบ่งแยกออกเป็น 2 ประเภท คือ (ดิเรก ทองอร่าม . 2529: 17-18)

(1) ระบบคลองส่งน้ำ

ระบบส่งน้ำที่เป็นคลองก็คือทางน้ำเปิดที่ขุดขึ้น หรือถมขึ้นบนพื้นดินเพื่อให้ น้ำจากแหล่งน้ำไหลไปถึงพื้นที่เพาะปลูกโดยอาศัยแรงดึงดูดของโลก คลองของระบบส่งน้ำมีขนาดลดหลั่นกัน และแผ่กระจายคลุมทั่วพื้นที่เพาะปลูกในเขตส่งน้ำ คลองส่งน้ำอาจแบ่งแยกตามขนาดและลักษณะหน้าที่ได้ คลองส่งน้ำสายใหญ่ (Main Canal) คลองซอย (Lateral) คลองแยกซอย (Sub-lateral) และคูส่งน้ำ (Farm Ditch)

(1.1) คลองส่งน้ำสายใหญ่ (Main Canal) หมายถึง คลองที่ขุดขึ้นเพื่อรับน้ำโดยตรงจากแหล่งน้ำไปให้พื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดหรือพื้นที่ส่วนใหญ่ของโครงการ โดยทั่วไปโครงการชลประทาน ที่สร้างขึ้นจะสามารถส่งน้ำให้แก่พื้นที่ทั้งสองฝั่งของลำธารธรรมชาติ ดังนั้นปกติแล้วจะมีคลองส่งน้ำ สายใหญ่สองสาย คือคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย และคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา คลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้ายและอยู่ทางซ้ายมือ เมื่อมองตามกระแสน้ำจะส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกในเขตทางฝั่งซ้ายทั้งหมด และคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา จะส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกทางฝั่งขวาทั้งหมด โดยทั่วไปแล้วไม่นิยมจ่ายน้ำจากคลองสายใหญ่พื้นที่เพาะปลูกโดยตรง ยกเว้นแต่ว่าเป็นโครงการชลประทานขนาดเล็ก ซึ่งมีแต่คลองส่งน้ำสายใหญ่อย่างเดียว เช่น พื้นที่เพาะปลูกไม่สามารถรับน้ำจากคลองสายอื่นได้

(1.2) คลองซอย (Lateral) เป็นคลองที่ขุดแยกออกจากคลองสายใหญ่ เพื่อรับน้ำไปจ่ายในพื้นที่เพาะปลูกซึ่งคลองซอยสายนั้นควบคุมอยู่ แนวคลองซอยจะวางอยู่บนที่สูงเพื่อให้ น้ำไหลไปสู่พื้นที่เพาะปลูกโดยอาศัยแรงดึงดูดของโลกได้ การจ่ายน้ำจากคลองซอยไปสู่พื้นที่เพาะปลูกอาจทำได้โดยการส่งผ่านท่อส่งน้ำเข้านา ให้น้ำไหลท่วมไปบนแปลงนาโดยตรง หรือผ่านท่อส่งน้ำเข้านาแล้วไปเข้าคูส่งน้ำก็ได้ ท่อส่งน้ำเข้านาจะฝังอยู่ตลอดแนวคลองซอยทุกระยะประมาณ 200 ถึง 400 เมตร

คลองส่งน้ำสายใหญ่สายหนึ่งอาจมีคลองซอยได้หลากหลายและอาจจะแยกออกจากคลองสายใหญ่ทางฝั่งเดียวหรือสองฝั่งก็ได้แล้วแต่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่การเรียกชื่อคลองซอยให้ถึงตามลำดับก่อนหลังที่คลองซอยนั้นแยกออกจากฝั่งเดียวกันของคลองสายใหญ่ เช่น คลองซอย 1 ข คือ คลองซอยสายแรกที่แยกออกทางฝั่งขวา (ข ขวา) ของคลองสายใหญ่ คลองซอย 5 ข คือคลองซอยสายที่ 5 ที่แยกออกทางฝั่งซ้ายของคลองสายใหญ่ เป็นต้น

(1.3) คลองแยกซอย (Sub-lateral) เป็นคลองขนาดเล็กที่ขุดแยกออกจากคลองซอยอีกทีหนึ่ง เพื่อรับน้ำจากคลองซอยออกไปแจกจ่ายให้แก่พื้นที่เพาะปลูกให้ทั่วถึงยิ่งขึ้น ถ้าไม่มีคลองแยกซอยแล้วพื้นที่ที่อยู่ห่างจากคลองซอยออกไปจะไม่ได้รับน้ำ หรืออาจจะต้องใช้คูส่งน้ำผ่านท่อส่งน้ำเข้านาไปเข้าพื้นที่เพาะปลูกโดยตรง หรือผ่านท่อแล้วไปเข้าคูส่งน้ำก็ได้ อย่างไรก็ตาม



การส่งน้ำเข้าพื้นที่เพาะปลูกโดยทั่วไปโดยไม่ผ่านคูส่งน้ำนั้นใช้ได้เฉพาะกับนาเท่านั้น ไม่เหมาะสมกับการปลูกพืชไร่เพาะไม่สามารควบคุมการไหลของน้ำได้

(1.4) คูส่งน้ำ (Farm Ditch) เป็นทางน้ำเปิดขนาดเล็กที่ขุดขึ้น เพื่อรับน้ำจากท่อส่งน้ำ เข้านาไปให้พื้นที่เพาะปลูกที่อยู่ห่างท่อออกไป คูส่งน้ำจะช่วยให้สามารถควบคุมน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น กล่าวคือถ้าไม่มีคูส่งน้ำก็ต้องส่งน้ำผ่านแปลงนาที่อยู่ใกล้ท่อส่งน้ำออกไปหาแปลงที่อยู่ไกลออกไป ทำให้เกิดปัญหาเมื่อแปลงนาเหล่านี้ไถปุ๋ย และไม่ต้องการน้ำ แต่แปลงอื่น ๆ ยังต้องการน้ำอยู่

เพื่อการควบคุมบังคับน้ำในระบบส่งน้ำได้ตามต้องการ ในระบบส่งน้ำทุกระดับจำเป็นต้องมีอาคารบังคับน้ำ เช่น ปากคลองสายใหญ่ คลองซอย และคลองแยกซอย จะต้องมีการระบายปากคลอง (Head Regulator) เพื่อควบคุมปริมาณน้ำในระบบส่งเข้าคลองและอาจมีอาคารวัดน้ำสำหรับตรวจสอบอัตราการส่งน้ำ ที่ปลายคลองต้องมีประตูลอยปลายคลอง (Tail Regulator) เพื่อระบายน้ำที่เกินความต้องการทิ้งไป ในช่วงจากปากคลองถึงปลายคลองอาจมีอาคารทดน้ำกลางคลอง (Check) เพื่อทดน้ำให้เข้าคลองซอย คลองแยกซอย หรือเข้าท่อส่งน้ำเข้านา เป็นต้น นอกจากนั้นยังอาจมีอาคารน้ำตก (Drop) เมื่อจำเป็นต้องลดระดับคลองลงมาก ๆ มีสะพานน้ำ (Flume) หรือท่อไซฟอน (Siphon) เมื่อคลองตัดผ่านทางน้ำธรรมชาติ เป็นต้น อาคารต่าง ๆ เหล่านี้จำเป็นต้องสร้างขึ้นเพื่อให้สามารถควบคุมการส่งน้ำให้ไปถึงพื้นที่เพาะปลูกได้ตามต้องการ

(2) วิธีการส่งน้ำ

การที่จะพิจารณาเลือกใช้วิธีการส่งน้ำวิธีใดวิธีหนึ่งนั้น จึงจำเป็นต้องพิจารณากำหนดไว้ในชั้นวางโครงการเพื่อจะได้ออกแบบระบบส่งน้ำได้ถูกต้อง ทั้งนี้เพราะว่าระบบที่ใช้ส่งน้ำแต่ละประเภทจะมีขนาดไม่เท่ากัน ดังนั้นเมื่อก่อสร้างระบบส่งน้ำไปแล้วจะมาเปลี่ยนวิธีการส่งน้ำย่อมยุ่งยากและไม่มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ในบางครั้งอาจมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนวิธีการส่งน้ำเพื่อแก้ปัญหาเฉพาะหน้าในสนาม เช่น เมื่อมีการขาดแคลนน้ำอาจจำเป็นต้องเปลี่ยนจากส่งน้ำตลอดเวลาเป็นแบบหมุนเวียน เป็นต้น การส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูก อาจทำได้หลายวิธี แต่โดยทั่วไปแล้วสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธี คือ (เมธา ไร่รุ่งอรุณ, 2527 : 83)

(2.1) การส่งน้ำตลอดเวลา การส่งน้ำตลอดเวลาหมายถึงการส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกทั่วทุกแปลงด้วยอัตราคงที่ตลอด 24 ชั่วโมง ตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว ทั้งนี้จะหยุดส่งน้ำก็เฉพาะแต่ในช่วงที่มีฝนตกและหลังฝนตกในปริมาณที่มากพอเท่านั้น การออกแบบขนาดระบบซึ่งส่งน้ำโดยวิธีนี้จะทำโดยหาความต้องการน้ำทั้งหมดตลอดฤดูเพาะปลูก (Gross Water Requirement) แล้วหารด้วยอายุของพืชที่ปลูก ดังนั้นอัตราการส่งน้ำที่ส่งแบบตลอดเวลาจึงมีค่า



เท่ากับค่าความต้องการน้ำเฉลี่ยตลอดฤดู จะเห็นได้ชัดว่าในช่วงแรกซึ่งพืชยังต้องการน้ำน้อยจะมีน้ำใช้อย่างเหลือเฟือ แต่เมื่อพืชโตเต็มที่และมีการใช้น้ำมาก อัตราการส่งน้ำที่ได้รับจะไม่พอกับความ ต้องการ ยิ่งไปกว่านั้นในช่วงที่ขาดน้ำนี้ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงวิกฤติ (Critical Period) ในความต้องการน้ำของพืชด้วย ดังนั้นผลผลิตอาจจะกระทบกระเทือนได้มาก

การส่งน้ำแบบนี้ให้แก่ข้าวจะมีปัญหาน้อยกว่าพื้นที่ที่ปลูกพืชไร่ เพราะโดยปกติชาวนามักจะปลูกข้าวตามกำหนดเวลาที่เคยทำกันมาตั้งแต่โบราณ คือในช่วงที่มีการใช้น้ำมากอยู่ในเดือนที่ฝนตกชุก นอกจากนั้นแล้วนาส่วนใหญ่สามารถเก็บน้ำไว้ใช้ได้หลายวัน เพราะฉะนั้นจุดอ่อนของการส่งน้ำแบบนี้จึงมองไม่เห็นชัดเหมือนการส่งน้ำให้แก่พืชในฤดูแล้ง สำหรับพืชไร่ นั้นมิได้ให้น้ำตลอดเวลาเหมือนกับข้าว ในตอนกลางคืนน้ำที่ส่งจึงต้องปล่อยทิ้งไป หรือมิฉะนั้นต้องทำสระเก็บน้ำในไร่นาเก็บน้ำไว้ในช่วงที่มีน้ำได้ให้น้ำ หรือมีน้ำมากเกินไป แล้วรวบรวมไว้ในตอนกลางวันตามเวลาและปริมาณที่ต้องการ

(2.2) การส่งน้ำตามความต้องการของผู้ใช้น้ำ (Demand Method) เป็นการส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกตามเวลาและปริมาณที่ผู้ใช้น้ำ วิธีนี้เป็นวิธีที่ดีที่สุดในแง่ของผู้ใช้น้ำ เพราะเกษตรกรสามารถวางแผนการปลูกพืชและให้น้ำแก่พืชในเวลาและปริมาณที่พอเหมาะ ทั้งอัตราการส่งน้ำเกษตรกรก็สามารถเลือกให้พอเหมาะกับการให้น้ำที่ใช้อยู่ด้วย ดังนั้นประสิทธิภาพการชลประทานที่ส่งน้ำโดยวิธีนี้จะดีที่สุด ปริมาณและเวลาที่ต้องการน้ำนั้นเกษตรกรจะเตรียมไว้ล่วงหน้า โดยคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชจากข้อมูลภูมิอากาศ และสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช หรือข้อมูลการระเหยจากภาควัดการระเหยจากภาควัดการระเหยและสัมประสิทธิ์ของธาตุ และคุณสมบัติ ของดินและพืช ในระหว่างฤดูการเพาะปลูกอาจมีการแก้ไขให้เข้ากับสภาพการใช้น้ำ และฝนที่เกิดขึ้นจริง

การที่จะใช้วิธีการส่งน้ำแบบนี้ได้เกษตรกรจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในหลักการชลประทาน เป็นอย่างดี หรือผู้ที่สามารถให้คำแนะนำแก่เกษตรกรได้อย่างถูกต้อง เท่าที่มีใช้อยู่ในประเทศไทยแล้ว เกษตรกรจะต้องจ่ายค่าน้ำตามปริมาณที่ใช้ ดังนั้นการใช้น้ำจะเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และประหยัด

(2.3) การส่งน้ำแบบหมุนเวียน (Rotation Method) เป็นการส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกตามจำนวนและระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้ล่วงหน้า โดยทำเป็นแผนการส่งน้ำไว้แล้วว่าแปลงใดจะได้รับน้ำเมื่อใด จำนวนเท่าใด เป็นระยะเวลานานเท่าใด และเมื่อใดจะได้รับน้ำสำหรับการส่งน้ำครั้งต่อไป หลักการที่สำคัญของการส่งน้ำโดยวิธีนี้มีอยู่ 3 ประการ คือ



(2.3.1) แบ่งพื้นที่ที่จะต้องส่งน้ำทั้งหมดออกเป็นแปลงย่อย ๆ แล้วจัดเรียงลำดับของแปลงที่จะส่งน้ำให้

(2.3.2) คำนวณปริมาณน้ำที่จะต้องส่งให้กับแปลงอย่างที่ได้แบ่งไว้ให้พอเหมาะกับความต้องการพืช ขนาดของแปลงและการสูญเสียน้ำจากการส่งน้ำและให้น้ำ

(2.1.3) กำหนดระยะเวลาในแต่ละแปลงย่อยจะได้รับน้ำระยะเวลาดังกล่าวนี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่และอัตราการส่งน้ำ

4.2.2 ปริมาณน้ำที่จะต้องจัดหามาให้แก่พืช

โดยปกติแล้ว น้ำที่พืชใช้ในการเจริญเติบโตจะได้มาจาก 4 แหล่งด้วยกัน คือ

(1) จากความชื้นที่เหลืออยู่ในดินหลังการเก็บเกี่ยว หรือสิ้นสุดการเพาะปลูกแล้ว เมื่อปลูกพืชครั้งต่อไป ความชื้นดังกล่าวถ้ามีปริมาณมากพอ พืชก็สามารถนำไปใช้ได้ บางแห่งอาจจะได้รับเพิ่มเติมจากฝนที่ตกนอกฤดูการเพาะปลูกด้วย อย่างไรก็ตาม น้ำจากแหล่งนี้มีให้พืชเอาไปใช้ไม่มากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชที่มีรากตื้น เพราะดินในชั้นบนจะมีการสูญเสียน้ำโดยการระเหยจากผิวดินไปบ้าง

(2) จากน้ำใต้ดิน ถ้าหากน้ำใต้ดินอยู่ในระดับที่จะซึมขึ้นมาถึงเขตรากได้ พืชก็จะได้รับน้ำส่วนนี้เหมือนกัน แต่น้ำจะต้องมีคุณภาพดี มิฉะนั้นจะทำให้มีการสะสมเกลือในเขตรากขึ้น

(3) จากฝนที่ตกในฤดูการเพาะปลูก ซึ่งพืชอาจจะนำไปใช้ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น เพราะส่วนที่ซึมลงไปเก็บไว้ในดินและพืชนำไปใช้ได้จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่างด้วยกัน เช่น อัตราและปริมาณของฝน อัตราการซึมของฝนเข้าไปในดิน ความสามารถเก็บน้ำของดิน และความชื้นเดิมของดินก่อนฝนตก เป็นต้น ถ้าอัตราที่ฝนตกสูงกว่าอัตราที่มันซึมเข้าไปในดิน ส่วนที่เกินก็จะกลายเป็นน้ำผิวดิน (Runoff) ไหลลงสู่แม่น้ำลำคลอง หรือถ้าปริมาณที่ซึมลงไปในดินมากกว่าที่ดินจะเก็บไว้ได้ ก็จะมีการซึมเลยเขตรากพืชออกไปอีก ดังนั้นปริมาณน้ำฝนที่พืชจะนำไปใช้ได้อย่างแท้จริง จึงจำกัดเฉพาะส่วนที่เก็บกักอยู่ในเขตราก หรือในแปลงนาซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ได้เท่านั้น

(4) จากน้ำชลประทานที่จะต้องจัดหามาให้แก่พืชเพิ่มเติมจากในข้อ 1 ถึง 3 แต่เนื่องจากว่าความชื้นที่เหลืออยู่ในดิน และที่ซึมขึ้นมาจากใต้ดินมีปริมาณไม่มากนัก และยังหาจำนวนที่แน่นอนได้ยากในทางปฏิบัติ น้ำดังกล่าวจึงไม่นำมาหักออกจากปริมาณน้ำที่ต้องการทั้งหมด ดังนั้น น้ำชลประทานที่จะต้องจัดหาเพิ่มเติมในแปลงเพาะปลูกคือ ปริมาณที่พืชต้องการสำหรับการระเหยและการคายน้ำรวมกับที่ต้องการสำหรับวัตถุประสงค์อย่างอื่น เช่น สำหรับการ



ควบคุมความเข้มข้นของเกลือในเขตราก หักด้วยปริมาณน้ำฝนที่พืชนำไปใช้ได้หรือฝนใช้การ (Effective Rainfall) ซึ่งจะอยู่ในรูปของสมการ

$$W_n = ET_c + W_l - R_e \quad (\text{สมการ 4-1})$$

โดย W_n เป็นปริมาณสุทธิที่พืชต้องการซึ่งจะต้องจัดหามาให้แก่พืชที่เพาะปลูก กล่าวคือ เป็นปริมาณที่ดินทุก ๆ จุดในพื้นที่จะได้รับน้ำจากน้ำชลประทาน ET_c เป็นจุดที่พืชใช้สำหรับการระเหยและคายน้ำ W_l เป็นปริมาณที่เผื่อไว้สำหรับควบคุมความเข้มข้นของเกลือในดิน (Leaching Requirement) และ R_e เป็นฝนใช้การ (Effective Rainfall)

4.2.2.1 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการปลูกข้าว

การส่งน้ำในระบบชลประทานโดยมากจะใช้เพื่อการเกษตร โดยเฉพาะพืชที่ใช้ปลูกส่วนใหญ่จะเป็นข้าว ฉลอง (2527) ได้แบ่งปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งให้เพื่อการปลูกข้าวออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. ปริมาณน้ำเพื่อการเตรียมแปลง (Land preparation) จุดประสงค์ของการเตรียมแปลง ก็เพื่อให้ดินมีสภาพเหมาะสมต่อการเพาะปลูก โดยดินจะถูกทำให้แตกเป็นก้อนเล็ก ๆ ทำให้สะดวกในการปักดำหรือหว่าน ข้าวสามารถเจริญเติบโตได้เต็มที่ เป็นการกำจัดโรคพืช ศัตรูพืช วัชพืช ช่วยสลายฟาง ตอซัง และวัชพืช นอกจากนี้ยังทำให้ดินในระดับต่ำกว่ารอยไถแน่นขึ้น มีผลให้การรั่วซึมน้อยลง และยังเป็นการปรับระดับหน้าดินให้สม่ำเสมอ เหมาะสมต่อการส่งน้ำให้ปุ๋ย และยาอีกด้วย ช่วงการเตรียมแปลงเป็นช่วงที่ใช้น้ำมากที่สุดของการปลูกข้าว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชื้นของดินก่อนการเตรียมแปลง ชนิดของดินซึ่งจะมีผลต่อการรั่วซึม การระเหยในระหว่างการเตรียมแปลง และลักษณะการเตรียมแปลง เช่น เตรียมแปลงเพื่อปักดำ หรือเพื่อบริการน้ำตาม เป็นต้น เนื่องจากช่วงเตรียมแปลงเป็นช่วงที่ใช้น้ำมากที่สุดดังกล่าวแล้ว ฉะนั้น ระยะเวลาในการเตรียมแปลงจึงมีความสำคัญมาก เพราะถ้าระยะเวลาในการเตรียมแปลงสั้น ปริมาณน้ำที่ต้องการในช่วงเวลาเตรียมแปลงจะสูง ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการออกแบบระบบส่งน้ำ จากการวิเคราะห์ข้อมูลการเพาะปลูกของโครงการสามชุก พบว่า ระยะเวลาในการเตรียมแปลงในแต่ละโซนผันแปรจาก 4 สัปดาห์ ถึง 8 สัปดาห์ในฤดูแล้ง และ 6 สัปดาห์ ถึง 10 สัปดาห์ในฤดูฝน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความจุของระบบส่งน้ำ เป็นสำคัญ ในฤดูฝน ถ้ามีฝนตกมากในระยะเวลาที่มีการเตรียมแปลงจะทำให้ระยะเวลาในการเตรียมแปลงสั้นลง ทั้งนี้เพราะว่ามีน้ำมากพอที่จะให้ชาวนาเตรียมแปลงได้พร้อม ๆ กัน โดยปกติชาวนาที่อยู่ปลายระบบส่งน้ำจะต้องรอจนกระทั่งชาวนาที่อยู่ต้นน้ำเตรียมแปลงเสร็จ จึงจะมีน้ำเหลือให้ชาวนาที่อยู่ปลายระบบส่งน้ำเริ่มเตรียมแปลงได้



2. ปริมาณน้ำเพื่อการตกกล้า เป็นปริมาณน้ำที่ใช้ในการตกกล้าก่อนจะนำต้นกล้าไป ปักดำ ประกอบด้วยปริมาณน้ำเพื่อการเตรียมแปลงก่อนตกกล้า และปริมาณน้ำที่กล้าใช้ (ฉลอง, 2527) มีความสำคัญน้อยกว่าปริมาณน้ำเพื่อการเตรียมแปลง ทั้งนี้เพราะพื้นที่ตกกล้าจะน้อยมากเมื่อเทียบกับพื้นที่ปลูกข้าว

3. ปริมาณน้ำที่ข้าวต้องการหลังจากปักดำแล้ว (Consumptive use or Evapotranspiration) ปริมาณน้ำส่วนนี้ หมายถึง ปริมาณน้ำที่ต้นข้าวใช้ในการเจริญเติบโตด้วยการคายทางใบ และรวมถึงปริมาณน้ำที่ระเหยไปจากผิวน้ำที่ขังอยู่ในแปลงนา ปริมาณน้ำที่ข้าวใช้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ รังสีอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และการเจริญเติบโตของต้นข้าวและพันธุ์ข้าว ปริมาณการใช้น้ำของข้าวสามารถหาได้ทั้งโดยการวัดและการคำนวณโดยใช้สูตร

$$ET = K_c \cdot E_{pan} \quad (\text{สมการ 4-2})$$

เมื่อ	ET	=	การใช้น้ำของข้าว มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อวัน
	K _c	=	สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าว (crop coefficient)
	E _{pan}	=	การระเหยของผิวดักการระเหย มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อวัน

สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าว เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับอายุของข้าวเพียงอย่างเดียว ค่านี้ได้จากการทดลองวัดจริงในสนามโดยการปลูกหญ้าหรือพืชอ้างอิงอื่น เช่น อัลฟัลฟา และข้าว ในถ่วงวัดการให้น้ำซึ่งติดตั้งในบริเวณเดียวกัน จากนั้นหาสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวในแต่ละช่วงอายุได้จากอัตราส่วนของ การใช้น้ำของข้าวต่อการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ซึ่งได้มีการศึกษาและสามารถที่จะค้นคว้าได้จากหนังสือเกี่ยวกับการชลประทานทั่ว ๆ ไป (ฉลอง และ ชัยวัฒน์, 2523 ; ดิเรก, 2524 ข ; อภิชาติ และคณะ, 2524 ; วราวุธ, 2525 ; ดิเรก 2526 ; วิบูลย์, 2526 ; ฉลอง, 2527)

การที่การใช้น้ำของพืชอ้างอิงขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศรอบ ๆ ต้นพืช เพียงอย่างเดียว ทำให้มีสูตรการคำนวณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงหลายวิธี ที่นิยมใช้ในการปฏิบัติงานด้านชลประทานมี 6 วิธี คือ Penman, Evaporation, Blany Criddle, Christiansen and Hargreaves, Makkink และ Thornthwaite วิธีการทั้ง 6 มีขั้นตอนการคำนวณแตกต่างกัน การที่จะเลือกใช้สูตรใดจะต้องพิจารณาจากลักษณะของงาน ความละเอียดถูกต้องที่ต้องการ ข้อมูล และเครื่องมือเครื่องใช้ที่มีอยู่ สำหรับค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงในแต่ละเดือน ณ สถานที่ต่าง ๆ ที่ได้คำนวณไว้แล้ว โดยวิธีของ Penman เนื่องจากสภาพภูมิอากาศทุกอย่าง เช่น รังสีอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ฯลฯ ซึ่งมีผลต่อการใช้น้ำของพืชก็มีผลต่อการระเหยของน้ำจากผิวดักการระเหยด้วยเช่นกัน ดังนั้น ปริมาณการใช้น้ำของพืชอาจเทียบหาจากการระเหยจากผิวดักการระเหย



4.2.2.2 ปริมาณน้ำที่ซึมลงที่ดิน (Percolation)

เมื่อมีการส่งน้ำเข้าไปในแปลงนา เพื่อใช้ในการปลูกข้าวนั้นจะมีน้ำส่วนหนึ่งไหลผ่านชั้นดินลงในเขตรากข้าว แล้วไหลลงใต้ดินซึ่งเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ การรั่วซึมจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของดิน วิธีการเตรียมแปลง ความสูงของระดับน้ำในแปลง และระดับน้ำใต้ดิน เป็นต้น ชลองค์และชัยวัฒน์ (2527 ข) ได้ทำการวัดการรั่วซึมเป็นจุด ๆ บนพื้นที่เพาะปลูกทั่วทั้งโครงการ ฯ น้ำจุนรวมทั้งสิ้น 31 จุด ระยะเวลาที่ใช้วัดแต่ละจุด ผันแปรจาก 1-2 วัน อัตราการรั่วซึมสูงสุดที่วัดได้เท่ากับ 2.77 มิลลิเมตรต่อวัน พงษ์ (2527) วัดการรั่วซึมในโครงการหนองหวาย 15 จุด ทุกจุดที่วัดเป็นดินเหนียวและเป็นดินเหนียวอมน้ำ 2 จุด ได้ค่าเฉลี่ยของอัตราการรั่วซึม 2.23 มิลลิเมตรต่อวัน ทวี (2528) วัดการรั่วซึมที่โครงการแม่กลองใหญ่ได้ค่าเฉลี่ย 1.20 มิลลิเมตรต่อวัน

4.2.3 ฝนใช้การ

ฝนใช้การ (Effective Rainfall) หมายถึงส่วนของน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่เพาะปลูกที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ หรืออีกนัยหนึ่งเป็นส่วนของน้ำฝนที่ทดแทนความต้องการน้ำชลประทานที่ใช้เพาะปลูกซึ่งจะต้องให้แก่พืชในวันที่มีฝนตกนั้น โดยปกติแล้วไม่จำเป็นว่าฝนที่ตกลงบนพื้นที่เพาะปลูกนั้นจะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ทั้งหมด ทั้งนี้เพราะว่าส่วนที่จะเป็นประโยชน์อย่างแท้จริง คือ ส่วนที่เก็บกักไว้ในเขตรากที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ภายหลัง หรือกรณีที่เป็นนาข้าวก็จะเป็นส่วนที่ขังอยู่ในแปลงนาในระดับที่ไม่มากเกินไปจนเป็นอันตรายแก่ข้าว ปริมาณฝนใช้การขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการด้วยกัน เช่น อัตราและปริมาณฝน ความชื้นของดิน หรือระดับน้ำในแปลงนาก่อนมีฝนตก อัตราการดูดซึมน้ำของดิน ความสามารถเก็บน้ำของดินในเขตราก ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่เพาะปลูก ชนิดและอัตราการใช้น้ำของพืชที่ปลูก เป็นต้น การที่จะเปลี่ยนปริมาณฝนที่วัดได้ให้เป็นปริมาณฝนใช้การนั้นมีหลักการและขั้นตอนการคำนวณหลายวิธีด้วยกัน ดังนี้

1. Drainage model ทำได้โดยเลือกพื้นที่ตัวอย่างที่สามารถวัดน้ำที่ส่งให้และส่วนที่ไหลออกได้สะดวก ซึ่งน้ำส่วนที่ไหลออกนี้จะเกิดจากน้ำฝนและน้ำชลประทานที่ส่งให้ โดยที่ฝนใช้การคือ ผลต่างของปริมาณที่ตกลงบนพื้นที่กับปริมาณฝนที่ไหลออกจากพื้นที่ ถ้าตั้งสมมติฐานว่าอัตราส่วนของน้ำฝนที่ระบายออกต่อน้ำฝนรวมกับน้ำชลประทานที่ระบายออก เท่ากับอัตราส่วนของน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ต่อน้ำฝนรวมกับน้ำชลประทานที่ส่งให้ก็สามารถหาปริมาณฝนที่ระบายออก และคำนวณฝนใช้การได้ในที่สุด (Le Ngoe และ Wickham, 1977)

2. Freeboard model เป็นวิธีคำนวณหาฝนใช้การในสระระดับแปลงนา โดยการเลือกพื้นที่ตัวอย่างแล้ววัดระดับน้ำในแปลงนา การใช้น้ำ และการรั่วซึมในแปลงนา เพื่อเป็นข้อมูลในการ



คำนวณหาความสูงของคันนาที่อยู่เหนือผิวน้ำในแปลงนาในวันฝนตก เมื่อทราบปริมาณฝนแล้วก็จะคำนวณฝนใช้ได้ (Le Ngoe และ Wickham, 1977)

3. Simulation model Acres (1979) ได้คำนวณหาฝนใช้การ ซึ่งมีคำจำกัดความว่า ฝนใช้การ คือ ฝนที่ตกลงมาซึ่งอยู่ในระหว่างคันนาและยังไม่เกิดการไหลล้นออก

โดยทั่ว ๆ ไประดับน้ำในแปลงนาจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซัดจำกัดของระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงนี้จะแตกต่างกันไปในแต่ละโครงการ ซัดจำกัดบน คือ ที่ระดับน้ำสูงสุด เป็นระดับที่ทำให้เกิดความสูงที่สุดในแปลงนา ถ้าระดับน้ำสูงกว่านี้จะเกิดการไหลล้นออก ซัดจำกัดล่าง คือ ที่ระดับน้ำต่ำสุดที่จะยอมให้เพื่อประโยชน์ในการจำกัดวัชพืช ถ้าระดับน้ำต่ำกว่าระดับต่ำสุดจะต้องให้น้ำชลประทานจนน้ำขึ้นไปอยู่ในระดับที่เหมาะสมซึ่งเรียกว่า ระดับปานกลาง

วิธีการศึกษาปริมาณน้ำฝนใช้การสำหรับปลูกข้าวฤดูฝนฤดูแล้ง ในทุกเขตของประเทศไทยที่ผ่านมาเป็นการศึกษาด้วยวิธี Simulation โดยอาศัยคอมพิวเตอร์ช่วยเป็นส่วนใหญ่ มีเพียงในโครงการพัฒนาชนบทแบบผสมผสานน้ำอูนเท่านั้น ที่มีการ calibrate ผลที่ได้จากการคำนวณกับข้อมูลในพื้นที่เพาะปลูกจริง ๆ (ฉลอง และชัยวัฒน์, 2527 ค) ทั้งนี้เนื่องจาก

1. การเลือกพื้นที่เพาะปลูกในสนามเพื่อที่จะ Monitor ค่าที่จะนำไปตรวจสอบกับผลการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์นั้นทำได้ยากมาก เพราะ outflow ที่ออกจากพื้นที่ในเขตโครงการชลประทาน ไหลออกได้หลายทาง และเป็น outflow จาก inflow หลาย ๆ ส่วน ฉะนั้น การที่จะหา outflow จากพื้นที่เพาะปลูกที่ทราบ inflow ที่แน่นอนในสนามจึงทำได้ยาก

2. การที่จะให้ได้ผลค่อนข้างสมบูรณ์นั้น จะต้องใช้เวลาในการเก็บข้อมูลจากสนามหลายฤดูกาลเพาะปลูก

3. จากเหตุผลข้อ 1 และ 2 ทำให้การคำนวณหาปริมาณฝนใช้การในสนามต้องเสียค่าใช้จ่ายมาก

4. เมื่อหาพื้นที่ที่สามารถ Monitor ได้ตามข้อ 1 แล้วยังมีปัญหาอีก คือการวัด inflow-outflow จำเป็นต้องใช้เครื่องวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ และพื้นที่เลือกได้อาจไม่เป็นตัวแทนของพื้นที่ทั้งโครงการอีกด้วย

โดยปกติแล้วไม่จำเป็นว่าฝนที่ตกลงบนพื้นที่เพาะปลูกนั้นจะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ทั้งหมด ทั้งนี้เพราะว่าส่วนที่จะเป็นประโยชน์อย่างแท้จริงนั้นคือส่วนที่เก็บกักไว้ในเขตรากที่พืชสามารถนำมาใช้ได้ภายในหลัง หรือในกรณีที่เป็นนาข้าวก็จะเป็นส่วนที่ขังอยู่ในแปลงนาในระดับที่ไม่มากเกินไปจนเป็นอันตรายแก่ข้าว เช่น สมมุติว่า ในวันที่ 20 กรกฎาคม ถึงกำหนดที่จะต้องให้น้ำแก่ข้าวโพดจำนวน 100 มม. ถ้าฝนตกในวันที่ 19 จำนวน 30 มม. ฝนดังกล่าวก็อาจจะกลายเป็นฝนใช้



การทั้งหมด ในทางตรงกันข้าม ถ้าฝนตกในวันที่ 21 ซึ่งเพิ่มให้น้ำเสริม ฝน 30 มม. อาจจะไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชเลยก็ได้ จะเห็นได้ว่าจำนวนฝนใช้การที่แท้จริงนั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่างด้วยกัน เช่น ความชื้นของดินในแปลงนาก่อนฝนตก อัตราและปริมาณของฝน อัตราการซึมของน้ำฝนเข้าไปในดิน ความสามารถซึมน้ำของดินในเขตราก ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่เพาะปลูก ชนิดและอัตราการใช้น้ำของพืชที่ปลูก เป็นต้น

เนื่องจากว่าวิธีการให้น้ำของชาวนั้นแตกต่างจากพืชไร่มาก ดังนั้น ปริมาณฝนใช้การสำหรับข้าวจะได้พิจารณาแยกต่างหากจากพืชไร่

1. ฝนใช้การสำหรับข้าว ก่อนอื่นต้องเข้าใจว่านาข้าวส่วนใหญ่มีคันดินล้อมรอบ ฝนที่ตกในนาถ้ามีปริมาณไม่มากจนเกินไปก็就会被เก็บกักไว้ได้ทั้งหมด นอกจากนั้นข้าวยังมีความต้องการน้ำชลประทานสูงเพราะจะต้องเผื่อไว้สำหรับการรั่วซึมในแปลงนาซึ่งหลีกเลี่ยงไม่ได้ด้วย โดยปกติความต้องการน้ำในแปลงนามีค่าอยู่ระหว่าง 150 ถึง 300 มิลลิเมตรต่อเดือน ดังนั้น อาจถือว่าฝนที่ตกด้วยอัตราคงที่และแผ่กระจายอย่างสม่ำเสมอตลอดเดือนในขนาดไม่เกินความต้องการน้ำสำหรับเดือนนั้น ๆ เป็นฝนใช้การทั้งหมด อย่างไรก็ตาม ข้อกำหนดดังกล่าวนี้จะเป็นจริงก็ต่อเมื่อมีระดับน้ำในแปลงนาไม่สูงจนเกินไปในขณะที่ฝนตก เพราะเมื่อมีน้ำฝนมาเพิ่ม ระดับน้ำอาจสูงเกินไปจนไม่สามารถใช้น้ำฝนให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้ นี่เป็นสาเหตุหนึ่งที่แนะนำชาวนาให้รักษาระดับน้ำในนาให้ต่ำเท่าที่จำเป็นเท่านั้น สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย บริษัทวิศวกรที่ปรึกษา ได้แนะนำวิธีการคำนวณปริมาณฝนใช้การสำหรับนาข้าวไว้ โดยกำหนดว่าฝนที่ตกไม่เกิน 200 มม. ตลอดเดือนเป็นฝนใช้การได้ทั้งหมด ส่วนที่เกิน 200 มม. ฝนใช้การได้ลดลงตามส่วน เช่น เมื่อฝนรายเดือนเท่ากับ 400 มม. จะเป็นฝนใช้การได้เพียง 310 มม. หรือ 77.5 เปอร์เซ็นต์ของฝนรายเดือนเท่านั้น สัดส่วนของฝนใช้การจะลดลงเมื่อฝนรายเดือนมีค่าเพิ่มขึ้น เช่น ฝนรายเดือนมีค่าเพิ่มจาก 200 แต่ไม่เกิน 250 ฝนที่เพิ่มจาก 200 มม. เป็นฝนใช้การได้ 75 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เพิ่มจาก 250 แต่ไม่เกิน 300 มม. เป็นฝนใช้การเพียง 65 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น จะเห็นว่าฝนใช้การสำหรับนาข้าว นั้นอาจมีค่ามากกว่าความต้องการน้ำชลประทานที่แปลงนาได้ ทั้งนี้เพราะถ้าระดับน้ำไม่สูงมากอยู่ก่อนแล้ว ฝนที่ตกลงมาก็สามารถเก็บไว้ใช้ในเดือนถัดไปได้ ตรงกันข้ามกับพืชไร่ที่ฝนใช้การมีค่าเกินความต้องการน้ำไม่ได้ เพราะส่วนที่เกินนั้นจะซึมเลยเขตรากซึ่งไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช

2. ฝนใช้การสำหรับพืชไร่ ค่าฝนใช้การสำหรับพืชไร่หมายถึงส่วนของน้ำฝนที่ซึมลงไปในดินและเก็บไว้ในเขตรากที่พืชจะสามารถนำไปใช้ได้ภายหลัง แปรประมาณค่าดังกล่าวนี้ค่อนข้างจะยุ่งยากมากกว่าในกรณีที่เป็นนาข้าว ทั้งนี้เพราะว่าตัวแปรที่มีผลต่อค่าดังกล่าวมีมากกว่า เช่น