

บทที่ 3

ทฤษฎีที่ใช้ในแบบจำลอง

3.1 แนวความคิดของแบบจำลอง และหลักการพื้นฐาน

เมื่อศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 พบว่าแต่ละแบบจำลองมีข้อเด่นและข้อด้อยที่แตกต่างกัน สรุปได้ดังนี้

แบบจำลองที่พัฒนาโดยชูโชค อายุพงศ์ (2531) กำหนดให้พื้นที่รับน้ำของฝ่ายทดน้ำแต่ละตัวมีขนาดใกล้เคียงกัน และกำหนดให้ฝ่ายทดน้ำแต่ละแห่ง มีขนาดพื้นที่เพาะปลูกเท่ากันทั้งลุ่มน้ำ ซึ่งข้อกำหนดดังกล่าว จะไม่เป็นจริงตามสภาพภูมิประเทศที่แท้จริง

แบบจำลองที่พัฒนาโดย Rinfret (1988) พิจารณาแยกฝ่ายทดน้ำในลุ่มน้ำ แต่ละตัวไม่ขึ้นแก่กัน ไม่นำปริมาณน้ำที่ล้นจากฝ่ายทดน้ำตัวบน และปริมาณน้ำไหลกลับจากพื้นที่เพาะปลูกของฝ่ายทดน้ำตัวบน มารวมกับปริมาณน้ำที่ไหลจากพื้นที่รับน้ำของฝ่ายทดน้ำตัวที่กำลังพิจารณา ซึ่งการพิจารณาแบบแยกฝ่ายทดน้ำดังกล่าวจะไม่สอดคล้องกับสภาพลุ่มน้ำที่แท้จริง

แบบจำลองที่พัฒนาโดยอดิเรก วัฒนาอุดมชัย (2533) เป็นแบบจำลองสำหรับคำนวณชลภาพน้ำผ่านฝ่ายทดน้ำแต่ละตัวหรือลุ่มน้ำย่อยได้ สามารถเทียบปรับค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดได้ แต่ข้อจำกัดของแบบจำลอง คือ สามารถคำนวณข้อมูลได้เพียง 125 วันเท่านั้น ไม่สามารถคำนวณข้อมูลที่มีความยาวมาก ๆ ได้ และแบบจำลองไม่สามารถหาพื้นที่นา ที่ได้รับน้ำจากฝ่ายแต่ละตัวได้เพียงแต่หาว่า พื้นที่นาได้รับน้ำจากฝ่ายได้เป็นกี่เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่นาทั้งหมด ซึ่งไม่สามารถหาศักยภาพที่แท้จริงของลุ่มน้ำ

แบบจำลองที่พัฒนาโดยมนัส กำเนิดมณี (2532) เมื่อพิจารณา 2 แบบจำลองย่อย คือแบบจำลองปริมาณฝนใช้การ และแบบจำลองความต้องการน้ำชลประทาน ผลลัพธ์จากแบบจำลองปริมาณฝนใช้การ จะเป็นข้อมูลป้อนเข้าแบบจำลองความต้องการน้ำชลประทาน ผลลัพธ์จากแบบจำลองความต้องการน้ำชลประทาน เป็นความต้องการน้ำที่ปากคลองส่งน้ำเป็นรายเดือน แต่แบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองสำหรับลุ่มน้ำขนาดใหญ่ เป็นแบบจำลองเฉพาะลุ่มน้ำแม่กลอง ไม่เหมาะกับลุ่มน้ำขนาดเล็ก และแบบจำลองนี้ ไม่สามารถคำนวณน้ำทำได้

เมื่อพิจารณาข้อเด่นและข้อด้อยของแบบจำลองทั้ง 4 แล้ว ถ้านำแบบจำลองของ อคิเรก วัฒนาอุดมชัย (2533) และมนัส กำเนิดมณี (2532) ในส่วนของการคำนวณปริมาณฝนใช้การ และความต้องการน้ำชลประทานมาดัดแปลง และพัฒนาโปรแกรมระบบกลุ่มน้ำขึ้นใหม่เพื่อแก้ไขข้อด้อยของแบบจำลองของชูโชค อายุพงศ์ (2531) และ Rinfret (1988) โดยได้มีการปรับปรุง และพัฒนาแบบจำลอง ดังนี้

1. ปรับปรุงแบบจำลองอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำขนาดเล็ก ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (HYMOST) ซึ่งพัฒนาโดยอคิเรก (2533) โดย

- ดัดแปลงแบบจำลองเดิมจากภาษา FORTRAN เป็นภาษา Quick-BASIC เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงกับโปรแกรมอื่น ๆ ที่จะพัฒนาขึ้นใหม่

- ดัดแปลงแบบจำลองเดิมซึ่งสามารถคำนวณข้อมูลได้เพียง 125 วัน ให้สามารถคำนวณข้อมูลได้ถึง 3 ปี

- ปรับปรุงการป้อนและแสดงผลข้อมูล (input and output) ให้สามารถเชื่อมโยง กับแบบจำลองอื่น ๆ ได้อย่างเหมาะสม

2. ปรับปรุงแบบจำลองปริมาณฝนใช้การ และแบบจำลองความต้องการน้ำชลประทานซึ่งพัฒนา โดยมนัส กำเนิดมณี (2532) โดยใช้ภาษา Quick-BASIC ให้สามารถคำนวณความต้องการน้ำชลประทานเป็นรายวัน

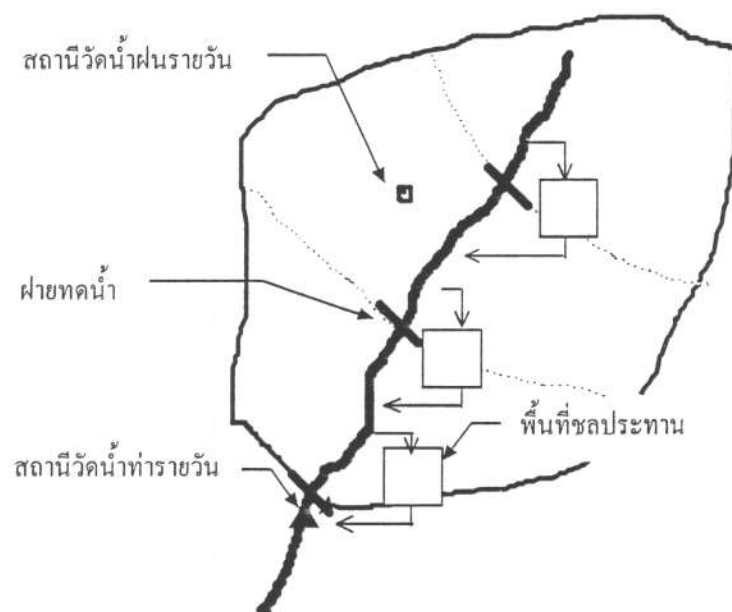
3. พัฒนาแบบจำลองเพื่อหาศักยภาพของกลุ่มน้ำขนาดเล็ก ที่ประกอบด้วยฝายทดน้ำ และพื้นที่นา และหาสัดส่วนของพื้นที่ชลประทาน ต่อพื้นที่รับน้ำของฝายทดน้ำ โดยการ

- ใช้ข้อมูลน้ำท่าที่ไหลผ่านฝายทดน้ำแต่ละตัว ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้แบบจำลองจากข้อ 1 รวมกับปริมาณน้ำที่ล้นจากฝายทดน้ำด้านบนรวมกับปริมาณน้ำไหลล้นจากพื้นที่เพาะปลูกจากฝายทดน้ำด้านบน เป็นข้อมูลปริมาณน้ำสำหรับใช้ส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูก

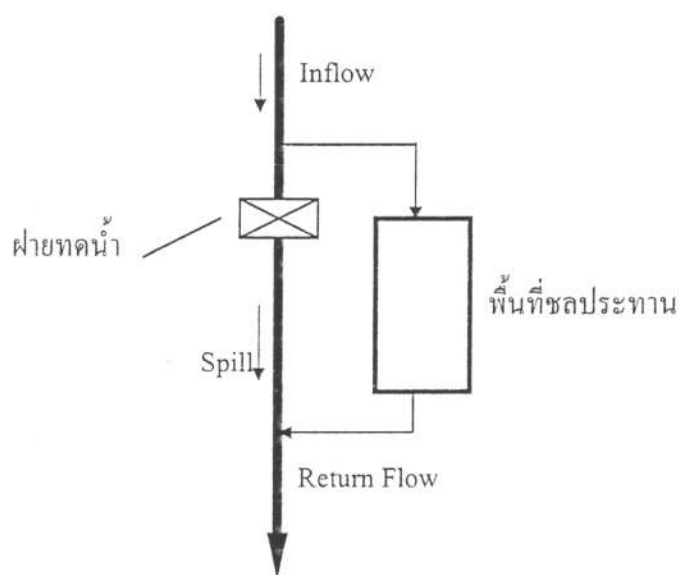
- คำนวณปริมาณฝนใช้การ และ คำนวณปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน เพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่จะต้องส่งให้แปลงเพาะปลูกเป็นรายวัน โดยใช้แบบจำลองจากข้อ 2

- แบบจำลองที่พัฒนาขึ้น จะสามารถกำหนดพื้นที่เพาะปลูกที่เหมาะสม สำหรับฝายทดน้ำแต่ละตัวตามชนิดของพืชที่กำหนด โดยการกำหนดขนาดของพื้นที่เพาะปลูก แล้วทำการเปรียบเทียบช่วงเวลาที่พืชไม่ขาดน้ำ หรือยอมให้ขาดน้ำได้ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดตลอดฤดูของการเพาะปลูก

- โครงสร้างของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น สามารถใช้กับกลุ่มน้ำขนาดเล็กที่มีระบบฝายทดน้ำ และมีการส่งน้ำเข้าสู่พื้นที่เพาะปลูก เป็นระบบกลุ่มน้ำขนาดเล็ก ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และแสดงระบบฝายทดน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 แสดงระบบกุ่มน้ำขนาดเล็ก



รูปที่ 3.2 แสดงระบบฝายทดน้ำ

3.2 โครงสร้างของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

3.2.1 แบบจำลองอุทกวิทยา HYMOST (Hydrologic model of small watershed in northeast Thailand)

แบบจำลองอุทกวิทยาใช้เพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่ไหลผ่านฝ่ายต่อน้ำแต่ละตัว ในลุ่มน้ำใช้แบบจำลองที่พัฒนาโดยอดิเรก วัฒนาอุดมชัย (2533) โดยดัดแปลงแบบจำลองเดิมจากภาษา FORTRAN เป็น ภาษา Quick-BASIC และแก้ไขให้สามารถคำนวณข้อมูลจากเดิมคำนวณได้ 125 วัน สามารถคำนวณข้อมูลได้ถึง 3 ปี

แบบจำลอง HYMOST ใช้หลักการคำนวณตามวิธีการของ Soil Conservation Service (SCS) ของสหรัฐอเมริกา ในการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากปริมาณฝนสำหรับพื้นที่รับน้ำตามธรรมชาติ และใช้หลักการสมดุลของปริมาณน้ำสำหรับพื้นที่ที่เป็นที่นา โดยแบ่งพื้นที่นาออกเป็น 2 ส่วน คือ พื้นที่นาที่ไม่ได้รับน้ำฝนจากฝ่าย (Noncommand area) และพื้นที่นาที่ได้รับน้ำฝนจากฝ่าย (Command area)

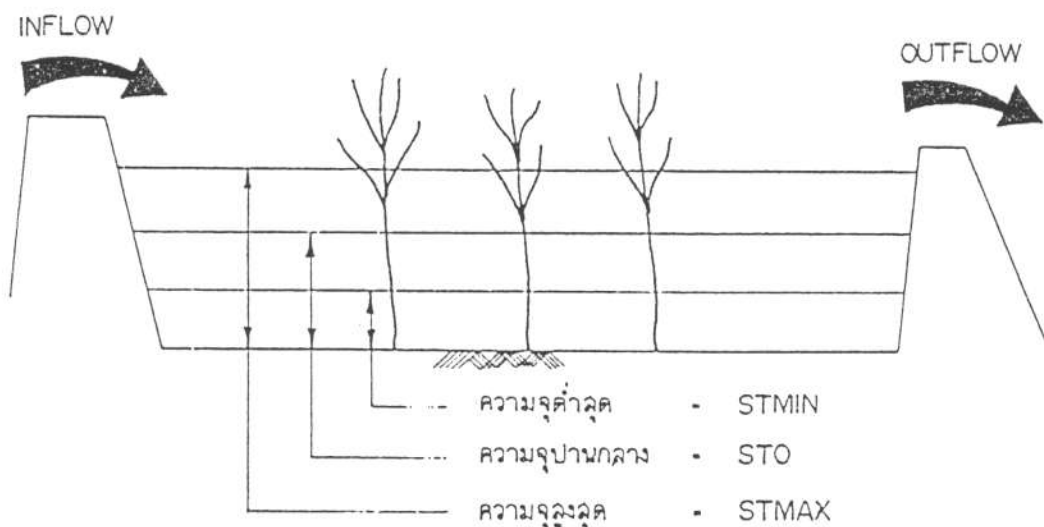
ข้อมูลที่ต้องใช้ในแบบจำลองคือ ข้อมูลฝนรายวัน ศักยภาพระบายรายวัน การใช้ที่ดิน ชนิดของดิน ขนาดของลำน้ำและจำนวนฝ่ายในลุ่มน้ำ

3.2.2 แบบจำลองปริมาณน้ำฝนใช้การ (Effective rainfall model)

ปริมาณฝนใช้การ หมายถึง ส่วนของฝนที่ตกลงบนพื้นที่ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ หรือเป็นส่วนของน้ำฝนที่ทดแทนน้ำชลประทานที่จะส่งให้แก่พืช ทั้งนี้ เพราะน้ำฝนที่ตกลงในแปลงเพาะปลูกนั้น บางคราวก็ไม่อาจเป็นประโยชน์แก่พืชได้ทั้งหมด ดังนั้นปริมาณฝนใช้การคือปริมาณน้ำฝนที่ตกในแปลงนา แล้วไม่เกิดการไหลล้นออก หรือไหลซึมออกผ่านคันนา

การที่นำน้ำฝนมาใช้ทดแทนน้ำชลประทานได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ ๆ คือ ปริมาณฝนที่ตกในแต่ละช่วงเวลา ปริมาณการใช้น้ำของพืช อัตราการรั่วซึมในแปลงนา รอบบริเวณการให้น้ำชลประทาน ความเค็มของชานาต่อการเก็บน้ำไว้ในแปลงนา และความสูงของคันนา (ฉลอง เกิดพิทักษ์, 2531)

มนัส กำเนิดมณี (2532) ได้พัฒนาแบบจำลองเพื่อคำนวณประมาณฝนใช้การ โดยพิจารณาถึงระดับน้ำในแปลงเพาะปลูกในช่วงฝนตก โดยแบ่งระดับน้ำในแปลงออกเป็น 3 ระดับ ดังแสดงในรูป 3.3



- ความจุต่ำสุด = ความจุที่ความลึกของน้ำต่ำสุดอาจใช้เพื่อกำจัดวัชพืช เริ่มให้น้ำชลประทานที่ความลึกนี้
- ความจุปานกลาง = ความจุที่ความลึกหลังการให้น้ำชลประทาน
- ความจุสูงสุด = ความจุที่ความลึกสูงสุดถ้ามีน้ำส่งมาเพิ่ม ก็จะกลายเป็น runoff

รูปที่ 3.3 แสดงระดับน้ำในนาข้าวสำหรับคำนวณปริมาณฝนใช้การ

จากรูปที่ 3.3 แสดงระดับน้ำบนแปลงเพาะปลูกที่ใช้กับวิธีนี้ เพื่อคำนวณฝนใช้การ ใน วันที่ n กำหนดให้

R_n = ปริมาณน้ำฝนที่ตกในวันที่ n เป็น มม.

R_c = ปริมาณฝนใช้การ เป็น มม.

$St(n-1)$ = ระดับน้ำในแปลงเพาะปลูกที่เริ่มต้นของวันที่ n

St_n = ระดับน้ำในแปลงเพาะปลูกที่สิ้นสุดของวันที่ n

Am = ปริมาณน้ำที่พืชต้องการเป็น มม./วัน ของเดือนที่มี N วัน

$$= (K_c \times E_{tp} + OR) / N$$

ซึ่ง K_c = สัมประสิทธิ์พืช (Crop Coefficient) ในเดือนที่ m
 E_{tp} = ศักยภาพการคายระเหย (Potential Evapotranspiration) ใน
 เดือนที่ m เป็น มม./วัน
 OR = ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลง ในเดือนที่ m
 เป็น มม.
 N = จำนวนวันในเดือน m
 ค่า St_m คำนวณได้จาก
 $St_m = St_{(n-1)} + R_n - A_m$ (3.1)

เงื่อนไขของแบบจำลอง

ถ้า $St_m > STMAX$
 $Re = STMAX + A_m - St_{(n-1)}$ (3.2)

และ St_m จะเท่ากับ $STMAX$

ถ้า $St_m \leq STMAX$
 Re จะเท่ากับ R_n
 และ $St_m =$ ผลที่คำนวณได้จากสมการ (3.1)

ถ้า $St_m < STMIN$
 Re จะเท่ากับ R_n
 และ St_m จะเท่ากับ STO

นั่นคือ จะต้องส่งน้ำชลประทานเข้าไปในแปลงนา

ได้มีการศึกษาระดับน้ำในแปลงนาจากสถานที่ต่าง ๆ เพื่อหาค่าดัชนี ที่ใช้ในการคำนวณปริมาณฝนใช้การ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าดัชนีที่ใช้ในการคำนวณปริมาณฝนใช้การ

สถานที่	STMAX	STO	STMIN
ลุ่มน้ำลำพระเพลิง	120	100	50
ลุ่มน้ำอูน	135	90	45
ลุ่มน้ำเพชรบุรี	120	100	50
จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	120	100	50
จังหวัดพิษณุโลก	135	90	45
จังหวัดเชียงใหม่	135	90	45
จังหวัดลำปาง	135	90	45
จังหวัดแพร่	135	90	45
จังหวัดชัยนาท	120	100	50
จังหวัดสุพรรณบุรี	120	100	50
ลุ่มน้ำห้วยผึ้ง-ห้วยผา	135	90	45

ที่มา : สมเกียรติ (2536)

3.2.3 แบบจำลองความต้องการน้ำชลประทาน (Irrigation Demand Model)

ความต้องการน้ำชลประทาน หมายถึง ความต้องการน้ำที่ปากคลองส่งน้ำ เพื่อส่งน้ำให้แปลงเพาะปลูก ซึ่งปลูกข้าว พืชไร่ พืชผัก และอื่น ๆ

ฉลอง เกิดพิทักษ์ (2531) ได้ให้คำจำกัดความของปริมาณน้ำชลประทาน ที่จะต้องส่งให้ แปลงเพาะปลูก ดังนี้

ปริมาณน้ำชลประทาน

= ปริมาณน้ำที่พืชต้องการตามทฤษฎี+ปริมาณการรั่วซึมบนแปลงเพาะปลูก -ปริมาณฝนใช้การ

ประสิทธิภาพชลประทาน

.....(3.3)

1. ปริมาณน้ำที่พืชต้องการตามทฤษฎี ของการปลูกข้าว สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน (ผลอง เกิดพิทักษ์, 2531) คือ

1. ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลง ความต้องการน้ำใช้ในการเตรียมแปลงจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความชื้นของดินก่อนการเตรียมแปลง ชนิดของดิน ซึ่งสัมพันธ์กับการรั่วซึม การระเหยระหว่างการเตรียมแปลง และลักษณะการเตรียมแปลง เช่น การเตรียมแปลงเพื่อปักดำ หรือการเตรียมแปลงสำหรับนาหว่านน้ำตม ปริมาณน้ำใช้ในช่วงเตรียมแปลงสูงกว่าความต้องการน้ำหลังจากปักดำและหว่านแล้ว ระยะเวลาในการเตรียมแปลง จึงมีความสำคัญมาก เพราะถ้าระยะเวลาในการเตรียมแปลงสั้น ปริมาณน้ำที่ต้องการในช่วงเวลาเตรียมแปลงจะสูง ฉะนั้น ปริมาณน้ำใช้ในการเตรียมแปลงและระยะเวลาในการเตรียมแปลง จึงมีความสำคัญต่อการออกแบบระบบส่งน้ำมาก แสดงไว้ในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ปริมาณน้ำ (มม.) ระยะเวลา(สัปดาห์) สำหรับในการเตรียมแปลง

โครงการชลประทาน	ปี พ.ศ.	ฤดูแล้ง	ระยะเวลา (สัปดาห์)	ฤดูฝน	ระยะเวลา (สัปดาห์)
มโนรมย์ จ.ชัยนาท	2522	350	2	-	-
สามชุก จ.สุพรรณบุรี	2522	350	2	280	2
หนองหวาย จ.ขอนแก่น	2525	-	-	250	3
หนองหวาย จ.ขอนแก่น	2526	350	3	300	3
น้ำอูน จ.สกลนคร	2527	-	-	250	3

ที่มา : สมเกียรติ (2536)

2. ปริมาณน้ำใช้ในการตกกล้า หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลงกล้า และปริมาณน้ำที่ข้าวกล้าใช้ในการเจริญเติบโตก่อนถอนไปปักดำ แสดงไว้ในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ปริมาณน้ำใช้ (มม.) ระยะเวลา(สัปดาห์) ในการเตรียมแปลงกล้า
สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของต้นกล้าและอายุของต้นกล้า (สัปดาห์)

โครงการชลประทาน	ปี พ.ศ.	ฤดู	ปริมาณ น้ำใช้	เวลา (สัปดาห์)	สัมประสิทธิ์ พืชของข้าว กล้า	อายุข้าว กล้า (สัปดาห์)
มโนรมย์ จ.ชัยนาท	2522	แล้ง	180	1	0.99	3
หนองหวาย จ.ขอนแก่น	2525	ฝน	250	1	0.83	3
น้ำอูน จ.สกลนคร	2527	ฝน	250	1	1.00	4

ที่มา : สมเกียรติ (2536)

3. ปริมาณน้ำที่ข้าวต้องการหลังจากปักดำหรือหว่านแล้ว (Consumptive use) หมายถึง ปริมาณน้ำที่ต้นข้าวใช้ในการเจริญเติบโตด้วยการคายน้ำทางใบ และรวมถึงปริมาณน้ำที่ระเหยไปจากผิวน้ำที่ข้าวอยู่ในแปลงนา ปริมาณน้ำที่ข้าวใช้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม การเจริญเติบโตของต้นข้าว และพันธุ์ข้าว ปริมาณการใช้น้ำของพืชสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$E_t = K_c * E_{tp} \quad \dots\dots\dots(3.4)$$

เมื่อ E_t = ปริมาณการใช้น้ำของพืช, มม./วัน

K_c = สัมประสิทธิ์พืช (Crop coefficient)

E_{tp} = ศักยภาพการคายระเหย (Potential evapotranspiration), มม./วัน

ค่าสัมประสิทธิ์พีชเป็นรายสัปดาห์ แสดงไว้ในตารางที่ 3.4 สำหรับค่าศักยภาพการคายระเหย (Potential evapotranspiration, Etp) คำนวณได้จากข้อมูลภูมิอากาศ แสดงไว้ในตารางที่ 3.5 ในที่นี้ใช้วิธีการของ Penman โดยมีสมการดังนี้

$$Etp = c[W * Rn + (1 - W)*f(u) * (ea - ed)] \quad \dots\dots\dots(3.5)$$

เมื่อ Etp = ค่าศักยภาพการคายระเหย , มม./วัน

W = แฟคเตอร์ที่ใช้ในการเฉลี่ย ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความสูง

Rn = ปริมาณรังสีสุทธิเทียบเป็นอัตราการระเหย , มม./วัน

f(u) = ฟังก์ชันของกระแสลม

ea = ความดันไอน้ำอิ่ม (ที่ T องศาเซลเซียส) , มิลลิบาร์

ed = ความดันไอน้ำจริงของอากาศเฉลี่ย (ที่ T องศาเซลเซียส) , มิลลิบาร์

c = แฟคเตอร์ปรับแก้เพื่อชดเชยอิทธิพลของสภาพภูมิอากาศในตอนกลางวัน และ ตอนกลางคืน



ตารางที่ 3.4 ค่าสัมประสิทธิ์พืช (Crop coefficient = Kc) โดยวิธี Penman (มม.)

สัปดาห์	ข้าวพื้นเมือง (ปักดำ)	ข้าวพันธุ์ กข. (ปักดำ)	ข้าวพันธุ์พื้นเมือง (หว่าน)	ข้าวพันธุ์ กข. (หว่าน)	พืชไร่ฤดูฝน	พืชไร่ฤดูแล้ง
1	0.83	0.92	0	0.00	0.55	0.84
2	0.83	0.94	0	0.92	0.61	0.91
3	0.83	1.00	0	0.94	0.72	0.97
4	0.93	1.13	0	1.00	0.87	1.01
5	1.06	1.23	0.83	1.13	1.04	1.02
6	1.06	1.29	0.83	1.13	1.15	1.01
7	1.06	1.32	0.83	1.29	1.20	1.00
8	1.06	1.30	0.93	1.32	1.21	0.82
9	1.06	1.26	1.06	1.30	1.18	0.30
10	1.06	1.21	1.06	1.26	1.11	
11	1.06	1.11	1.06	1.21	0.98	
12	1.06	0.95	1.06	1.11	0.83	
13	0.96	0.75	1.06	0.95	0.69	
14	0.83		1.06	0.75	0.60	
15	0.83		1.06		0.56	
16	0.83		1.06			
17	0.83		0.96			
18	0.72		0.83			
19			0.83			
20			0.83			
21			0.83			

ที่มา : ผลอง (2531)

ตารางที่ 3.5 ค่าศักยภาพการคายระเหย จำนวนโดยวิธี Penman (มม.)

ที่	สถานี	เดือน											
		มค.	กพ.	มีค.	เมย	พค.	มิย.	กค.	สค.	กย.	ตค.	พย.	ธค.
1	เชียงราย	93	125	151	169	143	143	135	124	128	122	105	91
2	แม่ฮ่องสอน	102	134	166	185	139	139	131	123	125	123	112	97
3	เชียงใหม่	104	134	164	179	144	144	135	122	124	123	110	96
4	แม่สะเรียง	108	139	173	191	135	135	127	120	125	127	117	103
5	ลำปาง	109	139	167	184	151	151	144	132	130	125	113	100
6	น่าน	102	133	162	177	144	144	135	124	126	126	112	97
7	แพร่	108	137	170	188	145	145	142	130	128	125	115	103
8	อุตรดิตถ์	114	140	165	180	140	140	133	124	128	132	123	109
9	ตาก	115	147	182	198	150	150	144	134	128	121	112	108
10	พิษณุโลก	113	138	165	175	143	143	136	126	128	129	121	108
11	แม่สอด	117	146	177	190	135	135	128	118	127	130	123	110
12	เพชรบูรณ์	118	143	176	180	140	140	132	122	123	131	124	112
13	เขื่อนภูมิพล	116	153	186	197	148	148	143	141	130	125	116	106
14	เลย	119	146	172	183	155	155	153	143	139	139	124	109
15	อุดรธานี	112	137	165	174	144	144	140	128	131	134	121	107
16	นครพนม	113	133	157	166	134	134	132	122	127	132	121	107
17	สกลนคร	114	138	163	173	143	143	141	129	132	135	122	108
18	มุกดาหาร	119	140	167	172	141	141	138	128	135	135	127	114
19	ขอนแก่น	117	143	168	177	148	148	147	133	132	131	125	113

ตารางที่ 3.5 ค่าศักยภาพการคายระเหย คำนวณโดยวิธี Penman (มม.) (ต่อ)

ที่	สถานี	เดือน											
		มค.	กพ.	มีค.	เมย	พค.	มิย.	กค.	สค.	กย.	ตค.	พย.	ธค.
38	เกาะสีชัง	133	150	166	171	156	152	146	139	134	137	135	132
39	หัวหิน	127	145	165	167	152	146	139	132	132	127	125	123
40	ประจวบคีรี ขันธ์	125	141	159	164	154	145	142	137	140	129	128	127
41	ชุมพร	117	133	152	154	139	130	127	150	128	121	113	111
42	สุราษฎร์ธานี	120	143	158	155	142	136	135	131	114	123	110	107
43	นครราชสีมา- ธรรมราช	116	137	157	153	143	140	142	135	101	124	110	107
44	สงขลา	103	144	153	147	135	133	135	133	97	124	113	116
45	นราธิวาส	121	136	151	154	138	135	133	131	57	127	115	110
46	ระนอง	130	145	158	153	130	118	117	113	109	115	108	120
47	ภูเก็ต	143	159	167	155	132	132	133	132	82	126	124	132
48	สนามบิน ภูเก็ต	134	150	157	148	137	127	128	125	88	120	120	123
49	ตรัง	140	158	166	155	131	121	128	123	72	122	117	123

ที่มา : ฉลอม (2531)

2. ปริมาณการรั่วซึมบนแปลงเพาะปลูก (Percolation) ในพื้นที่เพาะปลูก เช่น ในนาข้าว น้ำส่วนหนึ่งจะไหลผ่านชั้นดิน ไหลลงชั้นรากพืชลงสู่ผิวดินชั้นล่าง ซึ่งอัตราการรั่วซึมจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของดิน วิธีการเตรียมดิน ความสูงของน้ำบนผิวดิน และระดับน้ำใต้ดิน ซึ่งลักษณะดินเป็นเครื่องชี้วัดได้ว่าอัตราการรั่วซึมจะสูงหรือต่ำ

AIT. (1983) ได้ทดลองวัดอัตราการรั่วซึมของพื้นที่ชลประทาน ซึ่งรับน้ำจากอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง จังหวัดนครราชสีมาไว้ 3 โครงการ ซึ่งมีลักษณะดินเป็นประเภทเดียวกันดังนี้ โครงการบึงกระโดน 1.9 มิลลิเมตรต่อวัน โครงการห้วยยาง 1.3 มิลลิเมตรต่อวัน โครงการห้วยสะกาด 1.9 มิลลิเมตรต่อวัน

ดิเรก ทองอร่าม (2523) ได้แนะนำว่า สำหรับดินเหนียวที่มีระดับน้ำใต้ดินตื้น ควรใช้ 1-3 มิลลิเมตรต่อวัน และสำหรับทรายที่มีระดับน้ำใต้ดินลึก อาจถึง 7-10 มิลลิเมตรต่อวัน

พงษ์ แมคสถาน (2527) ได้ทำการศึกษาที่โครงการหนองหาวฝาง ขอนแก่น เฉลี่ย 2.23 มิลลิเมตรต่อวัน ในฤดูแล้ง แต่จากรายงานของกรมชลประทาน ปรากฏว่าดินมีอัตราการซึมตั้งแต่ 1.5-3.0 มิลลิเมตรต่อวัน จึงใช้ค่าการรั่วซึมเท่ากับ 2 มิลลิเมตรต่อวัน ในฤดูฝน และ 3 มิลลิเมตรต่อวัน ในฤดูแล้ง

ฉลอง เกิดพิทักษ์ (2531) ได้ศึกษาที่โครงการหนองหาว จังหวัดขอนแก่น พ.ศ. 2525 ฤดูฝนได้อัตราการรั่วซึมเท่ากับ 3 มิลลิเมตรต่อวัน

ฉลองและชัยวัฒน์ (2523) ได้ศึกษาที่โครงการสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี พ.ศ. 2522 ฤดูแล้งใช้อัตราการรั่วซึมเท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อวัน เพราะเป็นดินเหนียว

JICA (1982) ได้ทดลองหาอัตราการรั่วซึม ที่สถานีคันคว่ำวิจัยการใช้น้ำชลประทาน อำเภอยางตลาด จังหวัดเพชรบุรี ได้ค่าเฉลี่ยประมาณ 1.54 มิลลิเมตรต่อวัน

Gitec consult GMBH และคณะ (1987) ได้ศึกษาที่โครงการลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์ วัดค่าอัตราการรั่วซึมในสนามในฤดูฝน บนพื้นที่ 3 แปลง ได้ค่าดังนี้ แปลงที่ 1 วัดค่าอัตราการรั่วซึมได้ 1.04 มิลลิเมตรต่อวัน บนพื้นที่ 25,877 ไร่ แปลงที่ 2 วัดค่าอัตราการรั่วซึมได้ 0.68 มิลลิเมตรต่อวัน บนพื้นที่ 73 ไร่ แปลงที่ 3 วัดค่าอัตราการรั่วซึมได้ 1.07 มิลลิเมตรต่อวัน บนพื้นที่ 130 ไร่

3. ปริมาณฝนใช้การ (Effective rainfall) คือ ปริมาณฝนที่ตกลงมาบนพื้นที่นา แล้วไม่เกิดการไหลล้นออก หรือไหลซึมผ่านคันนา ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ คำนวณได้จากแบบจำลองปริมาณฝนใช้การ

4. ประสิทธิภาพชลประทาน (Irrigation efficiency) นลอง เกิดพิทักษ์ (2531) ให้คำจำกัดความของประสิทธิภาพชลประทานไว้ดังนี้

ประสิทธิภาพชลประทาน

$$= \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ต้องการตามทฤษฎี} + \text{การรั่วซึม} - \text{ฝนใช้การ}}{\text{ปริมาณน้ำที่ส่ง}} \dots\dots\dots(3.6)$$

กอบเกียรติ (2528) ได้ประเมินประสิทธิภาพการชลประทานที่โครงการลำพระเพลิงในการทำนาปี ฤดูฝนปี 2524 บนพื้นที่ 66,800 ไร่ ได้ค่าประสิทธิภาพ 54 % ในการทำนาปรังปี 2526 บนพื้นที่ 20,000 ไร่ ได้ค่าประสิทธิภาพการชลประทาน 51 %

พงษ์ (2527) ได้ประเมินประสิทธิภาพการชลประทาน ที่โครงการชลประทานหนองหวาย คลอง 2 ซ้าย - สายใหญ่ฝั่งขวาในการทำนาปี ฤดูฝนปี 2524 บนพื้นที่ 8,177 ไร่ ใช้ปริมาณน้ำในการเตรียมแปลง 300 มิลลิเมตร ได้ประสิทธิภาพการชลประทาน 27.2 % อัตราการรั่วซึม 2 มิลลิเมตรต่อวัน

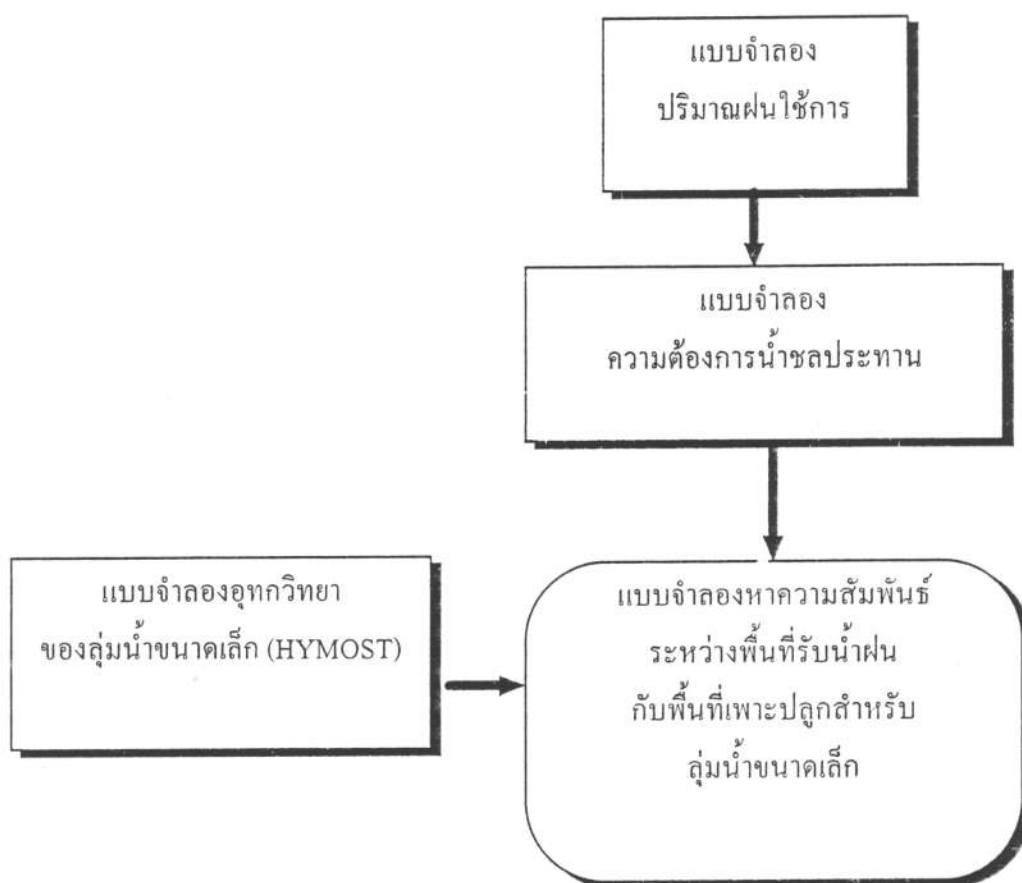
ณัฐพงศ์ (2528) ได้ประเมินประสิทธิภาพการชลประทาน ที่โครงการน้ำอูน ปี 2527 ฤดูฝน คลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย บนพื้นที่ 54,313 ไร่ คลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวามบนพื้นที่ 100,286 ไร่ และนิคมน้ำอูน บนพื้นที่ 4,241 ไร่ ได้ประสิทธิภาพการชลประทาน 48 %, 41 % และ 34 % ตามลำดับ

3.2.4 แบบจำลองกลุ่มน้ำที่ประกอบด้วยฝ่ายทดน้ำและพื้นที่เพาะปลูก

แบบจำลองกลุ่มน้ำที่ประกอบด้วยฝ่ายทดน้ำ และพื้นที่เพาะปลูก เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น เพื่อหาศักยภาพของกลุ่มน้ำขนาดเล็กที่ประกอบด้วย ฝ่ายทดน้ำ และพื้นที่นา และเพื่อหาสัดส่วนของพื้นที่ชลประทาน ต่อพื้นที่รับน้ำฝน ของฝ่ายทดน้ำในกลุ่มน้ำขนาดเล็ก โดยจำลองลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำ ฝ่ายทดน้ำ พื้นที่เพาะปลูก การไหลของน้ำ โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ รายละเอียดของแบบจำลอง มีดังนี้

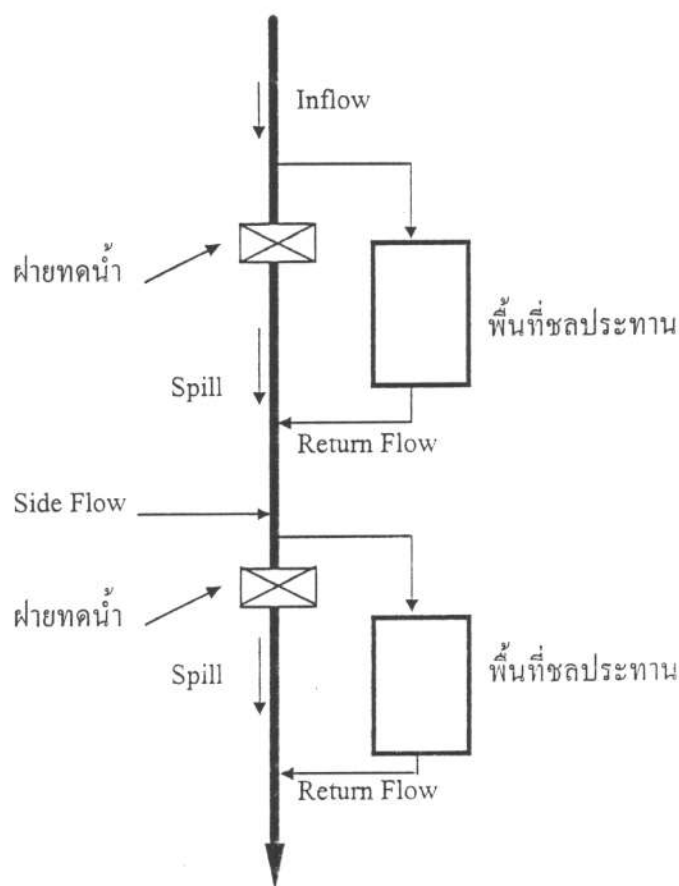
1. โครงสร้างแบบจำลอง

การศึกษาครั้งนี้ ได้ปรับปรุงแบบจำลองฝนใช้การ ปรับปรุงแบบจำลองความต้องการน้ำชลประทาน และปรับปรุงแบบจำลองอุทกวิทยา และได้พัฒนาแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่รับน้ำฝนกับพื้นที่เพาะปลูกในกลุ่มน้ำขนาดเล็ก ได้แบบจำลองชุดใหม่ ซึ่งมีความสัมพันธ์กัน ดังแสดงในรูปที่ 3.4 โดยแบบจำลองประกอบด้วย



รูปที่ 3.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองต่าง ๆ

1. ฝ่ายทอน้ำ ในลุ่มน้ำพิจารณาเป็นระบบ โดยฝ่ายแต่ละตัวจะมีพื้นที่รับน้ำฝนเป็นลุ่มน้ำย่อย (Subwatershed) มีพื้นที่เพาะปลูกสำหรับฝ่ายแต่ละตัว ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย จะคำนวณหาปริมาณน้ำทั้งหมดจากปริมาณฝน ปริมาณที่มีอยู่ในลุ่มน้ำย่อย จะใช้พิจารณาในการผันเข้าสู่พื้นที่เพาะปลูก เพื่อหาขนาดของพื้นที่เพาะปลูกที่เหมาะสม ปริมาณน้ำที่ไหลคืนจากพื้นที่เพาะปลูกของฝ่ายตัวบน และน้ำล้นจากฝ่ายตัวบน นำมารวมกับปริมาณน้ำของฝ่ายตัวล่าง เป็นปริมาณน้ำ ที่จะผันให้กับพื้นที่เพาะปลูกของฝ่ายตัวล่างต่อไป ดังแสดงโครงสร้างของแบบจำลอง ในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงโครงสร้างของแบบจำลอง

2. ปริมาณน้ำไหลเข้า (Inflow หรือ Sideflow) เป็นปริมาณน้ำรายวัน ที่ไหลลงสู่เหนือฝายทดน้ำแต่ละตัว สามารถคำนวณได้จากแบบจำลองอุทกวิทยา

3. ปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน และปริมาณน้ำไหลคืนจากพื้นที่เพาะปลูกเป็นรายวัน สามารถคำนวณได้จากแบบจำลองความต้องการน้ำชลประทาน (Irrigation Demand Model)

2. กฎเกณฑ์การจัดการ (Operation criteria) มีดังนี้

1. สมการทั่วไปของแบบจำลอง

$$Si = Si-1 + Ii + SPi + RFi - Oi - Pi - Ei \quad \dots\dots\dots(3.7)$$

โดยที่ Si = ปริมาณน้ำหน้าฝายทดน้ำ วันที่ i

$Si-1$ = ปริมาณน้ำหน้าฝายทดน้ำ วันที่ $i-1$

SPi = ปริมาณน้ำที่ล้นจากฝายตัวบน วันที่ i

RFi = ปริมาณน้ำไหลกลับจากพื้นที่เพาะปลูกของฝายทดน้ำตัวบนวันที่ i

Ii = ปริมาณน้ำ Side Flow ของฝายทดน้ำ วันที่ i

Oi = ปริมาณน้ำที่ผันเข้าสู่แปลงเพาะปลูก วันที่ i

Pi = ปริมาณการรั่วซึมหน้าฝายทดน้ำ วันที่ i

Ei = ปริมาณการระเหยบริเวณหน้าฝายทดน้ำ วันที่ i

2. ปริมาณการรั่วซึมหน้าฝายทดน้ำ เท่ากับ 10 % ของปริมาณเก็บกักเฉลี่ยทั้งปี (ริชอสส์ เอนจิเนียริง คอลเลจแคนซัส และแมคโคร คอนซัลแตนท์, 2539)

$$\text{อัตราการรั่วซึมในวันที่ } i = \frac{(Si + Si - 1) * 0.10 \text{ ม.}^3}{2 * 365} \quad \dots\dots\dots(3.8)$$

3. ปริมาณการระเหยจากหน้าฝาย มีค่าระหว่าง 0.67 ถึง 0.81 เท่าของการระเหยจากผิวดิน (Linsley, R.K. and Franzini, J.B. 1987) ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ค่าการระเหยจากหน้าฝาย เท่ากับ 0.8 เท่าของการระเหยจากผิวดิน

4. ถ้าระดับน้ำอยู่สูงกว่าสันฝายทดน้ำ น้ำจะไหลล้นข้ามสันฝายทดน้ำ (Spill) จนกระทั่งระดับน้ำเท่ากับสันฝายทดน้ำ

5. เมื่อปริมาณน้ำที่ผันเข้าสู่พื้นที่เพาะปลูกน้อยกว่าความต้องการน้ำในพื้นที่เพาะปลูก ถือว่าในวันนั้นมีการขาดน้ำ (Shortage) เกิดขึ้น

6. กฎเกณฑ์การขาดน้ำมีดังนี้

การวางแผนและการจัดการชลประทาน ให้น้ำปริมาณน้ำที่เก็บกักในชั้นดินมาใช้ประโยชน์ ปริมาณน้ำในชั้นดินนี้ถูกเติมให้เต็มเมื่อมีการส่งน้ำชลประทาน และจะค่อย ๆ ลดลงตามปริมาณการใช้น้ำของพืช ปริมาณน้ำที่เกินความสามารถในการอุ้มน้ำของชั้นดิน ก็ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ การวางแผนการส่งน้ำชลประทานต้องป้องกันไม่ให้ความชื้นในดินลดลงจนกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช นั่นคือที่ระดับความลึกที่เริ่มขาดน้ำ ปริมาณความชื้นที่ชั้นดินสามารถอุ้มไว้ได้ เป็นผลต่างระหว่าง ความลึกของน้ำที่สภาพดินอึดตัว กับความลึกที่เริ่ม

ขาดน้ำ กฎเกณฑ์การขาดน้ำจึงคำนึงถึงความชื้นที่ชั้นดินสามารถเก็บกักไว้ได้ นั่นคือ เมื่อไม่สามารถจัดส่งน้ำชลประทานผิวดินให้แก่พืชได้ พืชจะนำน้ำจากชั้นดินมาใช้ในการเจริญเติบโตจนถึงระดับความลึกที่เริ่มขาดน้ำ จึงจะถือว่ามีการขาดน้ำ

การคำนวณหาความลึกของน้ำในนาคำนวณได้ ดังนี้

1. ความลึกของน้ำที่สภาพอิ่มตัว (Water depth at saturation, WDsat)

ค่า WDsat ขึ้นอยู่กับความลึกของรากพืช และคุณสมบัติของดินซึ่งสามารถหาได้จากสมการ Hansen et al (1989)

$$WD\ sat = \frac{(N)}{100} \cdot As \cdot D \quad \dots\dots\dots(3.9)$$

เมื่อ WD sat = ความลึกของน้ำที่สภาพดินอิ่มตัว, มม.

N = เปอร์เซ็นต์อัตราส่วนช่องว่างในดิน

As = ความถ่วงจำเพาะปรากฏ

D = ความลึกของเขตรากพืช, มม.

2. ความลึกของน้ำที่ Field Capacity, WDF

$$WDF = \frac{(Fc)}{100} \cdot As \cdot D \quad \dots\dots\dots(3.10)$$

เมื่อ WDF = ความลึกของน้ำที่ Field Capacity, มม.

Fc = เปอร์เซ็นต์ความชื้น โดยน้ำหนักที่ Field Capacity

ความลึกของรากพืช (Depth of root zone) สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย

The Mekong Secretariat (1974) แนะนำให้ใช้ 250 มิลลิเมตร ตลอดฤดูเพาะปลูก

สำหรับค่าเฉลี่ยคุณสมบัติของดินตัวอย่างในพื้นที่นาของกลุ่มน้ำห้วยคุ่มมูน มีดังนี้

ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏ (As) = 1.57

เปอร์เซ็นต์อัตราส่วนช่องว่างในดิน (N) = 41%

เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ Field capacity (Fc) = 18%

แทนค่าในสมการที่ 3.9 และ 3.10 จะได้

$$\text{Water depth at saturation, } WD_{\text{sat}} = 161 \text{ มม.}$$

$$\text{Water depth at field capacity, } WDF = 70 \text{ มม.}$$

3. ความลึกของน้ำที่ทำให้ข้าวเกิดการขาดน้ำ

Doorenbos และ Kassam (1979) ได้เสนอว่าต้นข้าวจะขาดน้ำ เมื่อความลึกของน้ำอยู่ในช่วงความลึก ดังนี้

1. ความลึกของน้ำที่เริ่มขาดแคลนน้ำ มีค่าเท่ากับ 75 เปอร์เซ็นต์ ของความลึกอิมมัตว์ของดิน
2. ความลึกที่น้อยที่สุดที่ข้าวสามารถมีชีวิตอยู่ได้ ที่ระดับนี้ข้าวจะเริ่มเหี่ยวเฉาและตาย มีค่าเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ ของความลึกที่อิมมัตว์ของดิน

ดังนั้นความลึกของน้ำที่ข้าวนำมาใช้ประโยชน์ได้ก่อน เริ่มขาดน้ำคำนวณได้จาก

$$\begin{aligned} \text{ความลึกของน้ำที่ข้าวเริ่มขาดน้ำ} &= WD_{\text{sat}} - 0.75 WD_{\text{sat}} && \dots\dots\dots(3.11) \\ &= 161 - 121 \\ &= 40 \text{ มม.} \end{aligned}$$