บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่อง “การศึกษาอุปสงค์และอุปทานของทรัพยากรน้ำเพื่อการจัดการการใช้สำหรับการเกษตร ในศูนย์ภูฟ้าพัฒนา ตำบลภูฟ้า อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน” ผู้ศึกษาได้ทบทวนเอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการทำวิจัย ซึ่งสรุปได้ดังนี้

2.1 ทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับการศึกษาปริมาณน้ำต้นทุน (Supply Side)

2.1.1 ฝนใช้การได้ (Effective Rainfall)

ฝนใช้การได้ คือ ส่วนของฝนที่ตกลงบนพื้นที่ซึ่งสามารถนำ ไปใช้ประโยชน์ได้หรือเป็นส่วนของน้ำฝนที่ทดแทนปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องส่งให้แก่พืชทั้งนี้เพราะน้ำฝนที่ตกลงในแปลงเพาะปลูกบางส่วนไม่อาจเป็นประโยชน์แก่พืชได้ทั้งหมด (ดิเรก ท่องอราม, 2526; วิบูลย์ บุญยธโรกุล, 2526) ซึ่งหลักการคำนวณฝนใช้การไว้ดังนี้

1) ช่วงต้นฝน (เม.ย. – ก.ย.) ฝนใช้การได้เท่ากับร้อยละ 75 ของฝนจริง
2) ช่วงปลายฤดูฝน (ต.ค.) ฝนใช้การได้เท่ากับร้อยละ 65 ของฝนจริง
3) ช่วงต้นฤดูแล้ง (พ.ย. – ธ.ค.) ฝนใช้การได้เท่ากับร้อยละ 80 ของฝนจริง
4) ช่วงฤดูแล้ง (ม.ค. – มี.ค.) ฝนใช้การได้เท่ากับร้อยละ 90 ของฝนจริง

2.1.2 ความต้องการน้ำชลประทาน

ปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน (Irrigation Water Requirements) คือ ค่าความแตกต่างระหว่างความต้องการน้ำของพืช และปริมาณฝนใช้การ (Allen et al, 1998) นอกจากนี้ ดิเรก ท่องอร่าม (2526) ยังให้ความหมายของปริมาณน้ำชลประทานนั้นรวมถึงปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องใช้สำหรับส่งให้แก่พื้นที่เพาะปลูกในเขตโครงการชลประทาน เพื่อให้พืชสามารถนำไปใช้ได้อย่างเพียงพอกับความต้องการ

การหาความต้องการน้ำชลประทาน ต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับสภาพดินฟ้าอากาศในเขตโครงการ ข้อมูลเกี่ยวกับพืช วิธีการทางการเกษตร วิธีการส่งน้ำ ตลอดจนแรงงานที่มีอยู่ในพื้นที่ของโครงการ (วราวุธ วุฒิวณิชย์, 2545) แยกออกได้ดังนี้

1) รูปแบบการปลูกพืช แสดงถึงชนิดของพืชที่ปลูก ช่วงเวลาที่ปลูก ตลอดจนจำนวนพื้นที่ปลูกพืชแต่ละชนิด
2) คุณสมบัติของพืช เช่น ความลึกของเขตราก

3) สภาพอากาศ เช่น อุณหภูมิ การระเหย รังสีแสงอาทิตย์ ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อใช้ในการประเมินความต้องการน้ำของพืชและการสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหยในระบบส่งน้ำ และปริมาณฝนใช้การ ที่นำมาหักลบหาความต้องการน้ำชลประทาน

การคำนวณหาปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน เริ่มจากการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืช การประเมินปริมาณฝนใช้การ แล้วจึงนำมาหาความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ (Net Irrigation Water Requirement) โดยใช้หลักการสมดุลของน้ำ (Water Balance) ในแปลงเพาะปลูก เนื่องจากความต้องการน้ำชลประทานในช่วงเวลาต่างๆ มีความแตกต่างกันออกไปตามสภาพฝนและการใช้น้ำของพืช ดังนั้นจึงต้องคำนวณหาความต้องการน้ำชลประทานในช่วงเวลาต่างๆ ตลอดฤดูกาลเพาะปลูก

2.1.3 การไหลแบบทางน้ำเปิด

เป็นการไหลที่มีผิวสัมผัสกับบรรยากาศของโลก ดังนั้นจึงเรียกว่าเป็นการไหลแบบผิวอิสระ หรือการไหลด้วยแรงโน้มถ่วง โดยการไหลคงตัวอาจ แบ่งเป็นการไหลแบบสม่ำเสมอ โดยความลึกคงที่ตลอดการไหล ในทางกลับกัน สำหรับการไหลที่ไม่สม่ำเสมอ การไหลแบบเปลี่ยนแปลง ความลึกจะเปลี่ยนไปตามระยะทางของการไหล ในกรณีที่ความลึกเปลี่ยนแปลงมาก เรียกว่า Rapidly Varying Flow หรือถ้าความลึกค่อยๆเปลี่ยน เรียกว่า Gradually Varying Flow (เสรี, 2550) การศึกษานี้เป็นการหาอัตราการไหลในทางน้ำเปิดของลำน้ำธรรมชาติ ซึ่งความชันของท้องน้ำจะน้อยมากกล่าวคือเป็นการไหลแบบสม่ำเสมอ (Uniform Flow) นำเสนอวิธีการวัดปริมาณน้ำโดยทั่วไปมีดังนี้ (วราวุธ วุฒิวณิชย์ และคณะ, 2546)

- วิธีพื้นที่และความเร็ว เพื่อหาปริมาณน้ำ ถ้าน้ำไหลผ่านหน้าตัดโดยวัดหาค่าหน้าตัดเปียก A (wet cross section) และความเร็วเฉลี่ย v ($Q = A \cdot v$) ความเร็วเฉลี่ยอาจคำนวณจากความเร็วของกระแสน้ำที่วัดได้จากจุดต่างๆ ที่กำหนดในหน้าตัดด้วยมาตรหมุน (Rotating Meter) หรืออุปกรณ์อย่างอื่น
- วิธีติดตามการไหล (Tracer Method) เป็นการหาปริมาณน้ำโดยใส่สารเคมีให้ไหลไปพร้อมกระแสน้ำ เพื่อวัดเปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของสารเคมีระหว่างหน้าตัด
- วิธีฝายและรางน้ำ (Weirs and Flumes) เป็นการหาปริมาณน้ำโดยสร้างทางบังคับน้ำ และใช้สูตรชลศาสตร์ที่เหมาะสมตามรูปร่างทางบังคับน้ำแล้วคำนวณหาปริมาณน้ำ

2.2 ทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับการศึกษาปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืช (Demand Side)

2.2.1 ปริมาณการใช้น้ำของพืช (Evapotraspiration หรือ Consumptive)

เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การคายระเหยน้ำ หรือการระเหยคายน้ำ หมายถึงปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียไปจากพื้นที่เพาะปลูกสู่บรรยากาศในรูปแบบของไอน้ำ (ดิเรก ทองอร่ามและคณะ, 2545) ปริมาณดังกล่าวประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ปริมาณน้ำจากกระบวนการระเหย (Evaporation) จากผิวดินและผิวน้ำในขณะที่มีน้ำขังหรือมีน้ำเกาะอยู่บริเวณต้นพืช และปริมาณน้ำจากกระบวนการคายระเหยของพืช (Transpiration)

2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการคายระเหย (Factors Affecting Evaprotanspiration)

ปริมาณการคายระเหยจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่ปัจจัยที่สำคัญ 3 ประการ (Allen et al 1998) คือ

1) ปัจจัยของสภาพภูมิอากาศ (Weather Parameter) ซึ่งได้แก่ พลังงานความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นของอากาศ และความเร็วลม
2) ปัจจัยที่เกี่ยวกับพืช (Crop Factor) ได้แก่ ชนิดและอายุของพืชแต่ละชนิดหรือพืชชนิดเดี่ยวกันแต่มีอายุต่างกัน ย่อมมีปริมาณการคายระเหยแตกต่างกัน
3) ปัจจัยทางด้านการจัดการและสภาพแวดล้อม (Management and Environmental Conditions) ได้แก่ ความเข็มข้นของเกลือในดินหรือสารที่เป็นพิษ ความอุดมสมบูรณ์ในดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ชนิดของดิน และรวมถึงการดูแลรักษาต้นพืช การป้องกันโรคและแมลงเป็นต้น

2.2.3 การใช้น้ำของพืชอ้างอิง

การคายระเหยขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ประการคือ ปัจจัยทางสภาพภูมิอากาศ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพืช และปัจจัยที่เกี่ยวกับการจัดการและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการวัดปริมาณคายระเหยของพืชในทุกสภาพสามารถทำได้ยาก นักวิทยาศาสตร์จึงหาทางออกโดยเลือกกำหนดชนิดพืชที่เจริญงอกงามได้ตลอดทั้งปีโดยมีอัตราการใช้น้ำที่ไม่ขึ้นอยู่กับอายุของพืช และกำหนดให้ดินมีความชื้นสูงอยู่ตลอดเวลา เพื่อทำให้คุณสมบัติของดินอย่างอื่น เช่น เนื้อดิน ความเข้มข้นของเกลือในดิน ความสามารถเก็บน้ำไว้ให้พืชใช้ ฯลฯ หมดความสำคัญต่ออัตราการใช้น้ำของพืช พืชที่มีคุณสมบัติตรงความต้องการมากที่สุดคือหญ้า (Grass) และมีการเลือกใช้พืชชนิดอื่น เช่น อัลฟาลฟา (Alfalfa) สำหรับปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการคายระเหยของพืชไม่ใช่ปัจจัยที่มีความสำคัญมาก ดังนั้น ปริมาณคายระเหยของพืชที่เลือกไว้เมื่อดินมีความชื้นสูงพอตลอดเวลาจะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาแบบจำลองสำหรับประมาณค่าการคายระเหยของหญ้าอ้างอิงโดยใช้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาได้มากมาย

2.2.4 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop coefficient, Kc)

เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืช หาได้จากการทดลองวัดการใช้น้ำจริง จากถังวัดการใช้น้ำที่มีการปลูกหญ้า (พืชอ้างอิง) ETo และพืชที่ต้องการหาค่าสัมประสิทธิ์ ET_C ซึ่งตั้งในบริเวณใกล้เคียงกัน ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำในช่วงการเจริญเติบโตช่วงใดช่วงหนึ่งหรือตลอดฤดูการเพาะปลูก คำนวณได้จากสมการ

$$Kc \equiv \frac{ET_c}{ET_o}$$

เมื่อ Kc = ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

ET_c = ค่าการใช้น้ำของพืชที่ต้องการหาค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวัด

ET_o = ค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่ได้จากการวัดจริง

2.2.5 การหาความต้องการใช้น้ำของพืช

การใช้น้ำของพืช (Crop Evapotranspiration, ETc) เป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียจากพื้นที่เพาะปลูกสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำ ปริมาณดังกล่าวประกอบด้วยสองส่วนด้วยกันคือปริมาณน้ำที่พืชดูดไปจากดินเพื่อนำไปสร้างเซลล์และเนื้อเยื่อรวมทั้งที่พืชคายออกทางใบสู่บรรยากาศ(Transpiration) และปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินบริเวณรอบๆ ต้นพืชเรียกว่า การระเหย (Evaporation) (วิบูลย์ บุญยธโรกุล, 2526) การหาค่าการใช้น้ำของพืชสามารถทำได้โดยการวัดในสนาม หรือคำนวณจากข้อมูลสภาพภูมิอากาศในรูปของปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ซึ่งสามารถคำนวณการใช้น้ำของพืชชนิดต่างๆดังสมการ

$$ET_C = K_C \times ET_O$$

เมื่อ

ET_C = การใช้น้ำของพืช (มิลลิเมตรต่อวัน)

K_C = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop coeffieient) (ไม่มีหน่วย)

ET_O = การใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Evapotranspiration) (มิลลิเมตรต่อวัน)

2.2.6 ระบบให้น้ำแก่พืช

วิธีการให้น้ำพืชสามารถกระทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับการพิจารณาถึงคุณสมบัติของพืช ลักษณะของพื้นที่ วิธีการเพาะปลูก ชนิดของพืชที่ปลูก สภาพภูมิประเทศ ปริมาณน้ำต้นทุนที่จะนำมาให้แก่พืช โดยทั่วไปวิธีการให้น้ำชลประทานในประเทศไทยแบ่งออกได้ 4 ประเภทใหญ่ๆ คือ วิธีการให้น้ำทางผิวดิน การให้น้ำทางใต้ดิน การให้น้ำแบบฉีดฝอย และวิธีการให้น้ำหยด ซึ่งวิธีการแต่ละประเภทนั้นมีประสิทธิภาพแตกต่างกันออกไป ซึ่งการเลือกวิธีและออกแบบระบบให้น้ำพืชต้องคำนึงถึงความชื้นที่พอเหมาะสำหรับพืช (Field Capacity) เป็นจุดที่ความชื้นในดินพอเหมาะกับการเจริญเติบโตของพืชมากที่สุด ไม่สามารถหาค่าเป็นตัวเลขได้แน่นอนเนื่องจากยังคงมีการเคลื่อนที่ของน้ำซับ โดยทั่วไปกำหนดให้ที่ความชื้นหลังฝนตกหนักหรือหยุดให้น้ำ 2-3 วันเป็นความชื้นที่พอเหมาะกับการเจริญเติบโตของพืชมากที่สุด และต้องระวังไม่ให้ความชื้นถึงจุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point) เป็นความชื้นในดินเมื่อพืชไม่สามารถดูดมาใช้ได้เพียงพอกับการคายน้ำ พืชจะเริ่มมีการจากใบที่อ่อนที่สุดไปยังใบที่แก่ที่สุดจนกระทั่งเหี่ยวเฉาอย่าถาวรถึงแม้จะให้น้ำแก่พืชพืชก็จะไม่เจริญเติบโตเช่นเดิม การขาดน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโของพืชทั้งทางด้านกายภาพ สรีรวิทยาและกระบวนการทางชีวเคมี ซึ่งมีสาเหตุมาจากการที่พืชสูญเสียน้ำมากเกินไปหรือไม่สามารถดูดกลืนน้ำมาใช้ได้เพียงพอหรือทั้งสองอย่างรวมกัน (Kramer, 1969) โดยมากความชื้นที่จุดนี้เป็นความชื้นที่มีน้ำอยู่น้อยมากพืชดูดมาใช้ได้แต่เป็นปริมาณน้อยมากไม่เพียงพอกับการใช้น้ำของพืช จึงแสดงอาการเหี่ยวเฉาแต่เมื่อให้น้ำกับพืชอีกพืชก็ไม่ฟื้น ดังนั้นก่อนที่ความชื้นจะลดลงจนถึงจุดนี้จำเป็นจะต้องให้น้ำแก่พืช

2.2.7 การออกแบบระบบให้น้ำ

ข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต่อการใช้ในการออกแบบระบบให้น้ำทุกระบบคือ

วัตถุประสงค์ของการใช้พื้นที่ วัตถุประสงค์ของการใช้พื้นที่จะติดตั้งระบบให้น้ำควรชัดเจนเกี่ยวกับการใช้พื้นที่ทั้งปัจจุบันและอนาคต วัตถุประสงค์ในการใช้พื้นที่จะเป็นตัวกำหนดรูปแบบของระบบให้น้ำเพื่อการเกษตร เนื่องจากการลงทุนระบบให้น้ำเป็นการลงทุนที่สูงและตัวระบบให้น้ำมีอายุการใช้งาน 8-15 ปี ดังนั้นต้องคาดการณ์ไปถึงการใช้พื้นที่ในอนาคตเพื่อให้การลงทุนนั้นคุ่มค่า

พื้นที่ สถานที่ตั้งของพื้นที่ช่วยให้ได้ข้อมูลพื้นฐานอื่นๆ เช่น ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ชนิดของพืชที่ควรจะปลูก ข้อมูลพื้นที่ที่สำคัญเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบระบบให้น้ำคือ

- ขอบเขตของพื้นที่
- แผนที่แสดงระดับเส้นชั้นความสูง

น้ำ ก่อนการออกแบบต้องแน่ใจว่ามีปริมาณน้ำเพียงพอต่อการใช้งานในช่วงฤดูแล้ง และแหล่งที่มาของน้ำเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงคุณสมบัติทางเคมี กายภาพและชีวภาพ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เป็นประโยชน์ต่อวิธีการจัดการ รวมถึงการเลือกวัสดุอุปกรณ์โดยเฉพาะการกรองและการเลือกระบบให้น้ำ

ดิน เป็นตัวแปรสำคัญในการเลือกใช้ระบบให้น้ำ ดินแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน โดยทั่วไปแล้วเมื่อกล่าวถึงดินกับระบบให้น้ำต้องคำนึงถึง องค์ประกอบของดิน สถานะของดิน เนื้อดิน อัตราการซึมน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำ ปริมาณที่พืชนำไปใช้ได้ ความชื้นชลประทาน และความลึกของชั้นดินดาน ข้อมูลเหล่านี้นอกจากใช้ในการเลือกระบบให้น้ำแล้วยังใช้ในการจัดการระบบให้น้ำให้มีประสิทธิภาพด้วย

พืช ชนิดของพืชที่ปลูกหรือจะปลูกเป็นตัวแปรหลักในการกำหนดระบบให้น้ำที่นำมาใช้ พืชแต่ละชนิดจะมีระยะปลูก วิธีการปลูกแตกต่างกัน และที่สำคัญพืชแต่ละชนิดมีความต้องการน้ำไม่เท่ากัน นอกจากนี้ยังมีข้อมูลระบบรากของพืช ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของ พืช (Kc) ที่ต้องใช้ในการออกแบบระบบให้น้ำพืช

สภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น ฝน ลม แสงแดด ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีอิทธิพลต่อการระเหยน้ำ ที่ใช้ในการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช

การเขตกรรม การเขตกรรมหลายกิจกรรมใช้เครื่องทุนแรงเข้ามาช่วย เช่น การเตรียมดิน การตัดแต่งกิ่ง การป้องกันกำจัดศัตรูพืช ซึ่งการใช้เครื่องทุนแรงสำหรับกิจกรรมต่างๆ ในแปลงอาจทำความเสียหายต่อระบบให้น้ำ ดังนั้นในการเลือกระบบให้น้ำจะต้องรู้ด้วยว่าพืชชนิดนั้นๆ มีการเขตกรรมใดบ้างอย่างไร

ไฟฟ้าในพื้นที่ เป็นข้อมูลที่ใช้เลือกระบบต้นกำลังของระบบให้น้ำ

ระบบให้น้ำที่ต้องการ ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะระบบให้น้ำแบบประหยัด มีหลักการคือให้น้ำไม่ครอบคลุมเต็มพื้นที่เขตราก ให้น้ำครั้งละน้อยๆ เท่าที่พืชต้องการ แต่ให้บ่อยครั้ง มีประสิทธิภาพในการใช้น้ำสูง การให้น้ำด้วยวิธีดังกล่าวเป็นรูปของระบบการให้น้ำซึ่งมีอยู่ 3 ระบบใหญ่ๆ คือ ระบบน้ำหยด ระบบน้ำพ่นฝอย ระบบน้ำเหวี่ยง

คุณสมบัติของข้อมูลทั้งหมดที่กล่าวมาต้องเป็นข้อมูลที่มีความเที่ยงตรง ความทันสมัย และอยู่ในรูปแบบที่สามารถใช้งานออกแบบได้ทันที

2.2.8 ขั้นตอนการออกแบบระบบให้น้ำ

หลักในการออกแบบระบบให้น้ำจะใช้หลักการเดียวกันหมด จะแตกต่างเฉพาะที่เปอร์เซ็นต์ พื้นที่เขตรากที่ครอบคลุมหรือพื้นที่วงเปียกและรัศมีตามที่ได้กำหนดไว้โดยจะออกแบบระบบให้น้ำให้เพียงพอกับช่วงที่พืชต้องการน้ำสูงสุดของพืชที่เติบโตเต็มที่แล้ว ขั้นตอนในการออกแบบระบบให้น้ำแก่พืชมีดังนี้

1) การคำนวณความต้องการใช้น้ำของพืช
2) การคำนวณหาขีดความสามารถในการอุ้มน้ำของดินชั้นเขตรากและปริมาณน้ำที่ยอมให้พืชใช้ได้
3) การคำนวณรอบเวรของการให้น้ำ
4) การเลือกระบบให้น้ำ
5) การคำนวณหาปริมาณน้ำในแต่ละรอบเวร
6) การแบ่งโซนการให้น้ำการคำนวณความต้องการน้ำใช้ของพื้นที่
7) การวางผังการเดินท่อ
8) การคำนวณหาขนาดท่อและการสูญเสียแรงดันในท่อ
9) การคำนวณหาขนาดเครื่องสูบน้ำ
10) การกำหนดและเลือกอุปกรณ์ประกอบชุดควบคุมเฮดต้นทาง
11) การถอดรายการวัสดุ
12) การสอบราคาและประมาณราคาค่าใช้จ่าย

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบข้อจำกัดและข้อดีของระบบให้น้ำแบบต่างๆ

คุณสมบัติ	ระบบให้น้ำแบบต่างๆ					
	สายยาง	น้ำพุ่ง	หัวเหวี่ยง	ฉีดฝอย	หัวเหวี่ยงเล็ก	น้ำหยด
ขนาดของช่องน้ำออก (มม.)	ไม่แน่นอน	ไม่แน่นอน	4-5	0.8-2.3	0.8-2.8	0.1-2
อัตราการไหลของน้ำ (ลิตร/ชม.)	ไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับขนาดสายความยาวและแรงส่งน้ำ	ไม่แน่นอน	250-500	25-250	15-200	1-20
แรงส่งน้ำเพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างปกติ (ความสูงของน้ำ หน่วยเป็นเมตร)	ไม่แน่นอน	15-25	15-40	10-25 (ปกติใช้เพียง 10-15)	10-25 (ปกติใช้เพียง 10-15)	5-15
เส้นผ่านศูนย์กลางของน้ำที่ออกจากระบบให้น้ำ (ม.)	ไม่แน่นอน	เป็นจุดที่น้ำตก	8-23	1-4	2-10	0.3-1.2
ความต้องการอุปกรณ์กรองน้ำ (mesh)	ไม่ต้องการ	ไม่ต้องการ	ไม่ต้องการ	80-120	40-120	140
ประสิทธิภาพของระบบให้น้ำ (%)	40-50	50-70	60-70	70-85	85-90	90-95
ข้อจำกัดเนื่องจากลักษณะเนื้อดิน	ไม่มี	ดินทรายทำให้น้ำแพร่กระจายออกด้านข้างได้น้อย	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ดินทรายทำให้น้ำแพร่กระจายออกด้านข้างได้น้อย
ระบบปลูกพืช	สามารถใช้ได้กับทุกระบบปลูกพืช	เหมาะกับการปลูกในระยะปกติที่ปลูกเป็นแนว	เหมาะกับการปลูกในระยะปกติที่ปลูกเป็นแนว	เหมาะกับการปลูกระยะชิดเป็นแนว	สามารถใช้ได้ดีทั้งการปลูกระยะชิดและระยะปกติ	ควรปลูกเป็นแถวระหว่างต้นไม่ห่างกันมากนัก
ความจำเป็นในการกำจัดวัชพืชก่อนการให้น้ำ	ไม่จำเป็น	กำจัดวัชพืชอย่างน้อยตรงจุดที่น้ำออกจากระบบและแนวที่น้ำพุ่งออกไป	ควบคุมให้วัชพืชอยู่ต่ำกว่าหัวน้ำเหวี่ยง	ต้องกำจัดวัชพืชบริเวณแนวน้ำพุ่ง	ควบคุมให้วัชพืชอยู่ต่ำกว่าหัวน้ำเหวี่ยง	ต้องกำจัดวัชพืชให้หมด

ที่มา: การออกแบบและเทคโนโลยีการให้น้ำพืช, 2545

2.3 แนวคิดเกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำ

ปราโมทย์ ไม้กลัดได้ให้ความหมายของการจัดการน้ำว่า หมายถึงการดำเนินการจัดการน้ำอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างรวมกันและบูรณาการกับทรัพยากรอื่นในเขตลุ่มน้ำกิจกรรมในการจัดการน้ำมีอยู่ 5 ประการ คือ

1) การจัดหา เพื่อให้มีแหล่งน้ำใช้เพียงพอสำหรับการดำรงชีวิต คือ น้ำอุปโภค บริโภค น้ำเพื่อการเกษตร น้ำเพื่อการพัฒนาด้านต่างๆ ตามศักยภาพของลุ่มน้ำนั้น
2) เมื่อได้น้ำมาแล้วต้องมีการจัดสรรอย่างยุติธรรม และทำให้เกิดการใช้อย่างมีประสิทธิภาพ
3) กิจกรรมอนุรักษ์ต้นน้ำลำธาร อนุรักษ์น้ำ อนุรักษ์แหล่งน้ำให้ใช้ได้อย่างยั่งยืน
4) กิจกรรมบรรเทาและแก้ไขปัญหาน้ำท่วม
5) กิจกรรมที่จะแก้ปัญหาน้ำเน่าเสีย

ได้กล่าวว่า การจัดการเรื่องน้ำเป็นวิทยาการอย่างหนึ่งที่สำคัญ ซึ่งช่วยสนับสนุนให้เป้าหมายของความพยายามในการเพิ่มผลผลิตทางด้านเกษตรกรรมของประเทศบรรลุผลสำเร็จต้องมีการจัดการเรื่องน้ำที่ถูกต้องและเหมาะสมกับสภาพลมฟ้าอากาศ สภาพดินชนิดพืช และปริมาณต้นทุนที่มีอยู่ เนื่องจากการจัดการมีความสำคัญต่อการใช้น้ำชลประทาน เพื่อพัฒนาด้านการเกษตร ให้มีผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูงขึ้น และอาจช่วยบรรเทาความเสียหายต่างๆ อันอาจเกิดขึ้นกับอิทธิพลของธรรมชาติ การร่วมกันทำการวิจัยงานด้านการจัดการเรื่องน้ำของโครงการชลประทานของรัฐบาลที่สร้างเสร็จแล้ว เพื่อประสิทธิภาพของการใช้น้ำให้สูงขึ้นและยังได้ทำ การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรื่องน้ำของโครงการชลประทานราษฎร์ (ชนบท) ในบางพื้นที่ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงเพื่อนำมาหาวิธีการปรับปรุงในส่วนที่สามารถจะปรับปรุงให้ดีขึ้น และอาจนำ เอาวิธีการต่างๆ ที่ดีไปประยุกต์ใช้กับโครงการชลประทานแห่งอื่นๆ ซึ่งมีสภาพคล้ายคลึงกันต่อไป (อ้างโดยอภิชาติ ธรรมวิโรจน์ศิริ, 2546)

งานวิจัยที่ได้ดำเนินการค้นคว้าอาจกระทำในรูปของการจัดระบบชลประทาน วิธีการส่งน้ำและวิธีการใช้น้ำให้เหมาะกับชนิดพืชหรือระบบการปลูกพืช แต่ละโครงการวิจัยอาจมีจุดประสงค์ต่างๆ กัน เช่น

1) เพื่อหาระบบการปลูกพืชชนิดต่างๆ ปริมาณผลผลิตต่ำ ค่าลงทุนในการผลิต และรายได้ของกสิกรต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่
2) เพื่อประเมินปริมาณน้ำที่ใช้ ประสิทธิภาพของการใช้น้ำและความเพียงพอในการใช้น้ำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ตลอดฤดูการเพาะปลูก
3) เพื่อหาค่าใช้จ่ายในการดำ เนินงานชลประทานต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่กำหนด (ทดลอง)
4) เพื่อประเมินค่าของผลิตผลทางการเกษตร ต่อปริมาณน้ำที่ใช้ปริมาตรหนึ่งลูกบาศก์เมตร

การจัดการเรื่องน้ำมีความสำคัญมากในปัจจุบัน เพราะการกระจายของน้ำตามธรรมชาติมีความไม่เหมาะสม โดยบางช่วงมีน้ำมากเกินไป บางช่วงมีน้ำน้อยเกินไปนอกจากนี้คุณภาพของน้ำ ก็มีความไม่เหมาะสมเนื่องจากน้ำเสียจากแหล่งน้ำต่างๆ ดังนั้นจึงต้องมีการจัดการเรื่องน้ำ เพื่อทำ ให้ปริมาณน้ำที่มีอยู่เหมาะสมกับความต้องการน้ำ โดยภาพรวมการจัดการเรื่องน้ำในปัจจุบันอาจหมายถึงกระบวนการต่างๆ ที่นำ มาใช้เพื่อควบคุมระบบธรรมชาติและระบบแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น ส่วนสาเหตุที่ทำ ให้ต้องมีการจัดการน้ำก็เพื่อที่จะได้กระจายน้ำทั้งทางด้านปริมาณ และคุณภาพ อีกประการหนึ่งคือความซับซ้อนของระบบ ซึ่งมีประโยชน์ต่อมนุษย์ พืช สัตว์ สิ่งแวดล้อม และวัตถุประสงค์ซึ่งอาจแก้ไขโดยความร่วมมือ การประสานงาน และการติดต่อ (บัญชา ขวัญยืน, 2542)

2.4 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

เป็นการปฏิบัติการรวบรวมจัดเก็บ และวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นระบบ และเป็นขั้นตอน สามารถนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ในกระบวนการตัดสินใจ ความหมายของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มีผู้ให้ความหมายไว้หลายความหมายได้แก่ ระบบสารสนเทศที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อทำงานกับข้อมูลเชิงพื้นที่หรือข้อมูลที่สามารถอ้างอิงได้เชิงตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์ องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประกอบไปด้วย 5 ส่วนได้แก่

1) ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ประกอบไปด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงต่างๆ อุปกรณ์ฯ นำเข้าข้อมูล สื่อบันทึกข้อมูล และอุปกรณ์สำหรับการแสดงผล

2) ซอฟต์แวร์ (Software) คือโปรแกรมหรือชุดคำสั่งที่สั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามที่ต้องการ ปัจจุบันซอฟต์แวร์ด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีอยู่หลากหลายโปรแกรม เช่น ArcGIS MapInfo AutoDesk Map3D และ Geomedia เป็นต้น โดยซอฟต์แวร์มีลักษณะพื้นที่ที่สำคัญ 5 ประการ ได้แก่ สามารถป้อนข้อมูลและตรวจสอบข้อมูล สามารถจัดเก็บข้อมูลและจัดการฐานข้อมูล สามารถคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลได้ สามารถรายงานผลข้อมูล และมีระบบอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้

3) ข้อมูล (Data) ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มักจัดสร้างโดยหลายหน่วยงาน ส่วนใหญ่จะแสดงในรูปแบบแผนที่ ข้อมูลจากดาวเทียม รูปถ่ายทางอากาศ ข้อมูลจากเครื่องกำหนดพิกัดจากดาวเทียม (GPS) ตลอดจนข้อมูลจากรายงานต่างๆ ซึ่งเป็นข้อมูลตัวเลข ตัวอักษรหรือตารางข้อมูล

4) วิธีการปฏิบัติงาน (Methodology) คือขั้นตอนการทำงานซึ่งผู้ใช้เป็นผู้กำหนดให้เครื่องคอมพิวเตอร์จัดการกับระบบข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วยการทำงานต่างๆ

เริ่มตั้งแต่การรวบรวมนำเข้า จัดเก็บ ตรวจสอบ จัดการ เปลี่ยนแปลง วิเคราะห์ ตลอกจนการแสดงผลข้อมูล

5) บุคลากร (Peopleware) เนื่องงานด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ประกอบด้วยกระบวนการที่ซับซ้อน ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องมีความชำนาญเฉพาะทาง มีประสบการณ์ ตลอดจนมีความรู้ในสาขาวิชาอื่นเพื่อการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ไปประยุกต์ใช้

2.4.1 ประเภทของข้อมูล

ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ประเภทได้แก่

1) ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) เป็นข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งที่ตั้งของข้อมูลต่างๆ บนพื้นโลกที่สามารถอ้างอิงกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ได้
2) ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (N0n- Spatial Data or Attribute Data) เป็นข้อมูลซึ่งอธิบายถึงคุณลักษณะต่างๆ ของชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่นั้นๆ และสามารถเชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงพื้นที่นั้นได้

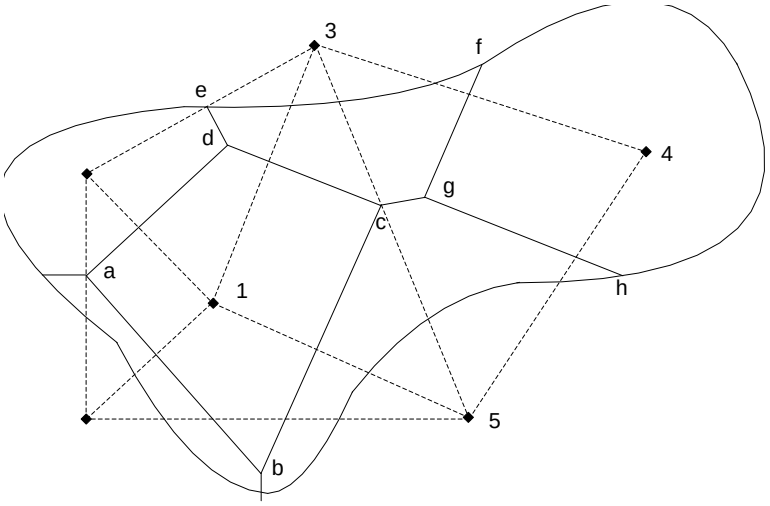
2.4.2 ลักษณะข้อมูล

1) **ลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Characteristic)** ข้อมูลเชิงพื้นที่มีลักษณะและรูปแบบขอบวัตถุเชิงนามธรรมต่างๆ กันที่ใช้สำหรับแสดงแทนรูปลักษณ์ที่ปรากฏบนพื้นโลกจริงพอสรุปได้ดังนี้
   - จุด (Point Feature)เป็นหน่วยย่อยที่สุดของข้อมูล ซึ่งมีจุดเริ่มต้น โดยขนาดและทิศทางมีค่าเป็นศูนย์ จุดเป็นเพียงตำแหน่งซึ่งไม่สามารถวัดพื้นที่ได้ ใช้แสดงลักษณะของตำแหน่งที่ตั้งของข้อมูล
   - เส้น(Linear Feature) ประกอบด้วยลักษณะของจุดตั้งแต่ 2 จุดขึ้นไปที่เรียงต่อเนื่องกันเป็นเส้น รูปแบบของเส้นตรง เส้นหักมุมและเส้นโค้ง รูปร่างของเส้นเหล่านี้จะอธิบายถึงลักษณะต่างๆ ได้เพียงมิติเดียว คือมีความยาวแต่ไม่สามารถระบุความกว้างได้ เช่น ถนน แม่น้ำ เป็นต้น
   - พื้นที่ (Polygon Feature) เป็นข้อมูลที่เรียงต่อเนื่องกันเป็นอนุกรม ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นปิดจึงสามารถวัดพื้นที่ได้ ใช้อธิบายขอบเขตของข้อมูลต่างๆ เช่น ขอบเขตการใช้ประโยชน์ที่ดิน
2) **ลักษณะของข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Non-Spatial or Attribute Characteristic)** ประกอบด้วยข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพในหลักการทั่วไป ข้อมูลเชิงปริมาณสามารถแบ่งระดับการวัดเป็น 3 ระดับ โดยระดับการวัดที่ให้ความละเอียดมากที่สุดคือระดับการวัดแบบอัตราส่วนที่เริ่มต้นจากค่าศูนย์สัมบูรณ์หรือศูนย์แท้ เช่น การวัดขนาดพื้นที่ระยะทาง น้ำหนัก และความสูงเป็นต้น รองลงมาได้แก่ระดับการวัดแบบอันตรภาค เช่น การเปรียบเทียบข้อมูลในแต่ละช่วงอายุและกลุ่มรายได้ การวัดที่ให้ความละเอียดน้อยที่สุดคือ ระดับการวัดแบบเรียงลำดับ เป็นการวัดที่

สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างในแต่ละปัจจัยได้ แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าแตกต่างกันในปริมาณเท่าใด เช่น การเรียงลำดับจาก ปานกลาง ดี และดีที่สุด

2.5 รูปหลายเหลี่ยมทีสเสน (Thiessent polygon)

การสร้างรูปหลายเหลี่ยมทีสเสน ทำได้โดยการลากเส้นตรงแบ่งครึ่งและตั้งฉากกับเส้นเชื่อมระหว่างจุดสองจุดที่อยู่ใกล้เคียงกันทุกเส้น จุดตัดของเส้นแบ่งครึ่งและตั้งฉากเหล่านั้นคือมุมของรูปเหลี่ยมทีสเสนนั่นเอง วิธีการนี้ได้ถูกนำมาใช้ในการประมาณค่าน้ำฝน โดยพื้นที่รูปเหลี่ยมที่ล้อมรอบแต่ละสถานีวัดน้ำฝนคือพื้นที่ซึ่งได้รับอิทธิพลจากฝนของสถานีนั้น โดยมีวิธีการดังนี้



รูปที่ 2.1 การประมาณค่าน้ำฝนด้วยวิธีทีสเสน
ที่มา: http://www.egmu.net/civil/areeya/EGCE323/EGCE323_Handouts

1) กำหนดตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนทั้งในพื้นที่และที่อยู่รอบ ๆ พื้นที่ที่ต้องการหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย
2) ลากเส้นตรง (เส้นประ) เชื่อมโยงระหว่างสถานีวัดน้ำฝน 2 แห่ง ที่อยู่ใกล้กัน โดยที่เส้นตรงเหล่านี้จะต้องไม่ตัดกัน จะได้รูปโครงข่ายสามเหลี่ยม (Network of Triangle)
3) ลากเส้นตรง (เส้นทึบ) แบ่งครึ่งและตั้งฉากกับด้านทั้งสามของรูปสามเหลี่ยม จะได้รูปสามเหลี่ยมของทีสเสนล้อมรอบของสถานีวัดน้ำฝนแต่ละแห่ง ดังเช่น สถานีวัดน้ำฝนสถานีที่ 1 ล้อมรอบด้วยด้าน abcd และสถานีวัดน้ำฝนที่ 2 ล้อมรอบด้วยด้าน adek ดังรูปที่ 2.1
4) วัดขนาดพื้นที่รูปหลายเหลี่ยมที่คลอบคลุมสถานีวัดน้ำฝนแต่ละรูป จะได้พื้นที่รูปหลายเหลี่ยมของทีสเสน จากนั้น จึงนำพื้นที่รูปหลายเหลี่ยมที่ได้นี้ไปคำนวณหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อไป

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 งานวิจัยเกี่ยวกับการหาความต้องการน้ำของพืช

ในอดีตที่ผ่านมาการคำนวณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Evapotranspiration, ETo) จะใช้วิธีของ Modified-Penman ทั้งนี้เพราะวิบูลย์ บุญยธโรกุล(2526) ได้เคยเปรียบเทียบผลการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงจากวิธี Thornthwaite, Blaney-Criddle, Makkink, Jensen - Haise และ Penman และได้สรุปว่าวิธี Modified-Penman เหมาะสมที่สุดสำหรับการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงในประเทศไทย

เอกชัย เกษรปทุมานันท์ (2525)ได้ทำการศึกษาเรื่องการประมาณค่าการระเหยทางภาคเหนือของประเทศไทยโดยใช้สถิติทางอุตุนิยมวิทยากับสูตร 5 สูตร ของ Thornthwaite, Blaney-Criddle, Hargreaves, Makkink และ Penman โดยอาศัยสถิติภูมิอากาศจาก 5 สถานี ทางภาคเหนือของประเทศไทยในคาบ 25 ปี (พ.ศ. 2491-2518) ซึ่งกรมอุตุนิยมวิทยาบันทึกไว้ เมื่อนำผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณของทั้ง 5 สูตร มาเปรียบเทียบกับค่าการระเหย ที่วัดได้จริงจากถาดวัดการระเหยแล้วหาค่าสัมประสิทธิ์ของการระเหยประจำเดือนของแต่ละสถานี โดยการใช้แต่ละสูตร ปรากฏว่าสูตรของ Penman ดีที่สุด

Allen และคณะ (1998) ได้ปรับปรุงวิธีการคำนวณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยใช้วิธี Penman-Monteith ซึ่งได้พัฒนามาจาก Modified-Penman นอกจากนี้ Jensen และคณะ(1990) ได้คำนวณเปรียบเทียบสูตรต่างๆ ถึง 20 สูตร ประกอบด้วยสูตรที่พิจารณาการระเหยจากรังสีแสงอาทิตย์ (Radiation Methods) จากอุณหภูมิอากาศ (Temperature Methods) จากการระเหยจากถาดวัดการระเหย (Pan Evaporation Methods) และสูตรที่พิจารณาการระเหยจากองค์ประกอบต่างๆ ร่วมกัน (Combination Methods) ผลการคำนวณนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) ที่วัดการใช้น้ำของพืชอ้างอิง และได้จัดลำดับวิธีของPenman-Monteith ไว้ในอันดับที่ 1 ทั้งในกรณีที่คำนวณจากข้อมูลในเขตภูมิอากาศแบบชื้นและเขตแห้งแล้ง ซึ่งวิธี Penman-Monteith มีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_{2(e_s - e_a)}}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

เมื่อ ET_o = reference evapotranspiration (mm day^{-1})

R_n = net radiation at the crop surface (MJ m^{-2}day^{-1})

G = soil heat flux density (MJ m-2day-1)

T = mean daily air temperature at 2 m height (oC)

u_2 = wind speed at 2 m (m s-1)

$e_s - e_a$ = saturation vapour pressure deficit (kPa)

Δ = slope vapour pressure curve (kPa oC-1)

γ = psychrometric constant (kPa oC-1)

2.6.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำ

ในการบริหารจัดการน้ำนั้นต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์กันหลายด้านระหว่างน้ำต้นทุน สภาพสิ่งแวดล้อม ความต้องการใช้น้ำ สภาพเศรษฐกิจสังคม โครงการประเมินและจัดการทรัพยากรน้ำแบบผสมผสาน ระยะที่ 1 (2540-2543) ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลต่างๆ ออกมาเป็นแบบจำลองเพื่อคาดการณ์ความต้องการใช้น้ำและผลกระทบจากการใช้น้ำออกมา เช่น โครงการประเมินและจัดการทรัพยากรน้ำ แบบผสมผสาน ที่ดำเนินการวิจัยในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม จ.เชียงใหม่ โดยโครงการดังกล่าวได้สร้างโปรแกรมช่วยตัดสินใจโดยผสมผสานแนวความคิดทางด้านชีวกายภาพ เศรษฐศาสตร์ และสังคม เพื่อประเมินสถานภาพและศักยภาพของทรัพยากรที่มีอยู่ ให้เกิดความเหมาะสมในการบริหารจัดการ

ซึ่งการศึกษาดังกล่าวได้สร้างแบบจำลองและสถานการณ์จำลองทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อประเมินการตัดสินใจการใช้ทรัพยากรของพื้นที่จากกิจกรรมต่างๆ ระหว่างผลผลิต ผลตอบแทนและต้นทุนในการผลิตในแต่ละกิจกรรมนั้นๆ ซึ่งกิจกรรมทางด้านเกษตรนั้นได้นำปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมมากำหนดความเหมาะสมของชนิดของการทำกิจกรรม และปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในกิจกรรมนั้นๆ จากนั้นนำผลที่ประเมินมาวิเคราะห์ถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ได้แก่ผลกระทบต่อพื้นที่ป่า ผลกระทบต่อการชะล้างผังทลายของดินในการใช้น้ำเพื่อการเกษตร ผลกระทบระหว่างพื้นที่รับน้ำที่อยู่ต้นน้ำและพื้นที่รับน้ำที่อยู่ปลายน้ำ ซึ่งในด้านการบริหารจัดการน้ำยังมีข้อจำกัดอยู่ ในด้านการกระจายน้ำ การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ การรักษาพื้นที่ต้นน้ำ

Muthanna; M.S.M. Amin (2005) ได้นำระบบ GIS เข้ามาช่วยในการวางแผนบริหารจัดการน้ำ เช่น งานศึกษาของ ได้สำรวจการสูญเสียน้ำจากการซึมของดินในแต่ละพื้นที่ ปริมาณสูงสุดของความต้องการน้ำของพืชอ้างอิง และการใช้น้ำเพื่อทำให้ดินเค็มน้อยลง จากนั้นเลือกพืชให้เหมาะสมกับสภาพดินและอากาศคำนวณความต้องการใช้น้ำของพืชในพื้นที่ เมื่อทราบปริมาณความต้องการน้ำแล้วจึงวางแผนการจัดสรรน้ำให้ในแต่ละพื้นที่ ช่วยให้การจัดสรรน้ำไม่น้อยหรือมากไป ทำให้การใช้น้ำมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.6.3 มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ

กรมพัฒนาที่ดินได้ให้ความหมายของการอนุรักษ์ดินและน้ำหมายถึงการใช้ทรัพยากรดินและน้ำอย่างเหมาะสม ด้วยวิธีการที่ชาญฉลาด คุ้มค่า เกิดประโยชน์สูงสุด และมีความยั่งยืน การนำมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำมาใช้เพื่อป้องกันและรักษาดินไม่ให้ถูกชะล้างพังทลายทั้งบนพื้นที่ลาดเทต่ำจนถึงพื้นที่ที่มีความลาดเทสูง ในเชิงทางเทคนิคและวิชาการได□มีการได□จัดจำแนกมาตรการอนุรักษ□ดินและน้ำเพื่อป□องกันการกัดเซาะพังทลายของดิน โดยแบ่งประเภทตามวิธีการของมาตรารอนุรักษ์ดินและน้ำออกเป□น 2 ประเภทคือ

1. การควบคุมโดยใช□พืช (Vegetative Control)
2. การควบคุมโดยวิธีกลหรือวิธีทางวิศวกรรม (Mechanical Control)

การเลือกใช้มาตรการใดควรพิจารณาลักษณะดิน ลักษะภูมิประเทศ ปริมาณน้ำฝนตลอดจนการใช้ประโยชน์พื้นที่โดยมาตรการทั้ง 2 ประเภทต้องใช้ควบคู่กันไปอย่างไรก็ตาม การพัฒนาและให้บริการเกษตรกรบนพื้นที่สูงว่าระบบอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูงประกอบไปด้วยมาตรการดังต่อไปนี้ (อ้างโดยเทวัญ พีประเสริฐศักดิ์ ,2551)

- คันดินเบนน้ำหรือคูเบนน้ำ (Diversion Ditches) คือ ร□องน้ำที่สร□างขึ้นขวางความลาดเทของพื้นที่เพื่อสกัดกั้นน้ำที่ไหลบ□าบนพื้นผิวดิน ปกติจะสร□างบนส□วนที่อยู□ด□านบนของพื้นที่หรือส□วนสูงของความลาดเท น้ำที่ถูกเบนจะไหลออกไปยังทางน้ำที่เตรียมไว□ คูเบนน้ำที่สร□างขึ้นจะต□องมีความ สามารถในการนำน้ำออกอย□างน□อยเท□ากับปริมาณน้ำไหลบ□าสูงสุดที่เกิดพายุฝนที่เกิดขึ้นทุกๆ สิบป□
- ขั้นบันไดดิน (Bench Terrace) ใช□สำหรับในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงกว□า 15% ขึ้นไป โดยการเปลี่ยนพื้นที่ลาดชันสูง ๆ ให□เป□นระดับคล□ายกับขั้นบันได สำหรับทำการเกษตรกรรม
- คูรับน้ำรอบเขา(Hillside Ditch) ใช□เพื่อแบ□งความยาวของความลาดชันให□สั้นลง เพื่อรับปริมาณน้ำที่ไหลลงสู□ทางระบายน้ำ หรือแหล□งน้ำธรรมชาติ นอกจากนี้ คูน้ำยังสามารถใช□เป□นถนนในพื้นที่เกษตรได□ด□วย มี 2 ชนิด คือ ชนิดกว□าง มีฐานของคูระบายนำ 2 เมตร เหมาะสำหรับพื้นที่ลาดชันน□อย และชนิดแคบ มีความกว□างของฐานคูระบายน้ำเท□ากับ 1.50 เมตร เหมาะสำหรับพื้นที่ลาดชันมาก
- ทางระบายน้ำ (Waterway) เพื่อระบายน้ำออกไปจากพื้นที่ เนื่องจากมีปริมาณน้ำไหลบ่ามากเกินไป ให□ระบายออกตามร□องน้ำ โดยไม□เกิดการกัดเซาะพังทลายแก□พื้นที่การเกษตร
- ทางลำเลียงในไร□นา
- อาคารควบคุมน้ำ เป็นสิ่งก่อสร้างขึ้นเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายแบบร่องลึกโดยสร้างขวางทางน้ำเป็นช่วง ๆ ในร่องน้ำที่เกิดการกัดเซาะ เพื่อชะลอความเร็วของน้ำ ช่วย

ให้เกิดการตกตะกอนทับถมในร่องน้ำ ทำให้ร่องน้ำตื้นเขิน สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ต่อไป เขื่อนกั้นร่องน้ำนี้อาจสร้างด้วยเศษไม้ ท่อนไม้ หิน ดิน หรือคอนกรีตก็ได้

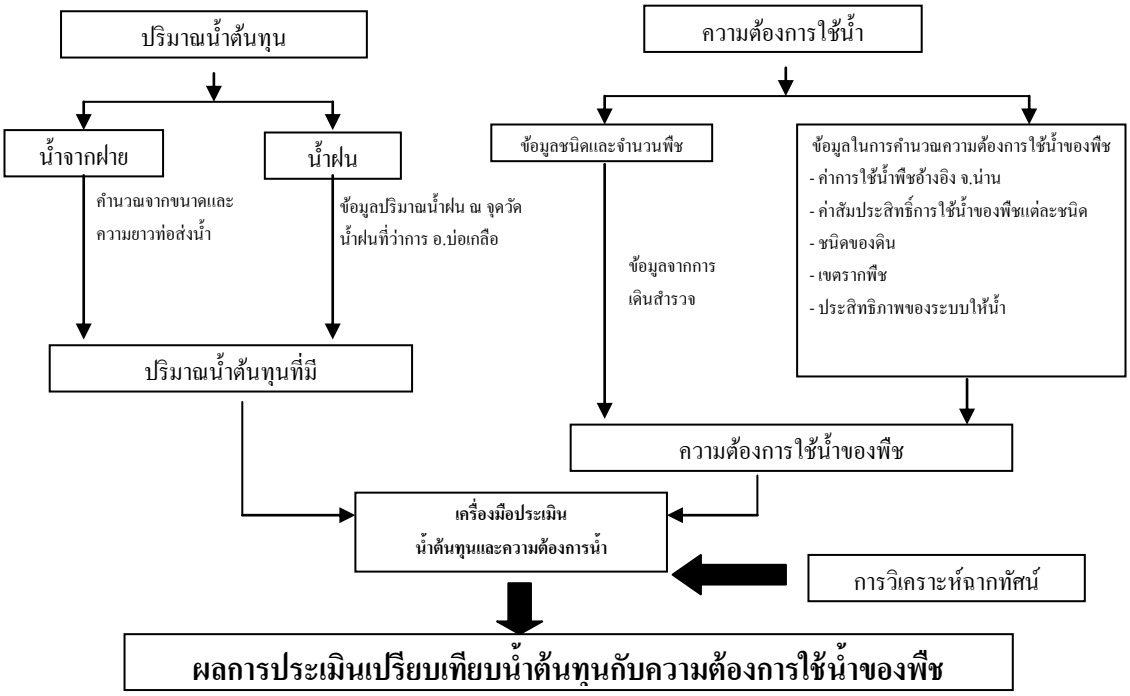
- ชานเฉพาะหลุมเป็นขั้นบันไดดินไม่ต่อเนื่อง เนื่องจากมีปัญหาแรงงานหรือมีหินโผล่ขวางกั้น โดยขุดบันไดดินช่วงสั้นๆเฉพาะที่ จะขุดหลุมปลูกในแต่ละแถวสลับกันในลักษณะรูปสามเหลี่ยม เพื่อเก็บกักน้ำและชะลอความเร็วของน้ำไหลบ่าบางส่วน ให้มีความยาวของขั้นบันไดดินประมาณ 2 เมตร และกว้างประมาณ 1.8-2.0 เมตรแล้วจึงขุดหลุมปลูกไม้ผลบนขั้นบันไดดิน นอกจากนั้นทุกๆ 3-4 แถวขั้นบันไดควรมีคูระบายน้ำตามแนวระดับ จะเห็นได้ว่าการปลูกไม้ผลวิธีนี้ช่วยประหยัดแรงงานรักษาความชุ่มชื้นโคนต้นไม้ผลได้นานและดูแลง่าย นอกจากนี้ยังสามารถใช้เลี้ยงสัตว์ควบคู่กันไปได้หากต้นไม้เจริญเติบโตพอ
- แถบกระถินมะแฮะ เป็นการปลูกพืชระหว□างแถบพืชตระกูลถั่วยืนต□น (Alley Cropping) เพื่อเพิ่มธาตุอาหารแก□ดินและเป็นประโยชน์□ต□อพืชที่ปลูกร□วมด□วย พืชตระกูลถั่วยืนต□นจะเจริญเติบโตมีระบบรากลึกหมุนเวียนธาตุอาหารได□ดี นอกจากนี้ใบของพืชตระกูลถั่วอาจใช□เป□นอาหารสัตว□ได□ ส□วนลำต□นขนาดใหญ□ก็สามารถใช□ทำฟ□นหรือเชื้อเพลิงได□เช□นกัน ในระบบดังกล□าวนี้เมื่อมีการตัดต□นและใบใส□คลุมดินในช่วงฤดูกาลเพาะปลูก นอกจากจะช□วยลดป□ญหาวัชพืชได□แล□วยังช□วยรักษาความชุ□มชื้นของผิวดิน และช□วยลดการสูญเสียดินและน้ำได□ดีอีกด้วย
- แถบหญ□าแฝกและหญ□าอื่น ๆ เป็น การปลูกพืชคลุมดิน (Cover Cropping) การปลูกพืชที่มีใบหนาแน□น มีรากมากและลึกเพื่อให□คลุมดิน พืชที่ปลูกจะช□วยยึดธาตุอาหารไว□ไม□ให□ถูกชะล□างลงในดินชั้นลึกๆ ช□วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุและความชื้นให□กับดิน ช□วยปรับสมบัติทางกายภาพของดินให□ดีขึ้น
- การอนุรักษ□ดินและน้ำด□วยวิธีเกษตรกรรมที่เหมาะสม
- คูระบายน้ำ
- ระบบส□งน้ำชลประทาน

จากการศึกษาของนิพนธ์ ตั้งธรรม (2540) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบการสูญเสียหน้าดินและน้ำกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ 4 แบบด้วยกัน ได้แก่ ขั้นบันไดดิน (Bench Terrace) ขั้นบันไดดินแบบต่อเนื่อง (Intermittent terrace) คันคูขอบเขา (Hillside ditch) คันดินขอบเขา (Contour Bund) พบว่า ขั้นบันไดดิน มีการสูญเสียหน้าดินน้อยที่สุด รองลงมาคือคันดินขอบเขา ขั้นบันไดดินแบบต่อเนื่อง คันคูขอบเขา โดยปริมาณดินที่สูญเสียคือ 5, 8.4, 9.6 และ 11.7 ตันต่อเฮคแตร์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับแปลงทดลองที่ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแล้วมีการสูญเสียหน้าดินถึง 31.3 ตันต่อเฮคแตร์ นอกจากนี้มาตรการขั้นบันไดดินแบบต่อเนื่อง ขั้นบันไดดิน คูรับน้ำของเขา คันดินรับน้ำขอบ

เขา ที่ความลาดชันร้อยละ 30 เมื่อโครงสร้างดินอยู่ตัวแล้วสามารถลดการสูญเสียหน้าดินได้ถึงร้อยละ 96, 86, 80 และ91 ตามลำดับ(ภิชาติ วรรธนะประทีป, 2525)

2.7 กรอบแนวคิดของการศึกษา

จากการวิเคราะห์เอกสารและทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาข้างต้น ทำให้ได้กรอบแนวคิดในการศึกษาอุปสงค์ อุปทานของทรัพยากรน้ำเพื่อจัดการการใช้สำหรับเกษตรกรศูนย์ภูฟ้าพัฒนา สามารถสรุปได้ดังรูปที่ 2.4 โดยการดำเนินงานจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ การศึกษาด้านปริมาณน้ำต้นทุน การศึกษาด้านปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืช และการศึกษาด้านการประเมินปริมาณน้ำต้นทุนและความต้องการใช้น้ำของพืช ซึ่งการศึกษาในส่วนต่างๆ ใช้แนวคิดและทฤษฎีดังตารางที่ 2.3



รูปที่ 2.2 แนวคิดในการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 2.3 แสดงการประยุกต์ทฤษฎีและการทบทวนเอกสารเพื่อการศึกษา

การดำเนินงาน	ทฤษฎีแนวคิดและงานวิจัย
การหาปริมาณน้ำต้นทุน • น้ำต้นทุนในลำห้วย	• สำรวจปริมาณน้ำท่าของลำห้วยในฤดูแล้งจากการหาอัตราการไหลแบบทางน้ำเปิด
• น้ำต้นทุนจากระบบชลประทาน	• คำนวณหาอัตราการไหลในท่อจากข้อมูลขนาด ความยาวของท่อส่งน้ำและระดับความสูงของฝายและถังพักน้ำโดยอาศัยสมการเบอร์นูลลี หลักสมดุลพลังงาน และสมการการไหลแบบต่อเนื่อง • การวัดอัตราการไหลจริงจากระบบชลประทาน
• น้ำต้นทุนจากน้ำฝน	• หลักการหาปริมาณน้ำฝนใช้การ
การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของถังพักน้ำ	ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์โดยใช้วิธีรูปหลายเหลี่ยมทิสเสนอธิบายขอบเขตการกระจายน้ำของถังพักน้ำแต่ละถัง
การหาปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืช • การจัดทำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน	• การทำขอบเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์
• ปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืช	• ปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่จากวิธีการหาโดยใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากสูตรของ Penman ที่ผลจากการวิจัยส่วนใหญ่พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับปริมาณความต้องการน้ำของพืชในประเทศไทย
• การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องใช้สำหรับการให้น้ำพืช	• การคำนวณใช้แนวคิดการออกแบบระบบให้น้ำแบบประหยัดที่นำปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้น้ำของพืชอื่นๆ ได้แก่ ลักษณะดิน เขตรากพืช ความสามารถนำน้ำไปใช้ของพืช ขนาดพื้นที่วงเปียกประสิทธิภาพของระบบให้น้ำ