

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อ้อย

1.1 ความเป็นมาเกี่ยวกับอ้อย

อ้อยเป็นพืชพวกหญ้าชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อมนุษย์มากในแง่ของการใช้เป็นอาหาร อ้อยนับเป็นพืชสำคัญอันดับ 4 ของโลกรองจากข้าวสาลี ข้าวโพด และข้าว ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาในแง่ของ ผลผลิตคิดเป็นน้ำหนักแห้งที่เก็บเกี่ยวได้ต่อเนื้อที่ต่อปี อ้อยมาเป็นอันดับแรก ทั้งนี้เพราะอ้อยสามารถใช้ปัจจัยสำหรับการเจริญเติบโต เช่น แสงแดด น้ำ อากาศ และธาตุอาหารได้มีประสิทธิภาพมากกว่านั่นเอง นอกจากนี้อ้อยยังเป็นพืชที่ปลูกง่าย และเมื่อปลูกครั้งหนึ่งแล้วสามารถเก็บเกี่ยวได้หลายครั้ง อ้อยชอบอากาศร้อน และชุ่มชื้น (Kandelpus, M. et al, 2011)

สำหรับประเทศไทยได้มีการปลูกอ้อยมาแต่โบราณกาล แต่การทำน้ำตาลจากอ้อยได้เริ่มในสมัยกรุงสุโขทัยประมาณปี พ.ศ. 1920 แหล่งผลิตสำคัญอยู่ที่เมืองสุโขทัย พิษณุโลก และกำแพงเพชรน้ำตาลที่ผลิตได้ในสมัยนั้นเป็นน้ำตาลทรายแดง (Muscovado) หรือน้ำอ้อยดิบ เชื่อกันว่าชาวจีนเป็นผู้ที่นำเอากรรมวิธีการผลิตน้ำตาลทรายแดงเข้ามาส่วนการผลิตน้ำตาลทรายขาว (Centrifugal sugar) นั้นได้เริ่มที่จังหวัดลำปางเมื่อปี พ.ศ. 2480 หลังจากนั้นการผลิตน้ำตาลทรายขาวได้ขยายตัวเพิ่มขึ้นโดยลำดับ จากการผลิตเพียงเพื่อทดแทนปริมาณน้ำตาลที่เราต้องสั่งเข้ามาจากประเทศฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซีย จนกระทั่งผลิตได้พอใช้บริโภคภายในประเทศและเหลือส่งออกต่างประเทศเป็นจำนวนถึง 5,723 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่า 8.10 ล้านบาทในปี พ.ศ. 2502-2503 มูลค่าส่งออกของน้ำตาลได้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากไม่ถึง 10 ล้านบาท เป็น 330 ล้านบาทในปี พ.ศ. 2514 และเป็น 1,252 ล้านบาทในปี พ.ศ. 2515 จนกระทั่งปี พ.ศ. 2520 มูลค่าส่งน้ำตาลออกได้เพิ่มขึ้นเป็น 7,395 ล้านบาท ซึ่งเป็นรายได้สูงสุดนับตั้งแต่ประเทศไทยได้มีการส่งน้ำตาลเป็นสินค้าออก

อ้อยเป็นพืชที่มนุษย์รู้จักมานานนับหมื่นปีการปลูกโดยวิธีตัดลำต้นออกเป็นท่อนๆ มีการกำจัดวัชพืชและป้องกันศัตรูต่างๆ ที่จะมาทำลายอ้อยที่ปลูก นับว่าเป็นศิลปะที่เก่าแก่มาก ในสมัยโบราณอ้อยปลูกเป็นพืชสวนครัวสำหรับบริโภคโดยตรงภายในครัวเรือนเท่านั้น การเปลี่ยนแปลงจากพืชสวนครัวมาเป็นพืชไร่ นั้น เชื่อกันว่าเกิดขึ้นในประเทศอินเดีย เมื่อหลายร้อยปีก่อนคริสต์ศักราช ส่วนกรรมวิธีการทำน้ำตาลจากอ้อยนั้น เพิ่งจะมาทราบกันเมื่อไม่นานมานี้เองว่าก่อนที่จะกล่าวถึงถิ่นกำเนิดของอ้อย ใคร่ขอทำความเข้าใจเกี่ยวกับการแบ่งพืชในสกุล (Genus) *Saccharum* เสียก่อนการแบ่งชนิด (Species) ของพืชในสกุลนี้ ได้กระทำโดยนักพฤกษศาสตร์หลายท่านในวาระต่างๆ กัน แต่ที่ยอมรับกันโดยทั่วไปก็คือการแบ่งของกราสซีล ซึ่งได้แบ่งพืชในสกุลนี้ออกเป็น 4 ชนิด คือ (1) อ้อยปลูกดั้งเดิม (*S.officinarum* L.) (2) อ้อยป่าแถบร้อน (*S. spontaneum* L.) (3) อ้อยอินเดีย (*S. barberi* Jesw.) (4) อ้อยป่านิวกินี (*S. robustum* Brand. et Jesw. ex Grassl.) ลักษณะทั่ว ๆ ไป และถิ่นกำเนิดของอ้อยชนิดต่างๆ มีดังนี้ 1) อ้อยปลูกดั้งเดิม เป็นอ้อยที่เกิดแถบเกาะนิวกินีลักษณะของอ้อยชนิดนี้ถือเป็นลักษณะประจำของพืชในสกุลนี้ ลักษณะที่สำคัญคือลำใหญ่ใบยาวและกว้าง มีน้ำตาลมาก เปลือกและเนื้อนิ่มและมีสีสวยซึ่งเรารู้จักกันในนามของ "อ้อยเคี้ยว" เถามีอยู่ในบ้านเรา คืออ้อยสิงคโปร์ อ้อยมอริเชียส (Mauritius) และอ้อยบาติลา (Badila) ซึ่งชาวต่างชาติที่อยู่ในชวสมัยก่อนเรียกอ้อยเหล่านี้ว่าโนเบิลเคน (Noble cane) ต่อมา

รานดิช เรียกว่า เนทิฟ การ์เดน ซูการ์เคน (Native garden sugarcane หรือ Native sugarcane) เพราะชาวเกาะนิวกินีปลูกไว้ในสวนเพื่อใช้รับประทานสด อ้อยชนิดนี้มีบทบาทสำคัญต่ออุตสาหกรรมน้ำตาลทรายของโลกในสมัยเริ่มแรกเป็นอย่าง 2) อ้อยป่าแถบร้อน เป็นอ้อยป่าซึ่งขึ้นอยู่ทั่วไปในแถบร้อนและชุ่มชื้นมีอยู่หลายร้อยชนิดแตกต่างกันตามแหล่งกำเนิดแต่มีลักษณะที่สำคัญคล้ายคลึงกันคือมีอายุยืนขึ้นอยู่เป็นกอมีลำต้นใต้ดิน ลำต้นผอมและแข็งไส้กลวงมีความหวานน้อย ในประเทศไทยเรียกว่าแฉะพง หรืออ้อยป่า 3) อ้อยอินเดีย เป็นอ้อยที่มีถิ่นกำเนิดในอินเดียตอนเหนือนักวิชาการเชื่อกันว่าเป็นอ้อยที่เกิดจากการผสมตามธรรมชาติ ระหว่าง (*S.officinorum* และ *S.spontaneum*) อ้อยพวกนี้มีลำต้นขนาดเล็กใบเล็กข้อโป่ง มีความหวานสูง และเนื้อนิ่มอ้อยซาไกในประเทศเราอาจเป็นอ้อยพวกนี้ 4) อ้อยป่านิวกินี เป็นอ้อยป่าแถบเกาะนิวกินี เปลือกแข็งไส้ฟาม มีลักษณะลำต้นใหญ่แข็งแรง อาจสูงถึง 10 เมตร มีความหวานต่ำ ชาวเกาะใช้ปลูกทำรั้ว อ้อยชนิดนี้พบว่ามีในประเทศไทย นักวิชาการเชื่อกันว่าเป็นต้นตระกูลของอ้อยปลูกดั้งเดิม อ้อยได้ถูกนำไปจากเกาะนิวกินีโดยการติดต่อค้าขายและการล่าเมืองขึ้นของมนุษย์สมัยก่อนประวัติศาสตร์ อย่างไรก็ตาม ดีโบราณดิช ได้สันนิษฐานการแพร่กระจายของอ้อยจากนิวกินีไว้เป็นสามทางตามลำดับเวลา คือ 1) ไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้สู่หมู่เกาะโซโลมอน นิวเฮบริดิส และนิวคาเลโดเนียเกิดขึ้นนานนับจำนวนหมื่นๆปีก่อนคริสต์ศักราช 2) ไปทางทิศตะวันตกสู่หมู่เกาะชวา ประเทศอินโดนีเซียแหลมมลายู ฟิลิปปินส์ อินโดจีนซึ่งรวมถึงประเทศไทย ตลอดถึงชายฝั่งแถบอ่าวเบงกอล ประเทศอินเดีย การกระจายตัวด้านนี้เริ่มเมื่อประมาณ 6,000 ปี ก่อนคริสต์ศักราช กว่าที่อ้อยจะกระจายจากนิวกินีไปถึงอินเดียนั้น ต้องใช้เวลาถึง 3,000 ปี การกระจายตัวทางทิศตะวันตกนี้มีความสำคัญมาก เพราะได้ก่อให้เกิดการพัฒนาอุตสาหกรรมน้ำตาล จนมีความเจริญอย่างที่เราเห็นอยู่ในปัจจุบัน 3) ไปทางทิศตะวันออกสู่เกาะต่างๆ คือ ฟิจิ ตองกา ซามัว คุก มาร์แชลส์ โซโซเอตี อีสเทอร์ และฮาวายรวมทั้งเกาะอื่นๆ ในมหาสมุทรแปซิฟิกด้วย การกระจายตัวตามทิศทางดังกล่าวเกิดขึ้นเมื่อประมาณไม่เกิน 500 ปี หลังจากที่อ้อย ถึงอ่าวเบงกอล สำหรับประเทศไทยได้มีการปลูกอ้อยมาตั้งแต่โบราณกาล แต่การทำน้ำตาลจากอ้อยได้เริ่มในสมัยกรุงสุโขทัย โดยแหล่งผลิตที่สำคัญอยู่เมืองสุโขทัย พิษณุโลก และกำแพงเพชรน้ำตาลที่ผลิตได้ ในสมัยนั้นเป็นน้ำตาลแดง หรือน้ำอ้อยดิบ เชื่อกันว่าชาวจีนเป็นผู้นำเอาวิธีผลิตน้ำตาลแดงเข้ามา การปลูกอ้อยมีอยู่ทุกภาคยกเว้นภาคใต้ ทั้งนี้ เพราะสภาพอากาศภาคใต้ไม่เหมาะแก่การปลูกอ้อย กล่าวคือมีฝนตกชุกและมีอากาศร้อนตลอดปี ซึ่งสภาพดังกล่าวทำให้อ้อยไม่หวานนอกจากนี้อาจจะเป็นเพราะว่าภาคใต้มีพืชอื่นที่ให้ผลดีกว่าเช่นยางพารา และกาแฟ เป็นต้น สำนักงานอ้อย และน้ำตาลทรายกระทรวงอุตสาหกรรมได้แบ่งเขตการปลูกอ้อยออกเป็น 4 ภาค คือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีเนื้อที่ปลูกอ้อยในปี พ.ศ. 2521-2522 รวม 3.13 ล้านไร่ และได้ผลผลิตอ้อยทั้งสิ้น 20.24 ล้านตัน เฉลี่ยผลผลิตอ้อยไร่ละ 6.46 ตัน สาเหตุที่ผลผลิตตกต่ำเนื่องจากเกิดภาวะแห้งแล้งมาก ประกอบกับมีโรค และแมลงระบาดด้วย จังหวัดที่ผลิตอ้อยในแต่ละภาค เรียงตามปริมาณการผลิตมากไปหาน้อย มีดังนี้ 1) ภาคกลาง ได้แก่ กาญจนบุรี สุพรรณบุรี ราชบุรี ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี อุทัยธานี ชัยนาท ลพบุรี อ่างทอง สิงห์บุรี เพชรบูรณ์ และสระบุรี ผลิตอ้อยได้รวมกันคิดเป็นร้อยละ 66.16 ของทั้งประเทศ 2) ภาคตะวันออก ได้แก่ ชลบุรี ระยอง ฉะเชิงเทรา และจันทบุรี ผลิตอ้อยได้รวมกันคิดเป็นร้อยละ 17.58 ของทั้งประเทศ 3) ภาคเหนือ ได้แก่ อุดรดิตถ์ กำแพงเพชร นครสวรรค์ ลำปาง สุโขทัย พิษณุโลก พิจิตร และเชียงใหม่ผลิตอ้อยได้รวมกันคิดเป็นร้อยละ 9.39 ของ ทั้งประเทศ 4) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ อุดรธานี ขอนแก่น บุรีรัมย์ นครพนม กาฬสินธุ์ สกลนคร ชัยภูมิ มหาสารคาม เลย และหนองคาย ผลิตอ้อยได้รวมกันคิดเป็นร้อยละ 6.87 ของทั้งประเทศ

1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์อ้อย

1) ราก อ้อยมีระบบรากฝอย (Fibrous root system) แผ่กระจายออกโดยรอบลำต้นในรัศมีประมาณ 50 -100 เซนติเมตร ลึก 100-150 เซนติเมตรทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม อ้อยไม่มีรากแก้วนอกจากเมื่อปลูกด้วยเมล็ดซึ่งตุ่มคล้ายมีรากแก้วเรียกว่า ไพรมารีรูต (Primary root) หรือเซมินัลรูต (Seminal root) ปกติอ้อยขยายพันธุ์โดยใช้ลำต้น ตัดเป็นท่อนๆ ละ 2-3 ตา แต่ละท่อนเรียกว่าท่อนพันธุ์ (Sett หรือ Cutting หรือ Seed piece หรือ Seedcane) เมื่อเอาท่อนพันธุ์ดังกล่าวปลูกจะปรากฏราก 2.2.2 ลำต้น อ้อยได้ชื่อว่า หญ้ายักษ์ (Giant grass) ทั้งนี้เพราะมีลำต้นสูงใหญ่ อ้อยที่เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 12 เดือนอาจมีลำต้นสูงประมาณ 2-3 เมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5-5.0 เซนติเมตรทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ สภาพแวดล้อม และการปฏิบัติรักษาของชาวไร่ ลำต้นประกอบด้วยข้อและปล้องจำนวนมาก ทั้งข้อและปล้องรวมเรียกว่า จอยต์ (Joint) ซึ่งอาจเรียกกง่าย ๆ ว่า ปล้อง อ้อยที่ตัดเมื่ออายุ 12 เดือน จะมีปล้อง 20 -30 ปล้องในระยะห่างปล้องอ้อยจะมีปล้องเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณเดือนละ 3 ปล้อง แต่ละปล้องเมื่อโตเต็มที่ จะยาวประมาณ 10-15 เซนติเมตร ความยาวของปล้องขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะน้ำ ปล้องที่เกิดในช่วงที่มีน้ำพอเหมาะจะยาวกว่าปล้องที่เกิดในช่วงที่มีน้ำมากหรือน้อยเกินไป อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะได้รับน้ำอย่างเหมาะสมความยาวของปล้องก็จะแตกต่างกันคือ ปล้องที่อยู่ตอนโคนต้นจะสั้นมาก และค่อยๆ ยาวขึ้น แล้วก็จะสั้นลงอีกเมื่อใกล้ยอด ลักษณะดังกล่าวปรากฏในอ้อยที่ไม่มีดอก ส่วนอ้อยที่มีดอกปล้องที่รองรับช่อดอกจะมีความยาวที่สุด แล้วลดลงตามลำดับ จนกระทั่งถึงส่วนที่ปล้องมีความยาวไล่เลี่ยกัน 2.2.3 ใบอ้อย ลักษณะคล้ายใบข้าวแต่มีขนาดใหญ่ และยาวมากกว่า ใบประกอบด้วย 2 ส่วน คือ กาบใบ และแผ่นใบ กาบใบ คือส่วนที่ติด และโอบรอบลำต้นทางด้านที่มีตา การโอบรอบลำต้นของกาบจะสลับข้างกัน เช่น ใบหนึ่งขวาทับซ้าย ใบถัดขึ้นไปซ้ายจะทับขวา ฐานกาบใบกว้างที่สุดแล้วเรียวยาวสู่ปลาย แผ่นใบได้แก่ส่วนที่อยู่ต่อจากกาบใบขึ้นไป ทั้งสองส่วนแยกจากกันตรงรอยต่อ (Blade joint) ด้านในของรอยต่อนี้จะมีส่วนยื่นเป็นเยื่อบางๆ รูปร่างคล้ายกระจับเรียกว่าลิ้นใบ (Ligule) ที่ส่วนปลายของกาบใบจะมีความกว้างมากกว่าฐานของแผ่นใบจึงทำให้มีส่วนเกินซึ่งมักจะยื่นขึ้นไปข้างบน เรียกว่า หูใบ (Auricle) ซึ่งอาจจะมีทั้งสองข้างข้างเดียวหรือไม่มีเลยก็ได้ ในกรณีที่มีข้างเดียวมักจะอยู่ด้านในเสมอ ลักษณะและรูปร่างของลิ้นใบและหูใบแตกต่างกันตามพันธุ์ กาบใบส่วนมากมักมีสีแตกต่างจากตัวใบ เช่น สีเขียวอ่อน หรือเขียวอมม่วง เป็นต้น 2.2.4 ช่อดอก ดอกอ้อยเกิดเป็นช่อที่ยอดของลำต้นช่อดอกมีลักษณะคล้ายหัวลูกศรจึงมีชื่อเรียกโดยเฉพาะว่า แอว์ว์ (Arrow) การออกดอกขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น พันธุ์ อายุ และสภาพแวดล้อม สภาพแวดล้อมที่สำคัญ ได้แก่ ช่วงแสง (Photoperiod) หรือความยาวของวัน อุณหภูมิ และความชื้นปัจจัยเหล่านี้ จะต้องมีย่างเหมาะสมเป็นเวลานานพอจึงจะทำให้อ้อยออกดอกการออกดอกเริ่มต้น

2) ดอกอ้อย มีขนาดเล็กมาก เกิดเป็นคู่ ๆ ในแต่ละคู่นี้ดอกหนึ่งจะมีก้าน (Pedicelled หรือ Stalked-Spikelet) ส่วนอีกดอกหนึ่งไม่มีก้าน (Sessil-spikelet) ที่รอบฐานของแต่ละดอกมีขนยาวสีขาวคล้ายไหมจำนวนมากเรียกว่า บริสเทิล หรือคัลลัสแฮร์ (Bristle หรือ Callus hair) ก่อนดอกบานขนเหล่านี้จะแนบอยู่กับตัวดอก เมื่อดอกบานก็จะกางออกโดยรอบเป็นรัศมีทำให้ตุ่มคล้ายทำด้วยไหมทั้งข้อแต่ละดอกมีกลีบดอก 3 กลีบ เรียงจากข้างนอกเข้าไปเรียกว่า กาบนอก (Outer glume) กาบใน (Inner glume) และสเตอร์รายล์เลมมา หรือกาบที่สาม (Thirdglume) ตามลำดับ 2.2.6 เมล็ดอ้อย เป็นผล (Fruit) ชนิดคาริ-ออพซิส (Caryopsis) คล้ายเมล็ดข้าว แต่มีขนาดเล็กกว่ามาก ตามปกติเมล็ดอ้อยมักจะติดแน่น

อยู่กับ ส่วนของดอก จึงมีชื่อเรียกโดยเฉพาะว่า ฟัซซ์ หรือฟลัฟฟ์ (Fuzz หรือ Fluff) เมล็ดเหล่านี้ถ้าเพาะในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมก็จะงอกเป็นอ้อยต้นใหม่ได้

ความสำคัญของน้ำต่อการเติบโตของพืช

พืชทุกชนิดต้องการน้ำเพื่อสร้างความเติบโต โดยน้ำเป็นปัจจัยที่จำเป็นอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการต่างๆ ภายในพืช เช่น กระบวนการสังเคราะห์แสงเป็นตัวทำละลาย (solvent) ธาตุอาหารพืชในดินเพื่อให้รากสามารถดูดขึ้นไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้ น้ำยังเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดปริมาณการให้ผลผลิตของพืชอีกด้วย พืชแต่ละชนิดมีความต้องการน้ำแตกต่างกัน ขึ้นกับชนิด พันธุ์ และอายุของพืชชนิดนั้น ๆ ดังนั้นในการปลูกพืช จึงจำเป็นต้องให้น้ำแก่พืชตามปริมาณความต้องการของพืช ทั้งนี้เพราะ ถ้าให้น้ำน้อยไป ก็จะส่งผลทำให้พืชเติบโตช้าและให้ผลผลิตต่ำ แต่ถ้าให้น้ำมากเกินไปเกินความต้องการก็จะทำให้สิ้นเปลืองน้ำและค่าใช้จ่ายในการให้น้ำ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องให้น้ำแก่พืชอย่างเหมาะสมกับความต้องการน้ำของพืชแต่ละชนิด ดังนั้นในการศึกษาโครงการวิทยานิพนธ์ จึงอาศัยข้อมูลนี้เป็นศึกษาปริมาณการให้น้ำในแต่ละช่วงอายุของมันสำปะหลังที่จะทดลอง

ความต้องการน้ำของพืช

ความต้องการน้ำของพืชแต่ละชนิดเพื่อการเติบโตและการให้ผลผลิตเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับออกแบบระบบการชลประทานในโครงการวิทยานิพนธ์ เพราะความต้องการน้ำของพืช เป็นข้อมูลที่สามารถใช้กำหนดปริมาณน้ำที่จะต้องจัดหาให้กับพืชในเขตชลประทาน รวมไปถึงการออกแบบระบบชลประทานด้วย

ปริมาณการใช้น้ำของพืชเป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียไปเนื่องจากสาเหตุสำคัญ 2 ประการ คือ การระเหย (evaporation) ซึ่งหมายถึง ปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินรอบๆ ต้นพืช จากผิวน้ำ ในขณะที่ให้น้ำหรือในขณะที่มีน้ำขังอยู่ รวมถึงจากน้ำที่เกาะอยู่ตามใบ เนื่องจากฝนหรือจากการให้น้ำ การคายน้ำ (transpiration) ซึ่งหมายถึงปริมาณน้ำที่พืชดูดไปจากดินเพื่อนำไปใช้ในการสร้างเซลล์และเนื้อเยื่อ แล้วคายออกทางใบสู่บรรยากาศ

ผลรวมของการสูญเสียน้ำของทั้งสองสาเหตุนี้เรียกว่า “การคายระเหย” (evapotranspiration) (ดิเรก ทองอร่ามและคณะ, 2545)

1.ปัจจัยที่มีผลต่อการให้น้ำแก่พืช

1.1 สภาพแวดล้อมรอบๆ ต้นพืช ได้แก่ ความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ และความเร็วลม เป็นต้น

1.2 พืช ซึ่งได้แก่ ชนิดและอายุของพืช พืชแต่ละชนิดมีความต้องการน้ำแตกต่างกัน สำหรับพืชชนิดเดียวกัน การใช้น้ำจะน้อยเมื่อเริ่มปลูก และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนมากที่สุดเมื่อถึงวัยเจริญพันธุ์ ซึ่งเป็นระยะที่พืชโตเต็มที่ จากนั้นความต้องการน้ำจะค่อยๆ ลดลง

1.3 ดิน ซึ่งได้แก่ ความชื้นในดิน เนื้อดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ความเข้มข้นของเกลือในดินหรือสารเป็นพิษอื่นๆ ในดิน เป็นต้น

1.4 องค์ประกอบอื่นๆ เช่น วิธีการให้น้ำ การเตรียมดิน ฯลฯ เป็นต้น

2. การวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช

2.1 การวัดการระเหยน้ำจากผิวดิน อาจทำได้หลายวิธีซึ่งมีทั้งข้อดี ข้อเสียและการที่จะเลือกใช้วิธีใดขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ว่าต้องการความละเอียดถูกต้องแม่นยำแค่ไหน และหาเพื่อไปใช้ทำอะไร แต่ในระดับเกษตรกรแล้ว ควรใช้วิธีที่ง่าย สะดวกและมีการคำนวณเพียงเล็กน้อย ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดในการคำนวณหาปริมาณความต้องการน้ำของพืช โดยใช้ข้อมูลจากการวัดการระเหยเป็นหลัก โดยเฉพาะการวัดจากผิวดิน เพราะเป็นข้อมูลที่สามารถหาได้ง่ายและสะดวก ซึ่งสูตรในการคำนวณหาปริมาณความต้องการน้ำของพืชมีดังนี้ ปริมาณความต้องการน้ำของพืช = $0.75 \times$ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช $\times$ อัตราการระเหยจากผิวดินวัดการระเหย (มม./วัน)

โดย ค่า 0.75 เป็นค่าคงที่ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้วัดอัตราการระเหยซึ่งต้องนำมาคูณในสูตรสำเร็จ

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช ซึ่งต้องนำค่ามาเป็นตัวคูณในสูตรสำเร็จเช่น (ดิเรก ทองอร่ามและคณะ, 2545)

ไม้ผลและพืชผักต่าง ๆ ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ = 0.67

กล้วยและมะเขือเทศ ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ = 0.75

พืชตระกูลถั่ว ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ = 0.67

อ้อย ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ = 0.75 ซึ่งใช้ในการหาปริมาณน้ำที่จะให้อ้อย

ส่วนอัตราการระเหยจากผิวดินวัดการระเหย ซึ่งเป็นค่าที่ต้องนำมาเป็นตัวคูณในสูตรสำเร็จนี้ จะได้จากตารางอัตราการระเหยจากผิวดินวัดการระเหยเฉลี่ยรายเดือนสำหรับพื้นที่ต่างๆ

2.2 การวัดจากปริมาณความชื้นในดินโดยตรง เป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับดินที่มีเนื้อดินสม่ำเสมอตลอดความลึก และระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำกว่าผิวดินมาก ปฏิบัติโดยการหาปริมาณความชื้นในดินก่อนและหลังการให้น้ำแก่พืชทุกครั้ง หรือวัดเพิ่มเติมบ่อยๆ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มรายละเอียดให้ถูกต้องมากขึ้น แล้วนำมาคำนวณตามสมการต่อไปนี้

$$ET = \frac{\sum_{i=n}^n (\theta_1 - \theta_2)_i \Delta s_i + Re - Wd}{\Delta t} \quad (1)$$

เมื่อ ET = อัตราการใช้น้ำของพืชเฉลี่ยในช่วงก่อนและหลังให้น้ำแก่ดิน (มม. /วัน)

n = จำนวนชั้นดินในเขตราก ที่แบ่งไว้เพื่อเก็บตัวอย่างดิน

$(\theta_1 - \theta_2)_i$ = ผลต่างของปริมาณความชื้นของดินระหว่างช่วงก่อนและหลังให้น้ำแก่ดิน

i = ชั้นความลึกของเขตราก (i)

Δs_i = ความหนาของชั้นความลึกของเขตรากแต่ละชั้น

Re = ปริมาณน้ำฝนที่แทรกซึมเข้าไปในดิน

Wd = ปริมาณน้ำที่แทรกซึมเลยเขตราก

Δt = ระยะเวลาระหว่างการเก็บตัวอย่างก่อนและหลังให้น้ำแก่ดิน

2.3 การวัดจากปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง คือปริมาณการให้น้ำของหญ้าในพื้นที่ที่ให้น้ำชลประทานแก่พืช ซึ่งไม่ต้องคำนึงถึงอายุของหญ้า เพราะเป็นพืชที่เจริญงอกงามตลอดทั้งปี ในดินที่มีความชื้นสูงตลอดเวลา การใช้น้ำของหญ้าจะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศอย่างเดียว ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์จึงได้คิดสูตรสำหรับคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ปลูกพืช ซึ่งมีอยู่หลายวิธีแต่ที่นิยมใช้กันมาก มี 2 วิธีคือ

2.3.1 วิธีการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยวิธี modified penman method ในพื้นที่ที่มีข้อมูลสภาพภูมิอากาศรายวันในแต่ละเดือน ความเร็วลมเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ได้รับแสงต่อวันในแต่ละเดือน โดยใช้ค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ได้รับแสงแดดจริงต่อวันในแต่ละเดือนหารด้วยค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่รับแสงแดดนานที่สุดที่จะเกิดขึ้นในช่วงนั้น และค่าเฉลี่ยรังสีแสงอาทิตย์ ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้ ควรใช้ค่าเฉลี่ยในระยะ 5, 10, 15, 20 หรือเกิน 25 ปีขึ้นไป ในการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

2.3.2 วิธีคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยวิธีการ pan method จาก American class A pan ในพื้นที่ที่มีข้อมูลอัตราการระเหยของน้ำต่อวันในแต่ละเดือนจาก American class A pan นอกจากนั้น ยังต้องทราบความเร็วลมในแต่ละเดือน ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละเดือน และค่าระยะทางที่ลมพัดผ่านบริเวณพื้นที่ที่มีพืชปกคลุม หรือพื้นที่ไม่มีพืชปกคลุม ก่อนที่จะติดตั้ง American class A pan ในระยะ 5, 10, 15, 20 หรือ 25 ปีขึ้นไป เพื่อนำไปหาค่าสัมประสิทธิ์การระเหย (Pan CO- efficient) ดังสมการต่อไปนี้

$$ET = K_c \times ET_p \quad (2)$$

เมื่อ ET = อัตราการใช้น้ำของพืชที่ต้องการทราบ (มม. / วัน)

K_c = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

ET_p = อัตราการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มม. / วัน)

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืชเพียงอย่างเดียว ค่าดังกล่าวนี้ได้จากการทดลองวัดจริงในสนาม โดยการปลูกหญ้าหรือพืชอ้างอิงชนิดอื่นและพืชที่ต้องการหาสัมประสิทธิ์การใช้น้ำในถังวัดการใช้น้ำของพืชซึ่งติดตั้งไว้ใกล้เคียงกัน จากนั้นหาสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในช่วงการเติบโตช่วงใดช่วงหนึ่งหรือตลอดอายุการเพาะปลูกโดยสมการที่ 3

$$K_c = \frac{ET}{ET_p} \quad (3)$$

เมื่อ ET และ ET_p เป็นค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชหลักและพืชอ้างอิงที่ได้จากการวัดในช่วงเวลาเดียวกัน เนื่องจากสภาพภูมิอากาศ สมบัติดิน และปัจจัยอื่นๆ คล้ายคลึงกัน ดังนั้นค่า K_c จึงขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืช ดังนั้นจึงสามารถนำไปใช้ได้โดยไม่ขึ้นกับสภาพแวดล้อมของพื้นที่เพาะปลูกรวมทั้งสภาพภูมิอากาศของพื้นที่

3. การชลประทาน

การชลประทาน หมายถึง กิจกรรมและวิธีการทุกประเภทที่ได้จัดทำขึ้นเพื่อส่งน้ำไปใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูก วิธีการให้น้ำชลประทานมีหลายวิธี เช่น การให้น้ำบนผิวดิน (surface irrigation) การให้น้ำแบบฉีดฝอย (sprinkling) การให้น้ำแบบหยด (drip irrigation) และการให้น้ำใต้ผิวดิน (subsurface irrigation) หรือในอีกความหมายหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับความชื้นในดิน การชลประทาน หมายถึง “การให้น้ำแก่พืชโดยการเติมน้ำลงในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน เพื่อให้ดินมีความชื้นพอเหมาะกับการเติบโตของพืช” ซึ่งอาจรวมถึงการเก็บกัก การชะลอน้ำ การทดน้ำ การส่งและให้น้ำ (มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2552) ดังนั้น การชลประทานจึงเป็นวิธีการควบคุมการให้น้ำในแปลงปลูกพืชด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อให้ดินดูดซับน้ำไว้ได้ในระดับความลึกใต้ผิวดินที่พืชต้องการ รวมถึงเกิดการกระจายน้ำอย่างสม่ำเสมอเท่าเทียมกันทั่วทั้งแปลงปลูกพืช ซึ่งวิธีการให้น้ำมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน มักเรียกชื่อตามลักษณะการให้น้ำแก่พืช การที่เกษตรกรจะเลือกใช้วิธีการใดในการให้น้ำแก่พืชขึ้นกับลักษณะภูมิประเทศ สมบัติของดิน ลักษณะพื้นที่ ชนิดของพืชที่จะปลูก แหล่งน้ำและเงินลงทุน การให้น้ำแก่พืชแบ่งตามลักษณะการให้น้ำได้ 4 วิธี ซึ่งใช้ข้อมูลนี้ในการเลือกระบบการให้น้ำแต่ละชนิดเปรียบเทียบประสิทธิภาพ คือ

1) การให้น้ำทางผิวดิน (surface Irrigation) คือ การให้น้ำโดยให้น้ำขังหรือไหลไปบนผิวดิน และแทรกซึมลงไปในดิน ตรงจุดที่น้ำขังหรือไหลผ่าน ดังนั้นอาจถือได้ว่าผิวดินเป็นทางน้ำที่มีขนาดรูปร่าง และสมบัติทางชลศาสตร์แตกต่างกันออกไป และเมื่อพิจารณาจากลักษณะของทางน้ำ สามารถแบ่งการให้น้ำทางผิวดินออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1.1) การให้น้ำแบบท่วมเป็นผืน (flooding) การให้น้ำโดยวิธีนี้เป็นการให้พืชใช้น้ำจากน้ำที่ท่วมขังหรือหล่อเลี้ยงอยู่บนผิวดินในบริเวณพื้นที่ปลูก เป็นวิธีที่เกษตรกรนิยมมาก โดยเฉพาะในการทำนาเพราะทำได้สะดวกและเหมาะสมสำหรับพื้นที่กว้างใหญ่ และยังมีต้นทุนต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ๆ แต่ข้อเสียของวิธีนี้คือน้ำจะระเหยได้ง่ายในปริมาณมาก

1.2) การให้น้ำแบบให้ตามร่องคู (furrow) การให้น้ำโดยวิธีนี้เป็นการให้น้ำโดยการปล่อยให้น้ำไหลไปตามความลาดเทของร่องคู ซึ่งเป็นร่องน้ำขนาดเล็กที่ขุดขึ้นระหว่างแถวพืชปลูกหรือร่องที่เกิดจากการยกร่องปลูกพืช เพื่อให้น้ำจากร่องคูไหลซึมสู่สันร่องคู ที่ใช้ปลูกพืชทั้งสองข้างตามบริเวณที่พืชต้องการใช้ วิธีนี้เหมาะสำหรับทำสวนทำไร่



ภาพที่ 2.1 ระบบชลประทานแบบการให้น้ำทางดิน

2) การให้น้ำทางใต้ผิวดิน (subsurface irrigation) คือ การให้น้ำเพื่อยกระดับน้ำใต้ดินให้สูงขึ้นในระดับที่สูงพอที่จะให้น้ำซึมขึ้นมาสู่ระดับรากพืชหรือใกล้เคียง ซึ่งพืชสามารถดูดความชื้นในดินขึ้นมาใช้ได้ วิธีการยกระดับน้ำใต้ดิน อาจทำได้ 2 แบบ คือ การให้น้ำในคู เช่น ในสวนไม้ผลต่างๆ และโดยการให้น้ำไหลเข้าไปในท่อซึ่งฝังไว้ใต้ดิน

การให้น้ำทางใต้ผิวดินเหมาะสำหรับพื้นที่ราบและดินที่มีเนื้อดินสม่ำเสมอและมีความสามารถในการให้น้ำแทรกซึมผ่านขึ้นมาได้มากพอที่น้ำจะไหลทั้งในแนวราบและแนวตั้งได้อย่างรวดเร็ว และจะต้องมีชั้นดินที่น้ำซึมผ่านขึ้นมาได้ยาก ซึ่งจะทำให้สามารถควบคุมระดับน้ำใต้ดินได้โดยสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหยจากผิวดินน้อยมาก ทำให้มีประสิทธิภาพการชลประทานสูง และเป็นวิธีการที่ใช้ได้ดีกับดินที่มีอัตราการแทรกซึมสูงแต่มีความสามารถอุ้มน้ำไว้ได้น้อย อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของวิธีนี้ คือใช้ได้กับพื้นที่เฉพาะบางแห่งและคุณภาพของน้ำต้องดี มิฉะนั้นจะเกิดปัญหาการสะสมของเกลือและยังใช้ได้กับพืชบางชนิดเท่านั้น



ภาพที่ 2.2 ระบบชลประทานแบบการให้น้ำทางใต้ผิวดิน

3) การให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ (sprinkler irrigation) การให้น้ำโดยวิธีนี้จะปฏิบัติโดยการฉีดน้ำขึ้นไปบนอากาศแล้วให้เม็ดน้ำตกลงมาบนพื้นที่เพาะปลูก โดยมีรูปทรงการแผ่กระจายของเม็ดน้ำสม่ำเสมอและอัตราการที่ตกลงบนพื้นน้อยกว่าอัตราการซึมของน้ำเข้าไปในดิน การให้น้ำแบบสปริงเกลอร์สามารถใช้ได้กับพืชและดินเกือบทุกชนิดและเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพการให้น้ำดี เป็นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน โดยเฉพาะวิธีมินิสปริงเกลอร์ ข้อเสียก็คือ อัตราการสูญเสียน้ำจากการระเหยน้ำสูง และไม่เหมาะสมกับพื้นที่ซึ่งมีลมแรง



ภาพที่ 2.3 ระบบชลประทานแบบสปริงเกลอร์

4) การให้น้ำแบบหยดบนผิวดิน (surface drip irrigation) เป็นวิธีการให้น้ำแก่พืชจากหัวฉีดขนาดเล็กที่ต้องการแรงดันไม่มากนัก หรือเป็นการให้น้ำไหลเป็นหยดหรือสายน้ำเล็กๆ ที่ให้น้ำแก่พืชในอัตราน้อย โดยเป็นการให้น้ำกับบริเวณรากพืชโดยตรง การให้น้ำแบบนี้เหมาะสำหรับดินที่มีเนื้อดินสม่ำเสมอและมีสมบัติการแทรกซึมด้านข้างดีพอสมควร แต่ถ้าเนื้อดินหยาบมากเกินไปจะทำให้ให้น้ำไหลซึมลึกลงในดินมากกว่าที่จะซึมไปหารากพืชทางด้านข้างและจะทำให้สูญเสียน้ำจากการซึมลึก (percolation) เกินเขตรากพืช วิธีการให้น้ำแบบนี้มีประสิทธิภาพการให้น้ำสูงเพราะน้ำจะเกิดการสูญเสียเนื่องจากการระเหยน้อยมาก ทำให้การสะสมของเกลือในเขตรากพืชมีไม่มากเหมือนวิธีอื่น ๆ ข้อเสียของการให้น้ำแบบนี้ก็คือ ต้องมีการลงทุนสูง ท่อที่ทำหน้าที่ปล่อยน้ำและหัวปล่อยน้ำเกิดการอุดตันง่ายและต้องมีอุปกรณ์สำหรับกรองน้ำและต้องการระยะเวลาในการให้น้ำนานจึงไม่เหมาะสำหรับการส่งน้ำแบบรอบเวรระยะสั้น ๆ



ภาพที่ 2.4 ระบบชลประทานแบบหยดบนผิวดิน

4. ข้อดีและข้อเสียระบบการให้น้ำ

ระบบการให้น้ำที่กำลังเป็นที่นิยมใช้ของเกษตรกร คือ ระบบการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ โดยเฉพาะแบบมินิสปริงเกลอร์ การให้น้ำทางร่องคูและระบบการให้น้ำแบบน้ำหยด ซึ่งเกษตรกรจะเลือกใช้ระบบใด จะต้องทำความเข้าใจกับระบบและข้อจำกัดของระบบ ตลอดจนข้อดีและข้อเสียของระบบ ซึ่งได้พบว่าแม้ระบบการให้น้ำแบบหยดบนดินจะมีประสิทธิภาพสูงแต่ยังมีข้อบกพร่องบางประการที่จะต้องทำการแก้ไข เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการชลประทานต่อมันสำปะหลัง

1) ระบบการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ (sprinkler irrigation) การให้น้ำแบบฉีดฝอยคือการให้น้ำพืชโดยการฉีดน้ำขึ้นไปบนอากาศแล้วให้เม็ดน้ำตกลงมาบนพื้นที่ซึ่งต้องการให้น้ำ นั่นก็หมายความว่า จะต้องปรับความดันของน้ำให้มีแรงดันพอที่จะพุ่งขึ้นไปในอากาศ โดยผ่านหัวปล่อยน้ำแล้วตกลงพื้นที่เพาะปลูก การสร้างแรงดันให้แก่ น้ำ ทำได้โดยใช้เครื่องสูบน้ำหรือให้น้ำจากที่สูงไหลลงมาสู่ท่อน้ำเพื่อสร้างแรงดัน สำหรับระบบการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์แบ่งตามชนิดของหัวจ่ายน้ำเป็นประเภทใหญ่ๆ 3 ประเภท คือ

1.1) แบบหัวพ่นหมอก (mist หรือ fogger) เป็นหัวจ่ายน้ำที่น้ำที่ถูกปล่อยออกมาจากหัวจ่ายน้ำในรูปละอองหมอกเล็กๆ อัตราการจ่ายน้ำน้อย กล่าวคือมีขนาดอัตราการจ่ายน้ำประมาณ 7-10 ลิตรต่อชั่วโมงต่อหัว แต่หัวจ่ายน้ำแบบพ่นหมอกต้องการความดันน้ำในการใช้งานสูงประมาณ 4 บาร์ หัวพ่นหมอกเหมาะสำหรับใช้ในการเพิ่มความชื้นให้กับอากาศ หรือใช้ระบายความร้อนในโรงเรือนเพาะชำในขณะให้น้ำแก่พืชด้วย ซึ่งน้ำที่จะใช้กับระบบให้น้ำแบบหมอกจะต้องมีความสะอาดมาก เพื่อป้องกันการอุดตันของหัวพ่นละอองหมอกซึ่งมีขนาดของรูจ่ายน้ำเล็กมาก

1.2) แบบสเปรย์ (spray) เป็นหัวจ่ายน้ำที่ฉีดน้ำออกมาเป็นเม็ดน้ำ ซึ่งมีขนาดเม็ดน้ำใหญ่กว่าหัวพ่นหมอกและมีปริมาณการจ่ายน้ำมากกว่าหัวแบบพ่นหมอกแต่ความดันที่ใช้ต่ำกว่า มีอัตราการให้น้ำ 1-2 เมตร สามารถเลือกมุมในการฉีดน้ำได้ เช่น 90 180 และ 360 องศาในแนวราบ ตามลักษณะการปลูกพืชหรือแปลงปลูกพืช น้ำที่ใช้กับหัวจ่ายชนิดนี้ต้องมีความสะอาดพอสมควร

1.3) แบบมินิสปริงเกลอร์ (mini sprinkler) เป็นหัวกระจายน้ำที่มีลักษณะของเม็ดน้ำที่ฉีดออกมา มีขนาดใหญ่ขึ้น อัตราการจ่ายน้ำ 50 -350 ลิตรต่อชั่วโมง มีอัตราการให้น้ำ 1- 6 เมตร ใช้ความดัน 1 – 2 บาร์ มีทั้งแบบติดตั้งบนท่อแขนงโดยใช้ท่อตั้ง (riser) แยกขึ้นมาเหนือดินและแบบที่มีท่อเล็กๆ จ่ายน้ำจากท่อแขนงมายังหัวจ่ายน้ำ

1.4) แบบไพวอต (centre pivot) เป็นระบบหัวฉีดแบบหมุนรอบตัวเองหรือหมุนเป็นมุมต่างๆ โดยอัตโนมัติ มีความดันสูง 2 – 7 บาร์ มีอัตราการฉีดน้ำสูง สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้มากกว่า 70 เมตรขึ้นไป มีทั้งระบบหัวฉีดเดี่ยวกำลังสูง (single sprinkler) และหัวฉีดแบบมีหลายหัว (multi-sprinkler) เป็นระบบการให้น้ำที่สามารถเคลื่อนที่ได้

ข้อดีและข้อเสียของระบบการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ มีดังนี้

1) ข้อดี

- 1.1) มีประสิทธิภาพในการให้น้ำสูงและสามารถควบคุมปริมาณน้ำได้
- 1.2) การติดตั้งระบบทำได้รวดเร็ว
- 1.3) สามารถให้ปุ๋ยและสารเคมีแก่พืชไปพร้อมกับการให้น้ำได้
- 1.4) สามารถใช้ระบบการให้น้ำแบบนี้ได้กับพืชและดินเกือบทุกชนิด

2) ข้อเสีย

- 2.1) ค่าลงทุนครั้งแรกค่อนข้างสูง

2.2) การเคลื่อนย้ายอุปกรณ์การให้น้ำไปใช้ในพื้นที่อื่นหลังจากการให้น้ำพืชเสร็จแล้วอาจทำได้ไม่สะดวก

2.3) การให้น้ำพืชโดยให้เมื่อน้ำตกลงบนผิวดินอย่างทั่วถึงทำให้วัชพืชงอกงามด้วยจึงเป็นภาระในการกำจัดวัชพืชมากขึ้นด้วย

2.4) เมื่อน้ำที่ตกลงบนใบพืชอาจชะล้างยาฆ่าแมลงหรือสารเคมีที่ฉีดไว้ออกไปด้วย ดังนั้นการฉีดยาฆ่าแมลงหรือสารเคมีจะต้องกระทำภายหลังจากการให้น้ำแล้ว

2.5) ในเขตพื้นที่มีลมพัดแรงเป็นประจำจะทำให้เมื่อน้ำที่ตกลงบนผิวดินไม่สม่ำเสมอทำให้ประสิทธิภาพการให้น้ำลดลง

2.6) การสูญเสียน้ำของระบบสปริงเกลอร์ มักเกิดจากการระเหยของน้ำที่ให้พืชและลมที่พัดนำออกจากตำแหน่งเป้าหมายที่จะให้น้ำ

เมื่อทราบข้อแตกต่างตลอดจนถึงข้อดีและข้อเสียของระบบการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์แบบต่างๆ แล้ว ผู้ใช้น้ำสามารถตัดสินใจเลือกระบบการให้น้ำที่เหมาะสมกับพืชที่ปลูกได้ ซึ่งอาจสรุปได้ว่า ระบบการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์เหมาะสำหรับพืชผัก พืชไร่ หรือแปลงหญ้าที่ปลูกเป็นแปลงขนาดใหญ่ ส่วนระบบการให้น้ำแบบมินิสปริงเกลอร์ เหมาะสำหรับ พืชผัก ไม้ดอก ไม้ผล และพืชที่ปลูกในโรงเรือน

2) ระบบการให้น้ำแบบหยด (drip or trickle irrigation system) ระบบนี้เป็นระบบที่ประหยัดน้ำอย่างแท้จริง เนื่องจากจะเกิดการสูญเสียน้ำจากปัจจัยอื่น ๆ น้อยมาก และแรงดันของน้ำ ที่ใช้กับระบบการให้น้ำแบบนี้ จะอยู่ในเกณฑ์ต่ำ คือที่แรงดันประมาณ 0.5-2 บาร์ อัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำอยู่ระหว่าง 1-12 ลิตรต่อชั่วโมง

ข้อดีและข้อเสียของระบบการให้น้ำแบบน้ำหยด มีดังนี้

1) ข้อดี

1.1) ประสิทธิภาพการให้น้ำสูงมากเพราะสามารถควบคุมการให้น้ำได้ทุกขั้นตอน น้ำสูญเสียไปกับการระเหยน้อยมาก

1.2) แรงดันที่ใช้ในระบบไม่มาก ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายสำหรับเครื่องสูบน้ำไม่ต้องใช้ขนาดที่มี แรงดันมากเหมือนแบบสปริงเกลอร์

1.3) สามารถให้ปุ๋ยและสารเคมี พร้อม ๆ กับการให้น้ำได้

1.4) ไม่มีปัญหาโรคพืชที่เกี่ยวข้องเนื่องจากการเปียกชื้นของใบ เหมือนระบบการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์

1.5) ลดปัญหาวัชพืชในแปลงพืชได้ เพราะผิวดินจะเปียกบริเวณแคบ ๆ เท่านั้น

2) ข้อเสีย

2.1) มีปัญหาในเรื่องการอุดตันที่หัวจ่ายน้ำเนื่องจากขนาดช่องทางน้ำออกที่หัวจ่ายน้ำมีขนาดเล็ก ซึ่งจะต้องใช้เครื่องกรองน้ำเพื่อลดปริมาณสิ่งสกปรกที่มาจากแหล่งน้ำ

2.2) เนื่องจากระบบการให้น้ำแบบน้ำหยดทำให้ดินบริเวณรากเปียกชื้นเพียงบางส่วนเท่านั้น การแผ่ขยายของรากพืชส่วนใหญ่จึงจำกัดอยู่ในส่วนที่เปียกชื้น ดังนั้นถ้าหัวปล่อยน้ำเกิดการอุดตัน โอกาสที่จะเกิดความเสียหายต่อพืชจึงมีมากกว่าแบบสปริงเกลอร์

2.3) ค่าลงทุนในการติดตั้งระบบค่อนข้างสูง จากข้อมูลต่าง ๆ ของระบบการให้น้ำแบบน้ำหยด สรุปได้ว่า ระบบการให้น้ำแบบนี้เหมาะสมกับพืชที่มีพื้นที่จำกัด เช่น ไม้กระถาง หรือพืชที่มีราคาแพง เช่น องุ่น ฯลฯ ตลอดจนพืชที่มีรากตื้น เช่น พืชผักต่าง ๆ พืชไร่บางชนิด เช่น มันสำปะหลัง ฯลฯ

3) ระบบการให้น้ำทางผิวดิน (surface irrigation) เป็นระบบการให้น้ำที่ให้น้ำทางผิวดิน โดยให้น้ำขังหรือไหลไปบนผิวดินและแทรกซึมลงไปในดินตรงจุดที่น้ำขังหรือไหลผ่าน ดังนั้น อาจถือว่าผิวดินเป็นทางน้ำ

ข้อดีและข้อเสียของระบบการให้น้ำทางผิวดิน มีดังนี้

1) ข้อดี

1.1) สามารถใช้กับดินและพืชเกือบทุกชนิด และสามารถดัดแปลงให้เหมาะสมกับขนาดและวิธีการส่งน้ำ

1.2) มีความคล่องตัวสูง สามารถให้น้ำแก่พืชนานๆ ครั้ง เช่น การให้น้ำแก่พืช 10 วันต่อครั้ง

1.3) ค่าลงทุนถูก ไม่ต้องใช้เครื่องสูบน้ำที่มีกำลังแรงม้าสูง

1.4) พืชจะได้รับน้ำเต็มที่ ถ้ามีน้ำเพียงพอ

1.5) ถ้าออกแบบอย่างเหมาะสมจะมีประสิทธิภาพสูง

2) ข้อเสีย

2.1) พื้นที่ต้องมีความราบเรียบ สม่ำเสมอ และถ้าไม่ราบเรียบต้องมีค่าใช้จ่ายเพื่อปรับพื้นที่

2.2) เกิดการชะล้างพังทลายของดินในกรณีพื้นที่ที่มีความลาดเท

2.3) ค้นดินและคูส่งน้ำกีดขวางการทำงานของเครื่องมืออื่นๆ

2.4) ต้องมีความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ให้น้ำพอสมควร เพื่อให้สามารถใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.5) ใช้แรงงานในการให้น้ำมาก

2.6) การสูญเสียที่อาจเกิดจากวิธีเขตกรรมทำลายท่อของระบบ รวมทั้งการระเหยจากความร้อน

4) ระบบการให้น้ำแบบหยดน้ำใต้ดินเฉพาะที่ (subsurface drip irrigation system)

ระบบการให้น้ำแบบหยดน้ำใต้ดินเฉพาะที่ เป็นวิธีการที่วิวัฒนาการมาจากวิธีการให้น้ำใต้ดิน ซึ่งมีการวิจัยกันอย่างกว้างขวางในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยนักวิจัยของมหาวิทยาลัย โคโลราโดในระหว่างปี ค.ศ. 1913 -1918 (Reich, D. *et al*, 1920)

การให้น้ำใต้ดินเฉพาะที่เป็นส่วนหนึ่งของระบบชลประทานสมัยใหม่ ที่มีการพัฒนาตั้งแต่ปี 1960 เพื่อใช้กับการปลูกส้มมะนาว และมะเขือเทศ ซึ่งรายงานประสิทธิภาพของระบบชลประทานแบบจ่ายน้ำใต้ดินเฉพาะที่ ระยะแรกของการใช้จะพบปัญหาการอุดตันหัวกระจายน้ำ รากพืชถูกทำลาย และการกระจายน้ำไม่สม่ำเสมอ แต่ต่อมาได้มีการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะการนำวัสดุที่เป็นพลาสติกมาใช้แทนวัสดุเดิม ทำให้ระบบชลประทานมีประสิทธิภาพมากขึ้น ปัญหาที่ได้กล่าวมาลดลง

หลักการทำงานของระบบชลประทานแบบหยดน้ำใต้ดินเฉพาะที่ จะให้น้ำใต้ผิวดิน โดยมีหัวกระจายน้ำขนาดเล็ก (microirrigation emitters) ซึ่งหัวกระจายน้ำจะให้น้ำน้อยกว่า 7 ลิตรต่อชั่วโมง ในบริเวณรากพืช (root zone) ซึ่งอาศัยเทคนิคการดึงระดับน้ำใต้ดินให้สูงขึ้นมายังระดับที่รากพืชใช้ได้

การติดตั้งความลึกของหัวกระจายน้ำจะแปรผันขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่จะให้น้ำ ชนิดดิน แหล่งน้ำ ศัตรูพืช และสภาวะอากาศ ซึ่งบางครั้งการฝังหัวกระจายน้ำจะลึกน้อยกว่า 20 เซนติเมตร ซึ่งส่วนใหญ่การให้น้ำแบบหยดน้ำใต้ดินเฉพาะที่จะเป็นระบบการชลประทานชนิดถาวร ซึ่งมีรายงานผลงานวิจัยหลายเรื่องที่ยืนยันว่า ระบบชลประทานแบบหยดน้ำใต้ดินเฉพาะที่ ที่วางแนวท่อลึกมากกว่า 45 เซนติเมตร จาก

หัวแปลงไปท้ายแปลงปลูกพืช สามารถมีอายุการใช้งาน 15 -20 ปีและไม่มีผลกระทบจากกิจกรรมการไถพรวนของเกษตรกร (Camp and Lamm, 2013)

ระบบชลประทานแบบจ่ายน้ำใต้ดินเฉพาะที่เป็นระบบชลประทานที่มีผลต่อพื้นที่เพาะปลูกอย่างกว้างขวางมากกว่าระบบชลประทานแบบอื่นๆ ซึ่งเกษตรกรสามารถทำการเกษตรแบบเข้มข้นได้ โดยไม่มีอุปสรรคจากระบบชลประทานระบบนี้ (Adegun, I. K., *et al*, 2011)

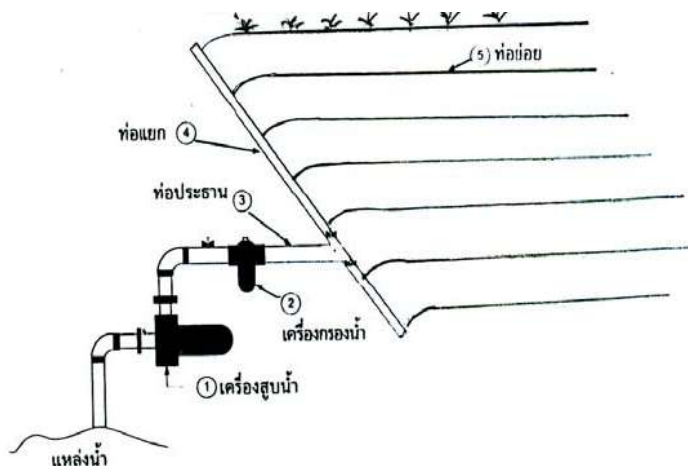
ระบบชลประทานแบบจ่ายน้ำใต้ดินเฉพาะที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบชลประทานแบบร่องคูแบบสปริงเกลอร์และระบบหยดบนผิวดิน ดังต่อไปนี้

1. เพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชได้มากกว่า
2. สูญเสียน้ำโดยการซึมลึก (percolation) ลงไปในดินน้อยกว่า
3. ไม่เกิดการไหลบ่าของน้ำ (run off)
4. ไม่เกิดการระเหยน้ำจากผิวดิน
5. ใช้พลังงานน้อยกว่า
6. พืชเกิดสภาพขาดน้ำ (moisture stress) น้อยกว่า
7. ให้ผลผลิตพืชสูงกว่า
8. เกิดปัญหาโรคพืชและวัชพืชน้อยกว่า

5. องค์ประกอบและอุปกรณ์ในระบบการให้น้ำพืช

ในประเทศที่พัฒนาแล้วระบบการให้น้ำพืชที่กำลังเป็นที่นิยมและมีบทบาทมากในหมู่เกษตรกรและเป็นระบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะสามารถนำไปใช้ในการให้น้ำพืชโดยเฉพาะไม้ผล รวมทั้งผักและพืชไร่ คือ ระบบการให้น้ำแบบร่องคู (furrow irrigation system) ระบบการให้น้ำพืชแบบสปริงเกลอร์ (sprinkler irrigation system) ระบบการให้น้ำพืชแบบน้ำหยด (drip or trickle sprinkler system) และระบบการให้น้ำแบบจ่ายน้ำใต้ดินเฉพาะที่ (subsurface drip irrigation system) ซึ่งนอกจากระบบการให้น้ำแบบร่องคู แล้วทั้ง 3 ระบบที่เหลือจะมีลักษณะมีองค์ประกอบสำคัญ ๆ ในระบบและชื่อเรียกส่วนต่าง ๆ ดังนี้

- 1) เครื่องสูบน้ำ ทำหน้าที่สูบน้ำจากแหล่งน้ำและเพิ่มความดันให้กับหัวจ่ายน้ำ
- 2) เครื่องกรองน้ำ ทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรกและเศษผงต่าง ๆ ที่เครื่องสูบน้ำสูบน้ำเข้ามาป้องกันไม่ให้เกิดการอุดตันที่หัวจ่ายน้ำ
- 3) ท่อประธาน คือ ท่อที่ส่งน้ำออกจากเครื่องสูบน้ำไปยังท่อแยกหรือท่อย่อยที่จ่ายน้ำแก่หัวจ่ายน้ำโดยตรง ส่วนมากนิยมใช้ท่อชนิด พีวีซี (PVC)
- 4) ท่อแยก คือ ท่อซึ่งแยกออกมาจากท่อประธาน และส่งน้ำไปยังท่อย่อยส่วนมากนิยมใช้ท่อชนิด พีวีซี (PVC)
- 5) ท่อย่อย คือ ท่อที่จ่ายน้ำให้กับหัวจ่ายน้ำโดยตรงและยังเป็นที่สำหรับติดตั้งหัวจ่ายน้ำด้วย ส่วนมากนิยมใช้ท่อ ชนิด พีอี (PE)
- 6) หัวจ่ายน้ำ คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับน้ำมาจากท่อย่อย และจ่ายน้ำให้กับพืชตามปริมาณที่ต้องการ



ภาพที่ 2.5 องค์ประกอบและอุปกรณ์ในระบบการให้น้ำแก่พืช

6. ความต้องการธาตุอาหารและน้ำของพืช

พืชจำเป็นต้องใช้ธาตุอาหาร ซึ่งดูดมาจากดินโดยรากและลำเลียงผ่านไปกับน้ำ เพื่อนำไปสร้างอาหารในกระบวนการสังเคราะห์แสง ดังนั้นธาตุอาหารจึงมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืช ซึ่งธาตุอาหารที่มีความจำเป็นสำหรับการเติบโตของพืชซึ่งจะขาดไม่ได้และถ้าหากขาดธาตุอาหารชนิดใดชนิดหนึ่งพืชจะไม่สามารถเติบโตจนครบวงจรชีวิตได้ โดยที่ธาตุอาหารที่พืชดูดจากดินที่พืชดูดจากดินจะเข้าไปเกี่ยวข้องในกระบวนการต่าง ๆ ของพืช และไม่สามารถจะทดแทนด้วยสารประกอบชนิดอื่นๆ ได้สำหรับธาตุคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) พืชสามารถนำมาใช้จากอากาศ ส่วนธาตุอาหารพืชที่จำเป็นอีก 13 ชนิดที่พืชดูดมาใช้จากดิน ยังแบ่งเป็น 2 ประเภทตามปริมาณความต้องการ ซึ่งจะทำให้ทราบข้อมูลในการให้ปุ๋ยแก่พืชอย่างถูกต้อง ตามความต้องการมันสำปะหลัง คือ

1) ธาตุอาหารหลัก (macronutrients) เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S)

2) ธาตุอาหารรอง (micronutrients) เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อย ได้แก่ ธาตุเหล็ก(Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โบรอน (B) โมลิบดีนัม (Mo) และคลอรีน (Cl)

ปริมาณธาตุอาหารที่พืชต้องการมีความแปรปรวนขึ้นกับชนิดพืช ระดับของผลผลิตและธาตุอาหารแต่ละชนิด ดังนั้นในการศึกษาเกี่ยวกับความต้องการธาตุอาหารพืช ได้มีการใช้ระดับธาตุอาหารในเนื้อเยื่อและระยะการเติบโตของพืชเป็นเกณฑ์ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 4 ช่วง คือ 1) ช่วงที่ขาดธาตุอาหาร (deficient zone) 2) ระยะที่มีการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในเนื้อเยื่อ (transition zone) 3) ช่วงที่พืชได้รับธาตุอาหารเพียงพอ (adequate zone) และ 4) ช่วงที่ธาตุอาหารเป็นพิษ (toxic zone) และปริมาณความเข้มข้นวิกฤตของธาตุอาหารพืชจะจัดอยู่ในช่วงที่ต่ำกว่าหรือสูงกว่า ระดับที่เพียงพอต่อการเติบโตของพืช (optimum growth) (Osunbitan, J. A. et, al, 2011)

ปรากฏการณ์นี้ใช้เป็นหลักเกณฑ์พื้นฐานในการประเมินระดับธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชเพื่อเป็นแนวทางในการแนะนำการใส่ปุ๋ยให้แก่พืช และมีการกำหนดระดับวิกฤตของธาตุอาหารที่จำเป็นในพืชหลายชนิด ซึ่งจะช่วยให้พืชที่ขาดธาตุอาหารสามารถเติบโตเพิ่มขึ้นเมื่อมีการให้ปุ๋ยในระดับที่เหมาะสม ในขณะที่พืชที่เติบโตเป็นปกติเพราะได้รับธาตุอาหารอย่างเพียงพอแล้วการใส่ปุ๋ยเพิ่มขึ้นจะไม่ช่วยให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นหรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อยซึ่งถือว่าเป็นการดูดีใช้ธาตุอาหารพืชหรือปุ๋ยที่ฟุ่มเฟือย (luxury

consumption) สำหรับการปรับปรุงผลผลิตพืชโดยการให้ธาตุอาหารแก่พืชนั้น ถ้าหากให้ธาตุมากกว่าระดับที่เหมาะสมหรือในอัตราที่มากเกินไปเกินความต้องการ จะมีผลทำให้พืชตอบสนองต่อปุ๋ยแบบลดน้อยถอยลง (diminishing response) (Burney, J. A. *et al*, 2012)

นอกจากนี้ น้ำก็เป็นองค์ประกอบสำคัญในส่วนต่าง ๆ ของพืชและจำเป็นต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช ในสภาพธรรมชาติ ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในพืชมีปริมาณน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่ถูกดูดไปจากดินผ่านต้นพืชและสูญเสียออกไปโดยการคายน้ำ สภาพที่น้ำในพืชมีการเปลี่ยนแปลงจนลดลงต่ำกว่าระดับที่เหมาะสมจะมีผลทำให้พืชสูญเสียความเต่งของเซลล์ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา และเกิดสภาวะขาดน้ำ (effect of water deficit) อย่างต่อเนื่องซึ่งจะมีผลทำให้พืชเหี่ยวตายได้

สภาวะขาดน้ำของพืชคือ สภาวะที่เกิดขึ้นเนื่องจากพืชคายน้ำมากกว่าอัตราการดูดน้ำ เป็นผลทำให้ปริมาณน้ำในพืชลดลงจนมีผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช ซึ่งมีหลายกระบวนการและแต่ละกระบวนการตอบสนองแตกต่างกันขึ้นกับระดับความรุนแรงของการขาดน้ำและช่วงเวลาของการขาดน้ำ สภาวะขาดน้ำและผลต่อกระบวนการทางสรีรของพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ที่สำคัญ คือ

1) การพัฒนาพื้นที่ใบซึ่งเกี่ยวข้องกับการขยายตัวของใบ การแก่และร่วงของใบ นับเป็นกระบวนการที่ช่วยให้พืชอยู่รอดได้ และจัดว่าเป็นกระบวนการตอบสนองที่เร็วที่สุด

2) สภาวะขาดน้ำมีผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืช มากน้อยขึ้นกับความรุนแรงของสภาวะขาดน้ำ สภาวะขาดน้ำส่งผลให้มีการปิดปากใบและทำให้การใช้ CO_2 ลดลงด้วย เพราะ CO_2 จะผ่านเข้าออกทางปากใบ

3) การตอบสนองของพืชทั้งต้นและการสะสมคาร์บอน (C) ภายใต้สภาวะขาดน้ำพบว่ามี การตอบสนองในสองระดับ คือ

ระดับใบพืชหรือกระบวนการภายในเซลล์พืช ดังนั้นการตอบสนองจึงเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนแก๊สต่อสภาพแวดล้อม

ระดับความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับการใช้น้ำของพืช ซึ่งเกี่ยวข้องกับการดูดซึมธาตุคาร์บอน (carbon assimilation) ของพืช

การผลิตอาหารของพืชไม่เพียงแต่จะขึ้นอยู่กับกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับคาร์บอนเท่านั้น แต่ยังเชื่อมโยงไปถึงการไหลเวียนของน้ำและธาตุอาหารพืช ตลอดจนกระบวนการสะสมอาหารในพืช

4) สภาวะขาดน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนภายในพืชและยังมีผลต่อกระบวนการตอบสนองทางสรีรของพืช ดังนี้

ทำให้การแพร่กระจายของ indoleacetic acid (IAA) ในพืชลดลงและมีผลทำให้เกิดการแก่และร่วงของใบซึ่งส่งผลทำให้มีพื้นที่ใบลดลง

Abscisic acid (ABA) มีบทบาทสำคัญต่อพืชในสภาวะขาดน้ำ คือช่วยให้พืชมีความต้านทานต่อสภาพขาดน้ำ เพราะมีผลทำให้มีการปิดปากใบเพื่อลดการสูญเสียน้ำของพืช

Cytokinins (CK) ช่วยชะลอการแก่และร่วงของใบ แต่เมื่อพืชขาดน้ำจะมีผลทำให้การสร้าง CK จากรากมีปริมาณลดลง ซึ่งจะมีผลต่อการปิดของปากใบ เพราะการปิดเปิดของปากใบขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของ ABA/CK เมื่ออัตราส่วนนี้มีค่าสูงขึ้นจะส่งผลให้มีการปิดของปากใบ

สภาวะขาดน้ำของพืชมีผลทำให้เกิดการสังเคราะห์ ethylene ซึ่งทำให้เกิดการแก่และร่วงของใบเร็วขึ้น

สภาวะขาดน้ำของพืชมีผลทำให้ปฏิกิริยาของ gibberellins (GA) ในใบพืชลดลง

ฮอร์โมนพืชเหล่านี้มีปฏิสัมพันธ์ในสภาวะขาดน้ำ กล่าวคือ ABA และ ethylene จะถูกสังเคราะห์มากขึ้นในสภาวะขาดน้ำ แต่ในทางตรงกันข้าม IAA, CK และ GA จะมีแนวโน้มลดลงในสภาวะขาดน้ำ

5) การเติบโตของรากและการทำงานของรากปกติ ในสภาพที่พืชได้รับน้ำสม่ำเสมอ ระบบรากส่วนใหญ่จะอยู่ที่ผิวดินชั้นบน แต่เมื่อความชื้นที่ผิวดินลดลงเพราะสภาวะขาดน้ำจะมีผลทำให้การเติบโตของรากที่ผิวดินชั้นบนลดลง แต่รากพืชจะงอกใหม่ไปผิวดินชั้นล่างเพื่อหาน้ำขึ้นมารักษาความสมดุลของน้ำในต้นพืช สภาวะขาดน้ำนอกจากจะมีผลโดยตรงต่อการปรับตัวของระบบรากแล้ว ยังมีผลทำให้การดูดธาตุอาหารของพืชลดลงด้วย (Jansen, K. and Vellema, S., 2011)

การให้ปุ๋ยทางระบบให้น้ำ

การให้ปุ๋ยทางระบบให้น้ำ (fertigation) เป็นเทคโนโลยีใหม่ทางการเกษตร ซึ่งเกษตรกรไทยให้การยอมรับและนำมาใช้งานมากพอสมควรในปัจจุบัน โดยเฉพาะในสวนผลไม้ทางภาคตะวันออกและสวนปาล์มน้ำมันในภาคใต้ มีใช้กันตั้งแต่สวนขนาดเล็กไปจนถึงสวนขนาดใหญ่ โดยการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำจะเป็นการให้ปุ๋ยแก่พืชที่ปลูกในรูปของสารละลายปุ๋ยด้วยการอัดฉีดสารละลายดังกล่าวเข้าไปในระบบท่อที่ใช้ในการให้น้ำ ส่วนใหญ่จะเป็นระบบมินิสปริงเกอร์และน้ำหยด ซึ่งเป็นข้อมูลในการออกแบบระบบการให้ปุ๋ยทางท่อและปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทดลอง

1) ประโยชน์ของการให้ปุ๋ยทางระบบให้น้ำ

1.1) ด้านการเติบโตของพืช ช่วยให้พืชโตดีและแข็งแรง เนื่องจากปุ๋ยละลายอยู่ในน้ำพืชจึงสามารถนำไปใช้ได้ทันที ทำให้พืชดูดผลเร็วให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดี นอกจากนี้ ยังช่วยให้พืชสามารถออกผลก่อนฤดูกาลปกติได้ ถ้ามีการจัดการที่ถูกต้อง

1.2) ด้านแรงงาน ลดแรงงานและพลังงานที่ต้องใช้ในการให้ปุ๋ยทางดิน ต้องใช้เครื่องจักรเข้าช่วยในการขนปุ๋ยหรือรวมทั้งใช้เครื่องหว่านหรือหยอดซึ่งสิ้นเปลืองแรงงานและพลังงาน นอกจากนี้ในฤดูฝนการนำเครื่องจักรเข้าไปปฏิบัติงานยังมีผลเสียทำให้ดินแน่นซึ่งไม่เป็นผลดีต่อพืช แต่ถ้าใช้ปุ๋ยทางระบบน้ำ ปัญหาต่างๆ จะหมดไปเนื่องจากปุ๋ยจะถูกละลายไปพร้อมกับน้ำ

1.3) ด้านธาตุอาหาร ถ้าระบบให้น้ำมีการกระจายน้ำที่สม่ำเสมอ การกระจายของธาตุอาหารพืชก็จะสม่ำเสมอด้วย และเนื่องจากธาตุอาหารละลายและเคลื่อนย้ายมาพร้อมกับน้ำทำให้พืชสามารถดูดไปใช้ได้ทันที ประสิทธิภาพในการใช้ปุ๋ยจึงสูงขึ้น ประกอบกับธาตุอาหารหรือปุ๋ยเคมีที่ให้โดยทั่วไปจะให้ในปริมาณไม่มาก แต่ให้บ่อยๆ ครั้งจึงเป็นการประหยัดค่าปุ๋ยไปด้วย เพราะจะช่วยลดปุ๋ยบางส่วนที่จะสูญเสียไปกับการชะล้างออกนอกเขตรากพืช

1.4) ด้านสิ่งแวดล้อม ลดการปนเปื้อนสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการให้ปุ๋ยมากเกินไป และปุ๋ยส่วนเกินเกิดการชะล้างลงไปสู่แหล่งน้ำใต้ดิน

1.5) สำหรับข้อดีทางด้านอื่นๆ การใช้ปุ๋ยทางระบบน้ำยังสามารถใช้ร่วมกับสารเคมีควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชได้ด้วย นอกจากนั้นปุ๋ยทางดินบางชนิดอาจจะไม่เหมาะกับการให้ด้วยวิธีหว่านเนื่องจากอาจจะถูกอนุภาคของดินดูดตรึง (fix) ไว้ วิธีการให้ปุ๋ยทางระบบให้น้ำจะช่วยในการให้ปุ๋ยชนิดดังกล่าวได้ไม่มากนักน้อยเพราะธาตุอาหารดังกล่าวที่ให้ทางระบบน้ำจะถูกดินดูดตรึงไว้น้อยกว่า

2) อุปกรณ์ฉีดปุ๋ย

ในการให้ปุ๋ยทางระบบให้น้ำนั้นจะต้องใช้อุปกรณ์ฉีดปุ๋ย (fertilizer injector) อัตราฉีดปุ๋ยเข้าไปในระบบให้น้ำ อุปกรณ์ดังกล่าวมีหลายแบบ แต่ละแบบมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะอุปกรณ์ที่มีการนำมาจำหน่ายและมีการนำไปใช้งานในประเทศไทยเท่านั้น

2.1 อุปกรณ์ฉีดปุ๋ยแบบเวนจูรี (venturi) เป็นอุปกรณ์ฉีดปุ๋ยเข้าไปในระบบให้น้ำที่มีราคาถูกที่สุด ตัวอุปกรณ์ทำจากพลาสติกฉีดเป็นชิ้นเดียวกันโดยไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว การสึกหรอจึงต่ำ หลักการทำงานของอาศัยความแตกต่างของแรงดันน้ำระหว่างทางเข้ากับทางออกที่จะก่อให้เกิดสภาวะสุญญากาศ ณ จุดดูดปุ๋ย ทำให้ปุ๋ยถูกดูดขึ้นมาจากถังเข้าไปในระบบให้น้ำปกติใช้ แรงดันใช้งาน 3.5 – 70 บาร์ อัตราการฉีดปุ๋ย 22.7 – 4,275 ลิตร/ชม. มีหัวฉีดปุ๋ยขนาด $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1, 1 $\frac{1}{2}$ และ 2"

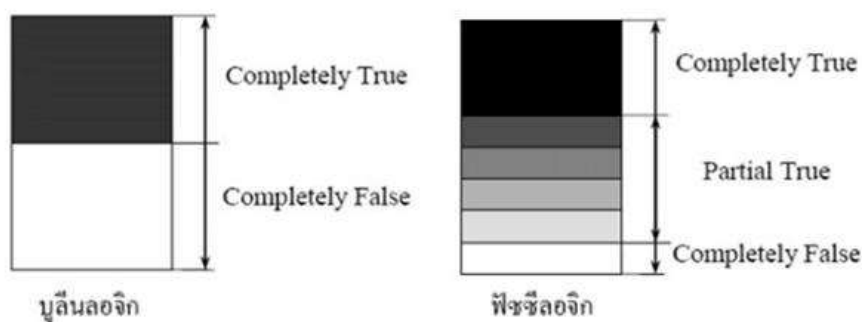
2.2 อุปกรณ์ฉีดปุ๋ยแบบปั๊มพลังน้ำ หลักการทำงานของอุปกรณ์ฉีดปุ๋ยเข้าไปในระบบให้น้ำแบบนี้คือ การใช้แรงดันน้ำของระบบเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนปุ๋ยไปยังส่วนต่างๆ



ภาพที่ 2.6 อุปกรณ์ฉีดปุ๋ยท่อ

ทฤษฎีฟัซซีลอจิก

ฟัซซีลอจิกถูกคิดค้นโดย L. A. Zadeh ในปีค.ศ. 1965 ซึ่งเป็นผลงานวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก ฟัซซีลอจิกเป็นตรรกะที่อยู่บนพื้นฐานความเป็นจริงที่ว่าทุกสิ่งบนโลกแห่งความเป็นจริงไม่ใช่มีเฉพาะสิ่งที่มีความแน่นอนเท่านั้นแต่มีหลายสิ่งหลายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไม่เที่ยงและไม่แน่นอน (uncertain) อาจเป็นสิ่งที่คลุมเครือ (fuzzy) ไม่ใช่ชัดเจน (exact) ตรรกะแบบฟัซซี (fuzzy logic) เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจภายในใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูลโดยยอมให้มีความยืดหยุ่นได้ใช้หลักเหตุผลที่คล้ายการเลียนแบบวิธีความคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ ฟัซซีลอจิกมีลักษณะที่พิเศษกว่าตรรกะแบบจริงเท็จ (Boolean logic) เป็นแนวคิดที่มีการต่อขยายในส่วนของความจริง (partial true) โดยค่าความจริงจะอยู่ในช่วงระหว่างจริง (completely true) กับเท็จ (completely false) ส่วนตรรกศาสตร์เดิมจะมีค่าเป็นจริงกับเท็จ



ภาพที่ 2.7 ตรรกะแบบจริงเท็จ (บูลีนลอจิก) กับ ตรรกะแบบฟัซซี (ฟัซซีลอจิก)



ภาพที่ 2.8 ความไม่แน่นอน

ภาพที่ 2.8 เป็นการแสดงให้เห็นว่าแนวทางในการตัดสินใจของปัญหาทั้งหมดมีเพียงส่วนน้อยที่เป็นสิ่งที่แน่นอน (certainty) ที่เหลือคือสิ่งที่ไม่แน่นอนซึ่งประกอบด้วยความไม่แน่นอนที่มีลักษณะแบบสุ่มและความไม่แน่นอนที่มีลักษณะเป็นฟัซซีหรือคลุมเครือซึ่งมีมากกว่าร้อยละ 40 เพราะปัญหาส่วนมากเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจของมนุษย์ซึ่งจะตัดสินใจตามพื้นฐานความคิดของตนเป็นหลัก

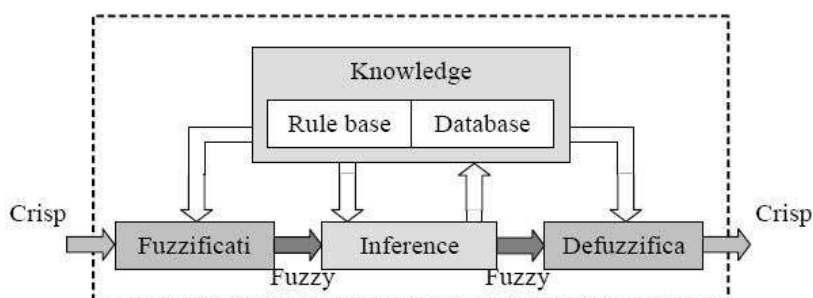
1. โครงสร้างของตัวควบคุมแบบฟัซซี



ภาพที่ 2.9 โครงสร้างของตัวควบคุมแบบฟัซซี

2. โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซีซึ่งประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 4 ส่วนดังนี้ดังภาพที่



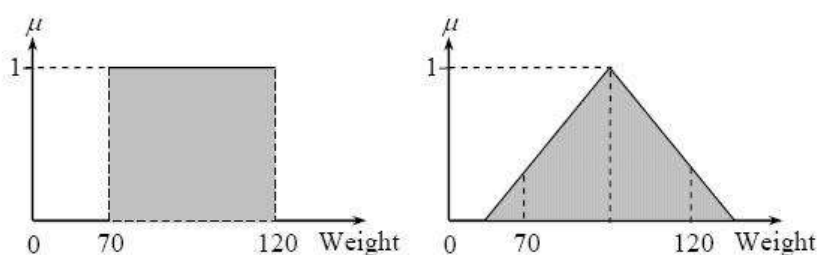
ภาพที่ 2.10 โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซี่

3. หลักการทำงานของตรรกศาสตร์คลุมเครือ

ตรรกศาสตร์คลุมเครือต้องการตัวแปรที่เป็นตัวเลขมากกว่าเพื่อการแสดงความสำคัญของผู้ผลิตผลและให้ความสำคัญเกี่ยวกับอัตราการเปลี่ยนแปลงได้ดีในระบบควบคุมหลายๆประเภท มีความสำคัญดังนี้- ให้อยู่ในอุปกรณ์ที่แข็งแกร่งและถาวร ไม่ต้องการการปรับค่าใดๆ ถ้าเซ็นเซอร์ตัวหนึ่งพัง โปรแกรมสามารถหยุดการทำงานได้อย่างปลอดภัยโดยสามารถควบคุมเอาต์พุตให้ได้ค่าที่สม่ำเสมอ

- ตรรกศาสตร์คลุมเครือควบคุมกระบวนการโดยใช้กฎที่ผู้ใช้สร้างขึ้นเพื่อควบคุมระบบ ตรรกศาสตร์คลุมเครือไม่มีลิมิตในเรื่องอินพุตและมีเอาต์พุตในการควบคุมหนึ่งหรือสองตัวก็ได้ ตรรกศาสตร์คลุมเครือสามารถใช้ความไม่แน่นอนมาเกี่ยวข้องกับการอธิบายโดยใช้ภาษาเพื่อรับข้อมูล อย่างเช่นที่มนุษย์คิดและเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผลข้อมูลสำหรับงานที่ทาในครั้งแรกแล้วมีการปรับเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีการปรับค่าใด ๆ เลย

- จากการทำงานแบบใช้กฎเป็นหลักเหตุผลทุกข้อของอินพุตจะต้องผ่านกระบวนการกฎพื้นฐาน ตรรกศาสตร์คลุมเครือควบคุมระบบที่ไม่เชิงเส้น และไม่สามารถสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ จึงทำให้เห็นว่าสามารถนำมาใช้กับระบบควบคุมอัตโนมัติต่างๆ ได้



ภาพที่ 2.11 การกำหนดค่าความเป็นสมาชิกของเซตทวินัยและเซตแบบฟัซซี่

ทฤษฎีฟัซซี่เซตสามารถแก้ปัญหาข้อจำกัดของเซตแบบดั้งเดิมได้โดยฟัซซี่เซตยอมให้มีค่าหรือดีกรีของความเป็นสมาชิก (degree of membership) ซึ่งแสดงด้วยค่าตัวเลขระหว่าง 0 และ 1 หรือเขียนเป็นสัญลักษณ์ $[0, 1]$, โดย 0 หมายถึงไม่เป็นสมาชิกในเซต 1 หมายถึงเป็นสมาชิกในเซตและค่าระหว่าง 0 กับ 1 เป็นสมาชิกบางส่วนในเซต การทำเช่นนี้ทำให้เกิดความราบเรียบในการเปลี่ยนจากพื้นที่นอกเซตไปอยู่ในเซตของสมาชิกต่างๆโดยมีฟังก์ชันสมาชิก (membership function) เป็นฟังก์ชันจัดเทียบ (mapping

function) วัตถุในโดเมนใดๆให้เป็นค่าความเป็นสมาชิกในพีชชีเซตความเป็นสมาชิกสำหรับพีชชีเซตมีจำนวนระดับความเป็นสมาชิกเป็นอนันต์คือค่าต่อเนื่องในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 1 ซึ่งครอบคลุมการกำหนดสมาชิกแบบฉบับ

4. หลักการประมวลผลของตรรกศาสตร์คลุมเครือ

- 1) กำหนดวัตถุประสงค์การควบคุมและกฎเกณฑ์
- 2) กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตและเลือกตัวแปรให้มีค่าน้อยที่สุดสำหรับเป็นอินพุตลงในตรรกศาสตร์คลุมเครือ
- 3) ใช้โครงสร้างกฎพื้นฐานกฎของตรรกศาสตร์คลุมเครือโดยกำหนดปัญหาการควบคุมให้อยู่ในรูปแบบของถ้า x และ y แล้ว ซึ่งเอาต์พุตที่ต้องการขึ้นอยู่กับเงื่อนไขแต่ละข้อของอินพุตจำนวนและความซับซ้อนของกฎ ขึ้นอยู่กับจำนวนตัวแปรของอินพุตที่เกี่ยวข้องกัน
- 4) สร้างสมาชิกของฟังก์ชันของตรรกศาสตร์คลุมเครือ
- 5) สร้างลำดับของตรรกศาสตร์คลุมเครือที่จำเป็นต้องประมวลผลก่อนและหลังจึงนำซอฟต์แวร์ไปติดตั้งในฮาร์ดแวร์
- 6) การทดสอบระบบการประเมินผลปรับกฎและสมาชิกของฟังก์ชันให้เหมาะสมและทดสอบซ้ำจนได้ผลลัพธ์เป็นที่พอใจและได้รับการยอมรับ

ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี

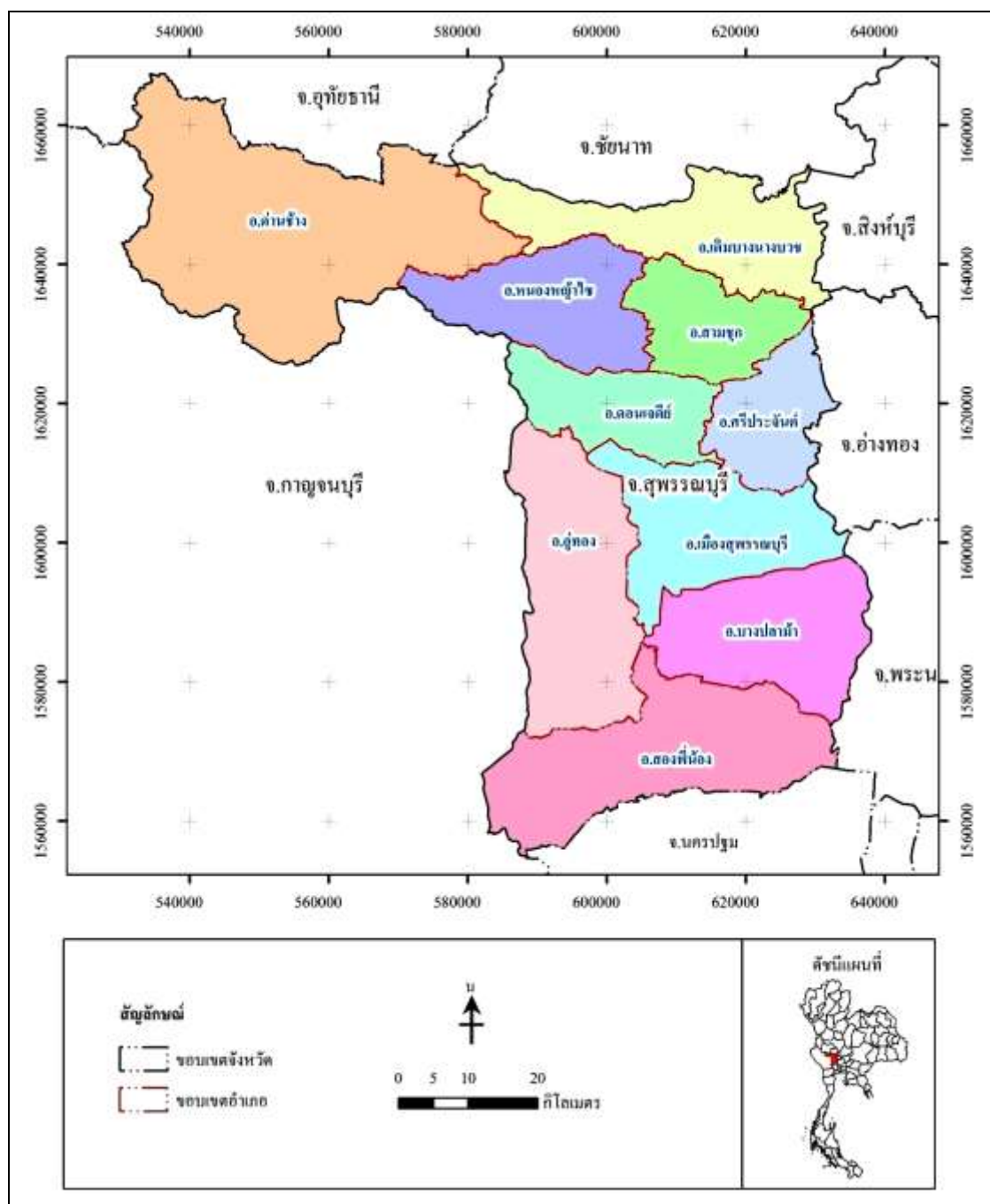
1. ที่ตั้งและขอบเขตการปกครอง

ศูนย์ปฏิบัติการจังหวัดสุพรรณบุรี (2550) ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับจังหวัดสุพรรณบุรี ดังนี้

จังหวัดสุพรรณบุรีตั้งอยู่ในภาคกลางด้านทิศตะวันตกของประเทศไทย มีแม่น้ำสุพรรณบุรี หรือแม่น้ำท่าจีนไหลผ่านตามแนวยาวของจังหวัด จากเหนือจรดใต้ มีพื้นที่ทั้งสิ้นประมาณ 5,390 ตารางกิโลเมตร หรือ ประมาณ 3,368,750 ไร่ อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานคร ประมาณ 107 กิโลเมตรแบ่งขอบเขตการปกครองออกเป็น 10 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองสุพรรณบุรี อำเภอสองพี่น้อง อำเภอบางปลาม้า อำเภออู่ทอง อำเภอเดิมบางนางบวช อำเภอสามชูก อำเภอศรีประจันต์ อำเภอดอนเจดีย์ อำเภอด่านช้าง และอำเภอหนองหญ้าไซ มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง ดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	จังหวัดชัยนาท
ทิศใต้	ติดต่อกับ	จังหวัดนครปฐม
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	จังหวัดอ่างทอง สิงห์บุรี และพระนครศรีอยุธยา
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ	จังหวัดกาญจนบุรี และอุทัยธานี

ที่ตั้งและขอบเขตการปกครองของจังหวัดสุพรรณบุรี แสดงดังภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 ที่ตั้งและขอบเขตการปกครองของจังหวัดสุพรรณบุรี

ที่มา: ข้อมูลสารสนเทศ ศูนย์ปฏิบัติการจังหวัดสุพรรณบุรี (2550)

สำหรับพื้นที่วิจัย องค์การบริหารส่วนตำบลหนองราชวัตร (2552) ได้ให้ข้อมูลไว้ว่า ตำบลหนองราชวัตร อำเภอหนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี มีพื้นที่ทั้งหมด ประมาณ 69 ตารางกิโลเมตร หรือ ประมาณ 43,125 ไร่ อยู่ห่างจากจังหวัดสุพรรณบุรี ประมาณ 50 กิโลเมตร ใช้ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3015 เป็นเส้นทางการคมนาคมหลัก แบ่งการปกครองออกเป็น 8 หมู่บ้าน มีจำนวนประชากรทั้งสิ้น

5,045 คน แบ่งเป็นชาย 2,474 คน หญิง 2,571 คน จำนวนครัวเรือนทั้งสิ้น 1,440 ครัวเรือน ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม โดยมีรายละเอียด ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การปกครอง จำนวนครัวเรือน และจำนวนประชากรตำบลหนองราชวัตร

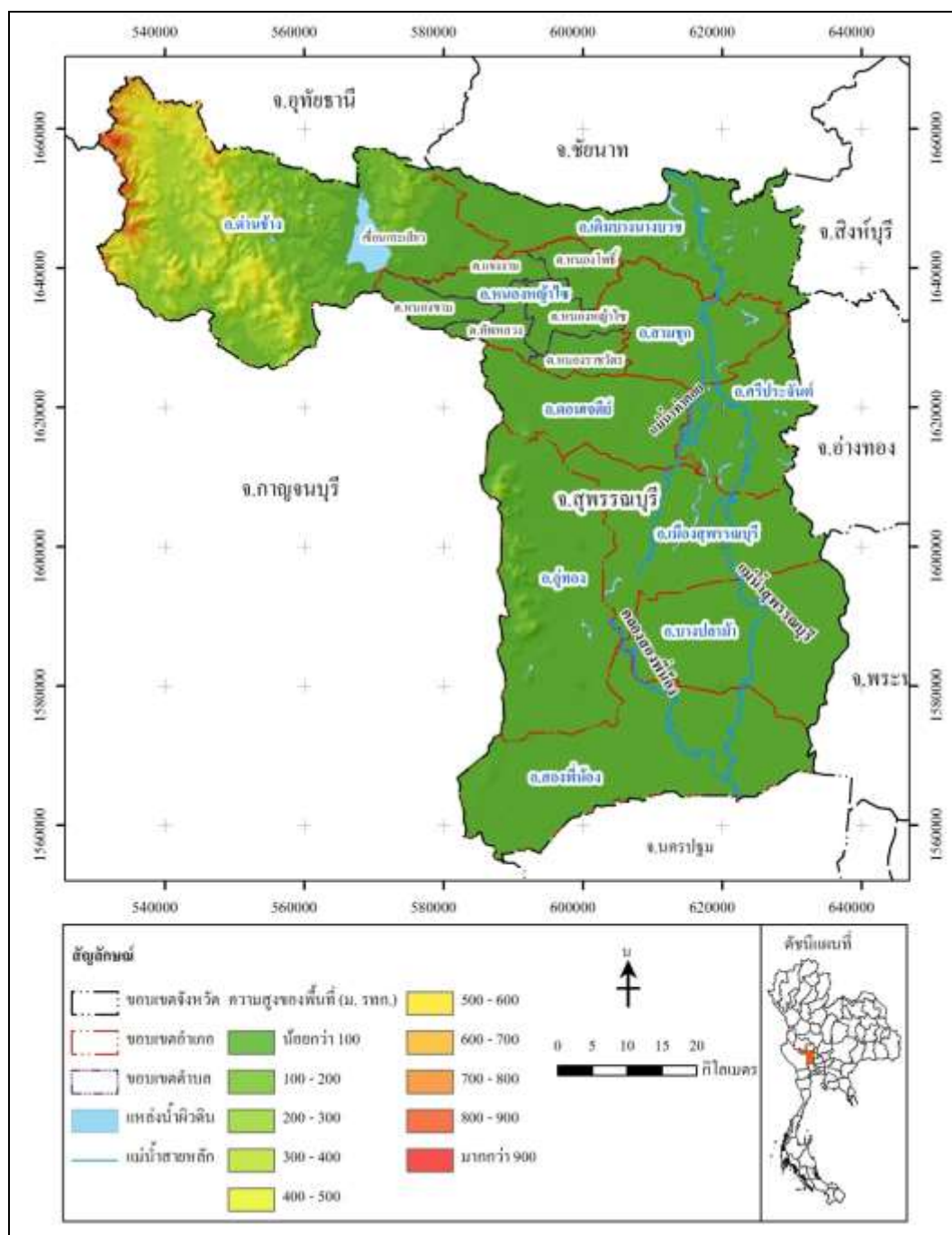
หมู่ที่	หมู่บ้าน	จำนวนครัวเรือน (ครัวเรือน)	จำนวนประชากร (คน)	
			ชาย	หญิง
1	บ้านหนองเต่าทอง	167	272	253
2	บ้านหนองคาง	169	257	269
3	บ้านหนองทราย	175	318	341
4	บ้านหนองราชวัตร	202	341	379
5	บ้านมาบพะยอม	197	292	326
6	บ้านทัพมะเขือ	182	324	334
7	บ้านหนองกระทุ่ม	192	348	373
8	บ้านหนองเสือทับหมี่	156	322	296
	รวม	1,440	2,474	2,571

ที่มา: องค์การบริหารส่วนตำบลหนองราชวัตร (2552)

ตำบลหนองราชวัตร อำเภอหนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี มีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ใกล้เคียง ดังนี้

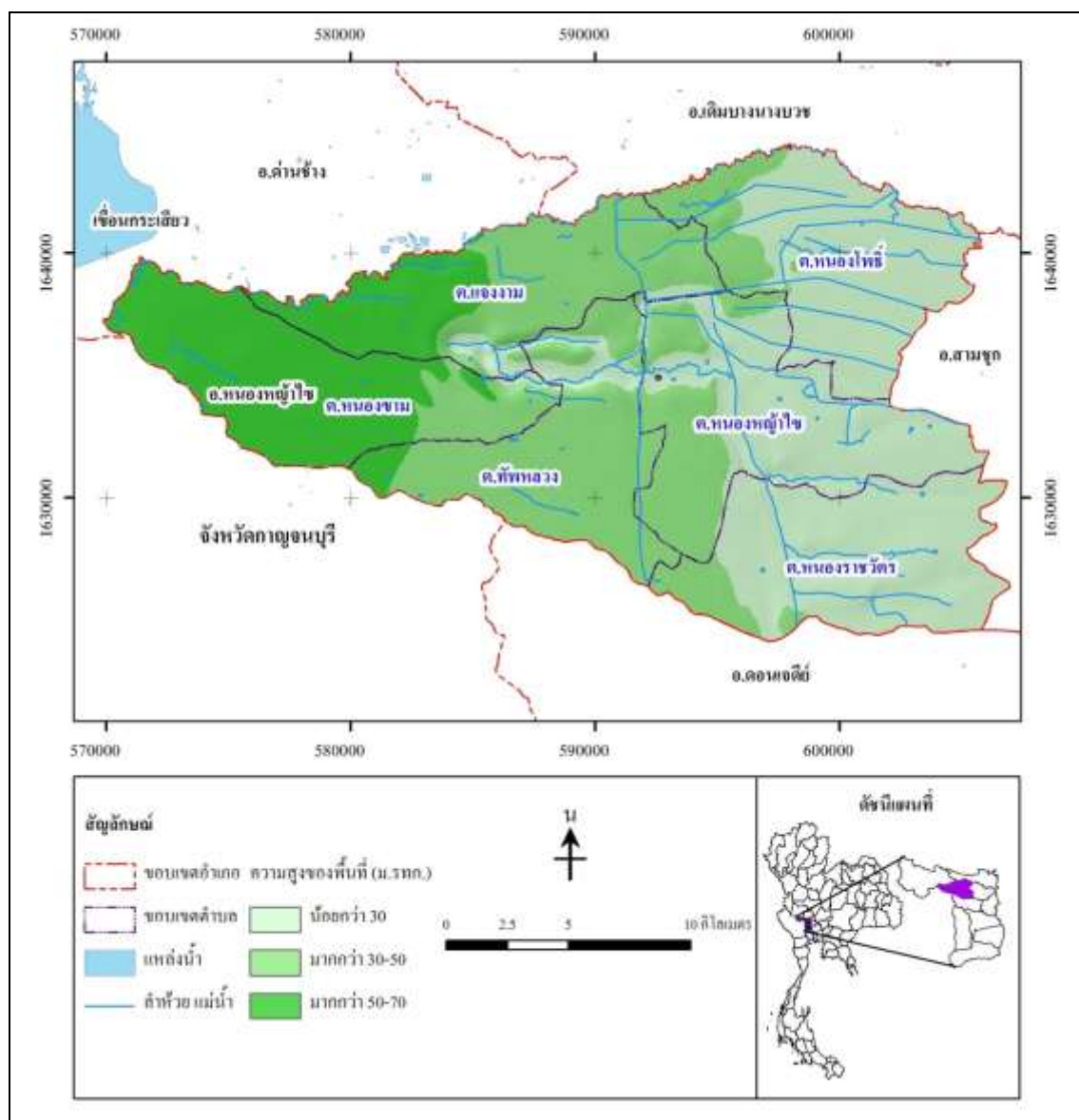
ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	ตำบลหนองหญ้าไซ อำเภอหนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี
ทิศใต้	ติดต่อกับ	ตำบลทะเลบก อำเภอดอนเจดีย์ จังหวัดสุพรรณบุรี
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	ตำบลบ้านสระ อำเภอสามชูก จังหวัดสุพรรณบุรี
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ	ตำบลทัพหลวง อำเภอหนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี

ที่ตั้งของตำบลหนองราชวัตร อำเภอหนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี แสดงดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.14 ลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดสุพรรณบุรี
ที่มา: ข้อมูลสารสนเทศ ศูนย์ปฏิบัติการจังหวัดสุพรรณบุรี (2550)

ตำบลหนองราชวัตร ซึ่งเป็นพื้นที่วิจัย อยู่ทางตะวันออกเฉียงใต้ของอำเภอหนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่ม ความสูงโดยเฉลี่ยของพื้นที่ประมาณ 25-35 เมตร ดังภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 ลักษณะภูมิประเทศของอำเภอหนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี

ที่มา: ข้อมูลสารสนเทศ ศูนย์ปฏิบัติการจังหวัดสุพรรณบุรี (2550)

3. ลักษณะภูมิอากาศ

ศูนย์ปฏิบัติการจังหวัดสุพรรณบุรี (2550) อธิบายลักษณะภูมิอากาศของจังหวัดสุพรรณบุรี ดังนี้ จังหวัดสุพรรณบุรีมีลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดผ่านในเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้พัดผ่านในเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม นอกจากนี้ยังมีลมตะวันออกเฉียงใต้จากทะเลจีนใต้เริ่มพัดผ่านเข้ามาในช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม จากอิทธิพลของลมมรสุมดังกล่าว ทำให้เกิดฤดูกาล 3 ฤดู คือ

ฤดูฝน เริ่มจากเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม เกิดจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ เริ่มพัดเข้าถึงก้นอ่าวไทยประมาณเดือนพฤษภาคม พอถึงปลายเดือนพฤษภาคมหรือต้นเดือนมิถุนายนเป็นต้นไป

ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะพัดผ่าน ทำให้มีฝนตกมากขึ้นช่วงระหว่างเดือนสิงหาคม-ตุลาคม ช่วงที่ฝนตกน้อยคือเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ พฤษภาคมและเดือนธันวาคม

ฤดูหนาว เริ่มจากปลายเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ รวมประมาณ 4 เดือน คือตั้งแต่ปลายเดือนตุลาคมจนถึงเดือนพฤศจิกายน เป็นระยะเปลี่ยนจากฤดูฝนเป็นฤดูหนาว ระยะนี้มีฝนตกบ้างเป็นครั้งคราว แต่อุณหภูมิโดยทั่วไปในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรีมักจะไม่ลดต่ำนักเพราะอยู่ปลายลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และได้รับอิทธิพลจากทะเลในบริเวณอ่าวไทย

ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน ซึ่งเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนอบอ้าวมากที่สุด ความร้อนของอากาศนี้มีสาเหตุมาจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ และถูกปกคลุมด้วยบริเวณความกดอากาศสูง ซึ่งมีศูนย์กลางอยู่ในทะเลจีนใต้และมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก อันเป็นต้นกำเนิดของกระแสลมตะวันตกและตะวันตกเฉียงใต้ ที่พัดเข้าสู่อ่าวไทยและภาคกลาง

พื้นที่ตำบลหนองราชวัตร อำเภอหนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี มีสภาพอากาศร้อนและแห้งแล้ง มีฝนตกในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ปริมาณฝนโดยเฉลี่ยประมาณ 735 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งน้อยกว่าพื้นที่อำเภออื่น ๆ ในจังหวัดสุพรรณบุรี (องค์การบริหารส่วนตำบลหนองราชวัตร, 2552)

แหล่งน้ำ

แหล่งน้ำในจังหวัดสุพรรณบุรี จำแนกเป็นแหล่งน้ำผิวดิน และแหล่งน้ำบาดาล ดังนี้

1. แหล่งน้ำผิวดิน

แหล่งน้ำผิวดิน ประกอบด้วย แม่น้ำ ลำคลอง ลำห้วย และระบบชลประทาน

แม่น้ำ ลำคลอง และลำห้วยสายหลัก ซึ่งเป็นแหล่งน้ำผิวดินตามธรรมชาติของจังหวัดสุพรรณบุรี แสดงรายละเอียด ดังตารางที่ 2.2

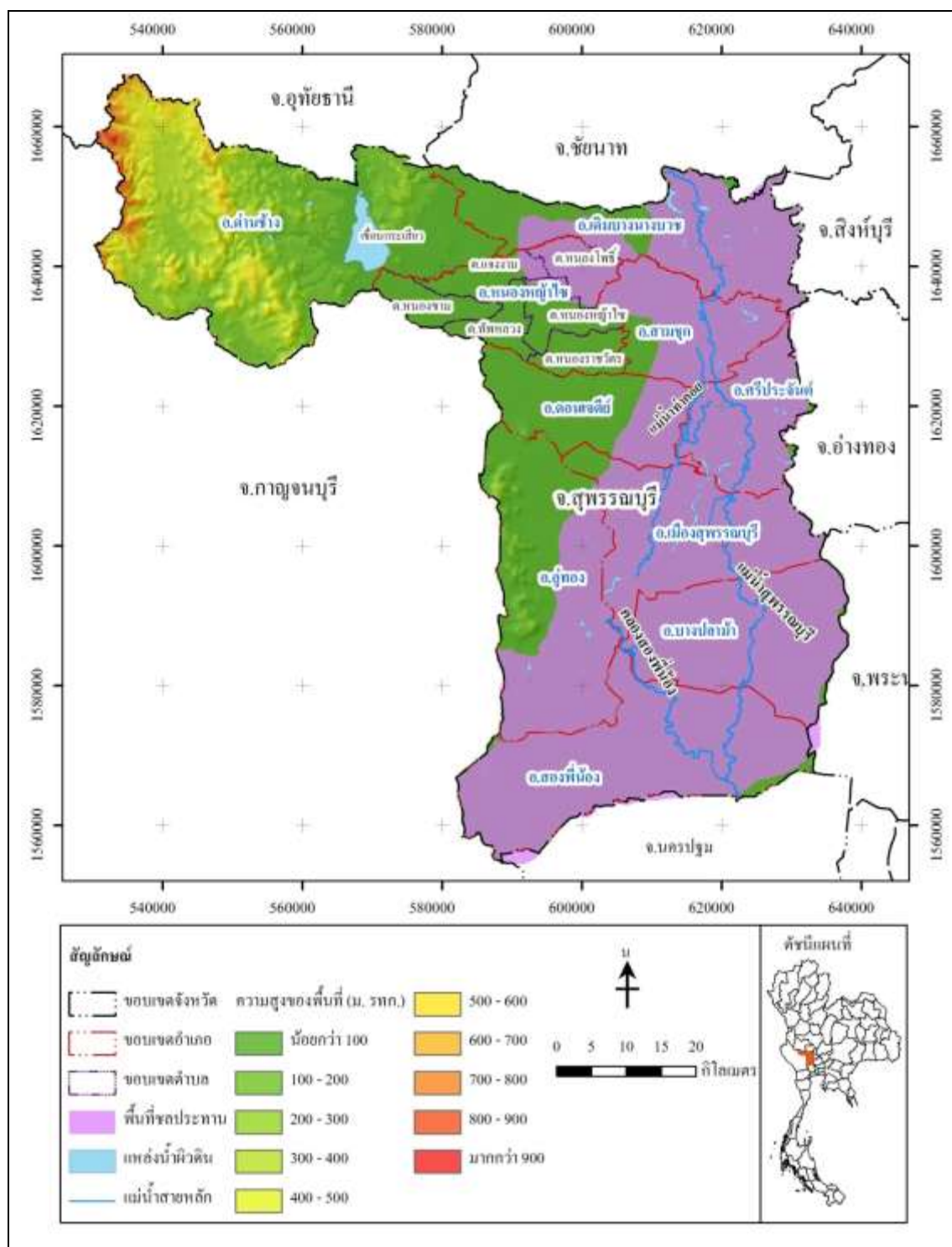
ระบบชลประทานในจังหวัดสุพรรณบุรี อยู่ในความรับผิดชอบของโครงการชลประทานสุพรรณบุรี ซึ่งมีพื้นที่ชลประทานทั้งหมด จำนวน 1,794,141 ไร่ สามารถจ่ายน้ำให้กับพื้นที่การเกษตรของจังหวัดสุพรรณบุรีได้ 1,511,259 ไร่ จากพื้นที่การเกษตรทั้งหมด 2,308,053 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 65.48 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด (โครงการชลประทานสุพรรณบุรี, 2547) ซึ่งพื้นที่ตำบลหนองราชวัตร อำเภอหนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี เป็นพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับเขตพื้นที่ชลประทานมากที่สุด แต่ไม่ได้รับการจัดสรรน้ำจากระบบชลประทาน เนื่องจากปริมาณน้ำไม่เพียงพอ แสดงถึงความแตกต่างในการเข้าถึงทรัพยากรได้อย่างชัดเจน

ตารางที่ 2.2 แหล่งน้ำผิวดินตามธรรมชาติของจังหวัดสุพรรณบุรี

แหล่งน้ำ	รายละเอียด
1. แม่น้ำสายหลัก 1 สาย คือแม่น้ำท่าจีน หรือ แม่น้ำสุพรรณบุรี	ความยาว 115 กิโลเมตร มีต้นน้ำอยู่ในอำเภอดำรงวิทยะ จังหวัดชัยนาท ไหลผ่านอำเภอดำรงวิทยะ อำเภอสองพี่น้อง และอำเภอสองพี่น้อง แล้ว ไหลลงสู่อ่าวไทยบริเวณบ้านแหลม จังหวัดสมุทรสาคร
2. ลำน้ำกระเสียว หรือห้วยกระเสียว	อยู่ในเขตพื้นที่ของอำเภอดำรงวิทยะ เกิดจากลำน้ำสายต่างๆ ที่ไหลจากตอนใต้ของอำเภอดำรงวิทยะ จังหวัดอุทัยธานี ไหลรวมกันทางด้านตะวันตกของอำเภอดำรงวิทยะกลายเป็นลำห้วยกระเสียวไหลลงสู่ตอนกลางของจังหวัดสุพรรณบุรี ผ่านที่ราบลุ่มแม่น้ำสุพรรณที่อำเภอสองพี่น้องเป็นลำน้ำที่มีน้ำไหลตลอดปี ใช้ประโยชน์เพื่อการเพาะปลูกอุปโภคและบริโภคตลอดทั้งสองฝั่ง ปัจจุบันกรมชลประทานได้สร้างเป็นอ่างเก็บน้ำ
3. ลำคลอง	คลองธรรมชาติและคลองขุด เช่น คลองท่าวัว คลองระแหง คลองสามแอก คลองดอนตาล คลองมะขามเฒ่า คลองบางแม่หม้าย คลองสองพี่น้อง คลองสาละ คลองบางยี่หวุ่น

ที่มา: ศูนย์ปฏิบัติการจังหวัดสุพรรณบุรี (2550)

แหล่งน้ำผิวดินในจังหวัดสุพรรณบุรี แสดงดังภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 แหล่งน้ำผิวดินในจังหวัดสุพรรณบุรี

ที่มา: ข้อมูลสารสนเทศ โครงการชลประทานสุพรรณบุรี (2547)

2. แหล่งน้ำบาดาล

แหล่งน้ำบาดาลในจังหวัดสุพรรณบุรี จำแนกเป็นแหล่งน้ำบาดาลในหินร่วน และแหล่งน้ำบาดาลในหินแข็ง ซึ่งกรมทรัพยากรธรณี (2543) ได้อธิบายแหล่งน้ำบาดาลในจังหวัดสุพรรณบุรีไว้ ดังนี้

2.1 น้ำบาดาลในหินร่วน

น้ำบาดาลจะถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่างหรือความพรุนของชั้นกรวด ทราย และดินเหนียว ซึ่งยังไม่จับตัวกันในสภาพของชั้นหิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่ราบลุ่มน้ำหลากของทางน้ำต่าง ๆ การสะสมตัวของชั้นกรวดทรายจะมีหลายชั้น แต่ละชั้นจะแยกกันโดยอาศัยชั้น ดินเหนียว หากบริเวณใดมีชั้นกรวดทรายหนามาก จะสามารถกักเก็บน้ำบาดาลได้มาก ทั้งนี้ การคัดขนาดของกรวดทรายที่มีขนาดเท่า ๆ กัน หรือมีความกลมมนมากจะเป็นแหล่งน้ำบาดาลได้ดี

โดยทั่วไป ชั้นกรวด ทราย และดินเหนียว ในจังหวัดสุพรรณบุรี จะมีความหนาไม่แน่นอน ในบริเวณแถบขอบแอ่งติดกับแนวเขาหรือใกล้เสียง ความหนาเฉลี่ยไม่เกิน 50 เมตร เช่น บริเวณอำเภอด่านช้าง อำเภอเดิมบางนางบวช อำเภออู่ทอง และอำเภอสองพี่น้อง ปริมาณน้ำส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ไม่เกิน 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ยกเว้นบริเวณที่ราบลุ่มน้ำหลากของทางน้ำสายสำคัญ ๆ เช่น บริเวณอำเภอเดิมบางนางบวช สามารถพัฒนาน้ำบาดาลได้ 10 – 30 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ส่วนบริเวณพื้นที่ราบลุ่มตอนกลางและตอนล่าง จะประกอบด้วยตะกอนสะสมของชั้นกรวด ทราย และดินเหนียว มีความหนาตั้งแต่ 50 เมตรขึ้นไป อาจประกอบด้วยชั้นน้ำบาดาลที่เป็นชั้นกรวด ทราย หลายชั้น ปริมาณน้ำที่อยู่ในเกณฑ์มากกว่า 10 – 30 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จะได้จากบริเวณด้านตะวันออกของแม่น้ำสุพรรณบุรี บางพื้นที่อาจได้น้ำที่มีคุณภาพกร่อยหรือเค็ม เนื่องจากบริเวณดังกล่าว เคยเป็นแนวการรุกล้ำของน้ำเค็ม และยังคงมีการสะสมตัวค้างอยู่ในชั้นน้ำ

2.2 น้ำบาดาลในหินแข็ง

น้ำบาดาลจะถูกกักเก็บในบริเวณที่เป็นช่องว่างของรอยแตก รอยแยก รอยเลื่อนในเนื้อหิน หรือบริเวณที่เป็นรอยต่อระหว่างชั้นหิน หรือพื้นที่ที่เป็นโซนของหินผุ น้ำบาดาลที่ถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่างของหินจะมากหรือน้อยเท่าใด ขึ้นกับชนิด และขนาดโครงสร้างของหินนั้น ๆ ถ้ารอยแตกของหินมีขนาดใหญ่และต่อเนื่องกัน จะมีน้ำบาดาลกักเก็บในปริมาณสูง ถ้าไม่มีรอยแตก หรือรอยแตกมีขนาดเล็กและไม่ต่อเนื่อง ปริมาณน้ำบาดาลจะน้อยหรือไม่มีเลย

น้ำบาดาลในหินแข็งของจังหวัดสุพรรณบุรี มีดังนี้

2.2.1) ชั้นน้ำชุดหินแก่งกระจาน ประกอบด้วยหินโคลน (mudstone) หินทราย และหินดินดานสีเทาถึงเทาเข้ม บางแห่งอาจมีหินปูนแทรกสลับ น้ำบาดาลพบได้จากรอยแตก รอยแยกและรอยต่อระหว่างชั้นหิน โดยทั่วไปมักจะได้อัตราปริมาณน้ำอยู่ในเกณฑ์ 2 – 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หากว่าบริเวณดังกล่าวเป็นพวกหินปูน หรือ หินปูนแทรกสลับกับหินดินดาน อาจได้อัตราถึง 5 – 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ที่ระดับความลึก 30 – 80 เมตร

2.2.2) ชั้นหินใต้น้ำชุดกาญจนบุรี ประกอบด้วยหินชั้นกึ่งหินแปร ได้แก่ หิน ควอร์ตไซต์ หินฟิลโลสไตต์ หินทราย และหินดินดานสีน้ำตาล ลักษณะเด่นของหินชุดนี้ คือ มีการคดโค้งของชั้นหิน และมีรอยแตกขนาดเล็กเกิดทั่วไปในชั้นหิน ให้น้ำบาดาลในปริมาณน้อย โดยเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ 2 – 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ที่ระดับความลึก 30 – 50 เมตร คุณภาพน้ำดี

2.2.3) ชั้นน้ำชุดหินทุ่งสง 1 ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินปูนเม็ดทราย (Argillaceous limestone) สีเทาแทรกสลับด้วยหินควอร์ตไซต์ น้ำบาดาลได้จากรอยแตก รอยแยกและรอยต่อระหว่างชั้นหิน หรือโพรงหินขนาดเล็ก ปริมาณน้ำอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ย 2 – 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ที่ระดับความลึก 30 – 50 เมตร บางแห่งอาจได้ปริมาณน้ำ 5 – 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หากเจาะถึงระดับความลึก 80 เมตร คุณภาพน้ำค่อนข้างดี อาจมีความกระด้างมากในบางพื้นที่

2.2.4) ชั้นน้ำชุดหินทุ่งสง 2 แยกออกจากหินชุดทุ่งสง 1 ด้วยลักษณะองค์ประกอบของเนื้อหินที่เป็นหินอ่อน วางตัวเป็นชั้นแผ่นสีขาว บางส่วนเป็นหินโดโลไมต์ และหินชีสต์ น้ำบาดาลจะได้จากรอยแตก รอยแยก และรอยต่อระหว่างชั้นหิน โดยทั่วไป ปริมาณน้ำอยู่ในเกณฑ์ 2 – 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ที่ระดับความลึก 20 – 30 เมตร คุณภาพน้ำค่อนข้างดี

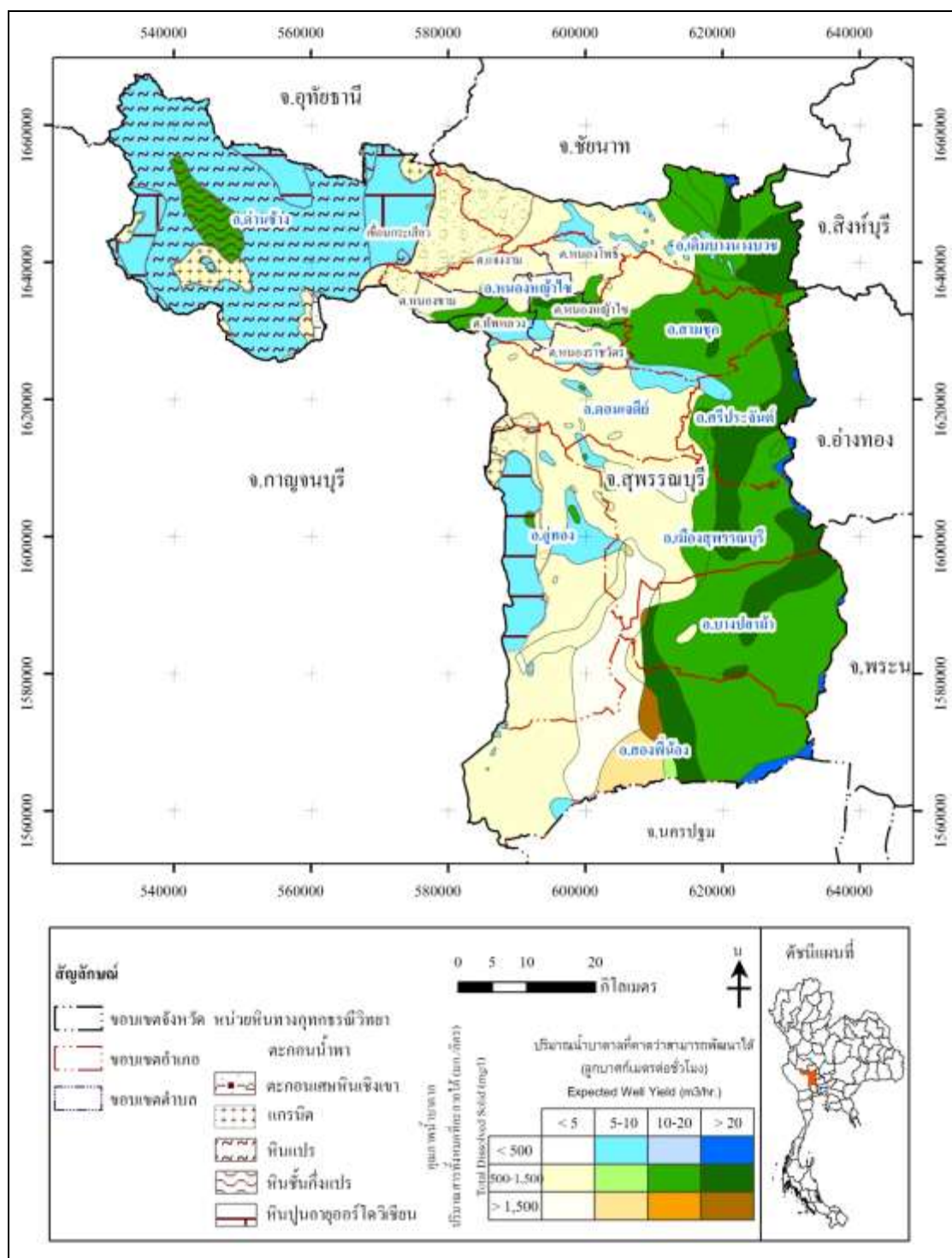
2.2.5) ชั้นน้ำชุดหินแกรนิต ประกอบด้วยหินแกรนิต ไดโอไรต์ และหินแกรโน ไดโอไรต์ น้ำบาดาลมักได้จากชั้นหินผุเป็นส่วนใหญ่ ปริมาณน้ำอยู่ในเกณฑ์น้อยกว่า 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ที่ระดับความลึก 20 – 30 เมตร

พื้นที่อำเภอนongหง้าไช มีชั้นน้ำบาดาลเป็นประเภทตะกอนน้ำพัดพา ปริมาณน้ำส่วนใหญ่ไม่น้อยกว่า 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง บางพื้นที่ให้น้ำประมาณ 5 – 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ได้แก่ พื้นที่ตอนกลางของตำบลหนองหง้าไช และตอนใต้ของตำบลแจรงาม บริเวณที่ตั้งอำเภอนongหง้าไช สามารถพัฒนาน้ำได้ 10 – 30 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ความลึกของชั้นน้ำบาดาล โดยทั่วไปไม่น้อยกว่า 50 เมตร ระดับน้ำปกติ 2 – 3 เมตร นอกจากพื้นที่ติดต่อกับอำเภอสามชูก อาจจะลึกถึง 50 – 80 เมตร คุณภาพน้ำโดยทั่วไปให้น้ำจืด มีปริมาณเกลือแร่รวมทั้งหมดน้อยกว่า 750 มิลลิกรัม/ลิตร มีปริมาณเกลือคลอไรด์น้อยกว่า 200 มิลลิกรัม/ลิตร และปริมาณความกระด้าง น้อยกว่า 500 มิลลิกรัม/ลิตร นับว่าอยู่ในเกณฑ์ดี

แหล่งน้ำบาดาลในจังหวัดสุพรรณบุรี แสดงดังภาพที่ 2.18

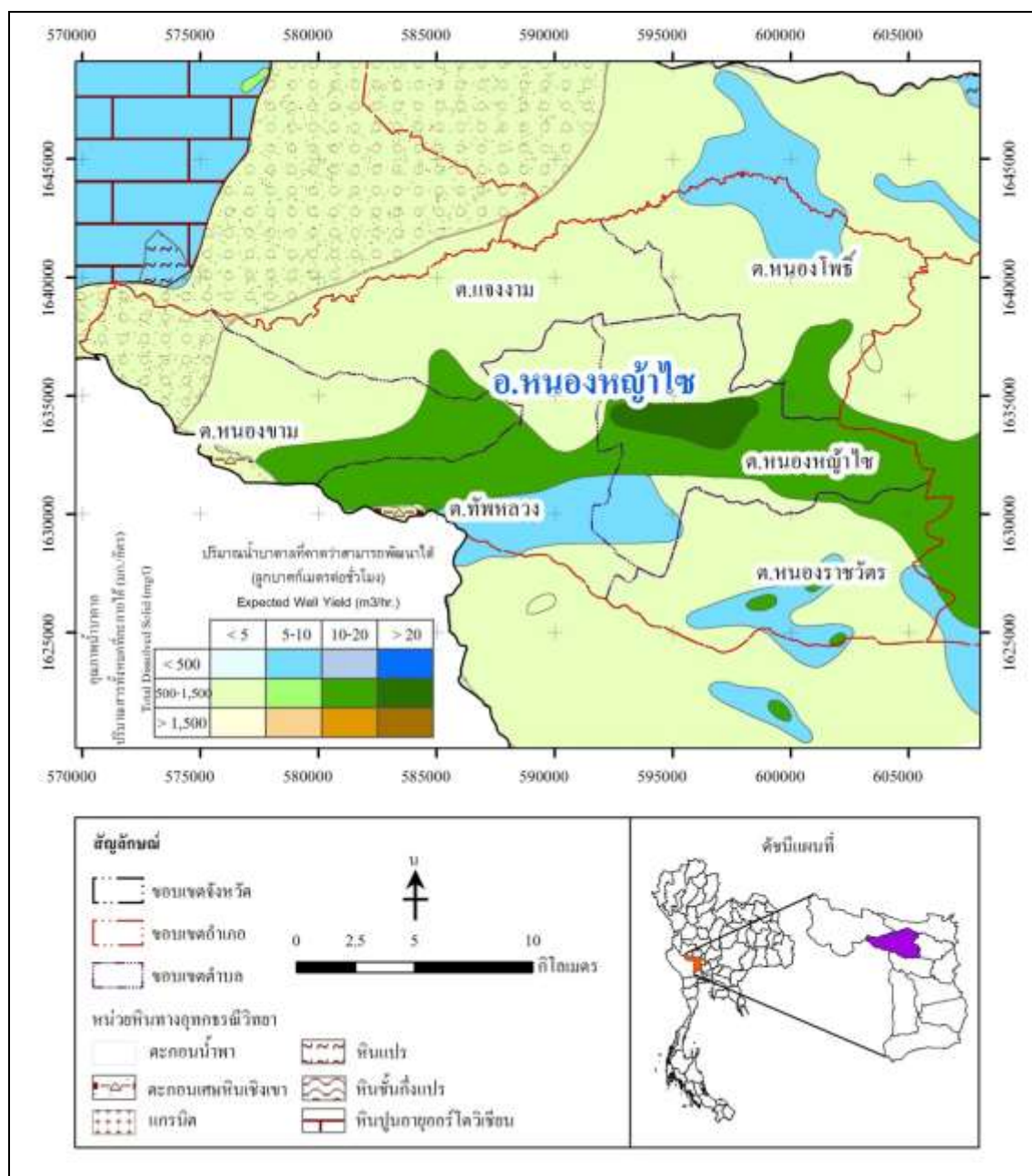
พื้นที่ตำบลหนองราชวัตร มีบ่อน้ำบาดาลระดับตื้น จำนวน 12 บ่อ มีบึงซึ่งมีน้ำตลอดปี 1 แห่ง และไม่มีระบบชลประทาน (องค์การบริหารส่วนตำบลหนองราชวัตร, 2552) แหล่งน้ำบาดาลในอำเภอนongหง้าไช แสดงดังภาพที่ 2.19

ในการวิจัยครั้งนี้ จะสำรวจบ่อน้ำบาดาลเพิ่มเติม เพื่อเก็บข้อมูลระดับน้ำบาดาล และเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลเพื่อวิเคราะห์คุณภาพ โดยวางแผนเก็บข้อมูลบ่อน้ำบาดาลในรัศมีโดยรอบพื้นที่วิจัยประมาณ 100 ตารางกิโลเมตร เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์ปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถสูบขึ้นมาใช้ได้ อย่างปลอดภัย (safe yield) และศึกษาทิศทางการไหลของน้ำบาดาล



ภาพที่ 2.18 แหล่งน้ำบาดาลในจังหวัดสุพรรณบุรี

ที่มา: ข้อมูลสารสนเทศอุทกธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี (2543)



ภาพที่ 2.19 แหล่งน้ำบาดาลในอำเภอหนองหญ้าไซ

ที่มา: ข้อมูลสารสนเทศอุทกธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี (2543)

มาตรฐานการพัฒนา น้ำบาดาล

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2551) ได้จัดทำมาตรฐานการพัฒนา น้ำบาดาล สำหรับใช้เป็นแนวทางในการพัฒนา น้ำบาดาลขึ้นมาใช้ประโยชน์ โดยก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ เพื่อให้บ่อน้ำบาดาลมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และสามารถป้องกันการปนเปื้อนชั้น น้ำบาดาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยกำหนดมาตรฐานการดำเนินงานในแต่ละด้าน ดังนี้

1. มาตรฐานด้านการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล

กำหนดมาตรฐานการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (resistivity method) ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมใช้มากที่สุดในการสำรวจแหล่งน้ำบาดาล โดยมีข้อกำหนด ดังนี้

1.1 การวางแผนสำรวจต้องสอดคล้องกับโครงสร้างทางธรณีวิทยา และลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจ โดยพิจารณาจากแผนที่น้ำบาดาลและแผนที่อุทกธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจ

1.2 กำหนดความลึกในการสำรวจและปริมาณจุดสำรวจให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการสำรวจ

1.3 การจัดวางหลักขั้วไฟฟ้าและเทคนิคการสำรวจ ต้องมีความสอดคล้องกับความแตกต่างของค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของชั้นดิน ชั้นหินใต้ผิวดินในพื้นที่สำรวจ

1.4 ต้องศึกษาทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในพื้นที่สำรวจควบคู่กันไปด้วย เพื่อประโยชน์ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำบาดาล หรือการเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อน

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ดำเนินการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะก่อนการเจาะน้ำบาดาล เพื่อศึกษาความแตกต่างของชั้นดิน ชั้นหินที่อยู่ใต้ ผิวดินของพื้นที่วิจัย และนำค่าที่ได้จากการสำรวจธรณีฟิสิกส์มาประกอบกับผลการวิเคราะห์ชั้นดิน ชั้นหินที่ได้จากการเจาะน้ำบาดาล เพื่อให้ทราบความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ เป็นประโยชน์ต่อการคำนวณปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถสูบน้ำมาใช้ได้อย่างปลอดภัย (safe yield)

มาตรฐานด้านการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาล (พบพร เศรษฐพฤกษา, 2556)

แหล่งน้ำบาดาล หมายถึง บริเวณที่มีชั้นน้ำที่มีปริมาณน้ำมาก และอัตราการให้น้ำสูง การประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาล พิจารณาจากปริมาณน้ำต้นทุนในแอ่งน้ำบาดาล

แอ่งน้ำบาดาล หมายถึง แอ่งตะกอนที่มีชั้นตะกอนอุ้มน้ำ หรือกลุ่มของหินอุ้มน้ำ มีอาณาเขตหรือขอบเขตที่แน่นอน ซึ่งเกิดจากการปิดกั้นโดยลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ เช่น ชั้นหินกั้นน้ำ โครงสร้างทางธรณีวิทยา

ปริมาณน้ำต้นทุน หมายถึง ปริมาณน้ำในแอ่งน้ำบาดาลในขณะปัจจุบัน หรือในขณะเริ่มต้นการประเมินปริมาณน้ำต้นทุนของแอ่งน้ำบาดาล เป็นส่วนสำคัญของการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาล โดยใช้หลักสมดุลน้ำ เมื่อกำหนดช่วงเวลาให้คงที่ ที่ Δt ดังสมการสมดุลน้ำ

$$V_{in} - V_{out} - V_{ab} = S_t + \Delta t - S_t$$

โดยที่	V_{in}	คือ	ปริมาณน้ำที่เพิ่มเติมเข้าสู่แอ่งน้ำบาดาล
	V_{out}	คือ	ปริมาณน้ำที่ออกจากแอ่งน้ำบาดาลตามธรรมชาติ
	V_{ab}	คือ	ศักยภาพของแอ่งน้ำบาดาล
	$S_t + \Delta t$	คือ	ปริมาณน้ำที่เวลา Δt นับจากปัจจุบัน หรือเวลาที่เริ่มต้นถือเอาเกณฑ์ safe yield เป็นหลัก

S_t คือ ปริมาณน้ำต้นทุน

นอกจากประเมินปริมาณน้ำต้นทุนแล้ว การประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลต้องคำนวณปริมาณน้ำไหลเติมสู่ชั้นน้ำบาดาล ซึ่งตามกระบวนการธรรมชาติ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีจะมีอิทธิพลสูงสุดในการเติมน้ำสู่ชั้นน้ำบาดาล โดยมีตัวแปรสำคัญ คือ ความเข้มของฝน และช่วงระยะเวลาการตกของฝน

ปริมาณน้ำไหลเติมสู่ชั้นน้ำบาดาล กำหนดให้เป็นปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถสูบขึ้นมาใช้ได้อย่างปลอดภัย (safe yield) ซึ่งเป็นมาตรฐานที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้

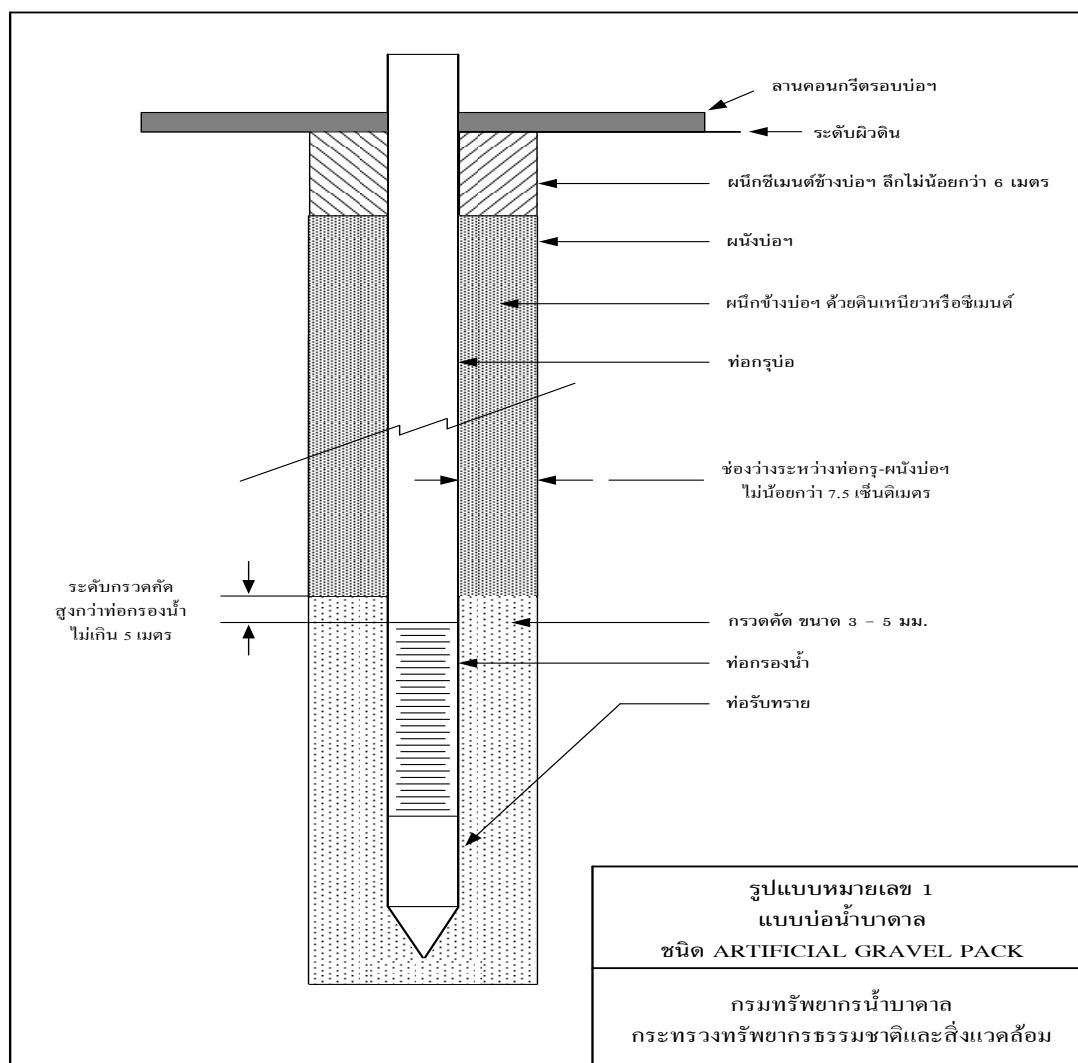
1. มาตรฐานด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

ประกอบด้วยการกำหนดมาตรฐานในการเจาะน้ำบาดาล การออกแบบและก่อสร้าง บ่อน้ำบาดาล การสูบทดสอบปริมาณน้ำ และการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาล โดยมีมาตรฐานการดำเนินงานในแต่ละด้าน ดังนี้

1.1) การเจาะน้ำบาดาล ต้องสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะเพื่อวิเคราะห์ลักษณะของชั้นดิน ชั้นหิน โครงสร้างทางธรณีวิทยา และกำหนดจุดเจาะน้ำบาดาล ซึ่งบ่อที่เจาะต้องอยู่ในแนวตั้ง บนพื้นที่ที่แข็งแรงเพื่อไม่ให้บ่อเอียง โดยเก็บตัวอย่างชั้นดินและหินในขณะเจาะทุก ๆ ความลึก 1 เมตร

1.2) การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล อาศัยข้อมูลจากการยังธรณีหลุมเจาะ ประกอบกับการวิเคราะห์ชั้นดิน ชั้นหิน ที่ได้จากการเจาะ ในการกำหนดระยะความลึกของท่อกรุ มาตรฐานการก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลกำหนดให้ระยะห่างระหว่างท่อกรุกับผนังบ่อไม่น้อยกว่า 7.5 เซนติเมตร เหนือคอนกรีตรอบบ่อ ขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 2 เมตรหนา 15 เซนติเมตร และผนังข้างบ่อไม่น้อยกว่า 6 เมตร สำหรับบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่วิจัย เป็นบ่อน้ำบาดาลในชั้นหินร่วน การสร้างบ่อจะต้องกรุกรวดรอบ ๆ บ่อ ในช่วงที่เป็นชั้นน้ำบาดาล ลักษณะดังภาพที่ 2.20

บ่อน้ำบาดาลที่ได้มาตรฐานต้องมีความคงทน แข็งแรง ถาวร มีอายุการใช้งานนาน ใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ได้มาตรฐาน ไม่คดหรือเอียง มีการวางท่อกรองได้ตรงตามตำแหน่งชั้นน้ำที่ได้ออกแบบไว้ และสามารถป้องกันน้ำจากภายนอก หรือน้ำจากชั้นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ไหลเข้าไปปนเปื้อนในชั้นน้ำบาดาล ใช้เป็นมาตรฐานในการก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล



ภาพที่ 2.20 แบบมาตรฐานการก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลชนิดกรวด

ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2551)

1.3 การสุบทดสอบปริมาณน้ำ เป็นขั้นตอนที่ช่วยให้ทราบปริมาณน้ำที่สามารถสูบขึ้นมาใช้ได้ ข้อมูลที่ได้จากการสุบทดสอบปริมาณน้ำ สามารถนำไปใช้ในการคำนวณค่าคุณสมบัติทางศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำ เพื่อใช้วิเคราะห์ปริมาณน้ำกักเก็บ และปริมาณน้ำไหลเต็มสู่ชั้นน้ำบาดาล และใช้เป็นข้อมูลในการเลือกเครื่องสูบน้ำที่ติดตั้งประจำบ่อได้อย่างเหมาะสม

การสุบทดสอบปริมาณน้ำ ตามมาตรฐานมี 2 วิธี คือ การสุบทดสอบเพื่อทราบปริมาณน้ำและประสิทธิภาพของบ่อน้ำบาดาล (well test) และการสุบทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำ (aquifer test) อธิบายดังนี้

การสุบทดสอบเพื่อทราบปริมาณน้ำ และประสิทธิภาพของบ่อน้ำบาดาล (well test) สามารถดำเนินการได้ 2 วิธี คือ

(1) การสุบทดสอบแบบอัตราคงที่ต่อเนื่องระยะสั้น (constant rate test) อย่างน้อยไม่ต่ำกว่า 6 ชั่วโมง หรือสุบจนกว่าระดับน้ำคงที่ต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง

(2) การสุบทดสอบแบบปรับอัตราการสุบ (step – drawdown test) ไม่น้อยกว่า 3 ชั้น ๆ ละ 4 ชั่วโมง ใช้กับบ่อที่มีปริมาณน้ำไม่น้อยกว่า 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

การสุบทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำ (aquifer test) เป็นการสุบทดสอบในอัตราคงที่ มีบ่อสังเกตการณ์ไม่น้อยกว่า 1 บ่อ และสุบทดสอบต่อเนื่อง 24 - 72 ชั่วโมง หรือจนกว่าระดับน้ำในบ่อสังเกตการณ์ไม่ลดลงอีกต่อไป

ในการวิจัยจะดำเนินการสุบทดสอบแบบปรับอัตราการสุบ (step – drawdown test) และสุบทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำ (aquifer test) โดยบันทึกอัตราสุบและระดับน้ำลดในบ่อน้ำบาดาลตามช่วงเวลาในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ช่วงเวลาที่ต้องบันทึกอัตราสุบและระดับน้ำลดในบ่อน้ำบาดาล

บ่อสุบทดสอบ		บ่อสังเกตการณ์	
ช่วงเวลาหลังจากเริ่มสุบ (นาท)	ความถี่ที่ต้องวัดระดับน้ำ (นาท)	ช่วงเวลาหลังจากเริ่มสุบ (นาท)	ความถี่ที่ต้องวัดระดับน้ำ (นาท)
0 - 10	0.5 - 1	0 - 60	2
10 - 15	1	60 - 120	5
15 - 60	5	120 - 240	10
60 - 300	30	240 - 360	30
300 - 1,440	60	360 - 1,440	60
1,440 หยุดสุบ	480	1,440 หยุดสุบ	480

ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2551)

1.4 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาล แบ่งเป็นการตรวจวัดในภาคสนาม และการตรวจวัดในห้องปฏิบัติการ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ ใช้การตรวจวัดคุณภาพน้ำบาดาลในภาคสนาม ได้แก่ ค่าความนำไฟฟ้า (electrical conductivity, Ec) ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) และอุณหภูมิ ซึ่งควรตรวจวัดในสนามทันทีเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำตัวอย่าง

การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

อุกฤษฏ์ พงษ์วานิชอนันต์ (2552) ได้การศึกษาต้นทุน และผลตอบแทนการผลิตอ้อยโรงงาน ผลการศึกษาข้อมูลด้านต้นทุน และรายได้จากการผลิตอ้อยรวมทั้งปีพบว่า ต้นทุนการเพาะปลูกอ้อย เฉลี่ยต่อไร่ของเกษตรกรรายใหญ่มีต้นทุนผันแปรรวมเฉลี่ย 3,527 บาทต่อไร่ ต้นทุนคงที่รวมเฉลี่ย 1,147 บาทต่อไร่ และต้นทุนรวมต่อไร่เฉลี่ย 4,674 บาทต่อไร่ ต้นทุนการปลูกอ้อยเฉลี่ยต่อไร่ของเกษตรกรรายเล็กมีต้นทุนผันแปรรวมเฉลี่ย 4,625 บาทต่อไร่ ต้นทุนคงที่รวมเฉลี่ย 477 บาทต่อไร่ และต้นทุนรวมต่อไร่เฉลี่ย 5,003 บาทต่อไร่ โดยเกษตรกรรายเล็กจะมีต้นทุนผันแปรรวมเฉลี่ยต่อไร่ มากกว่าเกษตรกรรายใหญ่ เนื่องจาก

ค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน และค่าขนส่งมีอัตราสูง แต่เกษตรกรรายใหญ่จะมีต้นทุนคงที่มากกว่าเกษตรกรรายเล็ก เนื่องจากมีค่าเสื่อมราคาเครื่องมือ และเครื่องจักรในอัตราสูงกว่า เกษตรกรรายใหญ่มีรายได้เฉลี่ยเท่ากับ 6,203 บาทต่อไร่ เกษตรกรรายเล็กมีรายได้เฉลี่ยเท่ากับ 5,714 บาทต่อไร่ ทั้งนี้จากการศึกษาผลตอบแทนการผลิตอ้อยโรงงานของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรรายใหญ่มีกำไรเฉลี่ยเท่ากับ 1,529 บาทต่อไร่ และเกษตรกรรายเล็กมีกำไรเฉลี่ย เท่ากับ 611 บาทต่อไร่

Rowe, D. B., *et al.* (2001) ได้รายงานผลวิจัยเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบชลประทานแบบ น้ำท่วม (flooding) กับระบบชลประทานแบบจ่ายน้ำใต้ดินเฉพาะที่ (sub-surface irrigation system) โดยทดลองในแปลงอัลฟัลฟา (alfalfa) ผลการทดลองพบว่า อัลฟัลฟาที่ใช้ระบบชลประทานแบบจ่ายน้ำใต้ดินเฉพาะที่ให้ผลผลิตในรูปน้ำหนักสดเท่ากับ 1,201 ปอนด์ต่อเอเคอร์ ส่วนระบบชลประทานแบบน้ำท่วมให้ผลผลิต 879 ปอนด์ต่อเอเคอร์

Savi, T., *et al.* (2013) ได้รายงานผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบชลประทานแบบจ่ายน้ำใต้ดินเฉพาะที่กับระบบชลประทานแบบร่องคู (furrow) โดยทดลองกับฝ้าย พบว่าระบบชลประทานแบบจ่ายน้ำใต้ดินเฉพาะที่มีประสิทธิภาพการใช้น้ำมากกว่าระบบชลประทานแบบร่องคู และยังมีผลดีต่อการลดผลกระทบต่องี๊แล้งและอนุรักษ์ความชื้นในดิน

Schroll, E., *et al.* (2011) ได้รายงานผลการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบระบบชลประทานแบบร่องคูกับระบบชลประทานแบบจ่ายน้ำใต้ดินเฉพาะที่ในด้านการคายระเหยน้ำ (evapotranspiration) ของข้าวโพด ในประเทศอียิปต์ ผลการทดลองพบว่า ระบบชลประทานแบบจ่ายน้ำใต้ดินเฉพาะที่มีค่าการคายระเหยที่ระดับร้อยละ 60 หรือมีค่าเท่ากับ 352 มิลลิเมตร ส่วนระบบชลประทานแบบร่องคูมีค่าการคายระเหยที่ระดับ ร้อยละ 100 หรือมีค่าเท่ากับ 474.4 มิลลิเมตร

Voyde, E., *et al.* (2010) ได้ศึกษาระบบการให้น้ำแก่พืชในบริเวณพื้นที่ราบขนาดใหญ่ โดยการศึกษาในครั้งนี้ ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบการให้น้ำและชนิดพืชที่มีความแตกต่างกัน โดยพืชที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ได้แก่ ข้าวโพด ฝ้าย ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี ถั่วเหลืองและทานตะวัน ส่วนระบบการให้น้ำ ประกอบไปด้วย ระบบการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ชนิดหัวจ่ายน้ำแบบสเปรย์ และชนิดหัวจ่ายน้ำแบบ limited pressure application เปรียบเทียบกับระบบการให้น้ำแบบจ่ายน้ำใต้ดินเฉพาะที่ โดยเลือกพื้นที่เมืองฮาล์ฟเวย์และบุชแลนด์ ในการเปรียบเทียบระบบการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ชนิดหัวจ่ายน้ำแบบสเปรย์เปรียบเทียบกับระบบการให้น้ำแบบจ่ายน้ำใต้ดินเฉพาะที่ ส่วนการเปรียบเทียบระบบการให้น้ำแบบฉีดฝอยแบบ limited pressure application กับระบบการให้น้ำแบบจ่ายน้ำใต้ดินเฉพาะที่ ทำการวิจัยในบริเวณเมืองคอลบี ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยในการเปรียบเทียบระบบการให้น้ำดังกล่าวนี้ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืชทดลองและผลผลิตที่ได้จากการให้น้ำในแต่ละระบบ ซึ่งผลการทดลองพบว่าระบบการให้น้ำแบบจ่ายน้ำใต้ดินเฉพาะที่มีประสิทธิภาพในการให้น้ำแก่พืชและเพิ่มผลผลิตพืชทุกชนิดที่ศึกษาได้มากกว่าระบบการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์แบบ limited pressure application และระบบการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ชนิดหัวจ่ายน้ำแบบสเปรย์

Whittinghill, L. J. and Rowe, D.B. (2012) ได้ศึกษาระบบชลประทาน เพื่อการระบายน้ำในระบบการเกษตร ในพื้นที่ดินเหนียวและแห้งแล้ง ในเขตมลรัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกาเพื่อหาแนวทางในการใช้ระบบชลประทานเพื่อระบายน้ำที่มีต้นทุนต่ำที่สุดและมีความสามารถในการระบายน้ำที่มีสารเคมีเกษตรที่ตกค้างในแปลงเกษตรกรรมได้ดี โดยที่ถ้ามีการระบายน้ำออกมากเกินไปก็จะส่งผลต่อการสูญเสียธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชที่จะถูกเคลื่อนย้ายออกไปด้วย ในขณะเดียวกัน การที่มีธาตุอาหารพืชในน้ำที่ถูกระบายออกไปมากก็อาจจะเกิดปัญหาการสะสมของธาตุอาหารเหล่านี้และมีผลทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (eutrophication) ขึ้น ซึ่งจะทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลง ส่งผลเสียต่อสัตว์และพืชในแหล่งน้ำเนื่องจากปรากฏการณ์ดังกล่าว ซึ่งจากการศึกษาของ Fausey (2004) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำ 3 ระบบ ได้แก่ ระบบระบายแบบควบคุมการระบายน้ำ ระบบระบายน้ำที่ไม่มีการควบคุมการระบายน้ำ และระบบระบายน้ำใต้ดิน พบว่า ระบบการระบายน้ำแบบควบคุมการระบายน้ำมีปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารที่สำคัญออกจากพื้นที่การเกษตรน้อยที่สุด เพราะมีการระบายน้ำได้ดี รองลงมาคือระบบระบายน้ำใต้ดินและระบบระบายน้ำที่ไม่มีการควบคุมการระบายน้ำตามลำดับ

Sakellariou *et al.* (2013) ได้ทดลองเพื่อเปรียบเทียบระบบชลประทานแบบร่องคูและระบบชลประทานแบบจ่ายน้ำใต้ดินเฉพาะที่ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตชูการ์บีท (sugar beet) โดยในแต่ละระบบให้ปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน 2 ระดับ คือให้น้ำร้อยละ 100 และร้อยละ 80 ของศักยภาพคายระเหยน้ำของพืช และแบ่งแปลงทดลองออกเป็น 4 แปลง โดยการใช้ระบบร่องคูจะให้น้ำแต่ละแปลงโดยติดตั้งหัวจ่ายน้ำในแปลงที่ 1, 2, 3 และ 4 ส่วนระบบชลประทานแบบจ่ายน้ำใต้ดินเฉพาะที่จะแบ่งแปลงทดลอง ออกเป็น 4 แปลง โดยแต่ละแปลงจะฝังหัวจ่ายน้ำลึกลงไปใต้ดิน 0.45 เมตร แล้ววัดความชื้นของดินในแต่ละแปลงที่ระดับความลึก 0.75 เมตร ซึ่งจากการทดลองพบว่าระบบชลประทานแบบจ่ายน้ำใต้ดินเฉพาะที่ให้ผลผลิตของชูการ์บีทมากกว่าระบบชลประทานแบบร่องคู และนอกจากนั้น ระบบชลประทานแบบจ่ายน้ำใต้ดินเฉพาะที่ยังให้ปริมาณเป็นร้อยละของน้ำตาลต่อหัวมากกว่าระบบชลประทานแบบร่องคูด้วย

นุชจรินทร์ พึ่งพา และ อรรถสิทธิ์ บุญธรรม (2555) ศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตของอ้อยทำการศึกษาในอ้อยปลูกปี 2552 โดยวางแผนการทดลองแบบ $3 \times 4 + 1$ Factorial in RCB 4 ซ้ำ ประกอบด้วยปัจจัยที่ 1 คือ ปริมาณน้ำ 3 ระดับ ประกอบด้วย 1) 8 ลบ.ม./ไร่/ครั้ง 2) 16 ลบ.ม./ไร่/ครั้ง 3) 24 ลบ.ม./ไร่/ครั้ง ปัจจัยที่ 2 คือ ระยะการเจริญเติบโตของอ้อย ประกอบด้วย 1) ระยะตั้งตัว (ปลูก- อ้อยอายุ 45 วัน) 2) ระยะแตกกอ (อ้อยอายุ 2-4 เดือน) 3) ระยะย่างปล้อง (อ้อยอายุ 4 เดือน - 45 วันก่อนเก็บเกี่ยว) 4) ให้น้ำตลอดอายุการเจริญเติบโต เปรียบเทียบกับอ้อยที่ไม่ให้น้ำ ทำการศึกษาที่ ไร่บริษัทอุตสาหกรรมน้ำตาลบ้านไร่ บ้านหนองแกตาเรือง อ.เนินขาม จ.ชัยนาท ผลการทดลองพบว่า ที่ระยะตั้งตัวการให้น้ำที่อัตรา 8, 16 และ 24 ลบ.ม. อ้อยมีเปอร์เซ็นต์การงอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในสภาพพื้นที่ที่มีแหล่งน้ำจำกัดการให้น้ำเสริมในระยะตั้งตัว (ปลูก-อ้อยอายุ 45 วัน) ครั้งละ 8 ลบ.ม./ไร่/ครั้ง เป็นปริมาณที่เพียงพอต่อการงอกของอ้อย ที่ระยะแตกกอ (อ้อยอายุ 2-4 เดือน) การให้น้ำที่อัตรา 16 และ 24 ลบ.ม. มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและขนาดลำไม่แตกต่างกัน ดังนั้นควรให้น้ำเสริมครั้งละ 16 ลบ.ม./ไร่/ครั้ง ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของอ้อย ใน

ระยะอย่างปล้อง เป็นระยะที่อ้อยมีการเจริญเติบโตรวดเร็วอ้อยมีความต้องการน้ำมากจึงต้องให้น้ำเสริมมากกว่าระยะการเจริญเติบโตอื่น คือ ให้น้ำเสริมครั้งละ 24 ลบ.ม./ไร่/ครั้ง เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยพบว่า การให้น้ำเสริมในระยะอย่างปล้องมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตอ้อยมากที่สุด คือ 13.55 ตัน/ไร่ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ

ยุทธนา พันธุ์กมลศิลป์และ เอกสิทธิ์ โขสิตสกุลชัย (2555) ระยุดต์ทฤษฎีพืชซีเซตเพื่อหาการใช้ น้ำของพืช โดยใช้เกณฑ์แบบฟัซซี่ในการพัฒนาแบบจำลองสำหรับหาปริมาณการใช้ น้ำของอ้อยในโครงการชลประทานสองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี ทั้งนี้ได้เลือกใช้ข้อมูล อุณหภูมิอากาศ อายุของพืชในช่วงการเจริญเติบโตต่าง ๆ และ ความยาวนานของแสงอาทิตย์ในรอบวัน เป็นปัจจัยในการประเมิน ผลลัพธ์ของแบบจำลองได้นำมาเปรียบเทียบและตรวจสอบกับผลการคำนวณการใช้ น้ำของพืชโดยวิธี Penman-Monteith ซึ่งทั้งสองวิธีให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ แบบจำลองยังสามารถหาการใช้ น้ำของพืชรายวันจากข้อมูลเฉลี่ยรายเดือน โดยให้ผลการคำนวณใกล้เคียงกับกรณีที่มีข้อมูลรายวันครบถ้วน

Arbat, G., *et al.* (2013) ได้ศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคของวิธีการคำนวณแบบอ่อน (soft computing) ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ แบบจำลองฟัซซี่ ลอจิก (Fuzzy Logic) โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) และ เจเนติก อัลกอริทึม (Genetic Algorithms) โดยนำหลักการทั้ง 3 วิธีมาผสมผสานกัน เพื่อได้แบบจำลอง Hybrid ที่มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น ในการนี้ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง Hybrid เพื่อการพยากรณ์ระดับน้ำสูงสุดที่สะพานนารัฐ(P1) อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ โดยทำการศึกษาระบบน้ำท่วมใหญ่ตัวเมืองเชียงใหม่ปี 2005 การศึกษาในครั้งนี้ได้ประเมินค่าความถูกต้องของแบบจำลองโดยค่าทางสถิติคือ ตัววัดประสิทธิภาพ (Efficiency Index, EI) และค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root mean square error, RMSE) ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองประเภท Hybrid มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ (EI) มากกว่า 95 % และให้ RMSE เท่ากับ 0.134 m. เมื่อนำผลการพยากรณ์ไปเปรียบเทียบกับแบบจำลอง Neuro – Genetic และแบบจำลอง ANFIS พบว่าแบบจำลอง Hybrid ให้ผลการพยากรณ์ที่ดีกว่า และสามารถพยากรณ์ระดับน้ำล่วงหน้าได้ 12 ชั่วโมง

Patil, P and Desai, B. L. (2013) ได้ศึกษาการใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการใช้ประโยชน์ในภาคการเกษตรกรรม โดยการพัฒนาโมเดลที่มีการตรวจสอบผลได้อย่างแม่นยำ โดยอาศัยการทำงานของระบบฟัซซี่ลอจิกในการควบคุมไวเลสเซนเซอร์ในการตรวจวัดในภาคการเกษตร โดยการวิเคราะห์ความชื้นในดินในแปลงทดลองเพื่อให้น้ำกับพืชในแปลงทดลอง โดยการสั่งการให้เปิดปิดการให้น้ำของปั๊มน้ำจากระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการประสานงานกับเซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดินที่ส่งข้อมูลระบบความชื้นในดินมายังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อประมวลผลการเปิดปิดปั๊มน้ำได้อย่างเหมาะสม ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำที่ใกล้เคียงกับความต้องการใช้น้ำของพืชมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีการใช้เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิของอากาศเพื่อรายงานค่าการคายระเหยของพืช เพื่อสั่งให้มีการเปิดปิดน้ำอีกระบบหนึ่ง

Shekofteh, H. *et al.* (2012) ทำการศึกษาการให้ปุ๋ยไนโตรเจนผ่านระบบชลประทานแบบใหม่แทนแบบดั้งเดิมที่ใช้กันอยู่ เพื่อลดปัญหาการชะล้างปุ๋ยไนโตรเจนที่เหลือจากการใช้ของพืชลงสู่แหล่งน้ำ

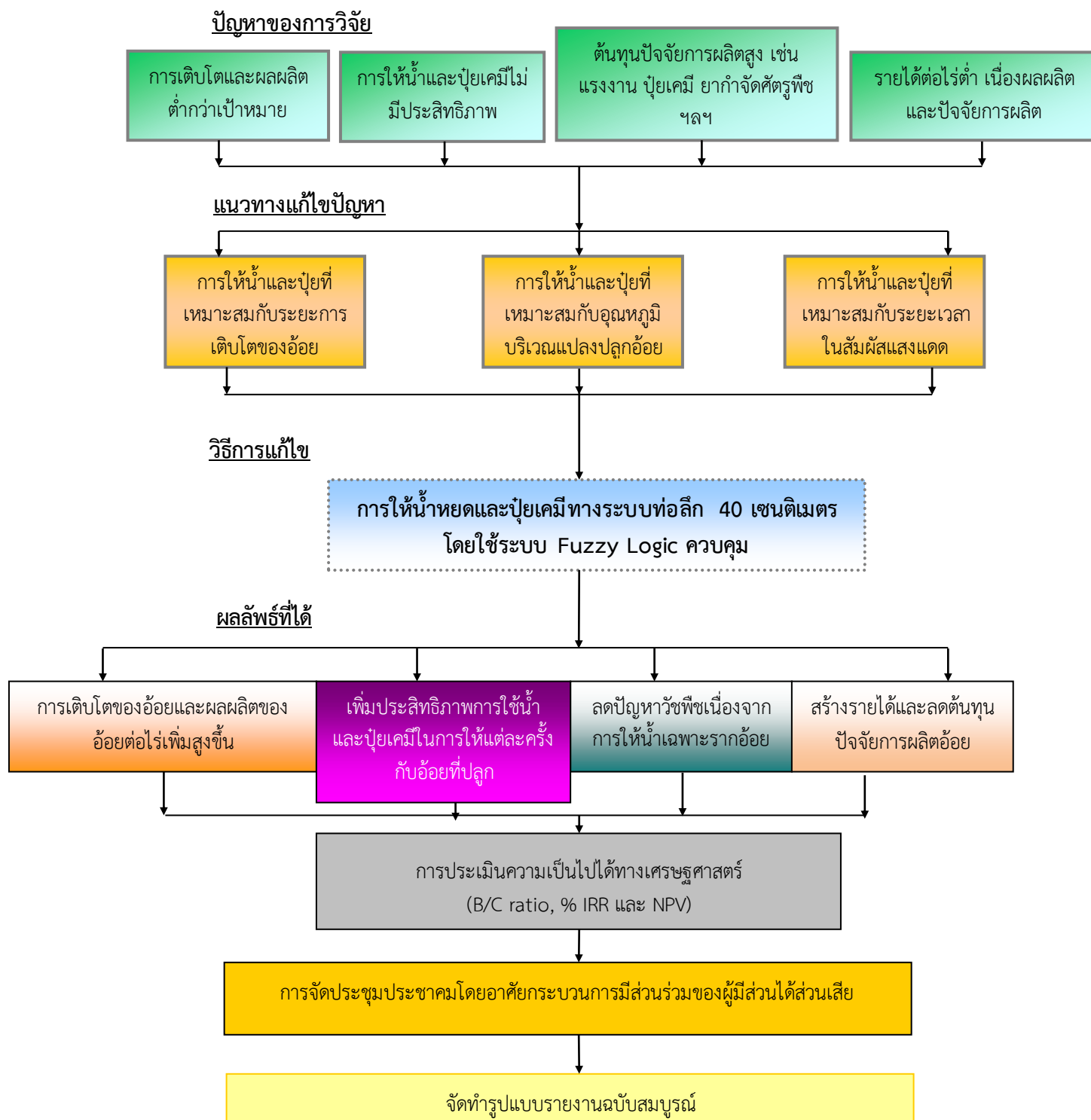
ตามธรรมชาติ เกิดเป็นมลพิษทางน้ำตามมา ซึ่งการศึกษานี้จะมุ่งลดปัญหาการปนเปื้อนของปุ๋ยไนโตรเจนที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ของพืช และเพื่อประสิทธิภาพการให้น้ำและปุ๋ยไนโตรเจนแก่พืช โดยการใช้ระบบชลประทานทางเลือกคือ การชลประทานแบบหยดรวมกับการให้ปุ๋ยไนโตรเจนทางระบบท่อ (Fertigation) โดยใช้ระบบฟอสฟอริกเข้ามาช่วยในการตัดสินใจในการให้น้ำและปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่งผลการศึกษาพบว่า พืชมีประสิทธิภาพการใช้น้ำและปุ๋ยไนโตรเจนสูงขึ้น เมื่อเทียบกับการใช้วิธีดั้งเดิม อีกทั้งยังลดการปนเปื้อนปุ๋ยไนโตรเจนในแหล่งน้ำได้เป็นอย่างดี

Grab,Y. and Friedlander, S. (2014) ทำการศึกษาการใช้เกณฑ์ตัดสินใจหลายระดับเพื่อใช้ในการตัดสินใจ โดยการรวมเกณฑ์การตัดสินใจในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยเรียกว่าระบบฟอสฟอริก เพื่อใช้ประโยชน์ในการช่วยตัดสินใจปัญหาหรือการดำเนินงานที่มีความซับซ้อน โดยใช้การระบบฟอสฟอริก ที่ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ความคล้ายของปัญหา (SA) และการตัดสินใจ (DA) ซึ่งเรียกว่าระบบ MCDM และพัฒนาขึ้นมาใช้ในโครงการ Sri Ram Sagar Project ในประเทศอินเดีย เพื่อประโยชน์ในการควบคุมการจ่ายน้ำแก่แปลงพืชในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งได้ผลดีเป็นอย่างยิ่ง

สมมติฐานการวิจัย

ระบบการให้น้ำหยดและปุ๋ยชีวภัณฑ์ท่อเป็นระบบการให้น้ำที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency) ประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ย (fertilizer use efficiency) ของอ้อยและเพิ่มผลผลิตอ้อย ลดปัญหาวัชพืช โดยอาศัยระบบฟอสฟอริกในการควบคุม โดยพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างระยะการเติบโตของอ้อย อุณหภูมิและระยะเวลาในการได้รับแสงแดดในแต่ละวันรวมถึงผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในอ้อยมากกว่าวิธีการปลูกเดิม

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 2.21 กรอบแนวคิดในการวิจัย