

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศกับการออกแบบและวางแผนระบบการให้น้ำ ในสวนทุเรียนที่เหมาะสม

จารุวรรณ บุญเยี่ยม¹, อทินญา อะช่วยรัมย์¹, กษิตศ พรหมเพราะ¹, วชิรธร จันทร์ชมภู^{1*} และ
วิชรีณี สวัสดิ์²

Utilization of Geo-Technology in the Formulation and Design of an Optimal Irrigation System for Durian Farm

Jaruwan Boonyam¹, Atinya Achayram¹, Kasidid Promproh¹, Wachirathorn Janchomphu^{1*} and
Vicharinee Sawadee²

¹ Department of Digital Agricultural Businesses, Faculty of Social Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok,
Chanthaburi campus, Chanthaburi, 22210

² Department of Information Technology, Faculty of Social Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok,
Chanthaburi campus, Chanthaburi, 22210

* Corresponding author: Wachirathorn_ja@rmutto.ac.th

Received: March 5, 2024; Revised: May 21, 2024; Accepted: May 23, 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาและวางแผนการจัดการน้ำในแปลงปลูกทุเรียนเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพของการให้น้ำ โดยใช้ข้อมูลทางภูมิศาสตร์จากภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อวิเคราะห์พื้นที่และวางแผนระบบน้ำที่เหมาะสม ผลลัพธ์ของการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการวางแผนระบบน้ำสำหรับแปลงปลูกทุเรียนขนาดใหญ่สามารถทำได้ด้วยการใช้โปรแกรม QGIS ในการวางแผนการให้น้ำ การคำนวณการสูญเสียแรงดันของระบบสูบน้ำและการเลือกใช้ท่อที่เหมาะสม เช่น ท่อน้ำหลักขนาด 3 นิ้ว และท่อน้ำรองขนาด 2 นิ้ว เพื่อรักษาความเร็วของน้ำในท่อ และการใช้เครื่องสูบน้ำขนาด 3 แรงม้า มีต้นทุนทั้งระบบราคาประมาณ 47,550 บาท โดยรวมถึงค่าเครื่องสูบน้ำ, ค่าท่อ PVC และค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด อย่างไรก็ตาม การวางแผนระบบน้ำช่วยแก้ปัญหาเกี่ยวกับการรั่วของท่อและการที่น้ำไหลต่ำเนื่องจากความดันของน้ำที่ไม่เพียงพอในระบบทั้งหมด การวิจัยนี้มีความสำคัญสำหรับภาคเกษตรกรรม เนื่องจากการจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพและเป็นแบบจำลองที่ดีตามระยะเวลาการเจริญเติบโตของทุเรียน และเป็นแบบอย่างในการใช้เทคโนโลยีภูมิศาสตร์ในการบริหารจัดการระบบน้ำในสวนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การออกแบบและการจัดการระบบน้ำ, สวนทุเรียน, ระบบภูมิสารสนเทศ

¹ ภาควิชาธุรกิจการเกษตรดิจิทัล คณะเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี
จังหวัดจันทบุรี 22210

² ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี
จังหวัดจันทบุรี 22210

Abstract

The primary objective of this study is to analyze water management strategies within a durian plantation, aiming to streamline expenses and bolster operational efficiency in water distribution. Leveraging satellite-derived geographic data, the research encompasses comprehensive area assessments and devises an optimized water infrastructure layout. The findings underscore the feasibility of employing QGIS software for precision irrigation tailored to expansive durian plantations. Notably, meticulous calculations addressing pressure loss in the water pump network and the meticulous selection of conduit sizes—advocating a 3-inch main pipe and a 2-inch secondary conduit—contribute significantly to sustaining ideal water flux. The proposed implementation includes a recommended 3-horsepower water pump estimated at 47,550 baht to service the entire system. Anticipated challenges encompass potential pipe leakages and the maintenance of consistent water pressure to ensure adequate flow. This study serves as a pioneering initiative in agricultural water resource management, presenting a robust model reliant on geospatial technology, furnishing an efficient framework adaptable to various growth stages in durian cultivation.

Keywords: Water System Design and Management, Durian Farm, Geo-Technology

บทนำ

ทุเรียน (*Durio zibethinus* Murray) เป็นผลไม้เขตร้อนที่สำคัญ มีมูลค่าสูงกับเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก เนื่องจากทุเรียนเป็นไม้ผลที่มีการเจริญเติบโตได้ในสภาพอากาศร้อน (10–46 องศาเซลเซียส) แต่ต้องมีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าร้อยละ 30 สามารถให้ผลผลิตได้หลายปี ช่วงระยะ 5 ปีที่ผ่านมาราคาคาผลผลิตทุเรียนในตลาดมีราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้มีการขยายพื้นที่ปลูกในหลายพื้นที่ ซึ่งอาจเป็นพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมกับการปลูก ทำให้มีผลกระทบต่อน้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน ฉะนั้นผลกระทบดังกล่าวสามารถสร้างความเสียหายต่อสภาพแวดล้อม และสภาพสังคม อาจทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง (สุมิตร คุณเจตน์ และคณะ, 2563)

จังหวัดจันทบุรีมีการทำเกษตรกรรมเป็นกิจกรรมหลัก โดยส่วนใหญ่ของประชากรทำสวนทุเรียน ซึ่งมีหลากหลายพันธุ์ รวมทั้งเป็นผลไม้ที่ส่งออกและทำรายได้ให้กับจังหวัดมากที่สุด การเพาะปลูกทุเรียนขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปัญหาสำคัญคือระบบน้ำที่จำเป็นต้องมีให้เพียงพอตลอดทั้งปี เนื่องจากทุเรียนจะเจริญเติบโตได้ในสภาพอากาศร้อน แต่ต้องมีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าร้อยละ 30

รูปแบบการปลูกทุเรียนจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างมาก ต้องสำรวจปัจจัยสิ่งแวดล้อมทั้งด้านสภาพอากาศ ดิน ความชื้น และสภาพพื้นที่บริเวณที่ปลูก ซึ่งบางพื้นที่ทำการปลูกบนเชิงเขาที่มีลักษณะลาดเอียง แต่ไม่ควรเกินร้อยละ 15 บางพื้นที่ปลูกในสภาพพื้นดินที่เป็นหิน หรือบางพื้นที่ปลูกในที่ราบลุ่ม เพราะฉะนั้นเราจึงควรสำรวจปัจจัยสภาพภูมิประเทศ และภูมิอากาศ เนื่องจากปัจจัยของน้ำมีผลกระทบที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของทุเรียน ดังนั้นก่อนดำเนินการวางระบบน้ำ ต้องมีการวิเคราะห์แหล่งน้ำที่ใช้ในการให้น้ำทุเรียน ต้องสำรวจแหล่งน้ำที่ใช้ในการให้น้ำทุเรียนนั้นอยู่บริเวณที่สูงสุดหรือต่ำสุดของสวน มีขนาดพื้นที่กับปริมาณน้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของทุเรียนในแต่ละระยะ เพื่อการวางระบบน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการนำระบบภูมิสารสนเทศเข้ามาใช้ก็ถือเป็นเรื่องที่ดีในการจัดการระบบน้ำ

ความสำคัญของน้ำกับการเจริญเติบโตในทุกช่วงระยะของทุเรียน โดยเฉพาะช่วงระยะออกดอกมีความสำคัญอย่างมาก เพื่อให้ต้นทุเรียนได้รับน้ำเพียงพอ ควรต้องคำนึงถึงความต้องการน้ำของทุเรียนในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ดังนั้นการนำเทคโนโลยีและการวิเคราะห์ความเหมาะสมของปริมาณน้ำเพื่อออกแบบและวางแผนระบบน้ำในสวนทุเรียนถือเป็น

วิธีการที่มีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถจัดการปริมาณการใช้น้ำในสวนทุเรียน และป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการใช้น้ำของทุเรียน เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และระดับความชื้น พื้นที่ปลูกทุเรียนแต่ละที่ไม่เหมือนกัน จึงต้องคิดวางแผนรับมือในการวางระบบน้ำ และใช้หลักการทางวิศวกรรมด้วยสมการช่วยคำนวณหาความเหมาะสมของแรงดันน้ำของปั้มน้ำ (Head Water) เพื่อการให้น้ำในสวนสม่ำเสมอและปริมาณน้ำที่ไม่มากเกินไป และคุ้มค่าเหมาะสมกับการลงทุนในการจัดการนี้จะมีประสิทธิภาพทำให้ทุเรียนเจริญเติบโตได้ดีและผลผลิตเพิ่มขึ้นตรงตามเป้าหมายที่ต้องการ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาระบบการจัดการน้ำในแปลง ในการวางแผนการควบคุมน้ำ การลดต้นทุนในการวางระบบท่อน้ำ สำหรับให้เหมาะสมและสอดคล้องกับปริมาณความต้องการน้ำของทุเรียนในแต่ละระยะการเจริญเติบโตต่อต้นอย่างแท้จริง

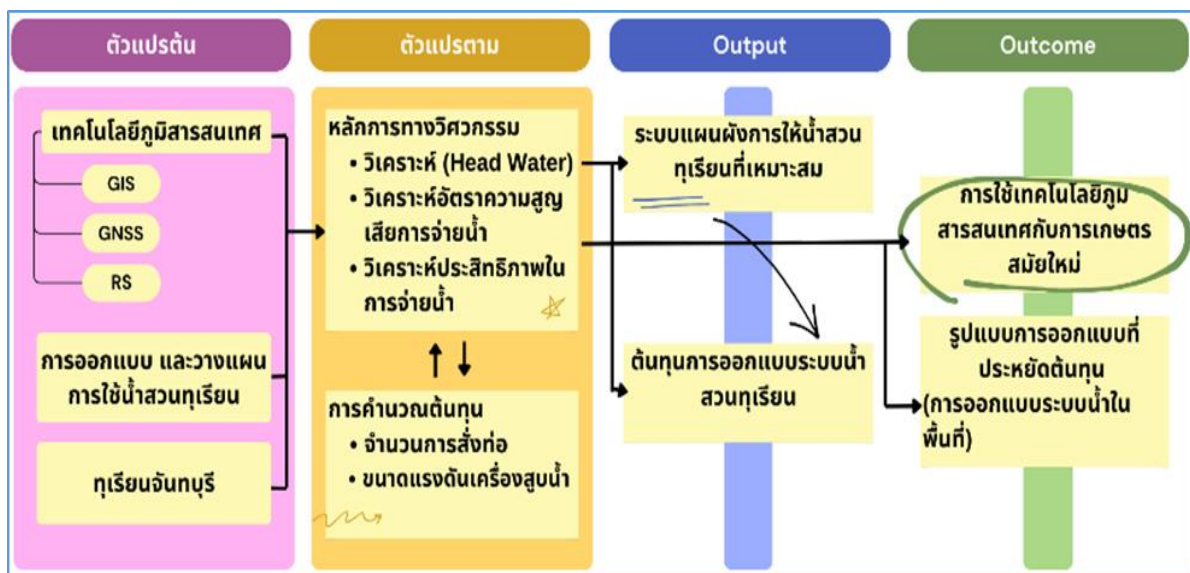
การใช้ภูมิสารสนเทศในการวิเคราะห์พื้นที่จากภาพถ่ายดาวเทียม การคำนวณขนาดพื้นที่ การวางผังระบบน้ำ และการคำนวณประมาณการต้นทุนการวางระบบน้ำในแปลงทุเรียน เพื่อการจัดการระบบน้ำภายในสวนให้ได้ประโยชน์และประสิทธิภาพสูงสุดมีความสำคัญกับภาคเกษตรกรรมในปัจจุบัน ให้สอดคล้องกับการทำเกษตรอัจฉริยะ สนับสนุนการปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ ลดเวลาและต้นทุนในการบริหารจัดการ เพิ่มกำไรให้กับเกษตรกร

วัตถุประสงค์

1. ออกแบบระบบแผนผังการให้น้ำสวนทุเรียนที่เหมาะสมจากการใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ
2. วิเคราะห์ต้นทุนจากการออกแบบระบบน้ำสวนทุเรียนด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

กรอบแนวคิด

ในการศึกษาครั้งนี้ มีกรอบแนวคิด ดังแสดงใน รูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการศึกษา

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทุเรียน (Durian) จัดอยู่ในอันดับ Males วงศ์ Bombacaceae สกุล Durio (Don, 1831) พืชในวงศ์นี้มีประมาณ 31 สกุล และพบมากกว่า 200 ชนิด มีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ศูนย์กลางความหลากหลายอยู่ในหมู่เกาะบอร์เนียว (Lim, 1990; Macmillan, 1949) แถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และแถบอินโดจีน โดยเป็นพืชพื้นเมืองของประเทศมาเลเซีย บรูไน และอินโดนีเซีย (Mendoza, 1941) “ทุเรียน” มาจากภาษามลายู คือ ดุรี (Duri แปลว่า หนาม) ต่อท้าย -an เพื่อสร้างเป็นคำนาม (Orwa et al., 2009)

สภาพดินในการปลูกทุเรียน ลักษณะของเนื้อดิน เป็นดินร่วนปนทราย มีความอุดมสมบูรณ์สูง ระบายน้ำดี หน้าดินลึกกว่า 50 เซนติเมตร และระดับน้ำใต้ดินลึกมากกว่า 75 เซนติเมตร ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินระหว่าง 5.0-6.5 ส่วนสภาพน้ำทุเรียนมีความต้องการคุณภาพน้ำที่ไม่มีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ สารเคมีและโลหะหนัก ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำระหว่าง 6.0-7.5 ค่าความเค็มของน้ำไม่เกิน 2 เดซิซีเมนต์/เมตร ส่วนปริมาณความต้องการน้ำของทุเรียนแตกต่างกันในแต่ละระยะของการพัฒนาการของพืช ความต้องการน้ำมีหน่วยเป็น ลิตร/พื้นที่ 1 ตารางเมตร คำนวณได้จาก ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช $\times$ ค่าศักยภาพการระเหยน้ำของพืช : (วันทนา บัวทรัพย์, 2551) สมิตร์ คุณเจตน์ และคณะ (2563) ได้รายงานหาว่า ทุเรียนพันธุ์หมอนทองอายุ 5 ปี มีปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 150-280 ลิตรต่อวัน ดังนั้นพื้นที่ปลูกทุเรียน 1 ไร่ ควรเตรียมแหล่งน้ำประมาณ 600-800 ลูกบาศก์เมตร

May 21, 2024การนำระบบภูมิสารสนเทศเชิงพื้นที่ในการบริหารจัดการพื้นที่ เพื่อการวางแผนการปลูก วางระบบน้ำสำหรับแปลง ตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว โดยระบบจะเพิ่มประสิทธิภาพเกี่ยวกับการจัดการข้อมูลการวางแผนการปลูก ขั้นตอนการปลูก วิธีการจัดการดิน ระบบน้ำสำหรับแปลงปลูก ข้อมูลโรคพืช และอื่น ๆ อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็วในการบริหารจัดการ รวมทั้งช่วยคำนวณต้นทุนการผลิต และคาดการณ์ผลผลิต รายรับ-รายจ่าย ผลกำไรขาดทุนก่อนเริ่มดำเนินการทั้งหมด เพื่อให้เกษตรกรได้รับข้อมูลอย่างสะดวก และรวดเร็ว สำหรับทำให้มีประโยชน์สูงสุดในการบริหารจัดการพื้นที่ ตอบสนองนโยบายการใช้ทรัพยากรบนพื้นฐานของความยั่งยืนและสภาพสิ่งแวดล้อมที่ดี (ชฎา ณรงค์ฤทธิ์, 2547; สุเพชร จิระจกุล, 2555)

ระบบการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพ คือ การจัดการน้ำที่เหมาะสม ควรเป็นระบบน้ำที่มีประสิทธิภาพ สามารถควบคุมทั้งปริมาณและการกระจายน้ำได้ดี จะช่วยให้มีการพัฒนาทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพของผลผลิต การเรียนรู้และเทคนิคทางด้านการออกแบบ รวมทั้งความเข้าใจในลักษณะของพื้นที่จะช่วยการจัดการระบบให้น้ำสามารถกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ได้ปริมาณใกล้เคียงกันและช่วยประหยัดค่าลงทุน ทำให้ใช้น้ำอย่างประหยัดสอดคล้องกับความต้องการของพืชได้ (คุลยโชติ ชลศึกษ์, 2557)

การให้ความรู้และความเข้าใจเรื่องระบบน้ำในสวนทุเรียนเป็นส่วนสำคัญในการนำเทคโนโลยีระบบฟาร์มรักษาน้ำมาใช้ โดยที่เกษตรกรสามารถออกแบบระบบน้ำให้เหมาะสมกับพื้นที่และรองรับการใช้งานระบบฟาร์มรักษาน้ำทั้งยังพัฒนาทักษะของเกษตรกรแกนนำให้เกิดการใช้งานระบบฟาร์มรักษาน้ำ และพัฒนาความรู้ด้านการผลิตพืชทั้งการจัดการธาตุอาหารและปุ๋ย การบริหารจัดการน้ำตามความต้องการของพืช นอกจากนี้ มีการแนะนำให้ใช้สปริงเกอร์สำหรับการให้น้ำในสวนทุเรียนเนื่องจากระบบรากของทุเรียนมีลักษณะรากลอยขึ้นมาบนผิวดินหรือรากแผ่ การใช้สปริงเกอร์ช่วยให้น้ำไปถึงทุเรียนทั่วถึง แต่ระบบน้ำหยดมีจุดให้น้ำอยู่บริเวณเดียว และเหมาะสำหรับพืชที่มีรากตื้น (ชาลี แสงจันทร์ และคณะ, 2565)

การสร้างแบบจำลองการวิเคราะห์การตอบสนองแผนผังการวางท่อโดยอิงตามทฤษฎี Nonlinear beam เพื่ออธิบายหลักการเชิงกล ซึ่งเป็นวิธีแก้ปัญหาทั่วไปสำหรับแผนผังการวางท่อ และการเปรียบเทียบข้อมูลเชิงตัวเลขเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และประสิทธิภาพของแบบจำลองเชิงทฤษฎี ผลการวิจัยระบุว่าการเพิ่มความลึกใน

การติดตั้งนำไปสู่การปิดของท่อที่รุนแรงขึ้นและการเสียรูปอย่างมีนัยสำคัญ โดยการดัดงอสูงสุดที่ 3.92 เมกะนิวตันต่อเมตร ที่ระยะห่าง 50~100 เมตร จากด้านล่างของท่อผลลัพธ์ยังแสดงให้เห็นว่า เมื่อความยาวส่วนโค้งของท่อเพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 100 เมตร ความโค้งงอ, ค่าของ Von Mises และความดัดงอแสดงแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงแรกและลดลง โดยมีจุดสูงสุดที่ 7.45 และ 6.83 เมกะปาสคาล ตามลำดับ (Wang et al., 2023)

นาวิ จิระชีวี และคณะ (2548) ได้ศึกษารอบเวลาการให้น้ำที่เหมาะสมสำหรับสวนลำไย คือให้น้ำตามระดับความชื้นในดินที่กำหนด โดยใช้เครื่องวัดความชื้นแบบ Tensioner เปรียบเทียบกับการให้น้ำด้วยรอบเวลาคงที่ (Fixed Interval) ทุก 2, 3 และทุกวัน คำนวณการให้น้ำจากค่าการระเหยของน้ำในภาควัดการระเหย พบว่า การกำหนดรอบเวลาให้น้ำตามระดับความชื้นในดินมีความเหมาะสมที่สุด การให้น้ำพืชเป็นการให้น้ำลงไปบนดินที่อยู่รอบโคนต้นพืชทำให้มีความชื้นในดิน (Soil Moisture) วารินทร์ สุทนต์ และคณะ (2546) ได้ศึกษาเรื่อง อิทธิพลของค่าศักยภาพน้ำใต้ดินและวิธีการให้น้ำต่อการติดผลและปริมาณผลผลิตของลิ้นจี่พันธุ์สงขลวย พบว่า การให้น้ำด้วยสายยางสัปดาห์ละครั้งและโดยระบบมินิสปริงเกอร์ทุกวัน ตั้งแต่ระยะดอกตูมจนถึงเก็บเกี่ยว การให้น้ำด้วยสายยางมีเปอร์เซ็นต์การร่วงของผลสะสมเมื่อผลมีอายุ 3 สัปดาห์ ถึงระยะเก็บเกี่ยวสูงกว่าการให้น้ำระบบมินิสปริงเกอร์

ภูเบศวร์ เมืองมูล และ สมชาย องค์กรประเสริฐ (2551) ได้ศึกษาวิจัย การศึกษาการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรและ แนวทางแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำของเกษตรกร กรณีศึกษาอ่างเก็บน้ำบ้านแม่สาใหม่ อําเภอมะหริ่ง จังหวัดเชียงใหม่พบว่า การให้น้ำของลิ้นจี่ของเกษตรกรใช้น้ำมากกว่าความต้องการจริงประมาณร้อยละ 50 ขณะที่วิธีการปลูกพริกหวานโดยการส่งเสริมของโครงการหลวงใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพสูงมาก เกษตรกรเห็นว่าการจัดการน้ำจะมีประสิทธิภาพต้องกำหนดวันส่งน้ำอย่างเหมาะสม ควบคุมการ ตรวจวัดปริมาณน้ำให้แก่พืชและการมีอ่างเก็บน้ำช่วยให้น้ำใช้อย่างพอเพียง

เครื่องมือสำหรับการจัดการระบบน้ำเพื่อการผลิตผักและผลไม้ที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาด เกษตรกรสามารถเรียนรู้และเข้าถึงได้ ซึ่งเกษตรกรส่วนมากยังไม่ได้ใช้ระบบการจัดการน้ำแบบอัตโนมัติ ยังไม่แพร่หลายในท้องตลาด เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้แรงงานคนคอยควบคุม การให้น้ำผ่านทางระบบท่อสปริงเกอร์และใช้สายยางในการรดน้ำ การนำนวัตกรรมและ เทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาผสมผสานเข้ากับงานด้านการเกษตรเพื่อจะนำมาช่วยแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ให้กับเกษตรกรบนแนวคิดของการทำเกษตรสมัยใหม่ (Smart Farm) ที่จะใช้เทคโนโลยีที่มีความแม่นยำสูงเป็นเครื่องมือช่วยในการทำการเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมรวมถึงเรื่อง การดูแลและควบคุมการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งแนวคิดนี้สามารถนำไปปรับใช้ได้ทั้งฟาร์ม พืชและสัตว์ (กฤษฎา ชื่นจิตต์, 2559)

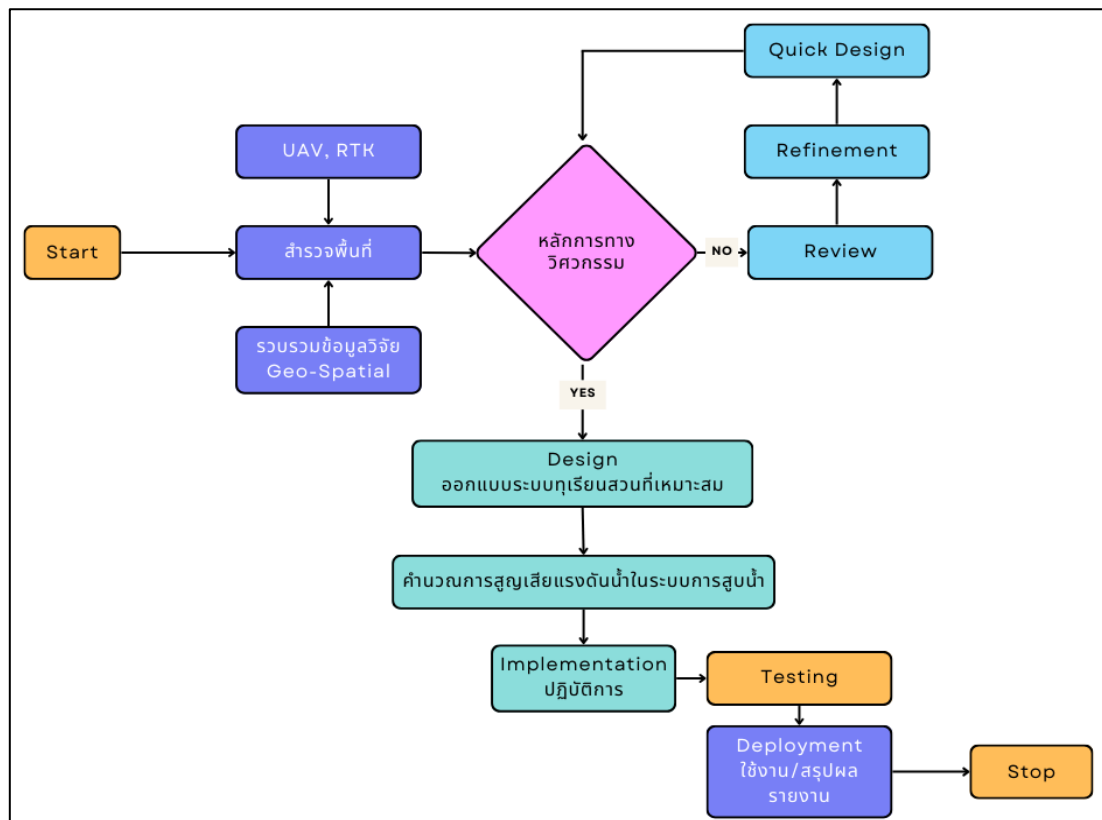
ณัฐนันท์ พิธเมธาวงศ์ และ กนกพร ประสงค์ (2566) กล่าวว่า ได้แนะนำการปรับปรุงระบบน้ำเพื่อลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มประสิทธิภาพในการให้น้ำในสวนทุเรียน โดยใช้ทั้งการเจาะบ่อบาดาล และการใช้ถังในการสูบน้ำ การปั้มน้ำเพื่อการเก็บ จากนั้นส่งน้ำไปยังแปลงปลูกทุเรียนของเขา การเปลี่ยนแปลงนี้ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการให้น้ำเพิ่มแรงดัน และปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในการดูแลแปลงทุเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ Kariznovi et al. (2021) ได้ศึกษาว่าด้านการเกษตรมีประเด็นที่ควรพิจารณาและศึกษาวิจัยขั้นพื้นฐานสำหรับน้ำเป็นปัจจัยที่มีบทบาทสำคัญในภาคการเกษตร ซึ่งหนึ่งในนั้นเป็นการใช้น้ำไม่เหมาะสมและไม่ได้วางแผนที่ชัดเจน ดังนั้นในการศึกษานี้ จึงมีการศึกษาการจัดการน้ำอย่างเหมาะสมและการลดต้นทุนการผลิตในภาคเกษตรกรรมในเขต Zabrkan เมือง Neighbor ผลการวิจัยพบว่า ต้นทุนการผลิตต่อเฮกตาร์ของพืชผลทั้งหมดในที่ดินที่อยู่ภายใต้การจัดการทรัพยากรน้ำน้อยกว่าที่ดินที่ไม่มีการจัดการ หากเชื่อมโยงการลดต้นทุนการผลิตกับประสิทธิภาพของผลผลิต และใช้ต้นทุนต่อกิโลกรัม การผลิตเป็นเกณฑ์จะลดลง 54.4% สำหรับผลผลิตจากไม้ผล

การคำนวณการสูญเสียแรงดันน้ำในระบบการสูบน้ำของ Joe Evans, Ph.D ความเร็วน้ำในท่อควรมีค่าอยู่ที่ 4-8 ฟุต/วินาที นอกจากนี้ควรมีการวิเคราะห์ Pump Curve และ System Curve ดังสมการที่ 1 เพื่อให้มีประสิทธิภาพและความเสถียรของระบบการให้น้ำที่ดีที่สุด

$$H = h_d - h_s + \frac{V_d^2 - V_s^2}{2g} + h_m, \frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + gZ_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + gZ_2 + E_{\text{loss}} \quad (\text{สมการที่ 1})$$

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ มีวิธีดำเนินงานวิจัย ในรูปแบบลำดับขั้น ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนผังวิธีการดำเนินงาน

สำรวจสภาพพื้นที่สำหรับการวางระบบน้ำในแปลงทุเรียน

ดำเนินการศึกษาพื้นที่ที่ต้องการวางแผนระบบน้ำของแปลงทุเรียน เพื่อการออกแบบการวางระบบน้ำ ดังรูปที่ 2 โดยมีข้อมูลดังนี้

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

1. ขนาดพื้นที่ทั้งหมด และขนาดของแหล่งน้ำ โดยการสำรวจพื้นที่และวัดขนาดของพื้นที่ด้วย Polygon (รูปเหลี่ยมแบบปิด) ในการคำนวณพื้นที่ ประเภทไฟล์ Shapefile
2. ความสูงจากระดับน้ำทะเล โดยการตรวจสอบข้อมูลของแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model : DEM) ข้อมูลจากกรมชลประทาน เป็นแบบจำลองข้อมูลลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นผิวและชั้นความสูง เพื่อดูความลาดเอียงของพื้นที่ประเภทไฟล์ Shapefile

3. ข้อมูลชุดดิน โดยการตรวจสอบข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อหาความสัมพันธ์ข้อมูลของกลุ่มชุดดินในพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีลักษณะข้อมูลเป็นแบบ Polygon (รูปเหลี่ยมแบบปิด) ประเภทไฟล์ Shapefile

การประเมินสภาพพื้นที่และวิธีการวางระบบน้ำในแปลง

การศึกษาการประเมินพื้นที่ใช้ระบบสารสนเทศในการประเมินการวางระบบน้ำที่ผ่านการใช้ข้อมูลภูมิสารสนเทศ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของการใช้ระบบน้ำที่เหมาะสมกับแปลงปลูกให้มีประสิทธิภาพ และดำเนินการวางแผนโดยการสำรวจผ่านภาพถ่ายดาวเทียมในพื้นที่แปลงทุเรียน เก็บข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลพื้นที่ วิเคราะห์ลักษณะการปลูกจากภาพถ่ายดาวเทียม และการสร้างฐานข้อมูลการวางระบบท่อน้ำ ดังรายละเอียดต่อไปนี้ ปลูกทุเรียนระยะ 5X5 เมตร ระบบให้น้ำต้นละสองหัว (ใช้สำหรับการคำนวณการวางระบบน้ำในแปลง)

ดำเนินการวางแผนโดยการสำรวจผ่านภาพถ่ายดาวเทียมในพื้นที่แปลงทุเรียน เก็บข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลพื้นที่ วิเคราะห์ลักษณะการปลูกจากภาพถ่ายดาวเทียม และการสร้างฐานข้อมูลการวางระบบท่อน้ำ ดังรายละเอียดต่อไปนี้ ปลูกทุเรียนระยะ 5X5 เมตร ระบบให้น้ำต้นละสองหัว (ใช้สำหรับการคำนวณการวางระบบน้ำในแปลง)

การวางผังระบบน้ำในแปลงทุเรียนผ่านระบบ QGIS

การวางระบบน้ำที่ผ่านการใช้ข้อมูลด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประเภทซอฟต์แวร์ รหัสเปิดที่ไม่คิดค่าใช้จ่าย (Free and Open Source Software) ชื่อ QGIS (Quantum GIS) คำนวณขนาดพื้นที่และจำนวนต้นทุเรียนจากนั้นวางแผนผังระบบท่อน้ำสำหรับการให้น้ำทุเรียนด้วยระบบ QGIS ใน หน้าต่าง Properties Group Fields and Values สำหรับการคำนวณความยาว และพื้นที่ สำหรับการวางแผนผังและออกแบบระบบน้ำ เพื่อการพัฒนาระบบให้เป็นเกษตรอัจฉริยะ โดยการใช้ระบบอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง หรือ IoT ในการวางระบบน้ำอัตโนมัติ โดยนำไปคำนวณโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อหาการคำนวณการสูญเสียแรงดันของระบบสูบน้ำในการปลูกทุเรียน โดยการคำนวณดัดแปลงจากสูตร (Joe Evans, Ph.D) ดังสมการ

$$TPH = H_{Major} + H_{Minor} + H_{EQ} + H_{ST} \quad (\text{สมการที่ 2})$$

โดยที่ TPH คือ ค่าแรงดันที่สูญเสียทั้งหมด

H_{Major} คือ ค่าแรงดันสูญเสียหลัก

H_{Minor} คือ ค่าแรงดันสูญเสียรอง

H_{EQ} คือ ค่าแรงดันสูญเสียในอุปกรณ์

H_{ST} คือ แรงดันสถิตย (Static Head)

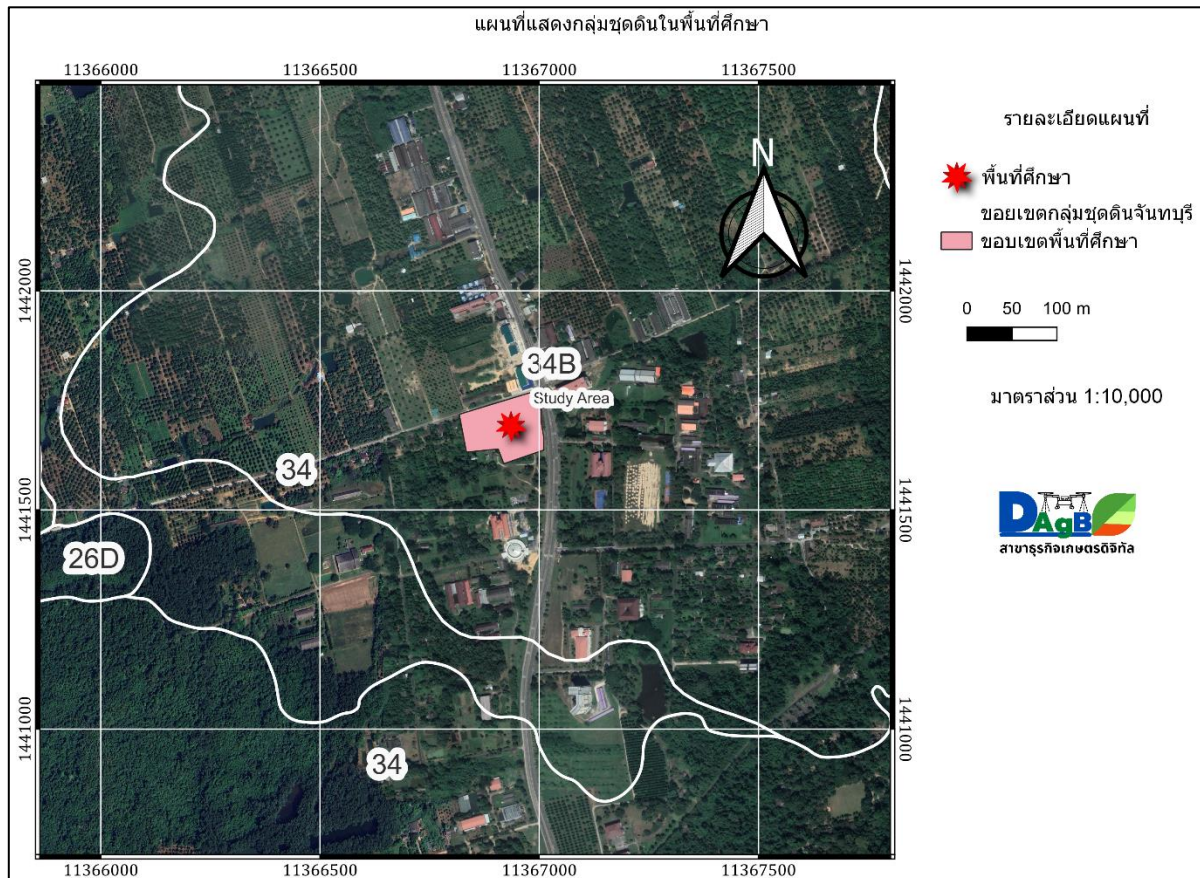
วิเคราะห์ต้นทุนและการจัดการระบบน้ำที่เหมาะสม

นำแผนผังการวางระบบท่อน้ำจากเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศมาวิเคราะห์ต้นทุนในการใช้วางท่อน้ำ และขนาดของเครื่องสูบน้ำให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่การปลูกทุเรียน

ผลการศึกษา

สภาพพื้นที่สำหรับการวางระบบน้ำแปลงปลูกทุเรียน

พื้นที่ทดลองตำบลพลวง อำเภอเขาคิชฌกูฏ จังหวัดจันทบุรี สภาพพื้นที่มีขนาดแปลงทดสอบมีขนาดพื้นที่ 9,327 ตารางเมตร กว้าง 119.66 เมตร ยาว 77.95 เมตร ขนาดแหล่งน้ำขนาด 2,469 ตารางเมตร พื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 49 เมตร ความลาดเอียงของพื้นที่ร้อยละ 1 และกลุ่มของชุดดิน คือ ชุดดินควนกาหลง กลุ่มชุดดินที่ 34 แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงขอบเขตในพื้นที่ กลุ่มชุดดินที่ 34 (ชุดดินควนกาหลง)

การประเมินสภาพพื้นที่และวิธีการวางระบบน้ำในแปลง

ประเมินลักษณะพื้นที่ทำการปลูกต้นทุเรียนเป็นแถวตามการเคลื่อนของดวงอาทิตย์ ปลูกทุเรียนระยะ 5x5 เมตร ได้จำนวนทุเรียน 150 ต้น เว้นระยะขอบของแปลงเพื่อทำแนวกันแปลง ชุดในการให้น้ำทั้งหมด 300 หัว แบ่งพื้นที่การปลูกเป็น 2 ส่วนเพื่อให้ให้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ โดยแต่ละส่วนจะมีจำนวนแถวทั้งหมด 5 แถว เพื่อให้สะดวกกับการนำเครื่องจักรกลทางเกษตรมาปฏิบัติงาน

การวางผังระบบน้ำในแปลงทุเรียนผ่านซอฟต์แวร์โปรแกรม QGIS

การสำรวจภาคสนามด้วยเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับหรือโดรน แสดงดังภาพที่ 4 เพื่อนำมาประมวลผลพื้นที่ คำนวณขนาดพื้นที่ และจำนวนต้นทุเรียน เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ (Geo-spatial) ได้แก่ Line, Point และ Polygon ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศ การวางแผนผังระบบท่อน้ำในแปลงทุเรียนดังแสดงในรูปที่ 5 แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนละ 5 แถว โดยการคำนวณในคุณสมบัติของ Attribute Data ของข้อมูล GIS ได้ ระยะ 15 ต้น ต่อ Line ระยะที่ได้จาก

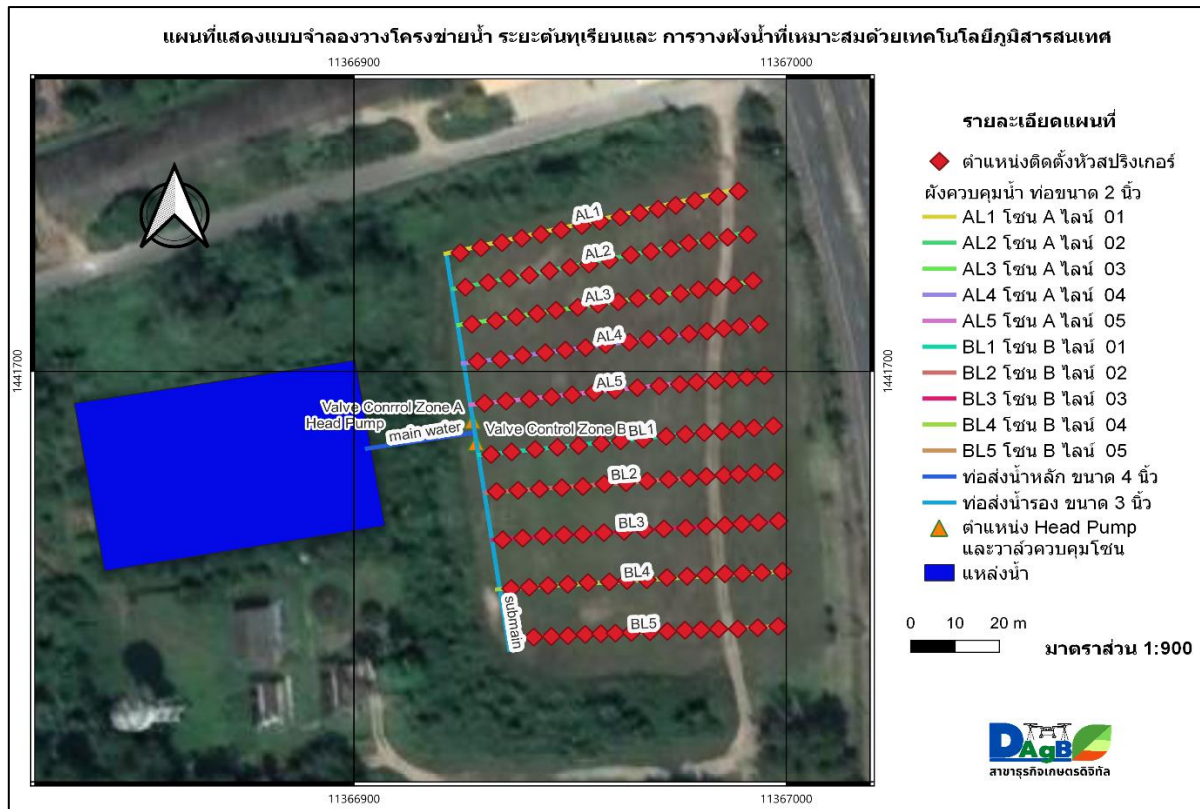
การคำนวณระยะทางอย่างแม่นยำด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการพัฒนาระบบให้เป็นเกษตรอัจฉริยะ โดยนำไปวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการวางระบบท่อ ด้วยขนาดและประสิทธิภาพ และคัดสรรความเหมาะสมของการใช้ระบบอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง หรือ IoT ในการวางระบบน้ำอัตโนมัติ ให้ตอบสนองต่อความต้องการในการพัฒนาระบบน้ำให้กับเกษตรกรสวนทุเรียน ซึ่งการคำนวณการสูญเสียแรงดันของระบบสูบน้ำจึงมีความจำเป็นทำให้ระบบน้ำมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการใช้งานการวางระบบน้ำอัตโนมัติ ไม่ให้มีผลกระทบหรือปัญหาของการแรงดันไม่เพียงพอหรือการที่แรงดันมากเกินไปส่งผลให้หัวน้ำหลุด และการใช้ระบบเซนเซอร์ในการตรวจวัดความชื้นภายในดิน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ในการกำหนดการเปิด-ปิด ระบบการให้น้ำอัตโนมัติ

การคำนวณการสูญเสียแรงดันของระบบสูบน้ำในการปลูกทุเรียน โดยการคำนวณดัดแปลงจากสูตร (Joe Evans, Ph.D.) ท่อน้ำหลักควรมีขนาด 3 นิ้ว ท่อน้ำรองควรมีขนาด 2 นิ้ว ส่งผลให้ความเร็วน้ำในท่อไม่เกิน 8 ฟุต/วินาที เพื่อช่วยในการจัดการหัวน้ำไม่หลุดจากท่อส่งน้ำ ส่วนค่าแรงดันที่สูญเสียทั้งหมดเท่ากับ 1,477.8 ฟุต/วินาที ดังแสดงในรูปที่ 6

ดังนั้นควรใช้เครื่องสูบน้ำที่มีขนาด 3 แรงม้า ทำให้การส่งน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดทั่วทั้งแปลงปลูก



รูปที่ 4 การสำรวจพื้นที่ด้วยอากาศยานไร้คนขับ



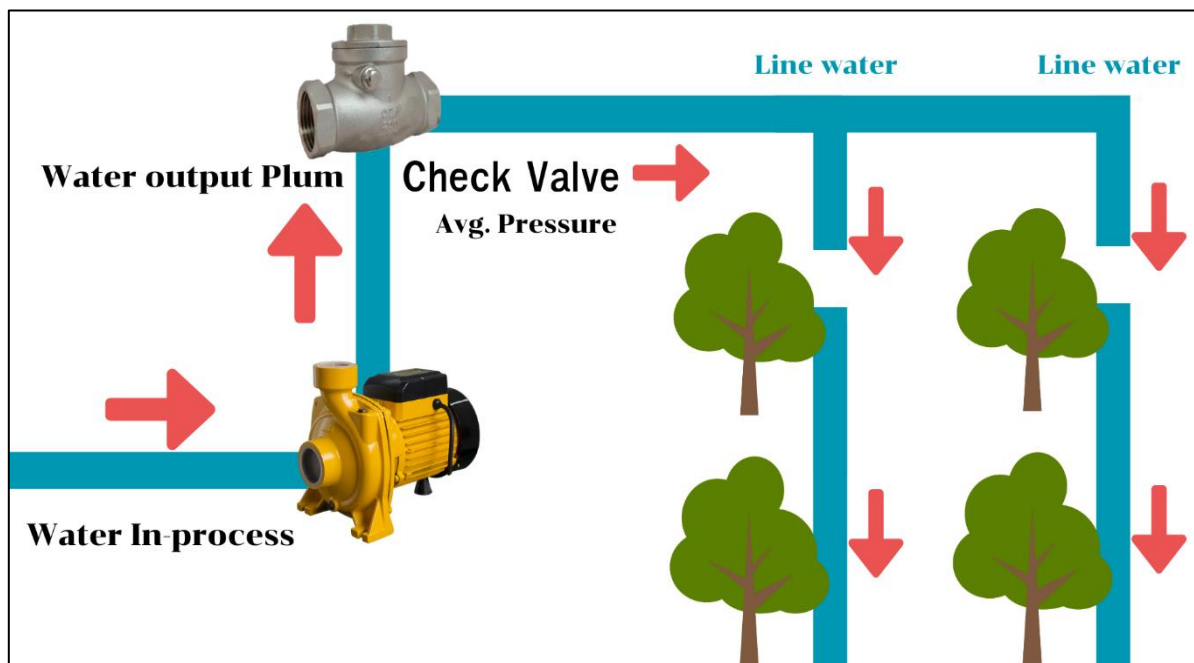
รูปที่ 5 การวางระบบน้ำที่ผ่านการใช้ข้อมูลภูมิสารสนเทศ

ต้นทุนและการจัดการระบบน้ำที่เหมาะสม

จากการศึกษา พบว่า ค่าแรงดันที่สูงเกินไปทั้งหมดเท่ากับ 1,477.8 ฟุต/วินาที ต้องใช้เครื่องสูบน้ำขนาด 3 แรงม้า เพื่อให้เพียงพอต่อการส่งน้ำไปยังพืชที่เพียงพอ โดยราคาเครื่องสูบน้ำขนาด 3 แรงม้า ประมาณ 3,000-5,000 บาท ขึ้นกับคุณสมบัติของเครื่องสูบน้ำ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	คำนวณ Total Head อย่างง่าย											
2	ดัดแปลงจาก Joe Evans, Ph.D											
3												
4	[											
5	กรอกค่าเฉพาะในช่องสี่เหลี่ยม											
6												
7	ระบบท่อ	Main	Line1	Line2	Line3	Line4	Line5	Line6	Line7	Line8	Line9	Line10
8	อัตราการไหล (GPM)	200	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
9	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ (in)	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	ความยาวท่อ (ฟุต)	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231
11	ค่า C ตามประเภทท่อ	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12												
13	กรอกข้อมูลข้อต่อ ข้องอ วาล์ว ใน sheet "Fitting Calcs"											
14	ผลการคำนวณ											
15	ความเร็วน้ำในท่อ (fps)	9.1	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2
16	Velocity Head (ft.wg)	1.3	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
17	Friction loss rate (ft/100 ft)	18.1	36.1	36.1	36.1	36.1	36.1	36.1	36.1	36.1	36.1	36.1
18	Major loss (ft.wg)	41.9	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5
19	Fitting Equivalent Length (ft)	492.4										
20	Minor loss (ft.wg)	178.0										
21	Major+Minor loss	1054.8										
22												
23												
24	แรงดันสูญเสียในอุปกรณ์ (ฟุตน้ำ)	0										
25	Static head (ฟุต)	82 (ความสูงจากจุดดูดน้ำไปยังจุดจ่ายน้ำ)										
26	ค่าเผื่อ (%)	30										
27	Total Head (ฟุตน้ำ)	1477.8										
28	System curve equation	H=0.034896Q^2+82										

รูปที่ 6 ตัวอย่างแสดงตารางการคำนวณค่าแรงดันที่สูญเสียทั้งหมด ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel



รูปที่ 7 เครื่องสูบน้ำขนาด 3 นิ้ว

ท่อพีวีซีขนาด 3 นิ้ว ทั้งหมด 140 เมตร ท่อพีวีซีขนาด 2 นิ้ว ทั้งหมด 750 เมตร และท่อพีวีซีขนาด 0.5 นิ้ว ทั้งหมด 80 เมตร โดยราคาท่อจะขึ้นกับการทนต่อแรงดัน รวมราคาทั้งหมดประมาณ 42,550 บาท ถ้ารวมกับข้อต่อ หัวน้ำ และอื่น ๆ ราคาทั้งหมดประมาณ 47,550 บาท ตามตารางที่ 1 ซึ่งจะได้ระบบน้ำที่แปลงปลูกทุเรียนขนาดพื้นที่

5 ไร่ ที่มีประสิทธิภาพและปริมาณน้ำสมดุลทั้งแปลง สะดวกกับการจัดการในระบบเกษตรอัจฉริยะพบปัญหาการหลุดของท่อและหัวน้ำน้อย เนื่องจากมีความดันของน้ำที่เหมาะสมตลอดทั้งระบบ

ตารางที่ 1 รายการราคาอุปกรณ์ระบบน้ำ

อุปกรณ์	ขนาด	ราคาต่อหน่วย (บาท)	จำนวน	รวม (บาท)
เครื่องสูบน้ำ	3 แรงม้า	4,000	1 เครื่อง	4,000
ท่อพีวีซีหลัก	3 นิ้ว	500	25 เส้น	12,500
ท่อพีวีซีรอง	2 นิ้ว	200	125 เส้น	25,000
ท่อพีวีซีย่อย	0.5 นิ้ว	35	30 เส้น	1,050
อื่น ๆ (ค่าจ้างคนงาน, ค่าวัสดุสิ้นเปลือง เป็นต้น)				5,000
รวมทั้งหมด				47,550

สรุปและอภิปรายผล

จากการทดลองการใช้ภูมิสารสนเทศในการวางแผนออกแบบระบบน้ำสำหรับแปลงปลูกทุเรียน พบว่าการวางแผนระบบน้ำสำหรับทุเรียนในพื้นที่ขนาดใหญ่ สามารถทำได้โดยการปลูกทุเรียนด้วยใช้ซอฟต์แวร์โปรแกรม QGIS ในการวางแผนการให้น้ำในแปลง การคำนวณการสูญเสียแรงดันของระบบสูบน้ำและการเลือกใช้ท่อที่เหมาะสม เช่น ท่อน้ำหลักขนาด 3 นิ้ว และท่อน้ำรองขนาด 2 นิ้ว เพื่อรักษาความเร็วของน้ำในท่อ และใช้เครื่องสูบน้ำขนาด 3 แรงม้า ต้นทุนระบบน้ำทั้งหมดประมาณ 45,000 บาท ซึ่งรวมถึงเครื่องสูบน้ำและท่อพีวีซี สอดคล้องกับ Larock et al. (1999) สูตรการคำนวณค่าการสูญเสียแรงดันของระบบสูบน้ำที่ใช้ในการประเมินขนาดของท่อและกำลังของเครื่องสูบน้ำ การศึกษานี้มีความสำคัญต่อภาคเกษตรกรรมในการจัดการน้ำในรูปแบบที่มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับแบบจำลองการเจริญเติบโตของทุเรียนในแต่ละระยะ และเป็นต้นแบบในการใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการจัดการระบบน้ำภายในสวน สำหรับการพัฒนาระบบเป็นเกษตรอัจฉริยะ ซึ่งมีการจัดการระบบน้ำโดยใช้ IoT เมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำแบบปกติจะสามารถลดปริมาณการใช้น้ำลงได้อย่างมาก และสามารถส่งงานระบบผ่านเครือข่าย โดยที่เกษตรกรไม่จำเป็นต้องอยู่บริเวณแปลงปลูก (Kumari & Sah, 2021)

การประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศในการบริหารจัดการแปลงปลูก การวางแผนผังแปลงปลูก ตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเกี่ยวกับการจัดการข้อมูล ขั้นตอนการปลูก วิธีการจัดการดิน ระบบน้ำสำหรับแปลงปลูก ข้อมูลโรคพืช และอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว รวมทั้งช่วยคำนวณต้นทุนการผลิต และคาดการณ์ผลผลิต รายรับ-รายจ่าย ผลกำไรขาดทุนก่อนเริ่มดำเนินการทั้งหมด ช่วยให้เกษตรกรได้รับข้อมูลอย่างสะดวก แม่นยำ และรวดเร็ว สำหรับการเกษตรในยุคดิจิทัลที่ต้องมีองค์ความรู้มาช่วยในการทำงานเกษตร เพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบโดยตรงต่อภาคการเกษตร (ชญา ณรงค์ฤทธิ, 2547; สุเพชร จิรัชจรกุล, 2555)

ข้อเสนอแนะ

1. การนำเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ การประยุกต์ใช้เป็นประโยชน์ด้านการเกษตร เพื่อพัฒนาเข้าสู่การจัดการรูปแบบเกษตรยุคดิจิทัล
2. ควรมีหลักการคิดทางวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อการนำไปใช้บริหารจัดการต้นทุน และกระบวนการต่าง ๆ สำหรับพัฒนาให้เกิดความยั่งยืน เพื่อการลดต้นทุน และเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าทางการเกษตร สร้างรายได้ลดภาระหนี้สินของเกษตรกร
3. การทำการเกษตรในอนาคตมีความจำเป็นต้องมีการพัฒนา เพื่อการเป็นเกษตรอัจฉริยะ ก้าวสู่การเป็นเกษตรกร 4.0 อย่างแท้จริง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ศึกษาขอขอบคุณท่านอาจารย์วัชร จันทร์ชมภู ที่ปรึกษาหลักและ อาจารย์กษิต พร้อมเพราะ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้ให้ความรู้ในการประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนทั้ง 2 สาขาวิชา ได้แก่ สาขาธุรกิจเกษตรดิจิทัล และสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ และขอขอบพระคุณ คณะเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี ที่สนับสนุนการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กฤษฎา ชื่นจิตต์. (2559). การศึกษาแนวทางของเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะ(Smart Farming Technology) กรณีศึกษาไร่ไวร์กรามมอนเต้ (Gran Monta) เพื่อรองรับการขับเคลื่อนแผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมสู่ประเทศไทย 4.0. กรุงเทพฯ: สถาบันพระปกเกล้า.
- ชญา ณรงค์ฤทธิ. (2547). ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้านสิ่งแวดล้อม. พิษณุโลก: ภาควิชา ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ชาลี จันทรแสง, สมบูรณ์ งามเสียม และวสันต์ รื่นรมย์. (2565). ระบบฟาร์มรักษาน้ำ: เทคโนโลยีการให้น้ำอัจฉริยะสำหรับควบคุมการให้น้ำในแปลงเกษตร. สืบค้นจาก <https://www.nstda.or.th/agritec/raknam-eecl>.
- ณัฐนันท์ ไพรมะวาศ์ และกนกพร ประสงค์. (2566). เกษตรย่านตาขาว ลงพื้นที่แนะนำการวางระบบน้ำแปลงปลูกทุเรียน ตำบลเกาะเปียง. สืบค้นจาก <https://thainews.prd.go.th/th/news/detail/TCATG230403203321748>.
- ดุลยโชติ ชลศึกษ์. (2557). การออกแบบระบบท่อทางวิศวกรรม [เอกสารประกอบการเรียนการสอน]. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ธารัตน์ พวงสุวรรณ. (2557). การพัฒนาระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรจังหวัดจันทบุรี รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- นาวิ จิระชีวี, วิโรจน์ ไหราศาสตร์ และวันชัย คุปวานิชพงษ์. (2548). การศึกษาระบบชลประทานน้ำหยดร่วมกับการพัฒนาอุปกรณ์จ่ายปุ๋ยแบบประหยัดและพลาสติคคลุมดิน. สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.
- ภูวดล โดยดี และสุภาพร แหวะสอน. (2558). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อสร้างแผนที่เขตการปลูกพืชเศรษฐกิจบางชนิดบริเวณหนองหารหลวง จังหวัดสกลนคร. การประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 53, วันที่ 3–6 กุมภาพันธ์ 2558.

- ภูเบศร์ เมืองมูล และสมชาย องค์ประเสริฐ. (2551). การศึกษาการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรและแนวทางการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำของเกษตรกร กรณีศึกษาอ่างเก็บน้ำบ้านแม่สาใหม่ อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- วรินทร์ สุทนต์, พาวิน มะโนชัย, ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร, วินัย วิริยะอลงกรณ์ และเสกสันต์ อุตสหตานนท์. (2546). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการติดผลและการควบคุมการร่วงของผลลิ้นจี่ รายงานฉบับสมบูรณ์. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- วันทนา บัวทรัพย์. (2551). “ทุเรียน” คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร.
- สุมิตร คุณเจตน์, ไพฑูรย์ ศรีนิล และสมบัติ ฝอยทอง. (2563). การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง. การประชุมวิชาการเกษตรพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ครั้งที่ 7, 14 กุมภาพันธ์ 2563. (น. 131–137).
- สุเพชร จิรจากรกุล. (2555). เรียนรู้ระบบสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGis Desktop 9.3.1 ฉบับปรับปรุง (พิมพ์ครั้งที่ 1). นนทบุรี : บริษัทเอพีกราฟิคดีไซน์และการพิมพ์ จำกัด.
- Don, G.A. (1831). General History of Dichlamydeous Plants, London: J. G. & F. Rivington, 513–514.
- Kariznovi, A., Jafari H., & Alizadeh K. (2021). The Role of Water Resources Management in Reducing the Production Costs of Agricultural Products. *Propósitos y Representaciones*, 9(2), 953.
- Kumari M., & Sah A.K. (2021). IoT Enabled Smart Irrigation System, Monitoring and Water Harvesting in Different Soils. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 10(3).
- Larock, B.E., Jeppson, R.W., & Watters G.Z. (1990). *Hydraulic of Pipe Systems*. USA: CRC Press LLC, 537p, 2000.
- Lim, T.K. (1990). *Durian: Diseases and Disorders*. Malaysia, 95.
- Macmillan H.F. (1949). *Tropical planting and gardening*. (5th ed.). London: MacMillan & Co Ltd.
- Mendoza, D.R. (1941). Distribution of durians in the Philippines. *Philippine Journal of Forestry*, 4(1), 27–35.
- Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R., & Anthony, S. (2009). *Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0*. Retrieved from <http://www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/treedatabases.asp>.
- Wang, D., Zheng, M., Zhang, L., Mao, Z., Tan, J., Zhan Y. et al. (2023). Effects of Laying Depth and Pipe Arc Length on the Mechanical Performance of Large-Diameter Cold-Water Pipes during Float-and-Sink Installation. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(8), 1–17.