

การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญในการเพิ่มศักยภาพการผลิตเห็ดปลอดภัยจากสารพิษ*

Development of an Expert System for Pesticide residue free of Mushrooms Production

ณัฐชามณูย์ ศรีจำเริญรัตน์ (Natchamol Srichumroenrattana)^{**}

เกล้ากัลยา ศิลาจันทร์ (Klaokanlaya Silachan)^{***}

วินัย บุญคง (Vinai Boonkong)^{****}

บทคัดย่อ

ปัจจุบันนี้ เกษตรกรส่วนใหญ่ยังพึ่งพาปัจจัยการผลิตในรูปแบบของสารเคมี ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อชีวิตความเป็นอยู่ สุขอนามัย และสิ่งแวดล้อม แม้ว่าภาครัฐจะมีนโยบายที่ให้เกษตรกรทำการเกษตรแบบปลอดสารพิษ แต่เกษตรกรขาดความรู้ ความเชี่ยวชาญ และผู้นำนวัตกรรมในการผลิตพืชผักที่ปลอดภัยจากสารพิษ ดังนั้น เพื่อให้องค์ความรู้ด้านการเพาะปลูกเห็ดปลอดภัยจากสารพิษที่เป็นประโยชน์เหล่านี้มีการจัดเก็บให้เป็นระบบ และสามารถเข้าถึงได้โดยเกษตรกรและประชาชนผู้ที่สนใจการเพาะปลูกเห็ดปลอดภัยจากสารพิษ ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูล ถอดความรู้จากผู้เชี่ยวชาญ และออกแบบระบบผู้เชี่ยวชาญในการเพิ่มศักยภาพการผลิตเห็ดปลอดภัยจากสารพิษให้แสดงความรู้ในรูปแบบกฎ (Rule-Base) ซึ่งประชากรที่ทำการศึกษาคือกลุ่มผู้เชี่ยวชาญในการเพาะปลูกเห็ดในพื้นที่จังหวัดตากที่วิจัภาคตะวันตกที่ได้รับการรับรองการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืช (GAP) จากนั้นจึงพัฒนาระบบให้แสดงผลในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชันเพื่อความสะดวกในการทำ ความเข้าใจแต่ละขั้นตอนการเพาะปลูก โดยระบบสามารถแนะนำปริมาณการปลูกเห็ดที่เหมาะสม และ กระบวนการเตรียมโรงเรือนไปจนถึงการเก็บเกี่ยว

คำสำคัญ : ระบบผู้เชี่ยวชาญ เห็ดปลอดภัยจากสารพิษ

* วัตถุประสงค์การเขียนบทความ: เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัย

** อาจารย์ ดร. สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

(Lecturer Dr., Department of Business Computer, Faculty of Management Science, Nakhon Pathom Rajabhat University. ,Email: k.natchamol@gmail.com)

*** อาจารย์ ดร. สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

(Lecturer Dr., Department of Computer Technology, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University. ,Email: klaokanlaya@gmail.com)

**** อาจารย์. สาขานิเทศศาสตร์ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

(Lecturer, Department of Communication Arts, Faculty of Management Science, Nakhon Pathom Rajabhat University. ,Email: Singburi.888@gmail.com)

Abstract

Nowadays, most farmers use chemical materials which affect human living, sanitation and environment. Although the government has a policy to encourage farmers do organic farming but the farmers lack of knowledge, expertise and advisors to produce safe and healthy vegetables. Therefore, to get the valuable knowledge of nontoxic mushroom cultivation and store in a system which is accessible by farmers and people who are interested in growing nontoxic mushrooms, we collected the data from experts and design the expert system for pesticide residue free of mushrooms production with rule-based knowledge. The study population is a group of experts in mushroom cultivation in the western area, which certified in Good Agricultural Practice (GAP). Then we develop a system in the form of a web application for ease of understanding each cultivation step and the system can recommend suitable mushroom planting and provide the knowledge from the preparation of the mushroom house until the harvest process.

Keywords: Expert System, Nontoxic Mushroom

บทนำ

ในแต่ละปีทั่วโลกจะมีการผลิตเห็ดประมาณ 4.27 ล้านตัน อันประกอบไปด้วยเห็ดแชมปิยอง เห็ดสกุลนางรม เห็ดหอม และเห็ดฟางเป็นส่วนใหญ่ (บุญสง, 2543) สำหรับประเทศไทยมีเห็ดสำหรับบริโภคเป็นสินค้าเกษตรที่มีมูลค่าสูงกว่า 12,000 ล้านบาทต่อปี ซึ่งผลผลิตส่วนใหญ่ในประเทศ คือเห็ดสกุลนางรม ซึ่งได้แก่ เห็ดนางฟ้าและเห็ดนางรม การเพาะเห็ดมีทั้งแบบเป็นอาชีพหลัก และอาชีพเสริม เนื่องจากสามารถสร้างรายได้ในระยะสั้น ลงทุนต่ำ ใช้พื้นที่น้อย ลดปัญหาจากการขาดแคลนน้ำที่เกิดจากสภาพอากาศแปรปรวนในปัจจุบัน (ศุภชัยและคณะ, 2561) และสามารถจำหน่ายได้ง่ายในชุมชน (สุภาพร และ ปริญญา, 2556) ดังงานวิจัยของ มณฑนา อินทะคง (มณฑนา, 2556) ที่ได้ศึกษาสภาพการเพาะเห็ดของเกษตรกร ตำบลปากช่อง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี พบว่าเกษตรกรมีรายได้ต่อคนจากการเพาะเห็ดเฉลี่ยสูงถึง 20,082.61 บาทต่อเดือน ด้วยรายจ่ายเฉลี่ย 11,274.53 บาทต่อเดือน และส่วนใหญ่ทำการเพาะเองทั้งหมดโดยไม่ต้องจ้างแรงงาน ส่วนงานวิจัยของสมศักดิ์ ทองมาก (สมศักดิ์, 2550) ที่วิเคราะห์การเงินของการลงทุนผลิตเห็ดยานางจังหวัดนครปฐม พบว่ากำไรสุทธิต่อปีของฟาร์มขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ เท่ากับ 34,016.78 บาท 93,686.04 บาท และ 1,223,563.50 บาท ตามลำดับ ซึ่งสรุปผลวิจัยว่าฟาร์มทุกขนาดมีความคุ้มค่าทางการเงินต่อการลงทุน แต่ในปัจจุบันนี้เกษตรกรส่วนใหญ่ยังนิยมพึ่งพาปัจจัยการผลิตในรูปแบบของสารเคมีและปุ๋ยเคมี ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อชีวิตความเป็นอยู่ สุขอนามัย และสิ่งแวดล้อม แม้ว่าภาครัฐก็มีนโยบายที่ให้เกษตรกรทำการเกษตรแบบปลอดสารพิษ แต่การขาดความรู้ ความเชี่ยวชาญ และผู้แนะนำวิธีการเพาะปลูกในการผลิตพืชผักที่ปลอดภัยจากสารพิษ ทั้งนี้ในบางชุมชนที่สามารถเข้าถึงแหล่งวิชาการจะสามารถปรึกษากับนักวิชาการเกษตรที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเพาะปลูก เผยแพร่ผลงาน ตอบปัญหาและชี้แจงเรื่องต่างๆ ทางด้านการเกษตรอยู่แล้ว เมื่อเกษตรกรประสบปัญหาทางด้านผลผลิต จึงมักไปขอคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดี ผู้เชี่ยวชาญอาจใช้หลักการของตนเองหรือผู้เชี่ยวชาญท่านใดท่าน

หนึ่งหรือหลายท่านมารวมกัน ซึ่งความรู้เหล่านี้จะถูกถ่ายทอดและเผยแพร่กับเกษตรกรในวงจำกัด จนทำให้ความรู้ที่มีประโยชน์กับเกษตรกรสูญหายไปตามกาลเวลา และไม่สามารถขยายผลหรือต่อยอดการเผยแพร่ให้ถึงนักวิชาการเกษตรและเกษตรกรส่วนใหญ่ได้ ดังนั้น เพื่อให้องค์ความรู้ด้านการเพาะปลูกเห็ดปลอดภัยจากสารพิษที่เป็นประโยชน์เหล่านี้มีการจัดเก็บให้เป็นระบบ ซึ่งสามารถเข้าถึงได้โดยนักวิชาการเกษตร เกษตรกร และประชาชนผู้ที่สนใจการเพาะปลูกเห็ดปลอดภัยจากสารพิษ การใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญ (กิตติ, 2546) จึงน่าจะเป็นระบบที่จะช่วยให้เกษตรกรหรือผู้สนใจการปลูกเห็ดปลอดภัยจากสารพิษสามารถวางแผนการเพาะปลูกและจัดการปัญหาที่พบในกระบวนการเพาะปลูกได้อย่างเป็นระบบและถูกต้อง

Brian Robinson (Robinson, 1996) กล่าวถึงการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีของเทคโนโลยีในด้านวิทยาศาสตร์การเกษตรและการจัดการว่าเป็นไปอย่างแพร่หลาย มีการใช้งานเพื่อช่วยเพิ่มศักยภาพ (อิติารัตน์, 2551; พวงเพชร, 2548; อุกฤษณ์, 2543) ในการผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก เช่นการใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญที่เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่รวบรวมความสามารถเฉพาะด้านของมนุษย์เพื่อการแก้ปัญหาด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการแก้ปัญหาทางการเกษตร เนื่องจากความสามารถในการจัดเก็บองค์ความรู้ทางการเกษตรที่มีอยู่ในพื้นที่และใช้ความรู้ในการแก้ปัญหา รวมถึงการควบคุมสิทธิเข้าสู่ระบบ นอกจากนั้น Mercy, P. และคณะ (Mercy et al., 2011) ยังได้กล่าวถึงระบบผู้เชี่ยวชาญว่าหมายถึง "โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ออกแบบมาเพื่อจำลองความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เชี่ยวชาญของมนุษย์" และ "ระบบที่ใช้ความรู้ของมนุษย์ในคอมพิวเตอร์เพื่อแก้ปัญหาที่ต้องใช้ความรู้ของมนุษย์" ซึ่งหมายความว่าระบบผู้เชี่ยวชาญสามารถใช้ความรู้ของมนุษย์ในการแก้ปัญหาที่ตามปกติจะต้องใช้ปัญญาของมนุษย์ โดยการแทนความรู้ความเชี่ยวชาญเป็นข้อมูลหรือกฎไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ กฎและข้อมูลเหล่านี้สามารถเรียกใช้เมื่อจำเป็นต้องแก้ปัญหา แต่ต้องมีกระบวนการอ่านและตีความความรู้เพื่อนำมาใช้ เหตุผลในการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญคือเพื่อให้สามารถช่วยให้คนจำนวนมากได้รับประโยชน์จากความรู้ของผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีหลายสาขาที่สำคัญ ได้แก่ ระบบการจัดการด้านการเกษตร ด้านการศึกษาด้านสภาพแวดล้อม และด้านการแพทย์ โดยประสบการณ์และความรู้ของผู้เชี่ยวชาญจะถูกเก็บในรูปแบบของกฎและข้อเท็จจริงที่ใช้ในการแก้ปัญหาโดยการตอบคำถามที่ถามโดยผู้ใช้ในหัวข้อที่หลากหลาย เช่น ในการควบคุมศัตรูพืชต้องฉีดพ่นการเลือกใช้สารเคมีในการฉีดพ่นอย่างไร การจัดการเครื่องจักรที่เหมาะสม การกู้คืนความเสียหายจากสภาพอากาศ เช่น น้ำค้างแข็งหรือภัยแล้ง เป็นต้น ซึ่งระบบผู้เชี่ยวชาญทางการเกษตรในปัจจุบันมีบทบาทในการวินิจฉัยและการจัดการปัญหาศัตรูพืชอย่างมีนัยสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น โรคและแมลงของพืช ทั้งนี้ Mansiya และคณะ (Mansiya et al., 2014) ได้นำเสนอปัญหาในการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ ประการแรกคือการที่ต้องใช้เทคนิคและเทคโนโลยีที่แตกต่างกันหลายชนิดในระบบๆ เดียวอย่างเหมาะสม ประการที่สองคือปัญหาการแทนความรู้ในสภาพแวดล้อมแบบบูรณาการ ส่วนประการที่สาม คือการที่ยังไม่มีวิธีการที่แม่นยำในการออกแบบระบบผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งควรประกอบไปด้วยขั้นตอนของการนำความรู้ที่ได้รับจากผู้เชี่ยวชาญแปลงเป็นฐานความรู้และใช้ฐานความรู้สร้างเป็นกฎออกมา

งานวิจัยพัฒนาระบบในลักษณะของระบบผู้เชี่ยวชาญในปัจจุบันนั้นได้มีนักพัฒนาทั้งชาวต่างชาติและชาวไทยได้พัฒนาไว้หลายงานด้วยกัน ตัวอย่างแรกคือ ระบบวางแผนรูปแบบการเพาะปลูกพืชโดยอาศัยปัจจัยด้านน้ำ (Gupta et al., 2000) ซึ่งใช้ปริมาณน้ำจาก 3 แหล่งด้วยกันคือ แหล่งน้ำใต้ดิน แหล่งน้ำบนดิน และน้ำฝนแล้วทำการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 30 ปี มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความเสี่ยงจากปัจจัยของปริมาณน้ำในการ

ทำการเกษตร ตัวอย่างที่สองคือระบบสนับสนุนเพื่อการตัดสินใจในการใช้สารเคมีกำจัดเชื้อรา “Potato Late Blight (PLB)” (Wharton et al., 2008) เป็นระบบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความเสี่ยงในการแพร่กระจายของโรค โดยช่วยในการคาดการณ์ปริมาณสารเคมีน้อยที่สุดที่ต้องใช้ และช่วงเวลาการฉีดพ่นที่เหมาะสมเพื่อป้องกันโรค โดยอาศัยข้อมูลความชื้นกับอุณหภูมิที่ได้รับจากสถานีตรวจอากาศ และสามารถทำงานได้บนเว็บไซต์ ตัวอย่างที่สามคือระบบสนับสนุนการตัดสินใจซึ่งใช้ในการคาดการณ์พันธุ์พืชไร่ในประเทศเดนมาร์ก (Jensen, 2001) เป็นระบบที่อาศัยการเก็บข้อมูลพื้นที่เพาะปลูก ฤดูกาลที่เพาะปลูก ปริมาณการเพาะปลูก และผลผลิตที่ได้รับจากผู้ซึ่งเป็นเกษตรกร ในการคัดเลือกสายพันธุ์พืชไร่ที่ให้ผลผลิตดีที่สุดและเหมาะสมต่อการเพาะปลูกตามพื้นที่และฤดูกาล และเนื่องจากระบบนี้เป็นระบบที่ทำงานบนเว็บไซต์ จึงมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลอยู่ตลอดเวลาทำให้การคาดการณ์สายพันธุ์พืชไร่ที่ดีที่สุดที่ปรับเปลี่ยนอยู่เสมอ ตัวอย่างที่สี่เป็นระบบที่ชื่อ แพลนอินโฟ (Pl@ntInfo) (Jensen, 2000) เป็นระบบที่ทำงานบนเว็บไซต์ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการเพาะปลูก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดผลกระทบจากโรคและแมลงศัตรูพืช โดยใช้ปัจจัยด้านพื้นที่เพาะปลูก และชนิดของพืชที่เลือกเพาะปลูก นอกจากนั้นระบบยังรวมเอาแนวคิดความเป็นส่วนบุคคลมาใช้ร่วมกับการให้คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญโดยตรง โดยผู้เชี่ยวชาญสามารถเข้าถึงข้อมูลพื้นฐานส่วนตัวบางอย่างของผู้ใช้ซึ่งลงทะเบียนไว้ในระบบ เพื่อให้คำแนะนำเพื่อการตัดสินใจต่อผู้ใช้ระบบได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้นอีกด้วย ตัวอย่างที่ห้าเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับพืชไร่โดยอาศัยตัวแบบความเสี่ยงของการปลูกพืชไร่ (Antonopoulou et al., 2010) ซึ่งอ้างอิงปัจจัยด้านโรคพืช แมลงศัตรูพืช ราคาขาย และพื้นที่เพาะปลูก ร่วมกับเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อเพิ่มความถูกต้องของข้อมูลสารสนเทศที่ได้จากระบบมากขึ้น ระบบนี้ทำงานบนเว็บซึ่งถูกใช้งานได้ทั้งจากเครื่องคอมพิวเตอร์ และโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยอาศัยการส่งข้อความสั้น (SMS) โดยสารสนเทศจากระบบจะสามารถช่วยให้ผู้ใช้ตัดสินใจได้ว่าพืชชนิดใดเหมาะสมกับผู้ใช้โดยอาศัยข้อมูลประสบการณ์การเพาะปลูกซึ่งถูกบันทึกไว้ในระบบ ตัวอย่างที่หก คือระบบวางแผนการปลูกป่าเพื่อการค้าทางตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศสหรัฐอเมริกา (Edward et al., 2005) ระบบนี้อาศัยการเลือกชนิดต้นไม้ที่เหมาะสมต่อพื้นที่ซึ่งดินเป็นปัจจัยหลักในการเลือกชนิดของต้นไม้ และการคำนวณรายได้ นอกจากนั้นระบบยังคำนึงถึงผลกระทบตามชนิดของต้นไม้ที่เลือกต่อพื้นที่เพาะปลูก โดยใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศช่วยในการระบุพื้นที่ปลูก รวมทั้งข้อมูลคุณลักษณะ และโครงสร้างของพื้นที่ที่เหมาะสมในการเพาะปลูก ส่วนตัวอย่างของระบบที่นักพัฒนาชาวไทยได้จัดทำขึ้นก็มีดังเช่น สุภัทรีชา แพรทอง (สุภัทรีชา, 2551) ที่ได้พัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อการผลิตอ้อยขึ้น โดยประกอบไปด้วยสองส่วนหลัก คือ ส่วนระบบประมวลผลและส่วนฐานข้อมูล ทั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้ฐานข้อมูล MySQL เป็นฐานความรู้ และพัฒนาส่วนหากฎที่สอดคล้องกันโดยโปรแกรม PHP ทั้งนี้ระบบสามารถช่วยเกษตรกรตัดสินใจได้ในเรื่อง การคัดเลือกพันธุ์อ้อยให้เหมาะสมกับพื้นที่ การแนะนำวิธีการจัดการดินและปุ๋ย และการวินิจฉัยโรคอ้อยเพื่อการป้องกันและควบคุม นอกจากนั้นยังมีระบบของ สหรัตน์ อารีราษฎร์ (สหรัตน์, 2553) ที่ได้เสนอแบบจำลองระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อแก้ปัญหาความซับซ้อนของปัจจัยที่หลากหลายในการวางแผนปลูกพืชเชิงผสม โดยแบบจำลองถูกออกแบบเพื่อค้นหาวิธีการที่ดีที่สุดในการวางแผนด้วยการประยุกต์ใช้การกำหนดการเชิงเส้นและปัจจัยในการเพาะปลูกอื่นๆ เพื่อคำนวณให้ได้รายได้สูงสุด แต่ผลการทดลองปรากฏว่าการใช้วิธีการกำหนดการเชิงเส้นสามารถให้ผลลัพธ์ด้านรายได้สูงสุด แต่ไม่เป็นไปตามแนวคิดด้านการลดความเสี่ยงทางเศรษฐกิจ แต่หากใช้แบบจำลองที่ได้จากปัจจัยการเพาะปลูกอื่นๆ สามารถลดความเสี่ยงด้านเศรษฐศาสตร์ลงได้

ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญในการเพิ่มศักยภาพการผลิตเห็ดปลอดภัยจากสารพิษขึ้นมา โดยระบบจะถูกพัฒนาและแสดงผลในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชันที่ใช้ภาพนำเสนอเพื่อความสะดวกในการทำ ความเข้าใจแต่ละขั้นตอนการเพาะปลูก ผู้ที่เกี่ยวข้องหลายๆ ฝ่ายสามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้อย่างกว้างขวาง โดยระบบจะแนะนำแผนการปลูกเห็ดที่เหมาะสมตั้งแต่การเตรียมโรงเรือนไปจนถึงการเก็บเกี่ยว และองค์ความรู้ในการปลูกเห็ดปลอดภัยจากสารพิษนี้จะอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เช่น ผู้เชี่ยวชาญทางการเพาะปลูก และหนังสือตำราต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

วิธีวิจัย

กรอบแนวคิดและขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้จะเป็นการพัฒนาต้นแบบระบบผู้เชี่ยวชาญในการเพิ่มศักยภาพการปลูกพืชปลอดภัยจากสารพิษ โดยเลือกกรณีศึกษาเป็นการผลิตเห็ดปลอดภัยจากสารพิษ ซึ่งจะเก็บข้อมูลจากฟาร์มเห็ดที่ใช้ระบบการเพาะปลูกแบบปลอดภัยจากสารพิษตามมาตรฐาน GAP จากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยองค์ความรู้จะถูกรวบรวมจากผู้มีประสบการณ์หรือผู้เชี่ยวชาญการเพาะปลูก ด้วยวิธีการใช้แบบสอบถาม การสัมภาษณ์ และการถ่ายภาพ ซึ่งการรวบรวมข้อมูลและออกแบบโครงสร้างของฐานความรู้ จะเป็นข้อมูลและโครงสร้างที่สามารถรองรับองค์ความรู้เพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญได้ โดยเน้นพัฒนาให้สามารถเริ่มต้นทำงานแล้วจัดเก็บองค์ความรู้ให้ได้ครบถ้วน รวมถึงการตรวจสอบความถูกต้องขององค์ความรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้เกษตรกรหรือผู้ที่สนใจการเพาะเห็ดสามารถใช้เพื่อเป็นข้อมูลช่วยในการตัดสินใจเพาะเห็ด โดยระบบจะมีส่วนที่ใช้ความรู้จากผู้เชี่ยวชาญมาช่วยตรวจสอบศักยภาพกำลังการผลิตของเกษตรกร และข้อมูลมีลำดับขั้นตอนในการเพาะเห็ด นอกจากนี้ยังจะมีการพัฒนาระบบชุมชนสังคมออนไลน์เพื่อให้เกษตรกรและนักวิชาการเกษตร สามารถใช้เป็นพื้นที่ในการถามตอบปัญหาและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นทั้งในเรื่องการปลูกเห็ดปลอดภัยจากสารพิษ ตลอดจนเป็นช่องทางแพร่ องค์ความรู้ในการผลิตในรูปแบบอื่นๆ ที่เกษตรกรเข้าใจได้ง่าย เช่น ภาพถ่าย และวิดีโอ

ประชากร กลุ่มตัวอย่าง และเครื่องมือวิจัย

ประชากรที่ทำการศึกษาคือเกษตรกรในพื้นที่ภูมิภาคตะวันตก โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นกลุ่มผู้เชี่ยวชาญในการเพาะปลูกเห็ดในพื้นที่จังหวัดภาคตะวันตก ได้รับการรับรองการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืช (Good Agricultural Practice: GAP) และยังคงทำการเพาะปลูกเห็ดตามแนวทางการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืช อันได้แก่ เกษตรกรในจังหวัดนครปฐมจำนวน 3 คน จังหวัดเพชรบุรี 1 คน จังหวัดราชบุรี 14 คน จังหวัดสุพรรณบุรี 4 คน จังหวัดกาญจนบุรี 1 คน และจังหวัดสมุทรสงคราม 1 คน รวมทั้งสิ้น 24 คน ซึ่งผู้วิจัยได้ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างจากฐานข้อมูล GAP DOA Online (<http://gap.doa.go.th>) ของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ส่วนกลุ่มผู้เรียนรู้เป็นกลุ่มผู้ที่สนใจเรียนรู้การการเพาะปลูกเห็ดปลอดภัยจากสารพิษ มีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ไม่จำกัดเพศและภูมิลำเนา ที่มีอายุ 18 ปีขึ้นไป ซึ่งผู้วิจัยได้ประกาศรับสมัครทั้งทางเครือข่ายสังคมออนไลน์และวิธีบอกต่อผ่านบุคคลที่รู้จัก จึงได้กลุ่มผู้เรียนรู้ที่เข้าเกณฑ์จำนวน 22 คน

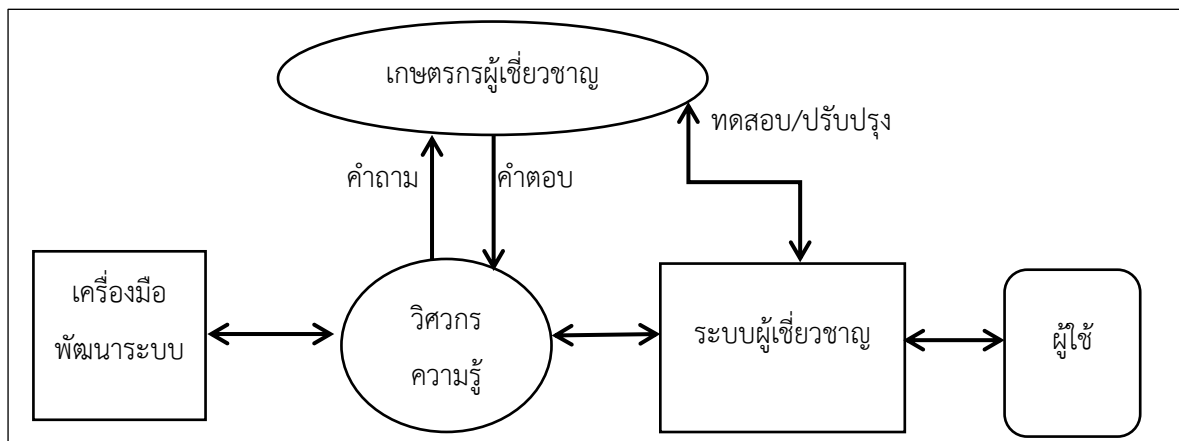
ในส่วน of เครื่องมือวิจัยที่ใช้ในโครงการวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามเชิงปริมาณในการเก็บข้อมูลจากเกษตรกรผู้เลี้ยงชาวนา โดยประกอบไปด้วย แบบสอบถามเชิงลึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อสอบถามขั้นตอน/วิธีการเพาะปลูกและคำถามเกี่ยวกับปัญหาและข้อเสนอแนะอื่นๆ ที่เกี่ยวกับการเพาะเห็ด และใช้แบบทดสอบความสมฤทธิ์ของชุดระบบผู้เลี้ยงชาวนาที่ได้พัฒนา โดยมีกระบวนการการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เริ่มจากผู้ยื่นวิจัยยื่นเรื่องเพื่อขอรับพิจารณาจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์และสัตว์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จากนั้นผู้วิจัยนำหนังสือขออนุญาตดำเนินการวิจัย ถึงผู้นำท้องถิ่น สำนักงานเกษตรจังหวัด เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์และ ขออนุญาตดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล สุดท้ายคณะผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ ด้วยการสัมภาษณ์ข้อมูลตามหัวเรื่อง อันได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมการแปลงเพาะปลูก ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการดูแลผลผลิต ปัจจัยและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับสภาพการเพาะปลูก ปัญหาในการเพาะปลูก และข้อเสนอแนะอื่นๆ ของเกษตรกร

ส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลและคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในโครงการวิจัย ผู้วิจัยได้ใช้การวิเคราะห์สองชนิด ชนิดแรกคือการหาคุณภาพเบื้องต้นของแบบทดสอบวัดผลสมฤทธิ์ เรื่อง การพัฒนาระบบผู้เลี้ยงชาวนา การเพิ่มศักยภาพการผลิตเห็ดปลอดภัยจากสารพิษ ในการเลือกกระบวนการที่คาดว่าจะให้ผลผลิตที่ดี โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 คน ซึ่งประกอบไปด้วยเกษตรกรผู้เลี้ยงชาวนาที่ได้รับการรับรอง GAP 1 คน และนักวิชาการทางด้านคอมพิวเตอร์วุฒิปริญญาเอก 2 คน ทำการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย (Indexes of Item-Objective Congruence : IOC) ซึ่งการประเมินจะใช้คำตอบจากผู้เลี้ยงชาวนาแปลงเป็นเกณฑ์ 3 ระดับ ได้แก่ 1) มีความเห็นสอดคล้องให้ระดับคะแนนเป็น +1 2) มีความเห็นว่ามีไม่แน่ใจ ให้ระดับคะแนนเป็น 0 และ 3) มีความเห็นว่ามีไม่สอดคล้องให้ระดับคะแนนเป็น -1 จากนั้นจึงนำคะแนนที่ได้ไปคำนวณดัชนีความสอดคล้อง ซึ่งหาได้จากคะแนนรวมหารด้วยจำนวนของผู้เลี้ยงชาวนา โดยกำหนดเกณฑ์คุณภาพ คือต้องได้ค่า 0.50 ขึ้นไป ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิทั้งสามได้ประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยว่ามีความสอดคล้องกันทุกข้อคำถามด้วยคะแนนเต็มจึงได้ค่า IOC เท่ากับ 1.0 ทั้งเอกสารสัมภาษณ์และแบบสอบถามผู้เลี้ยงชาวนาสำหรับถอดองค์ความรู้ แบบสอบถามความพึงพอใจต่อผลการใช้งานระบบจากผู้เลี้ยงชาวนาที่ได้ให้ข้อมูลเพื่อถอดองค์ความรู้ แบบสอบถามความพึงพอใจโครงการฝึกอบรมแบบสอบถามประเมินผลสมฤทธิ์การเรียนรู้ระบบและแบบสอบถามความพึงพอใจผู้เข้าอบรม

การวิเคราะห์ส่วนที่สองคือการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับแบบทดสอบความสมฤทธิ์ของชุดระบบผู้เลี้ยงชาวนาที่ได้พัฒนาในโครงการวิจัย ด้วยการใช่วิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการเปรียบเทียบความสมฤทธิ์ผลของประชากรตัวอย่างจำแนกตามกระบวนการโดยใช้ค่าสถิติเปรียบเทียบ คือ T-test ใช้เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูล 2 กลุ่ม

การออกแบบและพัฒนาระบบผู้เลี้ยงชาวนา

การออกแบบและพัฒนาระบบผู้เลี้ยงชาวนาในงานวิจัยนี้ ใช้กระบวนการวิศวกรรมความรู้ ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นวิศวกรความรู้ในการเสาะหาความรู้จากแหล่งความรู้ แล้วจึงทำการเลือกเครื่องมือในการพัฒนา พัฒนาเป็นระบบต้นแบบ จากนั้นจึงทำการทดสอบและปรับปรุงจนได้ระบบที่สมบูรณ์



รูปที่ 1 กระบวนการวิศวกรรมความรู้

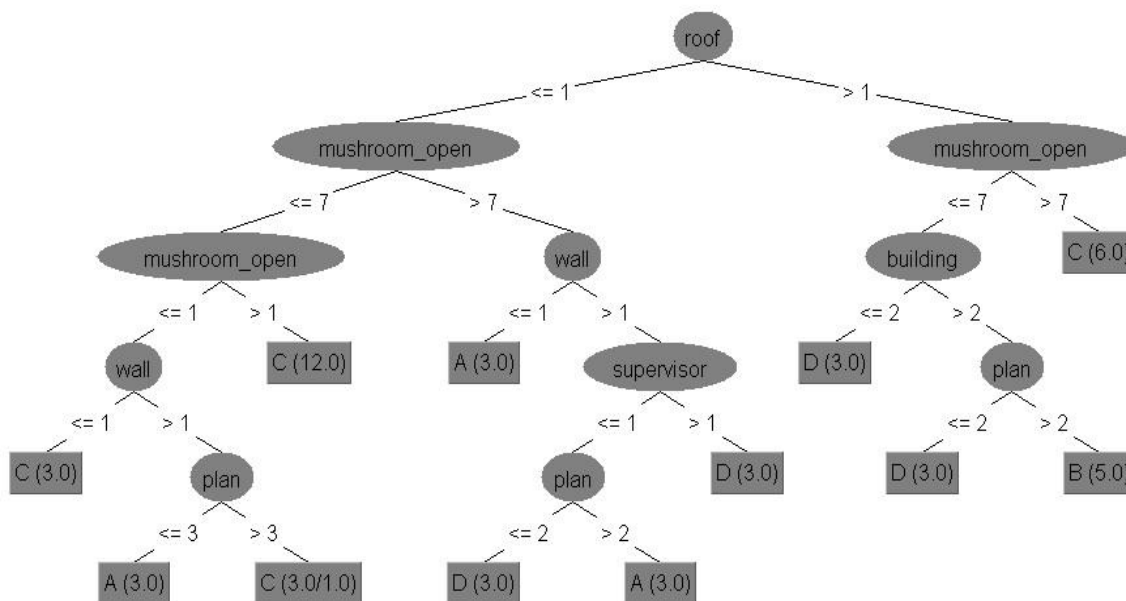
ผลการวิจัย

ผลการสกัดความรู้จากผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสกัดความรู้ความชำนาญจากเกษตรกรผู้เชี่ยวชาญการเพาะเห็ดนางฟ้า โดยแบ่งหัวข้อความรู้ตามข้อมูลสามส่วนหลัก ได้แก่ ข้อมูลเบื้องต้น การเตรียมการเพาะปลูก และการดำเนินการเพาะปลูก ทั้งนี้ ในส่วนแรกซึ่งคือข้อมูลเบื้องต้นที่สำคัญนั้นประกอบไปด้วย งบประมาณในการลงทุน จำนวนผู้ดูแลการเพาะปลูก วัสดุที่นำมาทำผนังและหลังคาโรงเรือน สิ่งให้ร่มเงาโรงเรือน ขนาดโรงเรือน และจำนวนก้อนเห็ดในการเพาะปลูก ในส่วนที่สองซึ่งเป็นการเตรียมการเพาะปลูกนั้นประกอบไปด้วย ขั้นตอนวิธีการวางแผนการเพาะเห็ด ขั้นตอนการเตรียมหัวเชื้อเห็ด ขั้นตอนการเตรียมก้อนเห็ด ขั้นตอนการหยอดเชื้อและบ่มก้อนเชื้อเห็ด และขั้นตอนวิธีการเตรียมโรงเรือนเพาะเห็ด ในส่วนที่สามซึ่งเป็นการดำเนินการเพาะปลูกนั้น ประกอบไปด้วย วิธีการให้น้ำก้อนเห็ด จำนวนการให้น้ำต่อวัน ลักษณะการจัดวางก้อนเห็ดในโรงเรือน วิธีการเปิดดอก วิธีการเก็บดอกเห็ด สภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเพาะปลูก และการแก้ปัญหาเมื่อพบปัญหาต่าง ๆ เช่น เชื้อในถุงไม่เดิน ก้อนเชื้อเดินเต็มก้อนแต่ไม่ออกดอก หนองแมลง ไร ราดำ และราเมือก เป็นต้น

จากผลการเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 24 ราย พบว่า ผู้เชี่ยวชาญการเพาะเห็ดตามมาตรฐาน GAP ได้ลงทุนสร้างโรงเรือนในช่วงราคา 15,000 – 120,000 บาท ต่อโรงเรือน ขึ้นกับขนาดและวัสดุที่ใช้ทำโรงเรือน โดยใช้วัสดุทำหลังคาและผนังโรงเรือนด้วยสังกะสี เมทัลชีท ใบจาก ใบแฝก และสแลน และตั้งโรงเรือนในพื้นที่ที่ใกล้ต้นไม้เพื่อช่วยรักษาความชื้นในโรงเรือน ส่วนการเพาะเห็ด มี 9 ราย ที่ไม่ได้เตรียมก้อนเชื้อเอง และอีก 15 รายเตรียมก้อนเชื้อเอง ส่วนการจัดวางก้อนเห็ด ส่วนใหญ่จะจัดวางแบบเป็นชั้นซ้อนทับกัน 2 – 6 ชั้น มีเพียงสามรายซ้อนทับกัน 10 – 15 ชั้น และเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่จะให้น้ำก้อนเห็ดด้วยการรดด้วยสายยาง มีเพียงรายเดียวที่ใช้ระบบพ่นหมอก โดยรดน้ำเฉลี่ย 2 – 4 ครั้งต่อวัน นอกจากนี้ยังมีข้อมูลในส่วนของการแก้ปัญหาต่าง ๆ เช่น ปัญหาก้อนเห็ดไม่ออกดอกที่ส่วนใหญ่จะแก้โดยการปรับสภาพอากาศและสารอาหาร หรือปรับหน้าก้อนเห็ด ปัญหาหนองแมลงจะแก้โดยการฉีดสารชีวภาพหรือแยกก้อนออกไปทิ้ง แต่ถ้าเป็นปัญหาราดำ ราเมือก ส่วนใหญ่จะใช้วิธีแยกออกไปทำลาย เป็นต้น

ทั้งนี้ งานวิจัยนี้ได้ใช้การแทนความรู้ในรูปแบบของ การตัดสินใจแบบต้นไม้ (Decision Tree) เนื่องจากเป็นวิธีที่ค่อนข้างง่ายต่อการใช้งาน โดยมีองค์ประกอบหลัก 2 ส่วน ก็คือ โหนด (Node) ใช้สำหรับการแทนความรู้ที่เป็นเป้าหมาย และลิงค์ (Links) ใช้แทนการเชื่อมโยงการตัดสินใจ ซึ่งผู้วิจัยได้แทนความรู้ที่ได้มาในรูปแบบการตัดสินใจแบบต้นไม้ด้วยอัลกอริทึม C4.5 (Quinlan, 1993) หรือที่เรียกว่า J48 บนโปรแกรม WEKA ได้ตั้งแสดงในรูปแบบที่ 2 โดยผู้วิจัยได้ใช้วิธีการแบ่งข้อมูลเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลแบบ 10-fold cross-validation ที่ให้ผลที่มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งวิธีนี้จะทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นสิบส่วน โดยที่แต่ละส่วนมีจำนวนข้อมูลเท่ากัน โดยในรอบแรกข้อมูลส่วนที่ 1 จะถูกใช้เป็นตัวทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลกับข้อมูลส่วนอื่นๆ จากนั้นในรอบถัดไปจะเปลี่ยนไปใช้ข้อมูลชุดอื่นเป็นตัวทดสอบประสิทธิภาพ จนครบทั้งสิบชุดที่แบ่งไว้



รูปที่ 2 แผนผังต้นไม้ของข้อมูลการเพาะปลูกเห็ดที่ได้มาด้วยวิธี C4.5

ผลการพัฒนาระบบ

ระบบผู้เชี่ยวชาญที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นนั้น ประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ส่วนการเข้าสู่ระบบ ส่วนของระบบผู้เชี่ยวชาญ ส่วนของระบบถาม-ตอบ ส่วนแสดงขั้นตอนการทำเห็ด และส่วนของผู้ดูแลระบบ โดยผู้วิจัยได้สร้างระบบไว้บนเว็บไซต์ “การพัฒนาผู้เชี่ยวชาญในการเพิ่มศักยภาพการผลิตเห็ดปลอดภัยจากสารพิษ” ที่สามารถเข้าใช้ได้ที่ <http://mushroom-npru.com/index.php> โดยมีหน้าจอหลักดังแสดงในรูปที่ 3 และมีวิธีการใช้งานระบบแต่ละส่วนดังต่อไปนี้



รูปที่ 3 หน้าแรกของเว็บไซต์ระบบฯ

1) ส่วนระบบผู้เชี่ยวชาญ

ในส่วนของระบบผู้เชี่ยวชาญนี้เป็นส่วนที่ผู้ใช้หรือเกษตรกรสามารถประเมินศักยภาพในเบื้องต้นของตนเองก่อนเริ่มต้นเพาะปลูกเห็ด โดยความสามารถของระบบนี้จะประเมินจำนวนก้อนเห็ดที่เหมาะสมกับความพร้อมของเกษตรกร ซึ่งจะทำการตรวจสอบจากข้อมูลที่เกษตรกรให้ก่อนการเพาะปลูก โดยผลลัพธ์จะเป็นการประมาณจำนวนก้อนเห็ดที่เกษตรกรสามารถดูแลจัดการได้ หรือเกษตรกรอาจจะสามารถประเมินการสร้างโรงเรือนเพาะปลูกก้อนเห็ดตามจำนวนก้อนเห็ดที่ระบบประมวลผลผลลัพธ์ให้นั่นเอง การเข้าถึงระบบสามารถเข้าได้โดยคลิกที่เมนูระบบผู้เชี่ยวชาญ หรือ เข้าโดยตรงที่ <http://mushroom-npru.com/expert.php> โดยระบบจะให้ใส่ข้อมูลเพื่อตรวจสอบศักยภาพของเกษตรกรเพื่อทำการประมาณการจำนวนก้อนเห็ดที่เหมาะสมในการเพาะปลูก โดยตัวเลือกสำหรับการตัดสินใจนั้นประกอบไปด้วย วัสดุที่ใช้ทำหลังคา วิธีการวางเรียงก้อนเห็ด ผนังที่ใช้ทำโรงเรือน จำนวนผู้ดูแลโรงเห็ด วิธีการอบก้อนเห็ด และอื่นๆ จากนั้นระบบจะแสดงผลจำนวนก้อนเห็ดที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกรที่จะทำการดูแลได้ดังรูปที่ 4

ตรวจสอบศักยภาพเกษตรกร		
เลือกวัสดุที่ใช้ทำหลังคาโรงเรือน	ใบจากหรือใบแฝกหรือหญ้าคา	จำนวนก้อนเห็ดที่เหมาะสม
รูปแบบการวางก้อนเห็ดในโรงเรือน	แบบเป็นชั้น	จำนวน 20,000 ก้อน
จำนวนครั้งในการให้น้ำต่อวัน	2 ครั้ง	
จำนวนผู้ดูแล	1	
วัสดุที่ใช้ทำผนังโรงเรือน	เมทสซีทและสังกะสี	
ย้อนกลับ		

รูปที่ 4 ผลการตรวจสอบศักยภาพ

2) ส่วนระบบถาม-ตอบ

ส่วนระบบถาม-ตอบ เป็นส่วนที่ผู้เข้าใช้ระบบสามารถสอบถามแลกเปลี่ยนความรู้ ปัญหา หรือข้อสงสัยในการเพาะปลูกเห็ดนางฟ้า โดยการตั้งคำถามหรือการตอบคำถามที่หน้าเว็บไซต์ เป็นการถามเพื่อให้ผู้มีประสบการณ์ในการเพาะปลูกเห็ดที่เฝ้าพบข้อสงสัยและสามารถแก้ปัญหาได้นั้นเอง หรือผู้เข้าใช้ระบบท่านอื่นก็สามารถเข้ามาตอบคำถามนั้นได้เช่นกัน ส่วนการเข้าถึงระบบสามารถเข้าโดยคลิกที่เมนูระบบถาม-ตอบ หรือเข้าโดยตรงที่ <http://mushroom-npru.com/question.php> โดยการใช้ระบบเพื่อเข้าสู่หน้าระบบถาม – ตอบ และตั้งคำถามหรือข้อสงสัยเกี่ยวกับการเพาะปลูก โดยผู้ใช้งานจำเป็นต้องสมัครเป็นสมาชิกเพื่อเข้าสู่ระบบและยืนยันตัวตนก่อนการใช้งาน เพื่อให้ผู้เข้าใช้ระบบท่านอื่นๆ สามารถรู้แหล่งที่มาของคำถามและคำตอบนั้นเอง และเมื่อยืนยันตัวตนเพื่อเข้าสู่ระบบได้แล้วจะสามารถเข้าสู่หน้าของระบบถาม – ตอบ ดังแสดงในรูปที่ 5 และจะปรากฏหน้ารายการคำถามทั้งหมดที่มีผู้เข้าใช้ระบบรายอื่นได้ตั้งคำถามไว้ โดยผู้ใช้สามารถตั้งคำถาม ข้อสงสัยหรือปัญหาที่พบ เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้กับผู้เข้าใช้ระบบท่านอื่นๆ

ระบบถาม-ตอบ			
โพสค์			
ปัจจัยและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับสภาพการเพาะปลูก - ปัจจัยหรือสภาพแวดล้อมใดที่เกี่ยวข้องกับการเพาะปลูกเห็ด	7 View	3 คำตอบ	test 6 วันที่แล้ว
วิธีแก้ปัญหาเมื่อพบเชื้อในถุงไม่เดิน - ถ้าเชื้อในถุงไม่เดินควรทำอย่างไร	16 View	8 คำตอบ	test 6 วันที่แล้ว
วิธีแก้ปัญหาเมื่อพบเชื้อเดินเต็มก่อนแต่ไม่ออกดอก - เชื้อเดินเต็มก่อนแล้ว แต่ทำไมไม่มีดอก	15 View	13 คำตอบ	test 6 วันที่แล้ว

รูปที่ 5 หน้าจอสระบบถาม-ตอบ หลังการเข้าสู่ระบบ

3) ส่วนขั้นตอนการทำเห็ด

เป็นส่วนที่ผู้เข้าใช้ระบบสามารถดูวิธีการทำเห็ดขั้นตอนต่าง ๆ โดยภายในแต่ละขั้นตอนจะมีรายละเอียด คลิปวิดีโอ และภาพประกอบของขั้นตอนนั้น ๆ ให้ผู้เข้าใช้ระบบที่เข้าชมสามารถรู้และเข้าใจขั้นตอนได้ง่ายขึ้น โดยการเข้าสู่หน้าขั้นตอนการทำเห็ดนั้นสามารถเข้าได้จากปุ่มเมนู “ขั้นตอนการทำเห็ด” หรือเข้าจากหน้าเว็บไซต์โดยตรงที่ <http://mushroom-npru.com/stage.php> จากนั้นจะสามารถดูรายละเอียดต่าง ๆ ในการทำเห็ดแต่ละขั้นตอน ดังในรูปที่ 6

ขั้นตอนการทำเห็ด

ลำดับขั้นตอน	รูปภาพ	วิดีโอ
การจัดเตรียมโรงเรือน บริเวณรอบโรงเรือนเพาะเห็ด	รูปภาพ	วิดีโอ
ส่วนผสม ส่วนผสมในการทำเห็ด -ขี้เลื่อย -รำละเอียด -ภูไมท์ -ดีเกลือ -ปูนขาว -แป้งข้าวเหนียว -น้ำตาลกลูโคส หลังจากทำก่อนเชื้อเสร็จแล้ว จะทำการอบ ซึ่งจำเป็นต้องให้ไค้ 100 องศา ก่อนแล้วทำการทิ้งอบเอาไว้เป็นเวลา 3 ชม.	รูปภาพ	วิดีโอ
ส่วนผสมของเชื้อเห็ด ส่วนผสมของเชื้อเห็ดประกอบด้วย 1. มันฝรั่ง 2. รุน PDA 3. ข้าวฟ่าง เชื้อเห็ด ทำการหมักเชื้อในโรงสัปดาห์หลังจากทำการอบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว	รูปภาพ	วิดีโอ
วิธีผสมก่อน นำส่วนผสม ขี้เลื่อย รำละเอียด ภูไมท์ ดีเกลือ ปูนขาว แป้งข้าวเหนียว และ น้ำตาลกลูโคส มาผสมด้วยเครื่องผสม ทำการผสมทิ้ง 7 มาผสมกัน ประมาณ 20-30 นาที หลังจากนั้นก็ นำน้ำใส่ลงไปผสมต่ออีก 10-20 นาที เพื่อให้เกิดความชื้น ถึงว่าเสร็จเรียบร้อยแล้ว	รูปภาพ	วิดีโอ
วิธีการนำส่วนผสมใส่ถุง บรรจุขี้เลื่อยใส่ถุงพลาสติกทนร้อน น้ำหนัก 8-10 กิโล กระแทกกับพื้นพอประมาณ และทุบให้แน่นพอประมาณ 2 ใน 3 ของถุง	รูปภาพ	วิดีโอ
วิธีการทำสำลีปิดคอขวด นำสำลีพอประมาณใส่คอขวด เพื่อเตรียมจะนำปิดปากก่อน	รูปภาพ	วิดีโอ
วิธีการอัดก้อนเห็ดด้วยเครื่องและด้วยมือ อัดก้อนให้แน่นด้วยเครื่องหรือด้วยมือปล่อย	รูปภาพ	วิดีโอ
วิธีการเลือกเชื้อจากเห็ดและวิธีการหยอดเชื้อจากเห็ดลงวัน เลือกเชื้อที่มีเป็นดอก ขึ้นในถุงมาก ดอกพอประมาณ ทำการนำเชื้อจากดอกเห็ดมาหยอดใส่วัน แต่ก่อนอื่น ควรทำความสะอาดทุกขั้นตอนในการหยอดเชื้อลงวัน	รูปภาพ	วิดีโอ
วิธีการหยอดวันลงเชื้อ ควรทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้ทำงาน แล้วนำวันหยอดลงเชื้อข้าวฟ่าง	รูปภาพ	วิดีโอ
วิธีเปิดดอก จับได้ก้อนเห็ด แล้วทำการหมุนสำลีออกจากคอขวด แล้วเปิดปากถุงให้หมดแล้วนำคอขวดออก	รูปภาพ	วิดีโอ
วิธีแก้ไขปัญหามในการทำก่อนเขื่อนกัน จะทำการแก้ปัญหาด้วยการหมักก้อนเชื้อ เพียงครั้งก่อน ในกรณีที่ทำก้อนเชื้อไม่ขึ้น	รูปภาพ	วิดีโอ

รูปที่ 6 หน้าแสดงรายการภาพและวิดีโอขั้นตอนการทำเห็ด

การประเมินผลของโครงการวิจัย

ผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญในการเพาะเห็ดประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญที่ได้ประเมินระบบนี้เป็นเกษตรกรผู้เพาะเห็ดที่ได้รับการรับรอง GAP จำนวน 21 คน โดยผลความพึงพอใจในภาพรวมต่อการใช้งานระบบจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในเกณฑ์ ดี โดยมีค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อการประเมินที่มีคะแนนเต็ม 5 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญต่อการใช้งานระบบ

หัวข้อการประเมิน	ค่าเฉลี่ยการประเมิน
ความสวยงามทันสมัยและน่าสนใจ	4.33
ความสามารถในการนำไปใช้ประโยชน์	4.52
ความพึงพอใจในภาพรวมต่อการใช้งานระบบ	4.29
การออกแบบเป็นหมวดหมู่ เมนูไม่ซับซ้อน	4.38
ความรวดเร็วในการแสดงภาพ ตัวอักษร และข้อมูลต่างๆ	4.38
การแบ่งหมวดหมู่เนื้อหาที่เข้าใจง่าย	4.52
เนื้อหา มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย	4.43
การเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการได้อย่างสะดวกรวดเร็ว	4.33
เนื้อหาที่น่าสนใจมีความถูกต้อง ครบถ้วน ทันสมัย	4.38
ได้รับความรู้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ	4.38
รูปแบบระบบผู้เชี่ยวชาญใช้งานได้สะดวกและรวดเร็ว	4.43
ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญมีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน	4.48
ระบบควบคุมสิทธิผู้ใช้งานได้อย่างถูกต้อง	4.48
ระบบสามารถรักษาความปลอดภัยน่าเชื่อถือ	4.48
ระบบกำหนดรหัสผู้ใช้และรหัสผ่านในการตรวจสอบผู้เข้าใช้ระบบ	4.52

ในส่วนของการประเมินประสิทธิภาพของระบบ ผู้เชี่ยวชาญได้ทำการประเมินในส่วนต่างๆ ของระบบ อันได้แก่ ส่วนของระบบผู้เชี่ยวชาญ ส่วนระบบถาม-ตอบ ส่วนระบบมีมติมีเดียแนะนำเสนอวิธีการเพาะปลูก และส่วนของภาพประกอบการเพาะปลูก ซึ่งในส่วนของการประเมินผู้เชี่ยวชาญได้ถูกทดสอบจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 21 คน เป็นจำนวนการทดสอบรวม 112 ครั้ง ให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง 111 ครั้ง ผิดพลาด 1 ครั้ง ส่วนระบบถาม-ตอบ ได้ถูกทดสอบเป็นจำนวน 107 ครั้ง ให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง 106 ครั้ง ผิดพลาด 1 ครั้ง ส่วนระบบมีมติมีเดียแนะนำเสนอวิธีการเพาะปลูกถูกทดสอบจำนวน 106 ครั้ง ถูกต้องทั้ง 106 ครั้ง และส่วนภาพประกอบการเพาะปลูกได้ถูกทดสอบเป็นจำนวน 109 ครั้ง ให้ผลถูกต้อง 107 ครั้ง ผิดพลาด 2 ครั้ง

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ให้เกษตรกรและผู้สนใจในการเพาะเห็ดประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบ ซึ่งผู้ที่ได้ประเมินระบบนี้มีจำนวน 22 คน เป็นผู้เข้าร่วมโครงการฝึกอบรมการเพาะปลูกและการใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญในการเพิ่มศักยภาพการผลิตเห็ดปลอดภัยจากสารพิษ ประกอบไปด้วย นักวิชาการจำนวน 1 คน นักวิชาการเกษตรจำนวน 2 คน เกษตรกรจำนวน 6 คน นักศึกษาจำนวน 7 คน และอาชีพอื่นๆ จำนวน 6 คน โดยผลความพึงพอใจในภาพรวมของการใช้งานระบบอยู่ในเกณฑ์ ดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อการประเมิน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลความพึงพอใจของเกษตรกรและผู้สนใจต่อการใช้งานระบบ

หัวข้อการประเมิน	ค่าเฉลี่ยการประเมิน
ความสวยงามทันสมัยและน่าสนใจ	4.18
ความสามารถในการนำไปใช้ประโยชน์	4.55
ความพึงพอใจในภาพรวมต่อการใช้งานระบบ	4.55
การออกแบบเป็นหมวดหมู่ เมนูไม่ซับซ้อน	4.32
ความรวดเร็วในการแสดงภาพ ตัวอักษร และข้อมูลต่างๆ	4.32
การแบ่งหมวดหมู่เนื้อหาที่เข้าใจง่าย	4.45
เนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย	4.82
การเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการได้อย่างสะดวกรวดเร็ว	4.64
เนื้อหาที่น่าสนใจมีความถูกต้อง ครบถ้วน ทันสมัย	4.55
ได้รับความรู้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ	4.64
รูปแบบระบบผู้เชี่ยวชาญใช้งานได้สะดวกและรวดเร็ว	4.59
ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญมีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน	4.55
ระบบควบคุมสิทธิ์ผู้ใช้งานได้อย่างถูกต้อง	4.45
ระบบสามารถรักษาความปลอดภัยน่าเชื่อถือ	4.59
ระบบกำหนดรหัสผู้ใช้และรหัสผ่านในการตรวจสอบผู้เข้าใช้ระบบ	4.55

การถ่ายทอดองค์ความรู้

ผู้วิจัยได้จัดการถ่ายทอดองค์ความรู้ของงานวิจัยผ่านโครงการฝึกอบรมปฏิบัติการการเพาะปลูกและการใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญในการเพิ่มศักยภาพการผลิตเห็ดปลอดภัยจากสารพิษ ที่จัดขึ้นเมื่อวันเสาร์ที่ 11 พฤศจิกายน 2560 และ วันเสาร์ที่ 16 ธันวาคม 2560 เวลา 9.00 – 17.00 น. ณ ห้อง 8405 ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ซึ่งมีเกษตรกรและผู้สนใจเข้าร่วมอบรมเป็นจำนวน 22 คน

โดยในวันเสาร์ ที่ 16 ธันวาคม 2560 ที่เป็นวันอบรมวันแรกนั้น ผู้วิจัยได้จัดอบรมปฏิบัติการในเรื่องของการเพาะเห็ดนางฟ้าเบื้องต้น โดยมี คุณเคียงเดือน ชูก้าน และ อ.ดร.กายรัฐ เจริญราษฎร์ เป็นวิทยากร ทั้งนี้เมื่อเสร็จสิ้นการอบรม ผู้วิจัยได้ทำการมอบก่อนเชื้อเห็ดที่เชื้อเดินเต็มก้อนแล้ว ให้แก่ผู้เข้าอบรมคนละ 100 ก้อน เพื่อให้กลับไปทำการเพาะที่บ้าน โดยใช้องค์ความรู้จากการอบรมและจากระบบผู้เชี่ยวชาญในการเพิ่มศักยภาพการผลิตเห็ดปลอดภัยจากสารพิษ โดยในอีก 1 เดือนต่อมาที่ผู้วิจัยจะจัดการอบรมอีกครั้ง ผู้วิจัยจะได้ให้ผู้เข้าอบรมมาร่วมอภิปรายปัญหาในการเพาะเห็ด รวมถึงปัญหาและรายละเอียดต่างๆ ในการใช้งานระบบฯ

หลังจากนั้น ในวันอบรมครั้งที่สอง ที่จัดในวันเสาร์ที่ 16 ธันวาคม 2560 ผู้วิจัยได้เชิญ อ.ดร.กายรัฐ เจริญราษฎร์ เป็นวิทยากรในการอบรมปฏิบัติการการใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญในการเพิ่มศักยภาพการผลิตเห็ดปลอดภัยจากสารพิษ ตลอดจนการให้ผู้อบรมร่วมอภิปรายปัญหาในการเพาะเห็ดที่ได้นำไปปลูกเป็นระยะเวลาเดือนเศษ และวิพากษ์ปัญหาและรายละเอียดต่างๆ ในการใช้งานระบบฯ เพื่อให้ผู้อบรมได้องค์ความรู้จากการวิจัยนี้ไปอย่างยั่งยืน

สรุปผลการวิจัย

ในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญในการเพิ่มศักยภาพการผลิตเห็ดปลอดภัยจากสารพิษนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูล ถอดความรู้จากผู้เชี่ยวชาญ และออกแบบระบบให้แสดงความรู้ในรูปแบบกฎ (Rule-Base) ซึ่งประชากรที่ทำการศึกษาคือกลุ่มผู้เชี่ยวชาญในการเพาะปลูกเห็ดในพื้นที่วิจัยภาคตะวันตก ได้รับการรับรองการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืช (Good Agricultural Practice: GAP) อันได้แก่ เกษตรกรในจังหวัดนครปฐม เพชรบุรี ราชบุรี สุพรรณบุรี กาญจนบุรี และจังหวัดสมุทรสงคราม รวมทั้งสิ้น 24 คน จากนั้นจึงพัฒนาระบบให้แสดงผลในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชันที่ภาพนำเสนอเพื่อความสะดวกในการทำ ความเข้าใจแต่ละขั้นตอนการเพาะปลูก โดยระบบประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ส่วนการเข้าสู่ระบบ ส่วนของระบบผู้เชี่ยวชาญประเมินศักยภาพในเบื้องต้นของเกษตรกร ส่วนของระบบถาม-ตอบ ส่วนแสดงขั้นตอนการทำ เห็ด และส่วนของผู้ดูแลระบบ โดยผู้วิจัยได้สร้างระบบไว้บนเว็บไซต์ “การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญในการเพิ่ม ศักยภาพการผลิตเห็ดปลอดภัยจากสารพิษ” ที่สามารถเข้าใช้ได้ที่ <http://mushroom-npru.com/index.php>

เมื่อการพัฒนาระบบเสร็จสิ้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการประเมินผลของโครงการวิจัยโดยการให้ผู้เชี่ยวชาญที่เป็นเกษตรกรผู้เพาะเห็ดที่ภายใต้การรับรอง GAP จำนวน 21 คนมาประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบ และประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญให้ผลความพึงพอใจในภาพรวมต่อการใช้งานระบบอยู่ในเกณฑ์ดี และระบบมีประสิทธิภาพที่ดีด้วยอัตราการทำงานที่ถูกต้อง 430 ครั้ง จากการทดสอบ 434 ครั้ง นอกจากนี้ ผู้วิจัยยัง ได้ให้เกษตรกรและบุคคลทั่วไปที่สนใจการประกอบอาชีพเพาะเห็ดจำนวน 22 คน อันประกอบไปด้วย นักวิชาการ นักวิชาการเกษตร เกษตรกร นักศึกษา และอาชีพอื่นๆ มาประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบ โดยผลความพึงพอใจในภาพรวมของการใช้งานระบบอยู่ในเกณฑ์ ดีมาก นอกจากนั้นผู้วิจัยยังได้จัดการถ่ายทอด องค์ความรู้ของงานวิจัยผ่านโครงการฝึกอบรมปฏิบัติการการเพาะปลูกและการใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญในการเพิ่ม ศักยภาพการผลิตเห็ดปลอดภัยจากสารพิษ ที่จัดขึ้นเมื่อวันเสาร์ที่ 11 พฤศจิกายน 2560 และ วันเสาร์ที่ 16 ธันวาคม 2560 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ซึ่งมีเกษตรกรและผู้สนใจเข้าร่วมอบรมเป็น จำนวน 22 คน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม สาขา เทคโนโลยีสารสนเทศและนิเทศศาสตร์ กลุ่มวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ประจำปี 2560 นอกจากนี้ คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณ ที่ปรึกษาโครงการวิจัย รองศาสตราจารย์.ดร.ปานใจ ธารทัศน์วงศ์ คุณไพสิฐ เกตุสถิตย์ และคุณ ไพฑูรย์ รื่นสุข ที่ให้คำแนะนำตลอดจนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ท้ายสุดนี้ขอขอบคุณหน่วยงาน ต่างๆ ที่ให้ความร่วมมือและให้การอนุเคราะห์ข้อมูล เช่น สำนักงานเกษตรจังหวัดสุพรรณบุรี สำนักงานเกษตร จังหวัดนครปฐม สำนักงานเกษตรจังหวัดกาญจนบุรี สำนักงานเกษตรจังหวัดราชบุรี สำนักงานเกษตรจังหวัด สมุทรสงคราม สำนักงานเกษตรจังหวัดสมุทรสาคร สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี ที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลและ ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยและอนุเคราะห์ประสานงานกับเกษตรกรเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

Arreeras, S. (2010). “rabop phūchīeochān phūā kānwāngphæñ nai kān pluḥ phak choēng phasom” [An Expert System for Planning in Multiple-Vegetable Growing]. Master Thesis in Information Science in Information Technology, Suranaree University of Technology.

สหรัตน์ อารีราษฎร์. (2553). ระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อการวางแผนในการปลูกผักเชิงผสม. วิทยานิพนธ์ วิทยาการสารสนเทศมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

Inthakong, M. (2013). “kānsuksā saphāp kān phoḥ het khōṅg kasētrakōṅ tambon pākchōṅg ‘amphoe chōṁbung chāngwat rāṭṭhaburī” [Study on mushroom production status of farmers in Pak Chong Sub-district, Chom Bueang District, Ratchaburi Province]. Master of Science Thesis in Agricultural Extension, Kasetsart University.

มันทนา อินทะคง. (2556). การศึกษาสภาพการเพาะเห็ดของเกษตรกร ตำบลปากช่อง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตร. ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Kanchanaket, U. (2000). “kānchai Competency nai kānboṛihān ngān bukkhon” [Using Competency in Personnel Management]. People Magazine 21(Oct.-Dec. 2000): 11 - 18.

อุกฤษณ์ กาญจนเกตุ. (2543). การใช้ Competency ในการบริหารงานบุคคล. วารสารบริหารคน, 21 (ตุลาคม - ธันวาคม 2543) : 11-18.

Krittassudtheewa, S. Pintrong, A and Kuankhamnuan, T. (2018). “phonkrathop chāk khwām mai nānōṅ khōṅg kān plānplāng saphāp phūmī‘ākāt tō parimān nam lai long khūān sī nakharin” [Impact of climate change uncertainty on inflow into Srinagarind Dam]. Veridian E-Journal Science and Technology Silpakorn University, 5(1): 103 – 118.

ศุภชัย กฤตสุทธาชีวะ อภิรัฐ ปิ่นทอง และ ชีระพงษ์ ควรคำนวณ. (2561). ผลกระทบจากความไม่แน่นอนของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ต่อปริมาณน้ำไหลลงเขื่อนศรีนครินทร์. Veridian E-Journal สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 5(1): 103 – 118.

Pairtong, S. (2008). “kānphatthana rabop phūchīeochān phūā kānphalit ‘oṅ” [Development of Expert Systems for Sugarcane Production]. Master of Science Thesis in Agricultural Information Technology, Kasetsart University

สุภัทรษา แพรทอง. (2551). การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อการผลิตอ้อย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศทางการเกษตร. โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- Pawangkarat, T. (2008). “sakkayaphāp khōṅ sanāmbin nānā chaṭ ‘Ubon rāṭṭhathānī thī sāmāṭ rōṅ rap phūchai bōṛikān khamanākhom khonsong thāṅg ‘ākāt” [Potential of Ubon Ratchathani International Airport that can be used for air transport]. Master of Business Administration Thesis, Ubon Ratchathani Rajabhat University.
- จิตรรัตน์ ภาวังกะรัต. (2551). ศักยภาพของสนามบินนานาชาติอุบลราชธานี ที่สามารถรองรับผู้ใช้บริการ คมนาคมขนส่งทางอากาศ. วิทยานิพนธ์ บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทั่วไป. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.
- Phakdiwatthanakun, K. (2003). “khamphī rabop sanapsanun kāntatsinṭhai læ rabop phūchīeochān” [Decision support systems, expert systems]. Bangkok: KTP Comp & Consult.
- กิตติ ภัคดีวัฒนะกุล. (2546). คัมภีร์ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ และระบบผู้เชี่ยวชาญ, กรุงเทพฯ: เคทีพีคอมพิวเตอร์ แอนด์ คอนซัลท์.
- Pongthornpruek, S. and Kraivuttinun, P. (2013). “kānchai prayōt khī luāi mai phai luā thing ṭhāk kāntham takīap mā phalit pen watsadu phoḥ het” [The Used of Bamboo Residues From Chopstick Production for Mushroom Cultivation Material]. RMUTP Research Journal, Special Issue (the 5th RMUT National Conference): 20 – 26.
- สุภาพร พงศ์ธรพุกษ์ และ ปริญญา ไกรวุฒินันท์. (2556). การใช้ประโยชน์ขี้เลื่อยไม้ไผ่เหลือทิ้งจากการทำ ตะเกียบมาผลิตเป็นวัสดุเพาะเห็ด. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ (การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5): 20-26.
- Tongmark, S. (2007). “kān wikhroṭ thāṅg kānngōen khōṅ kānlongthun phalit het yānāngi ṭhāṅwat Nakhōṇ Pathom” [A Financial Analysis of Yanagimatsutake Production Investment Changwat Nakhon Pathom]. Master of Science Thesis in Agricultural Economics, Kasetsart University.
- สมศักดิ์ ทองมาก. (2550). การวิเคราะห์ทางการเงินของการลงทุนผลิตเห็ดยานางิจังหวัดนครปฐม. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์เกษตร. ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและทรัพยากร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Wantawee, P. (2005). “kānsuksā phūa phatthana sakkayaphāp kānthamngān khōṅ phanakngān sūn bōṛikān lūkkhā sūan patibatkān ṭhāṅwat phitsanulōk” [A Study for Improve the Potential Performance of the Officers in the Operation Section of the Customer Service Center, Phitsanulok Province]. Master of Arts Thesis in Development Strategy, Pibulsongkram Rajabhat University.

พวงเพ็ชร วรรณทวี. (2548). *การศึกษาเพื่อพัฒนาศักยภาพการทำงานของพนักงานศูนย์บริการลูกค้าส่วนปฏิบัติการ จังหวัดพิษณุโลก*. วิทยานิพนธ์ ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเกษตรศาสตร์การพัฒนาระบบนิเวศวิทยา, มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

Wongkriangkrai, B. (2000). “kān pho₁ het fāng” [Mushroom cultivation]. Bangkok: Mushroom Club of Thailand.

บุญสง วงศ์เกรียงไกร. (2543). *การเพาะเห็ดฟาง*. กรุงเทพฯ : ชมรมนักเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย.

ภาษาต่างประเทศ

Antonopoulou, E., Karetos, S. T., Maliappis, M., Sideridis, A. B. (2010). *Web and mobile technologies in a prototype DSS for major field crops*. Computers and Electronics in Agriculture, 70(2) : 292-301.

Edward, A., Ellis, P. K., Sapna, R. N., Jeswani, D. (2005). *Development of a web-based application for agroforestry planning and tree selection*. Computers and Electronics in Agriculture, 49(1) : 129-141.

Gupta, A. P., Harboe, R., Tabucanon, M. T. (2000). *Fuzzy multiple-criteria decision making for crop area planning in Narmada river basin*. Agricultural Systems, 63(1) :1-18.

Jensen, A. L. (2001). *Building a web-based information system for variety selection in field crops--objectives and results*. Computers and Electronics in Agriculture, 32(3) : 195-211.

Jensen, A. L., Boll, P. S., Thyssen, I., Pathak, B. K. (2000). *Pl@ntelInfo: A web-based system for personalised decision support in crop management*. Computers and Electronics in Agriculture, 25(3) : 271-293.

Mansiya, K. Alma, Z. Torgyn, M. Marzhan, M. and Kanat N. (2014). *The Methodology of Expert Systems*. International Journal of Computer Science and Network Security, 14(2) : 62-66.

Mercy, P. Rani, N. Rajesh, T. and Saravanan, R. (2011). *Expert Systems in Agriculture: A Review*. Journal of Computer Science and Applications, 3(1) : 59-71.

Quinlan, J. R. (1993). *C4.5: Programs for Machine Learning*. USA: Morgan Kaufmann Publishers.

Robinson, B. (1996). *Expert systems in agriculture and long-term research*. Canadian Journal of Plant Science., 76: 611 – 617.

Wharton, P. S., Kirk, W. W., Baker, K. M., Duynslager, L. (2008). *A web-based interactive system for risk management of potato late blight in Michigan*. Computers and Electronics in Agriculture, 61(2) : 136-148