การวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวสาลีในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย

Spatial Analysis of Suitable Area for Wheat Production in the Upper Northern Region, Thailand

สิปปวิชญ์ ปัญญาตุ้ย[1*] จารุวี อันเซตา[1] ภัทรธีรา อินพลับ[1] เนตรนภา อินสลุด[2] และเทวินทร์ แก้วเมืองมูล[3]

Sippawit Punyatuy[1*], Jaruvee Ancheta[1], Phattarateera Inplub[1], Nednapa Insalud[2] and Thewin Kaeomuangmoon[3]

Received: August 9, 2023
Revised: November 22, 2023
Accepted: November 27, 2023

Abstract: The import of wheat in Thailand is increasing every year which is an opportunity of management approach to Increase wheat production and income for farmer. Therefore, analysis the potential areas for wheat production that are currently being planted was done. The study was conducted during March 2023 – April 2023 in Chiang Mai, Chiang Rai, Mae Hong Son, Lamphun, Lampang, Phayao, Phrae and Nan province, to be the guidelines for producing enough wheat to meet market demand. By overlay analysis method with the geographic information system program consisting of meters above sea level, slope, soil texture, pH, organic matter, available phosphorous, available potassium, soil depth, soil drainage, cation exchange capacity, base saturation and soil salinity, the results showed that highly suitable (S1) areas were Chiang Mai and Mae Hong Son province total of 8,112 rai or 0.01% of the studied areas. The moderately suitable (S2) areas were of 25,140 rai, 0.05%. The marginally suitable (S3) areas were of 3,951,318 rai, 7.19% and the not suitable (N) areas were of 50,945,108 rai, 92.75%.

Keywords: wheat, suitable area, geographic information system (GIS)

บทคัดย่อ: จากสถิติการนำเข้าข้าวสาลีในประเทศไทยเพิ่มมากขึ้นทุกปี ทำให้เป็นโอกาสในการเพิ่มผลผลิตและสร้างรายได้เสริมให้กับเกษตรกร จึงต้องการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิตข้าวสาลีที่มีการปลูกในปัจจุบัน โดยทำการศึกษาระหว่างเดือน มี.ค. 2566 – เม.ย. 2566 ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง พะเยา แพร่ และน่าน เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตข้าวสาลีให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด โดยวิธีการวิเคราะห์แบบซ้อนทับข้อมูล (overlay analysis) ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วย ปัจจัยความสูงระดับทะเล ความลาดชัน เนื้อดิน ค่าปฏิกิริยาของดิน อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ความลึกของดิน

[1] ศูนย์วิจัยข้าวสะเมิง อ. สะเมิง จ. เชียงใหม่ 50250
[1] Samoeng Rice Research Center, Samoeng, Chiang Mai 50250, Thailand
[2] สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
[2] Program in Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Maejo, Chiang Mai, 50290, Thailand
[3] ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
[3] Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200, Thailand
*Corresponding author: sippawit.p@rice.mail.go.th

การระบายน้ำของดิน ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน อัตราร้อยละความอิ่มตัวของเบส และปริมาณเกลือที่สะสม พบว่า พื้นที่มีความเหมาะสมมาก (S1) อยู่ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน จำนวน 8,112 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.01 พื้นที่เหมาะสมปานกลาง (S2) จำนวน 25,140 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.05 พื้นที่เหมาะสมน้อย (S3) จำนวน 3,951,318 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 7.19 และพื้นที่ไม่เหมาะสม (N) จำนวน 50,945,108 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 92.75

คำสำคัญ: ข้าวสาลี, พื้นที่เหมาะสม, ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

คำนำ

ข้าวสาลีเป็นธัญพืชเมืองหนาวที่ใช้ผลิตอาหารขนมปัง ผลิตภัณฑ์ด้านเบเกอรี่และพาสต้า โดยประเทศไทยมีการใช้ประโยชน์และการนำเข้าเมล็ดและแป้งข้าวสาลีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 – 2563 มีปริมาณและมูลค่าเพิ่มขึ้นทุกปี แต่ในปี พ.ศ. 2564 – 2565 ลดลงเนื่องจากความขาดแคลนซึ่งมีผลมาจากสงครามและภัยธรรมชาติในต่างประเทศ โดยมีมูลค่าในปี 2565 สูงถึง 122 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) ทำให้เป็นโอกาสในการผลิตข้าวสาลีสำหรับใช้ภายในประเทศเพิ่มมากขึ้น จากการจัดประชุมผู้ใช้ประโยชน์จากธัญพืชเมืองหนาวร่วมกับกองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว เพื่อเป็นข้อมูลในการวิจัยและพัฒนาธัญพืชเมืองหนาวให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดภายในประเทศ ทำให้ทราบว่ามีผู้ประกอบการที่ต้องการข้าวสาลีที่มีคุณภาพพิเศษและเมล็ดพันธุ์ดีสูงถึง 382 ตันต่อปี แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ประกอบด้วย 1) กลุ่มข้าวสาลีแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อบริโภค จำนวน 380 ตันต่อปี ได้แก่ แป้งสำหรับทำขนมปัง ผลิตภัณฑ์น้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี รำข้าวสาลี และน้ำอาร์ซีเพื่อสุขภาพ และ 2) กลุ่มข้าวสาลีหัตถกรรม จำนวน 2 ตัน ได้แก่ หลอดจากข้าวสาลีสำหรับเครื่องดื่ม และช่อแห้งข้าวสาลี แต่สามารถผลิตได้เพียง 59 ตันเท่านั้น อีกทั้งในปัจจุบันพื้นที่ปลูกข้าวสาลีเพื่อการค้าโดยเกษตรกรมีเพียง 2 พื้นที่ มีพื้นที่รวมประมาณ 200 ไร่ ซึ่งอยู่ในเขตอำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน และอำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ (กรมการข้าว, 2562) รวมทั้งผลผลิตข้าวสาลีของเกษตรกรค่อนข้างต่ำเฉลี่ย 300 กิโลกรัมต่อไร่ (สิปปวิชญ์ และคณะ, 2565) ดังนั้นการผลิตข้าวสาลีในประเทศไทยยังมีข้อจำกัดของผลผลิตข้าวสาลีต่อพื้นที่ต่ำและมีพื้นที่การผลิตน้อย จึงต้องการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิตข้าวสาลีที่มีการปลูกในปัจจุบันด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (QGIS) (วันวิสาข์ และคณะ, 2558) เพื่อจำแนกพื้นที่เหมาะสมในการปลูกข้าวสาลีพื้นที่ภาคเหนือตอนบน จำนวน 8 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง พะเยา แพร่ และน่าน สำหรับเป็นแนวทางในการขยายพื้นที่ปลูกข้าวสาลีให้ได้ผลผลิตเพียงพอต่อความต้องการของตลาดเฉพาะภายในประเทศ

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิเคราะห์พื้นที่ที่มีความเหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวสาลีในพื้นที่ภาคเหนือ ทำการศึกษาระหว่างเดือนมีนาคม 2566 – เมษายน 2566 ได้เก็บรวบรวมและจัดเตรียมฐานข้อมูลทั้งในรูปแบบปฐมภูมิและทุติยภูมิ เป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial database) และข้อมูลแผนที่เชิงเลข (digital elevation model : DEM) ประกอบด้วย

1. แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ครอบคลุมพื้นที่ภาคเหนือตอนบน จำนวน 8 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง พะเยา แพร่ และน่าน

2. แผนที่ขอบเขตการปกครองในระดับอำเภอ ครอบคลุมพื้นที่ภาคเหนือตอนบน จำนวน 8 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง พะเยา แพร่ และน่าน

3. แผนที่แสดงความลาดชันครอบคลุมพื้นที่ภาคเหนือตอนบน จำนวน 8 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง พะเยา แพร่ และน่าน

4. แผนที่แสดงความสูงมาตราส่วน 1:4,000 ครอบคลุมพื้นที่ภาคเหนือตอนบน จำนวน 8 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง พะเยา แพร่ และน่าน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2566)

5. แผนที่แสดงชุดดินมาตราส่วน 1:25,000 ครอบคลุมพื้นที่ภาคเหนือตอนบน จำนวน 8 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง พะเยา แพร่ และน่าน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2566)

อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวสาลีในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาและกำหนดหลักเกณฑ์ที่ชัดเจนรายงานไว้จึงได้พัฒนาฐานข้อมูลข้างต้นเพื่อให้ได้ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกข้าวสาลี ได้แก่ ขอบเขตพื้นที่ศึกษา ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล ความลาดชัน และเนื้อดิน เชื่อมโยงความสัมพันธ์กับปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวสาลีโดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (analytic hierarchy process : AHP) แบบพิจารณาหลายหลักเกณฑ์ (multiple criteria decision making) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2539; เรนุกา, 2560; FAO, 1983) นำมาประยุกต์ใช้กับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อเลือกค่าที่ดีที่สุดในการตัดสินใจประเด็นสำคัญที่ใช้ในกระบวน AHP จากปัจจัยต่างๆ ที่ทำการบันทึก ได้แก่ (1) ตีความเกณฑ์มูลฐาน (elements) การตัดสินใจกรณีนี้ประยุกต์ในระบบภูมิสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) โดยการกำหนดค่าในชั้นข้อมูลแผนที่ (map layers) (2) บันทึกค่าความสัมพันธ์ของเกณฑ์มูลฐานเหล่านั้น (3) สร้างตารางกำหนดค่าความสัมพันธ์ของเกณฑ์มูลฐานดังกล่าว และ (4) คำนวณข้อมูลในตารางในลักษณะของการเปรียบเทียบคู่ปัจจัยที่สัมพันธ์กัน (Table 1)

Table 1 Diagnostic factor, data type, rating and weighting value of wheat cultivation

Factors		Rating			
Diagnostic factors	Unit	S1	S2	S3	N
1. Meters above sea level	m	>1,000	1000-600	600-300	300
2. Slope	%	0-5	5-12	12-20	>20
3. Texture	class	1. loam 2. silt loam 3. silt	1. sandy clay loam 2. sandy loam	1. silty clay loam 2. clay loam	1. clay 2. silty clay 3. sandy clay 4. loamy sand 5. sand
4. pH	pH	5.1-6.0	1. 6.1-7.3 2. 4.5-5.0	1. 7.4-8.4 2. 4.0-4.5	1. >8.4 2. <4.0
5. Organic matter	%	>2	1-2	<1	
6. Available phosphorous	mg/kg	>10	5-10	<5	
7. Available potassium	mg/kg	>80	60-80	<60	
8. Depth	cm	>50	30-50	20-30	<20
9. Soil drainage	Class	5,6	4	3	1,2
10. Cation exchange capacity	cmol/kg	>15	5-15	<5	
11. Base saturation	%	>35	<35		
12. Soil salinity	dS/m	<2	2-4	4-8	>8

Adapted from FAO (1983) and Department of Land Development (1996)

Rating 1 = Highly suitable
2 = Moderately suitable
3 = Marginally suitable

การประเมินความเหมาะสมด้วยวิธี Weight Linear Combination เพื่อให้ได้เขตพื้นที่ที่มีความเหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวสาลีเชิงภูมิศาสตร์ได้มีการปรับใช้รูปแบบของการศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการศึกษาศักยภาพทางกายภาพของพื้นที่สำหรับปลูกสตรอเบอรี่ในเขตอำเภอเขาค้อ เนื่องจากเป็นพืชที่ตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำเช่นเดียวกับข้าวสาลี และใช้เกณฑ์บางประการของกรมพัฒนาที่ดินแสดงในรูปแบบของพื้นที่ภูมิสารสนเทศ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2539; เรนุกา, 2560; FAO, 1983) โดยความต้องการใช้ที่ดินของการปลูกข้าวสาลีมีหลายปัจจัยที่ต้องนำมาประเมินและวิเคราะห์ในระบบของ FAO ได้กำหนดไว้ประมาณ 18 ชนิด (Figure 1) (Yohannes and Soromessa, 2018; Kilic *et al*., 2022) สำหรับการศึกษานี้ ได้นำปัจจัยวินิจฉัยใช้วิเคราะห์เพียงไม่กี่ชนิด ซึ่งขึ้นอยู่กับความพร้อมของข้อมูลและความแตกต่างของลักษณะภูมิภาคและระดับความต้องการของลักษณะดินที่มีผลต่อผลผลิต (กรมพัฒนาที่ดิน, 2539) โดยเฉพาะปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และความชื้นสัมพัทธ์ มาร่วมในการวิเคราะห์ด้วย สาเหตุที่ในพื้นที่ไม่มีสถานีตรวจอากาศ อุตุนิยมวิทยาย้อนหลังที่กระจายครอบคลุมพื้นที่ศึกษาทั้งหมด หากใช้ข้อมูลสถานีตรวจอากาศโดยทั่วไปอาจเกิดความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องจากข้าวสาลีเป็นพืชที่มีข้อจำกัดทางด้านสภาพภูมิอากาศเป็นสำคัญ (สาวิตร, 2528) ดังนั้นการใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศควรมีการติดตั้งสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติในพื้นที่ที่มีข้อมูลมากกว่า 1 ปี และกระจายตามพื้นที่ศึกษาตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ (สมพล และคณะ, 2563)

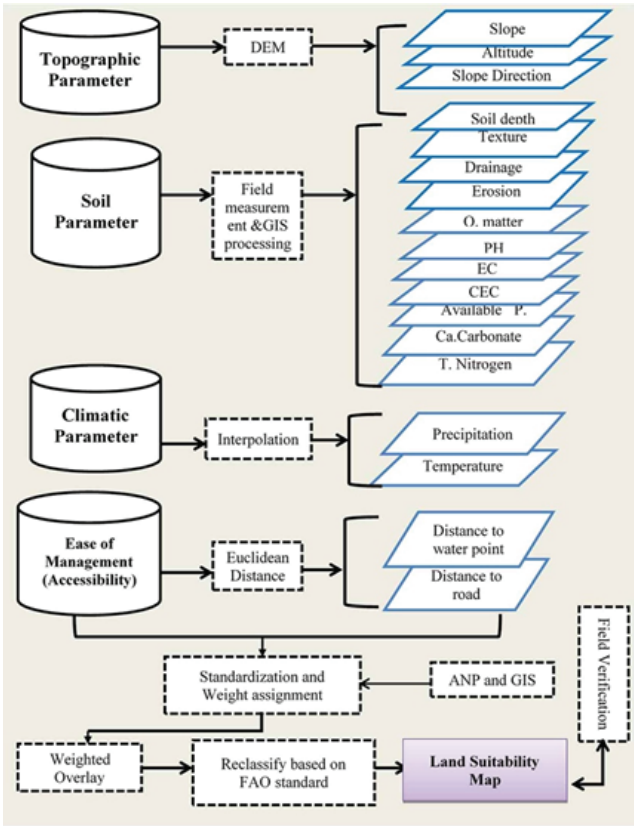

Figure 1 Geographical factors used in the spatial analysis of the suitability of international wheat production

ที่มา : Yohannes and Soromessa (2018) และ Kilic *et al*. (2022)

การศึกษานี้ได้กำหนดปัจจัยวิเคราะห์เพิ่มเติม คือ ลักษณะภูมิประเทศ โดยเพิ่มปัจจัยวินิจฉัย ได้แก่ ความสูงระดับทะเล โดยใช้เส้นชั้นความสูงจากกรมพัฒนาที่ดิน (2539) เนื่องจากความสูงมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ ซึ่งอัตราที่ลดลงของอุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 10 องศาเซลเซียส ในทุกๆ ระดับความสูง 1,000 เมตร (Yau and Rogers, 1989) และความลาดชัน เนื่องจากพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่สูง มีความเกี่ยวข้องกับการชะล้างพังทะลายของดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน รวมถึงการกร่อนของดินในพื้นที่สูง (ไพบูลย์และคณะ, 2548) (Figure 2)

Figure 2 Conceptual framework of diagnostic factors used in spatial analysis of suitable area for wheat

การกำหนดหลักเกณฑ์ค่าถ่วงน้ำหนักและค่าคะแนนนั้น ใช้หลักเกณฑ์จากความต้องการพื้นฐานด้านกายภาพของข้าวสาลีเป็นหลักในการวิเคราะห์หาความเหมาะสมของพื้นที่เพาะปลูกข้าวสาลี ผ่านกระบวนการทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยการซ้อนทับข้อมูล (overlay analysis) นั้นต้องมีการกำหนดความสำคัญของแต่ละชั้นข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ เนื่องจากแต่ละชั้นข้อมูลมีความสำคัญต่างกันจึงกำหนดค่าตัวเลขเป็นจำนวนเต็มเลขฐาน 10 ตามจำนวนชั้นข้อมูล ได้แก่ 5, 3 และ 1 โดยกำหนดให้ 5 เป็นชั้นข้อมูลที่มีความสำคัญมากที่สุด 3 เป็นชั้นข้อมูลที่มีความสำคัญรองลงมา และ 1 เป็นชั้นข้อมูลที่มีความสำคัญน้อยที่สุด

การกำหนดหลักเกณฑ์ค่าถ่วงน้ำหนักสามารถอธิบายได้ ดังนี้ (1) ชั้นข้อมูลระดับความสูงเป็นชั้นข้อมูลที่มีความสำคัญมากที่สุด เนื่องจากระดับความสูงมีความสัมพันธ์กับภูมิอากาศ เนื่องจากข้าวสาลีต้องการอากาศค่อนข้างหนาวเย็นเพื่อให้ได้ผลผลิตในปริมาณมากและยาวนานขึ้น จึงจำเป็นต้องปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูงที่เหมาะสม ดังนั้นค่าถ่วงน้ำหนักในการวิเคราะห์จึงกำหนดให้เท่ากับ 5 (2) ชั้นข้อมูลความลาดชันเป็นชั้นข้อมูลที่มีความสำคัญรองจากระดับความสูง เนื่องจากพื้นที่ที่มีความลาดชันมีผลต่อการชะล้างของธาตุอาหารผิวดิน และการพังทลายของหน้าดิน จึงกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักในการวิเคราะห์เท่ากับ 3 และ (3) ชั้นข้อมูลลักษณะดิน

ได้แก่ เนื้อดิน ค่าปฏิกิริยาของดิน อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ความลึกของดิน การระบายน้ำของดิน ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน อัตราร้อยละความอิ่มตัวของเบส และปริมาณเกลือที่สะสม เป็นชั้นข้อมูลที่มีความสำคัญน้อยที่สุดแต่ก็มีความจำเป็น เนื่องจากปัจจัยทางด้านคุณลักษณะของดินสามารถเป็นตัวกำหนดความเหมาะสมในการเพาะปลูกข้าวสาลีได้ ดังนั้นจึงกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักในการวิเคราะห์เท่ากับ 1 (เรนุกา, 2560)

การซ้อนทับข้อมูลและการคำนวณหาค่าคะแนนของข้อมูลในแต่ละปัจจัย หลังจากที่ได้ให้ค่าความสามารถและค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัยแล้วทำการซ้อนทับข้อมูลปัจจัยต่างๆ และทำการรวมค่าคะแนนของข้อมูลที่ได้รับการถ่วงน้ำหนักแล้วของแต่ละปัจจัยด้วยวิธีการทางตรรกะ รวมทั้งการบวกหรือคูณ โดยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งจะทำให้ได้พื้นที่ที่มีค่าคะแนนรวมต่างๆ กัน หลังจากที่ทำการซ้อนทับของข้อมูลของแต่ละปัจจัยแล้ว ซึ่งการคิดค่าคะแนนรวมในการวิเคราะห์ข้อมูล และจัดระบบความเหมาะสมในการใช้ที่ดินของการปลูกข้าวสาลีขนมปัง เป็นดังสมการ

$$S = (R_1W_1) + (R_2W_2) + (R_3W_3) + (R_nW_n)$$

เมื่อ

S คือ ค่าระดับคะแนนความเหมาะสมของพื้นที่

R_1 คือ ค่าระดับความเหมาะสมของปัจจัยย่อยในปัจจัยที่ 1

R_n คือ ค่าระดับความเหมาะสมของปัจจัยย่อยในปัจจัยที่ n

W_1 คือ ค่าถ่วงน้ำหนักระดับความสำคัญของปัจจัยที่ 1

W_n คือ ค่าถ่วงน้ำหนักระดับความสำคัญของปัจจัยที่ n

ผลการทดลองและวิจารณ์

การวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวสาลีในประเทศไทยมีการรายงานไว้เมื่อประมาณ 30 ปีที่ผ่านมา โดยอาลัย และคณะ (2533) รายงานว่าจากการวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมในการผลิตข้าวสาลีทั้งหมด 8 จังหวัด ในพื้นที่ภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ แพร่ น่าน พะเยา ลำพูน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน มีพื้นที่ที่อยู่ในเขตรับน้ำโครงการชลประทานหลวง และโครงการชลประทานขนาดกลาง และขนาดเล็กที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวสาลี มีพื้นที่ประมาณ 192,789 ไร่ หลังจากปี 2533 ไม่ได้มีการศึกษา และวิเคราะห์พื้นที่เพื่อการผลิตข้าวสาลี อย่างไรก็ตามจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในปัจจุบันกับในอดีตมีช่วงของอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปี ประมาณ 0.8 องศาเซลเซียส (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2566) ซึ่งอุณหภูมิเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อผลผลิตของข้าวสาลี รวมทั้งปัจจัยความอุดมสมบูรณ์ของดิน (สิปปวิชญ์, 2566) นอกจากนี้การรายงานของอาลัย และคณะ (2533) เป็นการวิเคราะห์พื้นที่ในเขตชลประทาน ด้วยปัจจัยวินิจฉัยหลักเป็นแหล่งน้ำ ลักษณะและสมบัติดินบางประการของดิน แต่ปัจจุบันพื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิต คือ พื้นที่สูง (สิปปวิชญ์, 2566)

เมื่อนำค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัยมาสร้างตารางเปรียบเทียบและคำนวณด้วยวิธี Pairwise Comparison Matrix (PCM) ในโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อคำนวณหาค่าน้ำหนักที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย (Table 2 และ 3)

Table 2 Comparison of diagnostic factors scores

Factors	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	5.00	0.60	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
2	3.00	3.00	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
3	1.00	1.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
8	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00
9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00	1.00	1.00
10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00	1.00
11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00
12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00
Total	18.00	13.60	12.53	12.53	12.53	12.53	12.53	12.53	12.53	12.53	12.53	12.53

Diagnostic factors: 1 = Meters above sea level, 2 = Slope, 3 = Texture, 4 = pH, 5 = Organic matter, 6 = Available phosphorous, 7 = Available potassium, 8 = Depth, 9 = Soil drainage, 10 = Cation exchange capacity, 11 = Base saturation and 12 = Soil salinity

Table 3 Calculation of the weight of diagnostic factors

Factors	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total	Weight
1	0.28	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.48	0.04
2	0.17	0.22	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.65	0.05
3	0.06	0.07	0.24	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	1.09	0.09
4	0.06	0.07	0.08	0.24	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	1.09	0.09
5	0.06	0.07	0.08	0.08	0.24	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	1.09	0.09
6	0.06	0.07	0.08	0.08	0.08	0.24	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	1.09	0.09
7	0.06	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.24	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	1.09	0.09
8	0.06	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.24	0.08	0.08	0.08	0.08	1.09	0.09
9	0.06	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.24	0.08	0.08	0.08	1.09	0.09
10	0.06	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.24	0.08	0.08	1.09	0.09
11	0.06	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.24	0.08	1.09	0.09
12	0.06	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.24	1.09	0.09
Total	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	12.00	1.00

Diagnostic factors: 1 = Meters above sea level, 2 = Slope, 3 = Texture, 4 = pH, 5 = Organic matter, 6 = Available phosphorous, 7 = Available potassium, 8 = Depth, 9 = Soil drainage, 10 = Cation exchange capacity, 11 = Base saturation and 12 = Soil salinity

สำหรับการคำนวณค่าคะแนนระดับความเหมาะสมของปัจจัย (rating) ในการคำนวณค่าคะแนนระดับความเหมาะสมของปัจจัย (S1 - N) ใช้วิธีการ Linear Scale Transformation เพื่อแปลงค่าน้ำหนักเป็นค่าคะแนนระดับความเหมาะสมซึ่งค่าคะแนนที่ได้อยู่ในช่วง 0 – 1 (Tienwong, 2008) (Table 4 and 5) คำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$X'_{ij} = X_{ij} / X_{jmax}$$

เมื่อ

X'_{ij} คือ ค่าคะแนนระดับความเหมาะสม (S1 - N)

X_{ij} คือ ค่าน้ำหนักของปัจจัยแต่ละแถวในตาราง

X_{jmax} คือ ค่าคะแนนความสำคัญสูงสุดในตาราง

Table 4 Comparison of weight diagnostic factors rating

Slope	S1	S2	S3	N
S1	1.00	3.00	5.00	7.00
S2	0.33	1.00	3.00	5.00
S3	0.20	0.33	1.00	3.00
N	0.14	0.20	0.33	1.00

note S1 = Highly suitable
S2 = Moderately suitable
S3 = Marginally suitable
N = Not suitable

Table 5 Calculation of the rating of diagnostic factors

Slope	S1	S2	S3	N	Sum	Weight (X_{ij})	Rating
S1	0.60	0.66	0.54	0.44	2.23	0.56	1.00
S2	0.20	0.22	0.32	0.31	1.05	0.26	0.49
S3	0.12	0.07	0.11	0.19	0.49	0.12	0.18
N	0.08	0.04	0.04	0.06	0.23	0.06	0.09

note S1 = Highly suitable
S2 = Moderately suitable
S3 = Marginally suitable
N = Not suitable

เมื่อนำข้อมูลพื้นที่ ประกอบด้วย ลักษณะภูมิประเทศ และลักษณะของดิน เชื่อมโยงความสัมพันธ์กับปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวสาลีโดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ แบบพิจารณาหลายหลักเกณฑ์ กำหนดหลักเกณฑ์ค่าถ่วงน้ำหนักและค่าคะแนนนั้นใช้หลักเกณฑ์จากความต้องการพื้นฐานด้านกายภาพของข้าวสาลีเป็นหลักในการวิเคราะห์หาความเหมาะสมของพื้นที่เพาะปลูกข้าวสาลีผ่านกระบวนการทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยการซ้อนทับข้อมูล จำแนกออกเป็น 4 ระดับ ซึ่งคะแนนความเหมาะสมรวม (total suitability score) ของแต่ละหน่วยที่ดินมีค่าอยู่ในช่วง 0 - 1 และนำมาสร้างแผนที่ความเหมาะสมของที่ดินสำหรับการปลูกข้าวสาลี โดยจัดช่วงคะแนนความเหมาะสม (Table 6)

Table 6 Range of scores for classification of land suitability

Land suitability	Range of scores
Highly suitable (S1)	0.8-1.0
Moderately suitable (S2)	0.4-0.8
Marginally suitable (S3)	0.2-0.4
Not suitable (N)	0.0-0.2

จากการวิเคราะห์พื้นที่ภาคเหนือ จำนวน 8 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง พะเยา แพร่ และน่าน มีพื้นที่ตามขอบเขตการปกครอง จำนวน 54,929,677 ไร่ พบว่า พื้นที่มีความเหมาะสมมาก (S1) จำนวน 8,112 ไร่ พื้นที่มีความเหมาะสมปานกลาง (S2) จำนวน 25,140 ไร่ พื้นที่มีความเหมาะสมน้อย (S3) จำนวน 3,951,318 ไร่ และพื้นที่ไม่เหมาะสม (N) จำนวน 50,945,108 ไร่ (Figure 3)

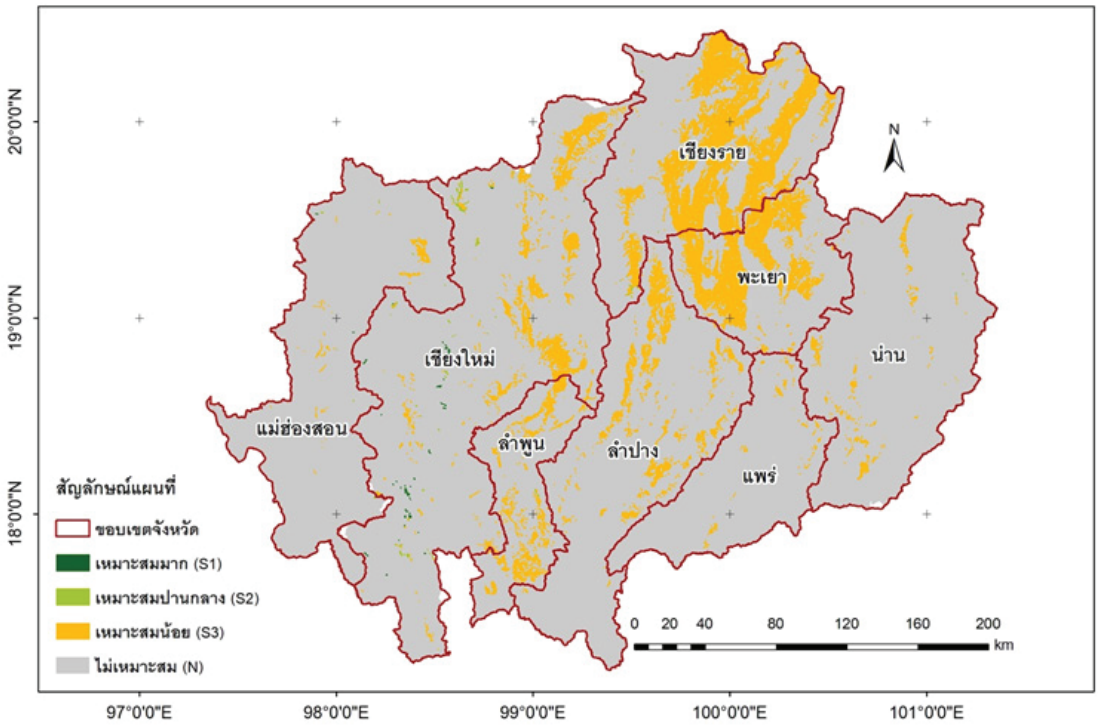

Figure 3 Map of suitable areas for wheat production in the upper northern region

หากพิจารณาเฉพาะพื้นที่เหมาะสมมาก สำหรับการปลูกข้าวสาลีรายอำเภอ พบว่า พื้นที่มีความเหมาะสมมาก (S1) อยู่ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ อำเภอเชียงดาว แม่แจ่ม แม่วาง ไชยปราการ กัลยาณิวัฒนา จอมทอง สะเมิง อมก๋อย และฮอด จำนวน 7,831 ไร่ และจังหวัดแม่ฮ่องสอน ได้แก่ อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน และขุนยวม จำนวน 281 ไร่ รวมทั้ง 2 จังหวัด คิดเป็นร้อยละ 0.01 สำหรับพื้นที่เหมาะสมปานกลาง (S2) คิดเป็นร้อยละ 0.05 พื้นที่เหมาะสมน้อย (S3) คิดเป็นร้อยละ 7.19 และพื้นที่ไม่เหมาะสม (N) คิดเป็นร้อยละ 92.75 (Table 7)

Table 7 Suitable areas for wheat production in the upper northern region

Province/District	Areas (rai)				
	Highly suitable (S1)	Moderately suitable (S2)	Marginally suitable (S3)	Not suitable (N)	Total
Chiang Mai	**7,831**	**19,433**	**523,758**	**13,171,382**	**13,722,405**
Chiang Dao	257	3,821	46,814	1,303,990	1,354,881
Chiang Mai city			2,647	110,269	112,916
Wiang Haeng		8,205	3,338	416,956	428,500
Mae Chaem	599	521	15,979	1,687,700	1,704,799
Mae Taeng			43,625	837,498	881,123
Mae Rim		100	22,554	261,013	283,667
Mae Wang	657	642	9,859	411,528	422,686
Mae On			14,999	280,476	295,475
Mae Ai			68,797	403,456	472,253
Chai Prakan	105	100	30,066	295,318	325,588
Kanlayaniwattana	123	735	608	380,290	381,756
Chom Thong	966	134	1,549	692,205	694,855
Doi Tao			8,463	524,249	532,712
Doi Saket			43,056	363,984	407,040
Doi Lo			1,461	131,387	132,848
Fang			62,910	445,548	508,458
Phrao			47,909	748,085	795,994
Samoeng	1,221	850	2,721	622,832	627,624
San Kamphaeng			43,892	102,287	146,179
San Sai			29,855	183,878	213,733
San Pa Tong			7,951	99,921	107,872
Saraphi				66,092	66,092
Hang Dong			4,368	158,904	163,272
Omkoi	2,111	3,303	5,474	1,729,120	1,740,008
Hot	1,791	1,023	4,864	914,397	922,075
Lamphun		**403**	**209,870**	**2,574,392**	**2,784,665**
Mueang Lamphun			33,412	265,126	298,538
Wiang Nong Long				34,022	34,022
Mae Tha			18,028	456,193	474,221
Thung Hua Chang		403	22,354	261,565	284,321
Ban Hong			6,687	306,954	313,641
Ban Thi			20,370	63,570	83,940
Pa Sang			5,508	175,522	181,030
Li			103,512	1,011,440	1,114,952

Table 7 (continued).

Province/District	Areas (rai)				
	Highly suitable (S1)	Moderately suitable (S2)	Marginally suitable (S3)	Not suitable (N)	Total
Lampang		**106**	**369,268**	**7,413,698**	**7,783,072**
Koh Kha			3,391	317,134	320,525
Thoen			1,154	1,106,030	1,107,184
Mueang Pan			37,210	571,863	609,073
Mueang Lampang			31,044	731,832	762,876
Serm Ngam			6,349	452,786	459,135
Chae Hom			47,682	697,683	745,365
Mae Mo			47,629	638,491	686,120
Mae Tha			42,759	446,036	488,795
Mae Phrik			991	409,360	410,351
Ngao		106	37,098	893,447	930,651
Wang Nuea			106,392	468,025	574,417
Sop Prap				308,440	308,440
Hang Chat			7,569	372,571	380,140
Phrae			**24,708**	**4,014,273**	**4,038,981**
Den Chai			4,174	332,842	337,016
Mueang Phrae				495,014	495,014
Rong Kwang			5,620	533,434	539,054
Long			1,344	793,081	794,425
Wang Chin			1,559	613,273	614,832
Song			10,632	931,308	941,940
Sung Men			420	231,516	231,936
Nong Muang Khai			959	83,805	84,764
Nan		**517**	**81,371**	**7,508,087**	**7,589,975**
Chaloem Phra Kiat				353,115	353,115
Chiang Klang			3,397	193,179	196,576
Mueang Nan			2,018	661,578	663,596
Wiang Sa			16,157	1,290,460	1,306,617
Mae Charim			1,743	645,530	647,273
Tha Wang Pha			955	487,790	488,745
Thung Chang			12,092	429,473	441,565
Na Noi			18,027	737,668	755,695
Na Muen			3,465	519,481	522,946
Bo Kluea		402	944	574,990	576,336

Table 7 (continued).

Province/District	Areas (rai)				
	Highly suitable (S1)	Moderately suitable (S2)	Marginally suitable (S3)	Not suitable (N)	Total
Ban Luang			14,985	222,097	237,082
Pua			6,727	495,720	502,447
Phu Phiang				278,362	278,362
Song Khwae		115	695	372,101	372,911
Santi Suk			167	246,543	246,710
Phayao		**173**	**948,694**	**2,908,843**	**3,857,709**
Chiang Kham			125,299	403,251	528,550
Chiang Muan		102	9,290	424,576	433,968
Mueang Phayao			171,887	382,025	553,912
Mae Chai			74,126	109,440	183,566
Chun			147,056	183,661	330,717
Dok Kham Tai			224,928	238,486	463,414
Pong		71	95,827	955,016	1,050,913
Phu Kam Yao			60,620	69,638	130,258
Phu Sang			39,662	142,750	182,412
Chiang Rai		**2,851**	**1,754,453**	**5,458,170**	**7,215,473**
Chiang Saen			92,328	191,931	284,259
Chiang Khong			152,716	323,496	476,212
Thoeng			162,042	355,924	517,966
Mueang Chiang Rai			229,954	756,388	986,342
Wiang Chiang Rung			76,781	94,123	170,904
Wiang Kaen			20,564	282,302	302,866
Wiang Chai			103,114	115,000	218,114
Wiang Pa Pao		2,611	65,636	697,981	766,228
Mae Chan			134,033	329,562	463,595
Mae Fah Luang		71	143	409,544	409,758
Mae Lao			58,521	76,845	135,366
Mae Suai		101	42,500	830,494	873,095
Mae Sai			108,500	81,276	189,776
Khun Tan			60,060	100,234	160,294
Doi Luang			42,358	155,461	197,819
Pa Daet			66,564	92,096	158,661
Phaya Mengrai			104,343	191,761	296,104
Phan		68	234,295	373,752	608,115

Table 7 (continued).

Province/District	Areas (rai)				
	Highly suitable (S1)	Moderately suitable (S2)	Marginally suitable (S3)	Not suitable (N)	Total
Mae Hong Son	**281**	**1,657**	**39,197**	**7,896,263**	**7,937,398**
Mueang Mae Hong Son	181	328	1,923	1,444,970	1,447,402
Mae La Noi		86	2,497	860,975	863,558
Mae Sariang			454	1,634,370	1,634,824
Khun Yuam	100	63	5,508	1,005,350	1,011,022
Pang Mapha		239	475	684,619	685,333
Pai		805	28,341	1,394,260	1,423,405
Sop Moei		137		871,719	871,856
Total	8,112	25,140	3,951,318	50,945,108	54,929,677

นอกจากนี้ในการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมในการผลิตข้าวสาลีในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน เป็นเพียงการวิเคราะห์เบื้องต้นเพื่อประเมินพื้นที่เพื่อการขยายผล ตามข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิที่มีอยู่ในปัจจุบันเท่านั้น สำหรับการประเมินและวิเคราะห์เพื่อต่อยอดในอนาคต อาจต้องมีการบันทึกหรือเก็บข้อมูลเพิ่มเติมให้เพียงพอกับปัจจัยวินิจฉัยที่ต้องการวิเคราะห์เพิ่มขึ้น จากการศึกษาเพื่อจำแนกพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวสาลีในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ในการจำแนกพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกข้าวสาลีหรือพืชชนิดอื่นๆ จำเป็นต้องใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่และฐานข้อมูลเชิงคุณลักษณะของพื้นที่นั้นๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันไป ปัจจุบันในการรวบรวมฐานข้อมูลดังกล่าวมีข้อจำกัดอยู่มาก ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงควรดำเนินการจัดรวบรวมฐานข้อมูลต่างๆ ให้พร้อมและทันสมัยตลอดเวลาเพื่อสามารถเรียกค้นได้ในการพิจารณาด้านต่างๆ

2. งานวิจัยนี้ปัจจัยที่ใช้ในการจำแนกพื้นที่ที่เหมาะสมมีเพียง 12 ปัจจัย คือ ความสูงระดับทะเล ความลาดชัน เนื้อดิน ค่าปฏิกิริยาของดิน อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ความลึกของดิน การระบายน้ำของดิน ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน อัตราร้อยละความอิ่มตัวของเบส และปริมาณเกลือที่สะสมเท่านั้น หากในอนาคตมีข้อมูลที่สามารถเรียกค้นได้ควรเพิ่มปัจจัยการวิเคราะห์เพื่อความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น โดยเฉพาะข้อมูลด้านภูมิอากาศ เนื่องจากอุณหภูมิ ความชื้นสัมพันธ์ และปริมาณน้ำฝน มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวสาลี เป็นต้น

สรุป

จากการศึกษาในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือ สามารถจำแนกพื้นที่เหมาะสมมากสำหรับปลูกข้าวสาลีได้ 8,112 ไร่ อยู่ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน คิดเป็นร้อยละ 0.01 ของพื้นที่ศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากเงินรายได้จากการดำเนินงานวิจัยและส่งเสริมด้านข้าว ภายใต้โครงการพัฒนาศักยภาพการผลิตธัญพืชเมืองหนาวสู่เศรษฐกิจสร้างสรรค์มูลค่าสูง ของกรมการข้าว

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. 2562. ความต้องการของธัญพืชเมืองหนาวของไทย. หน้า 1-8. *ใน*: การประชุมผู้ใช้ประโยชน์จากธัญพืชเมืองหนาว. 23 เมษายน 2562. ณ กรมการข้าว กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2539. คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: กองวางแผนการใช้ที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 63 หน้า.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2566. บัญชีรายงานข้อมูลกรมพัฒนาที่ดิน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล:http:// http://sql.ldd.go.th/lddata/index.html (13 กันยายน 2566).

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2566. สรุปสภาวะอากาศทั่วไปในรอบปี พ.ศ. 2565. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://www.tmd.go.th/climate/summaryyearly (30 มีนาคม 2566).

ไพบูลย์ ประพฤติธรรม สมศักดิ์ วังใน เสรี ไตรรัตน์ สมเจตน์ จันทวัฒน์ ถวิล ครุฑกุล สันทัด โรจนสุนทร และสรสิทธิ์ วัชโรทยาน. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะเกษตร ภาควิชาปฐพีวิทยา. 547 หน้า.

เรนุกา ปานสี. 2560. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการศึกษาศักยภาพทางกายภาพของพื้นที่ สำหรับปลูกสตรอเบอรี่ในเขตอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก. 47 หน้า.

วันวิสาข์ คาทวี เอนก ศรีสุวรรณ และวาสนา ภานุรักษ์. 2558. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการอนุรักษ์ข้าวไร่พันธุ์พื้นเมือง อำเภอห้วยแถลง จังหวัดนครราชสีมา. หน้า 1-13. *ใน*: การประชุมวิชาการนิสิตนักศึกษาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศศาสตร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8. 25-26 ธันวาคม 2558. ปทุมธานี.

สมพล ชีวมงคลกานต์ จอมภพ แววศักดิ์ และชนะ จันทร์ฉ่ำ. 2563. การพยากรณ์อัตราเร็วลมด้วยแบบจำลองสภาพอากาศเพื่อการวิจัยขั้นสูง WRF-ARW. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ 23(3): 20-30.

สาวิตร มีจุ้ย. 2528. ผลกระทบของวันปลูกและความชื้นในดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวสาลีพันธุ์ Inia 66. หน้า 93 - 109. *ใน*: การประชุมทางวิชาการแผนงานวิจัยและพัฒนาธัญพืชเมืองหนาว. 23 - 25 สิงหาคม 2528. เชียงราย.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2566. ข้อมูลสินค้าเกษตรสำคัญ. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://mis-app.oae.go.th (4 เมษายน 2566).

สิปปวิชญ์ ปัญญาตุ้ย สาธิต ปิ่นมณี นิพนธ์ บุญมี อาทิตยา ยอดใจ นงนุช ประดิษฐ์ สุรพล ใจวงศ์ษา และเนตรนภา อินสลุด. 2565. ข้าวสาลีขนมปังสายพันธุ์ดีเด่น. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 11(1): 17-29.

สิปปวิชญ์ ปัญญาตุ้ย. 2566. การประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่และอิทธิพลของวันปลูกต่อการผลิตข้าวสาลีสายพันธุ์ดีเด่นในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และแม่ฮ่องสอน. ดุษฎีนิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 171 หน้า.

อาลัย มาศจรูญ ไพบูลย์ พงษ์สกุล และทรรศนะ ลาภรวย. 2533. การปลูกข้าวสาลีหลังนาปี. หน้า 398 – 408. *ใน*: รายงานการสัมมนาระบบการทำฟาร์มครั้งที่ 7. 26-29 มีนาคม 2533 ณ โรงแรมวังใต้, สุราษฎร์ธานี.

FAO. 1983. Guidelines Land Evaluation For Rained Agriculture Soils Bulletin No.52. Rome: Food And Agriculture Organization of The United Nations. 237 p.

Kilic, O. M., K. Ersayın, H. Gunal, A. Khalofah and M. S. Alsubeie. 2022. Combination of fuzzy-AHP and GIS techniques in land suitability assessment for wheat (*Triticum aestivum*) cultivation. Saudi Journal of Biological Sciences 29: 2634–2644.

Yau, M.K. and R.R. Rogers. 1989. Short Course in Cloud Physics (3rd ed.). Butterworth-Heinemann. 302 p.

Tienwong K. 2008. Applications of Geoinformatics Technology to Land Evaluation for Energy Economic Crops in Western Thailand. Degree of Doctor of Philosophy. Suranaree University of Technology, Nakhon Rachasima. 233 p.

Yohannes, H. and T. Soromessa. 2018. Land suitability assessment for major crops by using GIS-based multi-criteria approach in Andit Tid Watershed, Ethiopia. Cogent Food & Agriculture 4(1) https://doi.org/10.1080/23311932.2018.1470481.