



ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวกับการกระจายของเชื้อแบคทีเรีย
***Burkholderia pseudomallei* ในดินนาข้าว ด้วยภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8**
Association between Land Surface Temperature and Distribution of
***Burkholderia pseudomallei* bacteria in Paddy Soil Using Landsat 8 Satellite Image**

วัชรพงษ์ แสงนิล¹, กฤษณันย์ เจริญจิต^{1*}, จุฑารัตน์ จิตติมณี² และ กาญจนา หิริมเพ็ง³

Wacharapong Saengnil¹, Kitsanai Charoenjit^{1*}, Jutharat Jittimanee² and Karnjana Hrimpeng³

¹คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

²วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

³ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

¹Faculty of Geoinformatics, Burapha University

²College of Medicine and Public Health, Ubon Ratchathani University

³Microbiology Department, Faculty of Science, Burapha University

Received : 12 February 2020

Revised : 22 March 2020

Accepted : 3 April 2020

บทคัดย่อ

แบคทีเรีย *Burkholderia pseudomallei* พบได้ในดิน และเป็นเชื้อก่อโรคเมลิออยด์ที่เป็นปัญหาของสาธารณสุข การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างแผนที่กระจายของเชื้อ *B. pseudomallei* และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการพบและไม่พบเชื้อ *B. pseudomallei* กับอุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature) วิธีดำเนินการวิจัย ทำการแปลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 เพื่อจำแนกพื้นที่นาข้าว จากนั้นเก็บตัวอย่างดินนาข้าว จำนวน 78 ตัวอย่าง ในขณะที่วัดอุณหภูมิดินด้วยเครื่องตรวจวัดภาคสนาม และเก็บตำแหน่งพิกัดด้วยระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก จากนั้นวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 และทำการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวร่วมกับอุณหภูมิดินจากการสำรวจภาคสนามด้วยวิธี Ordinary Co-Kriging วิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติของตำแหน่งที่พบและไม่พบเชื้อกับอุณหภูมิพื้นผิว ด้วยสถิติ Mann-Whitney U Test ผลการศึกษาพบเชื้อ *B. pseudomallei* จำนวน 32 ตำแหน่ง และค่าอุณหภูมิพื้นผิวมีค่าอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 36.73 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 29.67 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบความสัมพันธ์ของการพบและไม่พบเชื้อ *B. pseudomallei* กับอุณหภูมิพื้นผิว พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิพื้นผิว (p-value 0.699)

คำสำคัญ : เชื้อ *B. pseudomallei*; อุณหภูมิพื้นผิว; ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8

*Corresponding author. E-mail : kitsanai@go.buu.ac.th



Abstract

Burkholderia pseudomallei bacteria is found in soil and it is cause of melioidosis which is a problem in Public Health. This study aimed to create a distribution map of *B. pseudomallei* and analyze association between the presences of *B. pseudomallei* with land surface temperature. The classification of paddy field was performed using Landsat 8 satellite image. Seventy-eight soil samples were collected in paddy field, while soil temperatures were detected by Handheld Measuring Instruments. The sample sites were geo-referenced by Global Positioning System (GPS). Subsequently, the land surface temperature was estimated calibration by Ordinary Co-Kriging between Landsat 8 satellite images and soil temperature field survey. The statistical association between the presences of *B. pseudomallei* with land surface temperature was analyzed by Mann-Whitney U Test. The Results showed that 32 sites were positive of *B. pseudomallei*. The land surface temperature showed that maximum and minimum were 36.73 and 29.67 degree Celsius, respectively. The presences of *B. pseudomallei* were not significantly associated with land surface temperature (p-value 0.699).

Keywords : *B. pseudomallei* ; Land surface temperature ; Landsat 8 satellite images

บทนำ

Burkholderia pseudomallei เป็นเชื้อแบคทีเรียแกรมลบทรงแท่ง โดยทั่วไปพบในดินและน้ำในเขตภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และตอนเหนือของประเทศออสเตรเลีย (Leelarasamee, 2000; White, 2003) มีรายงานพบทางตอนใต้ของทวีปอเมริกา (Rolim *et al.*, 2005) คนสามารถติดเชื้อแบคทีเรีย *B. pseudomallei* ได้จากการสัมผัสดินที่มีเชื้อปนเปื้อนอยู่ เช่น นาข้าว ยางพารา และป่าไม้ เป็นต้น คนสามารถรับเชื้อได้ผ่านทางผิวหนัง หรือจากการสูดดมหายใจเอาละอองฝุ่น นอกจากนี้ยังพบการติดเชื้อได้จากการดื่มน้ำ ทั้งน้ำฝน น้ำบาดาล น้ำบ่อ และน้ำประปาหมู่บ้าน (Limmathurotsakul *et al.*, 2013) เชื้อ *B. pseudomallei* เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคเมลิอยด์ ผู้ป่วยที่ได้รับเชื้อจะมีอาการไม่จำเพาะเป็นได้หลายกรณี ยกต่อการวินิจฉัย ผู้ป่วยบางรายมีอาการไข้สูง ไอมีเสมหะ เจ็บหน้าอก หรือฝีหนองที่ปอดตับหรือม้าม ผู้ป่วยที่มีอาการรุนแรงจะทำให้อวัยวะต่าง ๆ ล้มเหลว และเสียชีวิต เชื้อ *B. pseudomallei* ปนเปื้อนในดิน เมื่อฝนตกทำให้เชื้อขึ้นมาจากระดับดินเดิมสูงขึ้นหรืออยู่บนน้ำดิน ทำให้เกษตรกร หรือประชาชนได้รับเชื้อง่าย ดังนั้น จึงมีการเก็บตัวอย่างดินเพื่อทำการตรวจหาเชื้อแบคทีเรีย *B. pseudomallei* และจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเชื้อแบคทีเรีย *B. pseudomallei* มีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางเคมีดิน (Palasatien *et al.*, 2008) การพบเชื้อแบคทีเรีย *B. pseudomallei* ในผิวดินจะพบมากที่สุดที่ความลึกระหว่าง 30-60 เซนติเมตร และยังพบได้ในความลึก 90 เซนติเมตร ส่วนใหญ่ในหลาย ๆ พื้นที่จะพบเชื้อแบคทีเรีย *B. pseudomallei* ในฤดูแล้งมากกว่าฤดูฝน (Wuthiekanun *et al.*, 1995)

การศึกษาที่ผ่านมา มีรายงานลักษณะอุณหภูมิที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *B. pseudomallei* โดยเชื้อแบคทีเรียมีการเจริญเติบโตที่อุณหภูมิเหมาะสม 40 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่สามารถอยู่รอดได้ระหว่าง 37-42

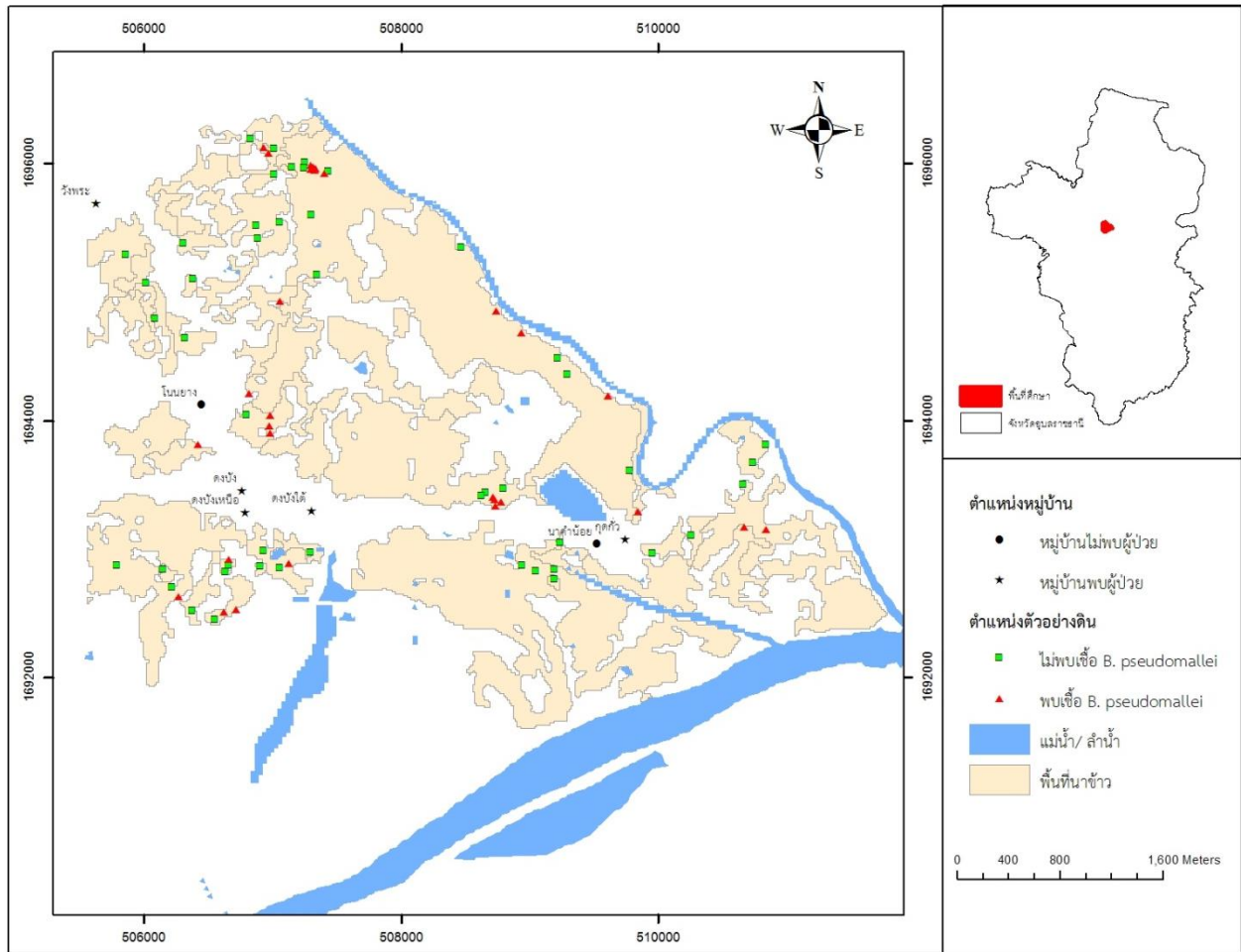


องศาเซลเซียส (Limmathurotsakul *et al.*, 2013; Tong *et al.*, 1996) เชื้อจะเจริญเติบโตได้ช้าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (Paksanont *et al.*, 2018) แต่ทั้งนี้การเก็บตัวอย่างเชื้อในดินควรมีการเก็บที่อุณหภูมิอากาศ (Temperature atmosphere) ระหว่าง 24-32 องศาเซลเซียส (Limmathurotsakul *et al.*, 2013; Win *et al.*, 2019) ดังนั้นอุณหภูมิจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญของการอยู่รอดและการเจริญเติบโตของเชื้อ การนำเทคโนโลยีมาใช้จึงเป็นทางเลือกที่จะใช้ติดตาม และการเฝ้าระวังการเกิดโรคเมลลิออยด์ การใช้เทคโนโลยีรีโมทเซ็นซิงจะเป็นการแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ในบริเวณกว้าง การได้มาของข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุพื้นที่ โดยปราศจากการเข้าสัมผัสวัตถุเป้าหมาย ทั้งนี้อาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิว ซึ่งเป็นอุณหภูมิพื้นผิวที่เกิดจากการสะท้อนของคลื่นรังสีความร้อนตกกระทบกับวัตถุทำให้มีการสะท้อนและการดูดกลืนของวัตถุนั้นๆ การสะท้อนความร้อนขึ้นอยู่กับพืชพรรณ ความชื้นในดินและสารอาหารหรือแร่ธาตุในดิน โดยเฉพาะดินที่ไม่มีสิ่งปกคลุมจะมีการสะท้อนรังสีคลื่นความร้อนสูง ซึ่งจะมีการวัดแบบองศาเซลเซียส การพบเชื้อจะพบในดินเหนียว ดินทราย และดินร่วน (Palasatien *et al.*, 2008; Kaestli *et al.*, 2009) และพบมากในฤดูร้อนมากกว่าฤดูฝน (Wuthiekanun *et al.*, 1995; Win *et al.*, 2019) ประเทศไทยพื้นที่ส่วนใหญ่จะเป็นนาข้าวลักษณะดินจะเป็นดินเหนียว การทราบอุณหภูมิพื้นผิวจะเป็นประโยชน์ต่อการติดตามเชื้อ *B. pseudomallei* เพราะการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมสามารถครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้าง และบ่งชี้ถึงพื้นที่เสี่ยงที่มีโอกาสที่จะพบเชื้อ *B. pseudomallei* การศึกษาค้นคว้าใช้ตำแหน่งพื้นที่จริงและกระบวนการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงแผนที่กระจายของเชื้อ *B. pseudomallei* จากนั้นทดสอบความสัมพันธ์อุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature) เพื่อเป็นแนวทางในการใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการติดตามและเฝ้าระวังโรคเมลลิออยด์

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา คือ พื้นที่นาข้าว ตำบลดอนมดแดง อำเภอดอนมดแดง จังหวัดอุบลราชธานี ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 9.27 ตารางกิโลเมตร ซึ่งมีหมู่บ้านทั้งหมด 7 หมู่บ้าน และข้อมูลรายงานผู้ป่วยโรคเมลลิออยด์ จากโรงพยาบาลสรรพสิทธิประสงค์ จังหวัดอุบลราชธานี และสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุบลราชธานี 4 ปี ย้อนหลัง (พ.ศ. 2556-2559) สภาพแวดล้อมโดยรอบจะมีแม่น้ำสายหลัก คือ แม่น้ำมูล และมีลำน้ำเซบกไหลมารวมกับแม่น้ำมูลทำให้เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำ มีน้ำท่วมขังซ้ำซากในช่วงระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคมของทุกปี พื้นที่ส่วนใหญ่ทำการเกษตรปลูกข้าว สวนยางพารา และพื้นที่ป่าชุมชน (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างดินและผลการตรวจเชื้อ *B. pseudomallei*

ขนาดตัวอย่าง

คำนวณขนาดตัวอย่าง จากการประมาณค่าสัดส่วนของประชากร (Daniel & Cross, 1995) (สมการที่ 1) ได้ขนาดตัวอย่าง 78 ตัวอย่าง โดยค่า P คือ สัดส่วนของการพบเชื้อ *B. pseudomallei* ในดินนาข้าว 0.28 (Limmathurotsakul et al., 2010), ค่า d คือ ระดับความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างที่ยอมรับได้ 0.1, และค่า Z คือ ระดับความเชื่อมั่น 95% มีค่าเท่ากับ 1.96

$$n = \frac{\alpha * (1 - \alpha) * \alpha_{\alpha/2}^2}{\alpha^2} \tag{1}$$



การรวบรวมข้อมูล

1. รวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ระบบ OLI&TIRS Path-126 Row- 50 รายละเอียดของภาพ 30 เมตร ช่วงคลื่น Panchromatic ความละเอียดภาพ 15 เมตร ปรับค่าการสะท้อนแสง (Reflectance) และคลื่นอินฟราเรด ความร้อนมี 2 แบนด์ ความละเอียดภาพ 100 เมตร เมื่อวันที่ 12 มีนาคม พ.ศ. 2561 เนื่องจากปราศจากเมฆ และครอบคลุมพื้นที่ศึกษา (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI&TIRS (USGS, 2020)

แบนด์	ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)	รายละเอียดภาพ (เมตร)
1	0.43 - 0.45 (Coastal Aerosol)	30
2	0.45 - 0.51 (Blue)	30
3	0.53 - 0.59 (Green)	30
4	0.64 - 0.67 (Red)	30
5	0.85 - 0.88 (Near Infrared NIR)	30
6	1.57 - 1.65 (SWIR 1)	30
7	2.11 - 2.29 (SWIR 2)	30
8	0.50 - 0.68 (Panchromatic)	15
9	1.36 - 1.38 (Cirrus)	30
10	10.60 - 11.19 (Thermal Infrared - TIRS 1)	100
11	11.50 - 12.51 (Thermal Infrared - TIRS 2)	100

2. เก็บตัวอย่างดินแบบมีระบบ (Systematic Sampling) โดยจำแนกพื้นที่นาข้าวจากการผสมสีของภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ 6 (SWIR) แบนด์ 5 (NIR) และแบนด์ 2 (BLUE) ความละเอียด 30 เมตร จากนั้นหลอมรวมภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ 8 Panchromatic ความยาวช่วงคลื่น 0.50-0.68 ไมโครเมตร ความละเอียด 15 เมตร ทำการแปลหรือตีความภาพถ่ายเพื่อให้ได้พื้นที่นาข้าวด้วยวิธีจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) ด้วยวิธี Maximum Likelihood จากนั้นทำการคัดเลือกเฉพาะพื้นที่นาข้าว ตรวจสอบความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) โดยการสุ่มจุดตัวอย่างจำนวน 80 จุด ซึ่งได้ค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ ร้อยละ 91.25

3. เก็บตัวอย่างดินแบบสุ่มอย่างง่าย (Random) จากนั้นชุดดินนาข้าวในวันที่ 22 เมษายน 2561 ด้วยความลึก 30 เซนติเมตร จากผิวดิน เก็บดินประมาณ 100 กรัม ด้วยเสียม จากนั้นนำดินใส่ในถุงพลาสติกที่สะอาดซ้อนกันจำนวน 3 ชั้น และเก็บใส่กล่องแช่แข็ง ทำความสะอาดเสียมทุกครั้งด้วยแอลกอฮอล์ 70% หลังใช้งานเสร็จในแต่ละตัวอย่าง นำดินที่เก็บได้ส่งตรวจหาเชื้อแบคทีเรีย *B. pseudomallei* ทางห้องปฏิบัติการ ณ วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จากนั้นบันทึกข้อมูลตำแหน่งที่ตรวจพบ และไม่พบเชื้อ *B. pseudomallei* (binary data 1, 0)



4. เก็บข้อมูลอุณหภูมิดิน ที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร ด้วยเครื่องตรวจวัดภาคสนามอิเล็กทรอนิกส์ดิจิทัล ซึ่งเป็นตำแหน่งเดียวกันกับตัวอย่างดิน และเก็บตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์ของตัวอย่างดินด้วยเครื่อง GPS (Garmin Etrex Legend HCx)

การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงพื้นที่

อุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature: LST) การประมวลผลข้อมูลคลื่นความร้อนของอุณหภูมิพื้นผิวจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ซึ่งมีคลื่นความร้อนแบนด์ 10 (Thermal Infrared: TIRS) ความยาวคลื่น 10.60-11.19 ความละเอียด 100 เมตร เนื่องจากพื้นผิวโลกจะมีสิ่งปกคลุมดิน หรือพืชต่าง ๆ ทำให้มีการสะท้อน และการดูดกลืนของคลื่นความร้อนในแต่ละวัตถุนั้นๆ จึงมีการวิเคราะห์ค่าความต่างของดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index) เพื่อวิเคราะห์สัดส่วนของค่าการแผ่รังสีความร้อนของพืชพรรณ การแปลผลของอุณหภูมิพื้นผิวจะมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การประมาณค่ารังสี (Radiance) ดำเนินการโดยหาค่าการแผ่รังสีความร้อนของภาพถ่ายดาวเทียม เมื่อคลื่นความร้อนมีการตกกระทบกับวัตถุจะมีการแผ่รังสีออกไปยังวัตถุด้านข้าง ทำให้มีการสะท้อน การดูดกลืน และการปล่อยผ่านพลังงาน จึงต้องมีการปรับค่าการแผ่รังสีของพื้นผิว (USGS, 2020) (สมการที่ 2)

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cat} + A_L \quad (2)$$

โดยที่ L_{λ} = ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น (TOA Spectral Radiance) มีหน่วยเป็น (Watts/ (m² * srad * μm)

M_L = ค่าการคูณสำหรับการแปลงค่าเฉพาะแบนด์นั้น จากข้อมูลที่ให้มา

(RADIANCE_MULT_BAND 10, โดยที่ X คือ 0.0003342)

A_L = ค่าการเพิ่มสำหรับการแปลงค่าเฉพาะแบนด์นั้น จากข้อมูลที่ให้มา

(RADIANCE_ADD_BAND 10, โดยที่ X คือ 0.1)

Q_{cat} = ค่าการวัด และการนับจำนวนขนาดภาพ (DN) คือ band 10

ขั้นตอนที่ 2 ค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ (Brightness Temperature: BT)

การประมาณค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ (Brightness Temperature) จากค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น ด้วยสมการที่ 3 และค่าคงที่ของพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ ดังนี้

$$BT = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} - 273.15 \quad (3)$$



โดยที่ BT = ค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์จากการแผ่รังสีเชิงคลื่น โดยปกติแล้วจะมีหน่วยเป็น เคลวิน
แต่เนื่องจากในสมการมีการแปลงหน่วยแล้ว จึงทำให้มีหน่วย เป็นองศาเซลเซียส

L_{λ} = ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น (TOA Spectral Radiance) มีหน่วยเป็น (Watts/(m²* srad* μm)

K_1 = ค่าคงที่ในการแปลงของแบนด์ความร้อนจากข้อมูลที่ให้มา (K1_CONSTANT_BAND 10)

K_2 = ค่าคงที่ในการแปลงของแบนด์ความร้อนจากข้อมูลที่ให้มา (K2_CONSTANT_BAND 10)

ขั้นตอนที่ 3 การประมาณค่าการเปล่งรังสีจากความแตกต่างของพีชพรรณ (Land Surface Emissivity: LSE) ที่ได้จากสัดส่วนของดัชนีพีชพรรณที่ปกคลุมดิน (สมการที่ 4) (Suresh *et al.*, 2016)

$$\tau_{00} = \tau_0 * \tau_{00} + \tau_0 * (1 - \tau_{00}) \tag{4}$$

โดยที่ LSE = การเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก

FVC = สัดส่วนของพีชพรรณที่ปกคลุมดิน หาได้จากขั้นตอนที่ 4

ϵ_s = ค่าคงที่ของการเปล่งรังสีดินของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 เท่ากับ 0.971 (Jimenez *et al.*, 2014)

ϵ_v = ค่าคงที่ของการเปล่งรังสีของดินจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 เท่ากับ 0.987 (Jimenez *et al.*, 2014)

ขั้นตอนที่ 4 ค่าสัดส่วนของพีชพรรณ

ค่าสัดส่วนของการเปล่งรังสีพีชพรรณที่ปกคลุมดินหาได้จากสมการที่ 5 และ 6 ซึ่งดัชนีพีชพรรณที่ใช้ในการวัดความหนาแน่นของพีชพรรณ โดยใช้คลื่นการสะท้อนแสงช่วงความยาวคลื่นของแสงความถี่อินฟราเรดใกล้ (NIR Infrared) และค่าสะท้อนแสงช่วงความยาวคลื่นแสงสีแดง ซึ่งค่าความแตกต่างของพีชพรรณจะอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ถ้ามีความหนาแน่นพีชพรรณมากค่าจะมากกว่า 0 ในทางกลับกัน ถ้าค่าน้อยกว่า 0 จะมีความหนาแน่นพีชพรรณน้อย (สมการที่ 5)

$$FVC = \frac{NDVI - NDVI (min)}{NDVI (max) - NDVI (min)} \tag{5}$$

โดยที่ $NDVI (min)$ = ค่าต่ำที่สุดของ NDVI

$NDVI (max)$ = ค่าสูงที่สุดของ NDVI



$$\text{เมื่อ } NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (6)$$

โดยที่ NIR = ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR Infrared) Band 5
 RED = ช่วงความยาวคลื่นแสงสีแดง Band 4

ขั้นตอนที่ 5 ค่าอุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature)

จากการประมาณค่าการเปล่งรังสีและปรับค่าการส่องสว่างของภาพถ่ายช่วงคลื่นความร้อน (Brightness Temperature: BT) และค่าสัดส่วนของความแตกต่างพีชพรรณ เพื่อทำการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวของพื้นที่ศึกษาสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 7 (Suresh *et al.*, 2016)

$$LST = \frac{BT}{1 + \left(\frac{W}{C}\right) * P} \quad (7)$$

โดยที่ LST = อุณหภูมิพื้นผิว
 BT = อุณหภูมิสัมบูรณ์ (Brightness Temperature)
 W = Wavelength of Emmited Radiance (11.5 μm)
 P = h * C/S (1.438*10⁻² mk)
 เมื่อ h = Planck's Constant (6.626*10⁻³⁴J.S)
 S = Boltzmann Constant (1.38*10⁻²³J/K)
 C = Velocity of Light (2.998*10⁸ m/s)

ขั้นตอนที่ 6 ค่าอุณหภูมิดิน (Soil Temperature)

เมื่อได้ค่าอุณหภูมิพื้นผิวจากภาพถ่ายดาวเทียม จะทำการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวร่วมกับค่าอุณหภูมิดินจากภาคสนามด้วยวิธี Ordinary Co-Kriging เนื่องจากยังไม่ทราบแนวโน้มของข้อมูล ซึ่งต้องมีการคำนวณค่าน้ำหนักตามแบบจำลอง Semi-variogram แสดงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของข้อมูล เพื่อให้ผลลัพธ์ได้ดีที่สุด จากนั้นวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (Coefficient of Determination) เพื่อทดสอบความเชื่อมั่นของข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา อธิบายลักษณะข้อมูล ได้แก่ ค่าสูงต่ำ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูล โดยค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากการประมาณค่าจะมีค่า Skewness เท่ากับ 0.687 และไม่มีการแจกแจงปกติ (p-value <0.001) จึงใช้สถิติ Mann-Whitney U Test ทดสอบความสัมพันธ์ของตำแหน่งที่พบและไม่พบเชื้อ กับอุณหภูมิพื้นผิว



ผลการวิจัย

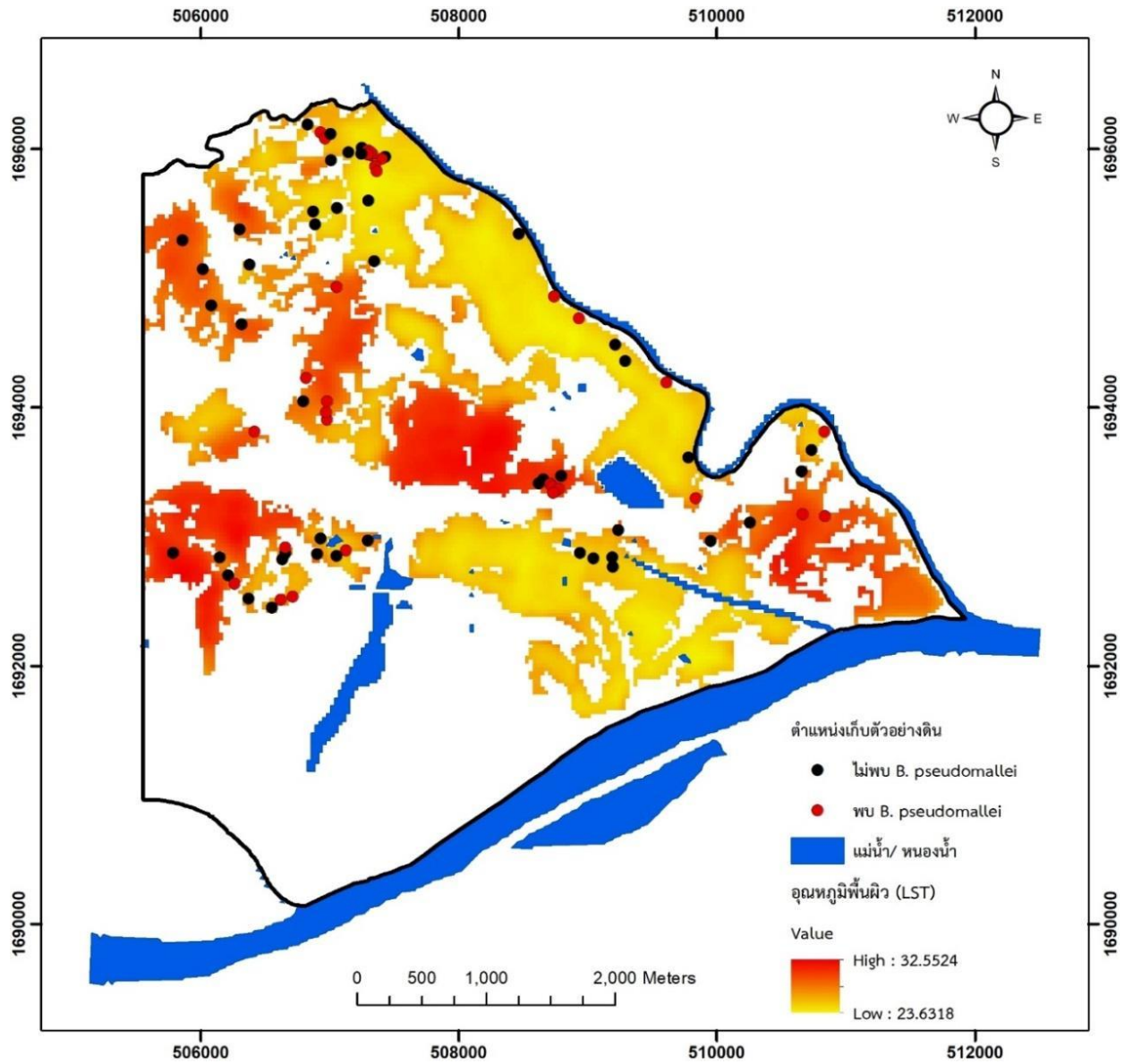
ผลการตรวจหาเชื้อ *B. pseudomallei* ในดิน ทางห้องปฏิบัติการพบเชื้อ *B. pseudomallei* จำนวน 32 ตัวอย่าง (41.03%) และไม่พบเชื้อ *B. pseudomallei* จำนวน 46 ตัวอย่าง (58.97%) สำหรับอุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature: LST) จากการปรับค่าการแปลงรังสีและปรับค่าการส่องสว่างของภาพถ่ายดาวเทียมช่วงคลื่นความร้อน (Brightness Temperature: BT) และค่าสัดส่วนของความแตกต่างพืชพรรณ ทำการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature: LST) พบว่า อุณหภูมิพื้นผิวมีค่าอยู่ระหว่าง 23.63-32.55 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 2

เมื่อได้ค่าอุณหภูมิพื้นผิว (LST) แล้วทำการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวจากภาพถ่ายดาวเทียม (Land Surface Temperature: LST) ร่วมกับข้อมูลอุณหภูมิดินที่วัดได้จากภาคสนาม (Field Survey) โดยใช้วิธี Ordinary Co-Kriging ซึ่งจะได้ข้อมูลประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวชุดใหม่ (Calibration) พบว่า อุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 36.73 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 29.67 องศาเซลเซียส มัธยฐานของอุณหภูมิ 32.33 องศาเซลเซียส และค่าการกระจายของข้อมูล IQR เท่ากับ 1.96 (ตารางที่ 2 และภาพที่ 3) จากนั้นทำการ extract ค่าอุณหภูมิพื้นผิวตามตำแหน่งของตัวอย่างดินที่ทำการตรวจหาเชื้อ *B. pseudomallei* 78 ตำแหน่ง และทำการทดสอบความสัมพันธ์พบว่าค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (Coefficient of Determination) เท่ากับ 0.82 (ภาพที่ 4)

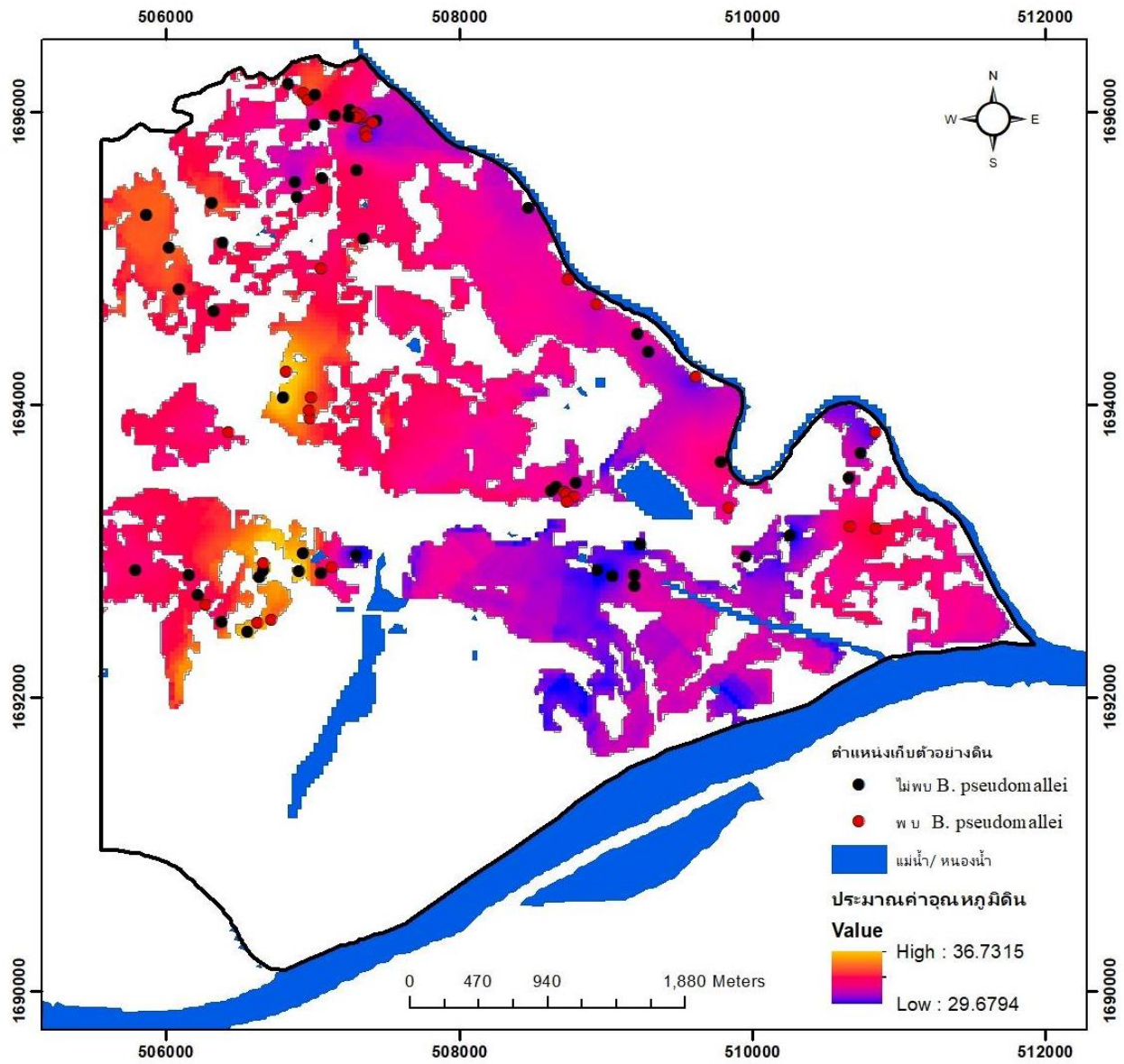
ผลการทดสอบความสัมพันธ์ของการพบและไม่พบเชื้อ *B. pseudomallei* กับอุณหภูมิพื้นผิว พบว่า ค่า Mann-Whitney U Test เท่ากับ 698.0 (p-value 0.699) สรุปได้ว่าการพบหรือไม่พบเชื้อ *B. pseudomallei* ไม่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิพื้นผิว (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ของการพบและไม่พบเชื้อ *B. pseudomallei* กับอุณหภูมิพื้นผิว

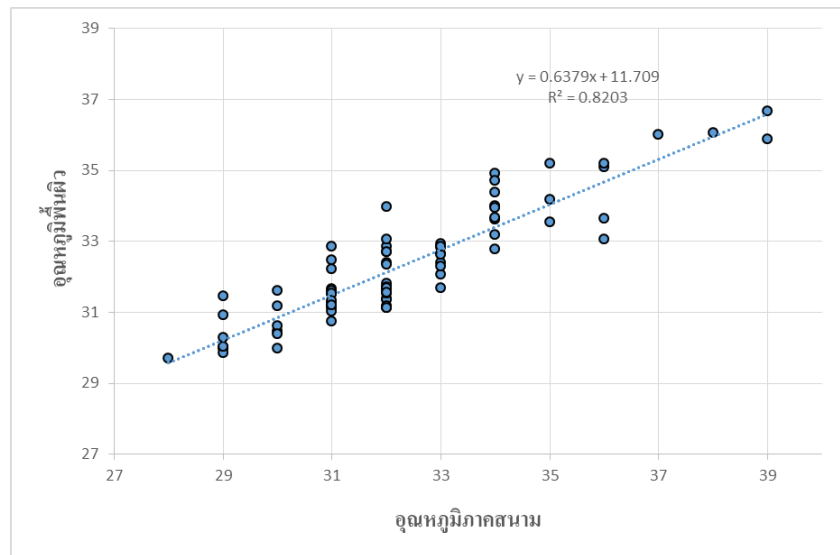
ปัจจัย	Min	Max	Median	IQR	Mann-Whitney U Test	p-value
อุณหภูมิพื้นผิว (Land surface temperature)	29.72	36.73	32.33	1.96	698.0	0.699



ภาพที่ 2 อุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature: LST)



ภาพที่ 3 ประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature) กับอุณหภูมิดินภาคสนาม

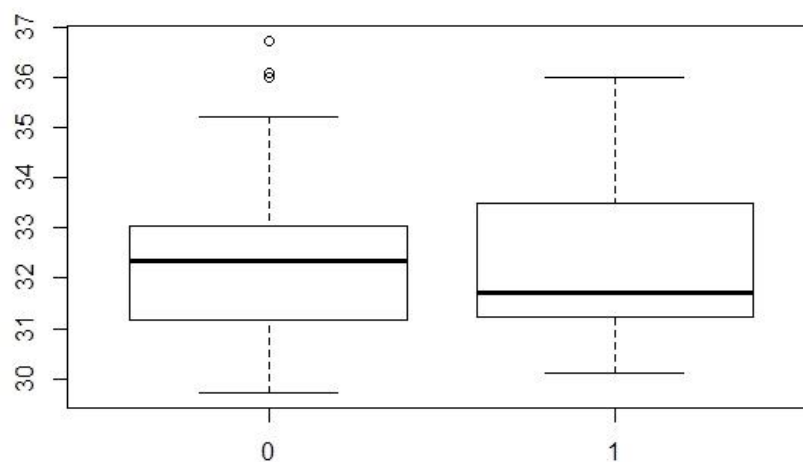


ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์อุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature: LST) และข้อมูลอุณหภูมิดิน

วิจารณ์ผลการวิจัย

โรคเมล็ดออยด์เป็นปัญหาสำคัญของสาธารถนสุช ผู้ป่วยสามารถได้รับเชื้อ *B. pseudomallei* จากการสัมผัสผืนดินและน้ำที่ปนเปื้อนเชื้ออยู่ อัตราการป่วยของประชาชนอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูงและมีรายงานผู้ป่วยอย่างต่อเนื่อง หากทราบวิธีการป้องกัน และคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงต่อโรคเมล็ดออยด์จะเป็นประโยชน์และแนวทางในการเฝ้าระวังโรคเมล็ดออยด์ได้ ที่สำคัญเชื้อ *B. pseudomallei* เป็นเชื้อที่ก่อโรคเมล็ดออยด์ที่อยู่ในดินที่ระดับความลึก 0-90 เซนติเมตร อย่างไรก็ตามระดับความลึกที่ 0-30 เซนติเมตรเหมาะสมกับการเก็บตัวอย่างดินเพื่อตรวจหาเชื้อแบคทีเรีย *B. pseudomallei* (Wuthiekanun, 2009; Limmathurotsakul, 2013) ประชาชนจะสัมผัสเชื้อได้จากกิจกรรมทางการเกษตร เช่น การเตรียมดินเพาะปลูก การไถพรวนดิน และการขุดดินเพื่อหาอาหาร เป็นต้น จากการศึกษาทดลองทางห้องปฏิบัติการพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและอยู่รอดได้ของเชื้อ *B. pseudomallei* ที่ 37–42 องศาเซลเซียส (Tong *et al.*, 1996; Limmathurotsakul *et al.*, 2013) อย่างไรก็ตามการเก็บตัวอย่างดินเพื่อทำการตรวจหาเชื้อ *B. pseudomallei* จึงต้องมีการเก็บตัวอย่างดินที่อุณหภูมิที่เหมาะสมซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าหากทราบอุณหภูมิพื้นผิวก็จะทำให้พบเชื้อ *B. pseudomallei* เพราะอุณหภูมิพื้นผิวเกิดจากการสะท้อนของคลื่นรังสีความร้อนตกกระทบกับวัตถุทำให้มีการสะท้อน และการดูดกลืนของวัตถุนั้นๆ การใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI&TIRS จะมีการสะท้อนของช่วงคลื่นตามองเห็น และช่วงคลื่นความร้อนทำให้เหมาะต่อการศึกษารูปร่างอุณหภูมิพื้นผิว โดยเฉพาะค่าการเปล่งรังสีของวัตถุที่มีสิ่งปกคลุมดิน และไม่มีสิ่งปกคลุมดินจะไม่เท่ากัน จึงทำการวิเคราะห์สัดส่วนของพืชพรรณเพื่อจะได้ค่าจริงของอุณหภูมิพื้นผิว ทั้งนี้แหล่งที่อยู่อาศัยของเชื้ออยู่ในระดับความลึก 30 เซนติเมตร จึงจำเป็นต้องทำการปรับค่าอุณหภูมิดินและอุณหภูมิพื้นผิวให้ใกล้เคียงกัน โดยการทำการ calibration ของค่าอุณหภูมิใหม่ โดยทำการประมาณค่าของอุณหภูมิพื้นผิว (Land surface Temperature) ของภาพถ่ายดาวเทียม ร่วมกับค่าอุณหภูมิภาคสนาม (Field survey)

ณ ความลึกที่ 30 เซนติเมตร เพื่อจะได้แผนที่อุณหภูมิพื้นผิวใกล้เคียงกับพื้นที่จริงมากที่สุด จากผลการวิเคราะห์พบว่าอุณหภูมิพื้นผิวอยู่ระหว่าง 29.72-36.73 องศาเซลเซียส ค่าของอุณหภูมิไม่แตกต่างกันมากในพื้นที่ ทำให้ผลการวิเคราะห์ที่ไม่มีความสัมพันธ์กับแผนที่กระจายเชื้อแบคทีเรีย *B. pseudomallei* อย่างไรก็ตามการศึกษาคั้งนี้มีข้อจำกัดของการใช้ภาพถ่ายดาวเทียม โดยเฉพาะการคัดเลือกภาพให้ใกล้เคียงกับวันที่สำรวจมากที่สุด และปราศจากเมฆ ดังนั้นการศึกษาคั้งต่อไปอาจจะใช้ภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียดสูง หรือการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมที่มีระบบ Active หรือการใช้โดรนที่มี sensor คลื่นความร้อน อาจจะสามารถทะลุพื้นผิวได้ดีกว่า และเหมาะสมกับขนาดพื้นที่ไม่ใหญ่มาก นอกจากนี้การเก็บตัวอย่างในบางพื้นที่มีการกระจุกตัว อาจทำให้การวิเคราะห์ไม่พบความสัมพันธ์ การศึกษาคั้งต่อไปควรมีการสุ่มตัวอย่างแบ่งตามสัดส่วนของอุณหภูมิ (stratified random sampling) หรือเพิ่มจำนวนตัวอย่างมากขึ้น อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้ทำการแยกวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างอุณหภูมิที่พบเชื้อ และไม่พบเชื้อปรากฏว่าตำแหน่งที่พบเชื้อมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 30.11-35.59 องศาเซลเซียส ค่ามัธยฐาน 31.70 สำหรับตำแหน่งที่ไม่พบเชื้อมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 29.72-36.73 องศาเซลเซียส ค่ามัธยฐาน 32.33 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 5) แสดงให้เห็นว่าสามารถพบเชื้อได้ในอุณหภูมิที่หลากหลายตั้งแต่ 30.11-35.99 องศาเซลเซียส แต่ในสภาพพื้นที่จริงในสิ่งแวดล้อมเป็นไปยากมากที่จะควบคุมอุณหภูมิได้ การศึกษาที่ผ่านมามีการแนะนำให้เก็บตัวอย่างดินเพื่อทำการตรวจเชื้อ *B. pseudomallei* ในอุณหภูมิอากาศระหว่าง 24-32 องศาเซลเซียส (Limmathurotsakul *et al.*, 2013; Win *et al.*, 2019) ซึ่งก็อยู่ในช่วงของอุณหภูมิพื้นผิว (ภาพที่ 3) ประกอบกับเชื้อ *B. pseudomallei* สามารถอยู่รอดได้ที่อุณหภูมิสูง เพราะฉะนั้นการศึกษาคั้งต่อไปอาจจะมีเก็บตัวอย่างดินเพิ่ม หรือมีกระบวนการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ร่วมกับปัจจัยการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศเพิ่มขึ้น แต่ผลการศึกษาคั้งนี้ชี้ให้เห็นถึงการใช้เทคโนโลยีรีโมทเซ็นซิงในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อจำแนกอุณหภูมิพื้นผิวในแต่ละพื้นที่ ทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นบริเวณกว้าง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการศึกษาและการติดตามเชื้อ *B. pseudomallei* ต่อไป ดังนั้นการศึกษาคั้งต่อไปอาจจะเพิ่มปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายของเชื้อ *B. pseudomallei* เช่น ความชื้นดิน ลักษณะดิน และการระบายน้ำของดิน เป็นต้น รวมถึงการใช้กระบวนการสถิติเชิงพื้นที่เพื่อแสดงจุด Hot spot กับอุณหภูมิพื้นผิวและปัจจัยอื่นร่วมด้วย



ภาพที่ 5 การพบและไม่พบเชื้อ *B. pseudomallei* ตามอุณหภูมิพื้นผิว (0 = ไม่พบเชื้อ, 1 = พบเชื้อ)



สรุปผลการวิจัย

การกระจายของเชื้อแบคทีเรีย *B. pseudomallei* พบจำนวน 32 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นจำนวนมากและกระจายอยู่ในพื้นที่บ่งบอกถึงความเสี่ยงของเกษตรกรต่อการติดเชื้อได้มากขึ้น สำหรับอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากการประมาณค่าจะเป็นประโยชน์ต่อการติดตามอุณหภูมิพื้นผิว แต่อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าอุณหภูมิพื้นผิวไม่มีความสัมพันธ์กับเชื้อ เพราะผลการศึกษาแสดงให้เห็นการพบเชื้อได้หลากหลายในอุณหภูมิพื้นผิว ตั้งแต่อุณหภูมิตั้งแต่ 30.11-35.99 องศาเซลเซียส ดังนั้นการนำเทคโนโลยีรีโมทเซ็นซิงโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเข้ามาช่วยชี้ให้เห็นถึงการกระจายของเชื้อ และพบได้ในบริเวณกว้าง จะทำให้ง่ายต่อการเฝ้าระวังการเกิดโรคเมลลิออยด์ แต่อย่างไรก็ตามจากผลการวิจัยทั้งหมดจึงมีข้อเสนอแนะควรมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม หรือนำปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องร่วมในการวิเคราะห์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรรุวรรณ วงบุตดี วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่คอยดูแลในการเก็บข้อมูลดิน และการตรวจเชื้อแบคทีเรีย *B. pseudomallei* ในดินทางห้องปฏิบัติการ นอกจากนี้ ขอขอบคุณผู้อำนวยการโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลคอนมดแดง และอาสาสมัครประจำหมู่บ้านกุดแก้ว หมู่บ้านดงบังเหนือ และหมู่บ้านดงบังใต้ที่ให้ความสะดวกในการเก็บข้อมูล และให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- Daniel, W.W., & Cross, C.L. (1995). *Biostatistics: A Foundation of Analysis in Health Sciences*. In John Wiley&Sons (Sixth Ed.), New York.
- Jimenez-Munoz, J. C., Sobrino, J. A., Skokovic, D., Mattar, C., & Cristobal, J. (2014). Land surface temperature retrieval methods from Landsat-8 thermal infrared sensor data. *Geoscience and remote sensing letters, IEEE, 11*, 1840-1843.
- Kaestli, M., Mayo, M., Harrington, G., Ward, L., Watt, F., Hill, J.V., Cheng, A.C., & Currie, B.J. (2009). Landscape Changes Influence the Occurrence of the Melioidosis Bacterium *Burkholderia pseudomallei* in Soil in Northern Australia. *PLoS Neglected Tropical Diseases, 3*(1), e364.
- Leelarasamee, A. (2000). Melioidosis in Southeast Asia. *Acta Tropical, 74*, 129-132.
- Limmathurotsakul, D., Dance, D.A., Wuthiekanun, V., Kaestli, M., Mayo, M., Warner, J., Wagner, D.M., Tuanyok, A., Wertheim, H., Yoke, C.T., Mukhopadhyay, C., Puthuchear, S., Day, N.P., Steinmetz, I., Currie, B.J., & Peacock, S.J. (2013). Systematic review and consensus guidelines for environmental sampling of *Burkholderia pseudomallei*. *PLoS Negl Trop Diseases, 7*(3), e2105.
doi:10.1371/journal.pntd.0002105.



- Limmathurotsakul, D., Kanoksil, M., Wuthiekanun, V., Kitphati, R., DeStavola, B., Day, N.P.J., & Peacock, S.J. (2013). Activities of Daily Living Associated with Acquisition of Melioidosis in Northeast Thailand: A Matched Case-Control Study. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 7(2), e2072. doi:10.1371/journal.pntd.0002072.
- Limmathurotsakul, D., Wuthiekanun, V., Chantratita, N., Wongsuvan, G., Amornchai, P., Day, N.P.J., & Peacock, S.J. (2010). *Burkholderia pseudomallei* is spatially distributed in soil in Northeast Thailand. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 4, e694. doi: 10.1371/journal.pntd.0000694.
- Paksanont, S., Sintiprungrat, K., Yimthin, T., Pumirat, P., Peacock, S.J., & Chantratita, N. (2018). Effect of temperature on *Burkholderia pseudomallei* growth, proteomic changes, motility and resistance to stress environments. *Scientific Reports*, 8(1), 9167.
- Palasatien, S., Lertsirivorakul, R., Royros, P., Wongratanacheewin, S., & Sermswan, R.W. (2008). Soil physicochemical properties related to the presence of *Burkholderia pseudomallei*. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 102(sp1), 5-9.
- Rolim, D.B., Vilar, D.C., Sousa, A.Q., Miralles, I.S., de Oliveira, D.C., Harnett, G., O' Reilly, L., Howard, K., Sampson, I., & Inglis, T.J. (2005). Melioidosis, northeastern Brazil. *Emerging Infectious Diseases*, 11(9), 1458-1460.
- Suresh, S., Ajay, S.V., & Mani, K. (2016). Estimation of Land Surface Temperature of High Range Mountain Landscape of Devikulam Taluk Using Landsat 8 Data. *Research in Engineering and Technology*, 5(1), 92-96.
- Tong, S., Yang, S., Lu, Z., & He, W. (1996). Laboratory investigation of ecological factors influencing the environmental presence of *Burkholderia pseudomallei*. *Microbiology and Immunology*, 40(6), 565-570.
- USGS. (2020). Landsat 8. [https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8? qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con](https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con).
- USGS. (2020). Landsat Mission. <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/using-usgs-landsat-level-1-data-product>
- White, N.J. (2003). Melioidosis. *Lancet*, 361(9370), 1715-1722.
- Win, T.T., Su, K.K., Than, A.M., Htut, Z.M., Pyar, K.P., Ashley, E.A., Dance, D.A.B., & Tun, K.M. (2019). Presence of *Burkholderia pseudomallei* in the 'Granary of Myanmar'. *Trop Medicine and Infectious Disease*, 4(1), doi: 10.3390/tropicalmed4010008.



Wuthiekanun, V., Smith, M.D., Dance, D.A., & White, N.J. (1995). Isolation of *Pseudomonas pseudomallei* from soil in north-eastern Thailand. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 89, 41-43.