

๖๓๑.๔.
๗/๗/๘
๖.๓

ศึกษาความขึ้นในกินหลังฤดูเก็บเกี่ยวของบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง
จากภาพถ่ายดาวเทียมสำรวจทรัพยากร

๒๕ ส.ย. ๒๕๒๓

สำนักงานหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ตึกวิทยุ ๕๑ พระโขนง กรุงเทพมหานคร ๒๒ โทร. ๓๐๒๑๕๗๕, ๓๐๑๕๐๕๐

ปฏิญานพนธ์

ของ

ประเทือง จินตสกุล

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้า
ปริญญาดุษฎีบัณฑิตกิตติมศักดิ์

กันยายน ๒๕๒๒

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

๘๐๖๑๙

ศึกษาความขึ้นในดินหลังถูกเก็บเกี่ยวของบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง
จากภาพถ่ายดาวเทียมสำรวจทรัพยากร

บทคัดย่อ

ของ

ประเทือง จินตสกุล

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

กันยายน 2522

ศึกษาความชื้นในดินหลังฤดูเก็บเกี่ยวของบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง
จากภาพถ่ายดาวเทียมสำรวจทรัพยากร

การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสะท้อนช่วงคลื่นแสงกับปริมาณความชื้นในดิน การเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดิน ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับปริมาณน้ำฝนและเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินที่คำนวณได้จากสูตรของเพนแมน (Penman) วิธีการที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยการแปลภาพถ่ายดาวเทียม การสำรวจภาคพื้นดิน การวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากตัวอย่างดิน และการคำนวณปริมาณความชื้นในดินจากสูตรของเพนแมน

ผลการศึกษาพบว่า

1. ปริมาณความชื้นในดินมีความสัมพันธ์ในทางลบกับการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นแสงอินฟราเรดสูง โดยค่าสหสัมพันธ์ - .84
2. ปริมาณความชื้นในดินช่วงหลังฤดูเก็บเกี่ยว (ธันวาคม - มิถุนายน) มีไม่เพียงพอกับความต้องการน้ำของพืชและจำเป็นต้องได้รับน้ำชลประทานตลอดระยะเวลาของการเพาะปลูก
3. ปริมาณความชื้นในดินบริเวณทางเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง (พระนครศรีอยุธยา - ชัยนาท) มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณน้ำฝนค่อนข้างสูง ค่าสหสัมพันธ์ .77 ส่วนในบริเวณทางใต้ (ปทุมธานี - สมุทรปราการ) ปริมาณน้ำฝนไม่มีอิทธิพลที่สำคัญต่อปริมาณความชื้นในดิน
4. ปริมาณความชื้นในดินที่คำนวณได้จากสูตรของเพนแมนในค่าใกล้เคียงกับวิธีการคำนวณจากถาดวัดการระเหยน้ำและการวิเคราะห์จากตัวอย่างดิน

A STUDY OF SOIL MOISTURE CHARACTERISTICS AFTER THE HARVEST IN
THE LOWER CENTRAL PLAIN AREA BY LAND RESOURCES
SATELLITE TECHNIQUES

AN ABSTRACT

BY

PRATUENG CHINTASAKUL

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Master of Education Degree
at Srinakharinwirot University
September, 1979

A STUDY OF SOIL MOISTURE CHARACTERISTICS
AFTER THE HARVEST IN THE LOWER CENTRAL
PLAIN AREA BY LAND RESOURCES SATELLITE TECHNIQUES.

The main purposes of this study are to study the correlation between the spectral reflectivity and soil moisture content, the change in soil moisture, the correlation between soil moisture content and the amount of rainfall, and to test the soil moisture content which is computed by Penman's formula. Research procedure for this study comprise : interpretation of data from ERTS Landsat imagery, field survey, analyzation of soil moisture content from soil sampling and computation by Penman's formula.

The findings of this study indicate that :

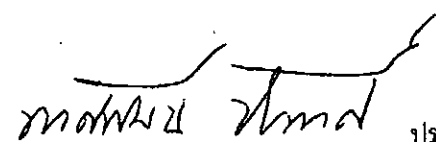
1. Soil moisture content has a considerable negative correlation with the spectral reflectivity. The correlation coefficient is - .84

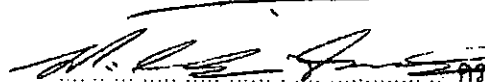
2. Soil moisture content after the harvest (December - June) is not enough for water requirement, irrigated water must be presented through out the period of cultivation.

3. Soil moisture content in the north of the Lower Central Plain (Phra Nakhon Si Ayutthaya - Chi Nat) positively correlate with the amount of rainfall. The correlation coefficient is .77 In the south (Pathum Thani - Samutr Prakan) rain fall does not have any significant influence on soil moisture content.

4. computation of soil moisture content using Penman's formula gives similar results to that derived by evaporation pan method and soil sample analysis.

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิติได้พิจารณาปัญหานี้เรียบร้อยแล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาตามบัณฑิต
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้


ประธาน


กรรมการ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ เพราะได้รับคำแนะนำและความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์พงศ์พันธ์ บิยะพงศ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ วิทยารัฐ เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและให้ความช่วยเหลือทั้งทางด้านเอกสาร เครื่องมือ และการศึกษาในภาคสนาม ตลอดจนความสะดวกทาง ๙ หลายประการ รวมทั้งการตรวจแก้ไขข้อบกพร่องจนปริญญานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ และขอขอบพระคุณอย่างยิ่งสำหรับ

อาจารย์สุวิทย์ วิบูลย์เศรษฐ์ และเจ้าหน้าที่ทุกคนของโครงการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียมที่ให้ความสนับสนุนในด้านเอกสาร อุปกรณ์ และห้องปฏิบัติการ รวมทั้งคำแนะนำทาง ๙

เจ้าหน้าที่แผนกวิจัยดินและน้ำ กองวิทยาการ กรมวิชาการเกษตร ที่ให้ความช่วยเหลือและแนะนำการใช้เครื่องมือ การเก็บตัวอย่างดินและการวิเคราะห์ดิน

อาจารย์สมุทพร ศิริบุรี ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านเอกสารและทำรายการรีโมต เซนซิง ทายที่สุโขทัยขอขอบคุณและขออภัยต่อ คุณชิตาวรรณ สว่างจิตต์ ที่ได้ติและต้องลำบากกับการศึกษาของผู้นี้จนตลอดมา

ประเทือง จินตสกุล

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
✓ ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	4
✓ สมมุติฐานของการศึกษาค้นคว้า	4
✓ ความสำคัญของ การศึกษาค้นคว้า	5
ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	5
เกณฑ์ในการเลือกบริเวณที่ศึกษา	6
เกณฑ์ในการแบ่งบริเวณที่ศึกษา	6
เกณฑ์ในการสร้างดัชนีความชื้นเพื่อการแปลภาพถ่ายดาวเทียม	6
นิยามศัพท์เฉพาะ	7
✓ ข้อตกลงเบื้องต้น	7
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
3 วิธีดำเนินการศึกษา	19
✓ แหล่งข้อมูลและเครื่องมือ	19
การเก็บรวบรวมข้อมูล	21
การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล	21
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	23
4 การวิเคราะห์ข้อมูล	26
วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการสะท้อนช่วงคลื่นแสงกับปริมาณความชื้นในดิน	26
วิเคราะห์ปริมาณและการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดิน	30

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณความชื้นในดิน	41
วิเคราะห์ปริมาณและการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินที่คำนวณได้จากสูตร ของเพนแมน (Penman) จากถาดวัดการระเหยน้ำ และจากภาพถ่าย ดาวเทียม	47
5 อภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า สรุป และข้อเสนอแนะ	51
อภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า	51
สรุปผลการศึกษาค้นคว้า	61
ขอขอบคุณในการศึกษา	62
ข้อเสนอแนะทางวิชาการ	63
ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป	63
บรรณานุกรม	65
ภาคผนวก	69

บัญชีตาราง

ตาราง

หน้า

1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการสะท้อนช่วงคลื่นแสงกับปริมาณ ความชื้นในดินเดือนมกราคมของบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง	27
2	แสดงดัชนีความชื้นในดินเดือนมกราคมจากภาพถ่ายดาวเทียมของบริเวณ ที่ราบภาคกลางตอนล่าง	29
3	ผลการศึกษาจำนวนพื้นที่ของดินระดับความชื้นต่าง ๆ ในบริเวณที่ราบ ภาคกลางตอนล่าง จากภาพถ่ายดาวเทียม ถ่ายเมื่อ 7 มกราคม 2516 ...	31
4	ผลการศึกษาจำนวนพื้นที่ของดินระดับความชื้นต่าง ๆ ในบริเวณที่ราบ ภาคกลางตอนล่าง จากภาพถ่ายดาวเทียม ถ่ายเมื่อ 2 มีนาคม 2516 ...	34
5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับระดับความชื้นตามอันดับ grey scale ที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 2 ภาพ	42
6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณความชื้นในดิน	45
7	แสดงตัวอย่างการคำนวณค่าศักยภาพการคายระเหยของจังหวัดสุพรรณบุรี ปี 2515 - 2516 โดยใช้สูตรภูมิอากาศของเพนแมน	70
8	แสดงปริมาณความชื้นในดินปี 2515 - 2516 โดยวิธีการคำนวณศักยภาพ การคายระเหยจากสูตรภูมิอากาศของเพนแมน และโดยวิธีการคูณ pan evaporation ด้วย 0.85	72
9	ค่าของรังสีจากดวงอาทิตย์ แปลงให้เป็นความลึกของน้ำที่ระเหยไปเป็น มิลลิเมตรต่อวัน	74
10	ค่าของ $\frac{\Delta}{\Delta + \gamma}$ และ $\frac{\gamma}{\Delta + \gamma}$ ในสูตรภูมิอากาศของ เพนแมน	75
11	ค่าของรังสีที่สะท้อนจากวัตถุที่มีผิวค่าสนิท (σT^4) แปลงเป็นความลึก ของน้ำที่ระเหยไปเป็นมิลลิเมตรต่อวัน	76
12	ความชื้นไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศ (e_a)	77

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

- 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความชื้นในดินกับการสะท้อนของคลื่นแสง 18
- 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการสะท้อนช่วงคลื่นแสงกับปริมาณความชื้นในดิน เคียนมกราคมของบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง 28
- 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนพื้นที่ดินแห้งซึ่งมีความชื้นไม่เพียงพอต่อการเพาะปลูกของจังหวัดต่าง ๆ ในบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่างระหว่างช่วงถ่ายภาพดาวเทียมเมื่อ 7 มกราคม กับ 2 มีนาคม 2516 39
- 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนพื้นที่ที่มีความชื้นเพียงพอต่อการเพาะปลูก (พื้นที่ชื้น + พื้นที่ดินเปียก) ของจังหวัดต่าง ๆ ในบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง ระหว่างช่วงถ่ายภาพดาวเทียมเมื่อ 7 มกราคม กับ 2 มีนาคม 2516 40
- 5 เปรียบเทียบปริมาณความชื้นในดินของจังหวัดสุพรรณบุรีที่คำนวณได้จากสูตรของ Penman, pan evaporation $\times 0.85$ และจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้ข้อมูลเดือนตุลาคม - มีนาคม 2515 - 2516
- 6 ภาพถ่ายดาวเทียมสีผสมแสดงบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง ถ่ายเมื่อ 7 มกราคม 2516 79

บัญชีแผนที่

แผนที่

หน้า

1	แผนที่ความชื้นของดินบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง วิเคราะห์จาก ภาพถ่ายดาวเทียม 7 มกราคม 2516	36
2	แผนที่ความชื้นของดินบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง วิเคราะห์จาก ภาพถ่ายดาวเทียม 2 มีนาคม 2516	37
3	แผนที่บริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง	78

บทนำ

การเกษตรกรรมเป็นอาชีพพื้นฐานทางเศรษฐกิจของประเทศไทยที่สำคัญยิ่งติดต่อกันมาเป็นเวลาช้านาน ประชากรไทยส่วนใหญ่มีอาชีพทางการเกษตร ผลิตภัณฑ์ปราชชาติของประเทศไทยจึงมีผลิตภัณฑ์จากภาคเกษตรกรรมเป็นองค์ประกอบมากที่สุด ดังจะเห็นได้จากมูลค่าผลิตภัณฑ์ปราชชาติเมื่อปี พ.ศ. 2519 ซึ่งมีจำนวน 135,169 ล้านบาท ในจำนวนนี้เป็นผลิตภัณฑ์จากภาคเกษตรกรรมถึง 37,853 ล้านบาทหรือร้อยละ 28 ซึ่งนับว่าเป็นอัตราส่วนค่อนข้างสูง ในด้านการค้าระหว่างประเทศ ผลผลิตทางการเกษตรก็มีมูลค่าส่งออกโดยเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2513 - 2518 สูงถึงประมาณร้อยละ 70 ของมูลค่าสินค้าออกทั้งหมด (กองเศรษฐกิจการเกษตร 2520 : 1) ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า ผลผลิตจากการเกษตรกรรมของไทย มีส่วนสำคัญในการช่วยลดดุลการค้าที่เสียเปรียบของประเทศตลอดมา

ศูนย์กลางการเกษตรกรรมและที่ดินเป็นบริเวณหัวใจสำคัญของประเทศคือบริเวณที่ราบภาคกลาง แม้จะมีแม่น้ำลำธารไหลผ่านบาง แต่ก็มีทิวเขาตลอดขอบเกือบทุกด้าน ยกเว้นด้านใต้ ฉะนั้นจึงเป็นบริเวณอับฝนหรือกึ่งอับฝน ปริมาณน้ำฝนที่ตกในภาคนี้ เฉลี่ยแล้วมีน้อยกว่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเสียอีก คือมีประมาณ 51 นิ้วต่อปี ซึ่งต่ำกว่าปริมาณฝนเฉลี่ยตลอดปีที่ต้นข้าวต้องการคือ 70 นิ้วต่อปี แต่ที่ราบภาคกลางก็เป็นทุ่งราบดินตะกอนกว้างขวางเหมาะในการปลูกข้าว (สวท เสนาณรงค์ 2516 : 114 - 115) หรือปลูกพืชไร่อย่างอื่น เช่น ข้าวโพด ถั่วเขียว ถั่วเหลือง เป็นต้น การเกษตรกรรมในเขตนี้มาจะกระทำแบบเข้ม (intensive farming) กล่าวคือ ใช้พื้นที่เกือบทุกตารางเมตรให้เป็นประโยชน์ ใช้ทุนเวียนตลอดปีและลงทุนต่อพื้นที่สูงได้ แต่ในปัจจุบันปรากฏว่า พื้นที่ถือครองเพื่อการทำนาของภาคกลางมีทั้งหมด 16,176,714 ไร่ ในปีเพาะปลูก พ.ศ. 2518 - 2519 อันเป็นปีที่ดินฟ้าอากาศอำนวยให้ในการเพาะปลูกที่ดีที่สุด เกษตรกรก็สามารถใช้พื้นที่ทำนาได้เพียง 13,165,740 ไร่เท่านั้น ยังเหลือ

พื้นที่ว่างเปล่าอีกถึง 3,010,974 ไร่ หรือเกือบ 1/5 ของพื้นที่ทั้งหมด (กรมส่งเสริมการเกษตร 2521 : 35) ที่สำคัญที่สุดคือ ในจำนวนพื้นที่ถือครองเพื่อการทำนาของภาคกลางทั้งหมดดังกล่าวแล้วนั้น มีพื้นที่ที่ได้รับการชลประทานและอาจปลูกข้าวได้ปีละ 2 ครั้ง จากโครงการเจ้าพระยาใหญ่ เพียง 5,778,000 ไร่ (สวท เสนาณรงค์ 2516 : 122) พื้นที่ที่เหลืออีก 10,398,714 ไร่ กลับถูกทิ้งปล่อยไว้ตลอดหลังฤดูเก็บเกี่ยวประมาณ 6 เดือน แม้ในพื้นที่มีการชลประทาน หากยังไม่ได้ปรับพื้นที่ (พื้นที่เดิมมีเนินปลูก ต้นไม้ขึ้นระเกะระกะ ขวางทางน้ำอยู่ทั่วไป คลองส่งหรือระบายน้ำไม่มีเพียงพอ) ส่วนใหญ่ก็ยังปลูกพืชได้เฉพาะฤดูฝน เพียงฤดูเดียว เหมือนกับการเกษตรนอกเขตชลประทาน (กองเศรษฐกิจการเกษตร 2519 : 1)

ปัญหาที่กล่าวแล้วข้างต้น เป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำหรือความชื้นในดิน โดยเฉพาะในช่วงหลังฤดูฝน การปลูกข้าวหรือพืชที่ต้องการน้ำมาก อาจจะไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร แต่การปลูกพืชอายุสั้นหรือพืชตระกูลถั่วที่ไ้ระยะเวลาไม่เกิน 60 วัน และใช้ความชื้นในดินน้อย น่าจะเป็นการใช้ความชื้นในดินที่มีอยู่ให้เป็นประโยชน์และเหมาะสมมากกว่า ทั้งยังช่วยบำรุงดิน ป้องกันการพังทลายของดิน และที่สำคัญคือช่วยเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรมากขึ้น ทั้งนี้เพราะพืชไร่ทั่วไป เช่น ถั่วเมล็ดกลม (pea) ถั่วเหลือง ข้าวโพด เป็นต้น สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้สูง แม้ในดินจะมีระดับความชื้นลดลงเกือบถึง 50 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Hobbs et.al. 1963 : 441 - 442)

แหล่งของความชื้นในดิน ความชื้นในดินที่พืชนำไปใช้ในกระบวนการต่าง ๆ ได้จากความชื้นที่สะสมอยู่ในดิน โดยเฉพาะบริเวณที่รากพืชหยั่งถึง ความชื้นดังกล่าวนี้มาจากน้ำฝน น้ำชลประทาน และการเคลื่อนที่ของน้ำในดินจากบริเวณใกล้เคียงหรือจากระดับน้ำใต้ผิวดิน (วรรณ จันทรัง 2517 : 18) แต่ผลจากการศึกษาเขตความชื้นในดินบริเวณ 7 จังหวัดของประเทศไทยของกรมพัฒนาที่ดิน แม้ผลการวิจัยจะอยู่ในระหว่างวิเคราะห์ตัวเลข แต่แนวโน้มการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่ควบคุมเขตความชื้นในดินของประเทศไทยได้แก่ ปริมาณและการกระจายของฝนที่ตกในชว่งปี พืชพรรณและความหนาแน่นของพืชพรรณที่ขึ้นอยู่ ปริมาณน้ำในดิน ระดับความสูงและคุณสมบัติของดิน (กรมพัฒนาที่ดิน 2520 : 161) เนื่องจากที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างเป็นที่ราบดินดอนสามเหลี่ยม ประกอบด้วยเนื้อดินประเภทดินเหนียว

ความต่างระดับของพื้นที่มีน้อยมาก ทั้งยังอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 30 เมตร และใช้พื้นที่ในการปลูกข้าวเกือบทั้งหมด (สวาท เสนาณรงค์ 2516 : 35) ดังนั้น ปัจจัยที่ควบคุมจำนวนความชื้นในบริเวณที่ควรจะได้รับการศึกษาเป็นพิเศษจึงได้แก่ ปริมาณและการกระจายของฝนที่ตก โดยเฉพาะในช่วงเดือนธันวาคม - มิถุนายนที่มีการเพาะปลูกพืชหลังฤดูเก็บเกี่ยว

การเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินของบริเวณที่ไม่ได้รับการชลประทานในช่วงหลังฤดูเก็บเกี่ยว จากการวิเคราะห์หสมกุลของน้ำในกรุงเทพมหานคร และจังหวัดนครสวรรค์โดยสูตรซึ่งใช้หสมมูลภูมิอากาศของ ธอร์นไธว (Thornthwaite) พบว่า ทั้งสองจังหวัดจะขาดแคลนความชื้นในดินตั้งแต่เดือนธันวาคม - มิถุนายน (จังหวัดนครสวรรค์ถึงเดือนกรกฎาคม) หรืออาจกล่าวได้ว่าตลอดหลังฤดูเก็บเกี่ยว ทั้งนี้เพราะในช่วงเวลาดังกล่าวศักยภาพการคายระเหยของน้ำ (potential evapotranspiration) มีมากกว่าปริมาณน้ำฝน (ทวีชัย ชลายนนาวัน 2510 : 10) และแม้จะมีการวิเคราะห์หสมกุลของน้ำโดยสูตรซึ่งใช้หสมมูลภูมิอากาศของ เฟนแมน (Fenman) ซึ่งได้รับการตรวจสอบและเปรียบเทียบกับสูตรของผู้อื่น ๆ แล้วว่าใช้ได้ดีที่สุดในประเทศไทยขณะนี้ (วิบูลย์ บุญขจรโรกุล 2518 : 29) ก็ตาม หากวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินแล้ว อาจจะมีการแตกต่างในรายละเอียดเท่านั้น แต่ผลสรุปเหมือนกัน หนึ่ง เกี่ยวกับการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมชั้นต้น จากภาพถ่ายเมื่อ 7 มกราคม 2516 พบว่าบริเวณตั้งแต่กรุงเทพมหานคร - นครศรีธรรมราช ยังมีความชื้นในดินอยู่ และอยู่ในเกณฑ์ชื้น คือมีระดับความชื้น 20 - 35 เปอร์เซ็นต์ ไปจนถึงเกณฑ์เปียก (wet) ที่มีระดับความชื้นมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ จากความแตกต่างดังกล่าวนี้ จึงน่าที่จะได้มีการตรวจสอบสูตรของเฟนแมนอีกครั้งหนึ่ง

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นในดินกับการสะท้อนช่วงคลื่นแสง คุณสมบัติของวัตถุบนพื้นโลกที่สะท้อนแสงในช่วงคลื่นต่าง ๆ กันนั้น เป็นหลักการที่ใช้ในการแปลภาพถ่ายดาวเทียม กล่าวคือ วัตถุต่าง ๆ จะมีคุณสมบัติในทางคลื่นแสงแตกต่างกัน ความชื้นในดินก็เช่นเดียวกัน จากการตรวจสอบความชื้นในดินของพงศ์พิศน์ ปิยะพงศ์ ในหลาย ๆ จุดของบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่างจากภาพถ่ายดาวเทียมชนิดขาวดำแบบ 7 (ช่วงคลื่นอินฟราเรด) และจากการวัดความชื้นในภาคพื้นดิน ได้สรุปว่าความชื้นในดินมีสหสัมพันธ์กับการดูดและสะท้อนของแสงในช่วงคลื่น

อินฟราเรด (พงศ์พิทักษ์ ปิยะพงศ์ 2521 : 1) อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาเพื่อนำไปใช้ปฏิบัติ จำเป็นต้องศึกษาอย่างละเอียด เพื่อทราบถึงข้อจำกัดและโอกาสผิดพลาดในการนำข้อมูลไปใช้

ปัญหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับลักษณะความชื้นในดินซึ่งที่กล่าวแล้วนั้น การสำรวจจากระยะไกล (remote sensing) จะเป็นเทคนิคและเครื่องมือช่วยในการศึกษาและแก้ปัญหาได้ ทั้งนี้โดยการแปลภาพถ่ายดาวเทียมประกอบกับการสำรวจทางภาคพื้นดินเนื่องจากการศึกษารังนี้เป็นการศึกษาระดับกว้างหรือขนาดมาตราส่วน 1 : 250,000 และให้ข้อมูลที่ทันสมัยกว่า การศึกษาจากภาพถ่ายทางอากาศแบบธรรมดา ผลที่ได้จากการศึกษารังนี้จึงเป็นข้อมูลที่เหมาะของงานวางแผนพัฒนาการเกษตรระดับภาค โดยเฉพาะในงานโครงการส่งเสริมการเพาะปลูกพืชหลังฤดูเก็บเกี่ยวของบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง เพราะช่วยให้ทราบถึงจำนวนขอบเขตของพื้นที่เพาะปลูกและการชลประทานรวมทั้งสามารถประเมินผลการเพาะปลูกได้

ความมุ่งหมายของการศึกษานี้คือ

1. เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างการสะท้อนช่วงคลื่นแสง (spectral reflectivity) กับปริมาณความชื้นในดิน
2. เพื่อศึกษาถึงปริมาณและการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินหลังฤดูเก็บเกี่ยวของบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง
3. เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณความชื้นในดิน
4. เพื่อตรวจสอบปริมาณและการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินที่คำนวณได้จากสูตรของเพนแมน (Penman) ว่าถูกต้องเป็นจริงหรือไม่

สมมุติฐานของการศึกษานี้คือ

1. ค่าของการสะท้อนช่วงคลื่นแสงจะมีความสัมพันธ์ในทางลบกับปริมาณความชื้นในดิน
2. ปริมาณความชื้นในดินของบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่างหลังฤดูเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนมกราคมและมกราคม น่าจะเพียงพอสำหรับการปลูกพืชอายุสั้น

3. ปริมาณความชื้นในดินจะมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณน้ำฝน
4. ปริมาณและการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินที่คำนวณได้จากสูตรของ เพนแมน น่าจะถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริง

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างการสะท้อนช่วงคลื่นแสงกับปริมาณความชื้นในดิน และสามารถสร้างดัชนี (index) ความชื้น เพื่อวิเคราะห์ความชื้นในดินจากภาพถ่ายดาวเทียม บริเวณอื่น ๆ อีก
2. ทำให้ทราบถึงจำนวนพื้นที่ที่ใช้ปลูกพืชหลังฤดูเก็บเกี่ยวและสามารถประเมินผลการเพาะปลูกได้
3. ช่วยแนะนำเกษตรกรในการใช้ที่ดินปลูกพืชชนิดต่าง ๆ ตามสภาพความเหมาะสมที่ความชื้นในดินยังเหลืออยู่พร้อมทั้งการวางแผนการไถนาในไร่นา
4. เพื่อพิสูจน์และสามารถให้ข้อมูลที่ถูกต้องหนึ่งว่า สูตร ซึ่งใช้ข้อมูลภูมิอากาศในการหาศักยภาพการคายระเหยของน้ำ (potential evapotranspiration) เพื่อศึกษาสมดุลของน้ำในดินของนายเพนแมนถูกต้องเป็นจริงหรือไม่
5. ผลจากการศึกษาเป็นข้อมูลในการแบ่งเขตความชื้นในดิน (soil moisture regimes) ของประเทศได้

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. บริเวณที่ทำการศึกษาค้นคว้าคือบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่างหรือบริเวณดินดอนสามเหลี่ยมปากน้ำ และประเทศด้วยพื้นที่ของจังหวัดดังต่อไปนี้คือ นครสวรรค์ ชัยนาท สิงห์บุรี ลพบุรี อ่างทอง สุพรรณบุรี พระนครศรีอยุธยา ปทุมธานี นนทบุรี นครปฐม กาญจนบุรี กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ สมุทรสาคร ราชบุรี รวมทั้งหมด 15 จังหวัด
2. ช่วงเวลาที่ทำการศึกษาคือช่วงเดือนมกราคมและมกราคม 2516

เกณฑ์ในการ เลือกบริเวณที่ศึกษา

การเลือกบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่าง ใช้เกณฑ์ดังต่อไปนี้

1. เป็นบริเวณดินดอนสามเหลี่ยมปากน้ำที่เกิดจากการทับถมของตะกอนที่หนา นับตั้งแต่หัวของเขตก่าประมาณละติจูดที่ 15° เหนือ ในเขตจังหวัดนครสวรรค์ - ชัยนาท ต่อเนื่องมาจนถึงบริเวณอ่าวไทยมีเนื้อที่ประมาณ 38,400 ตารางกิโลเมตร มีความยาวจากหัวเขตก่าลงมาถึงอ่าวไทยประมาณ 320 กิโลเมตร ส่วนที่กว้างที่สุดประมาณ 120 กิโลเมตร และมีความตาระดับน้อยมาก คือไม่เกิน 30 เมตร
2. เป็นศูนย์กลางการเกษตรกรรมที่สำคัญที่สุดของประเทศ ปัจจุบันทางภูมิศาสตร์กายภาพและภูมิศาสตร์ เศรษฐกิจมีส่วนส่งเสริมให้บริเวณนี้เหมาะต่อการเกษตรกรรมแบบเข้ม (intensive farming) มากกว่าบริเวณอื่น ๆ

เกณฑ์ในการ แบ่งบริเวณที่ศึกษา

ผู้ศึกษาได้แบ่งเขตที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างในภาพถ่ายดาวเทียมชนิดขาวดำ โดยถือเกณฑ์ดังนี้

1. แนวคลองชลประทาน
2. แนวแม่น้ำ

เกณฑ์ในการสร้างดัชนี (index) ความชื้นเพื่อการแปลภาพถ่ายดาวเทียม

ผู้ศึกษาจะสร้างดัชนีความชื้นจากความสัมพันธ์ระหว่าง grey scale กับปริมาณความชื้นทั่วทั้งโคจรรังในพื้นที่และเลือกจุดตรวจสอบ (spot check) โดยถือเกณฑ์ดังนี้

1. เป็นบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคมใกล้เคียงกับปริมาณน้ำฝนในช่วงเวลาเดียวกันของปีที่ผ่านมาสร้างดัชนี
2. เป็นบริเวณที่สามารถเป็นตัวแทน ระดับความเข้มของสี (tone) ระดับต่าง ๆ ในภาพถ่ายดาวเทียมได้

3. เป็นบริเวณเดียวกันกับบริเวณที่นำข้อมูลภูมิอากาศมาวิเคราะห์

นิยามศัพท์เฉพาะ

ศักยภาพการคายระเหย (potential evapotranspiration) หมายถึง ปริมาณการคายระเหยของน้ำที่อาจเกิดขึ้นได้สูงสุดในสภาวะอากาศขณะนั้นและจากพื้นที่ผิวระเหยนั้น ๆ

ความชื้นในดิน (soil moisture) หมายถึงจำนวนน้ำในดิน

ดินเปียก (saturate) หมายถึงดินที่มีน้ำซึม (gravitation water) ชู

ดินชื้น (moist) หมายถึงดินที่มีน้ำอยู่ในระดับหรือใกล้เคียงจุดดินอุ้มน้ำ (field capacity) แต่มากกว่าน้ำในระดับจุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point)

ดินแห้ง (dry) หมายถึงดินที่มีน้ำอยู่ในระดับจุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point) หรือต่ำกว่า

การเพาะปลูกหลังฤดูเก็บเกี่ยว หมายถึงการเพาะปลูกหลังจากทำนาปีเสร็จแล้ว หรือ หมายถึงการเพาะปลูกในช่วงระหว่างเดือนธันวาคม - มิถุนายน

พืชอายุสั้น หมายถึงพืชตระกูลถั่วซึ่งใช้ระยะเวลาในการเพาะปลูกไม่เกิน 60 วัน

ข้อตกลงเบื้องต้น

การเก็บข้อมูลภาคพื้นดิน เพื่อวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในดินที่กระทำในช่วงเดือน ธันวาคม - มกราคม ถือว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นในดินกับระดับความเข้มของสี (tone) ในภาพถ่ายดาวเทียมชนิดขาวดำ เหมือนกันกับในเดือนมีนาคม 2516

บทที่ ๒

เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นักภูมิศาสตร์กายภาพสนใจเกี่ยวกับความชื้นหรือน้ำในดิน เนื่องจากน้ำเป็นส่วนประกอบระดับผิวพื้นมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิประเทศของโลก และสิ่งที่เกิดขึ้นในลำดับต่อมา ก็คือความแตกต่างในระหว่างที่ (spatial variation) อันเป็นผลมาจากระดับความสามารถของมนุษย์ในการที่จะใช้ความชื้นในดินนั้นให้เกิดประโยชน์ไม่เท่ากัน ปัจจุบันนี้ความชื้นในดินได้ถูกพิจารณาให้เป็นองค์ประกอบพื้นฐานของสิ่งแวดล้อมใกล้ตัว ทั้งนี้เพราะความจำเป็นต่อการดำรงชีพ ความมั่นคงของมนุษย์ รวมทั้งยังกระทบกระทั่งต่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในทางภูมิศาสตร์วัฒนธรรม (Cihlar และ Ulaby, 1975 : 1)

ธรรมชาติของความชื้นในดิน

สํอาาง ศรีนิลทา (สํอาาง ศรีนิลทา ๒๕๑๓ : ๒๙) กล่าวว่า ดินทุกชนิดที่ปรากฏในธรรมชาติ โดยปกติมีความชื้นเสมอ ไม่มากก็น้อย ความชื้นนี้ปรากฏอยู่ในช่อง (pore) ระหว่างอนุภาคของดินหรือไม้ก่เกาะอยู่บนผิวของอนุภาคของดินในลักษณะของเยื่อบาง ๆ หรือทั้งสองอย่าง และมีทั้งที่เป็นของเหลว (น้ำเหลว) และที่เป็นก๊าซ (ไอน้ำ) อย่างไรก็ตาม บทบาทที่ความชื้นในรูปไอน้ำในดินมีต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยทั่วไปมีน้อยมาก เมื่อเทียบกับความชื้นในรูปน้ำเหลว ดังนั้นเมื่อพูดถึงความชื้นของดิน จึงมักหมายถึงแต่เฉพาะน้ำเหลวที่มีอยู่ในดินเท่านั้น และมักเรียกว่าน้ำในดิน

ไลออน และ บัคแมน (Lyon และ Buckman, 1973 : ๔๔) ได้จำแนกน้ำในดินออกเป็น ๓ ชนิดคือ

๑. น้ำเยื่อ (hygroscopic water) เป็นน้ำที่เคลือบติดอยู่กับอนุภาคของดินในลักษณะของเยื่อเยื่อที่บางมาก และยึดเกาะไว้ด้วยแรงดึงดูดระหว่างน้ำกับอนุภาคดิน เป็นน้ำที่เหลืออยู่ในดินหลังจากผึ่งดินในร่มจนแห้งแล้ว

2. น้ำขับ (capillary water) เป็นน้ำที่ปรากฏอยู่ใน 2 ลักษณะ คืออยู่รอบอนุภาคดินถัดจากน้ำเยื่อ และอยู่ในช่องว่างที่มีขนาดเล็กมากของดินโดยทั่วไป (เล็กกว่า 8.6 ไมครอน) แรงดึงดูดของโลกไม่สามารถทำให้น้ำประเภทนี้เคลื่อนที่ได้

3. น้ำซึม (gravitation water, drainage water หรือ free water) เป็นน้ำที่อยู่ในช่องดินขนาดใหญ่และสามารถซึมหรือถูกระบายออกจากดินได้โดยแรงดึงดูดของโลก

ความสำคัญของความชื้นในดินที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

น้ำเป็นวัตถุดิบที่พืชดูดขึ้นมาจากดินแล้วนำไปปรุงอาหารเพื่อการเจริญเติบโต โดยผ่านปฏิกิริยาทางเคมีอย่างซับซ้อน ขบวนการดังกล่าวเรียกว่า ขบวนการสังเคราะห์แสง และยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งภายในเซลล์ของพืช เป็นตัวช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในต้นพืชและอุณหภูมิของอากาศภายนอก ช่วยรักษารูปร่างของเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของพืชให้คงตัวไม่เหี่ยวเฉา เป็นตัวทำลายแร่ธาตุต่าง ๆ ภายในดิน เพื่อพืชสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ได้โดยการดูดซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ (กรมพัฒนาที่ดิน 2510 : 20 - 21)

สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน (สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน 2518 : 29) กล่าวว่า พืชที่ขาดน้ำจะกระทบกระเทือนถึงขบวนการสังเคราะห์แสงด้วย ทั้งนี้เพราะเซลล์ที่ขาดน้ำทำให้ขบวนการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้นไม่ได้เต็มที่ ประกอบทั้งพืชที่ขาดน้ำนั้น ช่องปากใบของใบปิด ทำให้คาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปไม่สะดวก ส่วนน้ำที่มีมากเกินไป เช่น ฝนที่น้ำท่วมหรือน้ำขังเป็นเวลานาน ๆ ก็จะเป็นอุปสรรคแก่การเจริญเติบโตของพืชเหมือนกัน ทั้งนี้เพราะจะก่อให้เกิดสารมีพิษบางอย่างซึ่งมีอันตรายต่อพืช เช่น ทำให้มี Fe^{++} และ H_2S นอกจากนั้น ยังทำให้ระดับของออกซิเจนในดินลดลง ไม่เพียงพอแก่ความต้องการของรากสำหรับขบวนการหายใจ การดูดธาตุอาหารเข้าไปในรากไม่สะดวก ทำให้การสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์ในดินมีมากขึ้น ซึ่งมีผลทำให้ความซึมได้ของเซลล์ (cell permeability) ของรากลดลงด้วย น้ำเข้าไปในรากไม่ได้ และจะเห็นได้ว่าพืชที่ถูกลำน้ำท่วมจะเหี่ยวคล้ายกับการขาดน้ำ

ปริมาณความชื้นในดินที่พืชต้องการ เพื่อความเจริญเติบโต

เจนเน (Jenne et.al. 1958 : 71 - 72) กล่าวว่า ปริมาณความชื้นในดินที่เหมาะสมแก่การตั้งกล้าพืชอาหารพืช จะอยู่ในช่วงจุดดินอิ่มน้ำ (field capacity) และจุดเนถาวร (permanent wilting point) ถ้าอยู่ใกล้จุดเนถาวร จะมีผลทำให้การตั้งกล้าพืชอาหารของรากน้อยลง เพราะมีน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ทำให้การขยายรากไปหาธาตุอาหารอยู่ในขอบเขตจำกัด แต่ถ้าวางดินมีความชื้นเกินกว่าจุดดินอิ่มน้ำมาก ดินก็จะมีก๊าซออกซิเจนน้อยลง ก๊าซออกซิเจนจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการขยายรากมาก ดังนั้นจึงมีผลทำให้การตั้งกล้าพืชอาหารของรากพืชน้อยลงด้วย

เดนมีด และ ชอว์ (Denmead และ Shaw. 1962 : 385) กล่าวว่า ผลทางระหว่างระดับความชื้นของดินที่จุดดินอิ่มน้ำกับระดับจุดเนถาวรของดินนั้น เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดิน ก็คือสิ่งที่เรียกว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available water percentage, A.W.P.) ของดินในขณะนั้น แต่แม้ว่า A.W.P. จะเป็นสิ่งซึ่งแสดงถึงปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินในขณะหนึ่ง ๆ ก็ตาม พืชก็ใช้ความชื้นส่วนนี้ให้เป็นประโยชน์ได้ดีไม่เท่ากัน กล่าวคือ พืชจะดูดความชื้นจากดินไปใช้ได้สะดวกที่สุด เมื่อระดับความชื้นของดินเท่ากับจุดดินอิ่มน้ำ และจะดูดความชื้นของดินได้ยากขึ้นโดยลำดับเมื่อความชื้นของดินลดลงจากระดับจุดดินอิ่มน้ำ

ประสิทธิ์ ค่ายกนกวงศ์ (ประสิทธิ์ ค่ายกนกวงศ์ 2519 : 51) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความชื้นของดินที่เหมาะสมที่สุดต่อการเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ. ๑ ในเรือนกระจกกับชุดดินกำแพงแสน พบว่า การปลูกถั่วเหลืองเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงเต็มพื้นที่ ควรควบคุมระดับความชื้นของดินให้อยู่ระหว่าง 70 - 100 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available moisture capacity)

ชนิด มະลิสຸວຽນ (ชนิด มະลิสຸວຽນ 2519 : 29) กล่าวว่า พืชชนิดต่าง ๆ ต้องการน้ำไม่เท่ากัน พืชส่วนมากโดยเฉพาะพืชไร่ จัดเป็นพวกพืชชอบน้ำปานกลาง (mesophytes) คือต้องการระดับน้ำเพียงปานกลางเท่านั้น จากการศึกษาพบว่า ในการเพิ่มน้ำหนักแห้งของพืช 1 กรัม นั้น พืชต้องใช้ น้ำในอัตราต่าง ๆ กันดังนี้ -- พวกพืช -- เช่น -- ข้าวโพด --

ไชน้ำหนัก 322 กรัม ข้าวโพด 368 กรัม ข้าวสาลี 513 กรัม ข้าวโอ๊ต 597 กรัม พวกนี้ต่าง ๆ เช่น ถั่วเหลือง 744 กรัม อัลฟัลฟา (alfalfa) 831 กรัม พืชไร่อื่น ๆ เช่น มันฝรั่ง 636 กรัม และบรีนาคาล 397 กรัม เป็นต้น

บริกส์ และ เซนทส์ (Briggs และ Shantz, 1914 : 56) กล่าวว่า ปริมาณน้ำที่พืชต้องการเพื่อการเจริญเติบโตไม่เท่ากัน จะผันแปรไปตั้งแต่ 200 - 1,000 กรัมต่อการสร้างน้ำหนักแห้ง 1 กรัม เช่น ข้าวฟ่างไชน้ำ 322 กรัม ข้าวโพดไชน้ำ 368 กรัม ข้าวสาลีไชน้ำ 513 กรัมต่อการสร้างน้ำหนักแห้งของพืชเหล่านั้น 1 กรัม

การวัดความชื้นในดิน

ลินส์เลย์ (Linsley et.al., 1949 : 64) ได้แบ่งวิธีวัดความชื้นในดินไว้ดังนี้

1. วิธีกราวิเมตริก (gravimetric method) เป็นการเก็บตัวอย่างดินมาอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 105 - 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง น้ำหนักที่หายไปคือ น้ำหนักน้ำหรือความชื้น

2. วิธีวัดความนำไฟฟ้า (electrical conductance method) เป็นการวัดความชื้นโดยการใช้ความนำไฟฟ้าเป็นหลัก เช่น วิธีใช้ไฟเบอร์กลาส (fiber glass method) เป็นต้น วิธีนี้จะมีกราฟมาตรฐาน (standard curve) ระหว่างความต้านทาน (resistance) กับความชื้น โดยการฝังแท่งวัตถุพูนไฟเบอร์กลาสลงในระดับต่าง ๆ กัน แล้วใช้โวลเทนท์มิเตอร์ (potentic meter) วัดความต้านทานที่ต้องการแล้วเทียบกับกราฟมาตรฐาน ก็จะทราบถึงปริมาณความชื้นในดิน

3. วิธีวัดความเครียดของความชื้นในดิน (tension method) เป็นวิธีหาความชื้นของดินโดยใช้หลัก negative pressure เช่น เครื่องเทนซิโอมิเตอร์ (tensiometer) เป็นต้น ในการวัดใช้ความดันเป็นมิลลิบาร์ เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานระหว่างความดันกับความชื้นของดิน แต่เทนซิโอมิเตอร์เหมาะสำหรับดินที่มีเนื้อละเอียดมาก

4. วิธีนิวเคลียร์ สแกตเทอริง (neuclear scattering method) เป็นวิธีวัดความชื้นในดินด้วยธาตุไอโซโทป (radio isotope) โดยการส่งแรงแม่เหล็กตั้งสู่พื้นดิน ถ้าดินมีความชื้นมาก หมายถึงจะมี H^+ มากด้วย จะทำให้แรงแม่เหล็กตั้งสะท้อนกลับเข้าเครื่องมาก ทำการวัดการเคลื่อนที่ของแรงแม่เหล็กเป็น count per minute (cpm) และสร้างกราฟมาตรฐานระหว่าง cpm กับความชื้นในดิน (ต่อปริมาตร) วิธีนี้นับว่าได้ผลถูกต้องกว่าวิธีอื่น การวัดครั้งหนึ่งจะกินเนื้อที่ได้มากกว่า 1 ลูกบาศก์ฟุต และอาจวัดได้ลึกถึง 140 ฟุต

ซีฮลาร์ และ อูลาบี (Cihlar และ Ulaby, 1975 : 3 - 4) ได้แบ่งวิธีการวัดความชื้นในดินออกเป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ

1. วิธีตรง (direct method) เป็นวิธีตรวจวัดความชื้นในดินของดินส่วนหนึ่ง (soil segment) ในขณะนั้นโดยตรง ดังนั้นค่าของความชื้นที่วัดได้ จึงเป็นค่าขาดช่วง (discrete value) ถึงแม้จะมีบางกรณีที่สามารถบันทึกค่าต่อเนื่องได้ก็ตาม วิธีตรงที่นิยมใช้กันมากคือ วิธีกราวิเมตริก (gravimetric method) วิธีใช้ความต้านทาน (resistance method) วิธีเพนซิโอเมตริก (tensiometric method) วิธีไซโครเมตริก (psychrometric method) และวิธีสแกตเทอริง (scattering methods) เป็นต้น

2. วิธีอ้อม (indirect method) การศึกษาความชื้นในดินบริเวณกว้างหรือเป็นภูมิภาค หากใช้วิธีตรงซึ่งต้องไปทำการตรวจวัดความชื้นในพื้นที่โดยตรงย่อมไม่เหมาะสม ทั้งนี้เพราะต้องสิ้นเปลืองเวลา ค่าใช้จ่ายในด้านเครื่องมือและการปฏิบัติงานสูง วิธีอ้อมจึงเหมาะสมมากกว่า ทั้งยังให้ค่าที่ใกล้เคียงความจริงมากด้วย วิธีอ้อมมี 2 วิธีคือ

2.1 วิธีสมดุลของน้ำ (water balance method) เป็นวิธีที่ให้ค่าต่อเนื่อง (continuous in time) และค่อนข้างจะเป็นวิธีตรง เป็นวิธีคำนวณหาความชื้นในดินได้จากส่วนที่เหลือจาก inputs (หยาดน้ำฟ้า, การชลประทาน) และ outputs (ปริมาณน้ำไหลบ่า การระเหยน้ำที่ดิน การระเหย การคายน้ำของพืช)

2.2 วิธีสำรวจจากระยะไกล (remote sensing method) เป็นวิธีที่ให้ค่าเป็นช่วงเวลา (discrete in time) การสำรวจความชื้นในดินจากระยะไกล อาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงในคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของดินที่เป็นผลมาจากความแตกต่างของ

จำนวนน้ำในดิน ช่วงคลื่นที่ใช้ในการศึกษาความชื้นในดิน จะใช้ในช่วงคลื่น visible, thermal infrared และ microwave ซึ่งในวิธีนี้ยังสามารถแยกย่อยออกไปได้อีก 3 วิธี คือ วิธีถ่ายภาพทางอากาศ (photographic method) วิธีใช้คลื่นอินฟราเรด (infrared method) และวิธีใช้คลื่นสั้น (microwave method)

ระดับความชื้นของดิน

สำออง ศรีนิลทา (สำออง ศรีนิลทา 2513 : 29) กล่าวว่า ระดับความชื้น (moisture content) ของดินหมายถึงจำนวนความชื้นทั้งหมดที่มีอยู่ในดินแห้งหน่วยหรือร้อยละ หน่วยจำนวน คำว่า "จำนวน" ในที่นี้โดยปกติหมายถึงมวล แต่ในบางกรณีก็หมายถึงปริมาตร ระดับความชื้นของดินนิยมบอกเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (มวล) ซึ่งหมายถึงระดับความชื้นทั้งหมดที่ปรากฏในดิน เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของมวลของดินเมื่อดินนั้นแห้งสนิท

ภาควิชาปฐพีวิทยา (ภาควิชาปฐพีวิทยา 2515 : 390 - 394) กล่าวว่า ระดับความชื้นของดินเป็นสิ่งที่แสดงถึงจำนวนหรือปริมาณของความชื้นที่มีอยู่ในดินจำนวนหนึ่ง ๆ ซึ่งอาจกระทำโดยหลายวิธี คือ

1. แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนักของดิน เป็นตัวเลขที่แสดงถึงน้ำหนักของความชื้นของดินเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักดิน เมื่อดินแห้งสนิท
2. แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร หมายถึงปริมาตรของส่วนที่เป็นความชื้นของดิน เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรทั้งหมดของดิน
3. แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ความอิ่มตัวด้วยน้ำ เปอร์เซ็นต์ความอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน หมายถึงปริมาตรของความชื้นในดินเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรของส่วนที่ไม่ใช่ของแข็งของดิน
4. แสดงเป็นความลึกของน้ำ วิธีนี้ใช้หลักการเกี่ยวกับการแสดงปริมาณน้ำฝน กล่าวคือ เราต้องใช้จินตนาการว่า ถ้าเราสามารถแยกส่วนที่เป็นความชื้นออกจากส่วนอื่น ๆ ของดินจำนวนหนึ่งได้ทั้งหมด แล้วเหวความชื้นที่แยกออกมาได้นั้นลงบนหน้าตัดของดินจำนวนนั้น โดยให้ความชื้นนั้นแจกแจงอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งหน้าตัดของดิน และไม่ให้ความชื้นซึมเข้าไปในดินอีกเลย ความชื้นนั้น ๆ จะมีความลึกเท่าใด

ความหมายของการสำรวจจากระยะไกล (remote sensing)

สุวิทย์ วิบูลย์เศรษฐ์ (สุวิทย์ วิบูลย์เศรษฐ์ 2516 : 39) กล่าวว่า รีโมต เซนซิง (remote sensing) คือ วิทยาศาสตร์และเทคนิคของการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุต่าง ๆ จากการวัดซึ่งกระทำในที่ห่างไกลออกไป โดยปราศจากการสัมผัสกับวัตถุนั้น ๆ โดยตรง

พรรณี วราอัสวปติ (พรรณี วราอัสวปติ 2521 : 3) กล่าวว่า รีโมต เซนซิง (remote sensing) คือ วิทยาการอันทันสมัยที่ช่วยให้เราสามารถวิเคราะห์ คำนวณรังวัด ตลอดจนทำให้ทราบถึงสภาพของพื้นผิวโลกที่แตกต่างกัน โดยปราศจากการสัมผัสกับสิ่งเหล่านั้นโดยตรง โดยศึกษาคุณสมบัติการสะท้อน การแผ่กระจายและการดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นตั้งแต่ 0.3 ไมครอน ถึง 3 เมตร ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งหมด

ความเหมาะสมของการสำรวจจากระยะไกลในการศึกษาความชื้นของดิน

แบตลิวัลลา และอุลลาบี (Batlivala และ Ulaby. 1975 : 1) กล่าวว่า ปริมาณความชื้นในดินเป็นเกณฑ์สำคัญในการทำนายผลผลิตของพืชในแต่ละพื้นที่ ทำนายการไหลบ่า (run off) และอื่น ๆ ในทางอุทกวิทยา การเกษตรและอุตุนิยมวิทยา การสำรวจจากระยะไกล (remote sensing) จะให้ค่าเฉลี่ยที่ถูกต้องของการกระจายในระนาบที่ (spatial distribution) ของจำนวนความชื้นในดินในพื้นที่กว้าง ภายในเวลาสั้น ๆ และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย

ลีก (League. 1974 : 1 - 2) กล่าวว่า ในการวัดความชื้นของดินจากพื้นที่กว้างใหญ่โดยตรงนั้นกระทำได้ยาก ทั้งนี้เพราะปัญหาทางด้านขนาด (size) ความสามารถในการเข้าถึง (accessibility) เวลาและค่าใช้จ่าย แต่การสำรวจจากระยะไกล (remote sensing) จะเป็นเครื่องมือที่สามารถศึกษาความชื้นได้อย่างเป็นประโยชน์และเหมาะสม เป็นทางหนึ่งที่สามารถวัดจำนวนความชื้นในดินจากพื้นที่กว้างใหญ่ได้ถูกต้องแม่นยำและง่ายในช่วงระยะเวลาอันสั้น และข้อมูลนี้ก็เป็นสิ่งจำเป็นหรือเป็นที่ต้องการ ทั้งนี้เพื่อทราบถึงปริมาณการขาดแคลนความชื้นในดินอันสามารถทำให้ดำเนินการชลประทานได้อย่างเหมาะสม และ

ช่วยในการเพิ่มผลผลิตด้วย การทราบความชื้นในดินระดับภูมิภาค อาจทำให้สามารถทำนายพื้นที่แห้งแล้งต่าง ๆ ได้ นอกจากนี้หากดินมีความชื้นในปริมาณมากเกินอัตรา การไหลบ่า (run off) และการท่วมของแม่น้ำในตอนล่างก็สามารถทำนายล่วงหน้าได้จากปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มเข้าไปเช่นกัน

หลักของการแปลภาพถ่ายดาวเทียม

ฮาร์เปอร์ (Harper, 1976 : 168) กล่าวว่า ในการศึกษาการสำรวจจากระยะไกล (remote sensing) ปัจจัยที่สำคัญเป็นอันดับแรกก็คือการแปลภาพถ่าย (interpretation) ซึ่งอาจแปลด้วยตาเปล่า (visual interpretation) หรือแปลภาพถ่ายด้วยเครื่องมือ (instrument interpretation) ความถูกต้องของการแปลภาพถ่ายขึ้นอยู่กับประสบการณ์ ความชำนาญของแต่ละบุคคล ที่ต้องใช้วิจารณญาณ ความรอบรู้และการตัดสินใจโดยอาศัยคุณสมบัติของคลื่นแสง (spectral properties) ของวัตถุ 3 ประการ คือ ความสามารถในการดูดซับแสง (absorptivity) การสะท้อนแสง (reflectivity) และการยอมให้แสงผ่าน (transmissivity)

พรณี วราอัสวปติ (พรณี วราอัสวปติ 2521 : 23) กล่าวว่า การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม อาศัยหลักการเบื้องต้นประกอบการพิจารณาดังนี้ คือ ความเข้มของสี (tone) รูปร่าง เงาม ขนาด รูปแบบ ความหยาบละเอียด (texture) ทำเลที่ตั้งและความสัมพันธ์ของที่ตั้งกับกิจกรรมในบริเวณนั้น ๆ อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมจะอาศัยหลักการในการวิเคราะห์เพียงอย่างเดียวอย่างหนึ่งไม่ได้ จำเป็นต้องวิเคราะห์ควบคู่กันเสมอ

พงศ์พันธ์ ปิยะพงศ์ (พงศ์พันธ์ ปิยะพงศ์ 2521 : 1) กล่าวว่า ความชื้นในดินมีสหสัมพันธ์กับการดูดและการสะท้อนของแสงในช่วงคลื่นแสงอินฟราเรดอย่างมาก ถ้าดินมีความชื้นสูง จะมีการดูดคลื่นแสงอินฟราเรดมากและสะท้อนแสงขึ้นน้อย ทำให้เห็นเป็นสีดำหรือเทาเข้มในภาพจากดาวเทียม ถ้าดินมีความชื้นน้อย จะมีการสะท้อนคลื่นแสงอินฟราเรดมาก ทำให้เห็น

เป็นสีเทาอ่อนหรือสีขาว การใช้ภาพจากดาวเทียมประกอบกับการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นบนผิวดิน จะทำให้สามารถทำแผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของความชื้นบนผิวดินตามฤดูกาลต่าง ๆ ได้ นอกจากนี้ พงศ์พิศน์ ปิยะพงศ์ ยังได้กล่าวสรุปถึงหลักสำคัญบางประการของการสำรวจจากระยะไกลที่ใช้ในการสำรวจทางการเกษตรว่ามี 3 ประการคือ

1. spectral properties ของดิน น้ำ และพืชที่ปกคลุมผิวโลก สิ่งปกคลุมพื้นผิวจะเป็นดิน น้ำ หรือพืชต่าง ๆ มีการดูด การสะท้อน การยอมให้แสงผ่านและการปล่อยพลังงานออกจากตัวเองในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน มีสหสัมพันธ์กับช่วงคลื่นแสงที่แตกต่างกัน และพลังงานที่ปลดปล่อยจากวัตถุดังกล่าว สามารถวัดได้เมื่อใช้เครื่องมือที่ถูกต้อง มีสหสัมพันธ์กับช่วงคลื่นนั้น ๆ

2. spatial properties ของสิ่งปกคลุมผิวโลก วัตถุทุกอย่างบนผิวโลกจะมีรูปทรงพื้นฐานใน space แตกต่างกัน และสามารถวัดขนาดและหรรพทรงได้ ทำให้สามารถวิเคราะห์และแปลความหมายจากภาพถ่ายดาวเทียมได้ เช่น นาข้าวจะมีหรรพทรงเป็นสีเขียวเมื่ออยู่ในที่ราบจะมีขนาดแปลงใหญ่กว่าเมื่ออยู่ในที่ดอน เป็นต้น

3. temporal change หมายถึงการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล เช่น นาข้าวจะมีสีเขียวในระยะเริ่มแรกของการเจริญเติบโต มีสีน้ำตาลหรือเหลืองอ่อน ในระยะเก็บเกี่ยว เป็นต้น

สุรัชย์ รัตนเสริมพงศ์ (สุรัชย์ รัตนเสริมพงศ์ 2521 : 46 - 47) ได้ทำการศึกษาทางนิเวศวิทยามริเวณอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ พบว่า เมื่อใช้ภาพถ่ายดาวเทียมชนิดขาวดำ แบนด์ 5 ปรากฏว่าพื้นที่นาข้าวที่มีการชลประทานจะเป็นสีเทาจาง ส่วนพื้นที่นาข้าวไม่มีการชลประทานจะมีสีขาว ทั้งนี้เพราะความชื้นน้อยกว่า แต่เมื่อใช้ภาพถ่ายดาวเทียมสีผสมจากการรวมแบนด์ 4, 5 และ 7 เข้าด้วยกัน พบว่า พื้นที่นาข้าวที่มีการชลประทานซึ่งมีความชื้นสูง ปรากฏเป็นสีน้ำเงินจางมีจุดประสีน้ำตาล ส่วนนาข้าวที่ไม่มีการชลประทานซึ่งมีความชื้นน้อย ปรากฏเป็นสีขาวมีจุดประสีน้ำตาล นอกจากนี้ยังพบว่า พื้นที่นาข้าวที่ปรากฏในภาพสีผสมสามารถวิเคราะห์ได้ง่ายกว่าในภาพถ่ายจากดาวเทียมขาวดำ และยังแยกขอบเขตจากพื้นที่กิจกรรมอื่น ๆ หรือพื้นที่ป่าได้อย่างชัดเจนด้วย

วัชรกิตติ (Wacharakitti et.al. 1975 : 42) ได้ทำการศึกษาโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการจำแนกสภาพการใช้ที่ดิน จำแนกพื้นที่ป่าไม้และการเกษตร ในท้องที่นิคมคอยเชียงดาว อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ภาพสีผสมที่ได้จากแบนด์ 4, 5 และ 7 รวมกัน ภาพมาตราส่วน 1 : 125,000 จากดาวเทียม ERTS - 1 เมื่อ 27 มกราคม 2516 และอาศัยหลักความแน่นทึบของภาพ (photographic density) ชนิดของสี (color type) ระดับของสี (tone) ระดับความหยาบละเอียดของภาพ (texture formation) ลักษณะรูปแบบ (pattern) และสิ่งแวดล้อมใกล้เคียง เช่น ลักษณะภูมิประเทศสูงต่ำ พืชพันธุ์ที่ขึ้นปกคลุม เป็นต้น พบว่า พวกสีเขียวหรือพืชพันธุ์จะเป็นสีแดง ส่วนที่ตายหรือมีใบน้อยหรือพื้นที่ถูกเผาจะเป็นสีน้ำตาลหรือเทา นาข้าวที่มีการชลประทานหรือมีน้ำอุดมสมบูรณ์ ปรากฏในภาพเป็นสีน้ำเงินจาง ๆ ความเข้มของสีน้ำเงินจะมากขึ้นถ้าท้องที่นั้นมีความชื้นในดินมาก แหล่งน้ำจะปรากฏเป็นสีน้ำเงิน ไม่ว่าจะเป็นลำธารย่อย ๆ แม่น้ำ บริเวณที่เป็นหนองบึงหรือที่ชื้นแฉะหรือบริเวณที่มีความชื้นสูง

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความชื้นในดินกับการสะท้อนของคลื่นแสง

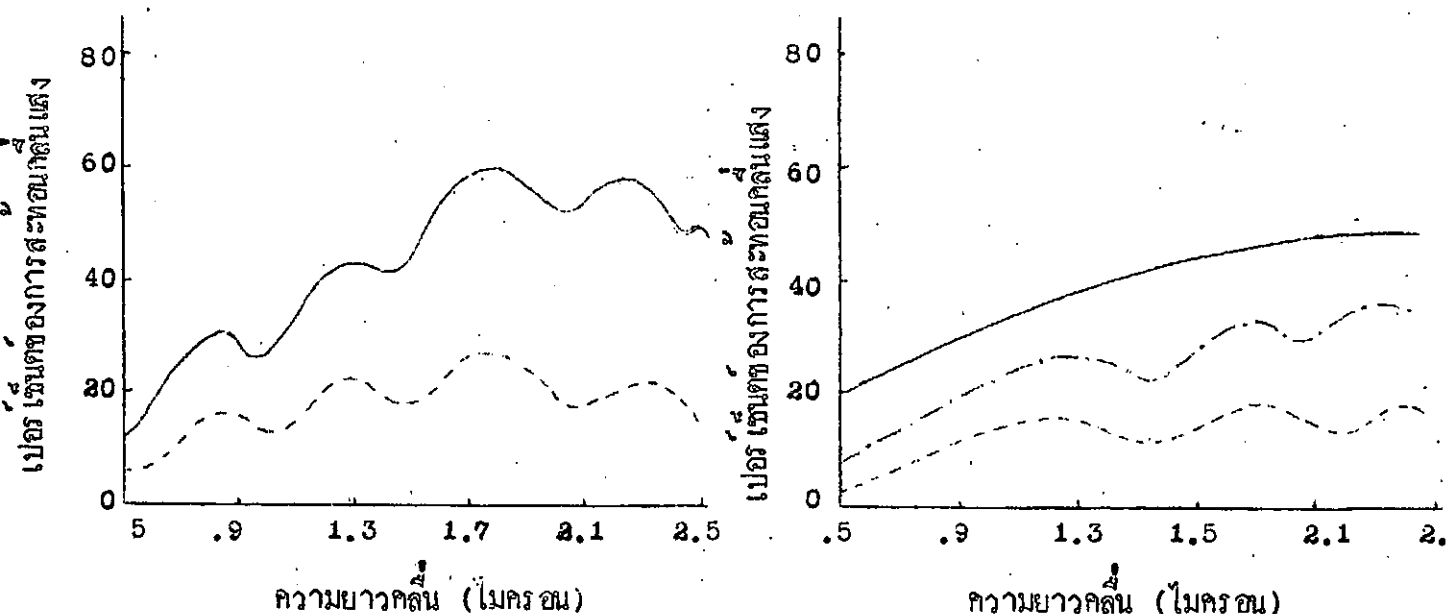
——— ดินเหนียว ระดับความชื้น 2 – 6 %

----- ดินเหนียว ระดับความชื้น 35 – 40 %

——— ดินทราย ระดับความชื้น 0 – 4 %

----- ดินทราย ระดับความชื้น 5 – 12 %

----- ดินทราย ระดับความชื้น 22 – 32 %



ภาพประกอบ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความชื้นในดินกับการสะท้อนของคลื่นแสง

จอห์นสัน (Johnson, 1969 : 9 – 11) ได้ศึกษาการสะท้อนของคลื่นแสงของดินที่มีระดับความชื้นต่างกัน โดยการวัดคลื่นแสงจากตัวอย่างดินมากกว่า 250 ตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันในด้านชนิด ลักษณะผิว การระเหินน้ำและชั้นของดิน พบว่า ลักษณะของกราฟเส้นที่แสดงถึงเปอร์เซ็นต์ของการสะท้อนคลื่นแสงที่ได้จากดินเหนียวซึ่งมีความชื้น 2 ระดับกับที่ได้จากดินทรายซึ่งมีความชื้น 3 ระดับ มีความแตกต่างกันถึงภาพรูปกราฟข้างต้น เส้นกราฟสำหรับดินทั้ง 20 ชนิดแสดงให้เห็นว่า การสะท้อนคลื่นแสงจะลดน้อยลง เมื่อปริมาณความชื้นในดินเพิ่มขึ้น ลักษณะของเส้นกราฟในดินเหนียวจะรักษารูปร่างเดิมไว้ ขณะที่ในดินทราย จะมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงไปเมื่อระดับความชื้นในดินเปลี่ยนแปลง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ แบ่งวิธีดำเนินการศึกษาออกเป็น 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. แหล่งข้อมูลและเครื่องมือ
2. การเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล
4. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. แหล่งข้อมูลและเครื่องมือ

1.1 การดำเนินงานในห้องปฏิบัติการของโครงการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

1.1.1 ภาพสีโคdexโครม จำนวน 2 ภาพ ซึ่งเป็นภาพสีผสมระหว่างภาพแบนด์ 4, 5 และ 7 ขนาด 9×9 นิ้ว มาตรฐาน 1 : 1,000,000 ของบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่าง เป็นภาพตาม Thailand ID (Thailand Identification) หมายเลขภาพ 5 - 6 โดยแต่ละภาพถ่ายในช่วงเวลาต่างกันดังนี้

ภาพ 5 - 6 ถ่ายเมื่อ 7 ม.ค. 16 หมายเลข NASA E-1168-03122

ภาพ 5 - 6 ถ่ายเมื่อ 2 มี.ค. 16 หมายเลข NASA E-1222-03125

1.1.2 ภาพถ่ายดาวเทียมชนิดขาวดำ ซึ่งเป็นภาพของแบนด์ 7 จำนวน 2 ภาพ ขนาด 36×36 นิ้ว มาตรฐาน 1 : 250,000 ของภาพดังกล่าวในข้อ 1.1.1

1.1.3 แผนที่ระวางของกรมแผนที่ทหาร เป็นแผนที่ series 1501s มาตรฐาน 1 : 250,000 ระวาง ND 47 - 3, 47 - 4, 47 - 7 และ 47 - 8

1.1.4 แผนที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน มาตรฐาน 1 : 250,000

1.1.5 กระดาษ tracing และแผ่นไมลา (mylar sheet)

- 1.1.6 เครื่อง multispectral viewer
- 1.1.7 เครื่อง zoom transfer scope
- 1.1.8 เครื่องมือวัดพื้นที่ (planimeter)
- 1.1.9 โต๊ะแสง (light table)
- 1.1.10 ไม้มรททัศนิตมาตราส่วนละเอียด
- 1.1.11 เครื่องเขียนแผนที่
- 1.1.12 เลนส์ขยาย

1.2 การดำเนินงานในห้องปฏิบัติการเกี่ยวกับดินของกองวิทยาการ กรมวิชาการเกษตร
ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ดังนี้

- 1.2.1 เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึง 1,000 กรัม
- 1.2.2 เตาอบ (oven - drying)
- 1.2.3 moisture core
- 1.2.4 neutron probe
- 1.2.5 centrifuge

1.3 การสำรวจข้อมูลภาคพื้นดิน ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่อไปนี้

- 1.3.1 แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลภาคพื้นดิน
- 1.3.2 เครื่องมือเก็บตัวอย่างดิน
- 1.3.3 กล้องถ่ายรูป

1.4 ข้อมูลภูมิอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน กรมพัฒนาที่ดิน
การไฟฟ้าฝ่ายผลิต

1.5 ข้อมูลผลการวิเคราะห์ดินจากกรมวิชาการเกษตร กรมพัฒนาที่ดิน

1.6 ตำรา เอกสารงานวิจัยและวารสารต่าง ๆ

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 เก็บข้อมูลชนิดของดินจากแผนที่ดิน

2.2 กำหนดพื้นที่ที่จะตรวจสอบ (test site) และกำหนดจุดตรวจสอบ (spot check) ในภาพถ่ายด้วยวิธี optimum allocation โดยเลือกจุดที่ลักษณะของความเข้มของสี (tone) กับความหยาบละเอียด (texture) คล้าย ๆ กันเป็นตัวแทนของระดับความชื้นระดับเดียวหรือใกล้เคียงกัน

2.3 ทำการสำรวจภาคพื้นดินในช่วงเดือนธันวาคม - มกราคม เก็บข้อมูลสภาพภูมิประเทศ สภาพการใช้ที่ดินและเก็บตัวอย่างดินประมาณ 5 - 6 หลุมในพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร

2.4 เก็บข้อมูลน้ำฝนในเดือนธันวาคม 2515 - กุมภาพันธ์ 2516 จากสถานีต่าง ๆ ในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่าง

2.5 เก็บข้อมูล อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณการระเหย ความเร็วลม ความชื้นของดวงอาทิตย์ จากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดสุพรรณบุรีของเดือนธันวาคม 2515 - กุมภาพันธ์ 2516

2.6 เก็บข้อมูลชนิดของดิน ปริมาณความชื้นในดิน ซึ่งเป็นผลการวิจัยของกรมวิชาการเกษตรกับกรมพัฒนาที่ดิน

3. การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 จัดทำ base map ขนาดมาตราส่วน 1 : 250,000 โดยใช้แผนที่ภาพถ่ายทางบกแผนที่ร่างของกรมแผนที่ทหาร ถ่ายทอดรายละเอียดและจุดที่สำคัญ เช่น ขอบเขตของบริเวณที่ราบลุ่มที่ทำการศึกษา แม่น้ำ คลองชลประทาน ถนน แนวแบ่งเขตจังหวัด ที่ตั้งจังหวัด เป็นต้น โดยทำไว้ทั้งหมด 3 แผ่น

3.2 นำแผนที่ในข้อ 3.1 จำนวน 1 แผ่น วางทับลงบนแผนที่ดินมาตราส่วนเดียวกัน และถ่ายทอดขอบเขตของดินชนิดต่าง ๆ

3.3 นำแผนที่ในข้อ 3.1 จำนวน 2 แผ่น วางทาบลงบนภาพถ่ายดาวเทียมชนิดขาวดำ เคียนมกราคมกับเคียนมีนาคมอย่างละ 1 แผ่น โดยหมายจุดที่สังเกตเห็นชัดให้ตรงกันและคิดให้แนบโดยเทปใส เสร็จแล้วทำการแปลภาพถ่ายด้วยสายตา โดยอาศัยความเข้มของสี ความหยาบละเอียด ท่าเลที่ตั้งหรือภูมิประเทศ สิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนแปลง การสะท้อนของคลื่นแสง และความรู้หรือประสบการณ์ของผู้ศึกษาเป็นหลักในการพิจารณา ที่ความ และลากขอบเขตของบริเวณที่มีระดับความเข้มของสีเฉพาะที่เป็นตัวแทนของความชื้นเท่ากัน

3.4 ใช้เครื่อง zoom transfer scope ขยายภาพโคอะโซโครมเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า หรือให้ได้มาตราส่วน $1 : 250,000$ และทำการแปลร่วมกับข้อ 3.3 โดยตรวจสอบผลการแปลภาพโคอะโซโครมด้วยเครื่อง multispectral viewer เมื่อเสร็จแล้วจะได้ preliminary map

3.5 ทำการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ เพื่อทราบถึงชนิดและหาปริมาณความชื้นในดินโดยใช้วิธี gravimetric method

3.6 กำหนดความชื้นของดินเหนียวจัด (heavy clay) ดินเหนียวปานกลาง (light clay) และดินร่วนปนดินเหนียว (clay loam) ออกเป็น 3 ระดับดังนี้

3.6.1 ดินเปียก (saturate) ระดับความชื้น $> 40 \%$

3.6.2 ดินชื้น (moist) ระดับความชื้น $40 - 20 \%$

3.6.3 ดินแห้ง (dry) ระดับความชื้น $< 20 \%$

3.7 สร้างดัชนีความชื้น (moisture index) ของดินทั้ง 3 ระดับตามข้อ 3.6 โดยกำหนดจากระดับความเข้มของสี (tone) ของ grey scale ในภาพถ่ายดาวเทียมชนิดขาวดำเคียนมกราคมให้ตรงกับระดับความชื้นที่ได้จากการวิเคราะห์ของค่าแห่งเดียวกันในภูมิประเทศที่ได้ทำการตรวจวัด โดยพิจารณาร่วมกับข้อมูลความชื้นของดินที่เป็นผลจากการวิจัยของกรมวิชาการ เกษตรกับกรมพัฒนาที่ดินด้วย

3.8 นำ base map ที่จำแนกชนิดของดินวางทาบกับ preliminary map แล้วอาศัยดัชนีความชื้นที่ได้จากข้อ 3.7 เป็นแนวทางในการตรวจสอบขอบเขตและกำหนดระดับความชื้นของดินบนดินกลุ่มดินเหนียว ทั้งนี้แยกจัดกระทำและวิเคราะห์ทั้งเคียนมกราคมและเคียนมีนาคม

3.9 ใช้เครื่องมือวัดพื้นที่ วัดพื้นที่ของความชันแต่ละระดับ

3.10 ทำ choropleth map มาตราส่วน 1 : 500,000 เพื่อแสดงขอบเขตของพื้นที่ที่มีระดับความชันอยู่ในกลุ่มเดียวกัน

3.11 หากาสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนรวม 1 เดือนในช่วงก่อนการถ่ายภาพดาวเทียมขาวดำดังกล่าวแล้วทั้ง 2 ภาพ กับปริมาณความชันในดินที่วิเคราะห์ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมของบริเวณสถานีตรวจวัดน้ำฝนในเดือนดังกล่าวร่วมกันทุกสถานี

3.12 หากาสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการสะท้อนของช่วงคลื่นแสงตามลำดับของ grey scale กับปริมาณความชันในดินที่ตรวจวัดได้จริงตามความเข้มของสีบริเวณเดียวกันที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียมชนิดขาวดำ

3.13 วิเคราะห์ปริมาณความชันในดินของเดือนธันวาคม 2515 และเดือนกุมภาพันธ์ 2516 ของบริเวณสถานีอุทกนิยมหาวิทยาลัยหัวคสุพรรณบุรี โดยใช้สูตรภูมิอากาศที่ได้จากการทดลอง (empirical formula) ตามวิธีการของเพนแมน (Penman method)

3.14 วิเคราะห์ความชันในดินของเดือนและบริเวณเกี่ยวกับข้อ 3.13 จากการระเหยที่วัดได้จากถาดวัดการระเหยน้ำ โดยในการวิเคราะห์นั้นสมมุติว่าค่าศักย์ภาพการคายระเหย (potential evapotranspiration) ในสูตรที่ถูกต้องนั้นหาได้โดยการคูณปริมาณการระเหยน้ำจากถาดด้วย 0.85 (วิบูลย์ บุญขโรกุล 2518 : 27)

3.15 เปรียบเทียบค่าปริมาณความชันในดินที่คำนวณได้จากสูตรของเพนแมน ที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมและที่ได้โดยการคำนวณจากถาดวัดการระเหยน้ำ ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ถูกต้องแล้ว โดยเปรียบเทียบในลักษณะของกราฟเส้น

4. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 คำนวณหาศักย์ภาพการคายระเหยของน้ำ โดยใช้สูตรภูมิอากาศของเพนแมน (Penman)

$$P.E.T. = \frac{\Delta Q_n + \frac{\gamma}{\Delta} E_a}{\Delta + \gamma}$$

โดย P.E.T. = ศักยภาพการคายระเหย (potential evapotranspiration)
ม.ม./วัน

Δ = ความลาดเทของกราฟของความชื้นไอน้ำอิ่มตัว (Saturated vapor pressure) กับอุณหภูมิที่จุดซึ่งมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ย

V = psychrometric constant

= 0.49 ถ้าอุณหภูมิเป็น องศา C และความชื้นเป็น ม.ม. ของปรอท

= 0.27 ถ้าอุณหภูมิเป็น องศา F และความชื้นเป็น ม.ม. ของปรอท

Q_n = รังสีสุทธิจากดวงอาทิตย์ (net solar radiation) ซึ่งแปลงให้เป็นความลึกของน้ำที่ระเหยไปเป็น ม.ม./วัน

ในกรณีที่ไม่มีกรวัดรังสีสุทธิจากดวงอาทิตย์ไว้ คำนี้อาจจะประมาณหาได้จากสูตร

$$Q_n = Q_A (1 - r)(0.18 + 0.55 n/N) - \sigma T^4 (0.56 - 0.0797 \sqrt{ed})(0.10 + 0.90 n/N) \dots (2)$$

Q_A = Angot's value หรือเป็นรังสีจากดวงอาทิตย์ที่จะได้รับบนผิวโลก เมื่อไม่มีบรรยากาศปกคลุมอยู่ แปลงให้เป็นความลึกของน้ำ เป็น ม.ม./วัน (ดูตารางที่ 9 ภาคผนวก)

r = สัมประสิทธิ์ของการสะท้อน (reflection coefficient) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างรังสีอาทิตย์ที่ถูกสะท้อนออกไปต่อรังสีอาทิตย์ที่ตกลงบนผิวของวัตถุนั้น เพนแมน ใช้น้ำค่า $r = 0.05$ สำหรับผิวน้ำ 0.01 สำหรับดินเปียกที่ไม่มีพืชคลุมอยู่เลย และ 0.20 สำหรับพืชที่เขียวและสด (การศึกษาค้นคว้าใช้น้ำค่า $r = 0.20$)

n = ระยะเวลาที่ไ้รับแสงแดดจริง

N = ระยะเวลาที่มีแสงแดดนานที่สุดที่จะเกิดขึ้นได้ในช่วงเวลานั้น

σ = Stefan - Boltzman constant

T = absolute temperature ของอากาศ

σT^4 = รังสีที่สะท้อนจากวัตถุที่มีนิวตาสนิท แปลงให้เป็นความลึกของน้ำ เป็น มม./วัน (ดูตารางที่ 5 ภาคผนวก)

e_d = ความดันไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิเฉลี่ยของจุดน้ำค้าง (dew point) มีหน่วยเป็นมิลลิบาร์

e_a = ความดันไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศ มีหน่วยเป็น มิลลิบาร์ (ดูตารางที่ 6 ภาคผนวก)

e_d = (ความชื้นสัมพัทธ์) $\times e_a$

E_a = ปริมาณการระเหยของน้ำเนื่องจากการเคลื่อนไหวของลมเป็น มม./วัน

E_a = $0.262 (e_a - e_d) (1 + 0.016 U_2) \dots \dots \dots (3)$

U_2 = ความเร็วเฉลี่ยของลมที่ระดับเหนือจากพื้นดิน 2 เมตร มีหน่วย เป็นกิโลเมตรต่อวัน

ถ้าหากไม่มีการวัดความเร็วของลมที่ระดับ 2 เมตรไว้ ก็อาจคิดแปลงค่าที่วัดได้ที่ระดับอื่นมาเป็นค่าที่ระดับ 2 เมตรได้โดยใช้สูตร

$$U_2 = U_1 \frac{\log 2}{\log h} \dots \dots \dots (4)$$

U_1 = ความเร็วของลมเป็นกิโลเมตรต่อวันซึ่งวัดที่ระดับเหนือพื้นดิน
h เมตร

4.2 ใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ simple correlation

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 4 ตอนคือ

1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการสะท้อนช่วงคลื่นแสงกับปริมาณความชื้นในดิน
2. วิเคราะห์ปริมาณและการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดิน
3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณความชื้นในดิน
4. วิเคราะห์ปริมาณและการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินที่คำนวณได้จากสูตรของ
เพนแมน (Penman) จากถาดวัดการระเหยน้ำและจากภาพถ่ายดาวเทียม

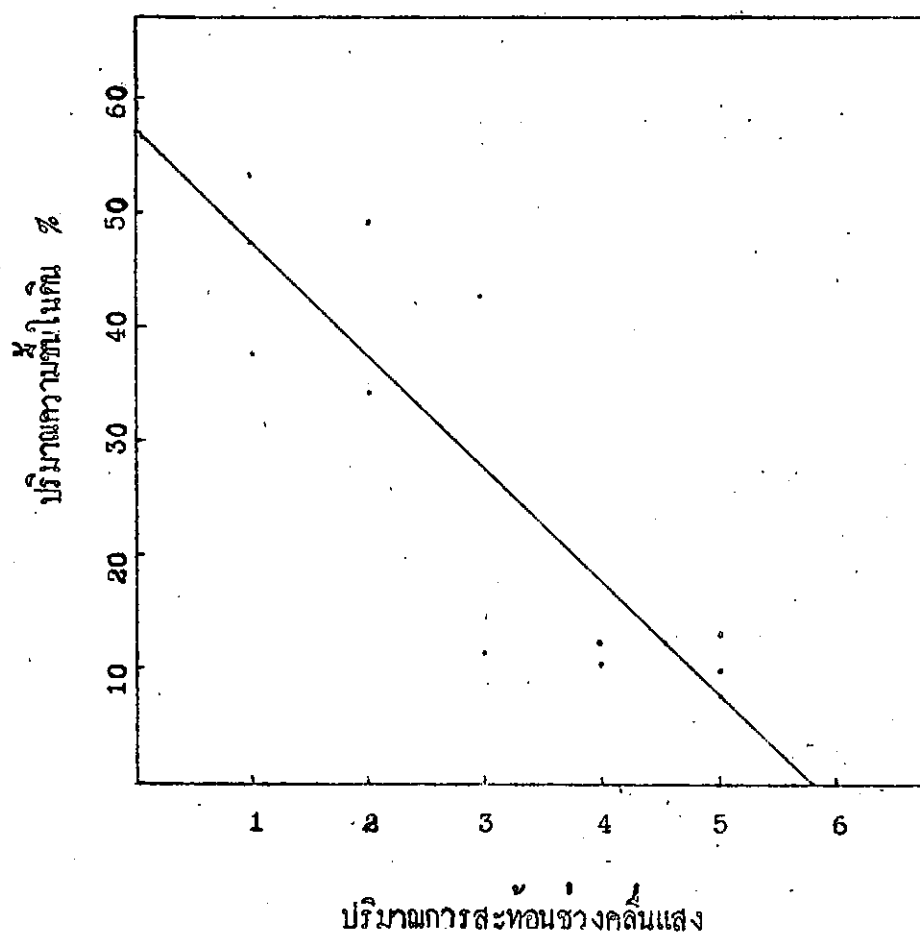
1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการสะท้อนช่วงคลื่นแสงกับปริมาณความชื้นในดิน

ในการวิเคราะห์ ได้กำหนดค่าของการสะท้อนช่วงคลื่นแสงตามที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียมโดยเรียงจากน้อยไปหามากตามลำดับ grey scale ออกเป็น 5 อันดับด้วยกัน ส่วนปริมาณความชื้นในดิน ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างดินจากจุดตรวจสอบ 10 แห่ง โดยที่แต่ละแห่งได้ค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ยมาจากจุดตรวจสอบย่อย 4 จุดที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ลุ่ม พื้นที่ดอน พื้นที่ภายใต้การปลูกพืช และพื้นที่ไม่มีพืชคลุม (bare soil) ผลการวิเคราะห์ได้รายละเอียดและค่าสหสัมพันธ์ตามตารางที่ 1.

ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการสะท้อนช่วงคลื่นแสงกับปริมาณความชื้นในดิน
เดือนมกราคมของบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง

สถานที่	ปริมาณความชื้นในดิน %	ปริมาณการสะท้อนช่วงคลื่นแสง
บางนา กรุงเทพมหานคร	35.0	2
บางเขน กรุงเทพมหานคร	38.0	1
สวนสามพราน นครปฐม	55.3	1
รังสิต ปทุมธานี	52.0	2
คลองหลวง ปทุมธานี	10.9	4
วังน้อย ปทุมธานี	45.6	3
หนองแค สระบุรี	11.7	5
บางปะหัน พระนครศรีอยุธยา	15.9	5
อำเภอมะนัง สุพรรณบุรี	29.9	3
อำเภอมะนัง ลพบุรี	12.5	4
ค่าสหสัมพันธ์	- .84 *	

* มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น .001



ภาพประกอบ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการสะท้อนช่วงคลื่นแสงกับปริมาณความเข้มในตม
เดือนมกราคม ของบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง

จากตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการสะท้อนช่วงคลื่นแสงกับปริมาณ
ความเข้มในตม ได้ค่าสหสัมพันธ์ $- .84$ มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น $.001$ ลักษณะของ
ความสัมพันธ์เป็นความสัมพันธ์ในทางลบตรงตามสมมติฐานข้อ 1 ที่ว่าค่าของการสะท้อนช่วง
คลื่นแสงจะมีความสัมพันธ์ในทางลบกับปริมาณความเข้มในตม (ดูกราฟภาพที่ 2 ประกอบ)

การที่ค่าของการสะท้อนช่วงคลื่นแสงมีความสัมพันธ์ในทางลบสูงกับปริมาณความเข้มในตม
แสดงว่าความเข้มในตมมีความสัมพันธ์กับการดูดและการสะท้อนของแสงในช่วงคลื่นแสงอินฟราเรด

ถ้าดินมีความชื้นสูง จะมีการดูดกลืนแสงอินฟราเรดมากและสะท้อนแสงน้อย ทำให้ปรากฏเป็นสีดำ หรือเทาเข้มในภาพถ่ายดาวเทียมหรืออยู่ในระดับ 1 - 3 ของ grey scale ถ้าดินมีความชื้นน้อย การสะท้อนคลื่นแสงอินฟราเรดจะมีมาก และการดูดกลืนแสงจะน้อย ทำให้เห็นเป็นสีเทาอ่อนหรือขาว หรืออยู่ในระดับ 4 - 5 ของ grey scale

ผลการวิเคราะห์ สามารถสร้างสมการพยากรณ์ปริมาณความชื้นในดินจากอันดับของ grey scale ที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียมในรูปของสมการเส้นตรง ดังนี้

สมการพยากรณ์ปริมาณความชื้นในดิน

$$Y = -9.85X + 58.31$$

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์ = 10.99

จากสมการพยากรณ์ข้างต้น สามารถสร้างดัชนีความชื้นในดินได้ตามตารางข้างล่าง

ตารางที่ 3 แสดงดัชนีความชื้นในดินเดือนมกราคมจากภาพถ่ายดาวเทียมของบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง

อันดับ grey scale	ปริมาณความชื้นในดิน %	ระดับความชื้นของดิน
1	48.46	ดินเปียก
2	38.61	ดินชื้น
3	28.76	ดินชื้น
4	18.91	ดินแห้ง
5	9.06	ดินแห้ง

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาจำนวนพื้นที่ของกิจกรรมภาคกลางตอนล่างจากสภาพกายภาพเทียม
 ภายในปี 7 มกราคม 2516

จังหวัดที่ทำการศึกษา	พื้นที่ของจังหวัด (ก.ม. ²)	พื้นที่ศึกษาจากภาพ ได้สมมาตร (ก.ม. ²)	% ของ พ.ท.ศึกษา	พื้นที่แยก (ก.ม. ²)	% ของ พ.ท.ศึกษา	พื้นที่รวม (ก.ม. ²)	% ของ พ.ท.ศึกษา	พื้นที่รวม (ก.ม. ²)	% ของ พ.ท.ศึกษา
1. นครสวรรค์	9,677	153.1	1.6	-	-	37.5	24.5	115.5	75.4
2. ชัยนาท	2,636	1,020.0	38.7	-	-	196.3	19.2	823.8	80.8
3. สิงห์บุรี	841	841.0	100.0	-	-	83.8	10.0	757.2	90.0
4. ลพบุรี	6,587	725.0	11.0	-	-	324.4	44.7	400.6	55.3
5. อ่างทอง	981	981.0	100.0	-	-	46.9	4.8	934.1	95.2
6. สุพรรณบุรี	5,348	2,943.8	55.0	403.1	13.7	881.3	29.9	1,659.4	56.4
7. พระนครศรีอยุธยา	2,481	2,235.0	90.1	301.3	13.5	923.4	41.6	1,004.6	44.9
8. ปทุมธานี	1,498	1,088.8	72.7	432.5	39.7	501.3	46.0	155.0	14.2
9. นนทบุรี	624	624.0	100.0	306.3	49.1	317.7	50.9	-	-
10. นครปฐม	2,179	2,179.0	100.0	1,007.5	46.2	1,089.0	50.0	82.5	3.8
11. กาญจนบุรี	19,486	528.8	2.7	-	-	528.8	100.0	-	-
12. กรุงเทพมหานคร	1,549	985.6	63.6	361.9	38.7	603.8	61.3	-	-
13.สมุทรปราการ	934	350.0	37.5	191.9	54.8	158.1	45.2	-	-
14.สมุทรสาคร	840	389.4	46.4	31.9	8.2	357.5	91.8	-	-
15.ราชบุรี	5,118	645.6	12.6	-	-	645.6	100.0	-	-
รวม (พื้นที่)	60,779	15,690.1	25.8	3,056.4	19.5	6,701.4	42.7	5,932.7	37.8

2. วิเคราะห์ปริมาณและการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดิน

ในการศึกษาถึงปริมาณและการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินช่วงหลังถูกเก็บเกี่ยว ผู้ศึกษาได้วิเคราะห์แยกย่อยออกเป็น 2 หัวข้อดังนี้คือ

2.1 วิเคราะห์ปริมาณของความชื้นในดิน

2.2 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดิน

2.1 วิเคราะห์ปริมาณของความชื้นในดิน ปริมาณความชื้นในดินที่จะกล่าวต่อไปนี้อยู่ในลักษณะระดับความชื้นของดินตามที่ได้กำหนดไว้ในบทที่ 3 คือ ดินเปียก (ปริมาณความชื้นมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์) ดินชื้น (ปริมาณความชื้น 20 - 40 เปอร์เซ็นต์) และดินแห้ง (ปริมาณความชื้นน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์) ผลการศึกษาจากภาพถ่ายดาวเทียมที่ถ่ายเมื่อ 7 มกราคม และ 8 มีนาคม 2516 ของบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง โดยใช้ดัชนีความชื้นในดินจากตารางที่ 2 ช่วยในการแปลภาพ ปรากฏผลดังตารางที่ 3. และ 4

จากตารางที่ 3 พื้นที่ทำการศึกษายังหมดจากภาพถ่ายดาวเทียมเคียนมกราคม มี 15,690.1 ตารางกิโลเมตร ในจำนวนนี้ ประมาณ 19.5 เปอร์เซ็นต์มีความชันอยู่ในระดับดินเปียกและอีกประมาณ 42.7 เปอร์เซ็นต์มีความชันอยู่ในระดับดินชื้น เนื่องจากดินชื้นและดินเปียกเป็นดินที่ใช้เพาะปลูกได้ ดังนั้นพื้นที่ที่สามารถใช้ในการเพาะปลูกกอนการถ่ายภาพดาวเทียมจึงเท่ากับ 62.2 เปอร์เซ็นต์หรือเท่ากับ 9,757.8 ตารางกิโลเมตร ส่วนพื้นที่อีก 37.8 เปอร์เซ็นต์หรือ 5,932.7 ตารางกิโลเมตร เป็นพื้นที่ดินแห้งไม่สามารถปลูกพืชได้หากไม่ได้รับความชื้นเพิ่มเติม

เมื่อพิจารณาถึงพื้นที่ที่มีความชื้นในระดับดินเปียกถึงดินชื้น หรือพื้นที่ที่สามารถเพาะปลูกได้ จะพบว่า พื้นที่ตอนล่างทั้งหมดนับตั้งแต่จังหวัดนครสวรรค์จนถึงปากอ่าวไทย ยกเว้นพื้นที่เล็กน้อยเพียง 82.5 ตารางกิโลเมตรของจังหวัดนครปฐม มีระดับความชื้นเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยไม่ต้องอาศัยน้ำฝนหรือน้ำจากชลประทาน สาเหตุสำคัญเป็นเพราะ

1. ลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบลุ่มใกล้ปากแม่น้ำ ความลาดชันและความสูงจากระดับน้ำทะเลน้อยมาก ทำให้การระบายน้ำเป็นไปได้อา รวบรวมเป็นแหล่งเก็บกักที่รับการระบายน้ำทั้งหมดจากแม่น้ำต่าง ๆ และสาขาที่มีต้นน้ำอยู่ในเขตภูเขาทางคานเหนือ คานตะวันตกและคานตะวันออกของที่ราบภาคกลางด้วย

2. ลักษณะของดินที่เป็นดินเหนียวตะกอน ทำให้การระบายน้ำเลว แต่มีสมรรถนะในการอุ้มน้ำหรือความชื้นสูง นอกจากนั้นการที่เนื้อดินละเอียดรวมกับการมีพืชคลุม ยังช่วยทำให้การระเหยของน้ำจากพื้นผิวดินลดลงด้วย

3. ระยะสิ้นสุดฤดูฝนของปี 2515 ช้ากว่าปกติทุกปี คือสิ้นสุดในต้นต้นเดือนธันวาคม (กองภูมิอากาศ 2515 : 6) อาจมีส่วนเพิ่มความชื้นในดินที่ควรจะมีในช่วงนี้ได้

4. ในช่วงเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคมเป็นช่วงที่น้ำหลากจากทางคานเหนือไหลเข้ามาท่วมและขังอยู่ในบริเวณดังกล่าวนี้ และเพราะสาเหตุในข้อ 1 และ 3 จึงทำให้บริเวณนี้ยังมีความชื้นอยู่ แม้ปริมาณน้ำฝนในเคียนมกราคมจะไม่มี (กองภูมิอากาศ 2516 : 4)

แม้ในพื้นที่ข้างต้นจะมีความชื้นเพียงพอต่อการเพาะปลูก แต่เนื่องจากบริเวณนี้มีปัญหาเรื่องดินเค็มและดินเปรี้ยว ความชื้นในดินจึงไม่ใช่เป็นปัญหาสำคัญของการเพาะปลูก

พื้นที่ความชื้นในดินมีความสำคัญต่อการเพาะปลูกโดยเฉพาะในช่วงหลังฤดูเก็บเกี่ยว คือพื้นที่ส่วนทางคันเหนือและชายขอบของบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่าง โดยเฉพาะตั้งแต่ พื้นที่ของจังหวัดนครสวรรค์ - ราชบุรี - คันเหนือของจังหวัดปทุมธานี หากรวมพื้นที่ดินชั้นกับ ดินเปือกหรือพื้นที่ที่สามารถเพาะปลูกได้ จะมีพื้นที่ทั้งหมด 5,312.3 ตารางกิโลเมตรหรือ เท่ากับ 33.9 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด นั่นคือ ยังมีพื้นที่ถึง 1/3 ของบริเวณ ที่ราบภาคกลางตอนล่างที่ยังมีความชื้นในดินเพียงพอต่อการเพาะปลูกพืชได้ ทั้งนี้หมายถึงช่วงกชน วันที่ 7 มกราคม 2516 หรือประมาณเดือนธันวาคม 2515

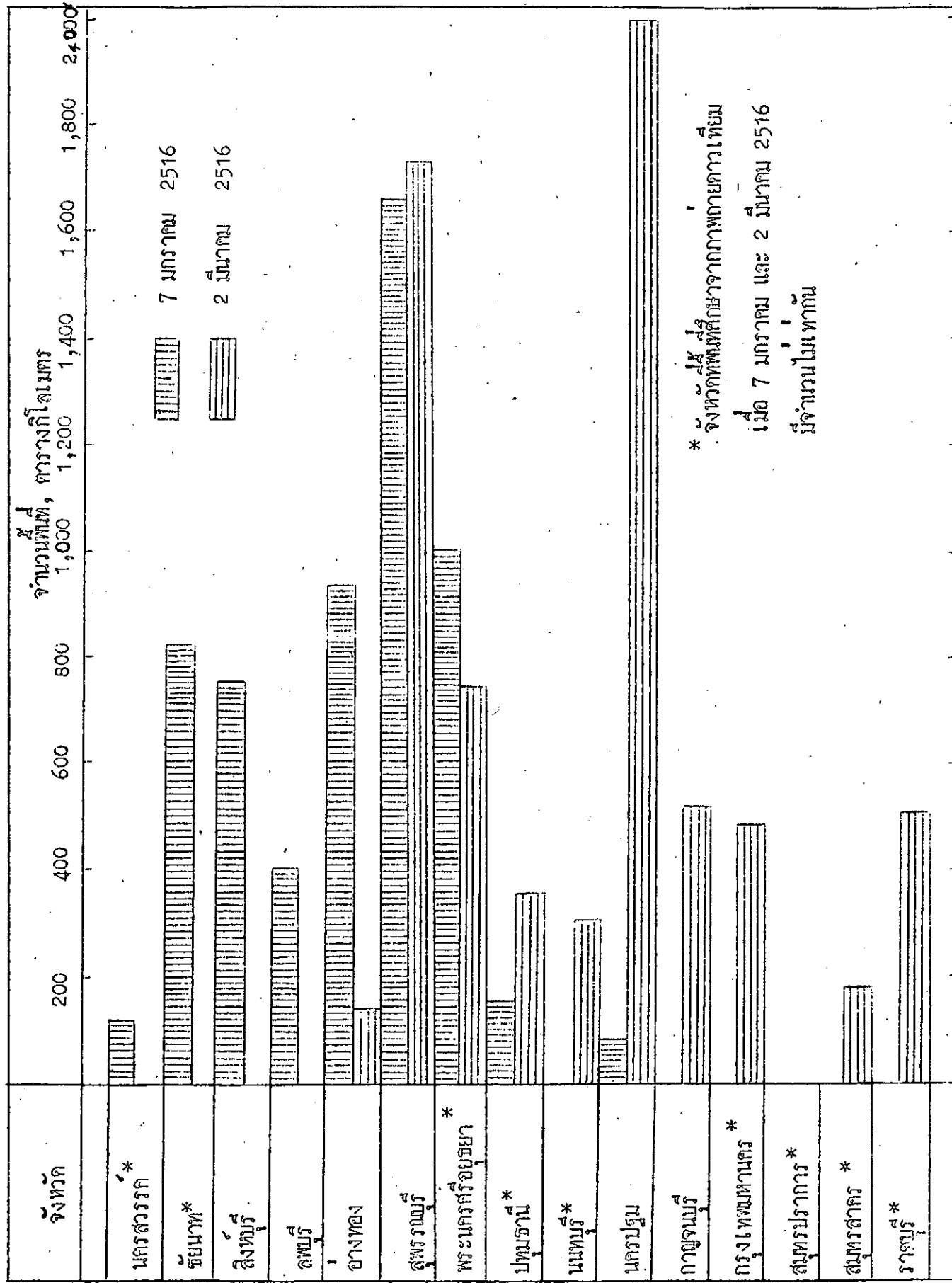
จากตารางที่ 4 พื้นที่ทำการศึกษารวมจากภาพถ่ายดาวเทียมเดือนมีนาคม มี 13,602.8 ตารางกิโลเมตร มีพื้นที่ความชื้นของดินอยู่ในระดับดินชื้นหรือมีความชื้นเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชถึง 6,591.1 ตารางกิโลเมตร หรือเท่ากับ 48.5 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลืออีก 7,011.6 ตารางกิโลเมตร หรือ 51.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นพื้นที่ดินแห้งที่พืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้ พื้นที่ดินชื้นข้างคนสวนใหญ่อยู่ในบริเวณตอนกลางตอนไปทางใต้ไปจนถึงตอนเหนือของบริเวณที่ศึกษา หรือประมาณพื้นที่ของจังหวัดนครปฐม - นครปฐม ไปจนถึงพื้นที่บางส่วนของจังหวัด นครสวรรค์ ขณะที่พื้นที่ดินแห้งส่วนใหญ่จะอยู่ในบริเวณตอนกลางตอนไปทางเหนือลงมาถึงบริเวณตอนใต้ของพื้นที่ศึกษาหรือตั้งแต่จังหวัดสุพรรณบุรี - อ่างทองถึงจังหวัดราชบุรี - สมุทรสาคร การที่พื้นที่ทางคานเหนือของบริเวณที่ศึกษามีความชื้นในดินมากกว่าทางคานใต้นั้น มีสาเหตุสำคัญมาจากระบบการชลประทานที่มีอยู่มากในเขตนี้ ช่วงระยะเดือนธันวาคม - มิถุนายน เป็นช่วงของการปลูกพืชครั้งที่ 2 กล่าวคือ มีการปลูกข้าวนาปรัง ถั่วเหลือง ถั่วเขียว เป็นต้น การระบายน้ำไปตามคลองชลประทานจากเขื่อนเจ้าพระยา เพื่อให้เกษตรกรได้ใช้น้ำหรือสูบน้ำเข้าไปในไรนา เป็นผลให้ความชื้นในดินยังคงมีอยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการเพาะปลูกได้ ซึ่งโดยปกติความชื้นของดินก่อนการถ่ายภาพดาวเทียมเมื่อ 2 มีนาคม 2516 หรือราวเดือนกุมภาพันธ์ จะมีเหลืออยู่จนขยับ และจากการตรวจสอบปริมาณน้ำฝนของสถานีสุพรรณบุรีและลพบุรีซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณนี้ ก็ปรากฏว่าตั้งแต่เดือนมกราคม - 2 มีนาคม 2516 ไม่มีรายงานฝนตก ดังนั้น ความชื้นที่มีอยู่ในช่วงนี้จึงเป็นความชื้นที่ได้รับจากการชลประทานเท่านั้น

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณความชื้นในดินที่มีอยู่ทั้ง 2 เดือน ผลการวิเคราะห์ควรจะเป็นไปตามสมมุติฐานในข้อ 2 ที่ว่าปริมาณความชื้นในดินของบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่างหลังฤดูเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนมกราคมและมกราคมจะเพียงพอสำหรับการปลูกพืชอายุสั้น แต่จุดมุ่งหมายในการศึกษา ต้องการศึกษาค่าความชื้นในดินตามธรรมชาติมากกว่าความชื้นที่ได้รับจากน้ำชลประทาน หากพิจารณาในแง่นี้ถือว่าไม่เป็นไปตามสมมุติฐานที่ใ้วางไว้ กระนั้นก็ยังไม่อาจสรุปได้ ด้วยผลการศึกษาในข้อนี้ ยังไม่ทราบถึงความชื้นในดินของเดือนมีนาคมก่อนที่จะได้รับน้ำชลประทาน เพราะน้ำชลประทานที่ระบายเข้าไปมีจุดมุ่งหมายช่วยเหลือการทำนาปรังมากกว่า สำหรับการปลูกพืชอายุสั้นที่ต้องการศึกษานี้ ความชื้นในดินที่มีอยู่ก่อนอาจเพียงพอได้ อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์

ในข้อ 4 มีส่วนช่วยให้ทราบจำนวนความชื้นในดินที่ขาดช่วงคือช่วงปลายมกราคม – กุมภาพันธ์ และทราบว่าผลการศึกษาในข้อนี้ไม่เป็นไปตามสมมุติฐานที่ไว้ไว้ ซึ่งจะกล่าวต่อไปในตอนอภิปรายผลการศึกษา

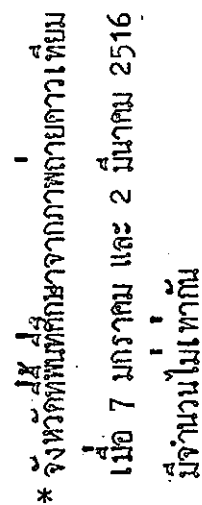
3.1 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดิน ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินหลังฤดูเก็บเกี่ยวของบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่างจากภาพถ่ายดาวเทียมที่มีอยู่ในปัจจุบัน ยังมีปัญหาในเรื่องจำนวนภาพถ่ายที่ใช้ ซึ่งมีไม่ครบทุกเดือนตลอดช่วงหลังฤดูเก็บเกี่ยว (ธันวาคม – มิถุนายน) ที่ใช้ได้โดยภาพชัดเจน ไม่มีเมฆปกคลุมในพื้นที่ที่ทำการศึกษามีเพียง 8 ภาพ ซึ่งก็คือ 8 ภาพที่กำลังศึกษาอยู่ขณะนี้ อย่างไรก็ตามทั้ง 8 ภาพยังไม่ครอบคลุมอาณาบริเวณที่ศึกษาทั้งหมด นอกจากนั้นภาพถ่ายเดือนมีนาคมก็ยังมีภาพถ่ายเคลื่อนไปทางทิศตะวันตกเมื่อเปรียบเทียบกับภาพเดือนมกราคมถึงประมาณ 17.5 กิโลเมตร ทำให้พื้นที่ของบริเวณที่ศึกษาหรือพื้นที่ของบางจังหวัดที่ปรากฏในทั้งสองภาพมีจำนวนไม่เท่ากัน ในแง่เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินของหัวข้อนี้ จึงอาจเห็นไม่ชัดเจนทั้งหมด ที่เห็นการเปลี่ยนแปลงชัดเจนมีเพียง 6 จังหวัดคือ สิงห์บุรี ลพบุรี อ่างทอง สุพรรณบุรี นครปฐม และ กาญจนบุรี ส่วนจังหวัดอื่น ๆ อาจเห็นการเปลี่ยนแปลงเพียงคร่าว ๆ เท่านั้น

จากแผนที่ความชื้นของดินที่วิเคราะห์จากภาพถ่ายเมื่อ 7 มกราคม และ 2 มีนาคม 2516 ปรากฏว่า พื้นที่ดินเปียกซึ่งอยู่ทางใต้ของพื้นที่ศึกษาทั้งหมดในเดือนมกราคมมีจำนวน 3,056.4 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ 19.5 % ของพื้นที่ศึกษา (ดูตารางที่ 5) มีความชื้นลดลงทั้งหมด จนอยู่ในระดับดินชื้นหรือดินแห้งเมื่อถึงเดือนมีนาคม ส่วนพื้นที่ดินชื้นซึ่งส่วนใหญ่อยู่ทางใต้ของพื้นที่ศึกษาเช่นกัน ระดับความชื้นลดลงอยู่ในระดับดินแห้งเกือบทั้งหมด ยกเว้นในบริเวณบางส่วนของจังหวัดนนทบุรี ปทุมธานี และนครปฐม ดังนั้นในอีกทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษาหรือใต้แก่พื้นที่ของจังหวัด ปทุมธานี นนทบุรี กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ สมุทรสาคร นครปฐม ราชบุรี กาญจนบุรี และทางใต้ของจังหวัดสุพรรณบุรี ความชื้นระดับดินเปียกและดินชื้นที่สามารถเพาะปลูกได้เกือบทั้งหมดในเดือนมกราคม ลดลงจากเดิมเหลือเพียงความชื้นระดับดินแห้งเป็นส่วนใหญ่และไม่สามารถเพาะปลูกได้เมื่อถึงเดือนมีนาคม (ภาพที่ 3 และ 4 ประกอบ)



* จังหวัดที่เพิ่มจากสถาปนาแพทยเพิ่มเติม
เมื่อ 7 มกราคม และ 2 มีนาคม 2516
มีจำนวนไม่เท่ากัน

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8
 9
 10
 11
 12
 13
 14
 15
 16
 17
 18
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 25
 26
 27
 28
 29
 30
 31
 32
 33
 34
 35
 36
 37
 38
 39
 40
 41
 42
 43
 44
 45
 46
 47
 48
 49
 50
 51
 52
 53
 54
 55
 56
 57
 58
 59
 60
 61
 62
 63
 64
 65
 66
 67
 68
 69
 70
 71
 72
 73
 74
 75
 76
 77
 78
 79
 80
 81
 82
 83
 84
 85
 86
 87
 88
 89
 90
 91
 92
 93
 94
 95
 96
 97
 98
 99
 100
 101
 102
 103
 104
 105
 106
 107
 108
 109
 110
 111
 112
 113
 114
 115
 116
 117
 118
 119
 120
 121
 122
 123
 124
 125
 126
 127
 128
 129
 130
 131
 132
 133
 134
 135
 136
 137
 138
 139
 140
 141
 142
 143
 144
 145
 146
 147
 148
 149
 150
 151
 152
 153
 154
 155
 156
 157
 158
 159
 160
 161
 162
 163
 164
 165
 166
 167
 168
 169
 170
 171
 172
 173
 174
 175
 176
 177
 178
 179
 180
 181
 182
 183
 184
 185
 186
 187
 188
 189
 190
 191
 192
 193
 194
 195
 196
 197
 198
 199
 200
 201
 202
 203
 204
 205
 206
 207
 208
 209
 210
 211
 212
 213
 214
 215
 216
 217
 218
 219
 220
 221
 222
 223
 224
 225
 226
 227
 228
 229
 230
 231
 232
 233
 234
 235
 236
 237
 238
 239
 240
 241
 242
 243
 244
 245
 246
 247
 248
 249
 250
 251
 252
 253
 254
 255
 256
 257
 258
 259
 260
 261
 262
 263
 264
 265
 266
 267
 268
 269
 270
 271
 272
 273
 274
 275
 276
 277
 278
 279
 280
 281
 282
 283
 284
 285
 286
 287
 288
 289
 290
 291
 292
 293
 294
 295
 296
 297
 298
 299
 300
 301
 302
 303
 304
 305
 306
 307
 308
 309
 310
 311
 312
 313
 314
 315
 316
 317
 318
 319
 320
 321
 322
 323
 324
 325
 326
 327
 328
 329
 330
 331
 332
 333
 334
 335
 336
 337
 338
 339
 340
 341
 342
 343
 344
 345
 346
 347
 348
 349
 350
 351
 352
 353
 354
 355
 356
 357
 358
 359
 360
 361
 362
 363
 364
 365
 366
 367
 368
 369
 370
 371
 372
 373
 374
 375
 376
 377
 378
 379
 380
 381
 382
 383
 384
 385
 386
 387
 388
 389
 390
 391
 392
 393
 394
 395
 396
 397
 398
 399
 400
 401
 402
 403
 404
 405
 406
 407
 408
 409
 410
 411
 412
 413
 414
 415
 416
 417
 418
 419
 420
 421
 422
 423
 424
 425
 426
 427
 428
 429
 430
 431
 432
 433
 434
 435
 436
 437
 438
 439
 440
 441
 442
 443
 444
 445
 446
 447
 448
 449
 450
 451
 452
 453
 454
 455
 456
 457
 458
 459
 460
 461
 462
 463
 464
 465
 466
 467
 468
 469
 470
 471
 472
 473
 474
 475
 476
 477
 478
 479
 480
 481
 482
 483
 484
 485
 486
 487
 488
 489
 490
 491
 492
 493
 494
 495
 496
 497
 498
 499
 500
 501
 502
 503
 504
 505
 506
 507
 508
 509
 510
 511
 512
 513
 514
 515
 516
 517
 518
 519
 520
 521
 522
 523
 524
 525



สาเหตุที่ความชื้นเคื่อนมีนํ้าค้มของบริเวณนี้ลดลงอยู่ในระดับดินแห้งเป็นส่วนใหญ่ เพราะ
 ชวนี้ เป็นชวเริ่มเขาสู่ตอนกลางฤดูร้อนของเขนี้ (แสงตรงดวงอาทิตย์จะท่ามมณาทักกรุงเทพฯ
 ประมาณวันที่ 27 เมษายน) อากาศจะร้อนอบอ้าว การคายระเหยสูงและมีเมฆปกคลุมราว
 1/2 ส่วนในช่วงตอนบาย น้ำที่เคยท่วมคงพันที่ระหว่างพฤศจิกายน - ธันวาคม จะลดลงหมคใน
 เคื่อนมกราคม ดังนั้นการที่พันดินสูญเสียความชื้นไปในลักษณะของการคายระเหย โดยที่ไม่ได้
 รับน้ำจากน้ำฝนหรือพันที่ใดที่ไม่ได้รับน้ำจากชลประทาน หรือได้รับแต่ไม่เพียงพอเป็นชวเวลาที่
 ยาวนานถึงเคื่อนเศษ ย่อมท่าให้ความชื้นในระดับผิวดินลดลงมากและเป็นอันตรายต่อพืชใดหาก
 ไม่ได้ให้น้ำเพิ่มเติมแก่พืช

ส่วนซีกทางคานเหนือของบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง ความชื้นของดินในเคื่อนมกราคม
 เพิ่มขึ้นอย่งเห็นได้ชัดเมื่อถึงเคื่อนมีนาคม และจำนวนที่เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับดินชั้นทั้งหมด ยกเว้น
 บางพื้นที่ในเขตอำเภอดักให้ พระนครศรีอยุธยา อำเภอยุธอง และเคอนเจดีย์ สุพรรณบุรี ที่ระดับ
 ความชื้นลดลงอยู่ในระดับดินแห้ง สาเหตุที่ความชื้นของบริเวณนี้เพิ่มขึ้นในเคื่อนมีนาคมนั้น ได้กล่าว
 ไว้แล้วในการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในดินข้อ 2.1

3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณความชื้นในดิน

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ตามหัวข้อนี้ ได้ใช้อันดับของ grey scale ตั้งแต่
 1 - 5 ซึ่งเป็นค่าของการสะท้อนช่วงคลื่นแสงจากน้อยไปหามากตามที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียม
 ที่ถ่ายเมื่อ 7 มกราคม และ 2 มีนาคม 2516 เป็นตัวแทนของระดับความชื้นจริงในภูมิประเทศ
 กับข้อมูลปริมาณน้ำฝนของเคื่อนธันวาคม 2515 และกุมภาพันธ์ 2516 ซึ่งเป็นเคื่อนก่อนที่จะมี
 การถ่ายภาพ โดยระยะต่างของการถ่ายภาพจากช่วงสิ้นสุดของเคื่อนธันวาคมและกุมภาพันธ์มีเพียง
 7 และ 2 วันตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนในที่ราบภาคกลาง
 ตอนล่างจำนวน 20 สถานีและใช้อันดับของ grey scale ๓ ตำแหน่งเคียวกัน ปรากฏผลตาม
 ตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับระดับความชื้นตามอันดับ grey scale
ที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 2 ภาพ

ลำดับที่	สถานี	ปริมาณน้ำฝน		ความชื้น		ค่าสัมพัทธ์	เกณฑ์ปริมาณน้ำฝน
		ม.ม.	grey scale	ม.ม.	grey scale		
1	อ.ตากสิน นครสวรรค์	0.0	5	0.0	2	- .77	
2	อ.เมือง ขัยนาท	24.7	4	0.0	3		
3	อ.เมือง สิงห์บุรี	7.9	4	0.0	3		
4	อ.บางระจัน สิงห์บุรี	13.6	4	0.0	2		
5	อ.พรหมบุรี สิงห์บุรี	0.0	5	0.0	3		
6	อ.เมือง ลพบุรี	33.9	4	0.0	2		
7	อ.เมือง อ่างทอง	9.0	4	0.0	4		
8	อ.เมือง สุพรรณบุรี	71.9	3	0.0	2		
9	อ.สามชุก สุพรรณบุรี	32.4	3	0.0	3		
10	อ.เมือง พระนครศรีอยุธยา	28.6	3	0.0	4		
11	อ.เสนา พระนครศรีอยุธยา	26.2	4	0.0	2	- .12	
12	อ.ท่าวุ้ง กาญจนบุรี	0.0	3	0.0	4		
13	อ.เมือง นครปฐม	0.0	3	0.0	4		
14	อ.เมือง ปทุมธานี	0.0	1	0.0	4		
15	อ.ปากเกร็ด นนทบุรี	0.0	3	0.0	4		
16	อ.บางเขน กรุงเทพมหานคร	106.4	1	0.0	4		
17	อ.บางกะปิ กรุงเทพมหานคร	54.7	3	0.0	4		

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ลำดับที่	สถานี	ชีวนาคม		คุณภาพน้ำ		ค่าสหสัมพันธ์	เกณฑ์ชีวนาคม
		ปริมาณน้ำฝน ม.ม.	อันดับ grey scale	ปริมาณน้ำฝน ม.ม.	อันดับ grey scale		
18	อ.พระประแดง สมุทรปราการ	19.8	3	0.0	4		
19	อ.กระทุ่มแบน สมุทรสาคร	29.3	2	0.0	4		
20	อ.บางโปรง ราชบุรี	24.8	3	0.0	4		
ค่าสหสัมพันธ์		- .44		ข้อมูลของ 2 กลุ่มไม่มีลักษณะที่สัมพันธ์กัน			

* มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น .001

จากตารางที่ 5 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับระดับความชื้นตามอันดับ grey scale ของเคียนชีวนาคม ได้ค่าเท่ากับ - .44 ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์ทางลบกับอันดับ grey scale แต่เนื่องจากอันดับของ grey scale มีความสัมพันธ์ในทางลบกับปริมาณความชื้นในดินตามผลการวิเคราะห์ในข้อ 1 ดังนั้นปริมาณน้ำฝนจึงมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณความชื้นของดินในภูมิประเทศ ตรงตามสมมติฐานที่วางไว้ในข้อ 3 แต่ค่าสหสัมพันธ์มีค่าต่ำ แสดงว่าปริมาณน้ำฝนกับปริมาณความชื้นในดินของที่ราบภาคกลางตอนล่างมีความสัมพันธ์กันน้อย อย่างไรก็ตาม เมื่อทดลองหาความสัมพันธ์เฉพาะ 10 สถานีแรก ซึ่งเป็นสถานที่ที่มีที่ตั้งอยู่ในทางตอนบนของที่ราบภาคกลางตอนล่าง กลับปรากฏว่าได้ค่าสหสัมพันธ์ - .77 และมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น .001 ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์ในทางลบกับอันดับของ grey scale หรือมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณความชื้นในดินค่อนข้างสูงและเมื่อทดลองหาความสัมพันธ์

เฉพาะ 10 สถานีหลัง ซึ่งเป็นสถานที่ตั้งอยู่ในทางตอนกลางของพื้นที่ศึกษา ปรากฏว่าค่าสหสัมพันธ์ต่ำมากคือ $- .12$ ลักษณะความสัมพันธ์เป็นความสัมพันธ์ในทางลบ แสดงว่าปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์ในทางลบกับอันดับของ grey scale หรือมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณความชื้นในดินน้อยมากและอาจกล่าวได้ว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน

สาเหตุที่ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณความชื้นในดินเกิดขึ้นจากของสถานีต่าง ๆ ในบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่างมีค่าสหสัมพันธ์ต่ำ แต่เฉพาะสถานีในทางตอนบนของบริเวณที่ศึกษามีค่าสหสัมพันธ์สูง รวมทั้งในทางตรงข้ามบริเวณสถานีตอนล่างได้ค่าสหสัมพันธ์ต่ำมาก แสดงว่าปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับความชื้นในดินสูง เฉพาะบริเวณที่ความชื้นในดินได้รับจากฝนโดยตรง บริเวณตอนบนของพื้นที่ศึกษาหรือนับตั้งแต่ อำเภอเมือง พระนครศรีอยุธยา ถึง อำเภอตากฟ้า นครสวรรค์ เป็นบริเวณที่ความสูงโดยทั่วไปสูงจากระดับน้ำทะเลมากกว่าบริเวณตอนล่างซึ่งหมายถึงพื้นที่ตั้งแต่อำเภอเสนา พระนครศรีอยุธยา - สมุทรปราการ เป็นผลให้การระบายน้ำที่พื้นที่น้ำแข็งมีน้อยกว่า ในฤดูน้ำหลาก ช่วงระยะน้ำท่วมก็สั้นกว่าด้วย สำหรับบริเวณตอนล่างเป็นบริเวณที่ลุ่มชื้นแฉะ น้ำยังอยู่ทั่วไปและท่วมบ่อย ทั้งนี้เพราะพื้นที่อยู่เหนือระดับน้ำทะเลน้อยและอยู่ใกล้ปากแม่น้ำ น้ำในแม่น้ำไหลช้า การระบายน้ำบนพื้นที่นี้ไม่ดี ปริมาณความชื้นในดินจึงเกี่ยวข้องกับปัจจัยอื่นมากกว่าปริมาณน้ำฝน เช่น ปริมาณและระยะเวลาที่น้ำท่วม ระดับน้ำใต้ดินหรือปริมาณน้ำในดินที่แทรกซึมอยู่ในระดับดินชั้นล่าง (sub soil) เป็นต้น

เพื่อพิสูจน์เรื่องดังกล่าวข้างต้น ผู้ศึกษาจึงได้ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลปริมาณน้ำฝนกับข้อมูลปริมาณความชื้นในดินเฉลี่ย 10 ปี นับตั้งแต่ พ.ศ. 2510 - 2519 ของจังหวัด นครสวรรค์ ลพบุรี สระบุรี ปทุมธานี และกรุงเทพมหานคร ปรากฏผลสรุปตรงกับที่ได้กล่าวแล้ว ดังตารางที่ 6.

ตารางที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณความชื้นในดิน

สถานี	ค่าสหสัมพันธ์
นครสวรรค์	.77 *
ลพบุรี	.89 *
สระบุรี	.92 *
ปทุมธานี	.21
กรุงเทพมหานคร	.37

* มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น .001

จากการที่ 6 ปริมาณน้ำฝนกับปริมาณความชื้นของดินในจังหวัดนครสวรรค์ ลพบุรี และสระบุรี ซึ่งเป็นจังหวัดในบริเวณตอนบนของพื้นที่ศึกษา ได้ค่าสหสัมพันธ์ .77 .89 และ .92 ตามลำดับ ลักษณะความสัมพันธ์เป็นความสัมพันธ์ในทางบวกค่อนข้างสูง มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น .001 ซึ่งหมายความว่า ในบริเวณนี้ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณความชื้นในดินค่อนข้างสูง ส่วนจังหวัดปทุมธานีและกรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นจังหวัดในบริเวณตอนล่างของพื้นที่ศึกษา ได้ค่าสหสัมพันธ์ .21 และ .37 ตามลำดับ ลักษณะความสัมพันธ์เป็นความสัมพันธ์ในทางบวกเช่นกัน แต่ค่าสหสัมพันธ์ต่ำ แสดงว่าบริเวณนี้ปริมาณน้ำฝนกับปริมาณความชื้นในดินมีความสัมพันธ์กันน้อย

ผลการศึกษาจากข้อมูลความชื้นในดินที่ได้จากพื้นที่จริงในกลุ่มหลังนี้สอดคล้องกับข้อมูลความชื้นในดินที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม นั่นคือ บริเวณตอนบนตั้งแต่อำเภอเมือง พระนครศรีอยุธยา ถึงอำเภอตาคลี นครสวรรค์ ปริมาณความชื้นในดินมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณน้ำฝนสูง ส่วนบริเวณตอนล่าง ตั้งแต่อำเภอเสนา พระนครศรีอยุธยา - สมุทรปราการ ปริมาณความชื้นในดินกับปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กันน้อย

สำหรับผลการศึกษาในเชิงคุณภาพที่ปรากฏในตารางที่ 5 เนื่องจากข้อมูล ทั้ง 2 กลุ่มไม่มีลักษณะที่สัมพันธ์กัน จึงไม่ต้องวิเคราะห์ความสัมพันธ์ กล่าวคือ ไม่มีปริมาณนำฝน ของเดือนกึ่งกลางในทุกสถานี มีเพียงค่าของ grey scale ที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียม ของสถานีเท่านั้น เนื่องจากค่าของ grey scale มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณความ ชื้นในดินตามผลการศึกษาในข้อ 1 ดังนั้นความชื้นในดินของเดือนที่มีเหลืออยู่ และมีเหลืออยู่ ในระดับดินชั้นเป็นส่วนใหญ่โดยเฉพาะในบริเวณทางด้านเหนือของพื้นที่ศึกษา (ดูแผนที่ความชื้นใน ดินเดือนมีนาคมประกอบ) ซึ่งสังเกตได้จากค่าของ grey scale ที่ปรากฏในบริเวณนี้ (ตารางที่ 5) จะมีค่าอยู่ในระดับ 2 - 5 เป็นส่วนใหญ่ จะเป็นการสัมพันธ์กับการใช้ น้ำจากชลประทานมากกว่า และไม่สัมพันธ์กับปริมาณนำฝนเลย เป็นที่ทราบกันแล้วว่า ช่วงเดือนนี้ เป็นช่วงหลังฤดูเก็บเกี่ยวพืชผลครั้งแรก และเกษตรกรได้ปลูกพืชครั้งที่ 2 แล้ว เนื่องจากไม่มี ฝนตก จึงจำเป็นต้องวิวัฒนาหรือสูบน้ำจากคูส่งน้ำหรือจากคลองชลประทานของเขื่อนเจ้าพระยาเข้า ไปสู่พื้นที่เพาะปลูก และเพราะบริเวณตอนบนของพื้นที่ศึกษาเป็นบริเวณที่มีระบบการชลประทาน หนาแน่นกว่าในบริเวณอื่นของประเทศ พื้นที่ส่วนใหญ่ที่ปรากฏในภาพถ่ายจึงแสดงให้เห็นถึงความชื้น ระดับดินชั้นกระจายอยู่อย่างกว้างขวาง

ส่วนในบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษา เมื่อพิจารณาจากตารางจะเห็นว่าแม้จะไม่มีฝนตก เลย แต่ความชื้นในดินก็ยังมียู่ เพียงแต่มีอยู่น้อยในระดับดินแห่งเท่านั้น (ความชื้นในดินมีไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์) และถือว่าไม่สัมพันธ์กับปริมาณนำฝนเช่นกัน สาเหตุที่ยังมีความชื้นในดินอยู่เป็น เพราะ

1. ธรรมชาติของความชื้นในดิน ปกติแล้วความชื้นในดินจะไม่หมดไปจากดิน เพราะ ความชื้นเป็นส่วนประกอบอย่างหนึ่งของดิน รวมทั้งความชื้นของดินจะสูญเสียไคยากขึ้นเป็นลำดับ ทั้งนี้เพราะแรงดึงดูดของอนุภาคดินที่กระทำต่อความชื้นมีเพิ่มขึ้นและเป็นปฏิกิริยาคัดกับจำนวน ความชื้นในดิน ทำให้การสูญเสียความชื้นมีอัตราน้อยลง

2. ลักษณะภูมิประเทศที่เป็นแบบที่ราบลุ่มใกล้ปากแม่น้ำ ภูมิประเทศดังกล่าวมีลักษณะ หลายอย่างที่ช่วยให้ความชื้นในดินมีอัตราการลดปริมาณลงน้อยกว่าเขตอื่นในกรณีที่ดินไม่ตกเพิ่มอื่ นก็คือ

2.1 ความสูงจากระดับน้ำทะเลของพื้นที่น้อยมาก ที่พระนครศรีอยุธยาซึ่งห่างจากปากน้ำ 96 กิโลเมตร สูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 5 เมตร เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ระดับน้ำใต้ดินอยู่สูง จึงขยับขีดเซกการสูญเสียในบริเวณพื้นที่บาง

2.2 ความลาดเทของพื้นที่น้อย ช่วงระยะทางปากน้ำถึงพระนครศรีอยุธยา มีความลาดเทไม่เกิน 4.8 % มีส่วนสำคัญที่ทำให้แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน และสาขาต่าง ๆ มีความคดเคี้ยวมาก และเนื่องจากอยู่ใกล้ระดับฐาน (base level) จึงเป็นผลให้น้ำท่วมบ่อย ระยะเวลาท่วมนาน การระบายน้ำจากพื้นที่เป็นไปได้ช้ามาก รวมทั้งยังเป็นเพราะ

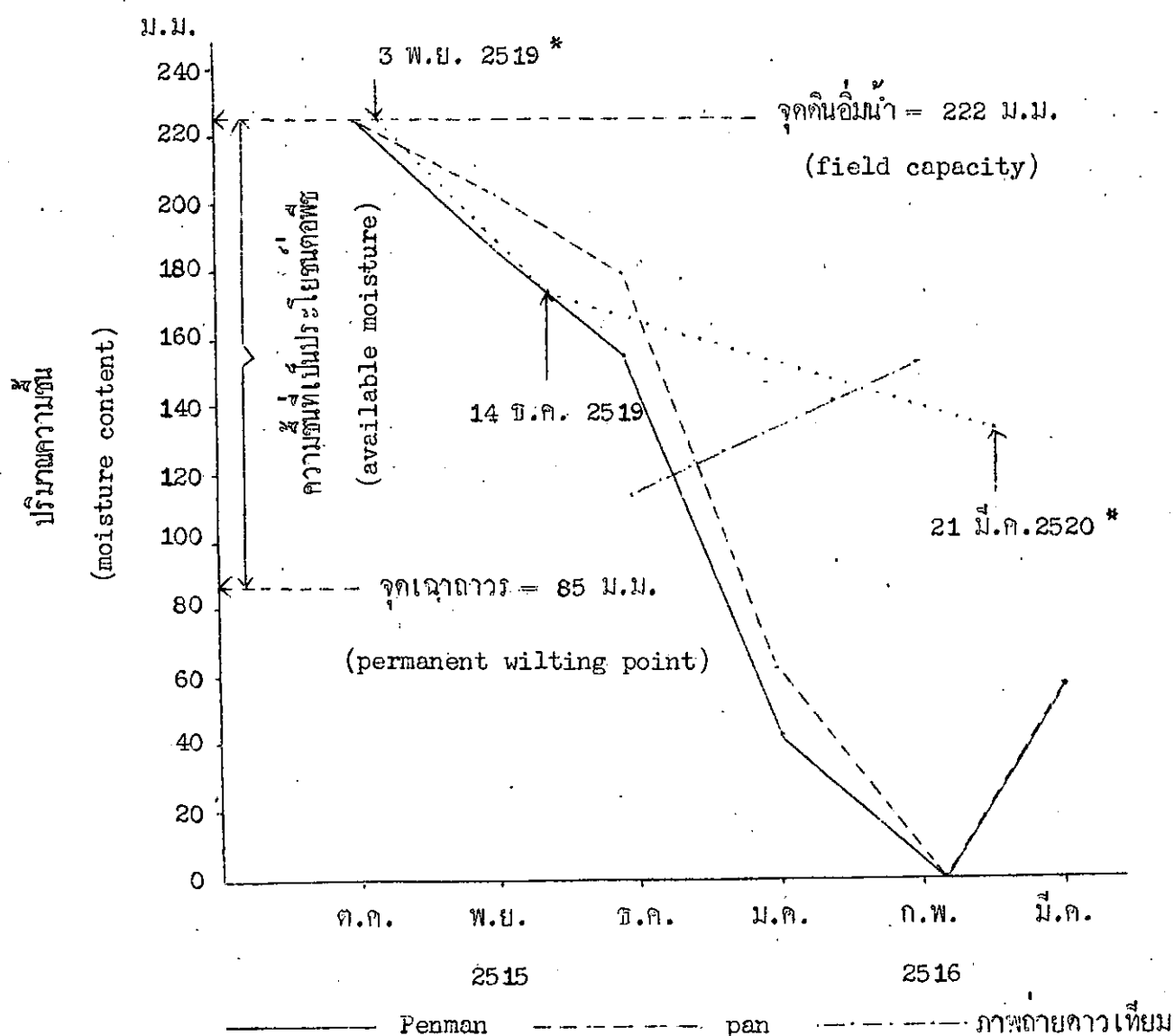
2.3 ลักษณะของดินเหนียวตะกอน เป็นดินที่สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ก็และมากกว่าดินชนิดอื่น ๆ แต่สูญเสียความชื้นได้ยากกว่า ทั้งนี้เพราะประกอบด้วยอนุภาคที่ละเอียดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของดินและน้ำมีสูง ทำให้การระเหยของความชื้นมีน้อยถ้ายเมื่อเปรียบเทียบกับดินชนิดอื่น ๆ ที่อยู่ในลักษณะอากาศแบบเดียวกัน

4. วิเคราะห์ปริมาณและการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินของจังหวัดสุพรรณบุรีที่คำนวณได้จากสูตรของเพนแมน (Penman) จากภาคการระเหยน้ำและจากภาพถ่ายดาวเทียม

ปริมาณความชื้นในดินจากสูตรของเพนแมน วิเคราะห์มาจากผลต่างระหว่างปริมาณการคายระเหยสูงสุดกับปริมาณน้ำฝน โดยที่ผลการวิเคราะห์หาค่าของดินของจังหวัดสุพรรณบุรี พบว่าเมื่อดินอิ่มน้ำในระดับความลึก 50 เซนติเมตร จะรับน้ำได้ 212 มิลลิเมตร ส่วนที่เหลือจากนี้ก็เป็นส่วนของน้ำที่ไหลบ่าผิวดิน (run-off) ดังนั้น ถ้าปริมาณน้ำฝนมากกว่าปริมาณการคายระเหยสูงสุด ผลต่างที่ได้ก็คือปริมาณความชื้นหรือน้ำที่ซึมแทรกลงในดิน จนกว่าจะถึงจุดดินอิ่มน้ำ คือ 212 มิลลิเมตร (ดูรายละเอียดในภาคผนวก)

อนึ่ง เพื่อให้เห็นแนวโน้มของผลการวิเคราะห์ได้ชัดเจนขึ้นเมื่อเสนอข้อมูลในรูปกราฟเส้น ผู้ศึกษาจึงได้ศึกษาข้อมูลย้อนหลังไปอีก 2 เดือน รวมทั้งหมดจึงเป็น 6 เดือน ปรากฏผลดังภาพที่ 5

ภาพประกอบ 5 เปรียบเทียบปริมาณความชื้นในดินของจังหวัดสุพรรณบุรีที่คำนวณได้จากสูตรของ Penman, pan evaporation $\times 0.85$ และจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม โดยใช้อินซูลเดือนตุลาคม - มีนาคม 2515 - 2516



* เส้นจุดไข่วางและวันเดือนปีที่กำกับ หมายถึงเส้นกราฟแสดงปริมาณความชื้นในดินที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างดินตลอดความลึก 50 เซนติเมตร ของวันเวลาดังกล่าวที่จังหวัดสุพรรณบุรี (ใช้อินซูลของกองวิทยาการ กรมวิชาการเกษตร)

จากภาพที่ 5. ปริมาณความชื้นในดินที่คำนวณได้จากสูตรของเพนแมนและจากถาดวัดการระเหยน้ำ มีความสัมพันธ์หรือมีลักษณะของเส้นกราฟที่คล้ายคลึงกัน โดยค่าที่คำนวณจากถาดวัดการระเหยน้ำ สูงกว่าค่าที่ได้จากสูตรของเพนแมน แต่ทั้ง ๒ วิธี ไม่มีลักษณะที่สัมพันธ์กันกับความชื้นที่วิเคราะห์ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม เหตุผลคือ

1. ความชื้นที่วิเคราะห์ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม สามารถวิเคราะห์ได้เพียง ๒ เดือนเท่านั้น ในแง่ของการเปรียบเทียบที่เป็นช่วงระยะเวลายาวเป็นฤดูกาลหรือปี แม้เส้นกราฟจะแสดงลักษณะที่ขึ้นลงคล้ายกันหรือไม่คล้ายกัน ก็ยากจะระบุได้ว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่
๒. ความชื้นของดินในเดือนกุมภาพันธ์ ที่วิเคราะห์ได้จากภาพถ่ายเมื่อ ๒ มีนาคม เป็นความชื้นที่ไม่ได้มาจากธรรมชาติโดยตรง แต่เป็นความชื้นที่ได้จากการชลประทาน เฉพาะช่วงเดือนนี้จึงไม่อาจวิเคราะห์ร่วมกับผลที่ได้จาก ๒ วิธีแรกที่กำลังวิจัยซึ่งมีอิทธิพลต่อความชื้นในดินเป็นปัจจัยตามธรรมชาติ

3. ข้อมูลความชื้นในดินไม่ได้มาจากปีเดียวกัน กล่าวคือ วิธีใช้สูตรของเพนแมน และวิธีคำนวณจากถาดวัดการระเหยน้ำ ได้ข้อมูลทั้งหมดจากเดือนตุลาคม - มีนาคม ๒๕๑๕- ๒๕๑๖ ในขณะที่การสร้างขึ้นแปลความชื้นจากภาพถ่ายดาวเทียมใช้ข้อมูลความชื้นจากการวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่เก็บในเดือนมกราคมของปีที่ทำการศึกษา (พ.ศ. ๒๕๒๒) และผลการศึกษาก็ได้เพียง ๒ เดือน ดังนั้นผลที่ปรากฏในภาพที่ ๕ จึงยังไม่ทำให้เกิดภาพพจน์ตามที่ต้องการได้

อย่างไรก็ตาม เพื่อต้องการทราบผลมากกว่านี้ ผู้ศึกษาจึงได้ใช้ข้อมูลความชื้นในดินที่มีอยู่ ซึ่งวิเคราะห์ได้จากจังหวัดสุพรรณบุรี ปี พ.ศ. ๒๕๑๙ - ๒๕๒๐ เปรียบเทียบดู แม้ยังคงต่างปีกัน และค่าที่ได้ก็ไม่ใช่ว่าในตอนต้นเดือนเหมือน ๒ วิธีแรก แต่พอจะเห็นแนวโน้มของความสัมพันธ์ได้

ถ้าสังเกตจากภาพที่ ๕ ช่วงวันที่ ๓ พฤศจิกายน - ๑๔ ธันวาคม ๒๕๑๙ ซึ่งเป็นช่วงเดียวที่ได้ข้อมูลในระยะเวลาใกล้เคียงกัน แม้จะต่างปีความแตกต่างในปีเดียวกันหรือคือปี ๒๕๑๕ น่าจะมีไม่มากนัก ทั้งนี้เพราะที่ปรากฏอยู่ วิธีของเพนแมนกับผลการวิเคราะห์ดินได้ค่าความชื้นแทบจะอยู่ในระดับเดียวหรือเหมือนกัน สำหรับช่วงต่อมาการวิเคราะห์ดินทั้งระยะทางออกไป ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่ข้ามช่วง คือเป็นวันที่ ๒๑ มีนาคม ๒๕๒๐ ทำให้ช่วงก่อนนี้

ถึง 14 ธันวาคม 2519 ซึ่งมีระยะทางกันถึงประมาณ 3 เดือน (97 วัน) ไม่ทราบ
 การเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดิน แต่ผลที่ควรจะเป็นไปในช่วงดังกล่าวนี้ หากพิจารณาถึง
 ปริมาณน้ำฝนในเดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ 2516 ที่ไม่มีฝนตกเลย รวมทั้งก่อนวันที่ 24
 มีนาคม ปีเดียวกัน ก็มีฝนเพียง 1.8 มิลลิเมตรเท่านั้นควย (กองภูมิอากาศ 2516 : 4)
 แนวโน้มของเส้นจุดไขปลาหรือเส้นความชื้นที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างดิน น่าจะคล้ายคลึงกันกับ
 วิธีการของเพนแมนและวิธีคำนวณจากภาควิศวกรรมการระเหยน้ำ และหากยอมรับในเหตุผลนี้ ก็เท่ากับ
 ว่า การหาความชื้นในดินโดย 2 วิธีข้างต้นเป็นวิธีการที่ให้ความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมาก
 ตรงตามสมมติฐานในข้อ 4 อย่างไรก็ตามเพื่อความแน่ใจ หรือให้ถูกต้องมากขึ้น ยังคงต้อง
 ทดสอบในช่วงระยะเวลาเดียวกันที่ยาวนานกว่านี้และในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษาอีก

อภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า สรุป และขอเสนอแนะ

การ อภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า จะอภิปรายในหัวข้อต่อไปนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างการสะท้อนช่วงคลื่นแสงกับปริมาณความชื้นในดิน
2. ปริมาณและการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดิน
3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณความชื้นในดิน
4. ปริมาณและการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินที่คำนวณได้จากสูตรของ เพนแมน

1. ความสัมพันธ์ระหว่างการสะท้อนช่วงคลื่นแสงกับปริมาณความชื้นในดิน

จากผลการศึกษาในบทที่ 4 ปริมาณการสะท้อนช่วงคลื่นแสงมีความสัมพันธ์ในทางลบกับปริมาณความชื้นในดิน โดยค่าสหสัมพันธ์ -0.84 ถือว่ามีความสัมพันธ์กันสูง นั่นคือ ความชื้นในดินมีความสัมพันธ์กับการดูดและการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นแสงอินฟราเรดอย่างมาก ตรงกับการตรวจสอบของ พงศ์พิชน์ ปิยะพงศ์ (พงศ์พิชน์ ปิยะพงศ์ 2521 : 1) ซึ่งกล่าวว่า ถ้าดินมีความชื้นสูง จะมีการดูดคลื่นแสงอินฟราเรดมากและสะท้อนแสงขึ้นน้อย ทำให้เห็นเป็นสีดำหรือเทาเข้มในภาพถ่ายดาวเทียม ถ้าดินมีความชื้นน้อย จะมีการสะท้อนคลื่นแสงอินฟราเรดมาก ทำให้เห็นเป็นสีเทาจางหรือสีขาว

แต่สีดำ เทาเข้ม หรือสีขาวในภาพถ่ายดาวเทียม ไม่ได้มีความหมายดังกล่าวข้างต้นทั้งหมด ตัวอย่างเช่น ในภาพถ่ายดาวเทียมชาวคำ แบนด์ 7 ที่ศึกษาพื้นที่ไร่อ้อย ป่าจาก เป็นสีขาวเหมือนเช่นพื้นที่คันไถ หรือพื้นที่นาที่ถูกเผาก็มีสีดำคล้ายคลึงกับพื้นที่กินขึ้น เป็นต้น ทั้งนี้เป็นเพราะวัตถุต่าง ๆ บนพื้นโลกจำนวนมากมาจากการดูดและการสะท้อนช่วงคลื่นแสงในระดับใกล้เคียงมาก ยากที่จะแยกความแตกต่าง การตรวจสอบโดยการดูในแผนที่หรือในช่วงคลื่นอื่น ๆ จึงอาจทำให้เราแยกความแตกต่างได้ ดังนั้นการใช้วิจารณ์จากประสบการณ์ การใช้เครื่องมือ

เทคนิคหรือวิธีการศึกษาที่ถูกต้อง รวมทั้งการตรวจสอบในพื้นที่จริง จะช่วยให้การตีความจากภาพถ่ายถูกต้องมากยิ่งขึ้น

แผนการศึกษาครั้งนี้ จะโอกาสสัมพันธ์สูง แต่ผู้ศึกษาเห็นว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ อาจจะแตกต่างจากค่าที่วิเคราะห์โดยสาเหตุ คือ

1. ในการใช้สายตาแปล ความแม่นยำย่อมแตกต่างกับการใช้เครื่องมือแปล โดยเฉพาะระดับความเข้มของสีระหว่างช่วงที่ต่อเนื่องกัน การแยกแยะระดับความเข้มของสี เพื่อจัดเข้ากลุ่มตามอันดับของ grey scale อาจผิดพลาด ยิ่งเมื่อแบ่งแยกระดับความเข้มออกกว้าง ๆ เพียง 3 ระดับ โอกาสผิดพลาดก็ยิ่งมีมากขึ้น ดังนั้นการใช้เครื่องมือวัดการสะท้อนคลื่นแสง (reflectance meter) และเครื่องมือวัดการส่องผ่านของคลื่นแสง (densitometer) จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องใช้ควบคู่กับการแปลภาพถ่ายสายตา เพื่อช่วยให้ผลการแปลภาพถ่ายถูกต้องยิ่งขึ้น

2. ความเข้มของสีในภาพไดอะโครม (diazochrome) จะขึ้นตามกาลเวลาและการแผ่แปรของอุณหภูมิ ภาพถ่ายที่มีอายุหรือใช้งานโดยแสงหรือความร้อนมากและบ่อย ความเข้มของสีจะลดลงตามลำดับ การตีความจากภาพลักษณะดังกล่าวจึงอาจผิดพลาดได้เช่นกัน

3. การศึกษาภาพถ่ายดาวเทียมที่ถูกต้อง จำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลภาคพื้นดินในเวลาเดียวกับที่ดาวเทียมถ่ายภาพ ณ บริเวณนั้น ซึ่งขณะนี้เรายังไม่สามารถทำได้ จนกว่าจะมีการตั้งสถานีรับข้อมูลโดยตรงจากดาวเทียมขณะโคจรผ่านประเทศไทย นอกจากนี้ภาพที่ได้อาจชัดเจนไม่มีเมฆปกคลุมในพื้นที่ศึกษาด้วย มิฉะนั้น ข้อมูลภาคพื้นดินที่เก็บไว้ก่อนจะใช้ไม่ได้อีกเช่นกัน ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม ปี 2516 แต่เก็บข้อมูลความชื้นในดินปี (2522) จำนวนความชื้นในดินที่ได้จึงไม่ใช่จำนวนความชื้นจริงในพื้นที่ที่ปรากฏจากการสะท้อนคลื่นแสงในภาพถ่ายดาวเทียมขาวดำของปี 2516 อย่างไรก็ตามผลการศึกษาก็อาจให้ค่าโดยประมาณได้

4. การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน ไม่ได้ตัวอย่างดินที่กระจายทั่วทั้งพื้นที่ศึกษาและจำนวนตัวอย่างดินยังน้อย พื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ระดับภูมิภาค มีความกว้างถึง 15,690 ตารางกิโลเมตร ความจำกัดในเรื่องงบประมาณการใช้จ่าย อาจทำให้ไม่ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีเลยมีจำนวนเพียงพอ

แม้จะมีปัญหาค้างกล่าวแล้วข้างต้นบ้าง แต่ผลการศึกษาในข้อนี้ยังสนับสนุนและกล่าวไว้ว่า การสำรวจจากระยะไกลควยควาเทียมสามารถศึกษาปริมาณและการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินได้ ทั้งนี้เพราะคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นแสงอินฟราเรดมีสหสัมพันธ์สูงกับปริมาณความชื้นในดิน

อาศัยผลของความสัมพันธ์ดังกล่าวข้างต้น ในการศึกษานี้จึงได้สร้างดัชนีความชื้นในดินตามตารางที่ ๒ ขึ้นมา เพื่อช่วยในการแปลความชื้นในดินจากภาพถ่ายดาวเทียมเดือนมกราคมทั้งหมด แต่ดัชนีที่สร้างขึ้นนั้นหากกระทำขึ้นมาโดยการวิเคราะห์ความชื้นในดินจากตัวอย่างดินในวันและเดือนเดียวกันกับที่ถ่ายภาพ การนำไปใช้แปลภาพในบริเวณและในช่วงเวลาเดียวกัน จะให้ผลที่ถูกต้องใกล้เคียงความเป็นจริง แต่หากนำไปใช้กับบริเวณอื่นและช่วงเวลาอื่นอาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้มากเช่นกัน เช่นในบริเวณพื้นที่ดินทราย ปริมาณการสะท้อนแสงของความชื้นในดินจะแตกต่างไปจากพื้นที่ดินเหนียว (Johnson, 1969 : 9) เป็นต้น สำหรับช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกัน เช่น เดือนหรือฤดูกาล มีผลทำให้มุมระหว่างดวงอาทิตย์กับโลกเปลี่ยนไป ทำให้เกิดเงาหรือเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงเพิ่มหรือลดลงด้วย นอกจากนี้สภาพบรรยากาศที่มีความชื้นมากน้อยไม่เหมือนกัน ก็มีผลต่อการดูดซับคลื่นแสงในช่วงคลื่นต่าง ๆ ดังนั้นการแปลภาพถ่ายดาวเทียมจึงอาจคลาดเคลื่อนได้มาก แต่ในกรณีที่เป็นช่วงเดือนติดต่อกันและต้องการทราบค่าในลักษณะที่เป็นช่วงหรือโดยประมาณ การใช้ดัชนีความชื้นดังกล่าวในตอนต้นยังสามารถใช้ได้

๒. ปริมาณและการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดิน

ผลการศึกษาพบว่า ในช่วงปลายเดือนธันวาคมถึงต้นเดือนมกราคม บริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง มีพื้นที่ที่สามารถเพาะปลูกได้โดยอาศัยความชื้นในดินที่มีอยู่ มีจำนวนอย่างน้อยที่สุดประมาณ 9,758 ตารางกิโลเมตร (หรือเท่ากับ 62.2 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา ในจำนวนนี้เป็นพื้นที่ในระดับดินชั้นรวมกับพื้นที่ดินเปือก โดยถือว่าดินเปือกก็สามารถใช้เพาะปลูกได้ ถ้าได้มีการระบายน้ำ อาจโดยการขุดคูหรือการรอง) แต่เมื่อถึงต้นเดือนมีนาคม พื้นที่ที่เพาะปลูกได้ลดลงเหลือประมาณ 6,591 ตารางกิโลเมตรหรือเท่ากับ 48.5 เปอร์เซ็นต์เป็นอย่างน้อย ทั้งนี้เพราะ

ในจำนวนพื้นที่ดังกล่าวยังไม่รวมพื้นที่ของจังหวัดปราจีนบุรี นครนายก และฉะเชิงเทรา ที่อยู่ในเขตนี้ด้วย แต่จังหวัดดังกล่าวอยู่นอกกรอบ (frame) ที่ศึกษา

ถ้าพิจารณาในแง่ความสำคัญของความชื้นในดินที่มีต่อการเพาะปลูก โดยเฉพาะระยะช่วงหลังฤดูเก็บเกี่ยว ในพื้นที่ทางตอนบนของดินดอนสามเหลี่ยมเจ้าพระยาหรือของพื้นที่ศึกษาประมาณตั้งแต่จังหวัดราชบุรี - พระนครศรีอยุธยาจนถึงจังหวัดชัยนาทนั้น ความชื้นในดินมีความสำคัญต่อการเพาะปลูกมากกว่าตอนล่าง ทั้งนี้เพราะพื้นที่ตอนล่างที่เป็นช่วงต่อไปทางใต้ถึงบริเวณปากอ่าวไทย ปัญหาที่สำคัญในเขตนี้ไม่ใช่เป็นปัญหาเรื่องความชื้นในดิน กลับเป็นปัญหาเรื่องน้ำท่วม ปัญหาดินเค็ม และปัญหาดินเปรี้ยว แต่ปัญหาดังกล่าวไม่เกี่ยวข้องกับการเพาะปลูกพืชอายุสั้นตามจุดมุ่งหมายของการศึกษานี้ จึงละเว้นไม่กล่าวถึง

เฉพาะพื้นที่ในทางตอนบนของดินดอนสามเหลี่ยมเจ้าพระยามีพื้นที่ที่สามารถเพาะปลูกได้ในระยะเวลาดังกล่าวประมาณ 5,318 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ 1/3 ของพื้นที่ศึกษา แต่เมื่อถึงต้นเดือนมีนาคม พื้นที่ที่สามารถเพาะปลูกได้กลับมีเพิ่มขึ้นคือ มีจำนวน 5,924 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 43.55 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา สาเหตุที่เพิ่มขึ้นนี้ได้กล่าวไว้ในบทที่ 4

แต่ตัวเลขดังกล่าวข้างต้น ยังไม่ให้อาพพจนที่ชัดเจน ทั้งนี้เพราะเป็นตัวเลขที่เป็นตัวแทนความชื้นช่วงก่อน 7 มกราคม และ 2 มีนาคม 2516 เพียง 2 ช่วงเท่านั้น แต่ละช่วงก็ห่างกันมากเกือบ 2 เดือน (54 วัน) ทั้ง ๆ ที่ช่วงดังกล่าวนี้ เป็นช่วงที่จำเป็นต้องทราบการเปลี่ยนแปลงความชื้นมาก ด้วยเป็นช่วงที่เริ่มมีการเพาะปลูกพืชครั้งที่ 2 สาเหตุที่เป็นเช่นนั้น เพราะในการศึกษาถูกจำกัดโดยภาพถ่ายดาวเทียมที่มีใช้ศึกษาได้เพียง 2 เดือนเท่านั้น อย่างไรก็ตามหากพิจารณาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความชื้นโดยวิธีอื่น เพื่อให้บรรลุเป้าหมาย คือให้ทราบว่าในช่วงหลังฤดูเก็บเกี่ยวมีความชื้นในดินเพียงพอต่อการเพาะปลูกพืชอายุสั้นหรือไม่ จำเป็นต้องพิจารณาจากภาพที่ 5 ประกอบอีกครั้งหนึ่ง

โดยปกติ ช่วงเดือนธันวาคมเป็นช่วงเพิ่งเก็บเกี่ยวข้าวนาปีเสร็จใหม่ ๆ ความชื้นที่มีในดินช่วงนี้ถือว่าเป็นความชื้นที่มาจากธรรมชาติ ผลการแปลภาพถ่ายดาวเทียมก็แสดงให้เห็นว่าระยะนี้ยังมีความชื้นอยู่ในระดับดินชั้น และเพียงพอต่อการเพาะปลูก โดยเฉพาะพืชไร่อีกด้วย

โดยวิธีการคำนวณจากสูตรของเพนแมน จากภาคตัวการระเหยน้ำและจากการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน ก็ได้ผลตรงกัน เพียงแต่ 3 วิธีหลังให้ค่าที่สูงกว่าและน่าจะถูกต้องกว่าด้วย ถ้าพิจารณาเฉพาะจังหวัดสุพรรณบุรี แต่หากพิจารณาทั่ว ๆ ไป ผลจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมยังอยู่ในช่วงหรือขอบข่ายที่ยอมรับได้ เมื่อถึงเดือนมกราคม (พิจารณาในตอนสิ้นเดือนมกราคม) ที่ขาดข้อมูลความชื้นในดินจากภาพถ่ายดาวเทียม ผลการคำนวณโดย 2 วิธีแรกพอที่จะเห็นได้ว่าความชื้นในดินอยู่ระดับหนึ่งหรือมีความชื้นไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าการคำนวณโดย 3 วิธีดังกล่าวให้ค่าใกล้เคียงเหมือนกันที่ วิบูลย์ บุญขจรกุล (วิบูลย์ บุญขจรกุล 2518 : 29) ได้ทดสอบและพบว่าใช้ได้กับประเทศไทย อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาครั้งนี้มีแนวโน้มที่พอจะเชื่อได้ว่าวิธีการข้างต้นมีโอกาสถูกต้องได้ค่าใกล้เคียงค่าแท้จริงมาก สำหรับในเดือนกุมภาพันธ์และ มีนาคมก็เช่นเดียวกัน ความชื้นตามธรรมชาติในดินได้สูญเสียไปมากจนพืชไม่อาจขึ้นได้ แต่หากพิจารณาตามเกณฑ์จะไม่ตรงกับข้อเท็จจริงอีก ทั้งนี้เพราะพื้นที่บริเวณนี้เริ่มมีการรับน้ำชลประทานเพื่อการเพาะปลูกพืชครั้งที่ 2 แล้ว จากภาพถ่ายดาวเทียม 3 มีนาคมหรือจากกราฟข้างต้นแสดงให้เห็นว่าได้มีความชื้นในดินเพิ่มขึ้นและมากกว่าเมื่อ 7 มกราคมปีเดียวกัน พื้นที่ดินชื้นในช่วงนี้จึงมีเพิ่มขึ้นเหมือนเช่นที่กล่าวไว้ในตอนแรก

เพราะฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่าในช่วงการเพาะปลูกหลังฤดูเก็บเกี่ยว ความชื้นตามธรรมชาติในดินไม่อาจสนองความต้องการน้ำของพืชได้ตลอดระยะเวลาการเพาะปลูกพืช แต่สนองได้เพียงช่วงสั้น ๆ ประมาณเดือนเศษเท่านั้น คือ ในช่วงเดือนธันวาคมถึงตอนต้นเดือนมกราคม และต้องเป็นกรณีที่ถูกฝนสิ้นสุดในตอนต้นของเดือนธันวาคมเหมือนเช่น ปี 2516 (กองภูมิอากาศ 2516 : 4) แต่ปกติแล้ว ฤดูฝนของเขตนี้อาจสิ้นสุดเร็วกว่านี้ คือประมาณปลายเดือนตุลาคมของทุกปี ดังนั้นการเพาะปลูกในช่วงหลังฤดูเก็บเกี่ยวจึงไม่อาจหวังพึ่งความชื้นในดินจากธรรมชาติได้ และจำเป็นต้องได้รับน้ำชลประทานโดยวิธีใดวิธีหนึ่งเพียงพอ ผลการศึกษาครั้งนี้ตรงกันกับรายงานการสำรวจการผลิตข้าวนาปรัง ปี 2519 ของกองเศรษฐกิจการเกษตร ที่พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกพืชหลังฤดูเก็บเกี่ยว (ปลูกข้าว ถั่วเขียว ถั่วลิสง ข้าวโพด งา และถั่วเหลือง ตามลำดับ) ได้รับความเสียหายครั้งแรก เป็นเพราะศัตรูพืชรบกวน 65 เปอร์เซ็นต์ รับน้ำไม่เพียงพอ 28 เปอร์เซ็นต์

และมีเกษตรกรถึงจำนวน 67 เปอร์เซ็นต์ที่ไม่ปลูกพืชครั้งหลัง. ในจำนวนนี้ 20 เปอร์เซ็นต์ เคยปลูกพืชก่อนแล้วเลิกไป สาเหตุสำคัญคือรับน้ำไม่เพียงพอ เป็นสาเหตุถึง 34 เปอร์เซ็นต์ เกษตรกรอีก 80 เปอร์เซ็นต์ไม่เคยปลูกพืชครั้งหลังมาก่อนเลย ทั้งนี้เพราะการขาดน้ำเป็น สาเหตุถึง 44 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นคือ สภาพพื้นที่ไม่ เหมาะสม ขาดแรงงาน เงินทุนไม่พอ ไม่สนใจในผลผลิต และไม่ทราบว่าจะขายได้ราคาดี (กองส่งเสริมกิจการเกษตร 2519 : 26) นอกจากนี้ผลยังตรงกันกับการวิเคราะห์หสมกุลของ น้ำของ ทวีชัย ชลาชนนาวิน ซึ่งสรุปว่าในเขตดังกล่าวนี้จะขาดแคลนความชื้นในดินตั้งแต่เดือน ธันวาคม - มิถุนายน ทั้งนี้เนื่องจากการคายระเหยสูงสุดของน้ำมีมากกว่าปริมาณน้ำฝน (ทวีชัย ชลาชนนาวิน 2510 : 10) และหากพิจารณาถึงการศึกษาการคายระเหยสูงสุดที่ จังหวัดนครสวรรค์ของ วิบูลย์ บุญขจรโรกุล ช่วงดังกล่าวนี้การคายระเหยก็มีมากกว่าปริมาณ น้ำฝนเช่นกัน (วิบูลย์ บุญขจรโรกุล 2518 : 29) ดังนั้นจึงอาจสรุปได้เหมือนกันว่า ช่วงหลัง ฤดูเก็บเกี่ยวดินจะขาดแคลนความชื้นและพืชไม่สามารถเจริญเติบโตโดยลำพังความชื้นที่มีเหลือ อยู่ในดินได้

ความคลาดเคลื่อนในการแปลภาพถ่ายดาวเทียมเดือนมีนาคม ในการแปลภาพถ่าย ดาวเทียมซาวต้า ที่ถ่ายเมื่อ 2 มีนาคม 2516 อาจได้ค่าปริมาณความชื้นในดินคลาดเคลื่อนได้ จากเหตุผลดังนี้ คือ

1. การใช้ดัชนีความชื้นในดินเดือนมกราคมช่วยเป็นเกณฑ์ในการแปลภาพ เหตุผล ได้กล่าวแล้วในตอนท้ายของการอภิปรายในข้อ 1 รวมทั้งการใช้ผลการวิเคราะห์ความชื้นในดิน จากตัวอย่างดินเดือนมกราคม 2522 แทนตัวอย่างดินเดือนมกราคม 2516 ความชื้นที่ได้จึงไม่ใช่ ความชื้นในดินจริงของเดือนดังกล่าว แต่ทั้งนี้เป็นเพราะขาดข้อมูลความชื้นในดินของช่วงเวลานั้น ควบ การเก็บตัวอย่างดินลงตามชนันก็ยังทำไม่ได้ เพราะภาพที่ได้ไม่แน่นอนทั้งในค่าจำนวน เวลาถ่ายที่ต้องการ และความชัดเจนของภาพ

2. ในขั้นตอนการอัดภาพถ่ายดาวเทียมซาวต้าจากฟิล์มเนกาตีฟ (negative) ไม่ได้ ควบคุมกับความเข้มของสีตามมาตรฐาน ทั้งนี้แล้วแต่จุดมุ่งหมายในการใช้ แต่ในบางครั้ง แม้จำเป็นต้องคุมเพื่อบันทึกหรือลด grey scale ตามที่ผู้ใช้ต้องการ ก็ไม่อาจจะทำได้ เพราะ

มีปัญหาทางค่านอื่นอีก เช่น ภาพที่ส่งมาจากสหรัฐอเมริกาแต่ละวันหรือแต่ละครั้งมีความหนาบางไม่เท่ากัน บางทีก็กลับค่านกัน ทำให้หาค่าได้ภาพขาวดำที่มืดหรือปรากฏออกมาเป็นสีเทาหรือดำทั้งหมด ปัญหาอื่นเช่น ปัญหาประสิทธิภาพของเครื่องอัด ปัญหาความชำนาญงานของเจ้าหน้าที่อัดภาพ เป็นต้น โดยหลักการเราอาจใช้ grey scale ในภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 2 ให้มีความแตกต่าง (contrast) กันได้ 15 ระดับ แต่ในทางปฏิบัติหากเพียงใช้การแปลภาพด้วยสายตามักจะไม่มีประโยชน์ เพราะไม่อาจแยกความแตกต่างของสิ่งที่ปรากฏอยู่ในภาพหรือความแตกต่างของสีที่อยู่ระดับใกล้เคียงกันได้ ตัวอย่างเช่น ภาพของบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ หากลด grey scale ให้แตกต่างกัน 6 ระดับ ภาพที่ได้ก็จะเห็นเป็นสีเทาจนถึงขาวไปทั้งหมด นั่นคือว่าเป็นท้องลด grey scale มากกว่านี้ แต่หากเป็นภาพในบริเวณภาคตะวันตกของประเทศที่มีความแตกต่างในภูมิประเทศมากกว่า ด้วยความแตกต่างของ grey scale เท่าเดิม ภาพที่ปรากฏออกมาจะให้อะไรที่เห็นด้วยตาได้ชัดเจน เป็นต้น ในการศึกษาครั้งนี้จะต้องการให้ภาพเคียนมีนาคมีความแตกต่างของสีเท่ากับ เคียนมกรวาคหรือต้องการควบคุมระดับความเข้มของสีให้เป็นมาตรฐานแบบเดียวกันทั้ง 2 ภาพ ทั้งนี้เพื่ออธิบายความหมายซึ่งกันและกันได้ ก็ไม่อาจกระทำได้โดยสะดวกหลายประการรวมกันดังกล่าวแล้วข้างต้น ภาพที่ได้ในเคียนมีนาคจึงปรากฏเป็นลักษณะมืดโดยทั่วไปทั้งภาพ ความชัดเจนของภาพจึงน้อย การจำแนกขอบเขตหรือปริมาณความชื้นในระดับต่าง ๆ จึงอาจผิดพลาดคลาดเคลื่อนได้

3. เกี่ยวกับตัวแปลภาพถ่าย ทักษะและประสบการณ์ทางด้านการแปลภาพถ่ายดาวเทียมยังมีน้อย ผู้ที่แปลภาพถ่ายดาวเทียมได้ถูกต้องหรือนักแปลคนน้อยที่สุดจะต้องมีทักษะและประสบการณ์มานานและมาก

3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณความชื้นในดิน

ผลการวิเคราะห์แสดงว่า ในบริเวณตอนบนของดินดอนสามเหลี่ยมเจ้าพระยา ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นในดินค่อนข้างสูง แต่บริเวณตอนล่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณความชื้นในดินไม่มีความสัมพันธ์กัน ผลการศึกษายังตรงกับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง

ตัวแปรทั้งสองข้างต้นที่อาศัยข้อมูลจากกรมวิชาการ เกษตรด้วย นอกจากนี้ความสัมพันธ์ในบริเวณ
ตอนบนก็กล่าวมีส่วนสนับสนุนการรายงานของกรมพัฒนาที่ดิน ในโครงการศึกษาและวิจัยด้าน
ภูมิอากาศดินที่พบว่า แนวโน้มของปัจจัยที่ควบคุมเขตความชื้นของดินในประเทศไทยได้แก่ปริมาณ
และการกระจายของฝน ชนิดพืชพันธุ์และความหนาแน่นของพืชพันธุ์ ปริมาณน้ำใต้ดิน ระดับ
ความสูงและคุณสมบัติของดิน (กรมพัฒนาที่ดิน 2520 : 126) กล่าวคือ ในบริเวณตอนบนของ
ดินคอนสามเหลี่ยมเจ้าพระยา ปัจจัยเด่นที่มีอิทธิพลต่อความชื้นในดินมากคือปริมาณน้ำฝน ส่วน
ปัจจัยอื่น ๆ มีอิทธิพลน้อย หรือบางอย่างก็ไม่มีอิทธิพลต่อความชื้นในดิน ดังนั้นเราอาจคาดการณ์
(predict) ปริมาณความชื้นในดินอย่างคร่าว ๆ ได้จากปริมาณน้ำฝน ผู้ศึกษาคาดว่า
การกระจายของฝนก็น่าจะมีอิทธิพลร่วมกับปริมาณน้ำฝนด้วยและน่าที่จะได้มีการศึกษาต่อไปทั้งนี้
เพื่อให้การคาดการณ์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

สำหรับในบริเวณทางใต้ของดินคอนสามเหลี่ยมเจ้าพระยา ปริมาณน้ำฝนไม่ได้เป็นปัจจัย
ที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อปริมาณความชื้นในดิน ในเขตนี้ปัจจัยที่มีอิทธิพลอาจได้แก่ ปริมาณและระยะ
เวลาของน้ำท่วม ระดับน้ำใต้ดิน ระดับความสูงและคุณสมบัติของดิน ซึ่งสาเหตุสำคัญของการ
คาดคะเนเรื่องนี้ได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 การศึกษาในโอกาสต่อไปน่าจะได้อะไรตรวจสอบปัจจัย
ต่าง ๆ ตามข้างต้นดู แต่อย่างไรก็ตามความสำคัญของการศึกษาความชื้นในบริเวณนี้มีน้อยกว่า
ในเขตอื่น ๆ เช่น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หรือภาคเหนือที่ความชื้นในดินมีความสำคัญต่อ
การปลูกพืชมาก และน่าจะได้อีกศึกษาในบริเวณเหล่านั้นมากกว่า เมื่อเป็นเช่นนั้นผู้ศึกษาเห็นว่า
บริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่างซึ่งเป็นที่ราบลุ่มดินเหนียวตะกอน เหมาะที่จะใช้ปลูกข้าวมากที่สุด
รวมทั้งทำให้ได้ 2 - 3 ครั้ง และปลูกพืชอื่นแซม เช่น กล้วยกับไค้หวานหรือถั่วป่น ซึ่งอาจกระทำ
ถึงสี่ครั้ง

1. ปรับปรุงและขยายระบบการชลประทานให้มากและมีประสิทธิภาพในการสนอง
ความต้องการน้ำของเกษตรกรอย่างเพียงพอ

1.1. สร้างเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำเพิ่มขึ้น นอกเหนือจากเพื่อป้องกันน้ำท่วมใน
บริเวณนี้หรือลดการสูญเสียน้ำไปโดยเปล่าประโยชน์ในฤดูน้ำหลาก ที่สำคัญคือเพิ่มพื้นที่เพาะปลูก
ในช่วงหลังฤดูเก็บเกี่ยวได้และมีน้ำชลประทานพอกับความต้องการ

1.2 ปรับพื้นที่ไทราม ทั้งนี้เพราะพื้นที่เดิมมีเนินปลวกและต้นไม้ขึ้นกีดขวางทางน้ำอยู่ทั่วไป

1.3 ขยายคลองส่งหรือระบายน้ำให้เพียงพอ

2. ปรับปรุง บำรุงรักษาถนนลำธารที่ไหลผ่านเขตนี้น้ำให้ขึ้นหรือคงสภาพเดิมไว้โดยป้องกันการตัดไม้ทำลายป่าบริเวณต้นลำธารอย่างจริงจัง

3. ปรับปรุงดินเค็มและดินเปรี้ยวให้สามารถใช้ในการปลูกข้าวได้

3.1 การปรับปรุงดินเค็มอาจกระทำได้อังนี้

3.1.1 สร้างคันดินกั้นน้ำเค็ม

3.1.2 วางระบบการระบายน้ำแบบเปิดที่ประกอบด้วยคลองสายหลัก

และสายย่อย

3.1.3 ลดระดับน้ำใต้ดิน อาจโดยทางประทุนระบายหรือใช้เครื่องสูบน้ำ

3.1.4 การตากดินในกรณีที่ดินเป็นดินเปียก เพื่อให้ไอน้ำในดินบางส่วนไหลลงไปอยู่ในคลองระบายด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก

3.1.5 ล้างดินด้วยการไหลซึมผ่าน (percolating) ด้วยน้ำฝนหรือน้ำชลประทาน และไม่ปล่อยให้หน้าดินแห้ง มิฉะนั้นน้ำในดินชั้นล่างจะเคลื่อนขึ้นมา และพาเกลือขึ้นมาสะสมที่หน้าดิน

3.2 การปรับปรุงดินเปรี้ยว อาจทำได้ดังนี้คือ

3.2.1 ให้น้ำขังอยู่เสมอ โดยการทำนาตอ เนืองกันและให้น้ำขังตลอดเวลา ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาในดิน

3.2.2 ระบายน้ำออกเสมอ เพื่อช่วยล้างสารประกอบที่เป็นพิษออกจากดิน

3.2.3 ใส่ปูนมาร์ลเพื่อลดความเปรี้ยวของดิน

จากที่กล่าวมา จะเห็นว่าน้ำชลประทานมีบทบาทในการช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ใดมากที่สุดก็กล่าวได้ว่า ความสำเร็จของการเกษตรกรรมแบบเข้ม (intensive farming) ในช่วงหลังถูกเก็บเกี่ยวหรือหลังฤดูฝน ขึ้นอยู่กับน้ำชลประทาน ความชื้นในดินที่เหลืออยู่ไม่อาจสนองความต้องการน้ำของพืชได้

4. ปริมาณและการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินที่คำนวณได้จากสูตรของเพนแมน (Penman)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในดินของจังหวัดสุพรรณบุรีที่คำนวณได้จากสูตรของเพนแมน พบว่า ให้ค่าใกล้เคียงกับปริมาณความชื้นที่คำนวณได้จากดาวเทียมการระเหยน้ำตรงตามผลการตรวจสอบของ วิบูลย์ บุญขันธ์โรกุล (วิบูลย์ บุญขันธ์โรกุล 2518 : 29) และการศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าให้ค่าใกล้เคียงกับระดับความชื้นที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างดิน (พิจารณาแนวโน้มที่ควรจะเป็นร่วมกับปริมาณน้ำฝนด้วย ทั้งนี้เพราะปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับความชื้นในดินตามที่ได้อภิปรายในข้อ 3) ดังนั้นจึงทำให้สูตรของเพนแมนถูกต้องใกล้เคียงความจริงมากขึ้น ตรงตามสมมติฐาน ขณะเดียวกันปริมาณความชื้นในดินที่คำนวณมาจากดาวเทียมการระเหยน้ำ ก็ให้ค่าที่ไม่แตกต่างไปจากผลการวิเคราะห์ดินมากนัก ดังนั้นการคำนวณหาปริมาณความชื้นในดินโดย 2 วิธีนี้ น่าจะได้มีการตรวจสอบอีก โดยเปรียบเทียบกับความชื้นที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างดินหลาย ๆ สถานที่เป็นระยะเวลาที่ต่อเนื่องยาวนานเป็นฤดูกาลหรือปี เพื่อให้ผลที่ได้มีความเชื่อมั่นสูง หาก 2 วิธีให้ค่าใกล้เคียงหรือคล้ายกัน (similarity) การใช้วิธีคำนวณจากดาวเทียมการระเหยน้ำจะกระทำได้ง่ายและรวดเร็วกว่า วิธีใช้สูตรของเพนแมนต้องใช้ข้อมูลมาก วิธีการคำนวณก็ยุ่งยากและสิ้นเปลืองเวลา

สำหรับการเปรียบเทียบปริมาณความชื้นที่คำนวณได้จากสูตรของเพนแมนกับที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมนั้นมีความไม่เหมาะสมหลายประการคือ

1. ค่าปริมาณความชื้นที่คำนวณได้จากวิธีใช้สูตรของเพนแมน เป็นค่าเฉพาะหรือระบุแน่นอนกว่าส่วนค่าที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมเป็นค่าช่วงของความชื้นในดินและยืดหยุ่นได้มาก ดังได้กล่าวในข้อ 1 ของบทที่ 4 ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์เท่ากับ 10.99
2. การคำนวณจากสูตรของเพนแมน ใช้ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยทั้งเดือนในตอนต้นเดือน ขณะที่ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมเป็นข้อมูลเจาะจงว่าเป็นของวันที่เท่าไร ทั้งยังไม่อาจหาค่าเฉลี่ยจากทั้งเดือนได้ เพราะขณะนี้เราได้อาณาจากดาวเทียมเพียง 1 ครั้งในรอบ 18 วัน
3. ตัวเลขข้อมูลที่เข้ากับสูตรของเพนแมน เป็นตัวเลขของจุดหรือตำแหน่งที่เป็นตัวแทนของสถานีใดสถานีหนึ่ง ซึ่งครอบคลุมพื้นที่น้อย ในขณะที่ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 2 ครอบคลุม

พื้นที่บริเวณกว้างระดับภูมิภาค วัตถุขนาดเล็กที่สุดที่สามารถระบุได้ว่าเป็นอะไรในภาพถ่ายก็ต้องมีขนาดอย่างน้อย 80×80 เมตร ดังนั้นการกำหนดจุดสถานีเพื่อศึกษาในภาพถ่ายดาวเทียมอาจไม่ตรงกับสถานีวัดข้อมูลภูมิอากาศหรือจุดตรวจสอมนั้นได้ นั่นคือ ภาพถ่ายดาวเทียมให้ค่าโดยประมาณที่อาจเหมาะต่อการทำให้เห็นภาพพจน์ ปริมาณความชื้นในดินระดับภูมิภาคได้ชัดเจนมากกว่าวิธีอื่น แต่ในแง่การตรวจสอบเปรียบเทียบกับวิธีที่ละเอียดกว่าโดยการใช้เป็นเกณฑ์หรือหลักอาจไม่เหมาะสม

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

ผลการศึกษาความชื้นในดินหลังฤดูเก็บเกี่ยวของบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง จากภาพถ่ายดาวเทียมสำรวจทรัพยากร สรุปผลได้ดังนี้

1. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสะท้อนช่วงคลื่นแสงกับปริมาณความชื้นในดิน ผลปรากฏว่า ปริมาณการสะท้อนช่วงคลื่นแสงมีความสัมพันธ์ในทางลบกับปริมาณความชื้นในดิน โดยได้ค่าสหสัมพันธ์ - .84 นั่นคือ ความชื้นในดินมีสหสัมพันธ์กับการดูดและการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นแสงอินฟราเรดมาก ดังนั้น เทคนิคการสำรวจจากระยะไกลโดยดาวเทียมสามารถใช้ศึกษาปริมาณและการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินได้

2. การศึกษาปริมาณและการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินหลังฤดูเก็บเกี่ยวของบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง

ผลปรากฏว่า ปริมาณความชื้นในดินช่วงหลังฤดูเก็บเกี่ยว คือตั้งแต่เดือนธันวาคม ถึงมิถุนายน มิใช่เพียงพอต่อการสนองความต้องการน้ำของพืชได้ และจำเป็นต้องได้รับน้ำชลประทานตลอดระยะเวลาของการเพาะปลูก

3. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณความชื้นในดินของบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง

ผลปรากฏว่า ในบริเวณตอนบนของที่ราบภาคกลางตอนล่าง ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณความชื้นในดิน โดยได้ค่าสหสัมพันธ์ .77 นั่นคือ ถ้ามีปริมาณน้ำฝนสูง

ความชันในดินก็จะสูงขึ้นด้วย ส่วนในบริเวณตอนล่างปริมาณน้ำฝนไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณความชันในดิน

4. การศึกษาปริมาณและการเปลี่ยนแปลงของความชันในดินที่คำนวณได้จากสูตรของเพนแมน (Penman)

ผลปรากฏว่า สูตรของเพนแมนให้ค่าปริมาณความชันในดินใกล้เคียงและมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกับวิธีการคำนวณจากภาพถ่ายการระเหยน้ำและวิธีวิเคราะห์จากตัวอย่างดินในพื้นที่จริง

ข้อบกพร่องในการศึกษา

การศึกษาค้นคว้าข้อบกพร่องดังนี้คือ

1. ภาพถ่ายดาวเทียมขาวดำที่ใช้ในการศึกษาทั้ง 2 ภาพ ระดับความเข้มของสีไม่ได้อยู่ในมาตรฐานแบบเดียวกัน การแปลโดยให้สื่อความหมายแบบง่ายโยกกันอาจผิดพลาดได้
2. จำนวนภาพถ่ายดาวเทียมที่มีอยู่และใช้ศึกษาได้นั้นน้อยไป ทำให้ผลการแปลไม่อาจเห็นความเปลี่ยนแปลงต่อเนื่องแบบต่อเนื่องต่อเนื่องตลอดช่วงหลังฤดูเก็บเกี่ยวได้ชัดเจน
3. การไม่ได้เก็บข้อมูลภาคสนามในวันและเดือนที่ดาวเทียมถ่ายภาพทั้ง 2 ภาพ อาจทำให้ผลการแปลถูกต้องน้อยลง
4. ขาดแคลนสถิติเกี่ยวกับความชันของดิน ทำให้ขาดเกณฑ์หรือหลักในการตรวจสอบความถูกต้องของการศึกษาความชันในดินโดยวิธีอื่น ๆ โดยเฉพาะสถิติที่มีการวัดต่อเนื่องกันทุกเดือน
5. ขาดแคลนเครื่องมือบางชนิด เช่น เครื่องวัดการสะท้อนแสง เครื่องวัดการส่องผ่านของแสง เครื่องมือแยกสี ทำให้การแปลผลอาจคลาดเคลื่อนได้

ข้อเสนอแนะทางวิชาการ

1. รัฐบาลควรสนับสนุนโครงการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียมทั้งทางด้านการบุคลากรและงบประมาณ รวมทั้งส่งเสริมให้หน่วยราชการต่าง ๆ ค้นคว้าวิจัยทรัพยากรธรรมชาติและสภาวะแวดล้อมของประเทศไทย ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในด้านการวางแผนพัฒนาและแก้ปัญหาให้ถูกต้อง เพราะวิธีการศึกษาจากภาพถ่ายดาวเทียมให้ความสะดวกรวดเร็ว ประหยัดและทันต่อเหตุการณ์
2. กรมวิชาการเกษตร และกรมพัฒนาที่ดิน ควรที่จะได้เก็บข้อมูลความชื้นในดินของจังหวัดต่าง ๆ โดยทำเป็นสถิติเฉลี่ยรายเดือนที่ต่อเนื่องกันตลอดปี ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ทางด้านวิชาการ และการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความชื้นในดิน
3. โครงการดาวเทียม ควรผลิตตำราหรือเอกสารทางด้านรีโมต เซนซิง (remote sensing) เพื่อให้หน่วยงานต่าง ๆ ข้าราชการ นักเรียน นักศึกษา และประชาชนที่สนใจ ได้มีความรู้ความเข้าใจด้วย ซึ่งอาจมีส่วนผลักดันโครงการให้มีอัตราความเจริญก้าวหน้าและเป็นที่ยอมรับมากกว่านี้
4. กระทรวงศึกษาธิการ และทบวงมหาวิทยาลัยควรที่จะได้จัดวิชารีโมต เซนซิง เข้าไว้ในหลักสูตรวิชาที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรธรรมชาติและสภาวะแวดล้อม เช่น ภูมิศาสตร์ ธรณีวิทยา ชีววิทยา วนศาสตร์ อุทกวิทยา สมุทรศาสตร์ นิเวศวิทยา อุตุนิยมวิทยา เป็นต้น

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

1. ควรจะได้มีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณและการกระจายของฝนกับปริมาณความชื้นในดินในเขตที่มีความชื้นตามธรรมชาติในดินมีอิทธิพลต่อการเพาะปลูก เช่น ในภาคเหนือหรือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นต้น
2. ควรจะศึกษาถึงปริมาณและการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินของภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือจากภาพถ่ายดาวเทียม ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในด้านการวางแผนให้น้ำชลประทาน

3. ควรจะได้มีการตรวจสอบสูตรการหาศักยภาพการคายระเหยของเพนแมน และวิธีการคำนวณจากถาดวัดการระเหยว่าถูกต้อง เชื่อถือได้มากน้อยเพียงใด และหาวิธีใดวิธีหนึ่งหรือทั้งสองวิธีให้ค่าใกล้เคียงความเป็นจริงเหมือนเช่นการศึกษาครั้งนี้กันที่จะได้นำวิธีการดังกล่าวไปศึกษาสมมูลน้ำของภาคต่าง ๆ ทั่วประเทศ
4. ควรจะได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นในดินกับจำนวนผลผลิตทางการเกษตร
5. ควรจะได้ศึกษาความชื้นในดินจากภาพถ่ายดาวเทียมทุกเดือนทั้งนี้เพื่อสร้างดัชนีความชื้นและเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงจำนวนความชื้นจากการเปลี่ยนแปลงของอันดับ grey scale ในภาพถ่าย

บรรณานุกรม

๔

បរ វណ្ណករ ម

เกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัย ภาควิชาปฐพีวิทยา ปฐพีวิทยาเบื้องต้น พิมพ์ครั้งที่ ๑

โรงพิมพ์คุรุสภา ๒๕๑๕ , ๕๔๔ หน้า

ประสิทธิ์ ค่ายกนกวงศ์ การศึกษา วัฒนธรรมอันของดินชุกกว่าแพง แล่นที่เมาะที่ลุดค่อการ เียบโต
และผลผลิตของอัว เหวื่อง ปริญญานิพนธ์ วท.ม. มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ 2519 ,
69 หน้า อัดสำเนา

ทวีชัย ชลาชนาวิน, ร.อ. สมุดของน้ำในประเทศไทย กรมอุทกนิยมนา สำนักนายก
รัฐมนตรี 2510, 12 หน้า

ชนิด มลิสสุวรรณ หลักฟ้าไร่ บรรณกิจเทรดดิ้ง 2514 , 174 หน้า

พงศ์พัฒน์ ปิยะพงศ์ การวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรสาขาเกษตร กองวิทยาการ
กรมวิชาการเกษตร 2521 , 3 หน้า อักส่าเนา

พรณี วราอัสวาทิ การใช้ภาพถ่ายดาวเทียมทางด้านภูมิศาสตร์ ภาควิชาภูมิศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2521 , 31 หน้า

พัฒนาที่ดิน, กรม เอกสารทางวิชาการเรื่อง น้ำ 11 : 20 - 21 , 2510

วรรณา จันทกรัง อิทธิพลของระดับน้ำใต้ดินที่มีต่อการกึ่งดูดธาตุอาหารและการเจริญเติบโตของ
ข้าวโพดที่ปลูกในดินร่วนปนทราย ปริญญาโท วท.ม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2517 ,
86 หน้า อัดสำเนา

วิบูลย์ บุญขจรโรกุล "การหา Potential Evapotranspiration ในประเทศไทย
โดยสูตรซึ่งใช้ข้อมูลภูมิอากาศ" เกษตรศาสตร์ 1 : 26 - 34 มกราคม - มิถุนายน 2518

เศรษฐกิจการเกษตร, กอง "การศึกษาค้นคว้าและผลตอบแทนของการปลูกพืชรุ่น 2" หลังฤดู
การพำนา" เอกสารสถิติการเกษตร 101 : 1 กุมภาพันธ์ 2519

เครือข่ายกิจการ เกษตร, กอง "รายงานผลการสำรวจการผลิตข้าวนาปรังปี 2519" เอกสาร
สถิติการ เกษตร 43 : 1 มิถุนายน 2519

ส่งเสริมการเกษตร, กรม "เนื้อที่พำนาในปีเพาะปลูก 2518 - 2519" ส่งเสริมการเกษตร

3 : 35 กุมภาพันธ์ - มีนาคม 2521

สวัสดิ์ วัชรโรทยาน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2518, 221 หน้า

สวาท เสนาณรงค์ ภูมิศาสตร์ประเทศไทย พิมพ์ครั้งที่ 2 ไทยวัฒนาพานิช 2516, 418 หน้า
ส่วาง ศรีนิลทา คู่มือปฏิบัติการปฐพีศาสตร์เบื้องต้น โรงพิมพ์สำนักทำเนียบนายกรัฐมนตรี
2513, 155 หน้า

สุรัช รัตนเสริมพงศ์ การใช้เทคนิคการวิเคราะห์ทางกระยะไกลในการวิจัยทางนิเวศวิทยา
บริเวณอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ปริชญานิพนธ์ วท.ม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2521,
105 หน้า

สุวิทย์ วิบูลย์เศรษฐ์ "การสำรวจพืชมพรรณพืชการควยควายเทียม" วิชาการรวมสาร 4 : 38 - 48
เมษายน 2516

อุทุมมวิทยา, กรม กองภูมิอากาศ รายงานอุทุมมวิทยา ประจำปี พ.ศ. 2516
กรมอุทุมมวิทยา กระทรวงคมนาคม 2520, 181 หน้า

Batlivala, Percy P. and Fawwaz T. Ulaby. Effects of Roughness on the Radar Response to Soil Moisture of Bare Ground. Kansas, The University of Kansas Center for Research, Inc., 1975. 142 p.

Brigg, L.J. and H.L. Shantz. "Relative Water Requirement of Plant," Journal Agriculture Research. 3 : 56, September, 1914.

Cihlar, Josef and Fawwaz T. Ulaby. Microwave Remote Sensing of Soil Water Content. Kansas, The University of Kansas Center for Research, Inc., 1975. 183 p.

Denmead, O.T. and R.H. Shaw. "Availability of Soil Water to Plants as Affected by Soil Moisture Content and Meteorological Conditions," Agronomy Journal. 45 : 385 - 390, July, 1962.

Harper, D. Eye in the Sky. Montreal, Multiscience Publications Limited, 1976. 326 p.

Hobbs, E.H., K.K. Krogman and L.G. Sonmor. "Effects of Levels of Minimum Available Soil Moisture on Crop Yields," Canadian Journal Plant Science. 34 : 441 - 446, December, 1963.

- Jenne, E.A. and others. "Change in Nutrient Element Accumulation by Corn with Depletion of Soil Moisture", Agronomy Journal. 50 : 71 - 74, July, 1958.
- Johnson, P.L. Remote Sensing in Ecology, Athens, Uni. of Georgia Press, 1969. 272 p.
- League, L.D. "Soil Moisture Evaluation from the Skylab S - 194 Radiometric Sensor" in An Enchiridion for Selected Application in Remote Sensing. Complied by S.A. Morain, Kansas, The University of Kansas Center for Research, Inc., 1974. 360 p.
- Linsley, Jr. and others. Applied Hydrology. New York, McGraw - Hill Book Company, 1949. 475 p.
- Lyon, T.L. and H.O. Buckman, The Nature and Properties of soils. New York, The Macmillan Company, 1937. 564 p.
- Wacharakitti, S., L.D. Miller and C. Tom. "Tropical Forest Land - Use Evaluation," Environmental Engineering Technical Report. Colorado, Colorado State Uni., 1975. 286 p.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ตารางที่ 7 แสดงตัวอย่างการคำนวณค่าศักยภาพการคายระเหย ของจังหวัดสุพรรณบุรี
ปี 2515 - 2516 โดยใช้สูตรภูมิอากาศของเพนแมน (Penman)

Location : Suphan Buri, Latitude 15° N.

A. Data for month of	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
1. Air temperature - $^{\circ}\text{C}$	28.5	27.5	26.2	25.9	29.0	30.2
2. Relative humidity (R.H.)-%	82.1	81.4	76.0	69.9	68.5	71.0
3. Cloudiness, Cc. - (0 - 8)	5.1	5.5	4.0	2.5	2.4	3.9
4. Wind speed, u_2 -Km/day at 2m	8.89	14.46	14.46	8.89	11.12	16.69
5. Radiation rate, Q_A mm. $\text{H}_2\text{O/day}$ (ตารางที่ ๑)	13.60	12.27	11.49	11.99	13.25	14.56
6. Reflection coefficient, r - % (Est)	.20	.20	.20	.20	.20	.20
B. Solving expression Q_A $(1 - r)(0.18 + 0.55 n/N)$						
7. $n/N = (74.5 + 9.5 \text{ Cc} - 2.0 \text{ Cc}^2) \div 100$	.709	.663	.805	.857	.858	.811
8. $(1 - r)$	.80	.80	.80	.80	.80	.80
9. $(0.18 + 0.55 n/N)$	.570	.545	.623	.651	.652	.626
10. Item 5 $\times$ Item 8 $\times$ Item 9	6.20	5.33	5.73	6.24	6.91	7.29

ตารางที่ 7 (ต่อ)

Location : Suphan Buri, Latitude 15° N

	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb	Mar.
C. Solving expression						
$\sigma T^4 (0.56 - 0.0797 \sqrt{e_d})$						
$(0.10 + 0.90 n/N)$						
11. Vapor Pressure - millibars						
(a) Saturated, e_a						
(ดูตารางที่ 12)	38.74	36.59	33.96	33.14	39.80	42.93
(b) Actual $e_d = (R.H. \times e_a)$	31.81	29.78	25.81	23.16	27.26	30.48
(c) $\sqrt{e_d}$	5.64	5.46	5.08	4.81	5.22	5.52
12. σT^4 (ดูตารางที่ 11)	16.68	16.46	16.18	16.12	16.79	17.06
13. $(0.56 - 0.0797 \sqrt{e_d})$	.111	.125	.155	.177	.144	.120
14. $(0.10 + 0.90 n/N)$	.738	.697	.825	.871	.872	.829
15. Item 12 $\times$ Item 13 $\times$ Item 14	1.37	1.43	2.07	2.49	2.11	1.70
D. Solving for Q_n						
16. Item 10 minus item 15	4.83	3.90	3.66	3.75	4.80	5.59
E. Solving for $E_a = 0.262$						
$(e_a - e_d)(1 + 0.016 U_2)$						
17. $0.262 (e_a - e_d)$	1.816	1.784	2.135	2.610	3.290	3.260
18. $(1 + 0.016 u_2)$	1.142	1.231	1.231	1.142	1.178	1.267
19. Item 17 $\times$ Item 18	2.073	2.196	2.628	2.981	3.876	4.130

ตารางที่ 7 (ต่อ)

Location : Suphan Buri, Latitude 15° N

F. Solving for P.E.T. $\frac{\Delta Q_p + v E_a}{\Delta + v}$	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
20. $\Delta / (\Delta + v)$ (ดูตารางที่ 10)	.768	.759	.747	.744	.772	.783
21. $v / (\Delta + v)$ (ดูตารางที่ 10)	.232	.241	.253	.264	.228	.217
22. Item 16 X item 20	3.71	2.96	2.73	2.79	3.71	4.38
23. Item 19 X item 21	.48	.53	.67	.79	.88	.90
24. P.E.T. = item 22 + item 23						
(mm/day)	4.19	3.49	3.40	3.58	4.59	5.28
(mm/month)	129.89	104.70	105.40	110.98	128.24	163.68

ตารางที่ 8 แสดงปริมาณความชื้นในดินปี 2515 - 2516 โดยวิธีการคำนวณศักยภาพการคายระเหย
จากสูตรภูมิอากาศของเพนแมน (Penman)

เดือน	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
ศักยภาพการคายระเหย	129.9	104.7	105.4	111.0	128.2	163.7
ปริมาณน้ำฝน	235.4	68.9	71.9	0.0	0.0	55.2
ปริมาณความชื้นในดิน	222.0	186.2	152.7	41.7	-86.5	55.2

ตารางที่ 9 แสดงปริมาณความชื้นในดินปี 2515 - 2516 โดยวิธีการหาค่าศักยภาพการคายระเหย
จากการคูณ pan evaporation ด้วย 0.85

เดือน	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
ศักยภาพการคายระเหย	98.4	90.5	95.2	115.3	126.7	137.4
ปริมาณน้ำฝน	235.4	68.9	71.9	0.0	0.0	55.2
ปริมาณความชื้นในดิน	222.0	200.4	177.1	61.8	-64.9	55.2

ตารางที่ ๑ ค่าของรังสีจากดวงอาทิตย์ แปลงให้เป็นความลึกของน้ำที่ระเหยไปเป็น มม./วัน

ชั้นความ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
60	1.44	3.53	6.99	11.24	14.79	16.52	15.66	12.61	8.66	4.65	1.92	0.97
50	3.76	5.98	9.23	12.80	15.57	16.76	16.16	13.85	10.56	7.13	4.36	3.11
45	4.96	7.18	10.26	13.45	15.84	16.83	16.30	14.35	11.44	8.29	5.59	4.27
40	6.17	8.35	11.22	14.02	16.03	16.84	16.39	14.76	12.37	9.37	6.80	5.46
35	7.40	9.48	12.08	14.49	16.13	16.76	16.39	15.08	12.94	10.37	8.00	6.68
30	8.62	10.53	12.85	14.87	16.14	16.59	16.30	15.30	13.56	11.29	9.14	7.91
25	9.81	11.52	13.52	15.15	16.05	16.32	16.12	15.42	14.08	12.12	10.24	9.13
20	10.94	12.44	14.09	15.32	15.85	15.95	15.84	15.43	14.48	12.89	11.29	10.33
15	11.99	13.25	14.56	15.37	15.55	15.48	15.46	15.32	14.77	13.60	12.27	11.49
10	12.95	13.97	14.91	15.30	15.14	14.92	14.97	15.11	14.94	14.22	13.18	12.58
5	13.83	14.58	15.15	15.11	14.63	14.12	14.38	14.79	15.00	14.73	13.99	13.59
0	14.62	15.08	15.26	14.81	14.03	13.54	13.69	14.36	14.96	15.09	14.70	14.50
5	15.30	15.49	15.25	14.42	13.33	12.71	12.92	13.83	14.78	15.30	15.31	15.29
10	15.89	15.81	15.31	13.91	12.55	11.81	12.07	13.19	14.52	15.40	15.83	15.98
15	16.40	15.93	14.90	13.30	11.69	10.83	11.14	12.45	14.14	15.40	16.25	16.57
20	16.81	16.03	14.57	12.59	10.75	9.79	10.15	11.63	13.65	15.32	16.55	16.98
25	17.12	16.03	14.15	11.78	9.74	8.71	9.10	10.79	13.05	15.16	16.74	17.38
30	17.32	15.91	13.62	10.89	8.67	7.58	8.00	9.83	12.37	14.89	16.80	17.66
35	17.43	15.66	12.98	9.90	7.54	6.41	6.86	8.82	11.60	14.52	16.77	17.84
40	17.38	15.28	12.22	8.85	6.39	5.24	5.70	7.77	10.74	14.02	16.64	17.91
50	17.11	14.17	10.39	6.77	4.17	3.04	3.41	5.14	8.73	12.65	16.14	17.74

ตารางที่ 10 ค่าของ $\frac{\Delta}{\Delta + \gamma}$ และ $\frac{\gamma}{\Delta + \gamma}$

จุดทศนิยม C	$\frac{\Delta}{\Delta + \gamma}$	$\frac{\gamma}{\Delta + \gamma}$	จุดทศนิยม C	$\frac{\Delta}{\Delta + \gamma}$	$\frac{\gamma}{\Delta + \gamma}$
0	.402	.598	26	.745	.255
1	.417	.583	27	.754	.246
2	.432	.568	28	.763	.237
3	.447	.552	29	.772	.228
4	.463	.537	30	.781	.219
5	.478	.522	31	.789	.211
6	.493	.507	32	.797	.203
7	.508	.492	33	.805	.195
8	.523	.477	34	.812	.188
9	.537	.462	35	.819	.181
10	.552	.448	36	.826	.174
11	.566	.434	37	.833	.167
12	.580	.420	38	.839	.161
13	.594	.406	39	.845	.155
14	.608	.392	40	.851	.149
15	.621	.379	41	.856	.143
16	.634	.366	42	.862	.138
17	.646	.354	43	.867	.133
18	.658	.342	44	.872	.128
19	.670	.330	45	.877	.123
20	.682	.318	46	.881	.119
21	.693	.307	47	.885	.114
22	.704	.296	48	.890	.110
23	.715	.285	49	.894	.106
24	.725	.275	50	.898	.102

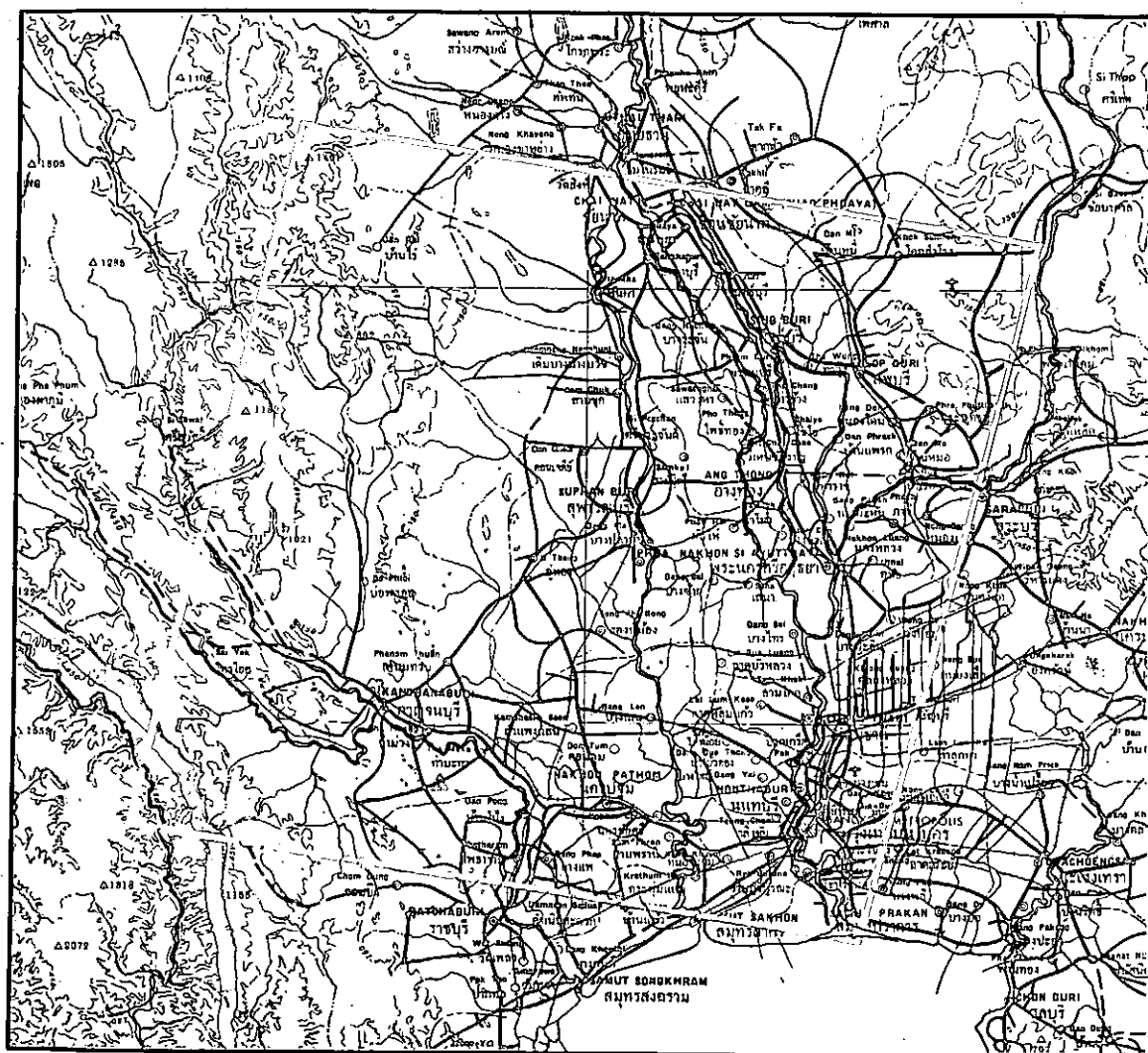
ตารางที่ 11 ค่าของรังสีที่สะท้อนจากวัตถุที่มีผิวดำสนิท (σT^4) แปลงเป็นความลึกของน้ำ
ที่ระเหยไปเป็น มม./วัน

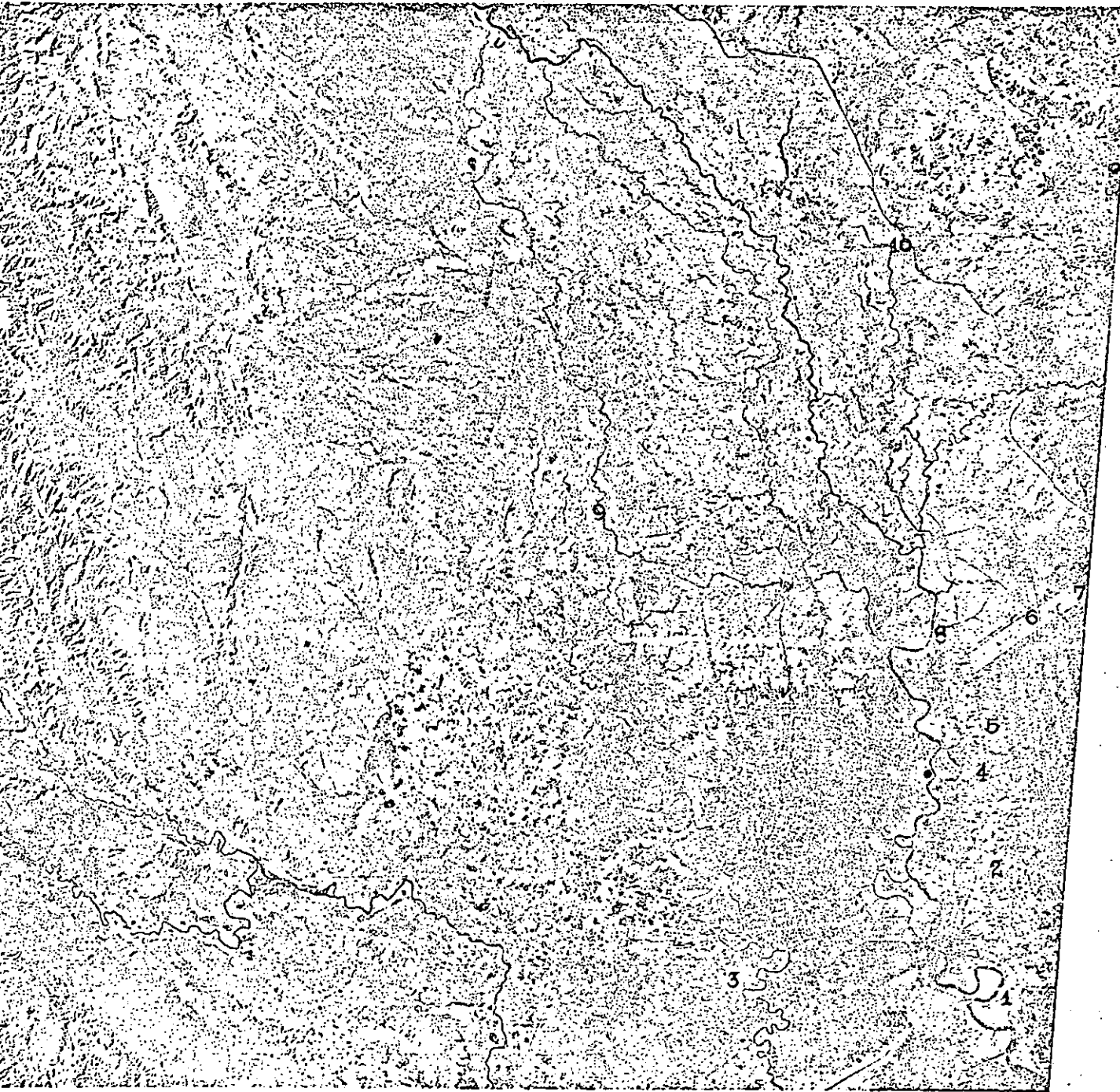
อุณหภูมิ °C	ม.ม./วัน σT^4	อุณหภูมิ °C	ม.ม./วัน σT^4	อุณหภูมิ °C	ม.ม./วัน σT^4
0	11.21	17	14.28	34	17.93
1	11.38	18	14.48	35	18.17
2	11.55	19	14.68	36	18.41
3	11.72	20	14.88	37	18.64
4	11.89	21	15.08	38	18.89
5	12.06	22	15.29	39	19.13
6	12.23	23	15.50	40	19.38
7	12.41	24	15.71	41	19.63
8	12.59	25	15.92	42	19.88
9	12.77	26	16.14	43	20.13
10	12.95	27	16.35	44	20.39
11	13.13	28	16.57	45	20.65
12	13.32	29	16.79	46	20.91
13	13.51	30	17.02	47	21.17
14	13.70	31	17.24	48	21.44
15	13.89	32	17.47	49	21.70
16	14.08	33	17.70	50	21.98

ตารางที่ 12 ความชื้นไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศ (e_a) มีหน่วยเป็นมิลลิบาร์

°C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0	6.11	6.15	6.20	6.24	6.29	6.33	6.38	6.42	6.47	6.52
1	6.57	6.61	6.66	6.71	6.76	6.81	6.85	6.90	6.95	7.00
2	7.05	7.10	7.16	7.21	7.26	7.31	7.36	7.41	7.47	7.52
3	7.57	7.63	7.68	7.74	7.79	7.85	7.90	7.96	8.01	8.07
4	8.13	8.19	8.24	8.30	8.36	8.42	8.48	8.54	8.60	8.66
5	8.72	8.78	8.84	8.90	8.96	9.03	9.09	9.15	9.22	9.28
6	9.35	9.41	9.48	9.54	9.61	9.67	9.74	9.81	9.88	9.94
7	10.01	10.08	10.15	10.22	10.29	10.36	10.43	10.50	10.58	10.65
8	10.72	10.79	10.87	10.94	11.02	11.09	11.17	11.24	11.32	11.40
9	11.47	11.55	11.63	11.71	11.79	11.87	11.95	12.03	12.11	12.19
10	12.27	12.35	12.44	12.52	12.61	12.69	12.77	12.86	12.95	13.03
11	13.12	13.21	13.29	13.38	13.47	13.56	13.65	13.74	13.83	13.92
12	14.02	14.11	14.20	14.30	14.39	14.49	14.58	14.68	14.77	14.87
13	14.97	15.07	15.17	15.27	15.36	15.47	15.57	15.67	15.77	15.87
14	15.98	16.08	16.19	16.29	16.40	16.50	16.61	16.72	16.83	16.93
15	17.04	17.15	17.26	17.38	17.49	17.60	17.71	17.83	17.94	18.06
16	18.17	18.29	18.41	18.52	18.64	18.76	18.88	19.00	19.12	19.24
17	19.37	19.49	19.61	19.74	19.86	19.99	20.12	20.24	20.37	20.50
18	20.63	20.76	20.89	21.02	21.15	21.29	21.42	21.56	21.69	21.83
19	21.96	22.10	22.24	22.38	22.52	22.66	22.80	22.94	23.08	23.23
20	23.37	23.52	23.66	23.81	23.96	24.11	24.26	24.41	24.56	24.71
21	24.86	25.01	25.17	25.32	25.48	25.63	25.79	25.95	26.11	26.27
22	26.43	26.59	26.75	26.92	27.08	27.25	27.41	27.58	27.75	27.92
23	28.09	28.26	28.43	28.60	28.77	28.95	29.12	29.30	29.47	29.65
24	29.83	30.01	30.19	30.37	30.55	30.74	30.92	31.11	31.29	31.48

แผนกแสดงตำแหน่ง





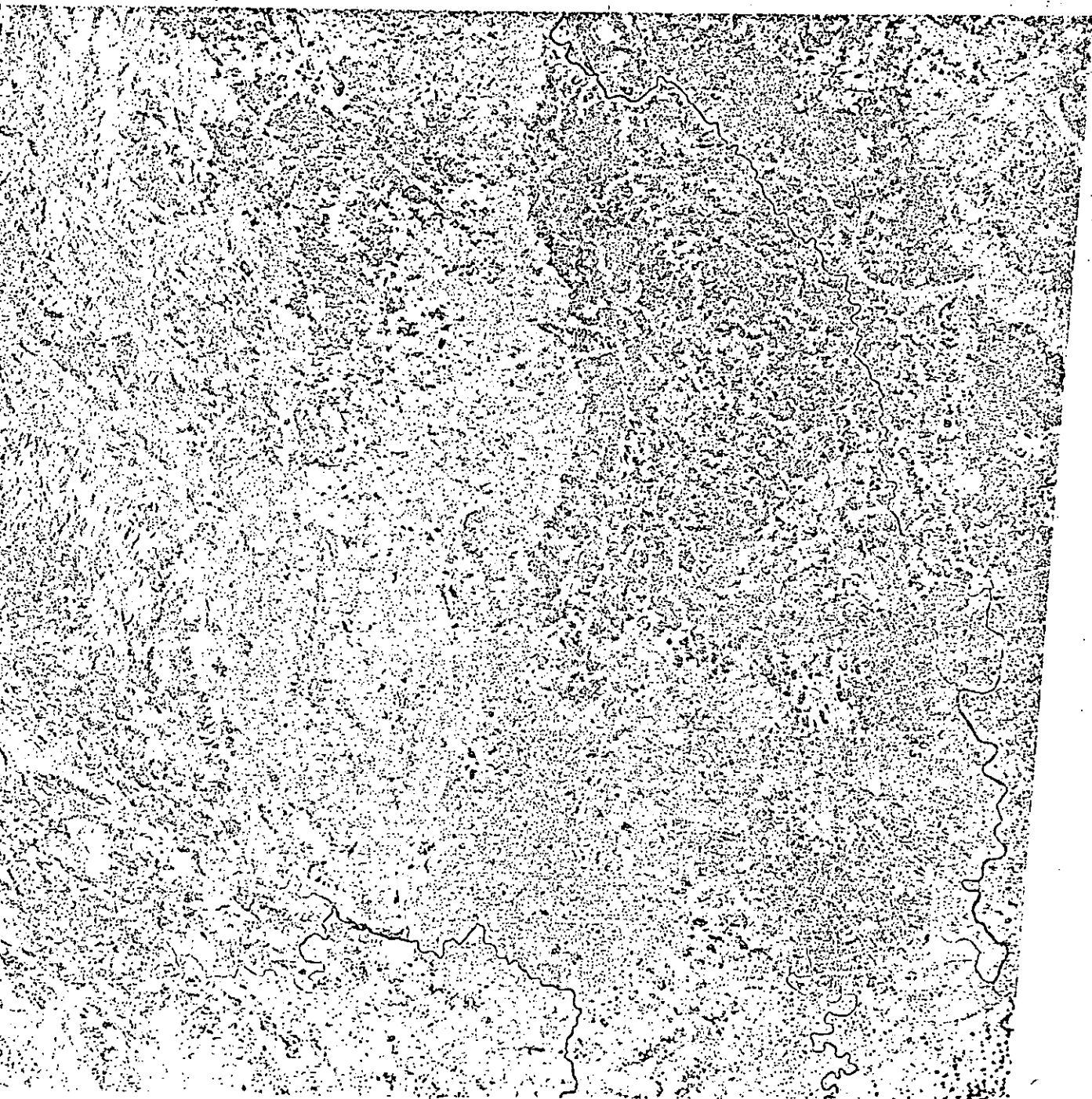
E039-301
 E100-001
 E100-301
 7 R SUN EL40 RZ137 188-2334-G-1-N-D-1L NASA ERTS E-1168-03122-7 01

ยาวเทียมแผนที่ 7 ถ่ายเมื่อ 7 มกราคม 2516 แสดงตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างดิน 1 - บางนา 2 - บางเขน
 วานสามพราน 4 - รังสิต 5 - คลองหลวง 6 - วังน้อย 7 - ทนงแค 8 - บางปะหัน 9 - อำเภอเมือง
 บุรี 10 - อำเภอเมือง ลพบุรี

E299-301

E100-001

E100-301



100-5-02

100-5-02

100-5-02

E299-22

E299-301

E100-001

7 R SUN EL49 A2119 188-3067-5-1-N-D-IL NASA EPTS E-1222-03125-7 2.

ภาพถ่ายดาวเทียม แผนที่ 7 ถ่ายเมื่อ 2 มีนาคม 2516