# ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ภาคผนวก ก การประเมินการไหลบ่าของน้ำผิวดินและการสูญเสียดิน โดยใช้แบบจำลองโครงการประเมินการชะกร่อนโดยน้ำ**

**1 ข้อมูลด้านสมบัติของดิน**

**1.1 ค่าสัมประสิทธิ์การซึมน้ำของดิน (effective conductivity) ($K_b$)** สำหรับดินที่มีอนุภาคดินเหนียวน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10% จะใช้สมการ(1) (Wepp user summary, 2002)

$$K_b = -0.265 + 0.0086*SAND1.8 + 11.46*CEC-0.75 \quad (1)$$

สำหรับดินที่มีอนุภาคดินเหนียวมากกว่า 40% จะใช้สมการ (2)

$$K_b = 0.0066exp(244/CLAY) \quad (2)$$

โดย SAND, CLAY คือปริมาณอนุภาคทราย และอนุภาคดินเหนียว

CEC คือปริมาณความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation exchange capacity)

**1.2 ค่าการสะท้อนแสงของผิวดิน (Soil albedo )** สามารถหาได้จากสีของดิน โดยเทียบกับสมุดเทียบสี(munshell book) ได้ดังสมการที่ (3) (D.F. Post et.al, 2000)

$$\text{Soil albedo (0.3 - 2.8 mm)} = 0.069 \text{ (color value)} - 0.114 \quad (3)$$

โดยกำหนดให้

(10R = 1, 2.5YR = 2, 5YR = 3, 7.5YR = 4, 10YR =5, 2.5Y =6, and 5Y = 7)

Baumer (1990) ได้ใช้สมการที่ (4) ในการประมาณค่า ค่าการสะท้อนแสงของผิวดิน

$$SALB = 0.6 / exp(0.4*ORGMAT) \quad (4)$$

โดย SALB คือ ค่าการสะท้อนแสงของผิวดิน

ORGMAT คือ ปริมาณอินทรียวัตถุบริเวณผิวดิน(%)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยค่าที่ได้จากการประมาณค่าการสะท้อนแสงของผิวดิน ควรจะอยู่ระหว่าง 0 (ดินที่ไม่มีอินทรียวัตถุที่ผิวดินเลย) จนถึง 0.08 (ดินที่มีอินทรยวัตถุที่ผิว 5 %)

**1.3 การแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน (CEC)** คือความสามารถของดินในการดูดยึดและแลกเปลี่ยนไอออนบวก อนุภาคดินเหนียวที่มีขนาดอนุภาคเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักมากที่สุด และอนุภาคเหล่านี้มีประจุลบ ซึ่งสามารถดูดยึดประจุบวกไว้ที่ผิวของมันได้เช่นเดียวกันกับ ฮิวมัส ซึ่งเป็นอินทรียสารที่มีขนาดเล็กและมีพื้นที่ผิวมากเช่นกัน ก็สามารถดูดซึมประจุบวกได้เช่นเดียวกันกับอนุภาคดินเหนียว

โดยค่าที่ได้จากค่า CEC นี้จะถูกใช้ไปแทนค่าในสมการที่ (1) ได้

**ตารางที่ 1** *แสดง การแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน (CEC) ที่สัมพันธ์กับเนื้อดิน(Wepp user summary, 2002)*

| Soil texture | Cation Exchange Capacity (milliequivalents per 100 g of soil) |
|---|---|
| **Sands** | 1 – 5 |
| **Fine sandy loams** | 5 – 10 |
| **Loams and silt loams** | 5 – 15 |
| **Clay loams** | 15 – 30 |
| **Clays** | 30 – 150 |

**2 ข้อมูลด้านสมบัติของพืช (A plant file)**

**2.1 สัมประสิทธิ์การปกคลุมทรงพุ่ม (Canopy Cover Coefficient) (BB)** คือค่าความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งของชีวมวล และ ค่าการปกคลุมทรงพุ่ม สามารถคำนวณหาความสัมพันธ์ที่ได้จากกราฟเป็นสมการที่ (5) คือ

**Canopy cover = [1-exp(BB*VDM)** (5)

โดย Canopy Cover คือ ค่าการปกคลุมทรงพุ่ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

BB คือ สัมประสิทธ์การปกคลุมทรงพุ่ม

VDM คือ น้ำหนักแห้งของชีวมวลชีวมวล

**2.2 ค่าของความสูงของทรงพุ่ม (canopy height parameter) (BBB)** คือค่าความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งของชีวมวล และ สัดส่วนของ ค่าความสูงของทรงพุ่ม ต่อ ความสูงของทรงพุ่มสูงสุด

**2.3 Base Daily Air Temperature (BTEMP) (°C)** หมายถึงอุณหภูมิที่พืชแต่ละชนิดที่จะสามารถเจริญเติบโตได้ดีต่างกัน โดยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศของแต่ละแหล่งเพาะปลูกสามารถหาได้จากสมการ(6) (Lyle A, 1995)

$$\textbf{GDD = (Max Temp. + Min. Temp)/2. — Base Temp.} \quad (6)$$

โดย GDD คือค่าอุณภูมิที่เหมาะสมที่พืชสามารถเติบโต

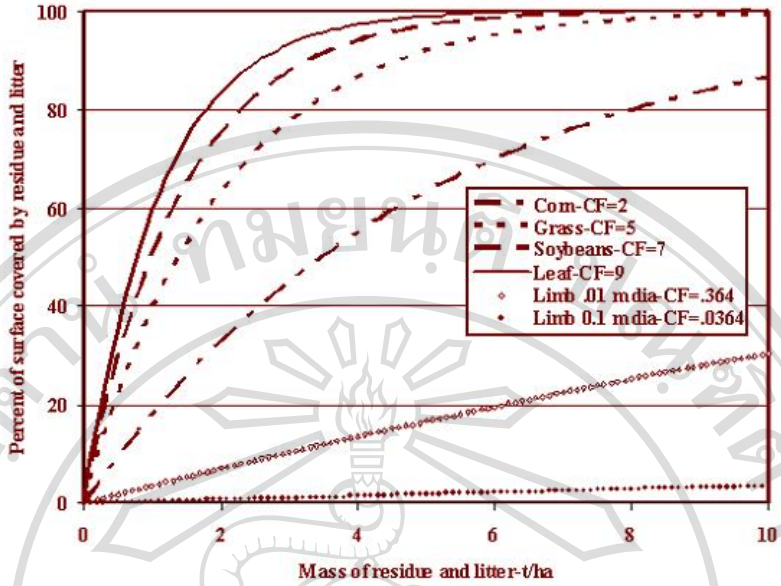
Max Temp คือ อุณหภูมิสูงสุด (°C)

Min Temp คือ อุณหภูมิต่ำสุด(°C)

Bast Temp คือ อุณหภูมิต่ำสุดที่พืชไม่สามารถเติบโตได้(°C)

**2.4 Flat Residue Cover Coefficient (CF) ($m^2$/kg) คือ** ค่าสัดส่วนระหว่างพื้นที่ผิวดินกับปริมาณเศษอินทรีย์ที่ปกคลุมในพื้นที่นั้นๆ เมื่อนำมาสร้างเป็นกราฟจะหาได้จากความสัมพันธ์ของร้อยละการปกคลุมของปริมาณเศษอินทรีย์ กับ ปริมาณเศษอินทรีย์ (ตัน/เฮกแตร์) ดังรูปที่(1)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




**ภาพที่ 1** *แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณร้อยละของของเศษอินทรีย์ที่ปกคลุมพื้นผิว ดิน และปริมาณเศษอินทรย์(ตัน/เฮกแตร์)*

**2.5 Growing Degree Days to EmergenceCRIT (°C days)** คืออุณหภูมิ หรือ หน่วยความร้อนในช่วงที่ทำการเพาะปลูกถึงช่วงที่ปลายใบโผล่ออกมาจาก coleoptile หรือเรียกว่า emergence state โดยปกติจะอยู่ที่ 10 วัน

**2.6 Critical Live Biomass Value Below Which Grazing Is Not Allowed (CRITVM) (kg/m$^2$)** คือ ค่าที่บงบอกถึงการเติบโตของวัชรพืช หรือ หญ้า ถ้าค่าชีวมวลต่ำกว่าค่า CRITVM แสดงว่าในวันนั้นจะไม่มีหญ้าขึ้น แต่ถ้าค่าชีวมวลสูงกว่าค่า CRITVM จะเกิดการเคลื่อนย้ายชีวมวลเกิดขึ้น

**2.7 Percent Canopy Remaining After Senescence (0-100%)** (DECFCT) คือร้อยละของทรงพุ่มที่ยังปกคลุมอยู่นับตั้งแต่หลังปลูก 14 วัน จนถึงต้นเจริญเติบโตเต็มที่และพร้อมเก็บเกี่ยว ถ้าในระหว่างนั้น ต้นพืชไม่มีการเสียหายเนื่องจากลมพัด หรือดินพังทลาย ให้ค่า DECFCT เป็น 100

**2.8 Percent of Biomass Remaining After Senescence (0-100%)** คือค่าร้อยละของชีวมวลในแปลงทดลอง ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการสังเกตถึงการลดลงของน้ำหนักสดของชีวมวลในช่วงที่พืชเริ่มแก่ในข้าวโพดนับหลังที่ฝักข้าวโพดเริ่มแก่ อายุ 85 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.9 Maximum Darcy Weisbach Friction Factor for Living Plant (FLIVMX)** คือค่าปัจจัยที่มีผลต่อน้ำเอ่อผิวดิน ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะห่างของแถวปลูก โดยค่า FLIVMX กำหนดมาในแต่ละพืช เช่น ข้าวโพดซึ่งลักษณะการปลูกเป็นแบบเป็นแถวมีระยะห่างระหว่างแถวและในแถวสม่ำเสอ ในโมเดลจะกำหนดว่ามีค่าตั้งไว้ 0.0 ส่วนในพืชเช่น ข้าว จะตั้งไว้ที่ 2-3 และในแปลงหญ้าจะตั้งไว้ที่ 12.0 ส่วนในแปลงพื้นที่ว่างเปล่า หรือ ที่มีการชะกร่อนของดินมีการชะกร่อนในร่อง มากกว่า 50% จะตั้งไว้ที่ 3.0

**2.10 Growing Degree Days for Growing Season (GDDMAX)** คือผลรวมของ number of growing degrees ในตลอดฤดูกาลปลูก นั่นคือผลรวมของ BTEM ตั้งแต่วันแรกมาจนถึงพืชหยุดการเจริญเติบโต โดยเราสามารถใส่ค่า 0 ลงในโมเดลได้ ซึ่งโมเดลจะคำนวนค่า GDDMAX จาก Climate file ที่เราได้ใส่ไปแล้วโดยอัตโนมัติ

**2.11 Harvest Index (HI)** คืออัตราส่วนระหว่าง น้ำหนักแห้งของผลผลิต ต่อ น้ำหนักแห้งของชีวมวลทั้งหมด(dry crop yield/dry above ground biomass)

**2.12 Maximum Canopy Height (HMAX)** สามารถหาได้จาก กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งของชีวมวล และ สัดส่วนของค่าความสูงของทรงพุ่ม ต่อ ความสูงของทรงพุ่มสูงสุด หรือจากสมการ(7)

$$\textbf{Canopy Height} = [1-\exp(BBB*VDM)]*HMAX \qquad (7)$$

โดยที่ VDM คือน้ำหนักแห้งของชีวมวล

HMAX คือค่า ความสูงของทรงพุ่มสูงสุด (Maximum Canopy Height)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.13 In-row Plant Spacing** ระยะปลูกระหว่างต้น โดยสามารถคำนวนหาประชากรของพืชในแปลงได้ โดยสามารถประมาณค่าการป้องกันการไหลบ่าของน้ำผิวดินได้

**2.14 Maximum Root Depth (RDMAX-in or cm)** เป็นค่าที่ได้จากการวัดความลึกของราก

**2.15 Root to Shoot Ratio (root biomass/above ground biomass)** (RSR-%) คืออัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งของราก ต่อ น้ำหนักแห้งของชีวมวลในส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน

**2.16 Maximum Root Mass for a Perennial Plant (RTMMAX- kg/m$^2$ or lb/acre)** คือปริมาณรากของพืชที่ปลูกในช่วงฤดูกาล โดยค่า RTMMAX ให้ตั้งไว้ที่ 1 สำหรับพืชตามฤดูกาล

**2.17 คำนวณค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน (Base daily air temperature)**หาได้จากจากผลรวมของอุณหภูมิรายเดือนหารด้วยจำนวนวันในแต่ละเดือน โดยเฉลี่ยจากอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด

$$T_{max} = \frac{\text{ผลรวมของอุณหภูมิรายวันสูงสุดในรอบเดือน}}{\text{จำนวนวันในรอบเดือน}} \quad (8)$$

$$T_{min} = \frac{\text{ผลรวมของอุณหภูมิรายวันต่ำสุดในรอบเดือน}}{\text{จำนวนวันในรอบเดือน}} \quad (9)$$

$$T_{mean} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \quad (10)$$

โดยค่าปัจจัยต่างๆที่ใส่เข้าไปในโปรแกรมแบบจำลอง WEPP นั้น WEPP manual (2004) ได้สรุปค่าที่อาจใช้เป็นแนวทางการประมาณค่าปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดิน และ การสูญเสียดินโดยได้รวบรวมข้อมูลที่ใช้ยังพืชต่างๆดังตาราง 2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตารางที่ 2** *แสดงข้อมูลปัจจัยต่างๆที่ใส่เข้าไปในแบบจำลอง WEPP (WEPP manual, 2004)*

| Symbol | Variable | Corn | Soybeans | Sorghum | Cotton | Winter Wheat | Spring Wheat | Oats |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\beta_c$ | **BB** | 3.60 | 14.00 | 3.60 | 5.89 | 5.20 | 5.20 | 5.20 |
| $\beta_h$ | **BBB** | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| *BE*j* | **BEINP(*kg-MJ*$^{-1}$)** | 18/28/35 | 20/23/25 | 12/17/25 | 17.50 | 25/30/35 | 25/30/35 | 17/20/23 |
| $T_b$ | **BTEMP ($^oC$)** | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 12.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 |
| cf | **CF ($m^2$-$kg^{-1}$)** | 2.3 | 7.2 | 3.0 | 3.0 | 5.4 | 5.4 | 5.4 |
| - | **CRIT ($^oC$)** | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| - | **CRITVM (*kg- m*$^{-2}$)** | - | - | - | - | - | - | - |
| *CUTHGT* | **CUTHGT (*m*)** | 0.304 | 0.152 | 0.609 | 0.900 | 0.152 | 0.152 | 0.152 |
| fcs | **DECFCT** | 0.65 | 0.10 | 0.90 | 0.25 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| D | **DIAM (*m*)** | 0.0508 | 0.0095 | 0.0317 | 0.0127 | 0.0064 | 0.0064 | 0.0079 |
| Dg | **DIGEST** | - | - | - | - | - | - | - |
| Flai | **DLAI** | 0.80 | 0.90 | 0.85 | 0.85 | 0.80 | 0.80 | 0.90 |
| fbs | **DROPFC** | 0.98 | 0.10 | 0.98 | 0.10 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| - | **EXTNCT** | 0.65 | 0.45 | 0.60 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.65 |
| - | **FLIVMX** | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| $G_{dm}$ ** | **GDDMAX ($^oC$-*d* )** | 1700 | 1150 | 1450 | 2200 | 1700 | 1700 | 1500 |
| *HI* | **HI** | 0.50 | 0.31 | 0.50 | 0.50 | 0.42 | 0.42 | 0.42 |
| $H_{cm}$ | **HMAX (*m*)** | 2.60 | 1.01 | 1.01 | 1.06 | 0.91 | 0.91 | 1.14 |
| $T_o$ | **OTEMP($^oC$ )** | 25.0 | 25.0 | 27.5 | 27.5 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| - | **PLTOL** | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| $P_s$ | **PLTSP (*m*)** | 0.219 | 0.025 | 0.130 | 0.101 | 0.005 | 0.005 | 0.005 |
| $R_{dx}$ | **RDMAX (*m*)** | 1.52 | 1.00 | 1.50 | 1.20 | 0.30 | 0.30 | 0.30 |
| $R_{qx}$ | **RSR** | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| - | **RTMMAX (*kg- m*$^{-2}$)** | - | - | - | - | - | - | - |
| $S_p$ | **SPRIOD (*d*)** | 30 | 14 | 40 | 30 | 14 | 14 | 14 |
| $T_{cu}$ | **TMPMAX ($^oC$ )** | - | - | - | - | - | - | - |
| $T_{cl}$ | **TMPMIN ($^oC$ )** | - | - | - | - | - | - | - |
| $LAI_{mx}$ | **XMXLAI** | 3.5 | 5.0 | 5.0 | 6.0 | 5.0 | 5.0 | 8.0 |

† A "_" indicates not applicable. Please check the current version of the WEPP User Summary document for updated values for these parameters.

* Three values of BEINP have been provided for most crops illustrated, representing the crops grown under Low/Medium/High fertility levels.

** Growing degree days for crops to reach maturity varies by variety and region. Values listed here are typical for crop varieties grown near Indianapolis, Indiana. A value of 0 may be input to the model for any crop, and WEPP will internally compute a value for GDDMAX based upon the planting and harvest dates for an annual crop, and for the entire year for a perennial crop.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3 แสดงข้อมูลน้ำฝนที่ได้จากการใช้โปรแกรม CLIGENในแปลงศึกษาการชะกร่อนพังทลายของดิน

```
5.22564
   1   0   0
  Station:  maejam_final THA                                    CLIGEN VER.
5.22564 -r:    0 -I: 0
 Latitude  Longitude  Elevation (m)  Obs. Years     Beginning year    Years
simulated Command Line:
     0.00       0.00          1234                      2007           2007
1        -itemp.par
 Observed monthly ave max temperature (C)
  32.7  29.9  30.0  30.3  24.3  25.4  23.1  23.3  24.3  25.7  26.1  23.0
 Observed monthly ave min temperature (C)
  12.6  13.9  16.8  19.2  18.6  19.3  18.5  18.5  18.7  17.3  16.5  13.4
 Observed monthly ave solar radiation (Langleys/day)
 195.0 265.0 341.0 462.0 532.0 553.0 544.0 499.0 428.0 343.0 245.0 182.0
 Observed monthly ave precipitation (mm)
   0.0   0.0   0.0  55.5 353.8 228.9 175.1 241.3 247.2  93.7  38.1  36.7
da  mo  year  prcp  dur   tp     ip      tmax  tmin  rad  w-vl w-dir  tdew

             (mm)   (h)              (C)   (C) (l/d) (m/s) (Deg)  (C)

 1  1 2007   0.0  0.00 0.00   0.00  27.9  11.4  83.  5.6  301.  14.5

 2  1 2007   0.0  0.00 0.00   0.00  29.0  11.5 273.  3.4  110.  17.0

 3  1 2007   0.0  0.00 0.00   0.00  35.4  11.2 167.  5.4  324.  11.4

 4  1 2007   0.0  0.00 0.00   0.00  34.0  14.2  63.  4.4  275.  19.4

 5  1 2007   0.0  0.00 0.00   0.00  39.4  16.1  39.  5.8  289.  23.9

 6  1 2007   0.0  0.00 0.00   0.00  32.4  14.8 116.  2.8   34.  18.7

 7  1 2007   0.0  0.00 0.00   0.00  36.5  13.8 285.  2.5  142.  18.3

 8  1 2007   0.0  0.00 0.00   0.00  34.2  14.1 259.  5.9  357.  14.6

 9  1 2007   0.0  0.00 0.00   0.00  33.3  12.0 225.  3.7  341.  17.0

10  1 2007   0.0  0.00 0.00   0.00  32.7  11.5 324.  0.0    0.  12.3

11  1 2007   0.0  0.00 0.00   0.00  30.2  11.7 413.  0.0    0.  17.0

12  1 2007   0.0  0.00 0.00   0.00  31.1  13.8 177.  5.4  332.  18.7

13  1 2007   0.0  0.00 0.00   0.00  28.1  12.2  44.  3.0  220.  16.2

14  1 2007   0.0  0.00 0.00   0.00  29.2  12.4  94.  0.0    0.  15.3

15  1 2007   0.0  0.00 0.00   0.00  29.4  11.7 107.  2.5   76.  13.4

16  1 2007   0.0  0.00 0.00   0.00  33.1  13.4 181.  8.0  300.  19.5

 -  -  -     -    -    -      -     -     -    -     -     -     -
 -  -  -     -    -    -      -     -     -    -     -     -     -
 -  -  -     -    -    -      -     -     -    -     -     -     -
 -  -  -     -    -    -      -     -     -    -     -     -     -
29 12 2007   0.0  0.00 0.00   0.00  26.0  15.7 176.  0.0    0.  20.4

30 12 2007   1.1  0.77 0.02   1.01  21.3  11.7 204.  2.7   19.  12.9

31 12 2007   6.1  1.03 0.06   3.91  22.3  10.2 201.  2.5  311.  12.7
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**4. แสดงผลที่ได้จากการประเมินการไหลบ่าของน้ำผิวดิน และการสูญเสียดินที่ได้จากแบบจำลอง WEPP**

# BA

**Soil properties, daily output**

| OFE | Day | Y | Poros % | Keff mm/hr | Suct mm | FC mm/mm | WP mm/mm | Rough mm | Ki adjsmt | Kr adjsmt | Tauc adjsmt |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | ** | 52.88 | 8.27 | 4.52 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 2 | ** | 52.88 | 8.27 | 6.09 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 3 | ** | 52.88 | 8.27 | 7.50 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 4 | ** | 52.88 | 8.27 | 8.61 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 5 | ** | 52.88 | 8.27 | 9.18 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 6 | ** | 52.88 | 8.27 | 9.56 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 7 | ** | 52.88 | 8.27 | 9.86 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 8 | ** | 52.88 | 8.27 | 10.11 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 9 | ** | 52.88 | 8.27 | 10.31 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 10 | ** | 52.88 | 8.27 | 10.47 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 11 | ** | 52.88 | 8.27 | 10.59 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 12 | ** | 52.88 | 8.27 | 10.71 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 13 | ** | 52.88 | 8.27 | 10.83 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 14 | ** | 52.88 | 8.27 | 10.93 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 15 | ** | 52.88 | 8.27 | 11.03 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 16 | ** | 52.88 | 8.27 | 11.13 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 17 | ** | 52.88 | 8.27 | 11.22 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 18 | ** | 52.88 | 8.27 | 11.31 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 19 | ** | 52.88 | 8.27 | 11.32 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 20 | ** | 52.88 | 8.27 | 11.32 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1 | 363 | ** | 52.88 | 1.65 | 11.28 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.11 | 0.12 | 1.11 |
| 1 | 364 | ** | 52.88 | 1.65 | 11.32 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.11 | 0.12 | 1.11 |
| 1 | 365 | ** | 52.88 | 1.65 | 11.28 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.11 | 0.12 | 1.11 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# CP

**Soil properties, daily output**

| OFE | Day | Y | Poros % | Keff mm/hr | Suct mm | FC mm/mm | WP mm/mm | Rough mm | Ki adjsmt | Kr adjsmt | Tauc adjsmt |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | ** | 52.88 | 8.27 | 4.52 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 2 | ** | 52.88 | 8.27 | 6.09 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 3 | ** | 52.88 | 8.27 | 7.50 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 4 | ** | 52.88 | 8.27 | 8.61 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | ** | 52.88 | 8.27 | 9.18 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 6 | ** | 52.88 | 8.27 | 9.56 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 7 | ** | 52.88 | 8.27 | 9.86 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 8 | ** | 52.88 | 8.27 | 10.11 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 9 | ** | 52.88 | 8.27 | 10.31 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 10 | ** | 52.88 | 8.27 | 10.47 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 11 | ** | 52.88 | 8.27 | 10.59 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 12 | ** | 52.88 | 8.27 | 10.71 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 13 | ** | 52.88 | 8.27 | 10.83 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 14 | ** | 52.88 | 8.27 | 10.93 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 15 | ** | 52.88 | 8.27 | 11.03 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 16 | ** | 52.88 | 8.27 | 11.13 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 17 | ** | 52.88 | 8.27 | 11.22 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 18 | ** | 52.88 | 8.27 | 11.31 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 19 | ** | 52.88 | 8.27 | 11.32 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 20 | ** | 52.88 | 8.27 | 11.32 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.99 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1 | 363 | ** | 52.88 | 1.65 | 11.28 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.11 | 0.12 | 1.11 |
| 1 | 364 | ** | 52.88 | 1.65 | 11.32 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.11 | 0.12 | 1.11 |
| 1 | 365 | ** | 52.88 | 1.65 | 11.28 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.11 | 0.12 | 1.11 |

## CP-BM

**Soil properties, daily output**

| OFE | Day | Y | Poros % | Keff mm/hr | Suct mm | FC mm/mm | WP mm/mm | Rough mm | Ki adjsmt | Kr adjsmt | Tauc adjsmt |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | ** | 52.88 | 11.11 | 4.52 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.37 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 2 | ** | 52.88 | 11.11 | 6.20 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.37 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 3 | ** | 52.88 | 11.11 | 7.66 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.37 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 4 | ** | 52.88 | 11.11 | 8.73 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.37 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 5 | ** | 52.88 | 11.11 | 9.27 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.37 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 6 | ** | 52.88 | 11.11 | 9.71 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.37 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 7 | ** | 52.88 | 11.11 | 10.02 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.37 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 8 | ** | 52.88 | 11.11 | 10.24 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.38 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 9 | ** | 52.88 | 11.11 | 10.41 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.38 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 10 | ** | 52.88 | 11.11 | 10.56 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.38 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 11 | ** | 52.88 | 11.11 | 10.69 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.38 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 12 | ** | 52.88 | 11.11 | 10.81 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.38 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 13 | ** | 52.88 | 11.11 | 10.93 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.38 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 14 | ** | 52.88 | 11.11 | 11.04 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.38 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 15 | ** | 52.88 | 11.11 | 11.15 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.38 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 16 | ** | 52.88 | 11.11 | 11.25 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.38 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 17 | ** | 52.88 | 11.11 | 11.32 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.39 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 18 | ** | 52.88 | 11.11 | 11.32 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.39 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 19 | ** | 52.88 | 11.11 | 11.32 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.39 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 20 | ** | 52.88 | 11.11 | 11.32 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.39 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1 | 363 | ** | 52.88 | 2.32 | 11.32 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.08 | 0.12 | 1.11 |
| 1 | 364 | ** | 52.88 | 2.32 | 11.32 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.08 | 0.12 | 1.11 |
| 1 | 365 | ** | 52.88 | 2.32 | 11.29 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.08 | 0.12 | 1.11 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# CF-M

**Soil properties, daily output**

| OFE | Day | Y | Poros % | Keff mm/hr | Suct mm | FC mm/mm | WP mm/mm | Rough mm | Ki adjsmt | Kr adjsmt | Tauc adjsmt |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | ** | 52.88 | 12.69 | 4.52 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.37 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 2 | ** | 52.88 | 12.69 | 6.29 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.37 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 3 | ** | 52.88 | 12.69 | 7.81 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.37 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 4 | ** | 52.88 | 12.69 | 8.87 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.37 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 5 | ** | 52.88 | 12.69 | 9.40 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.37 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 6 | ** | 52.88 | 12.69 | 9.83 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.37 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 7 | ** | 52.88 | 12.69 | 10.12 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.37 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 8 | ** | 52.88 | 12.69 | 10.31 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.38 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 9 | ** | 52.88 | 12.69 | 10.48 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.38 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 10 | ** | 52.88 | 12.69 | 10.62 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.38 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 11 | ** | 52.88 | 12.69 | 10.76 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.38 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 12 | ** | 52.88 | 12.69 | 10.88 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.38 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 13 | ** | 52.88 | 12.69 | 11.00 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.38 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 14 | ** | 52.88 | 12.69 | 11.11 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.38 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 15 | ** | 52.88 | 12.69 | 11.22 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.38 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 16 | ** | 52.88 | 12.69 | 11.32 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.38 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 17 | ** | 52.88 | 12.69 | 11.32 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.39 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 18 | ** | 52.88 | 12.69 | 11.32 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.39 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 19 | ** | 52.88 | 12.69 | 11.32 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.39 | 1.00 | 1.11 |
| 1 | 20 | ** | 52.88 | 12.69 | 11.32 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.39 | 1.00 | 1.11 |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1 | 363 | ** | 52.88 | 2.65 | 11.32 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.08 | 0.12 | 1.11 |
| 1 | 364 | ** | 52.88 | 2.65 | 11.32 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.08 | 0.12 | 1.11 |
| 1 | 365 | ** | 52.88 | 2.65 | 11.30 | 0.26 | 0.10 | 20.00 | 0.08 | 0.12 | 1.11 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

## ภาคผนวก ข สูตรการคำนวณทางสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบข้อมูล

**การคำนวณเปรียบเทียบข้อมูลโดยการใช้ Root mean square Error**

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(Pi - Oi\right)^2}\ x\frac{100}{\bar{O}}$$

เมื่อ

$N$ = จำนวนของข้อมูล

$Pi$ = ข้อมูลที่ได้จากการประมาณ

$O$ = ข้อมูลที่วัดได้จริง

$\bar{O}$ = ค่าที่ได้จริงเฉลี่ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# ประวัติผู้เขียน

**ชื่อ** นายอาวุธ ศิริรัตน์

**วัน เดือน ปี เกิด** 26 ตุลาคม 2525

**ประวัติการศึกษา** สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย ปีการศึกษา 2542

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต เกษตรศาสตร์ สาขาวิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2547

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved