14401

สำนักหอสมุดกลาง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาโท

เรื่อง

โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณค่าปริมาณการใช้น้ำของพืช

Computer Program to Calculate Evapotranspiration

(ETSPLIT)

T099828

โดย

นายกัลย์ แก้วแก่น

นายรุ่งศิริ อุคมพรทวี

ปพ.
ก397ป
2536

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....99828.....
วัน เดือน ปี.....

เสนอ

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพมหานคร

เพื่อความสมบูรณ์แห่งวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. ๒๕๓๖

1196

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณค่าปริมาณการใช้น้ำของพืช

Computer Program to Calculate Evapotranspiration.

(ETSPLIT)

โดย

นายกัลย์ แก้วแก่น รหัส ๓๓๔๑๐๐๐๓

นายรุ่งศิริ อุดมพรทวี รหัส ๓๓๔๑๐๑๑๒

.....

(ผศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ) อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รศ.ดร.สุมิตรา ภู่วโรดม)

หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา

14401

7 ส.ค. 2541

ปพ.

ก 3977 น

2536

วันที่ ...2.... เดือน ...มิถุนายน..... พ.ศ. 2537....

คำนิยม

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ จัดหาอุปกรณ์ ตลอดจนช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ ทำให้ปัญหาพิเศษสามารถสำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ Professor Jan Feyen, Leuven Belgium ที่ได้ให้แนวคิดและโปรแกรมต้นแบบในการทำโปรแกรมนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ อาจารย์ สำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยี-พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์

ขอบคุณเพื่อนๆ ทั้งหลายที่เกี่ยวข้องกับปัญหาพิเศษนี้ และเพื่อนๆ ทุกคนที่สมควรได้รับการขอบคุณ

ขอบคุณคุณสุนันทา ฉันทาธิคุณ

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ-คุณแม่ อย่างที่สุด

ขอบคุณประเทศไทย

Thank God

นายกัลย์ แก้วแก่น

นายรุ่งศิริ อุดมพรทวี

๑๓ เมษายน ๒๕๓๗

โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณค่าปริมาณการใช้น้ำของพืช

Computer Program Calculate Evapotranspiration

บทคัดย่อ

ปริมาณการใช้น้ำของพืช (Evapotranspiration) ประกอบด้วย

๑.ปริมาณการคายน้ำของพืช (Transpiration) ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่พืชดูดไปจากดิน เพื่อนำไปใช้สร้างเซลล์และเนื้อเยื่อ แล้วคายออกทางใบสู่บรรยากาศ

๒.ปริมาณการระเหยน้ำจากดิน (Evaporation) คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินบริเวณรอบๆ ต้นพืช จากผิวน้ำในขณะที่ให้น้ำหรือขณะที่มีน้ำขังอยู่ และจากน้ำที่เกาะอยู่ตามใบเนื่องจากฝนหรือการให้น้ำ

องค์ประกอบที่มีผลต่อปริมาณการใช้น้ำของพืช มีดังนี้

๑.สภาพภูมิอากาศรอบๆ ต้นพืช ได้แก่ อุณหภูมิ แสงอาทิตย์ ความชื้นของอากาศ และความเร็วลม เป็นต้น

๒.พืช ได้แก่ ชนิดและอายุของพืช

๓.ดิน ได้แก่ ปริมาณความชื้นในดิน เนื้อดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ควาใเข้มข้นของเกลือหรือสารเป็นพิษอื่นๆ

๔.องค์ประกอบอื่นๆ ได้แก่ วิธีการให้น้ำและความลึกของน้ำที่ให้แต่ละครั้ง ฤดูกาลเพาะปลูก การไถพรวนดิน การคลุมดิน เป็นต้น

การหาปริมาณการใช้น้ำของพืช มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ในกรณีนี้ได้ใช้วิธีการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืช จากปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชแต่ละชนิด ซึ่งเป็นค่าที่มีความคงที่ค่อพืชชนิดนั้นๆ ค่าที่ได้จากการคำนวณ เป็นค่าที่อยู่ในช่วงที่สามารถยอมรับได้ และสามารถใช้ได้จริงในประเทศสเปญ และเบลเยี่ยม

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(ก)
สารบัญภาพ	(ข)
คำนำ	๑
วัตถุประสงค์	๒
การตรวจเอกสาร	๓
โปรแกรม ETSPLIT	๕
คู่มือการใช้โปรแกรม	๑๗
เอกสารอ้างอิง	๕๐
ภาคผนวก	๕๑

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
๑.	Chart of the ETSPLIT program	๓๗
๒.	Chart of the ETSPLIT program ที่ป้อนค่า	๓๘
๓.	Climatological input for the ETSPLIT program	๓๙
๔.	ผลข้อมูล	๔๐
๕.	ผลเพิ่มเติมสำหรับ Water balance model	๔๑
๖.	Crop coefficient (kc) สำหรับพืชไร่และพืชผัก ในระยะการเติบโตและสภาพภูมิอากาศต่างๆ	๔๒
๗.	Length of growing season and crop development stages	๔๖

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
๑.	แสดงตัวอย่างของเส้นกราฟค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวโพด	๑๓
๒.	แสดงการแบ่งค่าศักยภาพการใช้น้ำออกเป็นค่าศักยภาพการคายน้ำและ ค่าศักยภาพการระเหยน้ำตามแนวคิดของ the adapted Tanner และ Jury. ค่าศักยภาพการระเหยน้ำของดิน คำนวณโดยวิธีของRitchie	๑๔

คำนำ

ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันในหลายๆ ด้าน รวมทั้งในด้านการเกษตร ซึ่งได้มีการพัฒนาไปสู่การเกษตรแผนใหม่ ที่มีการใช้ระบบชลประทานและเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้มากขึ้น

ปริมาณการใช้น้ำของพืช เป็นข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการเกษตรที่ใช้ระบบชลประทานเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากต้องมีการให้น้ำให้เพียงพอกับปริมาณน้ำที่พืชใช้ไป รวมทั้งที่ระเหยไปด้วย ซึ่งการให้น้ำที่เพียงพอต่อพืชจะทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ และให้ผลผลิตที่ดีต่อเกษตรกร การที่ทราบปริมาณการใช้น้ำของพืชจะช่วยให้สามารถมีการใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานการณ์ปัจจุบันที่เกิดวิกฤติการณ์ ประสบปัญหาเรื่องน้ำเป็นอย่างยิ่ง

โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชนี้ เป็นเพียงแนวทางการศึกษาขั้นต้น ยังมิได้มีการนำไปใช้ทดลองในภาคสนามในประเทศไทย ผู้ทำปัญหาพิเศษนี้จึงหวังว่าจะมีผู้นำไปทดลองในภาคสนาม และทำการปรับปรุงโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ และภูมิอากาศของประเทศไทย เพื่อที่ว่าการเกษตรของประเทศจะได้มีการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นไป

วัตถุประสงค์

๑.ศึกษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ETSPLIT ที่ทำการโปรแกรมโดย Professor Jan Feyen ประเทศเบลเยี่ยม

๒.ศึกษาการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช โดยวิธีการคำนวณจากปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

๓.ทำการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืช

การตรวจเอกสาร

ปริมาณการใช้น้ำของพืช

(Consumptive Use of Water)

ปริมาณการใช้น้ำของพืชเป็นข้อมูลที่สำคัญอย่างยิ่งที่ผู้ออกแบบระบบชลประทานและโครงการชลประทานจำเป็นจะต้องทราบ เพราะปริมาณการใช้น้ำของพืชนี้จะเข้ามาเกี่ยวข้องกับปริมาณและความถี่ในการให้น้ำ การออกแบบขนาดท่อและอาคารชลประทาน การจัดหาน้ำให้กับโครงการชลประทาน ตลอดจนการศึกษาว่าโครงการชลประทานนั้นจะให้ผลคุ้มค่าหรือไม่ด้วย

ปริมาณการให้น้ำของพืช ที่ภาษาอังกฤษเรียกว่า **Consumptive Use** หรือ **Evapotranspiration** เป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียจากพื้นที่เพาะปลูกสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำ ปริมาณดังกล่าวนี้ประกอบขึ้นด้วยส่วนใหญ่ ๆ สองส่วน คือ

๑) ปริมาณน้ำที่พืชดูดไปจากดิน นำไปใช้สร้างเซลล์และเนื้อเยื่อแล้วคายออกทางใบสู่บรรยากาศ ซึ่งเรียกว่า **การคายน้ำ (Transpiration)**

๒) ปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินบริเวณรอบ ๆ ต้นพืช จากผิวน้ำในขณะให้น้ำหรือขณะที่มีน้ำขังอยู่และจากน้ำที่เกาะอยู่ตามใบเนื่องจากฝนหรือการให้น้ำ ซึ่งเรียกว่า **การระเหย (Evaporation)**

การคายน้ำ (Transpiration)

การคายน้ำ คือ ขบวนการที่น้ำซึ่งพืชดูดไปจากดิน ไหลผ่านลำต้นไปสู่ใบ และสูญเสียไปในบรรยากาศ ในรูปของไอน้ำทางรูใบ (Stomates) ถ้าพิจารณาดูเซลล์ที่ใบของพืช จะเห็นว่า เซลล์บางเซลล์จะอยู่ติดกับเส้นใบ ซึ่งเป็นท่อนำน้ำมาสู่ใบ เมื่อมีการสูญเสียน้ำจากใบ เซลล์ของใบก็จะเหี่ยวซึ่งเป็นผลให้เซลล์มีแรงดูดน้ำจากเส้นใบมากขึ้น น้ำก็ต้องไหลจากลำต้นไปสู่ใบเพิ่มขึ้น และรากพืชก็จะต้องดูดน้ำจากดินเพิ่มขึ้น ดังนั้น ถ้าดินมีความชื้นมากพออยู่ตลอดเวลา อัตราที่พืชดูดน้ำจากดินจะขึ้นอยู่กับอัตราการคายน้ำ ในทางตรงกันข้าม ถ้าความชื้นในดินลดลงจนไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช อัตราการคายน้ำก็จะขึ้นอยู่กับอัตราที่พืชดูดได้จากดิน

โดยแท้จริงแล้ว การคายน้ำเป็นการระเหย (Evaporation) ของน้ำในช่องอากาศระหว่างเซลล์ของใบ และแพร่กระจาย (Diffuse) ออกจากรูใบสู่บรรยากาศ ภายในช่องอากาศนั้นจะมีไอน้ำอยู่เกือบอิ่มตัว การคายน้ำของพืชจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของไอน้ำในใบกับบริเวณรอบ ๆ ใบ ดังนั้นถ้าอากาศยิ่งแห้งหรือยิ่งมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมากเท่าใดพืชก็ยิ่งมีการคายน้ำมากขึ้นเท่านั้น

เมื่อใบของพืชได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ จะทำให้ใบมีอุณหภูมิสูงกว่าบรรยากาศที่อยู่รอบๆ ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิทั้งสองแห่งนี้อาจจะมากถึง ๓ ถึง ๖ องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงขึ้นมันจะมีความชื้นที่จุดอิ่มตัวได้มากขึ้น ดังนั้น ใบพืชซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าจะมีความเข้มข้นของไอน้ำในช่องอากาศในใบมากกว่าบริเวณรอบ ๆ ซึ่งทำให้การแพร่กระจายของไอน้ำจากรูใบสูงขึ้นและพืชจะมีการคายน้ำเพิ่มขึ้น

พืชเกือบทุกชนิดจะมีการคายน้ำส่วนใหญ่ในระยะเวลาที่มีแสงแดดในตอนกลางวัน (พืชบางชนิด เช่นสับปะรด มีการคายน้ำในตอนกลางคืน) และอีกประมาณ ๕ ถึง ๑๐ เปอร์เซนต์ จะเกิดขึ้นในตอนกลางคืน อัตราการคายน้ำจะมีค่าน้อยที่สุดตอนก่อนพระอาทิตย์ขึ้น และมีค่าสูงสุดตอนก่อนเที่ยงเล็กน้อย

การคายน้ำของพืชจะทำให้ไอน้ำในอากาศรอบๆ ต้นพืชมีความเข้มข้นสูงขึ้น และเป็นผลให้อัตราการคายน้ำลดลง แต่ถ้าหากมีลมมาพัดพาไอน้ำที่สะสมกันอยู่รอบๆ ต้นพืชนั้นไปเสียอัตราการคายน้ำก็จะเพิ่มขึ้นตามเดิม พืชจะมีการคายน้ำได้ก็ต่อมันมีน้ำใช้อยู่ตลอดเวลา ถ้าหากความชื้นในดินลดลงหรืออัตราการคายน้ำสูงกว่าอัตราที่พืชดูดได้จากดิน พืชก็จะเหี่ยว รูใบจะปิดและการคายน้ำก็จะลดลงหรือหยุดการคายน้ำ ลักษณะดังกล่าวนี้เป็นการป้องกันไม่ให้พืชต้องได้รับความเสียหายมาก หรือทำให้ความเสียหายนั้นลดความรุนแรงลง แต่จะเกิดผลเสียต่อพืชเพราะการที่พืชไม่มีการคายน้ำจะทำให้เซลล์เหี่ยวและลดการสังเคราะห์แสงลง เนื่องจากการถ่ายเทอากาศกับบรรยากาศลดลง ซึ่งจะทำให้การเจริญเติบโตของพืชหยุดชะงักลงด้วย

<u>การระเหย</u> (Evaporation)

การระเหยเป็นการแพร่กระจาย (Diffusion) ของน้ำในรูปของไอน้ำจากผิวน้ำสู่บรรยากาศ อัตราการระเหยน้ำขึ้นอยู่กับลักษณะของผิวที่มีการระเหย ความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ลม และความกดดันของบรรยากาศ ในการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช การระเหยนี้จะรวมปริมาณที่ระเหยไปจากผิวดินหรือผิวน้ำโดยตรง และปริมาณที่ระเหยไปจากน้ำซึ่งเกาะอยู่ตามใบและลำต้นพืชด้วย

การระเหยของน้ำจากพื้นที่เพาะปลูกขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่างด้วยกัน เช่น วิธีการให้น้ำดินที่เพาะปลูก และวิธีการเพาะปลูก เป็นต้น การให้น้ำแก่พืชครั้งละน้อยๆ แต่ให้บ่อยครั้งจะทำให้มีการสูญเสียน้ำโดยการระเหยมากขึ้น ถ้าหากให้น้ำแก่พืชในปริมาณที่เท่ากัน แต่ให้น้อยครั้งลงจะช่วยลดการระเหยได้มากเพราะผิวดินมีการเปียกน้อยครั้ง และน้ำซึมลงไปเก็บไว้ในดินได้ลึกกว่า ซึ่งเป็นผลให้น้ำที่ถูกพืชดูดเอาไปใช้ได้มากกว่า การให้น้ำแก่พืชโดยวิธีให้น้ำท่วมผิวดิน (Flooding) จะมีน้ำเป็นปริมาณมากสูญเสียไปโดยการระเหยจากผิวดินและผิวน้ำโดยตรง นอกจากนั้นผิวดินหรือผิวน้ำที่มีการระเหยยังกว้างขวางกว่าการให้น้ำทางผิวดินอย่างอื่น เช่น แบบร่องคู (Furrow) เป็นต้น การชลประทานแบบฉีดฝอยซึ่งมีระยะเวลาการให้น้ำยาวนานจะมีการ

สูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหยมากกว่าแบบอื่น อย่างไรก็ตาม การระเหยจากผิวดิน ผิวน้ำ และจากที่เกาะอยู่ตามใบและต้นพืชนั้นมิใช่ว่าจะไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชเสียเลยทีเดียว เพราะว่าการระเหยของน้ำดังกล่าวนี้จะต้องใช้พลังงานความร้อนเหมือนกัน ซึ่งถ้าหากพลังงานเหล่านี้มิได้ถูกใช้ไปในการระเหยแล้ว มันก็จะถูกใช้ไปในการทำให้พืชต้องคายน้ำออกมาในปริมาณใกล้เคียงกับที่ระเหยจากผิวดิน นอกจากว่าต้นพืชนั้นยังเล็กอยู่และมีการคายน้ำไม่มากนัก ในกรณีนี้การระเหยจากผิวดินจะมากกว่าที่พืชคายออกทางใบ ในพื้นที่ที่ปลูกพืชต้นชิดกัน เช่น พวกข้าวต่างๆและหญ้าเลี้ยงสัตว์ การระเหยจากผิวดินจะลดลง ทั้งนี้เพราะว่า นอกจากพืชจะใช้ความชื้นในดินไปในการคายน้ำเป็นจำนวนมากแล้ว ใบของพืชยังปกคลุมมิให้แดดส่องไปถึงผิวดิน และความหนาแน่นของต้นพืชจะช่วยป้องกันมิให้ลมพัดเอาอากาศรอบๆต้นพืชซึ่งมีไอน้ำมากไปจากพื้นที่เพาะปลูกอย่างรวดเร็วอีกด้วย

การระเหยน้ำจากผิวดินจะขึ้นอยู่กับเนื้อดินอีกด้วย ดินที่มีการไหลซึมของความชื้น (Capillary Movement) สูงจะมีการระเหยจากผิวดินมาก ในทางตรงกันข้าม ดินที่มีเนื้อหยาบซึ่งมีการไหลซึมของความชื้นได้ช้ากว่าจะมีการระเหยจากผิวดินได้น้อย การระเหยจากผิวดินนั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับเนื้อดินแล้ว ยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบอย่างอื่นด้วย เช่น อุณหภูมิ ความเร็วลมและความชื้นของอากาศ เป็นต้น

หลังจากให้น้ำแก่พืช การระเหยจากผิวดินจะมีค่าสูงตราบเท่าที่ดินในชั้นบนยังเปียกมากอยู่ อัตราการระเหยจากผิวดินที่เปียกจะมีค่าประมาณเท่ากับที่ระเหยจากผิวน้ำโดยตรง เมื่อความชื้นของดินชั้นบนลดลง อัตราการระเหยจากผิวดินจะลดลงอย่างรวดเร็ว ดินที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง อัตราการระเหยของน้ำจากผิวดินจะมากเกือบเท่าๆกับที่ระเหยจากผิวน้ำ แต่ถ้าระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำอัตราการระเหยจากผิวดินเนื่องจากระดับน้ำใต้ดินจะลดลงมาก และจะเท่ากับอัตราการไหลซึมของความชื้นจากระดับน้ำใต้ดินขึ้นมาสู่ผิวดิน

การระเหยจากผิวดินระหว่างที่ไม่มีการให้น้ำจะขึ้นอยู่กับการไถพรวนดิน การคลุมดิน สภาพของดินฟ้าอากาศ ชนิดของพืช ระยะการเจริญเติบโตของพืช วิธีการให้น้ำ และความลึกของน้ำที่ให้แต่ละครั้ง ในขณะที่พืชเจริญเติบโตขึ้นเรื่อยๆและให้ร่มเงาแก่ดินได้มากขึ้น การระเหยจากผิวดินก็จะค่อยๆลดลง

<u>องค์ประกอบที่มีผลต่อการใช้น้ำของพืช</u>

๑.สภาพภูมิอากาศรอบๆต้นพืช ซึ่งได้แก่ พลังงานความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์หรือรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ และความเร็วลม เป็นต้น

๒.พืช ซึ่งได้แก่ ชนิดและอายุของพืช พืชแต่ละชนิดมีความต้องการน้ำแตกต่างกัน สำหรับพืชชนิดเดียวกัน การใช้น้ำจะน้อยเมื่อเริ่มปลูก และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนมากที่สุดเมื่อถึงวัยขยายพันธุ์ซึ่งพืชโตเต็มที่ จากนั้นจะค่อยๆลดลง

๓.ดิน ซึ่งได้แก่ ปริมาณความชื้นในดิน เนื้อดิน ความสามารถอุ้มน้ำไว้ให้พืชใช้ได้ ความเข้มข้นของเกลือในดินหรือสารที่เป็นพิษอย่างอื่น เป็นต้น

๔.องค์ประกอบอื่นๆ เช่น วิธีการให้น้ำแก่พืชและความลึกของน้ำที่ให้แต่ละครั้ง ฤดูกาลเพาะปลูก การไถพรวนดิน การคลุมดินเป็นต้น

การคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืช

การที่จะวัดการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดในทุกสภาพภูมิอากาศ ดิน ฯลฯ นั้นเป็นสิ่งที่ทำได้ยากและจะต้องทำการวัดมากมายไม่มีที่สิ้นสุด นักวิทยาศาสตร์จึงได้พยายามหาวิธีที่ง่ายกว่าการวัดโดยตรง ทางออกที่เลือกใช้ก็คือ

๑.เลือกกำหนดพืชขึ้นมาชนิดหนึ่งที่เจริญงอกงามได้ตลอดปีและมีอัตราการใช้น้ำที่ไม่ขึ้นกับอายุ

๒. กำหนดให้ดินมีความชื้นสูงตลอดเวลาเพื่อทำให้คุณสมบัติของดินอย่างอื่น เช่น เนื้อดิน ความเข้มข้นของเกลือในดินในเกณฑ์ปกติ ความสามารถเก็บน้ำไว้ให้พืชใช้ ฯลฯ หมดความสำคัญต่อการใช้น้ำไป

พืชที่มีคุณสมบัติตรงตามความต้องการในข้อแรกมากที่สุดคือหญ้า ต่อมาก็ได้มีการเลือกใช้พืชอื่นอีก เช่น อัลฟัลฟ่า สำหรับองค์ประกอบอื่นๆ ที่มีผลต่อการใช้น้ำของพืช เช่น วิธีการให้น้ำและการไถพรวนดินก็มิใช่องค์ประกอบที่มีความสำคัญมากเหมือนองค์ประกอบ ๓ อย่างแรก ดังนั้น การใช้น้ำของพืชที่เลือกไว้เมื่อดินมีความชื้นสูงพอตลอดเวลาก็จะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว

การใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่เลือกไว้เมื่อปลูกในดินที่มีความชื้นสูงพอตลอดเวลา เพื่อให้อัตราการใช้น้ำขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียวนี้เรียกว่า **การใช้น้ำของพืชอ้างอิง** หรือ **Potential Evapotranspiration** และนิยมใช้ตัวย่อว่า **ETp**

การที่การใช้น้ำของพืชอ้างอิงขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศรอบๆ ต้นพืชเพียงอย่างเดียวนี้ ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถคิดสูตรสำหรับคำนวณ ETp โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศได้มากมายและเมื่อต้องการทราบการใช้น้ำของพืชชนิดอื่นที่มิใช่พืชอ้างอิงก็คำนวณโดยใช้สูตร

$$ET = Kc\ ETp \qquad (๑)$$

ในเมื่อ ET เป็นการใช่น้ำของพืชที่ต้องการทราบ Kc เป็นสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชดังกล่าว และ ETp เป็นการใช้น้ำของพืชอ้างอิง หรือ Potential Evapotranspiration

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช Kc เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืชเพียงอย่างเดียว ค่าดังกล่าวนี้ได้จากการทดลองวัดจริงในสนามโดยการปลูกหญ้าหรือพืชอ้างอิงอื่น และพืชที่ต้องการหาสัมประสิทธิ์การใช้น้ำในถังวัดการใช้น้ำของพืชซึ่งติดตั้งในบริเวณใกล้เคียงกัน จากนั้น

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในช่วงการเจริญเติบโตช่วงใดช่วงหนึ่ง หรือตลอดฤดูการเพาะปลูก ก็อาจคำนวณได้โดย

$$Kc = ET / ETp \qquad (๒)$$

ในเมื่อ ET และ ETp เป็นค่าการใช้น้ำที่ได้จากการวัดในช่วงเวลาเดียวกันเนื่องจากสภาพภูมิอากาศ คุณสมบัติของดิน และองค์ประกอบอื่นๆ คล้ายคลึงกันดังนั้นค่า Kc จึงขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืชเพียงอย่างเดียว เพราะฉะนั้นค่าที่วัดได้นี้สามารถนำไปใช้ได้โดยทั่วๆ ไปโดยไม่ขึ้นอยู่กับสถานที่เพาะปลูกหรือสภาพภูมิอากาศโดยรอบ

สำหรับข้อมูลภูมิอากาศซึ่งจะนำมาใช้คำนวณ ETp นั้น กรมอุตุนิยมวิทยาซึ่งมีสถานีตรวจอากาศอยู่เกือบทั่วประเทศได้เป็นผู้ทำการรวบรวมข้อมูลทุกวัน

ปริมาณการใช้น้ำของพืชที่แท้จริง

ในการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยการเทียบจากการใช้น้ำของพืชที่อ้างอิง (ETp) หรืออัตราการระเหยจากถาดวัดการระเหยนั้น เราถือว่าพืชมีน้ำใช้อย่างพอเพียงกับความต้องการตลอดเวลา แต่ตามความเป็นจริงแล้วในขณะที่ความชื้นของดินในเขตรากลดลง แรงดึงความชื้นของดินจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว รากพืชก็จะต้องออกแรงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เพื่อให้ได้น้ำมาชดเชยกับที่ต้องคายออกทางใบ เมื่ออัตราที่รากพืชดูดได้น้อยกว่าที่ต้องการเนื่องจากไม่สามารถเพิ่มแรงดึงขึ้นได้อีก การระเหยและคายน้ำนั้นก็จะลดลงต่ำกว่าอัตราการใช้น้ำสูงสุดที่ควรจะเกิดขึ้น (Potential Rate)

จะเห็นได้ว่าในขบวนการลำเลียงน้ำจากดินมาสู่ใบพืชเพื่อการคายน้ำนั้น มีตัวการที่สำคัญสามอย่างเป็นตัวควบคุม คือ คุณสมบัติของดิน พืช และพลังงานที่ก่อให้เกิดการระเหยและคายน้ำที่ใบและลำต้น คุณสมบัติของดินที่เกี่ยวข้องกับขบวนการดังกล่าวก็คือ ลักษณะการอุ้มน้ำ และความเข้มข้นของสารละลายที่มีอยู่ในดินซึ่งมีผลโดยตรงต่อความยากง่ายของรากพืชที่ดูดน้ำจากดินไปใช้ เนื่องจากว่าความชื้นที่พืชได้รับส่วนใหญ่เกิดจากการเคลื่อนตัวของน้ำในดินไปหารากพืช ดังนั้น ระยะทางที่น้ำเคลื่อนตัวยิ่งน้อยเท่าใดพืชก็ยิ่งจะได้รับความชื้นเร็วขึ้นเท่านั้น ระยะทางดังกล่าวนี้เป็นสัดส่วนผกผันกับความหนาแน่นของราก พืชที่มีรากหนาแน่นและลึกจึงมีการใช้น้ำที่อัตราสูงสุด (Potential rate) ได้นานกว่าพืชที่มีรากตื้นและไม่หนาแน่น สำหรับพลังงานที่มีผลต่อการระเหยและคายน้ำที่ใบและลำต้นนั้นจะเป็นตัวควบคุมปริมาณที่ใบต้องคายน้ำ ถ้าพลังงานดังกล่าวมีไม่มาก พืชก็อาจจะคายน้ำที่อัตราสูงสุดจนความชื้นในดินลดลงใกล้จุดเหี่ยวเฉาถาวร ในทางตรงกันข้าม ถ้าหากมีพลังงานสำหรับคายน้ำอยู่มาก พืชก็อาจจะดูดน้ำไปให้ไม่ทันถึงแม้ว่าจะมีรากหนาแน่นและดินมีคุณสมบัติดีก็ตาม ในกรณีดังกล่าวการคายน้ำก็อาจจะลดลงต่ำกว่าอัตราสูงสุดได้ทั้งๆ ที่ดินยังมีความชื้นอยู่มาก

การคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชให้ถูกต้องนั้น จำเป็น จะต้อง เอาคุณสมบัติ ของดิน พืชและสภาพภูมิอากาศมาพิจารณาร่วมกับจำนวนความชื้นที่มีอยู่ในเขตราก แต่ในทางปฏิบัติแล้ว ปริมาณการใช้น้ำของพืชที่แท้จริงอาจจะประมาณได้โดยใช้สูตร

$$ETa = Kc.Ks.ETp \qquad (๓)$$

ETa = ปริมาณการใช้น้ำของพืชที่แท้จริง

ETp = การใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Potential Evapotranspiration)

Kc = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (Crop coefficient) สำหรับพืชที่ต้องการทราบปริมาณการใช้น้ำ

Ks = สัมประสิทธิ์ที่ปรับแก้ปริมาณการใช้น้ำเนื่องจากจำนวนความชื้นในเขตรากลดลง (Soil Moisture Stress Coefficient) มีค่าไม่เกิน 1.0

Ks = 2.0 (Dt - Dp) / Dt ; <= 1.0

= จำนวนความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ทั้งหมดในเขตราก

Dp = จำนวนความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ที่ขาดหายไปจากเขตราก

โปรแกรม E T S P L I T

๑.บทนำ

โปรแกรมนี้ใช้คำนวณศักยภาพการระเหยน้ำ (the potential evaporation, Ep) และศักยภาพการคายน้ำ (the potential transpiration, Tp) ของพื้นที่ที่มีการปลูกพืช ซึ่งบอกให้ทราบถึงความต้องการปริมาณน้ำเพื่อที่จะทำให้แบบจำลองความสมดุลของน้ำเกิดความสมดุล

ส่วนการคำนวณประกอบด้วย ๒ ขั้นตอน คือ

๑.หาการใช้น้ำอ้างอิงสูงสุดของพืช, Etcropm ซึ่งคำนวณได้จากการคูณกันของค่าศักยภาพการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (the potential evapotranspiration of a reference surface, ET) กับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชแต่ละชนิด (a variable crop coefficient, kc)

Etcropm แสดงถึงการใช้น้ำของพืชที่เติบโตภายใต้สภาวะความชื้นของดินที่สามารถมีการระเหยน้ำของดินและการคายน้ำของพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ

๒.การแบ่งค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ออกเป็นค่าศักยภาพการระเหยน้ำ (the potential evaporation, Ep) และ ศักยภาพการคายน้ำ (the potential transpiration, Tp) โดยการแบ่งมีพื้นฐานจากค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ของพืช

๒.การใช้น้ำอ้างอิงสูงสุดของพืช, Etcropm

Doorenbos และ Pruitt (1977) ได้แบ่งฤดูการเติบโตของพืชออกเป็น ๔ ระยะ คือ

๑.ระยะแรกเริ่ม (the initial stage) เริ่มตั้งแต่มีการปฏิสนธิ และมีการเติบโตในระยะเริ่มแรก เมื่อผิวดินยังไม่หรือแทบจะไม่มีการปกคลุมโดยพืช (พืชปกคลุมดิน < ๑๐%)

๒.ระยะการเจริญของพืช (the crop development stage) เริ่มตั้งแต่จุดสิ้นสุดของระยะแรกเริ่ม ถึงผิวดินมีการปกคลุมอย่างมีประสิทธิภาพ (พืชปกคลุมดิน ๗๐ - ๘๐%)

๓.ระยะกลางฤดู (the mid- season stage) เริ่มตั้งแต่ผิวดินมีการปกคลุมอย่างมีประสิทธิภาพ ถึงระยะเริ่มมีการสมบูรณ์พันธุ์ (maturing) ซึ่งจะดูได้จากการที่ใบมีสีจางลง (ถั่วเหลือง) หรือมีการทิ้งใบ (ฝ้าย) สำหรับพืชบางชนิดระยะนี้สามารถขยายออกไปจนถึงช่วงที่ใกล้จะทำการเก็บเกี่ยว (sugar beat) ซึ่งการชลประทานจะไม่มีความจำเป็นในช่วงปลายฤดู และการลดค่า ETcrop จะช่วยชักนำในผลผลิตเพิ่มขึ้น และ/หรือ คุณภาพดีขึ้น (อ้อย, ฝ้าย, พืชอาหารบางชนิด)

๔.ระยะปลายฤดู (the late season stage) เริ่มตั้งแต่จุดสิ้นสุดของระยะกลางฤดูจนถึงช่วงเติบโตเต็มที่หรือเริ่มเก็บเกี่ยว

โดยในแต่ละระยะได้มีการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (kc-factor)

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (kc-factor) ประกอบด้วยผลของการระเหยน้ำจากดิน และการคายน้ำของพืช

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในระยะที่ ๓ มีความสัมพันธ์กับ ET เมื่อพื้นผิวอ้างอิงเป็นหญ้า ตามที่แสดงในตารางที่ ๑ สำหรับสภาพภูมิอากาศต่างๆ ในตารางนี้ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชที่จุดสุดท้ายของระยะการเติบโต หรือที่การเติบโตเต็มที่ (ระยะที่ ๔) แสดงไว้อย่างถูกต้อง เส้นตรงระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำที่จุดสิ้นสุดของระยะที่ ๓ และที่จุดสิ้นสุดของระยะการเติบโตถูกสมมติขึ้น เพื่อใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำในระยะที่ ๔

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของระยะการเจริญของพืช (ระยะที่ ๒) ได้จากการลากเส้นตรงระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของระยะแรกเริ่ม (ระยะที่ ๑) และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของระยะกลางฤดู (ระยะที่ ๓) การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำทำตามแนวคิดตามรูปที่ ๑ ยกเว้นข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของระยะแรกเริ่มที่มีค่าสูงกว่า

๓.ค่าศักยภาพการระเหยน้ำจากดิน (Ep)

ในโปรแกรม ได้ใช้ ๒ วิธี (วิธีที่ ๑ และ วิธีที่ ๒) เพื่อใช้ในการประมาณค่าศักยภาพการระเหยน้ำจากดิน

วิธีที่ ๑ : วิธี adapted Tanner and Jury (1976)

ค่าศักยภาพการระเหยน้ำจากดิน คำนวณโดยสูตรของ Ritchie-type :

$$Ep = \alpha \tau W Rn \qquad (๔)$$

โดยที่ Ep คือ ศักยภาพการระเหยน้ำของดิน (มม./วัน)

α คือ ค่าสัมประสิทธิ์แบบจำลอง (a model coefficient)

τ คือ เศษส่วนของการแผ่รังสีสุทธิที่กระทำต่อผิวดินทั้งหมด

W คือ อุณหภูมิที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยน้ำหนัก

Rn คือ การการแผ่รังสีสุทธิ (มม./วัน)

ปัจจัย W สามารถคำนวณด้วยสมการที่ ๕

$$W = \Delta / \Delta + \gamma \qquad (๕)$$

เมื่อ Δ คือค่าความชันของกราฟความดันไออิ่มตัวกับอุณหภูมิ (mbar/$^{\circ}$C)

γ คือ ค่าคงที่ psychrometric (mbar/$^{\circ}$C)

เศษส่วนของการแผ่รังสีสุทธิทั้งหมดที่กระทำต่อผิวดิน ,τ จะถูกอธิบายโดย empirical relation ตามสมการที่ (๖)

$$\tau = Rng / Rn \sim \exp (- \beta LAI) \qquad (๖)$$

เมื่อ Rng คือ ค่าการแผ่รังสีสุทธิที่พื้นผิวดิน(มม./วัน)

Rn คือค่าการแผ่รังสีสุทธิเหนือสิ่งปกคลุม (มม./วัน)

β คือค่า empirical coefficient

LAI คือค่าดัชนีพื้นที่ใบ

ค่า empirical coefficient β สามารถพิจารณาจากการทดลองในภาคสนาม

Ritchie (๑๙๗๒) ให้ค่า ๐.๔ (ได้จากการลดลงของผลของข้าวฟ่าง ฝ้าย ข้าวโพด ถั่วเหลือง snapbeans)

TannerและJury(๑๙๗๖)ให้ค่า ๐.๔๕ สำหรับข้าว (paddy rice)

Denmead(๑๙๗๓)ให้ค่า ๐.๔๗ สำหรับข้าวสาลี

Monteith (๑๙๗๖) พิจารณาค่า β ของพืชดังต่อไปนี้

-ข้าวสาลี ไม่มีค่าที่ได้รับการยอมรับอย่างทั่วไป

barley Angusและคณะ (๑๙๗๒) รายงานค่า ๐.๒ สำหรับพันธุ์สั้น และ ๐.๖ สำหรับพันธุ์ยาว

Monteith(๑๙๖๙) ให้ค่าคงที่ ๐.๖๙ สำหรับความสูงของแสงอยู่ในช่วง ๓๐° และ ๖๐°

การสังเกตของ Paltridge และคณะ (๑๙๗๒) ชี้ให้เห็นว่า ข้าวสาลี มีค่าสัมประสิทธิ์การสูญหาย เท่ากับ ๐.๓ เมื่อ ความสูงของแสงเท่ากับ ๖๐°

-ข้าว (rice) Uchijima (๑๙๖๑) และ Iwakiri (๑๙๖๔) รายงานค่าอยู่ในช่วง ๐.๔๕-๐.๖๕

-ข้าวโพด (maize) BrownและCovey (๑๙๖๖) ให้ค่า ๐.๕๘

-ดอกทานตะวัน (sun flower) Impens (๑๙๗๓) ให้ค่าสมการในการคำนวณหาค่า β จากค่า LAI : $\beta = ๐.๘๒๒ - ๐.๐๗๔$ LAI

-ฝ้าย (cotton) Niilisk และคณะ (๑๙๗๐) รายงานค่า ๐.๖๕

-หญ้า Ripley และ Redman (๑๙๗๖) แนะนำค่า ๐.๖๓

ค่าของ β ที่ให้สามารถใช้ในสภาวะที่จำเพาะตามที่อธิบายโดยผู้แต่งในท้องที่ที่ขาดข้อมูลแนะนำให้ค่า อยู่ในช่วง 0.5 และ 0.6 ค่า β ที่ต่ำกว่าจะให้ค่าศักยภาพการระเหยน้ำในระยะที่มีการคลุมดินอย่างสมบูรณ์สูงกว่า เมื่อเลือกค่า β ควรจะพิจารณาความหนาแน่นของพืชและสิ่งปกคลุมพืชด้วย

ค่าสัมประสิทธิ์แบบจำลอง α เป็นค่าปัจจัยแก้ไขสำหรับสูตรของ Ritchie (๑๙๗๒) ซึ่งให้ค่าประมาณของค่าศักยภาพการระเหยน้ำจากดินที่ต่ำกว่าความเป็นจริง เมื่อพื้นผิวดินไม่ได้มีการปกคลุมของพืชอย่างสมบูรณ์ ค่าสัมประสิทธิ์แบบจำลอง α คำนวณได้จากวิธีเดียวกันกับแบบจำลอง

ของ Tanner และ Jury (๑๙๗๖) เมื่อผิวดินไม่ได้ถูกปกคลุมอย่างสมบูรณ์ α คำนวณได้จากสมการที่ (๗)

$$\alpha = Q - (Q - 1) (1 - \tau) / (1 - \tau C) \qquad (๗)$$

เมื่อ Q คืออัตราส่วน (ETcropm/(WRn))

τC คือค่าเศษส่วนวิกฤติ (critical fraction) ของการแผ่รังสีสุทธิทั้งหมดที่กระทำต่อพื้นผิวดิน

C คือจุดที่พืชเกิดการเจริญเติบโตโดยวัดจากการปกคลุมดินของพืช โดยสมมติจากการปกคลุมอย่างไม่เต็มที่เป็นการปกคลุมอย่างเต็มพื้นที่ หรือในทางกลับกัน tc มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง ๐.๕ และ ๐.๒ โดยค่าในช่วงนี้จะมีผลกระทบต่อค่า α อย่างเล็กน้อย (Tanner และ Jury, ๑๙๗๖) เมื่อพื้นผิวดินมีการครอบคลุมดินอย่างสมบูรณ์ ($\tau < \tau C$) ค่าการแก้ไขจะไม่มีความจำเป็นและสัมประสิทธิ์แบบจำลอง α มีค่าเท่ากับ ๑ อธิบายด้วยรูปที่ ๒

วิธีที่ ๒ : Ep คำนวณโดยเศษส่วนของ ETcropm :

ค่าศักยภาพการระเหยน้ำของดิน คำนวณได้จากเศษส่วนของค่าศักยภาพการใช้น้ำของพืชสูงสุด

$$Ep = f\, e^{-c\, LAI}\, ETcropm \qquad (๘)$$

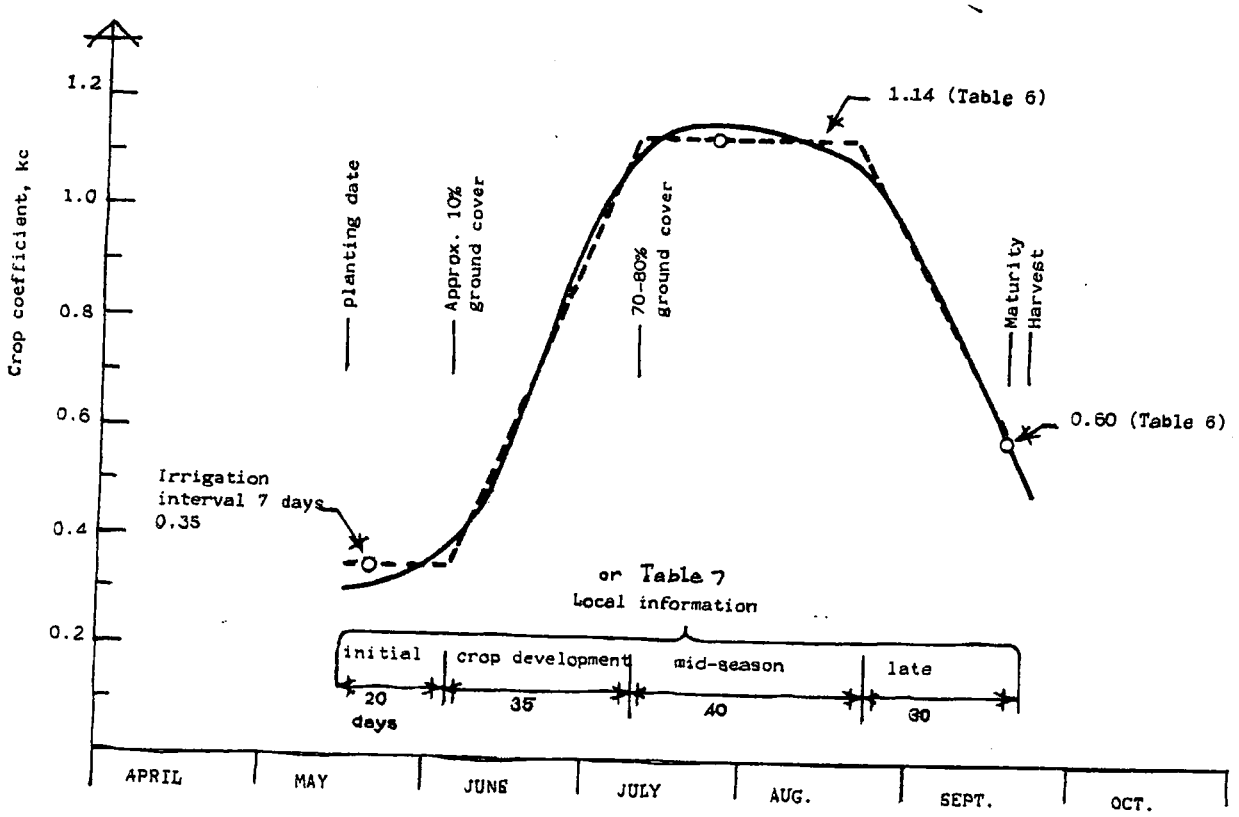
เมื่อ f และ c คือสัมประสิทธิ์การลดน้อยถอยลง

โดย f = ๑.๐ และ c = ๐.๖ โดยสูตรนี้จะให้ค่าประมาณของศักยภาพการระเหยน้ำของดินที่สามารถยอมรับได้ (Belmans และคณะ, ๑๙๘๓)

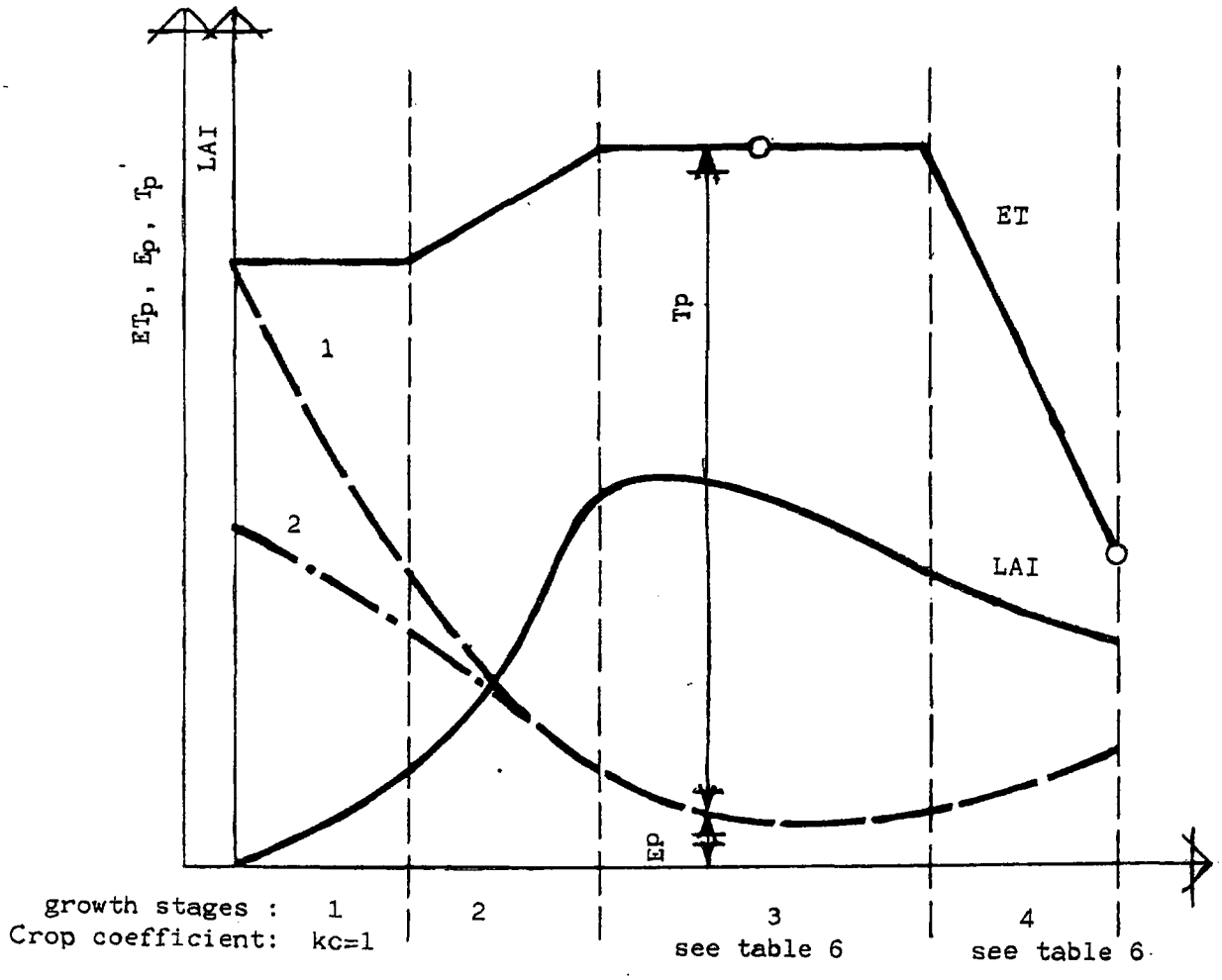
๔.ค่าศักยภาพการคายน้ำ (Tp)

ค่าศักยภาพการคายน้ำของพืชคำนวณได้จากการหาค่าความแตกต่างระหว่างค่าศักยภาพการใช้น้ำของพืชสูงสุดกับศักยภาพการระเหยน้ำของดิน

$$Tp = ETcropm - Ep \qquad (๙)$$



รูปที่ ๑ ตัวอย่างของเส้นกราฟค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวโพด (Doorenbos และ Pruitt, ๑๙๗๗)



<u>รูปที่ ๒</u> แสดงการแบ่งค่าศักยภาพการใช้น้ำ (the potential evapotranspiration, Etp) ออกเป็นค่าศักยภาพการคายน้ำ (potential transpiration, Tp) และค่าศักยภาพการระเหยน้ำ (potential evaporation, Ep) ตามแนวคิดของ the adapted Tanner และ Jury (๑๙๗๖).....(เส้นที่ ๑) ค่าศักยภาพการระเหยน้ำของดิน (the potential soil evaporation) คำนวณโดยวิธีของ Ritchie (๑๙๗๒).....(เส้นที่ ๒)

INPUT OF THE PROGRAM (ส่วนที่ต้องป้อนให้โปรแกรม)

รายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลที่ทำการป้อนลง ETSPLIT Chart

๑. สถานที่ที่ทำการเพาะปลูกพืช (DESIRED ADDRESS TO BE PRINTED)

ตัวอักษร ๖๖ ตัว

๒. ความสูงของที่ทำการเพาะปลูก (ALTITUDE)

แสดงความสูงจากระดับน้ำทะเล เป็นเมตร

๓. ละติจูด (LATITUDE)

ละติจูดที่ตั้งของสถานที่ที่ทำการเพาะปลูก เป็นองศา (+ คือ ซีกโลกเหนือ และ - คือ ซีกโลกใต้)

๔. วิธีที่ทำการคำนวณ (SPLIT PARAMETER)

๑: วิธี adapted Tanner and Jury

๒: วิธี fraction of ETcropm

๕. แฟ้มผลเพิ่มเติมสำหรับแบบจำลองสมดุลน้ำ (ADDITIONAL OUTPUT FOR WATER BALANCE MODELS)

โดยจะผลจะประกอบด้วย

RAIN (ปริมาณฝน) หน่วย มิลลิเมตร/วัน

Es (ค่าศักยภาพการระเหยน้ำของดิน) หน่วย มิลลิเมตร/วัน

Tp (ค่าศักยภาพการคายน้ำของพืช) หน่วย มิลลิเมตร/วัน

PHS : minimum allowable pressure head at the soil surface (เซนติเมตร)

ในกรณีที่ต้องการแฟ้มผลเพิ่มเติม ต้องป้อนค่า the minimum allowable pressure head (PHS) ที่ระดับพื้นผิวดิน ค่า PHS เท่ากับ pressure head ของดิน air-dry ที่สมดุลกับบรรยากาศ ค่านี้มีค่าค่อนข้างคงที่ การประมาณค่าได้จากกราฟการยึดหน่วงของน้ำ เมื่อ pressure head เป็นครึ่งหนึ่งของปริมาณความชื้นที่จุดเหี่ยว (wilting point)

ค่า PHS คำนวณได้ดังนี้

$$PHS = R\ T\ \ln(RH) \qquad (๑๐)$$

เมื่อ PHS คือ the minimum allowable pressure head at the soil surface หน่วย เซนติเมตร

T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ (absolute temperature) หน่วย องศาเคลวิน(K)

RH คือ ค่าคงที่ก๊าซสำหรับไอน้ำ ($๔.๖๙๗๔๑๐^{๓}$ cm/K)

๖. ชื่อชนิดพืช (NAME OF THE CROP)

๗. วันที่ทำการเพาะปลูก (PLANTING DATE) ประกอบด้วย

ปี ค.ศ.(๑๙..) เดือนที่ (๑ ถึง ๑๒) วันที่ (๑ ถึง ๓๑)

๘. ระยะเวลาของฤดูกาลเพาะปลูก (LENGTH OF THE GROWING SEASON)

๙. ระยะการเติบโต (GROWTH STAGES)

ระยะแรกเริ่ม (INITIAL STAGE) หน่วยเป็นวัน

ระยะเจริญพืช (CROP DEVELOPMENT STAGE) หน่วยเป็นวัน -

ระยะกลางฤดู (MID SEASON STAGE) หน่วยเป็นวันและต้องการค่า kc

ระยะปลายฤดู (END SEASON STAGE) หน่วยเป็นวันและต้องการค่า kc

๑๐.สัมประสิทธิ์ เบต้า (BETA COEFFICIENT)

ค่าสัมประสิทธิ์ β (the empirical coefficient) ตามสมการที่ ๖ (วิธีที่ ๑) หรือค่าสัมประสิทธิ์ c ตามสมการที่ ๘ (วิธีที่ ๒)

๑๑.THE CRITICAL FRACTION OF THE TOTAL NET RADIATION AVAILABLE AT THE SOIL SURFACE

ค่าเศษส่วนวิกฤติ (the critical fraction) τ_c ในกรณีที่คำนวณโดยวิธีที่ ๑

๑๒.F-FACTOR

ค่าตัวแปร f ตามสมการที่ ๘ ในกรณีที่คำนวณโดยวิธีที่ ๒

๑๓.ค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI VALUES)

๑๔.ข้อมูลทางด้านลักษณะภูมิอากาศ (CLIMATOLOGICAL DATA)

ป้อนลงไฟล์ CLIMATE โดยมีข้อมูลดังนี้

ปี ค.ศ. (๑๙..)
เดือนที่ (๑ ถึง ๑๒)
วันที่ (๑ ถึง ๓๑)
อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
การแผ่รังสีสุทธิ (มม./วัน)
ค่าปริมาณการใช้น้ำอ้างอิง (มม./วัน)
ปริมาณฝน (มม./วัน)

คู่มือการใช้โปรแกรม

E T S P L I T

USER DOCUMENT

99828

E T S P L I T® Version 1.0

SOIL SCIENCE 13 APRIL 1994

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

คำนำ

โปรแกรม ETSPLIT

ออกแบบโปรแกรม โดย

นายก้ลย์ แก้วแก่น รหัส ๓๓๔๑๐๐๐๓

นายรุ่งศิริ อุดมพรทวี รหัส ๓๓๔๑๐๑๑๒

นักศึกษาชั้นปีที่ ๔

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โปรแกรมนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นงานในวิชาปัญหาพิเศษ ชั้นปีที่ ๔ ปีการศึกษา ๒๕๓๖ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โปรแกรม **ETSPLIT** เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณเพื่อหาค่า Evapotranspiration เพื่อทราบปริมาณน้ำที่จะต้องใส่ลงไปให้แก่ดินเพื่อที่จะทำให้พืชสามารถมีน้ำใช้ได้พอเพียงแก่การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช

การติดตั้ง ETSPLIT

อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้ง (Installation) โปรแกรม ETSPLIT

อุปกรณ์ ที่จำเป็นต้องใช้มีดังนี้

๑.เครื่องคอมพิวเตอร์ IBM PC หรือคอมแพตทิเบิลคอมพิวเตอร์ที่มี CPU ระดับ 80286, 80386 หรือ 80486 ขึ้นไป

๒.ดิสก์ไดรฟ์สำหรับการติดตั้งขนาด 5.25 นิ้ว

๓.เฮอร์คิวลิสหรือ VGA วิดีโอการ์ด พร้อมกับจอภาพ

๔.แผ่นโปรแกรม ETSPLIT

๕.เนื้อที่บนแผ่นดิสก์ หรือฮาร์ดดิสก์ ไม่น้อยกว่า 300 กิโลไบต์ (KByte)

๗.DOS เวอร์ชั่น 5.0 ขึ้นไป

๘.เครื่องพิมพ์ (Printer) ที่สามารถพิมพ์ข้อมูล 80 ตัวอักษรต่อบรรทัด

การติดตั้ง (Setup) โปรแกรม ETSPLIT

การติดตั้งโปรแกรมลงบนฮาร์ดดิสก์ให้ปฏิบัติตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

๑.พิมพ์ C: กด ENTER (พิมพ์ไดรฟ์อื่นในกรณีที่ฮาร์ดดิสก์ไม่ใช่ไดรฟ์ C)

๒.พิมพ์ MD ET กด ENTER

๓.ใส่แผ่นดิสก์ที่มีโปรแกรม ETSPLIT ยังดิสก์ไดรฟ์ A

๔.COPY ไฟล์ INSTALL.EXE จากไดรฟ์ A ลงไดรฟ์ C

๕.พิมพ์ INSTALL กด ENTER

๖.กด Y เมื่อการติดตั้งถามว่า Continue extraction?

๗.โปรแกรมจะถูกติดตั้งลงในฮาร์ดดิสก์ ใน subdirectory ET

เก็บแผ่นต้นฉบับในที่ปลอดภัย

ตัวอย่างเช่น DOS prompt อยู่ที่ไดรฟ์ C และแผ่นดิสก์ใส่อยู่ในไดรฟ์ A

```
C:>MD ET↵
C:>CD ET
C:\ET>COPY A:INSTALL.EXE↵
C:\ET>INSTALL↵

Continue extraction? Y
```

<u>การติดตั้งโปรแกรมลงบนฟลอปปี้ดิสก์ให้ปฏิบัติตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้</u>

๑.พิมพ์ A: กด ENTER (พิมพ์ไดรฟ์อื่นในกรณีที่ไม่ใช่ไดรฟ์ A)

๒.พิมพ์ DISKCOPY A: A: กด ENTER

๓.เมื่อเครื่องให้ใส่แผ่นต้นฉบับ(SOURCE) ใส่แผ่นดิสก์ที่มีโปรแกรม ETSPLIT ยังดิสก์ไดรฟ์ A

๔.เมื่อเครื่องให้ใส่แผ่นเป้าหมาย(TARGET) ใส่แผ่นดิสก์ที่ต้องการจะติดตั้งโปรแกรมลงในไดรฟ์ A

๕.จะมีการ COPY ไฟล์ลงแผ่น เมื่อทำการ COPY เสร็จแล้วจะมีการถามว่าต้องการ COPY แผ่นอื่นอีกหรือไม่ ตอบ N

๖.นำแผ่นติดตั้งใส่ไดรฟ์ A

๗.พิมพ์ INSTALL กด ENTER

๘.โปรแกรมจะถูกติดตั้งลงในแผ่นดิสก์

เก็บแผ่นต้นฉบับในที่ปลอดภัย

ตัวอย่างเช่น DOS prompt อยู่ที่ไดรฟ์ C และแผ่นดิสก์ใส่อยู่ในไดรฟ์ A

```
C:>A:↵

A:>DISKCOPY A: A:↵
Insert SOURCE diskette in drive A:
Press any key to continue . . .
Insert TARGET diskette in drive A:
Press any key to continue . . .
DISKCOPY  another disk (Y/N): N↵

ใส่แผ่นติดตั้งลงไดรฟ์ A:
A:>INSTALL↵

Continue extraction? Y
```

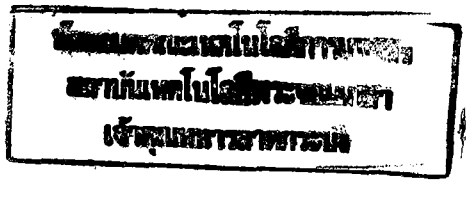
<u>หมายเหตุ</u> สามารถลบไฟล์ INSTALL.EXE ทิ้งได้ ในกรณีที่ไม่ต้องการติดตั้งใหม่

14401

โปรแกรม

โปรแกรมเมื่อทำการติดตั้งเสร็จแล้ว มีดังนี้

1	CHA	2891	04-13-94	11:55p
2	CLI	1472	04-13-94	11:55p
ET	C	32676	04-13-94	11:55p
ET	EXE	26236	04-13-94	11:55p
ET	HLP	2313	04-13-94	11:55p
ETSPLIT	CHA	2853	04-13-94	11:55p
ETSPLIT	CLI	1472	04-13-94	11:55p
ETSPLIT	FOR	15998	04-13-94	11:55p
ETSPLIT1	CHA	2886	04-13-94	11:55p
ETSPLIT1	EXE	62146	04-13-94	11:55p
ETSPLIT1	FOR	18959	04-13-94	11:55p
INSTALL	EXE	99387	04-13-94	11:55p
SEE	COM	4217	04-13-94	11:55p
VGA	H	4663	04-13-94	11:55p
VTHAI	COM	18197	04-13-94	11:55p



การใช้โปรแกรม ETSPLIT

การเรียกใช้โปรแกรม ETSPLIT สามารถทำได้ดังนี้

1.ที่ DOS prompt เปลี่ยนไปยังไดรฟ์ที่มีโปรแกรม ETSPLIT อยู่

2.พิมพ์คำว่า ET แล้วกด ENTER

3.โปรแกรม ETSPLIT จะเริ่มการทำงาน

ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่โปรแกรมอยู่ที่ไดรฟ์ C ใน subdirectory ET การเรียกใช้ทำได้ดังนี้

C:>CD ET กด ENTER

```
C:>CD ET↵
```

C:>ET กด ENTER

```
C:\ET>ET↵
```

หรือ ในกรณีที่โปรแกรมอยู่ที่ไดรฟ์ A การเรียกใช้ทำได้ดังนี้

C:>A: กด ENTER

```
C:>A:↵
```

A:>ET กด ENTER

```
A:>ET↵
```

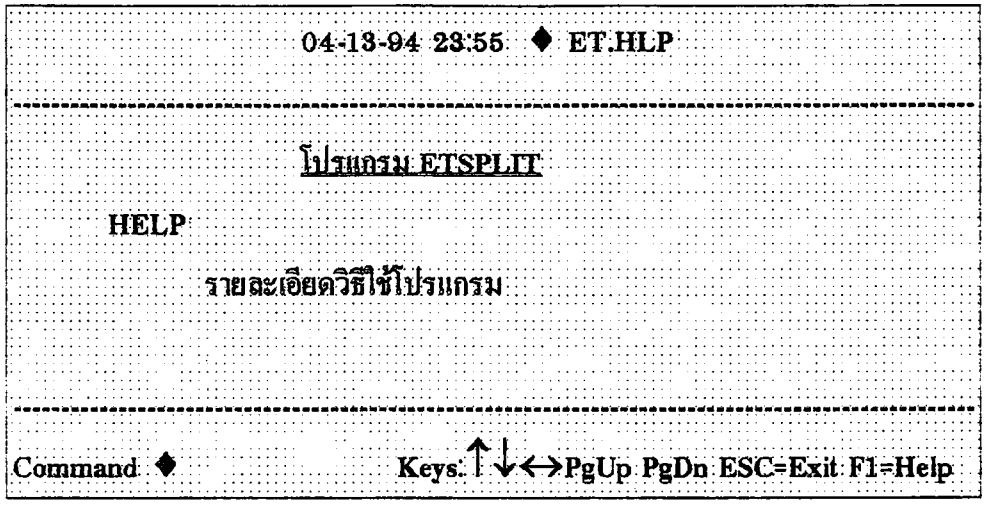
การใช้โปรแกรม ETSPLIT

โปรแกรม ETSPLIT จะเริ่มการทำงานจากเมนูหลัก (MAIN MENU) โดยมีตัวเลือกต่างๆ ดังนี้

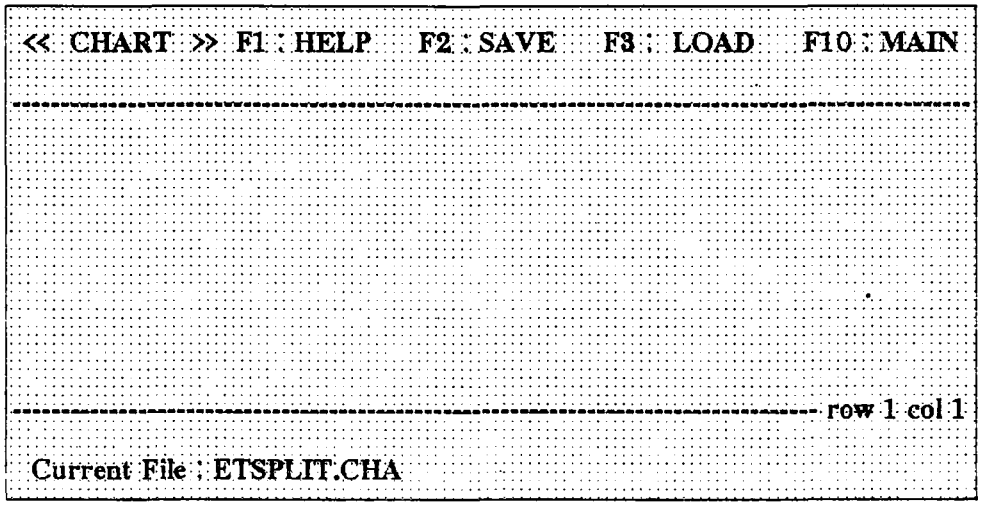
```
---------- ETSPLIT PROGRAM ----------
        โปรแกรมคำนวณค่าปริมาณการใช้น้ำของพืช
        ของพื้นที่ที่ทำการเพาะปลูกพืช
        Calculate EVAPOTRANSPIRATION

        HELP      : รายละเอียดวิธีใช้โปรแกรม
        CHART     : ป้อนข้อมูลลงใน ETSPLIT chart
        CLIMATE   : ป้อนข้อมูลเกี่ยวกับภูมิอากาศ
        RUN       : ทำการคำนวณหาค่า Ep, Tp
        PRINT     : พิมพ์แฟ้มข้อมูลออกทางเครื่องพิมพ์
        DOS       : ออกไปสู่ DOS ชั่วคราว
        QUIT      : ออกจากโปรแกรม ETSPLIT
```

เมนูย่อย HELP (SUBMENU HELP)

จะแสดงข้อความอธิบายแสดงการช่วยเหลือเกี่ยวกับการทำงานของโปรแกรม ETSPLIT

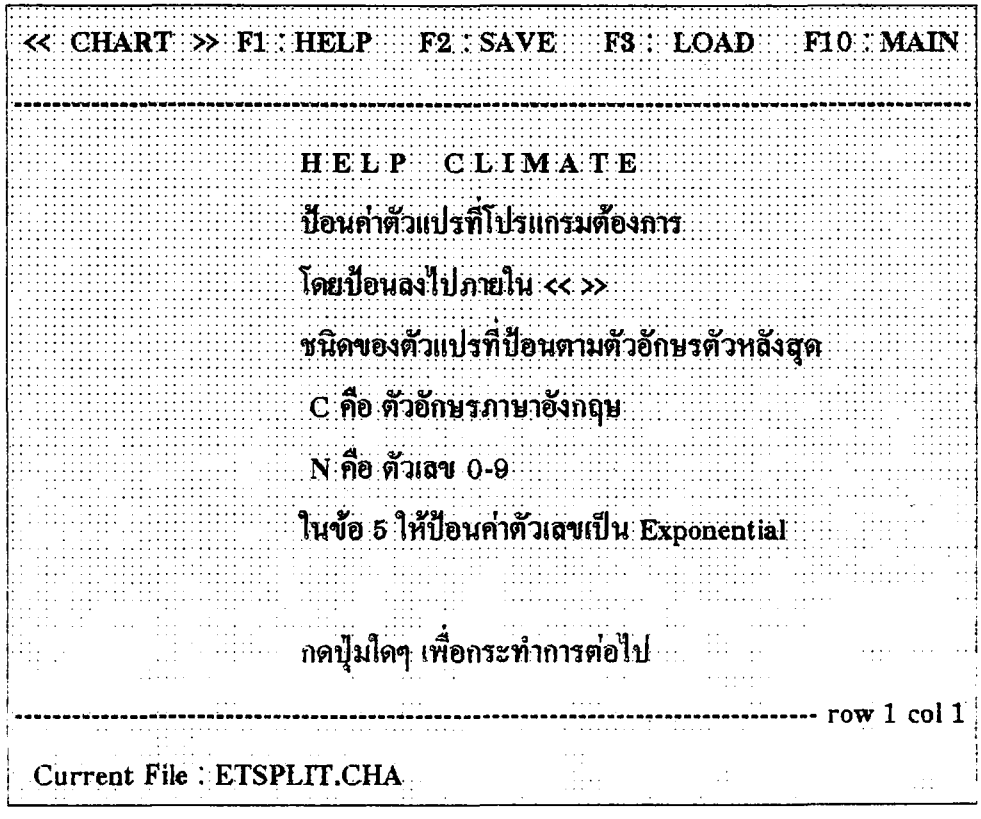


เมนูย่อย CHART (SUBMENU CHART)



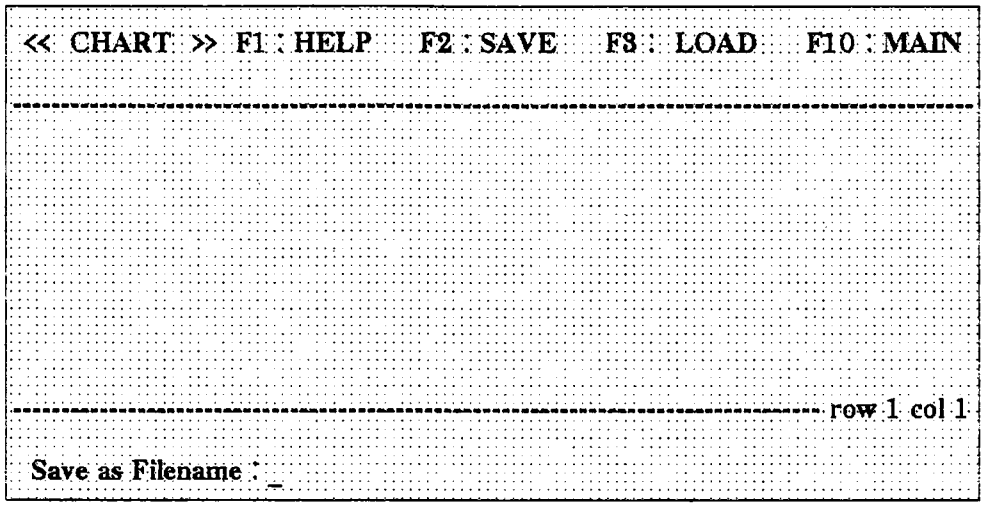
F1 : HELP

แสดงข้อความช่วยเหลือเกี่ยวกับโปรแกรม ETSPLIT ในส่วนของ Chart



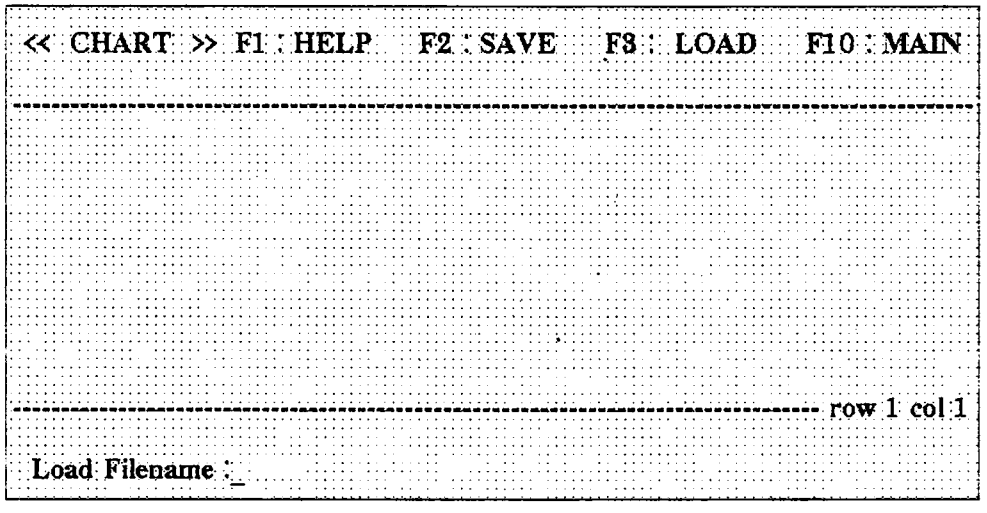
F2 : SAVE

บันทึกข้อมูลลงแฟ้มข้อมูล



F3 : LOAD

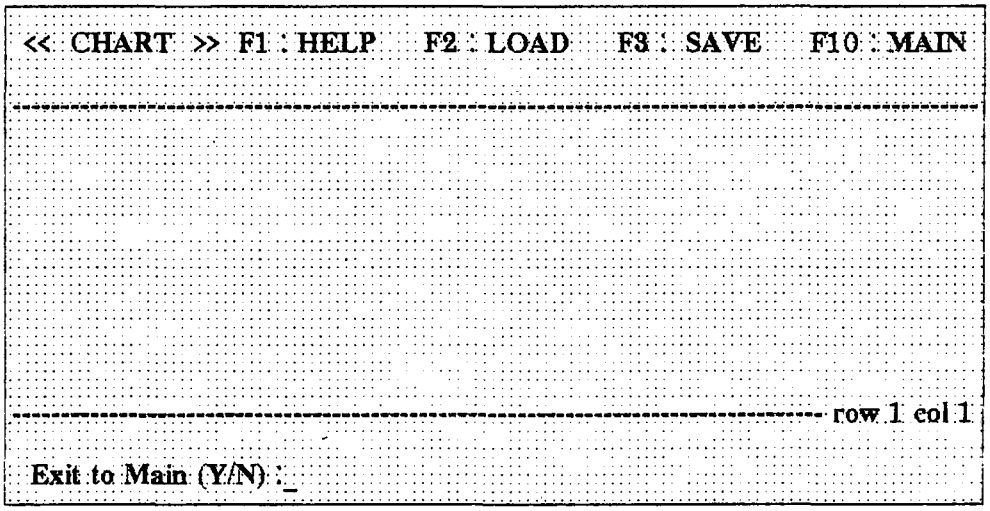
เรียกข้อมูลเกี่ยวกับ CHART เดิมที่มีอยู่ขึ้นมาใช้โดยจะเรียกไฟล์ที่มีนามสกุล .CHA



F10 : MAIN

กลับสู่เมนูหลัก โดยโปรแกรมจะแสดง Exit to Main (Y/N) เพื่อถามผู้ใช้ว่าต้องการกลับสู่เมนูหลักหรือไม่

- ถ้าต้องการออกให้พิมพ์ Y
- ถ้าไม่ต้องการออกให้พิมพ์ N



เมนูย่อย CLIMATE (SUBMENU CLIMATE)

ส่วนนี้จะทำงานเกี่ยวข้องกับข้อมูลตัวแปรต่างๆที่โปรแกรมต้องการเพื่อที่จะนำไปทำการคำนวณหาค่า Ep, Tp

```
CLIMATE     : ป้อนข้อมูลเกี่ยวกับภูมิอากาศ
```

```
<<CLIMATOLOGICAL>> F1: HELP  F2: SAVE  F3: LOAD  F10: MAIN
--------------------------------------------------------------------------------
                                                                  row 1 col 1
Current File : ETSPLIT.CLI
```

เมื่อมีการเลื่อน Cursor จะปรากฏ Feild : ขึ้นมาอยู่ที่ด้านล่าง

```
<<CLIMATOLOGICAL>> F1: HELP  F2: SAVE  F3: LOAD  F10: MAIN
--------------------------------------------------------------------------------
---- Field : ปี ค.ศ.---------------------------------------------- row 1 col 1
 Current File : ETSPLIT.CLI
```

โดย Field ที่ปรากฏต่างๆ มีดังนี้

ปี ค.ศ.	การป้อน เช่น ปี ค.ศ. 1994	พิมพ์ 1994
เดือนที่	เดือนเมษายน	4
วันที่	วันที่ 13	13

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

การแผ่รังสีสุทธิ (มม./วัน)
การใช้น้ำอ้างอิง (มม./วัน)
ปริมาณน้ำฝน (มม.)
หมายเลขวันที่ ไม่จำเป็นต้องป้อน

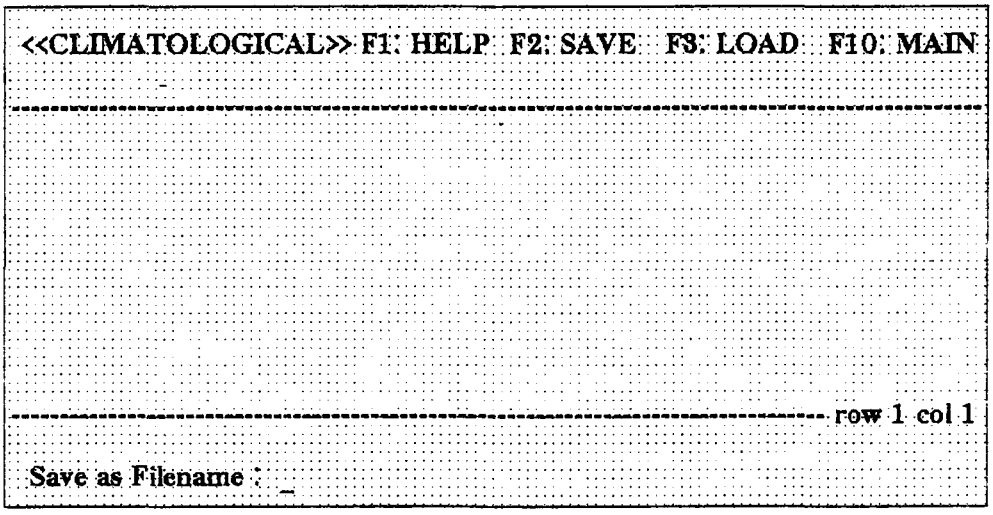
F1 : HELP

แสดงข้อความช่วยเหลือเกี่ยวกับโปรแกรม ETSPLIT ในส่วนของ Climatatology

```
<<CLIMATOLOGICAL>> F1: HELP  F2: SAVE  F3: LOAD  F10: MAIN
--------------------------------------------------------------------------------

                    H E L P     C L I M A T E
                    การป้อน Field ที่ปรากฏมีดังนี้
                    ปี ค.ศ. เช่น 1994 พิมพ์ 1994
                    เดือนที่ เช่น เมษายน พิมพ์ 04
                    วันที่ เช่น 1 พิมพ์ 01
                    อุณหภูมิเฉลี่ย เช่น 23.5 พิมพ์ □235
                    การแผ่รังสีสุทธิ เช่น 1.5 พิมพ์ □□□15
                    การใช้น้ำอ้างอิง เช่น 10.0 พิมพ์ □10
                    ปริมาณฝน เช่น 125.5 พิมพ์ □1255
                    หมายเหตุ  คือ □การกด Spacebar

                    กดปุ่มใดๆ เพื่อกระทำการต่อไป
--------------------------------------------------------------------------- row 1 col 1
Current File : ETSPLIT.CLI
```

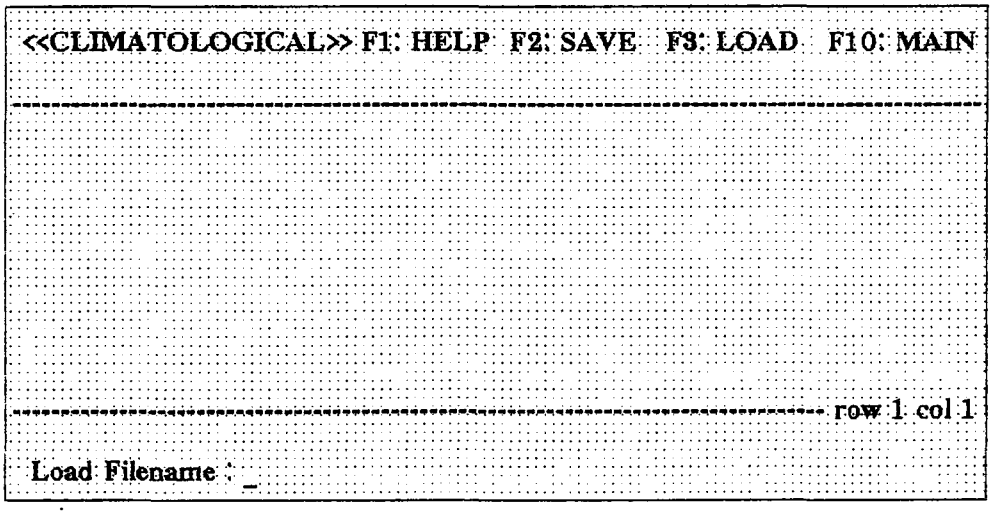
F2 : SAVE

บันทึกข้อมูลลงแฟ้มข้อมูล



F3 : LOAD

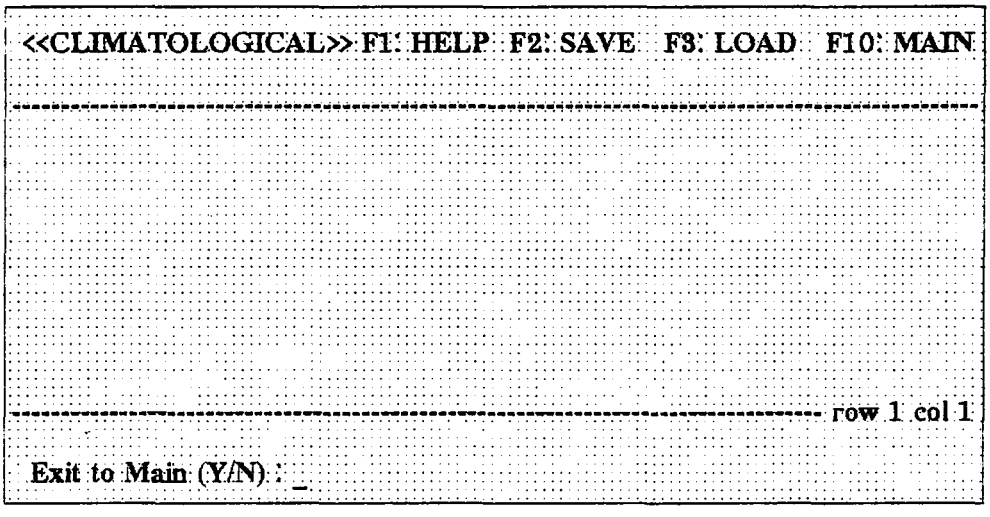
เรียกข้อมูลเกี่ยวกับ CLIMATOLOGICAL เดิมที่มีอยู่ขึ้นมาใช้โดยจะเรียกไฟล์ที่มีนามสกุล .CLI



F10 : MAIN

กลับสู่เมนูหลัก โดยโปรแกรมจะแสดง Exit to Main (Y/N) เพื่อถามผู้ใช้ว่าต้องการกลับสู่เมนูหลักหรือไม่

- ถ้าต้องการออกให้พิมพ์ Y
- ถ้าไม่ต้องการออกให้พิมพ์ N



เมนูย่อย RUN (SUBMENU RUN)

ส่วนนี้จะทำงานเกี่ยวข้องกับการคำนวณค่า Ep, Tp

RUN : ทำการคำนวณหาค่า Ep, Tp

ETSPLIT programme

Input Chart : Enter File Name ==>

Climatological Data : Enter File Name ==>

Standard Output : Enter File Name ==>

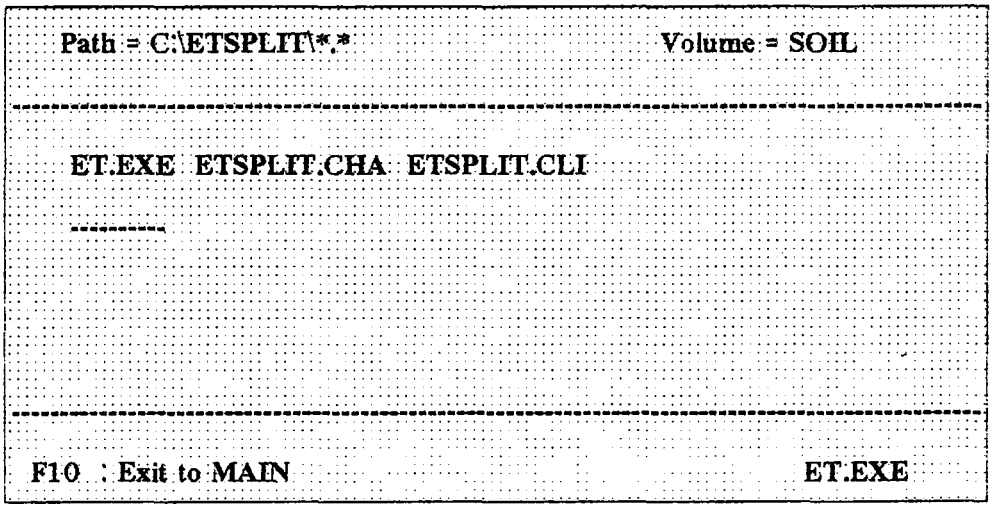
Input Water Balance Models : Enter File Name ==>

เมนูย่อย PRINT (SUBMENU PRINT)

ส่วนนี้จะทำงานเกี่ยวข้องกับการพิมพ์ข้อมูลต่างๆ สู่เครื่องพิมพ์ (Printer)

PRINT : พิมพ์แฟ้มข้อมูลออกทางเครื่องพิมพ์

ผู้ใช้สามารถเลือกไฟล์ที่จะพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ (Printer) ได้โดยการเลื่อนแถบแสงไปยังไฟล์ที่ต้องการแล้วกด ENTER ข้อมูลจะถูกพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์



เมนูย่อย DOS (SUBMENU DOS)

ส่วนนี้จะทำให้โปรแกรมออกสู่ระบบ DOS ชั่วคราว จะทำให้ผู้ใช้โปรแกรม ETSPLIT สามารถทำการปฏิบัติการบน DOS prompt ได้ตามปกติ

DOS :	**ออกไปสู่ DOS ชั่วคราว**

เมื่อจะกลับเข้าสู่โปรแกรม ETSPLIT ผู้ใช้จะต้องพิมพ์คำว่า EXIT ที่ DOS prompt เพื่อสั่งให้โปรแกรมทำงานต่อไป

ตัวอย่างเช่น

C:>EXIT กด ENTER

```
Type EXIT to return to ETSPLIT program

Microsoft (R) MS-DOS (R) Version 6
            (C) Copyright Microsoft Corp 1981-1993


C:\ETSPLIT>EXIT↵
```

เมนูย่อย QUIT (SUBMENU QUIT)

ส่วนนี้จะทำให้โปรแกรมออกสู่ระบบ DOS อย่างถาวร เป็นการเลิกใช้โปรแกรม ETSPLIT

QUIT : ออกจากโปรแกรม ETSPLIT

โดยโปรแกรมจะถามผู้ใช้อีกครั้งว่าต้องการจบการใช้หรือไม่ โดยแสดงข้อความ

Quit ETSPLIT (Y/N) :

ถ้าต้องการออกจากโปรแกรม ให้พิมพ์ **Y** โปรแกรมจะจบการทำงานอย่างถาวร

ถ้าไม่ต้องการออกจากโปรแกรม ให้พิมพ์ **N** โปรแกรมจะกลับสู่เมนูหลักอย่างเดิม

เมื่อโปรแกรมจบการทำงานจะปรากฏข้อความ

Thank you for Using ETSPLIT (C) Soil Science KMITL 13 APR 1994

INPUT AND OUTPUT : ตัวอย่างการใช้โปรแกรม

ข้อมูล :

สถานี : Jaca (Spain) 42° $34'$ N

ความสูงจากระดับน้ำทะเล : 818 เมตร

พืช หัวหอม Onions

วันที่ทำการปลูกพืช 1 เมษายน ค.ศ.1971

ความยาวของฤดูเพาะปลูก 150 วัน

ระยะการเติบโต	ความยาว (วัน)	kc ค่านี้ดูจากตารางที่ ๖
1	15	-
2	25	-
3	70	0.95
4	40	0.75

day of growting	LAI (m^2/m^2)
1	0.1
15	0.25
40	3.00
60	4.00

ตารางที่ ๑ chart of the ETSPLIT programme

++

----- INPUT OF THE PROGRAMME ETSPLIT -----

++

1. สถานที่ที่ทำการเพาะปลูกพืช - << >> C

- -

2. ความสูงจากระดับน้ำทะเล (เมตร)- << >> N

3. องศาละติจูด (+ = เหนือ, - = ใต้) - << >> N

4. เลือกวิธีคำนวณ - << >> N

:1: วิธี ADAPTED TANNER AND JURY (วิธีที่ 1)

:2: วิธี A FRACTION OF ETCROPM (วิธีที่ 2)

5. ผลลัพธ์เพิ่มเติมสำหรับแบบจำลองสมดุลน้ำ (YES/NO) - - - - - - - - - - - << >> C

ถ้า- YES - ป้อนค่า THE MINIMUM ALLOWABLE PRESSURE- - - - - - - - - - - - - - -

HEAD ที่พื้นผิวดิน (CM) (E-FORMAT) - << >> N

6. ชื่อชนิดพืช - << >> C

7. วันที่ทำการเพาะปลูก : ปี ค.ศ.(19..) - << >> N

เดือน (1 TO 12) - << >> N

วัน (1 TO 31) - << >> N

8. ความยาวของฤดูการเพาะปลูก (วัน) - << >> N

9. ระยะการเติบโต

- ระยะแรกเริ่ม (1)- ช่วง (วัน) << >> N

- ระยะเจริญพืช (2)- ช่วง (วัน) << >> N

- ระยะกลางฤดู (3)- ช่วง (วัน) << >> N

- - สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช << >> N

- ระยะปลายฤดู (4)- ช่วง (วัน) << >> N

- - สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช << >> N

10. BETA COEFFICIENT - << >> N

11. THE CRITICAL FRACTION OF THE TOTAL NET RADIATION - - - - - << >> N

AVAILABLE AT THE SOIL SURFACE (ในกรณีที่ทำการคำนวณ

โดยวิธีที่ 1 วิธี THE ADAPTED TANNER AND JURY METHOD)

12. F-FACTOR (ในกรณีที่ทำการคำนวณโดยวิธีที่ 2 - - - - - - - - - - - - - - - - - << >> N

วิธี A FRACTION OF ETCROPM)

13. ค่า LAI

วัน = วันในฤดูกาลเพาะปลูก

ENTER AS MUCH LAI OBSERVATIONS AS DESIRED BETWEEN THE NEXT LINES - -

<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<< วัน <<<<<<<<<<<<<<<< LAI <<<<<

--<< >>--------------------<< >> N

--<< >>--------------------<< >> N

--<< >>--------------------<< >> N

--<< >>--------------------<< >> N

>>>

14. ข้อมูลด้านลักษณะภูมิอากาศ (DATA CLIMATOLGICAL) - - - - - - - - - - - - - -

ตารางที่ ๒ chart of the ETSPLIT programme ที่ป้อนค่า

++

----- INPUT OF THE PROGRAMME ETSPLIT -----

++

1. สถานที่ที่ทำการเพาะปลูกพืช -

<< JACA (SPAIN) >> C

2. ความสูงจากระดับน้ำทะเล (เมตร)- << 818 >> N

3. องศาละติจูด (+ = เหนือ, - = ใต้) - << 42.57 >> N

4. เลือกวิธีคำนวณ - << 1 >> N

:1: วิธี ADAPTED TANNER AND JURY (วิธีที่ 1)

:2: วิธี A FRACTION OF ETCROPM (วิธีที่ 2)

5. ผลลัพธ์เพิ่มเติมสำหรับแบบจำลองสมดุลน้ำ (YES/NO) - - - - - - - - - - - << YES >> C

ถ้า- YES - ป้อนค่า THE MINIMUM ALLOWABLE PRESSURE- - - - - - - - - - - - - -

HEAD ที่พื้นผิวดิน (CM) (E-FORMAT) - << -1.0E06 > N

6. ชื่อชนิดพืช - << ONIONS >> C

7. วันที่ทำการเพาะปลูก : ปี ค.ศ.(19..) - << 1971 >> N

เดือน (1 TO 12) - << 4 >> N

วัน (1 TO 31) - << 1 >> N

8. ความยาวของฤดูการเพาะปลูก (วัน) - << 150 >> N

9. ระยะการเติบโต

- ระยะแรกเริ่ม (1)- ช่วง (วัน) << 15 >> N

- ระยะเจริญพืช (2)- ช่วง (วัน) << 25 >> N

- ระยะกลางฤดู (3)- ช่วง (วัน) << 70 >> N

- - สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช << 0.95 >> N

- ระยะปลายฤดู (4)- ช่วง (วัน) << 40 >> N

- - สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช << 0.75 >> N

10. BETA COEFFICIENT - << 0.5 >> N

11. THE CRITICAL FRACTION OF THE TOTAL NET RADIATION - - - - - << 0.35 >> N

AVAILABLE AT THE SOIL SURFACE (ในกรณีที่ทำการคำนวณ

โดยวิธีที่ 1 วิธี THE ADAPTED TANNER AND JURY METHOD)

12. F-FACTOR (ในกรณีที่ทำการคำนวณโดยวิธีที่ 2 - - - - - - - - - - - - - - - - - - << >> N

วิธี A FRACTION OF ETCROPM)

13. ค่า LAI

วัน = วันในฤดูกาลเพาะปลูก

ENTER AS MUCH LAI OBSERVATIONS AS DESIRED BETWEEN THE NEXT LINES - -

<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<< วัน <<<<<<<<<<<<<<<< LAI <<<<<

——————————————————<< 1 >>——————<< 0.1 >> N

——————————————————<< 15 >>——————<< 0.25 >> N

——————————————————<< 40 >>——————<< 3.0 >> N

——————————————————<< 60 >>——————<< 4.0 >> N

>>

14. ข้อมูลด้านลักษณะภูมิอากาศ (DATA CLIMATOLGICAL) - - - - - - - - - - - - -

ตารางที่ ๓ climatological input for the ETSPLIT programme

.00	.51	4.62	-.10E+07	62	1971	6	1
.00	.39	4.55	-.10E+07	63	1971	6	2
5.30	.26	2.40	-.10E+07	64	1971	6	3
23.00	.26	3.06	-.10E+07	65	1971	6	4
1.00	.23	1.67	-.10E+07	66	1971	6	5
.10	.20	1.89	-.10E+07	67	1971	6	6
.00	.47	4.85	-.10E+07	68	1971	6	7
1.00	.30	2.46	-.10E+07	69	1971	6	8
18.50	.21	2.07	-.10E+07	70	1971	6	9
13.60	.16	1.17	-.10E+07	71	1971	6	10
1.90	.19	1.99	-.10E+07	72	1971	6	11
.00	.40	3.50	-.10E+07	73	1971	6	12
43.50	.21	2.64	-.10E+07	74	1971	6	13
7.90	.27	3.06	-.10E+07	75	1971	6	14
.00	.33	3.37	-.10E+07	76	1971	6	15
.00	.44	4.22	-.10E+07	77	1971	6	16
.00	.38	3.71	-.10E+07	78	1971	6	17
.00	.39	4.36	-.10E+07	79	1971	6	18
.00	.53	5.17	-.10E+07	80	1971	6	19
.00	.57	5.32	-.10E+07	81	1971	6	20
.00	.59	5.39	-.10E+07	82	1971	6	21
.00	.60	5.39	-.10E+07	83	1971	6	22
.00	.44	4.79	-.10E+07	84	1971	6	23
10.00	.23	2.52	-.10E+07	85	1971	6	24
18.20	.27	2.11	-.10E+07	86	1971	6	25
4.30	.19	1.71	-.10E+07	87	1971	6	26
.00	.44	3.65	-.10E+07	88	1971	6	27
.00	.56	5.52	-.10E+07	89	1971	6	28
.00	.57	6.08	-.10E+07	90	1971	6	29
.00	.57	6.65	-.10E+07	91	1971	6	30

ตารางที่ ๔ ผลข้อมูล

ETSPLIT Soil Science KMITL

ALTITUDE : 818.0 METER

LATITUDE : 42.57 DEGREES (+=N.-=S)

PHS : .1E+07 CM

CROP : ONIONS

PLANTING DATE

YEAR : 1971

MONTH : 4

DAY : 1

GROWING SEASON : 150 DAYS

INITIAL STAGE : 15 DAYS

CROP DEVEL. STAGE : 25 DAYS

MID SEASON STAGE : 70 DAYS KC = .95

END SEASON STAGE : 40 DAYS KC AT THE LAST DAY = .75

BETA (OR C) : .50

CRIT. FRACTION : .35

TOTAL LEAF AREA INDEX

--DAY--	--LAI--
1	.10
15	.25
40	3.00
60	4.00

EP CALCULATED WITH ADAPTED TANNER AND JURY METHOD

INPUT FOR WATER BALANCE MODELS REQUESTED

---

1 ********** YEAR 1971 **********

DATE	DAY	ETO (MM/DAY)	KC	ETCRM (MM/DAY)	ESOIL (MM/DAY)	TRANSP (MM/DAY)	LAI	RAIN (MM/DAY)
1/ 6	62	5.40	.95	5.13	.51	4.62	4.00	.00
2/ 6	63	5.20	.95	4.94	.39	4.55	4.00	.00
3/ 6	64	2.80	.95	2.66	.26	2.40	4.00	5.30
4/ 6	65	3.50	.95	3.33	.26	3.06	4.00	23.00
5/ 6	66	2.00	.95	1.90	.23	1.67	4.00	1.00
6/ 6	67	2.20	.95	2.09	.20	1.89	4.00	.10
7/ 6	68	5.60	.95	5.32	.47	4.85	4.00	.00
8/ 6	69	2.90	.95	2.76	.30	2.46	4.00	1.00
9/ 6	70	2.40	.95	2.28	.21	2.07	4.00	18.50
10/ 6	71	1.40	.95	1.33	.16	1.17	4.00	13.60
11/ 6	72	2.30	.95	2.18	.19	1.99	4.00	1.90
12/ 6	73	4.10	.95	3.89	.40	3.50	4.00	.00
13/ 6	74	3.00	.95	2.85	.21	2.64	4.00	43.50
14/ 6	75	3.50	.95	3.33	.27	3.06	4.00	7.90
15/ 6	76	3.90	.95	3.71	.33	3.37	4.00	.00
16/ 6	77	4.90	.95	4.66	.44	4.22	4.00	.00
17/ 6	78	4.30	.95	4.09	.38	3.71	4.00	.00

18/ 6	79	5.00	.95	4.75	.39	4.36	4.00	.00
19/ 6	80	6.00	.95	5.70	.53	5.17	4.00	.00
20/ 6	81	6.20	.95	5.89	.57	5.32	4.00	.00
21/ 6	82	6.30	.95	5.99	.59	5.39	4.00	.00
22/ 6	83	6.30	.95	5.99	.60	5.39	4.00	.00
23/ 6	84	5.50	.95	5.22	.44	4.79	4.00	.00
24/ 6	85	2.90	.95	2.76	.23	2.52	4.00	10.00
25/ 6	86	2.50	.95	2.38	.27	2.11	4.00	18.20
26/ 6	87	2.00	.95	1.90	.19	1.71	4.00	4.30
27/ 6	88	4.30	.95	4.09	.44	3.65	4.00	.00
28/ 6	89	6.40	.95	6.08	.56	5.52	4.00	.00
29/ 6	90	7.00	.95	6.65	.57	6.08	4.00	.00
30/ 6	91	7.60	.95	7.22	.57	6.65	4.00	.00
		-----		-----	-----	-----		
TOTAL :		127.4		121.0	11.1	109.9		

ตารางที่ ๕ ผลเพิ่มเติมสำหรับ Water balance model

.00	.51	4.62	-.10E+07	62	1971	6 1
.00	.39	4.55	-.10E+07	63	1971	6 2
5.30	.26	2.40	-.10E+07	64	1971	6 3
23.00	.26	3.06	-.10E+07	65	1971	6 4
1.00	.23	1.67	-.10E+07	66	1971	6 5
.10	.20	1.89	-.10E+07	67	1971	6 6
.00	.47	4.85	-.10E+07	68	1971	6 7
1.00	.30	2.46	-.10E+07	69	1971	6 8
18.50	.21	2.07	-.10E+07	70	1971	6 9
13.60	.16	1.17	-.10E+07	71	1971	6 10
1.90	.19	1.99	-.10E+07	72	1971	6 11
.00	.40	3.50	-.10E+07	73	1971	6 12
43.50	.21	2.64	-.10E+07	74	1971	6 13
7.90	.27	3.06	-.10E+07	75	1971	6 14
.00	.33	3.37	-.10E+07	76	1971	6 15
.00	.44	4.22	-.10E+07	77	1971	6 16
.00	.38	3.71	-.10E+07	78	1971	6 17
.00	.39	4.36	-.10E+07	79	1971	6 18
.00	.53	5.17	-.10E+07	80	1971	6 19
.00	.57	5.32	-.10E+07	81	1971	6 20
.00	.59	5.39	-.10E+07	82	1971	6 21
.00	.60	5.39	-.10E+07	83	1971	6 22
.00	.44	4.79	-.10E+07	84	1971	6 23
10.00	.23	2.52	-.10E+07	85	1971	6 24
18.20	.27	2.11	-.10E+07	86	1971	6 25
4.30	.19	1.71	-.10E+07	87	1971	6 26
.00	.44	3.65	-.10E+07	88	1971	6 27
.00	.56	5.52	-.10E+07	89	1971	6 28
.00	.57	6.08	-.10E+07	90	1971	6 29
.00	.57	6.65	-.10E+07	91	1971	6 30

ตารางที่ ๖: Crop coefficient (kc) สำหรับพืชไร่ (field) และพืชผัก (vegetable) สำหรับในระยะการเติบโตต่างๆ และสภาพภูมิอากาศต่างๆ (Doorenbos and Pruitt, 1977). kc - coefficient related to ET with grass as a reference surface.

Crop	Humidity	RHmin >70%		RHmin <20%	
	Wind m/sec	0-5	5-8	0-5	5-8
	Crop stage				
All field crops	initial 1	Use Fig 2			
	crop dev. 2	by interpolation			
Artichokes (perennial mid-season	3	.95	.95	1.0	1.05
clean cultivated) at harvest					
or maturity	4	.9	.9	.95	1.0
Barley	3	1.05	1.1	1.15	1.2
	4	.25	.25	.2	.2
Beans (green)	3	.95	.95	1.0	1.05
	4	.85	.85	.9	.9
Beans (dry)	3	1.05	1.1	1.15	1.2
Pulses	4	.3	.3	.25	.25
Beets (table)	3	1.0	1.0	1.05	1.1
	4	.9	.9	.95	1.0
Carrots	3	1.0	1.05	1.1	1.15
	4	.7	.75	.8	.85
Castorbeans	3	1.05	1.1	1.15	1.2
	4	.5	.5	.5	.5

(CONTINUE..)

Celery	3	1.0	1.05	1.1	1.15
	4	.9	.95	1.0	1.05
Corn (sweet)	3	1.05	1.1	1.15	1.2
(maize)	4	.95	1.0	1.05	1.1
Corn (grain)	3	1.05	1.1	1.15	1.2
(maize)	4	.55	.55	.6	.6
Cotton	3	1.05	1.15	1.2	1.25
	4	.65	.65	.65	.7
Crucifers (cabbage,	3	.95	1.0	1.05	1.1
caulifloweer, broccoli,	4	.80	.85	.9	.95
Brussels sprout)					
Cucumber	3	.9	.9	.95	1.0
Fresh market	4	.7	.7	.75	.8
Machine harvest	4	.85	.85	.95	1.0
Egg plant	3	.95	1.0	1.05	1.1
(aubergine)	4	.8	.85	.85	.9
Flax	3	1.0	1.05	1.1	1.15
	4	.25	.25	.2	.2
Grain	3	1.0	1.05	1.1	1.15
	4	.3	.3	.25	.25
Lentil	3	1.05	1.1	1.15	1.2
	4	.3	.3	.25	.25
Lettuce	3	1.05	1.1	1.15	1.2
	4	.9	.9	.9	1.0
Melons	3	.95	.95	1.0	1.05
	4	.65	.65	.75	.75
Millet	3	1.0	1.05	1.1	1.15
	4	.3	.3	.25	.25

(CONTINUE..)

Oats mid-season	3	1.05	1.1	1.15	1.2
harvest/	4	.25	.25	.2	.2
maturity					
Onion (dry)	3	.95	.95	1.05	1.1
	4	.75	.75	.8	.85
(green)	3	.95	.95	1.0	1.05
	4	.95	.95	1.0	1.05
Peanuts	3	.95	1.0	1.05	1.1
(Groundnuts)	4	.55	.55	.6	.6
Peas	3	1.05	1.1	1.15	1.2
	4	.95	1.0	1.05	1.1
Peppers (fresh)	3	.95	1.0	1.05	1.1
	4	.8	.85	.85	.9
Potato	3	1.05	1.1	1.15	1.2
	4	.7	.7	.75	.75
Radishes	3	.8	.8	.85	.9
	4	.75	.75	.8	.85
Safflower	3	1.05	1.1	1.15	1.2
	4	.25	.25	.2	.2
Sorghum	3	1.0	1.05	1.1	1.15
	4	.5	.5	.55	.55
Soybeans	3	1.0	1.05	1.1	1.15
	4	.45	.45	.45	.45
Spinach	3	.95	.95	1.0	1.05
	4	.9	.9	.95	1.0
Squash	3	.9	.9	.95	1.0
	4	.7	.7	.75	.8
Sugarbeet	3	1.05	1.1	1.15	1.2
	4	.9	.95	1.0	1.0
no irrigation last month	4	.6	.6	.6	.6

(CONTINUE..)

Sunflower	3	1.05	1.1	1.15	1.2
	4	.4	.4	.35	.35
Tomato	3	1.05	1.1	1.2	1.25
	4	.6	.6	.65	.65
Wheat	3	1.05	1.1	1.15	1.2
	4	.25	.25	.2	.2

NB : Many cool season crops cannot grow in dry, hot climates. Values of kc are given for latter conditions since they may occur occasionally, and result in the need for higher kc values, especially for tall rough.

ตารางที่ ๑ Length of growing season and crop development stages

Artichokes Perennial, replanted every 4-7 years; example Coastal California with planting in April 40/40/250/30 and (360); subsequent crops with crop growth cutback to ground level in late spring each year at end of harvest or 20/40/220/30 and (310).

Barley Also wheat and oats; varies widely with variety; wheat Central India November planting 15/25/50/30 and (120); early spring sowing, semi-arid, 35-45 latitudes and November planting Rep. of Korea 20/25/60/30 and (135); wheat sown in July in East African highlands at 2 500 m altitude and Rep. of Korea 15/30/65/40 and (150).

Beans (green) February and March planting California desert and Mediterranean 20/30/30/10 and (90); August-September planting California desert, Egypt, Coastal Lebanon 15/25/25/10 and (75).

Beans (dry) Continental climates late spring planting Pulses 20/30/40/20 and (110); June planting Central California and West Pakistan 15/25/35/20 and (95); longer season varieties 15/25/50/20 and (110).

Beets (table) Spring planting Mediterranean 15/25/20/10 and (70); early spring planting Mediterranean 25/35/40/20 and (120); up to 30/40/60/20 and (150) for late winter planting.

Carrots Warm season of semi-arid to arid climates 20/30/30/20 and (100); for cool season up to 20/30/80/20 and (150); early spring planting. Mediterranean 25/35/40/20 and (120); up to 30/40/60/20 and (150) for late winter planting.

Castorbeans Seme-arid climates, spring planting 25/40/65/50 and (180).

Celery Pre-cool season planting seme-arid 25/40/95/20 and (180); cool season 30/55/105/20 and (210); gumid Mediterranean mid-season 25/40/45/15 and (125).

Corn (maize) (sweet)	Philippines, early March planting (late dry season) 20/20/30/10 and (80); late spring planting Mediterranean 20/25/25/10 and (80); late cool season planting dsert climates 20/30/30/10 and (90); early cool season planteng desert climates 20/30/50/10 and (110).
Corn (maize) (grains)	Spring planting East African highlands 30/50/60/40 and (180); late cool season planting, warm desert climates 25/40/45/30 and (140); Jume planting sub-humid Migeria, early October India 20/35/40/30 and (125); early April Planting Southern Spain 30/40/50/30 and (150).
Cotton	March planting Egypt, April-May planting Pakistan, September planting South Arabia 30/50/60/55 and (195); spring planting, machine harvested Texas 30/50/55/45 and (180).
Crucifers	Wide range in length of season due to varietal differences; spring planting Mediterranean and continental climates 20/30/20/10 and (80); late winter planting Mediterranean 25/35/25/10 and (95); autumn planting Coastal Mediterranean 30/35/90/40 and (195).
Cucumber	June planting Egypt, August-October California desert 20/30/40/15 and (105); spring planting semi-arid and cool season arid climates, low desert 25/35/50/20 and (130).
Egg plant	Warm winter desert climates 30/40/40/20 and (130); late spring-early summer planting Mediterranean 30/45/40/25 and (140).
Flax	Spring planting cold winter climates 25/35/50/40 and (150); pre-cool season planting Arizona low desert 30/40/100/50 and (220).
Grain, small	Spring planting Mediterranean 20/30/60/40 and (150); October-November planting warm winter climates; Pakistan and low deserts 25/35/65/40 and (165).
Lentil	Spring planting in cold winter climates 20/30/60/40 and (150); pre-cool season planting warm winter climates 25/35/70/40 and (170).
Lettuce	Spring planting Mediterranean climates 20/30/15/10 and (75) and late winter planting 30/40/25/10 and (105); early cool season low desert climates from 25/35/30/10 and (100); late cool season planting, low deserts 35/50/45/10 and (140).

Melons Late spring planting Mediterranean climates 25/35/40/20 and (120); mid-winter planting in low desert climates 30/45/65/20 and (160).

Millet June planting Pakistan 15/25/40/25 and (105); central plains U.S.A. spring planting 20/30/55/35 and (140).

Oats See Barley.

Onion (dry) Spring planting Mediterranean climates 15/25/70/40 and (150); pre-warm winter planting semi-arid and arid desert climates 20/35/110/45 and (210).

(green) Respectively 25/30/10/5 and (70) and 20/45/20/10 and (95).

Peanuts (groundnuts) Dry season planting West Africa 25/35/45/25 and (130); late spring planting Coastal plains of Lebanon and Israel 35/45/35/25 and (140).

Peas Cool maritime climates early summer planting 15/25/35/15 and (90); Mediterranean early spring and warm winter desert climates planting 20/25/35/15 and (95); late winter Mediterranean planting 25/30/30/15 and (100).

Peppers Fresh - Mediterranean early spring and continental early summer planting 30/35/40/20 and (125); cool coastal continental climates mid - spring planting 25/35/40/20 and (120); pre - warm winter planting desert climates 30/40/110/30 and (210).

Potato (Irish) Full planting warm winter desert climates 25/30/30/20 and (105); late winter planting arid and semi-arid climates and late spring - early summer planting continental climate 25/30/45/30 and (130); early-mid spring planting central Europe 30/35/50/30 and (145); slow mergence may increase length of inital period by 15 days during cold spring.

Radishes Mediterranean early spring and continental summer planting 10/10/15/5 and (35); coastal Mediterranean late winter and warm winter desert climates planting 10/10/15/5 and (40).

Safflower Central California early-mid spring planting 20/35/45/25 and (125) and late winter planting 25/35/55/30 and (145); warm winter desert climates 35/55/60/40 and (190).

Sorghum Warm season desert climates 20/30/40/30 and (120); mid-June planting Pakistan, May in mid-West U.S.A. and Mediterranean 20/35/40/30 and (130).

Soybean	May planting Central U.S.A. 20/35/60/25 and (140); May-June planting California desert 20/30/60/25 and (135); Philippines late December planting, early dry season-dry: 15/15/40/15 and (85);vegetables 15/15/30/ - and (60); early-mid June planting in Japan 20/25/75/30 and (150).
Spinach	Spring planting Mediterranean 20/20/15/5 and (60); September-October and late winter planting Mideterranean 20/20/25/5 and (70); warm winter desert climates 20/30/40/10 and (100).
Sqyash (winter) pumpkin	Late winter planting Medierranean and warm winter desert climates 20/30/30/15 and (95); August planting California desert 20/35/30/25 and (110); early June planting maritime Europe 25/35/35/25 and (120).
Squash (zucchini) crookneck	Spring planting Mediterranean 25/35/25/15 and (100+); early summer Mediterranean and maritime Europe 20/30/25/15 and (90+); winter planting warm desert 25/35/25/15 and (100).
Sugarbeet	Coastal Lebanon, mid-November planting 45/75/80/30 and (230); early summer planting 25/35/50/50 and (160); early spring planting Uruguay 30/45/60/45 and(180); late winter planting warm winter desert 35/60/70/40 and (205).
Sunflower	Spring planting Medeterranean 25/35/45/25 and (130); early summer planting California desert 20/35/45/25 and (125).
Tomato	Warm winter desert climates 30/40/40/25 and (135); and late autumn 35/45/70/30 and (180); spring planting Mediterrandean climates 30/40/45/30 and (145).
Wheat	See Barley.

<u>หมายเหตุ</u> 30/40/40/25 คือ ระยะเวลาในช่วงระยะการเติบโตต่างๆ ระยะแรกเริ่ม ระยะเจริญพืช ระยะกลางฤดู ระยะปลายฤดู ตามลำดับ (135) คือ ระยะเวลาในการเจริญเติบโตทั้งหมด

เอกสารอ้างอิง

วิบูลย์ บุญยธโรกุล. ๒๕๒๖. หลักการชลประทาน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร. ๒๗๔ หน้า.

Black, C.A. 1957. Soil-Plant Relationships. Dep. of Agronomy, Iowa State College, Ames, Iowa. John Wiley & Sons. 50-56 pp.

Wrigley, Gordon. 1971. Tropical Agriculture, The Development of Production. Ebenezer Baylis & Son Ltd. Worcester. 57-95 pp.

ภาคผนวก

โปรแกรม ET.EXE

โปรแกรม ET.EXE เป็นโปรแกรมเมนูหลักที่เขียนขึ้นมาด้วยภาษา C ทำการคอมไพล์โดยคอมไพเลอร์ TURBOC ของบริษัท Borland

ตัวโปรแกรมจะทำการจัดการเกี่ยวกับหน้าจอ การเลือกเมนูย่อยต่างๆ โดยจะมีการเชื่อมโยงกับโปรแกรมต่างๆ ดังนี้

๑.โปรแกรม VTHAI.COM ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ใช้เป็นเวอร์ชั่น ๒.๒๕ ซึ่งจะทำการจัดการเกี่ยวกับภาษาไทย โดยใช้รหัสของสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม

๒.โปรแกรม SEE.COM ซึ่งจัดการในเมนูย่อย HELP เป็นโปรแกรมดูแฟ้มข้อมูล

๓.โปรแกรม ETSPLIT1.EXE ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นจากภาษา FORTRAN ทำการคอมไพล์ด้วยคอมไพเลอร์ Microsoft Fortran77 เวอร์ชั่น ๓.๓เป็นโปรแกรมทำการคำนวณค่าทั้งหมด

การแก้ไขโปรแกรม ETSPLIT.FOR

เมื่อ run program ต้นฉบับ ETSPLIT.FOR พบว่ายังมีความผิดพลาดหลายอย่าง จึงได้ทำการแก้ไข และบันทึกไฟล์ ใช้ชื่อใหม่ว่า "ETSPLIT1.FOR"

ปัญหาและการแก้ไข

1. เมื่อ run program เกิด error กับไฟล์ Climatological Data

ตรวจสอบ program

พบว่า เมื่อเปิดไฟล์ Climatological Data สำหรับอ่านข้อมูลแล้ว ไม่มีการตรวจสอบ end-of-file จึงทำให้ไม่มีการปิดไฟล์แม้จะอ่านข้อมูลหมดไฟล์แล้วเป็นเหตุทำให้เกิด error กับไฟล์ดังกล่าว

แก้ไขโดย ตรวจข้อมูลที่อ่าน หากพบข้อมูลว่างเปล่าจะให้ทำการปิดไฟล์

การแก้ไข

เพิ่มเติมบรรทัดที่ 411

2. ข้อมูลในไฟล์ Water Balance Model มีข้อมูลอยู่เพียง 1 บรรทัด

ตรวจสอบ program

พบว่า การเปิด file Water Balance Model เพื่อการเขียนนี้ ได้ทำการเปิดไฟล์อยู่ใน loop ทำให้เกิดการเปิดไฟล์ซ้ำ และเขียนข้อมูลทับตำแหน่งเดิม คือ บรรทัดที่ 1 จนกว่าจะปิดไฟล์ เป็นเหตุให้ file Water Balance Model นี้มีข้อมูลเก็บไว้เพียง 1 บรรทัด ซึ่งเป็นข้อมูลสุดท้าย

การแก้ไข

ยกเลิกบรรทัดที่ 482

เพิ่มเติมบรรทัดที่ 122

3. ข้อมูลในไฟล์ Standard Output และ Water Balance Model ยังไม่ถูกต้อง

ตรวจสอบ program

3.1 พบว่า มีการกำหนดให้วันแรกของการแสดงผลข้อมูล เป็นวันที่ 1 ซึ่งความจริงจะต้องกำหนดให้วันแรกที่ทำการปลูกพืช เป็นวันที่ 1

การแก้ไข

เพิ่มเติมบรรทัดที่ 410

3.2 การเปรียบเทียบทางตรรกไม่ถูกต้อง

การแก้ไข

ยกเลิกบรรทัดที่ 459

เพิ่มเติมบรรทัดที่ 461

4. ในการ run program ก่อนที่จะจบ program จะเกิดการหยุดในลักษณะถูก BREAK

ตรวจสอบ program

ใน program มีคำสั่ง STOP ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดการหยุดการทำงาน

การแก้ไข

ยกเลิกบรรทัดที่ 528

จากการแก้ไข ข้อ 1-4 ทำให้ program ETSPLIT1.FOR ประมวลผลได้อย่างถูกต้อง แต่เนื่องจาก program นี้ มีการแสดงผลข้อมูลในไฟล์ Standard Output เกินกว่า 80 คอลัมน์ ซึ่งทำให้ไม่สะดวกในการพิมพ์ผลออกสู่กระดาษ และเพื่อความสะดวกในการใช้ program ETSPLIT1.FOR ร่วมกับ program ET ที่เขียนด้วยภาษาซี จึงได้ทำการแก้ไขบางส่วนใน program ETSPLIT1.FOR ต่อไป

5. การแสดงผลลัพธ์ของ file Standard Output ไม่สะดวกที่จะพิมพ์ออกกระดาษเพราะมีขนาดเกินกว่า 80 คอลัมน์

การแก้ไข

ยกเลิกบรรทัดที่	87 - 88	เพิ่มเติมบรรทัดที่	90 - 91
		เพิ่มเติมบรรทัดที่	246
ยกเลิกบรรทัดที่	258	เพิ่มเติมบรรทัดที่	260 - 261
ยกเลิกบรรทัดที่	266 - 267	เพิ่มเติมบรรทัดที่	269 - 270
ยกเลิกบรรทัดที่	301 - 306	เพิ่มเติมบรรทัดที่	308 - 313

6. การอ่านข้อมูลในไฟล์ Chart มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นได้ เมื่อข้อมูลในชุดข้อมูลที่ 13 ถูกป้อนไม่ครบ 4 บรรทัด

ตรวจสอบ program

เดิมที การป้อนข้อมูลให้กับไฟล์ Chart ในหัวข้อที่ 13 ถ้าข้อมูลมีไม่ถึง 4 บรรทัด จะต้องปิดด้วย เส้นปิด คือ ">>>>>>>>>>" แต่เมื่อใช้ program ET ช่วยในการป้อนข้อมูล ทำให้หัวข้อนี้ถูกกำหนดบรรทัดไว้แน่นอน 4 บรรทัด ดังนั้นถ้าข้อมูลมีไม่ถึง 4 บรรทัด บรรทัดที่ว่างอยู่จะถูกอ่านค่า 0 เข้าไปทำการคำนวณ เพราะยังไม่ได้ถูกปิดด้วยเส้นปิด

ได้ทำการแก้ไข โดยการกำหนดเงื่อนไขเพิ่มเติมให้ค่าที่อ่านได้จาก field DAY หากมีค่าเป็น 0 ให้ถือเสมือนว่าพบเส้นปิด

การแก้ไข

เพิ่มเติมบรรทัดที่ 203, 211, 217 - 219

7. เมื่อ run program ETSPLIT1 ผ่านทาง program ET ต้องการให้แสดง ผลออกทางจอภาพได้

ตรวจสอบ program

เนื่องจาก program ทั้ง 2 ไม่ได้ link เข้าด้วยกัน จึงไม่สามารถส่งชื่อไฟล์ ที่ผู้ใช้ป้อนเมื่อ run program ETSPLIT1 กลับมายัง program ET ได้

ดังนั้นจึงได้กำหนดไฟล์สำหรับแสดงผลที่แน่นอน คือ ไฟล์ "OUTPUT.ETS" ให้ program ET เรียกไฟล์นี้ออกแสดงผล เมื่อ run program ETSPLIT1 ผ่าน program ET ในขณะเดียวกันในส่วนของ program ETSPLIT1 ก็ต้อง แก้ไขให้มีการสำเนา file Standard Output ให้กับ ไฟล์ "OUTPUT.ETS"

การแก้ไข

เพิ่มเติมบรรทัดที่ 515 -521

```
D Line# 1  7                    Microsoft FORTRAN77 V3.30 March 1985
   1 ************************************************************************
   2 C
   3 C    PROGRAM : ETSPLIT1.FOR
   4 C    LAST UPDATED 13.04.94
   5 C
   6 C    KUN KAEWKEN AND RUNGSIRI UDOMPORNTAWEE
   7 C    DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE    FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
   8 C    KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
   9 C    LADKRABANG   BANGKOK   10520
  10 C    THAILAND
  11 C
  12 C    UPDATE FROM.....
  13 C    PROGRAM : ETSPLIT
  14 C    LAST UPDATED 24.04.86
  15 C
  16 C    K.U.LEUVEN
  17 C    LABORATORY OF SOIL AND WATER ENGINEERING
  18 C    KARDINAAL MERCIERLAAN 92
  19 C    B-3030 HEVERLEE
  20 C    BELGIUM
  21 C
  22 C************************************************************************
  23 C                VARIABLES AND MATRICES
  24 C************************************************************************
  25 C
  26      INTEGER IDAY(50),PDATEY,PDATEM,PDATED,PDATEN,NTOT(13),ENDY
  27      REAL TLAI(50),LAI,DIF(50),KC3,KC4,KC1,LAT
  28      CHARACTER*16 NAME
  29      CHARACTER*64 FNAME1, FNAME2, FNAME3, FNAME9
  30      CHARACTER*72 KK , ZONE*80 ,STAT*66
  31 C
  32      DATA NTOT/0,31,59,90,120,151,181,212,243,273,304,334,365/
  33 C
  34 C************************************************************************
  35 C                  PROGRAM INPUT
  36 C************************************************************************
  37 C
  38 C--ABBREVIATIONS : ----------------------------------
  39 C
  40 C      STAT      : ADRESS OF THE METEOROLOGICAL STATION
  41 C      ALT       : ALTITUDE (M) ABOVE SEA LEVEL
  42 C      DLA       : DEGREES LATITUDE (+=NORTH,-=SOUTH)
```

```
C       ISPLIT     : SPLIT SELECTION CODE
C       IOUTP      : OUTPUT SELECTION CODE
C       PHS        : MIN. ALLOWABLE PRESSURE HEAD AT SOIL SURFACE (CM)
C       NAME       : CROP TYPE
C       PDATEY     : PLANTING DATE (YEAR)
C       PDATEM     : PLANTING DATE (MONTH)
C       PDATED     : PLANTING DATE (DAY)
C       PDATEN     : PLANTING DATE (DAYNUMBER)
C       LGROW      : LENGTH OF GROWING SEASON (DAYS)
C       BETA       : COEFFICIENT OF THE EQ. : EXP(BETA*LAI)
C       FRACRI     : CRITICAL FRACTION
C       KC3        : KC FACTOR OF MID SEASON STAGE
C       KC4        : KC FACTOR AT THE END OF THE RIPENING STAGE
C       FAC        : MULTIPLICATION FACTOR (-) (ESOIL=FAC*FRAC*ETCRM)
C       NLAI       : NUMBER OF LAI-OBSERVATIONS
C            J = 1,NLAI
C            IDAY(J)   : DAY OF J-TH LAI OBSERVATION
C            TLAI(J)   : LAI OBSEVATION OF J-TH OBSERVATION
C
C
C****READING OF PROGRAM INPUT****----------------------------
C
 2808 format (a)
 2809 format (a,\)
 2810 format (a64)
      write (*,2808) ' '
      write (*,2808) ' ETSPLIT programme'
      write (*,2808) ' '
      write (*,2809) ' Input Chart         : Enter File Name ==> '
      read  (*,2810) FNAME2
      write (*,2809) ' Climatological Data : Enter File Name ==> '
      read  (*,2810) FNAME1
      write (*,2809) ' Standard Output     : Enter File Name ==> '
      read  (*,2810) FNAME3

C
      OPEN (1,FILE =FNAME1,STATUS='OLD')
      OPEN (2,FILE =FNAME2,STATUS='OLD')
      OPEN (3,FILE =FNAME3,STATUS='NEW')
C
      CALL INPUT (ZONE,KK)
      STAT= KK(3:68)

```

```
 86 CC***************** EDIT ***********************************************
 87 CC      WRITE(3,50)
 88 CC      WRITE(3,60) STAT
 89 CC****************** TO ************************************************
 90       WRITE(3,14)
 91       WRITE(3,15)
 92 CC***************************************************************************
 93
 94       CALL INPUT (ZONE,KK)
 95       READ(ZONE,4) ALT
 96       WRITE(3,30) ALT
 97       CALL INPUT (ZONE,KK)
 98       READ(ZONE,4) LAT
 99       WRITE(3,31) LAT
100       CALL INPUT (ZONE,KK)
101       READ(ZONE,4) RRRR
102       ISPLIT=RRRR
103       IF(ISPLIT.GT.2) THEN
104       WRITE(3,10)
105       STOP
106       END IF
107       CALL INPUT (ZONE,KK)
108       DO 150 I=59,68
1 109       IF(KK(I:I).EQ.'Y') IOUTP=2
1 110       IF(KK(I:I).EQ.'N') IOUTP=1
1 111   150 CONTINUE
112       IF(IOUTP.GT.2) THEN
113       WRITE(3,11)
114       STOP
115       END IF
116       CALL INPUT (ZONE,KK)
117       IF(IOUTP.EQ.2) THEN
118       write(*,2809) ' Input Water Balance Models : Enter File Name ==> '
119       read (*,2810) FNAME9
120
121 CC***************** EDIT ***********************************************
122       OPEN(9,FILE = FNAME9,STATUS = 'NEW')
123 CC***************************************************************************
124
125       READ(ZONE,4) PHS
126       PHS=-ABS(PHS)
127       WRITE(3,34) PHS
128       END IF
```

```
129     CALL INPUT (ZONE,KK)
130     NAME=KK(53:68)
131     WRITE(3,35) NAME
132     CALL INPUT (ZONE,KK)
133     READ(ZONE,4) RRRR
134     PDATEY=RRRR
135     CALL INPUT (ZONE,KK)
136     READ(ZONE,4) RRRR
137     PDATEM=RRRR
138     CALL INPUT (ZONE,KK)
139     READ(ZONE,4) RRRR
140     PDATED=RRRR
141     WRITE(3,36) PDATEY,PDATEM,PDATED
142     IF(PDATEM.GT.12) THEN
143     WRITE(3,12)
144     STOP
145     END IF
146     IF(PDATED.GT.31) THEN
147     WRITE(3,12)
148     STOP
149     END IF
150     CALL INPUT (ZONE,KK)
151     READ(ZONE,4) RRRR
152     LGROW=RRRR
153     WRITE(3,37) LGROW
154     CALL INPUT (ZONE,KK)
155     READ(ZONE,4) RRRR
156     IPER1=RRRR
157     CALL INPUT (ZONE,KK)
158     READ(ZONE,4) RRRR
159     IPER2=RRRR
160     CALL INPUT (ZONE,KK)
161     READ(ZONE,4) RRRR
162     IPER3=RRRR
163     CALL INPUT (ZONE,KK)
164     READ(ZONE,4) KC3
165     CALL INPUT (ZONE,KK)
166     READ(ZONE,4) RRRR
167     IPER4=RRRR
168     CALL INPUT (ZONE,KK)
169     READ(ZONE,4) KC4
170     IDAY2=IPER1+1
171     IDAY3=IDAY2+IPER2
```

```
172      IDAY4=IDAY3+IPER3
173      WRITE(3,40) IPER1,IPER2,IPER3,KC3,IPER4,KC4
174      DK2=KC4-KC3
175      IF(IPER4.NE.0)THEN
176      RKC34=DK2/IPER4
177      END IF
178      CALL INPUT (ZONE,KK)
179      READ(ZONE,4) BETA
180      WRITE(3,38) BETA
181      CALL INPUT (ZONE,KK)
182      IF(ISPLIT.NE.2) THEN
183      READ(ZONE,4) FRACRI
184      WRITE(3,39) FRACRI
185      END IF
186      CALL INPUT (ZONE,KK)
187      IF(ISPLIT.EQ.2) THEN
188      READ(ZONE,4) FAC
189      WRITE(3,41) FAC
190      END IF
191      WRITE(3,42)
192      I=0
193  160 READ(2,2) KK
194      IF(KK(15:19).NE.'>>>>>') THEN
195          IF(KK(72:72).NE.'N') THEN
196              GO TO 160
197          ELSE
198              I=I+1
199              WRITE(ZONE,5) KK(44:48),KK(59:68)
200              READ(ZONE,6) RDAY,TLAI(I)
201
202 CC*************** EDIT ********************************************
203              IF(RDAY .NE. 0) THEN
204 CC*************************************************************************
205
206              IDAY(I)=RDAY
207              WRITE(3,43) IDAY(I),TLAI(I)
208              GO TO 160
209
210 CC*************** EDIT ********************************************
211              END IF
212 CC*************************************************************************
213
214          END IF
```

```
215
216 CC********** EDIT ******************************************
217           IF(RDAY .EQ. 0) THEN
218              NLAI = I-1
219           END IF
220 CC*************************************************************
221
222       ELSE
223       NLAI=I
224       END IF
225       DO 170 I=2,NLAI
1 226  170  DIF(I)=(TLAI(I)-TLAI(I-1))/(IDAY(I)-IDAY(I-1))
227       IF(ISPLIT.EQ.1) WRITE(3,32)
228       IF(ISPLIT.EQ.2) WRITE(3,33)
229       IF(IOUTP.EQ.2) WRITE(3,46)
230       WRITE(3,15)
231 C****INITIALISATIONS****_____________________________
232 C
233       IT=1
234       SMET0=0.
235       SMETC=0.
236       SMTRA=0.
237       SMESO=0.
238       N=1
239 C
240 C
241 C
242 C****FORMATS****_____________________________
243 C
244
245 CC********** EDIT ******************************************
246   1   FORMAT(A79)
247 CC*************************************************************
248
249   2   FORMAT(A72)
250   4   FORMAT(BN,E10.0)
251   5   FORMAT(A5,A10)
252   6   FORMAT(BN,F5.0,F10.0)
253   10  FORMAT(/,' ERROR : WRONG INPUT IN UNIT 4 OR WRONG CODES')
254   11  FORMAT(/,' ERROR : WRONG INPUT IN UNIT 5 OR WRONG CODES')
255   12  FORMAT(/,' ERROR : WRONG INPUT IN UNIT 7 OR WRONG CODES')
256
257 CC********** EDIT ******************************************
```

```
258 CC  15  FORMAT(130('-'))
259 CC***************** TO ********************************************
260   14  FORMAT(' ETSPLIT     Soil Science      KMITL',/)
261   15  FORMAT(79('-'))
262 CC*****************************************************************
263   27  FORMAT(F10.2,10X,2F10.2,10X,E10.2,2X,I3,1X,I4,1X,I2,1X,I2)
264
265 CC***************** EDIT ******************************************
266 CC  28  FORMAT(1X,I2,'/',I2,4X,I3,6X,F5.2,6X,F4.2,6X,F5.2,11X,F5.2,12X,
267 CC     $F5.2,11X,F5.2,11X,F5.2)
268 CC***************** TO ********************************************
269   28  FORMAT(1X,I2,'/',I2,2X,I3,3X,F5.2,3X,F4.2,4X,F5.2,5X,F5.2,7X,
270     $F5.2,4X,F5.2,5X,F5.2)
271 CC*****************************************************************
272
273   30  FORMAT(' ALTITUDE        : ',F10.1,'  METER')
274   31  FORMAT(' LATITUDE        : ',F10.2,'  DEGREES (+=N,-=S)')
275   32  FORMAT(//,' EP CALCULATED WITH ADAPTED TANNER AND JURY METHOD')
276   33  FORMAT(//,' EP CALCULATED AS A FRACTION OF ETCROPM')
277   34  FORMAT(' PHS              : ',E10.1,'  CM            ')
278   35  FORMAT(' CROP             : ',5X,A16)
279   36  FORMAT(' PLANTING DATE     '/,
280     $      '   YEAR         : ',6X,I4,/,
281     $      '   MONTH        : ',6X,I4,/,
282     $      '   DAY          : ',6X,I4)
283   37  FORMAT(' GROWING SEASON   : ',I10,'  DAYS')
284   38  FORMAT(' BETA  ( OR C )   : ',F10.2)
285   39  FORMAT(' CRIT. FRACTION   : ',F10.2)
286   40  FORMAT(/ ,' INITIAL STAGE     :  ',I3,' DAYS  '/,
287     &          ' CROP DEVEL. STAGE :  ',I3,' DAYS',/,
288     &          ' MID SEASON STAGE  :  ',I3,' DAYS     KC = ',F5.2,/,
289     &          ' END SEASON STAGE  :  ',I3,' DAYS     KC AT THE LAST DA
290     &Y =',F5.2,//)
291   41  FORMAT(' F-FACTOR         : ',F10.2)
292   42  FORMAT(/,'  TOTAL LEAF AREA INDEX '/,
293     $        ' --DAY--   --LAI--')
294   43  FORMAT(1X,3X,I3,7X,F4.2)
295   44  FORMAT(1X,I4,1X,I2,1X,I2,1X,F5.1,1X,F6.1,1X,F5.1,1X,F6.1,3X,I3)
296   45  FORMAT(1X,I4,1X,I2,1X,I2,14X,F5.1,1X,F6.1,3X,I3)
297   46  FORMAT(//,' INPUT FOR WATER BALANCE MODELS REQUESTED')
298   47  FORMAT('1',1X,'************ YEAR ',I4,' ************',//)
299
300 CC***************** EDIT ******************************************
```

```
      CC 48 FORMAT(//,2X,'DATE',2X,' DAY ',2X,'ETO(MM/DAY)  KC '
      CC    $,2X,'ETCRM(MM/DAY)'
      CC    $ ,3X,'ESOIL(MM/DAY)',3X,'TRANSP(MM/DAY)',3X,' LAI    ',
      CC    $3X,'RAIN(MM/DAY)',/)
      CC 49 FORMAT(//,1X,18X,'----',17X,'----',11X,'----',12X,'----',
      CC    $//,1X,'TOTAL :',10X,F6.1,16X,F6.1,10X,F6.1,11X,F6.1)
      CC****************** TO ********************************************
       48 FORMAT(//,' DATE DAY   ETO   KC   ETCRM   ESOIL',
         $'   TRANSP   LAI   RAIN',/,
         $'          (MM/DAY)      (MM/DAY)  (MM/DAY)',
         $'  (MM/DAY)        (MM/DAY)',/)
       49 FORMAT(//,14X,'----',11X,'----',5X,'----',7X,'----',
         $//,1X,'TOTAL :',5X,F6.1,10X,F6.1,4X,F6.1,6X,F6.1)
      CC*************************************************************************

       50 FORMAT('1',
         &16('E'),4X,14('T'),8X,12('S'),4X,16('P'),4X,4('L'),19X,5(T),
         &8X,14('T'),/,' ',
         &16('E'),4X,14('T'),6X,14('S'),4X,16('P'),4X,4('L'),19X,5(T),
         &8X,14('T'),/,' ',
         &8('E'),17X,4('T'),10X,5('S'),14X,4('P'),8X,4('P'),4X,4('L'),
         &19X,5(T),13X,4('T'),/,' ',
         &8('E'),17X,4('T'),11X,5('S'),13X,4('P'),8X,4('P'),4X,4('L'),
         &19X,5(T),13X,4('T'),/,' ',
         &12('E'),13X,4('T'),14X,5('S'),10X,16('P'),4X,4('L'),19X,5(T)
         &,13X,4('T'),/,' ',
         &12('E'),13X,4('T'),16X,5('S'),8X,16('P'),4X,4('L'),19X,5(T),
         &13X,4('T'),/,' ',
         &8('E'),17X,4('T'),19X,5('S'),5X,4('P'),16X,4('L'),19X,5(T),
         &13X,4('T'))
       60 FORMAT(' ',
         &8('E'),17X,4('T'),20X,5('S'),4X,4('P'),16X,4('L'),19X,5(T),
         &13X,4('T'),/,' ',
         &16('E'),9X,4('T'),10X,14('S'),5X,4('P'),16X,16('L'),7X,5(T),
         &13X,4('T'),/,' ',
         &16('E'),9X,4('T'),10X,12('S'),7X,4('P'),16X,16('L'),7X,5(T),13X
         &,4('T'),///,
         &130('-'),//,
         &      ' ADDRESS          : ',A66)
      C
      C
      C*************************************************************************
      C                    START OF CALCULATIONS
```

```
344 C*****************************************************************
345 C
346       write(*,2808) ' '
347       write(*,2808) ' Running ...      '
348       write(*,2808) ' '
349 C
350 C  ABBREVIATIONS :
351 C
352 C    NYEAR      : YEAR
353 C    MONTH      : ID.
354 C    NDAY       : DAY (1-31)
355 C    TEMP       : MEAN DAILY TEMPERATURE (DEDREE CELSIUS)
356 C    RN         : NET RADIATION (MM/DAY)
357 C    ET0        : REFERENCE ET (MM/DAY)
358 C    RAIN       : RAINFALL(MM)
359 C    -----
360 C    ETCRM      : MAXIMUM ET-CROP (MM/DAY)
361 C    ESOIL      : SOIL EVAPORATION (MM/DAY)
362 C    TRANSP     : PLANT TRANSPIRATION (MM/DAY)
363 C    GAMMA      : PSYCHROMETRIC CONSTANT (MBAR/C)
364 C    DELTA      : SLOPE OF VAPOUR PRESSURE-TEMP-CURVE(MBAR/C)
365 C    L          : LATENT HEAT OF VAPORIZATION (J/G)
366 C    APRESS     : ATMOSPHERIC PRESSURE (MBAR)
367 C    SMET0      : SUMMATION VARIABLE OF ET0
368 C    SMETC      :    "       "    " ETCRM
369 C    SMTRA      :    "       "    " TRANSP
370 C    SMESO      :    "       "    " ESOIL
371 C    ENDY       : DAYNUMBER OF 31 DECEMBER OF PLANTING YEAR
372 C
373 C
374 C---CALCULATE ATMOSPHERIC PRESSURE-------------------------
375 C
376       APRESS=1013. - 0.1093*ALT
377 C
378 C---CALCULATE DAYNUMBER OF PLANTING DATE-------------------
379 C
380       LEAP = 0
381       IF(MOD(PDATEY,4).EQ.0) LEAP=1
382       M=PDATEM
383       III=PDATED+NTOT(M)
384       IF(M.GT.2) III=III+LEAP
385       PDATEN=III
386       NODAY=PDATEN
```

```
387       ENDY=365.+LEAP
388 C
389 C---PRINT YEAR  & TABLE HEADING----------
390 C
391       IYEAR=PDATEY
392       WRITE(3,47) IYEAR
393       WRITE(3,48)
394
395 C=========================================================
396 C                   LOOP
397 C            CALCULATIONS PER DAY
398 C=========================================================
399 C
400 C------ READ CLIMATOLOGICAL INPUT (DAY BY DAY)----------
401 C
402   200 IF(ISPLIT.EQ.1) THEN
403       READ(1,44)NYEAR,MONTH,NDAY,TEMP,RN,ET0,RAIN
404       IF (RN.EQ.0.0) RN = 1.0E-05
405       ELSE
406       READ(1,45)NYEAR,MONTH,NDAY,ET0,RAIN
407       END IF
408
409 CC********** EDIT ******************************************
410       IT = NTOT(MONTH)+NDAY-NTOT(M)
411       IF (NYEAR .EQ. 0) GOTO 1000
412 CC*************************************************************
413
414 C---CALCULATION OF LAI----------
415 C
416       ILAI=2
417   350  IF(IT.LE.IDAY(1)) THEN
418          LAI=TLAI(1)
419       ELSE IF(IT.LE.IDAY(ILAI)) THEN
420          LAI=TLAI(ILAI-1)+DIF(ILAI)*(IT-IDAY(ILAI-1))
421       ELSE
422          ILAI=ILAI+1
423          IF(ILAI.GT.NLAI) THEN
424          LAI=TLAI(NLAI)
425          ELSE
426          GO TO 350
427          END IF
428       END IF
429 C
```

```
C---CALCULATION OF MAX. ET-CROP----------
C
      IF(IT.LT.IDAY3) THEN
          KC1=1.
          IF(IT.LT.IDAY2) THEN
             RKC=KC1
          ELSE
             DK1=KC3-KC1
             RKC13=DK1/IPER2
             RKC=KC1+(IT-IDAY2+1)*RKC13
          END IF
      ELSE IF(IT.LT.IDAY4) THEN
          RKC=KC3
      ELSE
          RKC=KC3+(IT-IDAY4+1)*RKC34
      END IF
      ETCRM=ET0*RKC
C
C
C---SPLITTING  OF MAXIMUM CROP EVAPOTRANSPIRATION----------
C
      FRAC=EXP(-BETA*LAI)
      IF(ISPLIT.NE.1) GO TO 600
      DELTA=2.*((0.00738*TEMP+0.8072)**7.)-0.00116
      L=(595.-0.51*TEMP)*4.1855
      GAMMA=1.61452*APRESS/L
      W=DELTA/(DELTA+GAMMA)
CC********** EDIT **********************************************
CC    IF(FRAC.GT.FRACRI) THEN
CC********** TO **********************************************
      IF(FRAC.GE.FRACRI) THEN
CC*************************************************************
      RATIO=ETCRM/(W*RN)
      ALFAE=RATIO-(RATIO-1.)*(1.-FRAC)/(1.-FRACRI)
      ELSE
      ALFAE=1.
      END IF
      ESOIL=ALFAE*W*RN*FRAC
      IF(ESOIL.LT.0.0) ESOIL=0.0
      TRANSP=ETCRM-ESOIL
      GO TO 700
```

```
473   600 ESOIL=FAC*FRAC*ETCRM
474       TRANSP=ETCRM-ESOIL
475   700 CONTINUE
476 C
477 C----PRINT CALCULATED VALUES----------
478 C
479       IF(IOUTP.EQ.2) THEN
480
481 CC*********** CANCEL ***********************************************
482 CC    OPEN (9,FILE =FNAME9,STATUS='NEW')
483 CC*****************************************************************
484
485       WRITE(9,27) RAIN,ESOIL,TRANSP,PHS,IT,IYEAR,MONTH,NDAY
486       END IF
487       WRITE(3,28) NDAY,MONTH,IT,ET0,RKC,ETCRM,ESOIL,TRANSP,LAI,RAIN
488 C
489 C ----SUMMATION----
490 C
491       SMET0=SMET0+ET0
492       SMETC=SMETC+ETCRM
493       SMTRA=SMTRA+TRANSP
494       SMESO=SMESO+ESOIL
495 C ----------
496       IF(IT.EQ.LGROW) GO TO 1000
497       NODAY=NODAY+1
498       IT=IT+1
499       IF(NODAY.GT.ENDY) THEN
500       NODAY=1
501       IYEAR=IYEAR+1
502       WRITE(3,47) IYEAR
503       WRITE(3,48)
504       END IF
505       GO TO 200
506 C========== E N D  O F  L O O P ==========
507   1000 CONTINUE
508       WRITE(3,49) SMET0,SMETC,SMESO,SMTRA
509       IF(IOUTP.EQ.2) close(9)
510       close(1)
511       close(2)
512       close(3)
513
514 CC*********** EDIT ***********************************************
515       OPEN (3,FILE =FNAME3,STATUS='OLD')
```

```
   516      OPEN (4,FILE ='OUTPUT.ETS',STATUS='NEW')
   517  1111 READ(3,1) ZONE
   518      WRITE(4,1) ZONE
   519      IF(ZONE(8:8).NE.':') GOTO 1111
   520      CLOSE(3)
   521      CLOSE(4)
   522 CC*****************************************************************
   523
   524      write(*,2809) ' Ended      '
   525      write(*,2809) ' '
   526
   527 CC***************** CANCEL ****************************************
   528 CC   STOP
   529 CC*****************************************************************
   530
   531      END
```

```
Name    Type        Offset P Class

ABS                   INTRINSIC
ALFAE  REAL          5100
ALT    REAL          1102
APRESS REAL          4988
BETA   REAL          1270
DELTA  REAL          5080
DIF    REAL          472
DK1    REAL          5064
DK2    REAL          1262
ENDY   INTEGER*4     5012
ESOIL  REAL          5104
ET0    REAL          5040
ETCRM  REAL          5072
EXP                   INTRINSIC
FAC    REAL          1278
FNAME1 CHAR*64        755
FNAME2 CHAR*64        691
FNAME3 CHAR*64        819
FNAME9 CHAR*64        1126
FRAC   REAL          5076
FRACRI REAL          1274
GAMMA  REAL          5088
I      INTEGER*4     1118
IDAY   INTEGER*4      20
```

IDAY2 INTEGER*4 1250
IDAY3 INTEGER*4 1254
IDAY4 INTEGER*4 1258
III INTEGER*4 5000
ILAI INTEGER*4 5048
IOUTP INTEGER*4 1122
IPER1 INTEGER*4 1226
IPER2 INTEGER*4 1230
IPER3 INTEGER*4 1234
IPER4 INTEGER*4 1242
ISPLIT INTEGER*4 1114
IT INTEGER*4 1294
IYEAR INTEGER*4 5016
KC1 REAL 5056
KC3 REAL 1238
KC4 REAL 1246
KK CHAR*72 963
L INTEGER*4 5084
LAI REAL 5052
LAT REAL 1106
LEAP INTEGER*4 4992
LGROW INTEGER*4 1222
M INTEGER*4 4996
MOD INTRINSIC
MONTH INTEGER*4 5024
N INTEGER*4 1314
NAME CHAR*16 1194
NDAY INTEGER*4 5028
NLAI INTEGER*4 1286
NODAY INTEGER*4 5008
NTOT INTEGER*4 420
NYEAR INTEGER*4 5020
PDATED INTEGER*4 1218
PDATEM INTEGER*4 1214
PDATEN INTEGER*4 5004
PDATEY INTEGER*4 1210
PHS REAL 1190
RAIN REAL 5044
RATIO REAL 5096
RDAY REAL 1282
RKC REAL 5060
RKC13 REAL 5068
RKC34 REAL 1266

```
RN     REAL         5036
RRRR   REAL         1110
SMESO  REAL         1310
SMET0  REAL         1298
SMETC  REAL         1302
SMTRA  REAL         1306
STAT   CHAR*66      1035
TEMP   REAL         5032
TLAI   REAL          220
TRANSP REAL         5108
W      REAL         5092
ZONE   CHAR*80       883


  532 C=================================================================
  533       SUBROUTINE INPUT (ZONE,KK)
  534       CHARACTER*72 KK , ZONE*80
  535  1    READ(2,2) KK
  536  2    FORMAT(A72)
  537       IF(KK(72:72).EQ.'N') THEN
  538       WRITE(ZONE,3) KK(59:68)
  539  3    FORMAT(A10)
  540       ELSE IF(KK(72:72).EQ.'C') THEN
  541       GO TO 4
  542       ELSE
  543       GO TO 1
  544       END IF
  545  4    CONTINUE
  546       RETURN
  547       END

Name    Type       Offset P Class

KK     CHAR*72          4 *
ZONE   CHAR*80          0 *


Name    Type         Size   Class

INPUT                        SUBROUTINE
MAIN                         PROGRAM
 Pass One    No Errors Detected
         547 Source LINES
```