

(2) การทดสอบในแปลง (validation): เพื่อให้ทราบถึงปัญหาที่จะเกิดขึ้นแล้วนำไปปรับปรุง โดยการระบบเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ Notebook และนำไปใช้ที่ร่มใกล้กับแปลงถั่วเหลือง จะมีการอธิบายแบบสั้นๆ ถึงวิธีการใช้ให้กับกลุ่มนักศึกษา แล้วให้นักศึกษาเก็บตัวอย่างและบันทึกสภาพบางประการในแปลงที่จำเป็นในการตอบปัญหาแล้วนำไปตรวจสอบอาการกับระบบ

Confidence mode:(ค่าความเชื่อมั่น)

เนื่องจากระบบผู้เชี่ยวชาญสร้างขึ้นมาโดยอาศัยหลักเกณฑ์ของความชำนาญ จึงอาจมีความไม่แน่นอนเข้าเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจของผู้ให้คำแนะนำ ระบบจึงต้องมีการประมาณค่าความเชื่อมั่นกำกับผลที่ได้รับ ใน EXSYS มีระบบการให้ความเชื่อมั่นหลายรูปแบบ สำหรับค่าที่ใช้ใน TSOYDIS นี้จะเป็น 0-10 ถ้าในกฎใดมีคำตอบของอาการมีค่าเท่ากับ 0 หรือ 10 ผลลัพธ์สุดท้ายจะมีค่าต่ำสุดหรือสูงสุดของอาการดังกล่าวเป็น 0 หรือ 10 ส่วนอาการอื่นๆที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 10 จะเป็นค่าเฉลี่ยจากหลายกฎโดยอาการที่มีค่าสูงสุดแสดงถึงความเป็นไปได้มากที่สุด

การทดสอบผล

ในการที่จะใช้ระบบวินิจฉัยนั้นจะต้องมีการแก้ไขไฟล์ WIN.INI โดยการเอา Fonts ที่ไม่แสดงภาษาไทยออก แล้วใช้ RUN TSOYDIS หลังจากอ่านคำแนะนำผู้ใช้จะตอบคำถาม ซึ่งหลักการทั่วไปก็คือผู้ใช้ต้องพยายามวินิจฉัยในเบื้องต้นว่าอาการที่เห็นควรอยู่ในหัวข้อใดในข้อหนึ่งดังนี้

1). ในหน้าจอที่สองให้ผู้ใช้เลือกหัวข้อของอาการของพืชที่เห็นซึ่งมีดังนี้:

ลักษณะทั่วไปของถั่ว

1. มีใบเหี่ยวเฉาจากส่วนบนลงไปเกือบทั้งต้นหรือกำลังจะตาย
2. ถั่วงอก หรือต้นอ่อนเหี่ยวหรือเน่าตาย
3. ไม่มีอาการเหี่ยวตายของต้น แต่มีเพียงบางก้านใบหรือบางส่วนของใบย่อยที่เหี่ยวตาย
4. ใบมีสีหรือรูปร่างผิดปกติแต่ไม่มีอาการใบเหี่ยวหรือตายก่อนกำหนดและต้นไม่แคระแกรน
5. ต้นแคระแกรน ส่วนใบหรือรากอาจจะปกติหรือผิดปกติ
6. ฝักและเมล็ดมีสีผิดปกติก่อนเก็บเกี่ยว

อาการที่เลือกจะนำไปสู่การวินิจฉัยของโรคในแต่ละกลุ่ม หน้าจอที่สามจะมีอาการคล้ายจอหน้าที่สองแต่จะละเอียดกว่าและจะถูกนำไปใช้ในกฎอื่นๆ การเลือกทั้งสองครั้งจะต้องตรงกัน มิฉะนั้นจะนำไปสู่คำตอบที่ผิด

ในตัวอย่างนี้จะเลือกข้อ 4

2). คำถามต่อไปคือ

ต้นถั่วมีใบส่วนใหญ่เล็กกว่าหรือมีรูปร่างผิดปกติมาก ? ใช่, ไม่ใช่

ในตัวอย่างนี้จะเลือก: ไม่ใช่

3). คำถามต่อไปคือ

ต้นถั่วมีความสูงน้อยกว่าปกติมากหรือโตช้า ? ใช่, ไม่ใช่

ในตัวอย่างนี้จะเลือก: ไม่ใช่

คำถามที่ 2 และ 3 จะตรวจว่าต้นแคระแกรนหรือไม่

4). คำถามต่อไปคือ

รูปร่างทั่วไปของใบกล้วยจะมี-

1. ผิวขรุขระและขนาดของใบอาจจะเล็กหรือใหญ่กว่าปกติ
2. ขอบใบโค้งไปมาหรือรูปร่างผิดปกติมาก
3. ขอบใบห่อเหมือนถ้วย(ไม่มีใบแมลง)
4. โครงสร้างทั่วไปปกติ(ไม่รวมสี)

ในตัวอย่างจะเลือกข้อ 4

ณ จุดนี้ระบบจะสรุปว่าแผลเป็นเกิดจากโรคทางใบ

5). คำถามต่อไปคือ

แผลที่ผิวหนังบนของใบโดยทั่วไปจะมี -

1. ลักษณะเหมือนผิวใบพุพองหรือมีแผลเป็นทางคดๆ
2. ไม่มีลักษณะผิวพุพองดังกล่าว

ในตัวอย่างตอบว่า: ไม่มีลักษณะผิวพุพองดังกล่าว

คำถามนี้จะแยกอาการที่เกิดจากแมลงออกจากอาการที่ไม่ใช่แมลงในตัวอย่างตอบว่า: ไม่มีลักษณะผิว

พุพองดังกล่าว

6). คำถามต่อไปคือ

มีจุดศูนย์กลาง(ไม่รวมถึงใบรา)ที่ได้ผิวใบหรือไม่ (ต้องดูด้วยแว่นขยาย) ? มี, ไม่มี

ในตัวอย่างตอบว่า: มี

7). คำถามต่อไปคือ

ขอบแผลมีสีเหลืองชัดเจน ? ใช่, ไม่ใช่

ในตัวอย่างตอบว่า: ไม่ใช่

8). คำถามต่อไปคือ

50% ถ้วยเหลือง

1. มีอายุตั้งแต่ออกถึงระยะสามใบเถาใบที่สามเริ่มจะคลี่ออก (<V3)
2. มีระยะตั้งแต่สามใบเถาใบที่สามแผ่ออกแต่ยังไม่ออกดอก (<R1)
3. มีระยะเริ่มตั้งแต่ออกดอกถึงระยะที่ 50% ต้นมีฝักสีน้ำตาล (R7)
4. ไม่โผล่เหนือดิน (Emergence)

ในตัวอย่างเลือกข้อ 2

9). คำถามต่อไปคือ

ลักษณะเฉพาะของแผลที่ใบคือ (เนื่องจากมีหลายข้อ จึงเลือกมาเฉพาะข้อมาแสดง)

1. มีสีเขียวอ่อนหรือเหลืองส่วนใหญ่มีขนาด 1-5 มม^๒ ที่ผิวหนังบนในระยะแผลยังไม่แก่และรูปร่างไม่แน่นอน ส่วนด้านล่างจะมีสีเทาหรือม่วงอ่อนของใบเรื่อรา (เห็นชัดด้วยแว่นขยาย)
2. เป็นจุดสีน้ำตาลโดยที่ผิวด้านบนจะมีสีเข้ม แต่ผิวด้านล่างสีไม่เข้าและจะมีจุดศูนย์กลางลักษณะเป็นขุยๆ (ใช้แว่นขยายจะเห็นรูปร่างเป็นตุ่มเล็กๆติดกัน)แต่ไม่มีขอบสีเหลือง
3. ใบที่ส่วนล่างของต้น(มักมีบางส่วนมีสีเหลือง)แผลที่ผิวด้านล่างเป็นจุดศูนย์กลางมีสีน้ำตาล และมักอยู่ติดกันมีลักษณะเหมือนแป้ง เมื่อถูกับกระดาษขาวจะเห็นรอยสนิม หรือเวลาเคาะมักจะเห็นตะอองสปอร์

4. แผลที่ยังไม่แก่สุดจะเหมือนกับข้อ 1 ข้างต้น ส่วนแผลเก่าที่ด้านบนมีแผลสีน้ำตาลหลายแผลหรือแผลเดี่ยวเกิดที่ใบตื้นหรือบางส่วนหรือทั้งหมด ส่วนด้านล่างมีใบราสีเทาหรือน้ำตาล(เห็นชัดด้วยแว่นขยาย)

ในตัวอย่างเลือกข้อ 2

10). คำถามต่อไปคือ

ตำแหน่งใบที่มีสีเปลี่ยนโดยทั่วไปเริ่มจาก

1. ใบส่วนล่างขึ้นไป(ใบแก่)
2. ใบบนหรือใบส่วนกลางที่ยังไม่แก่

ในตัวอย่างเลือกข้อ 1

ผลของการวินิจฉัยจะให้คำแนะนำวิธีการควบคุมอาการที่เกิดขึ้น (เฉพาะอาการที่มีวิธีการควบคุมที่ได้ผล) และในกรณีที่มีรูปก็จะแสดงรูปภาพประกอบ และผลลัพธ์สุดท้ายคือแสดงชื่ออาการต่างๆซึ่งในตัวอย่างข้างต้นได้ผลดังต่อไปนี้

*โรคราสนิม- Rust	9
*โรคใบจุดนูน- Bacterial Pustule	1
อาการของพืชที่เห็นน่าจะเกิดจากโรคทางใบหรือก้านใบที่รูปร่างใบปกติ	
Choice with highest value = Rust	
picture of a chosen value = RUSTLUT.PCX	

ผลที่ได้แสดงว่าอาการที่เกิดน่าจะเป็นราสนิมมากที่สุด โอกาสที่จะเป็นโรคใบจุดนูนมีน้อยมาก บันทึกที่สามแสดงกลุ่มของอาการ ส่วนบันทึกสุดท้ายเป็นชื่อไฟล์ของรูปภาพ

ถึงแม้ว่าระบบนี้ได้ผ่านการทดสอบในภาคสนามมาไม่มาก แต่ผู้พัฒนาระบบการวินิจฉัยรุ่นที่หนึ่งนี้มีความเชื่อมั่นว่าสามารถวินิจฉัยอาการที่สำคัญได้ด้วยความแม่นยำที่สูง เนื่องจากระบบการวินิจฉัยโรคนี้เป็นรุ่นที่หนึ่งที่พัฒนาขึ้นมาในระยะเวลาที่จำกัดจึงไม่สามารถจะรวบรวมอาการทั้งหมดที่เคยเกิดขึ้นกับถั่วเหลืองที่ปลูกในประเทศไทย และเนื่องจากการสร้างระบบฐานข้อมูลในแบบ Rule-based ต้องการข้อมูลที่ค่อนข้างละเอียด การพัฒนาระบบให้สมบูรณ์จึงค่อนข้างลำบากและใช้เวลามาก จึงจะต้องมีการปรับปรุงทั้งชนิดของอาการและวิธีการควบคุมอาการในแต่ละพันธุ์ที่ใช้ในการผลิต ผู้พัฒนาหวังว่าจะมีผู้เชี่ยวชาญในสาขาอื่นๆที่ทำงานเกี่ยวกับถั่วเหลืองจะให้คำแนะนำและข้อมูลเพิ่มเติมในอนาคตเพื่อพัฒนาระบบนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และยังคงมีการทดสอบจากผู้ใช้อีกด้วย

สรุป

ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการวินิจฉัยอาการโรคถั่วเหลืองที่ได้พัฒนาขึ้นมาได้รวบรวมอาการบางส่วน ของโรคและคล้ายโรคจะช่วยเสริมความคล่องตัวในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับอาการที่เกิดขึ้นให้แก่เกษตรกรและการเกษตรและนักวิจัยที่ไม่ชำนาญโรคพืช ระบบจะสมบูรณ์มากขึ้นถ้าสามารถรวบรวมอาการต่างๆที่ปลูก ถั่วเหลืองอื่นๆพร้อมกับมีคำแนะนำถึงวิธีการควบคุมหรือป้องกันให้ผู้ใช้ด้วย

คำขอบคุณ

การพัฒนาแบบวินิจฉัยโรคนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการงานวิจัยการระบาดของโรคทางใบของถั่วเหลืองที่ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว) ผู้วิจัยขอขอบคุณ สกว ไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- EXSYS Professional for Windowed environments. EXSYS Inc. Albuquerque, NM.
- Holt, D. A. 1985. Computers in production agriculture. Science 228:422-427.
- McKinion, J. M., and H. E. Lemmon. 1985. Expert system for agriculture. Comput. Electron. Agric.1:31-40.
- Michalski, R. S., J. H. Davis, V. S. Bisht, and J. B. Sinclair. 1983. A computer-based advisory system for diagnosing soybean diseases in Illinois. Plant Dis. 67:459-463.
- ICRISAT(International Crop Research institute of the Semi-Arid Tropics). 1994. ICRISAT Now Sowing for the future. April 1994. Andhra pradesh, India. 88pp.
- Sinclair, J.B., and P.A. Backman. 1989. Compendium of soybean diseases. APS press, 3rd. edition
- Waterman, D. A. 1986. A guide to expert systems. Addison-Wesley publishing Co., Inc., Reading, MA.

คู่มือการใช้ TSOYDIS

An expert system for diagnosis of soybean diseases in Thailand
ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับวินิจฉัยโรคถั่วเหลืองในประเทศไทย
(Version 1)

สุนทร บุรณะวิริยะกุล
สมบัติ ศรีสูงค์

Agronomy Department Plant pathology Department and Multiple Cropping
Center Chiang Mai University
Chiang Mai, Thailand

คำนำ

ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการวินิจฉัยโรคผิวหนังนี้ได้พัฒนาขึ้นมาโดยใช้ shell EXSYS Profession ของบริษัท EXSYS Inc. ซึ่งเป็น shell ที่ใช้วิธี rule-based expert system ที่เรียนแบบการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ

เนื่องจากความตั้งใจของการพัฒนาระบบวินิจฉัยโรคผิวหนังก็เพื่อความรวดเร็วในการแก้ปัญหาจึงต้องการให้ผู้ใช้สามารถนำติดตัวไปใช้ในที่ต่างๆ โดยการติดตั้งไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์แบบกระเป๋า(NoteBook) ถึงแม้ว่าระบบนี้สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้ใช้นำไปใช้ในสถานที่ที่มีปัญหา แต่การใช้ NoteBook บางยี่ห้ออาจมีปัญหาอ่านหน้าจอไม่ชัดเจนเมื่อใช้ในที่แจ้ง ดังนั้นจึงต้องนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ในที่ร่มที่ใกล้จุดที่มีปัญหามากที่สุด หรือถ้าจำเป็นต้องใช้วิธีการนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ในที่สำนักงานก็สามารถทำได้แต่ต้องระวังการเก็บตัวอย่าง ถ้าอาการเป็นที่ใบควรระวังไม่ให้ใบเหี่ยว และก่อนที่จะนำตัวอย่างไปวินิจฉัยผู้ใช้ควรสำรวจผิวหนังใน แปลงทดลองหรือในไร่แล้วบันทึกข้อมูลต่อไป (ข้อ 1-5 จะใช้กับอาการที่เกิดขึ้นกับใบเท่านั้น)

- 1) อาการเกิดต่อเนื่องหรือไม่ หมายถึงการที่อาการเกิดขึ้นติดต่อกันต่อเนื่องกันซึ่งอาจกินบริเวณกว้างหรือเป็นข้อมๆ
 - 2) อาการที่เกิดมีทิศทางของความรุนแรงหรือไม่จากทิศทางใดทางหนึ่งโดยเฉพาะจากขอบแปลง
 - 3) อาการที่เกิดมีความเหมือนกันหรือคล้ายคลึงกันมากระหว่างใบของต้นที่แสดงอาการ โดยการเปรียบเทียบระหว่างต้นและใบที่อยู่ในตำแหน่งเดียวกันนับจากยอดหรือจากโคนต้น
 - 4) มีการใช้สารเคมีควบคุมโรคหรือแมลงหรือไม่ เมื่อไร
 - 5) ตรวจค้นด้วยหลายๆต้นว่าอาการที่เกิดบนใบเกิดที่ส่วนไหนก่อน
 - 6) ต้นมีลักษณะกระแจะแกรนหรือไม่โดยดูจากความสูงหรือขนาดของใบโดยรวม และลักษณะการกระจายตัวของต้นแถวเหลืองที่แสดงอาการ ต้องตรวจอาการที่รากด้วย ถ้ามีอาการต้องนำไปด้วย
 - 7) บริเวณที่แสดงอาการเป็นแฉ่งหรือน้ำขังหรือไม่ หรือดินมีความชื้นนานกว่าบางที่หรือไม่
 - 8) ถ้าต้นเหี่ยวหรือตายก็ควรตรวจสอบรากด้วย
-

อุปกรณ์ การติดตั้งและวิธีการของระบบการวินิจฉัยของ TSOYDIS

- A. เครื่องคอมพิวเตอร์: 1) IBM compatible PC or NoteBook, 486DX หรือสูงขึ้นไป 2) Window 3.xx, 4MB Ram(ต่ำสุด) สามารถติดตั้งระบบ Windows3.xx กับ Windows 97 ได้ในเครื่องเดียวกัน โดยใช้ชื่อ path ใหม่สำหรับ Windows 3.xx 3) Color monitor
- B. การติดตั้งและวิธีการใช้ระบบการวินิจฉัยโรค 1). ติดตั้ง Runtime program คือ EXSYSP.EXE, EXSYSP.LGO, EXSYSP.HLP และมีโปรแกรม ที่เกี่ยวข้องอีก 14 ไฟล์ คือพวก *.DLL ใน Windows โดยการสร้าง subdirectory เช่น WEXSYS ในระบบการวินิจฉัยโรคผิวหนังซึ่งประกอบด้วยไฟล์ TSOYDIS.TXT, TSOYDIS.RUL, TSOYDIS.CMD, TSOYDIS.HYT, TSOYDIS.SCR, TSOYDIS.OUT, TSOYDIS.OU1, และ TSOYDIS.NBK ไฟล์เหล่านี้ถูก zip ไว้ใน TSOYEXS.ZIP ส่วน picture files(*.PCX) ซึ่งเป็นรูปถ่ายของอาการต่างๆ ไฟล์เหล่านี้ถูก zip ไว้ใน TDATA1.ZIP และ text files(*.DAT) ที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับการแนะนำการพ่นสารเคมีและการจัดการอื่นๆของโรคที่สำคัญ ไฟล์เหล่านี้ถูก zip ไว้ใน DISPIC1.ZIP และ DISPIC2.ZIP ใช้โปรแกรมเช่น PKZIP.exe unzip ไฟล์ลงใน Subdirectory ที่มี

Runtime program เสร็จแล้วสร้าง Runtime icon 2). สร้าง batch file (WIEX.bat) สำหรับเรียกใช้ Windows (WIN.INI ที่ได้ดัดแปลงใหม่) ซึ่งมีคำสั่งดังนี้

```
COPY C:\WINDOWS\WIN-MAS.INI C:\WINDOWS\WIN.INI
COPY C:\WINDOWS\WIN-EXP.INI C:\WINDOWS\WIN.INI
WIN
COPY C:\WINDOWS\WIN-MAS.INI C:\WINDOWS\WIN.INI
```

โดยที่ WIN-MAS.INI เป็น Backup of WIN.INI ดังนั้นในการติดตั้งระบบครั้งแรกจะต้อง copy WIN.INI เก็บไว้ใน WIN-MAS.INI ในกรณีที่เครื่อง hang หรือเครื่องดับโดยบังเอิญก่อนจะออกจาก Windows บรรทัดแรกของ batch file จะช่วยให้ไม่ต้อง copy WIN.INI ใหม่ ถ้าไม่สร้างเองก็ copy WIEX.bat ที่มีคำสั่งข้างต้น WIN-EXP.INI คือ WIN.INI ที่ถูกดัดแปลงให้มีแค่ Thai Fonts เท่านั้น เมื่อต้องการจะใช้ระบบก็พิมพ์ WIEX 3). เมื่อเลือก Runtime icon แล้วเปิดชื่อไฟล์ TSOYDIS

4). Click ที่ Runtime Expert system ระบบการวินิจฉัยจะเริ่มขึ้นโดยจะแสดงคำถามเกี่ยวกับระบบต่างๆซึ่งมีข้อความดังต่อไปนี้ที่จะแสดงคำถามให้เลือก

ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการวินิจฉัยโรคกล้วยเหลืองรวบรวมอาการต่างๆที่เป็นอาการที่เกิดจากโรคกล้วยเหลืองเป็นส่วนใหญ่และบางอาการที่เกิดจากสาเหตุอื่นๆที่ดูเหมือนโรคที่เกิดในประเทศไทย แต่อาจจะมีอาการอื่นๆอีกที่ไม่ได้ปรากฏในระบบนี้เพราะไม่ได้มีการรายงานเนื่องจากว่าไม่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และไม่ได้เกิดในแปลงทดลอง ตัวเลขที่ปรากฏในแต่ละบรรทัดของผลลัพธ์เป็นค่าความเชื่อมั่นของความถูกต้องโดยใช้ระบบ 0-10 ค่า 10 เป็นค่าที่ถูกต้องที่สุด ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาการวินิจฉัยโรคบางส่วนได้มาจากโรคที่เกิดในแปลงทดลองที่ ม.ช แต่ส่วนใหญ่ได้มาจากหนังสือ Compendium of Soybean Diseases Edited by Sinclair and Backman(1989).

ระบบที่ใช้จะแบ่งการเจริญเติบโตออกเป็น ระยะต้นอ่อน(นับถึง V3) ระยะก่อนเจริญพันธุ์ และระยะเจริญพันธุ์ โดยถือเอาค่าประมาณ 50% ของต้นเป็นเกณฑ์(เปิด Notebook file, *.NBK ดูเป็นตัวอย่าง) ในการวิเคราะห์ถ้ามีต้นที่แสดงอาการเหี่ยวหรือตายผู้ใช้ควรเลือกว่าต้นนั้นมีอาการเหี่ยว แล้วทำการตรวจดูลำต้นและรากของต้นที่เหี่ยว และไม่เหี่ยวด้วยซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของโรคเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวินิจฉัยโรค ในระยะนี้มีฝักดำทั้งใบและฝักแสดงอาการของโรค ควรตอบคำถามของแต่ละส่วนแยกกัน ในทำนองเดียวกันบางครั้งอาจมีโรคมามากกว่าหนึ่งชนิดเกิดในบริเวณเดียวกัน การตอบคำถามควรดูผลของโรคเพียงชนิดเดียว และควรเลือกโรคที่สำคัญหรือมีความรุนแรงก่อนโดยเฉพาะโรคที่ทำให้ต้นตาย การตรวจโรคบางชนิดจะมีความแม่นยำมากขึ้นถ้าใช้แว่นขยายขนาดเล็กด้วย อย่างน้อยขยายได้ 10 เท่า ระบบนี้ควรอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ Notebook เพื่อนำไปใช้ในแปลงทดลองหรือในไร่นาเกษตรกรเนื่องจากว่าในบางขั้นตอนต้องการข้อมูลในสภาพที่เป็นจริง ถ้านำเพียงตัวอย่างมาตรวจอาจไม่สามารถตอบคำถามบางคำถามได้

เมื่ออ่านแล้วให้กดปุ่ม Continue

1). จอหน้าที่สองให้ผู้ใช้เลือกหัวข้อของอาการของพืชที่เห็นซึ่งมีดังนี้:

ลักษณะทั่วไปของตัว

1. มีใบเขียวแดงจากส่วนบนลงไปเกือบทั้งต้นหรือกำลังจะตาย
2. ถั่วงอก หรือต้นอ่อนเขียวหรือเน่าตาย
3. ไม่มีอาการเหี่ยวตายของต้น แต่มีเพียงบางก้านใบหรือบางส่วนของใบย่อยที่เหี่ยวตาย
4. ใบมีสีหรือรูปร่างผิดปกติแต่ไม่มีอาการใบเหี่ยวหรือตายก่อนกำหนดและต้นไม่แคระแกรน
5. ต้นแคระแกรน ส่วนใบหรือรากอาจจะปกติหรือผิดปกติ
6. ผักและเมล็ดมีสีผิดปกติก่อนเก็บเกี่ยว

อาการที่เลือกจะนำไปสู่การวินิจฉัยของโรคในแต่ละกลุ่ม

ในตัวอย่างนี้จะเลือกข้อ 4 ซึ่งจะรวมอาการที่เป็นโรคและไม่ใช่โรคที่เกิดบนใบ

2). คำถามต่อไปคือ

ต้นถั่วมีใบส่วนใหญ่เล็กกว่าหรือมีรูปร่างผิดปกติมาก ? ใช่, ไม่ใช่

ในตัวอย่างนี้จะเลือก: ไม่ใช่

3). คำถามต่อไปคือ

ต้นถั่วมีความสูงน้อยกว่าปกติมากหรือโตช้า ? ใช่, ไม่ใช่

ในตัวอย่างนี้จะเลือก: ไม่ใช่

4). คำถามต่อไปคือ

รูปร่างทั่วไปของใบถั่วเหลืองมี-

1. ผิวขรุขระและขนาดของใบอาจจะเล็กหรือใหญ่กว่าปกติ
2. ขอบใบโค้งไปมาหรือรูปร่างผิดปกติมาก
3. ขอบใบห่อเหมือนถ้วย(ไม่มีใบแมลง)
4. โครงสร้างทั่วไปปกติ(ไม่รวมสี)

ในตัวอย่างจะเลือกข้อ 4

ณ จุดนี้ระบบจะสรุปว่าผลเป็นเกิดจากโรคทางใบ

5). คำถามต่อไปคือ

ผลที่ผิวด้านบนของใบโดยทั่วไปจะมี -

1. ลักษณะเหมือนผิวใบพุพองหรือมีแผลเป็นทางคดๆ
2. ไม่มีลักษณะผิวพุพองคดงอ

คำถามนี้จะแยกอาการที่เกิดจากแมลงออกจากอาการที่ไม่ใช่แมลงในตัวอย่างตอบว่า: ไม่มีลักษณะผิวพุพองคดงอ

6). คำถามต่อไปคือ

มีจุดบนสีน้ำตาล(ไม่รวมถึงใบรา)ที่ได้ผิวใบหรือไม่ (ต้องดูด้วยแว่นขยาย) ? มี, ไม่มี

ในตัวอย่างตอบว่า: มี

7). คำถามต่อไปคือ

ขอบผลมีสีเหลืองชัดเจน ? ใช่, ไม่ใช่

ในตัวอย่างตอบว่า: ไม่ใช่

8). คำถามต่อไปคือ

50% ถ้าวเหลือง

1. มีอายุตั้งแต่แรกเกิดถึงระยะสามใบอ่อนของก้านที่สามเริ่มจะคลี่ออก ($\leq V3$)
2. มีระยะตั้งแต่สามใบอ่อนของก้านที่สามแผ่อกแต่ยังไม่ออกดอก ($< R1$)
3. มีระยะเริ่มตั้งแต่ออกดอกถึงระยะที่ 50% ต้นมีฝักสีน้ำตาล (R7)
4. ไม่โผล่เหนือดิน (Emergence)

ในตัวอย่างเลือกข้อ 2

9). คำถามต่อไปคือ

ลักษณะเฉพาะของผลที่ใบคือ (เนื่องจากมีหลายข้อ เลือกมาแสดงเฉพาะ 5 ข้อ)

1. มีสีเขียวอ่อนหรือเหลืองส่วนใหญ่มีขนาด 1-5 มม^๒ ที่ผิวด้านบนในระยะผลยังไม่แก่และรูปร่างไม่แน่นอน ส่วนด้านล่างจะมีสีเทาหรือม่วงอ่อนของไขเชื้อรา (เห็นชัดด้วยแว่นขยาย)
2. เป็นจุดสีน้ำตาลโดยที่ผิวด้านบนจะมีสีเข้ม แต่ผิวด้านล่างสีไม่เข้มและจะมีจุดบูนลักษณะเป็นขุย (ใช้แว่นขยายจะเห็นรูปร่างเป็นตุ่มเล็กๆติดกัน)แต่ไม่มีขอบสีเหลือง
3. ใบที่ส่วนล่างของต้น(มักมีบางส่วนมีสีเหลือง)ผลที่ผิวด้านล่างเป็นจุดบูนมีสีน้ำตาล และมักอยู่ติดกันมีลักษณะเหมือนแป้ง เมื่อถูกับกระดาษขาวจะเห็นรอยสนิม หรือเวลาเคาะมักจะเห็นละอองสปอร์
4. ผลที่ยังไม่แก่สุดจะเหมือนกับข้อ 1 ข้างต้น ส่วนผลเก่าที่ด้านบนมีผลสีน้ำตาลหลายผลหรือผลเดี่ยวเกิดทับสีเหลืองบางส่วนหรือทั้งหมด ส่วนด้านล่างมีใบราสีเทาหรือน้ำตาล(เห็นชัดด้วยแว่นขยาย)
5. มีสีน้ำตาลอ่อนและมีน้ำอับเล็กน้อยในระยะแรกแล้วจะแห้งและมีสีเหลืองบางๆ ล้อมรอบ ส่วนใบแก่ผลรวมกันใหญ่ขึ้นมีสีน้ำตาลเข้มและรูปร่างไม่แน่นอนและมักจะขาดวันหรือเป็นรู

ในตัวอย่างเลือกข้อ 2

10). คำถามต่อไปคือ

ตำแหน่งใบที่มีสีเปลี่ยนโดยทั่วไปเริ่มจาก

1. ใบส่วนล่างขึ้นไป(ใบแก่)
2. ใบบนหรือใบส่วนกลางที่ยังไม่แก่

ในตัวอย่างเลือกข้อ 1

ระบบจะแนะนำการควบคุมโรคที่ได้วินิจฉัย(ถ้ามี) สำหรับโรคราสนิมจะแสดงผลดังรูปที่ 1 เมื่อกดปุ่ม OK ระบบจะแสดงรูปภาพของอาการ(ถ้ามี ถ้าไม่มีก็จะเป็นจั่วว่าง) เมื่อตรวจดูรูปภาพแล้วกดปุ่ม OK แล้วจะแสดงผลของการวินิจฉัยดังรูปที่ 2 บรรทัดที่ 1 และ 2 คืออาการที่ได้ ในกรณีที่แสดงผลของอาการมากกว่าหนึ่งชนิดดังตัวอย่างข้างต้นนี้ ก็ให้ถือเอาอาการที่มีค่า Conf (เป็นค่าแสดงความเป็นไปได้)สูงสุดเป็นอาการที่น่าจะถูกต้องมากที่สุด บรรทัดที่ 3 เป็นผลสรุปกลุ่มของอาการที่ได้มาจากการตอบคำถาม ส่วนบรรทัดที่ 4 แสดงชื่อไฟล์ของรูปภาพของอาการ

ถ้าอาการตรงกับรูปภาพก็กดปุ่ม OK ระบบก็จะสิ้นสุด ถ้าอาการไม่ตรงกับภาพที่แสดงให้กดปุ่ม OK แล้วกลับไปเริ่มต้นเลือกใหม่

การควบคุมโรคราสนิม (Rust) :

- 1) ถ้าปลูกข้าวในช่วงที่มีโอกาสเกิดโรคราสนิมที่ภาคเหนือถ้าปลูกปลายเดือน กันยายน จนถึงกลางเดือนตุลาคม ควรพ่นสารเคมีโดยเริ่มพ่นเมื่อโรครามีค่าประมาณ 10% ถ้าโรคเกิดที่ 55 วันหลังปลูก(พันธุ์อายุสั้น หรือ 60 วัน(อายุยาว) ก็ไม่ต้องพ่น ควรพ่นทุก 9-13 วัน แล้วแต่ความรุนแรง สารเคมีที่มีผลคือ :
Mancozeb (Dithane M-45 80% WP) โดยผสมกับสาร ridomil 72% WP ในอัตรา 1/2 : 1/2 ถ้าหากมีโรครุนแรงพ่น 3-4 ครั้ง ถ้าไม่รุนแรงมากใช้ Dithane อย่างเดียวพ่น 2-3 ครั้ง (Mancozeb เป็นสารป้องกัน) ใช้อัตรา 35 ก/20 ลิตร
- 2) ถ้าข้าวเป็น โรคควรจะเผาทั้งหลังเก็บเกี่ยว
- 3) ถ้าวางพันธุ์มีความต้านทานโรคราสนิมได้พอสมควรถ้าปลูกไม่ตรงช่วงที่อากาศเหมาะสม (แต่ไม่มีพันธุ์ต้านทาน)

OK
Notebook

รูปที่ 1. หน้าจอแสดงคำแนะนำการควบคุมโรค

*โรคราสนิม- Rust	9
*โรคใบจุดนูน- Bacterial Pustule	1
อาการ ของพืชที่เห็นน่าจะเกิดจากโรคทางใบหรือก้านใบที่รูปร่างใบปกติ	
Choice with highest value = Rust	
picture of a chosen value = RUSTLUT.PCX	

OK
HOW
Change/Rerun
ALL

รูปที่ 2. อาการที่ได้จากการวินิจฉัย

การบันทึกข้อความและการตรวจที่มาของผล

ในกรณีที่ผู้ใช้มีความรู้หรือประสบการณ์เกี่ยวกับการจัดการโรคข้าวเหลืองแต่ละชนิดหรือมีข้อมูลบางอย่างที่จะมีประโยชน์แก่ผู้ที่พัฒนาระบบวินิจฉัยนี้จะนำไปใช้ในการปรับปรุงระบบ สามารถจะเขียนข้อเสนอแนะลงในไฟล์ โดยกดปุ่ม Notebook ในรูปที่ 1 จะแสดงหน้าจอ ดังรูปที่ 3

โดยหน้าจอจะมีคำสั่งให้เลือกที่จะอ่านหรือเขียนหรือแก้ไขข้อความในไฟล์ Notebook ซึ่งถ้าหากผู้ใช้ต้องการจะเขียนข้อความแนะนำเพิ่มเติมก็ทำได้โดยเลือก WRITE จะแสดงหน้าจอใหม่ซึ่งผู้ใช้สามารถ พิมพ์ข้อความที่ต้องการ เสร็จแล้วกดปุ่ม OK ข้อความจะไปปรากฏในจอก่อนหน้าพร้อมกับลงวันที่กำกับ เมื่ออ่านแล้วและกด OK

Notebook Functions:	
Write to Notebook	WRITE
Read From Notebook	READ
Change Notebook File	Cancel
Notebook File : C:\WEXSYS\TSOYDIS.NBK	

รูปที่ 3 หน้าจอที่ได้จากการกดปุ่ม Notebook ของรูปที่ 1

IF:
อาการใบหรือฝักผิดปกติแต่ต้นไม่แกรนอาจเกิดจาก โรคใบจุดนูน and อายุถั่วเหลืองอยู่ในระยะ หักนาคต้นและราก(vegetative) and ลักษณะเฉพาะของแผลที่ใบคือ เป็นจุดสีน้ำตาลโดยที่ผิวด้านบนจะมีสีเข้ม แต่ผิวด้านล่างสีไม่เข้มและจะมีจุดนูนลักษณะเป็นขุยๆ(ใช้แว่นขยายจะ เห็นรูปร่างเป็นคุ่มเล็กๆติดกัน)แต่ไม่มีขอบสีเหลือง and ตำแหน่งใบที่มีสีเปลี่ยนโดยทั่วไปเริ่มจาก ใบส่วนล่างขึ้นไป(ใบแก่)
THEN:
*โรคราสนิม- Rust - Confidence=9/10 and *โรคใบจุดนูน- Bacterial Pustule - Confidence=1/10 and STOP
โรคราสนิมเกิดจากเชื้อ <i>Phakospora pachyrhizi</i>
OK Source Cancel 'HOW' Display

รูปที่ 4. แสดงกฎที่ได้จากการเลือกบรรทัดที่หนึ่งของรูปที่ 2 และกดปุ่ม HOW

หลังจากที่โปรแกรมได้แสดงผลดังรูปที่ 2 แล้ว ผู้ใช้ต้องการทราบว่าโรคราสนิมได้มาจากกฎข้อใดก็ให้ click บรรทัดโรคราสนิมแล้ว click ที่ HOW ซึ่งจะให้กฎที่ให้คำตอบ ดังแสดงในรูปที่ 4 และผู้ใช้สามารถเลือกข้อความในส่วนของ IF ได้อีกด้วยการ click ข้อความที่ต้องการแล้วกดปุ่ม SOURCE ระบบก็จะแสดงคำตอบ เมื่ออ่านเสร็จแล้วให้ กด OK

ถ้ากด Change/Rerun แทนที่จะกด HOW ระบบก็จะแสดงค่าต่าง ๆ ที่เลือกมาตั้งแต่ต้น ดังแสดงในรูปที่ 5 Click บรรทัดที่มีข้อความที่ต้องการเปลี่ยน เช่น ต้องการเปลี่ยนระยะที่พืชแสดงอาการแล้วกด Change

ระบบก็จะแสดง Qualifier เกี่ยวกับระยะการพัฒนา(ข้อ 8)แล้วผู้ใช้ก็เลือกระยะการพัฒนาใหม่แล้วกด Run ก็จะทำให้
จะแสดงผลลัพธ์ใหม่ ในบางครั้งอาจต้องตอบปัญหาเพิ่มเติม

ลักษณะเฉพาะของผลที่ใบคือ เป็นจุดสีน้ำตาลโดยที่ผิวด้านบนจะมีสีเข้ม แต่ผิวด้านล่างสีไม่เข้มและจะมีจุดบนลักษณะเป็นขุยๆ(ใช้แว่นขยายจะเห็นรูปร่าง เป็นตุ่มเล็กๆติดกัน)แต่ไม่มีขอบสีเหลือง 50% ถั่วเหลือง มีระยะตั้งแต่ใบอ่อนของก้านใบที่สามแผ่ออกแต่ยังไม่ออกดอก(<R1) ลักษณะทั่วไปของถั่ว ใบมีสีหรือรูปร่างผิดปกติแต่ไม่มีอาการใบเหี่ยวเฉาหรือตายก่อนกำหนด และต้นไม่แคระแกรน รูปร่างทั่วไปของใบถั่วเหลืองมี- โครงสร้างทั่วไปปกติ(ไม่รวมสี) ผลที่ผิวด้านบนของใบโดยทั่วไปจะมี- ไม่มีลักษณะผิวพุพองดังกล่าว ต้นถั่วมีความสูงน้อยกว่าปกติมากหรือโตช้า ? ไม่ใช่ มีจุดบนสีน้ำตาล(ไม่รวมถึงใบรา)ที่ได้ผิวใบหรือไม่(ต้องดูด้วยแว่นขยาย) ? มี ตำแหน่งใบที่มีสีเปลี่ยนไปทั่วไปเริ่มจาก ใบส่วนล่างขึ้นไป(ใบแก่)				
<table border="0"><tr><td> RUN </td><td> Change </td><td> Cancel </td><td> Original Data </td></tr></table>	RUN	Change	Cancel	Original Data
RUN	Change	Cancel	Original Data	

รูปที่ 5. ข้อมูลทั้งหมดที่ผู้ใช้ได้เลือกตอบ

Hypertext: ในระบบวินิจฉัยนี้มีการใช้ hypertext ซึ่งจะปรากฏเป็นแถบสีทับตัวหนังสือหรือข้อความในคำถามที่
คาดว่าผู้ใช้จะไม่เข้าใจชัดเจน ดังนั้นก่อนที่จะตอบคำถามผู้ใช้สามารถเรียกอ่านได้โดยการใช้ mouse จิ้มบริเวณ
แถบสีแล้วกดปุ่มสองครั้งก็จะปรากฏข้อความ เมื่ออ่านเสร็จก็กดปุ่ม OK เพื่อกลับไปสู่คำถามเดิม

Appendix 2: Compound effects of rust and downy mildew on growth and yield of soybean under Chiang Mai conditions.

ในปี 2539 มีการระบาดของโรคราสนิมในแปลงทดลอง ที่ปลูกในวันที่ 2 ตุลาคม และเมื่อได้ไร่ เกษตรกรที่อำเภอจอมทอง จ. เชียงใหม่ ได้วิเคราะห์การระบาดของโรคและผลของการใช้สารเคมีที่มีต่อการ พัฒนาของโรคราสนิมและ ราน้ำค้างที่มีต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองและผลผลิตผล ได้เสนอผลการทดลอง เรื่องนี้ในการประชุมถั่วเหลืองแห่งชาติครั้งที่ 7 ที่มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช ซึ่งจัดขึ้นเมื่อวันที่ 25-27 สิงหาคม 2541 จึงได้แนบมาในรายงานนี้

Compound effects of rust and downy mildew on growth and yield of soybean grown under Chiang Mai conditions

Sunthorn Buranaviriyakul¹, Paul S. Teng² and Sombat Srichuwong³

ABSTRACT

Three soybean cultivars with different in susceptibility to downy mildew and rust were grown in October 1996 under natural inoculum. Ridomil MZ and Dithane M-45 were applied individually or together but alternately to control the diseases after the disease onset. Relative area under the disease progress curve was used for comparison. OCB was about 3.8 times more susceptible to downy mildew than Sukotai-1. For rust cv.7608 was the most susceptible which was about 1.62 and 1.38 times more than that of OCB and Sukotai-1, respectively. Ridomil MZ and Dithane M-45 individually gave about equal control on rust but together they produced an effective control. Dithane M-45 alone gave less control on downy mildew in comparison to Ridomil MZ. There was a tendency but inconsistent among cultivars that an effective rust control to produce a higher leaf and shoot weight than unsprayed treatment from growth stage R6 to R7. A considerable yield loss occurred in all cultivars (39-61%) when no fungicide was sprayed; and the loss was reduced to about 25% or less when a single fungicide was applied. The effect of rust or in combination with downy mildew on yield worked through a reduction in seed size and increase in unfilled pods or unfilled seed which was related to a slower rate of seed development, while pods/plant and seeds/pod were not significantly affected. The effect due to downy mildew alone could not yet be accurately estimated.

Key words: Soybean rust, downy mildew, yield loss

บทคัดย่อ

ผลกระทบของโรคราสนิมและราน้ำค้างต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลืองในสภาพเชียงใหม่

ปลูกถั่วเหลืองสามพันธุ์ซึ่งมีความแตกต่างกันต่อการเป็นโรคราน้ำค้างและราสนิมในเดือนตุลาคม 2539 โดยใช้เชื้อสาเหตุจากธรรมชาติ พันธุ์สารเคมีรีโดมิล MZ และ ไดเทน M-45 อย่างเดียวหรือร่วมกัน ในการควบคุมโรคทั้งสองหลังจากเกิดโรค ใช้คำนวณพื้นที่ใต้เส้นกราฟในการเปรียบเทียบความรุนแรงของโรค พันธุ์ OCB มีความอ่อนแอต่อโรคราน้ำค้าง 3.8 เท่าของพันธุ์สุโขทัย 1 สำหรับโรคราสนิมถั่วเหลืองพันธุ์ 7608 มีความอ่อนแอ 1.62 เท่า และ 1.38 เท่า ของพันธุ์ OCB และ สุโขทัย 1 ตามลำดับ สารรีโดมิลและไดเทนเมื่อใช้เดี่ยวๆให้ผลในการควบคุมโรคราสนิมใกล้เคียงกัน แต่ถ้าใช้ร่วมกันจะสามารถควบคุมโรคได้ดีมาก สำหรับโรคราน้ำค้างยาไดเทนอย่างเดียวมียieldต่อโรคน้อยกว่า

¹Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

²Entomology and Plant Pathology Division, International Rice Research Institute, Philippines

³Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

สารรีโคมิด การไม่พ่นสารควบคุมโรคราสนิมมีแนวโน้มที่จะทำให้น้ำหนักของใบและต้นน้อยลงจากระยะ R6 ถึง R7 และการไม่ควบคุมโรคราสนิมจะทำให้ผลผลิตลดลงอย่างมากในทุกพันธุ์ (39-61%) เมื่อใช้สารเคียวความสูญเสียลดลงประมาณ 25% หรือน้อยกว่า การเกิดโรคราสนิมอย่างเฉียบพลันหรือร่วมกับราน้ำค้างทำให้น้ำหนักของเมล็ดลดลง และจำนวนฝักไม่มีเมล็ดหรือมีเมล็ดไม่เต็มเพิ่มขึ้นซึ่งเกี่ยวข้องไปถึงการลดลงของอัตราการพัฒนาของเมล็ด แต่ไม่มีผลทางสถิติต่อจำนวนฝักต่อต้นและเมล็ดต่อฝัก ผลการพบของโรคราน้ำค้างอย่างเฉียบพลันยังไม่สามารถประเมินได้แม่นยำ

INTRODUCTION

Soybean rust is caused by *Phakospora pachyrhizi* it widely occurs in tropics and subtropics (Bromfield, 1984; Sinclair, 1989). A significant yield loss caused by the disease had been reported in many Asean countries: 20-30% in Taiwan (Liu, 1966), and as much as 80% in China (Hsu and Wu, 1968). The disease also occurs in several parts of Thailand (Poonpunkul, 1976), and is considered to be quite serious. A survey reported that soybean rust caused a yield loss of 10-30% (Sangawongse, 1973). A field experiment at Phrao and Chomtong, Chiang Mai showed a yield loss of about 15% (Charumas, 1988). Plant disease control through pesticide is one of the means, and an important one, in an integrated system of pest management. Numerous papers report on the use of fungicides to control rust. Bayleton 25 WP (not available now in Thailand) was found to give the best control, whereas Mancozeb (Dithane M-45) was, though better than many others, less effective (AVRDC, 1992). Ogle et al. (1979) also concluded that Mancozeb was partially effective. Downy mildew (*Peronospora manshurica*) is a common disease in the north of Thailand (Suzui, 1976) and an experimental yield loss was estimated to be 15% or less (Poonpunkul et al. 1977).

Information on level of disease resistance of commercial varieties is useful for disease management. Quantitative analysis of relative susceptibility of soybean cultivars to rust and downy mildew, based on natural occurrence in the field experiment, is rarely made in Thailand. This report attempted to quantify susceptibility of three cultivars to soybean rust and downy mildew. In relation to disease susceptibility, one is also concerning with yield loss. The yield loss assessment resulting from foliar diseases is difficult to be accurately evaluated in field experiment, especially if more than one foliar diseases that can influence crop growth occur together; an estimate of actual yield loss cannot be made unless there is an effective method to control a specific disease or there is a cultivar specifically resistant to the disease. The following experiment reports the effectiveness of fungicides in controlling rust and downy mildew and their effect on yield components and yield loss.

MATERIALS AND METHODS

A field experiment was conducted at Multiple cropping Center, Chiang Mai University, Chiang Mai, using natural inoculum. The experiment was started on October, 2, 1996 using split-plot design with three replications. Twenty kg N/ha of urea and 131 kg/ha of potassium sulphate were applied at sowing. The main-plot treatments consisted of: 1) no fungicide spray for rust nor downy mildew(CO), 2) spray Dithane M-45 80% WP and metalaxyl (Ridomil MZ 25% WP) alternately to control both rust and downy mildew(CC), 3) spray Ridomil MZ 25% WP to control downy mildew (DNY), and 4) spray Dithane M-45 to control rust (RUS). Sub-plot treatments consist of three cultivars: Sukotai-1, OCB both of which are susceptible to both rust and downy mildew, and cv.7608 is susceptible to rust only. Corn strips were planted between main-plot to reduce possible inter-plot interference. The size of subplot was 5.5x5.5 m. Plant density was 20x40 cm with two plants per hill (after thinning). The fungicide was applied 18 days after sowing (DAS) for Ridomil MZ, and 27 DAS for Dithane M-45 and four applications were made for both chemicals but not on the same day. Insecticide was sprayed whenever necessary. Six plants were sampled and rating was made for all leaves the severity was the average over the number of leaflets. Soybean growth stage (Fehr et al., 1971) was recorded. Dry plant weights were measured at certain growth stages starting from V4. For seed components good and unfilled seeds were separated. Unfilled pods (contains no filled seed) were counted. Leaf and seed nitrogen content was determined at R7. At harvest, seed yield was taken from two square meters, number of filled seeds and 1000 dry weight were also recorded. Fraction of filled seed and yield loss was estimated. The proportion of defoliation was roughly estimated from the petioles without leaves. Average seed growth rate (gm/day) was estimated by taking the difference between seed weights at R5 and R7.

To compare disease severity among fungicide controls, relative area under the disease progress curve (RAUDPC) was estimated (Fry, 1978; and Yang et al., 1990) as follows:

$$RAUDPC = \sum (Y_{i+1} + Y_i) * (t_{i+1} - t_i) / 2 * (t_n - t_1)$$

where Y_i is percent leaf area infected at time t_i

. Logistic function was used to estimate the rate of disease development in each cultivars, where the dependent variable was a proportion of lesion area, and then used the function to estimate RAUDPC up to R7 for comparison among cultivars and to combine the effect of rust and downy mildew. The absolute rate of disease progress (Park and Lim, 1985), $A * k / (2m + 2)$, was also calculated

for cultivars comparison, where A is a maximum disease level, k is a rate parameter and m is a shape parameter, which equals to 2 in the case of logistic function.

RESULTS AND DISCUSSION

Disease severity: The occurrence of downy mildew was quite early after sowing (12-13 DAS). It took about 20 days for downy mildew to cover about 16% of leaf area in OCB and it had never gone beyond that throughout the growing season (Fig. 1). For Sukotai-1 the development of downy mildew was much lower and its maximum value was less than 6% this indicate that the cultivar is much more resistant to the disease in this growing period; expressing disease severity in terms of RAUDPC, it was 14.7% for OCB but only 3.9% for Sukotai-1 (Table 1a). One may be tempted to express the relative resistance to downy mildew of the two cultivars by the ratio of the RAUDPCs, which in this case OCB was about 3.8 time more susceptible than Skotai-1. Although downy mildew appears to

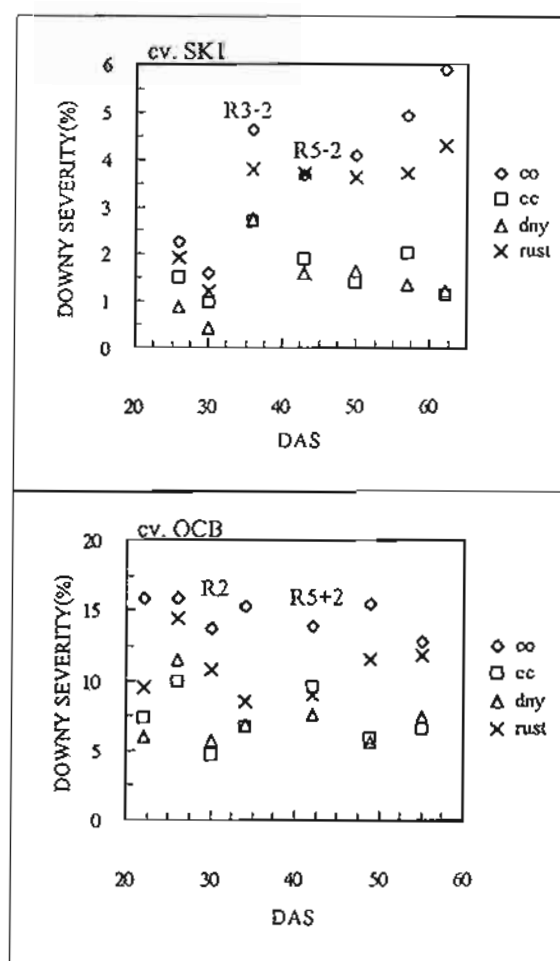


Fig.1. Progress of soybean downy mildew on OCB and Sukotai-1 in different fungicide treatments.

have no agronomic effect in this experiment, the disease control gave a significant lower severity, the values of RAUDPC showed that Ridomil MZ alone was effective in suppressing the disease, whereas Dithane M-45 had little effect (Table 1a).

Table 1a. Observed RAUDPC (%) for downy mildew and rust of three soybean cultivars in four treatments.

Treatment	Downy*		Rust		
	OCB	Sukotai-1	OCB	Sukotai-1	7608
CO	14.7	3.9	35.6	29.9	48.9
CT	7.3	1.8	7.5	4.0	4.5
DNY	7.1	1.5	21.7	8.6	16.8
RUS	10.5	3.3	20.2	10.2	21.2

CO= No spray, DNY = spray Ridomil MZ, RUS = spray Dithane M-45, CC = spray both

* cv.7608 is resistant to downy mildew

LSD (5%) for rust: main factor is 14.7 (approximately (Steel and Torrie, 1980)).

LSD (5%) for downy mildew: main factor is 3.9 (approximately).

Table 1b. RAUDPC (%) for rust estimated from logistic function up to R7 and the combined rust and downy mildew effects in three cultivars.

Treatment	OCB	Sukotai-1	Rust		
	(combine)	(combine)	OCB	Sukotai-1	7608
CO	45.4	39.8	30.7	35.9	49.7
DNY	27.1	11.3	20.0	9.8	18.8
RUS	27.8	14.3	17.3	11.3	22.9

For rust development, although the disease occurred 24-26 days after sowing but it remained low until the growth stage has gone beyond R5 (Fig. 2), which was true for all cultivars. To compare the degree of resistance to rust among cultivars, the mean absolute rate (r_a) was used; the disease development in no spray condition was greatest in cv.7608 with r_a value of 0.0375/day, and lowest in OCB ($r_a = 0.0238$), whereas Sukotai-1 had a value of 0.0342/day, indicating that cv.7608 was the most susceptible to the disease and not much greater than that of Sukotai-1. The same conclusion was derived using an estimated RAUDPC (Table 1b) but now the difference in susceptibility to rust

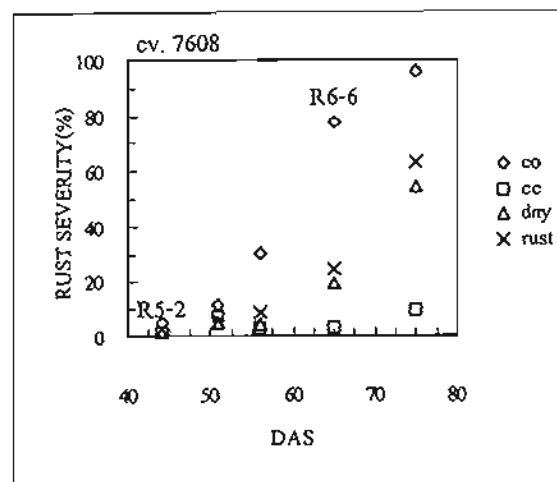
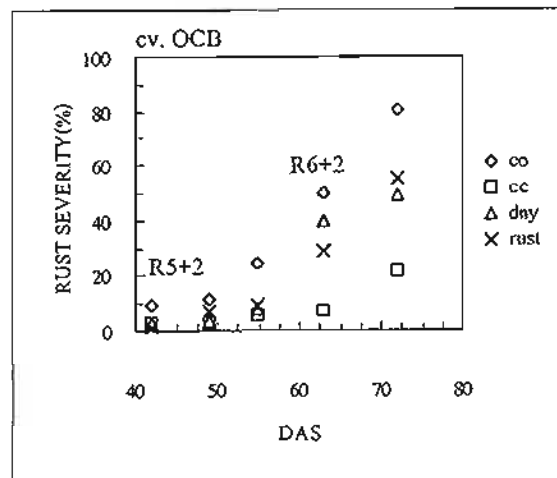
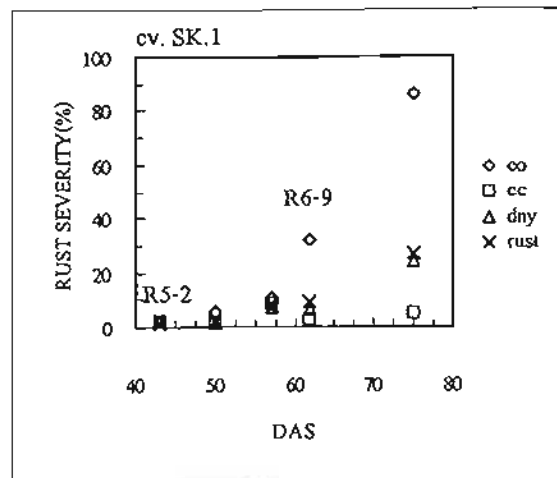


Fig. 2. Progress of soybean rust on three cultivars in different fungicide treatments

between Sukotai-1 and cv.7608 is more obvious (Table 1a). Ridomil MZ has not been recommended for rust control in soybean but it had about the same effect as Dithane M-45 in all cultivars (Table 1a) but to keep the rust really low it is necessary to apply both fungicides. It should also be noted that the relative susceptibility of cultivars to rust appear to change when soybean received a fungicide. Since both fungicides were not sprayed at the same time, in practice it still needs to determine the number of sprays required in keeping the disease below the economic threshold. The results of a complete fungicide control show that no symptom condition is not possible even with effective control but the level would have no impact on plant performance.

Vegetative growth: Leaf and shoot weights in all fungicide treatments were very similar up to growth stage R5 for Sukotai-1 and OCB (Fig. 3, Fig. 4) as was expected since rust severity did not start until after R5. It also indicated that downy mildew which infected 15% leaf area in OCB since the onset up to R5 had no influence at all on vegetative growth. Due to large variation in variances among cultivars, a separated analysis of variance was performed for each cultivar at growth stage R6 and R7 the difference between spray and no spray treatments varied with cultivars, which showed a significant reduction in leaf and shoot weight at R6 for OCB whereas cv.7608 had a significant leaf weight reduction at R7 only even though the difference was also obvious at R6 this was due to large experimental error. Although the results showed no conclusive evidence that soybean rust caused a significant reduction in leaf and shoot weight in all cultivars, there was a tendency for the CC treatment to have higher weights in OCB and 7608. A reduction in the weight was expected for CO treatment due to premature yellowing of leaves during the R6 stage; the estimated percentage of defoliation of OCB was 43 for CO treatment compared to 29 for CC one at R7. For Sukotai-1 and 7608 the defoliation was

Table 2. Proportion of defoliation in four treatments of three cultivars at growth stage R6 and R7.

Treatment	OCB (R6)	OCB (R7)	Sukotai-1 (R6)	7608 (R6)
CO	.128	.434	.246	.463
CC	.106	.286	.151	.098
DNY	.178	.343	.138	.153
RUS	.164	.306	.156	.120
LSD(.05)	NS	.093	.075	.158

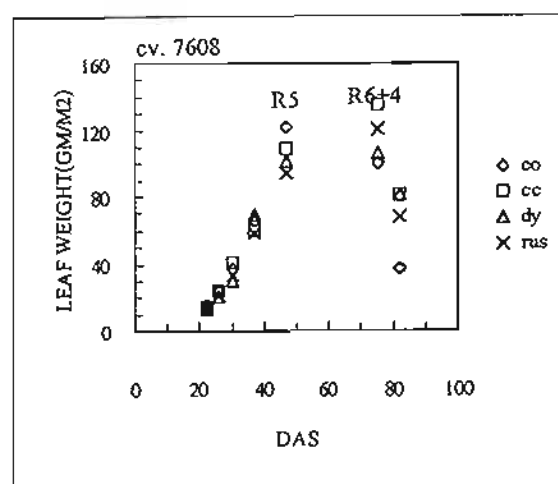
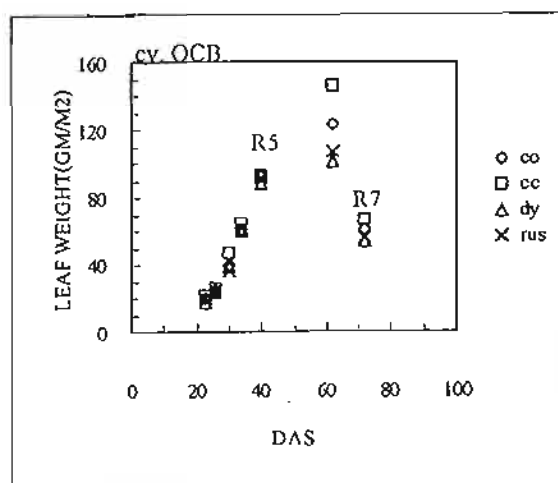
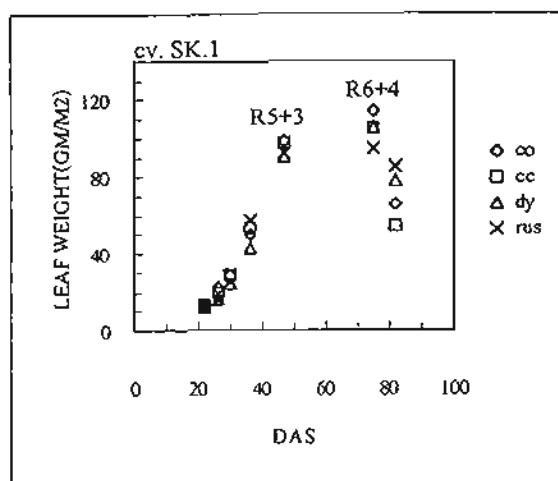


Fig. 3. Leaf dry weight (g/m²) of three soybean cultivars in different fungicide treatments.

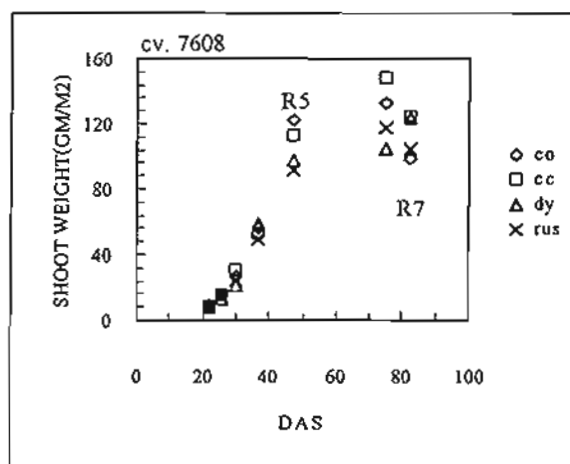
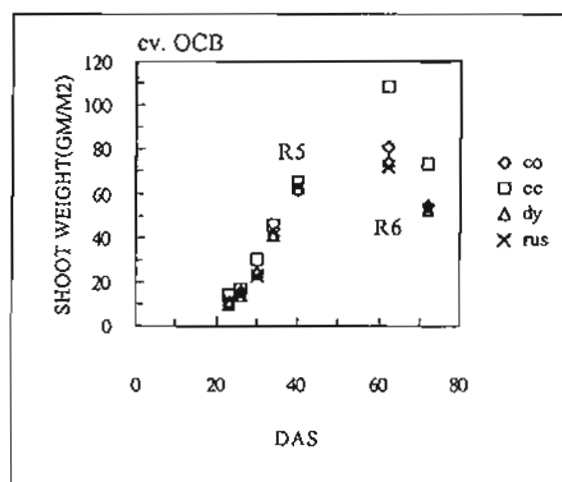
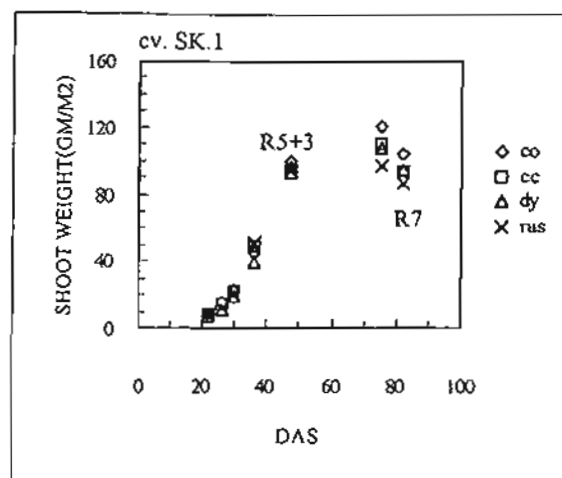


Fig. 4. Shoot dry weight (g/m²) of three soybean cultivars in different fungicide treatments.

25% and 46%, respectively, just after R6, in CO treatment, compared to 15% and 10% in CC one (Table 2). It will also be noted that defoliation at growth stage R6 in OCB was not significantly different among treatments. Ogle et al. (1979) reported a non-significant effect of rust on stem thickness and height but it had a significant impact on non-seed dry weight only when the rust became severe. Yang et al. (1991,1992) also found no consistent reduction in leaf and shoot weights even of the sensitive cultivars.

Yield and yield components

All cultivars showed a mark decline in seed yield when no fungicide was used. Among the three cultivars infected by rust, cv.7608 had the highest yield reduction of 61% and the lowest was 39% in Sukotai-1 between no spray and complete control. A reduction in yield appeared to be related mostly to a decrease in seed size (Table 3)- 34% for cv7608 and 24-25% for the other two cultivars, such reduction could be attributed to a slower seed growth rate which declined by 29 % for cv.7608 and about 13% for Sukotai-1. Other factors contributed significantly to lower yield in unsprayed treatment as a result of rust were unfilled pods/plant or fraction of unfilled seeds (Table 3). Although rust did not affect seeds/pod and pods/plant significantly it showed the tendency for no control treatment to have lower value-a decline was in the range of 5-7% for seeds/pod depending on cultivars, in the opposite pods/plant tend to be higher. Ogle et al. (1979) found that yield loss was associated with reductions in the number of pods per plant, number of filled seeds and seed weight. Yang et al. (1991) reported a significant effect of rust on pods/plant but not seeds/pod. Yang et al. (1992) using path analysis showed that a reduction in seed size but not in seeds/pod was the most important cause of yield loss.

The effect of downy mildew on yield and yield components are not obvious since its severity was rather low. By itself, the downy appeared to have no effect, especially in Sukotai-1, but in combination with rust it could have additive effect. As shown by values of RAUDPC in Table 1b, the rust severity alone of the CO treatment on OCB was less than that of Sukotai-1 but together with downy mildew gave a higher value of RAUDPC which explained a greater yield loss. A rough estimate of yield loss due to downy mildew in unsprayed treatment of OCB was 17% (from the ratio of RAUDPC). There were no significant differences in yield between DNY and RUST treatments in all cultivars as delineated in Fig. 2, and the yield loss in each of those treatments was about the same except for Sukotai-1 (Table 3).

Table 3. Dry seed weight, fraction of good seed (FRAC), 1000 seed weight (S1000), unfilled pods/plant, seeds/pod at R7, and pods/plant at R7 and mean seed growth rate of three cultivars (Sukotail (1), OCB (2), and 7608 (3)) in four treatments.

CULT	TRT [#]	FRAC R8	Seed/pod R7	Pod/plant R7	Unfilled Pod/plant	Yield kg/rai	Yield loss(%)	S1000 gm	Growth rate
1	CO	0.913	2.32	45.2	2.2	270.8	39.3	106.2	7.34
1	CC	0.986	2.45	38.1	0.8	445.8	0	139.2	9.12
1	DNY	0.983	2.21	38.8	1.0	380.2	14.7	129.0	8.49
1	RUS	0.966	2.46	39.2	0.6	403.2	9.5	132.1	8.40
2	CO	0.956	1.82	33.0	3.4	183.8	52.6	140.8	6.53
2	CC	0.980	1.95	31.8	1.5	387.5	0	186.7	8.12
2	DNY	0.960	1.94	29.2	1.9	286.5	26.1	174.2	7.04
2	RUS	0.976	1.85	29.0	2.3	280.5	27.6	163.1	6.18
3	CO	0.883	2.17	45.7	5.5	206.5	60.6	97.7	6.97
3	CC	0.990	2.33	40.4	1.7	524.6	0	148.3	9.81
3	DNY	0.990	2.22	41.2	2.2	384.5	26.7	130.1	8.38
3	RUS	0.980	2.33	38.5	2.0	395.8	24.6	130.7	8.14
LSD**		0.057	NS	NS	1.3	108.1	-	12.4	2.01

CO= No spray, DNY = spray Ridomil MZ, RUS = spray Dithane M-45, CC = spray both

**LSD(6%) for comparing main-plot level of the same cultivar

CONCLUSIONS

Although the results of the experiment provided an estimate of relative resistance of soybean cultivars to soybean rust and downy mildew but this was derived from only one data set. In order to have better conclusive evidence, more data are needed to evaluate how the relative susceptibility change with environments. Since both diseases occur in many soybean growing areas, more studies over wider environmental conditions are necessary to estimate economic threshold of both diseases as the level of damage at Chiang Mai, especially caused by downy mildew, may not large enough to justify the spray. Lastly, more elaborate evaluation of both fungicides used in controlling serious disease such as rust is also important to increase efficiency of control management.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research is part of the research project on the epidemiology of soybean foliar diseases supported by The Thailand Research Fund (TRF.) We also acknowledge the Multiple Cropping Center, Chiang Mai University for the use of their facilities.

REFERENCES

- AVRDC Library Bibliography Series 4-11. Tropical Vegetable Information service. 1978.
- Ferh, W.R., and C.E. Caviness. 1977. Stages of soybean development. Iowa Crop Ext. Serv. Spec. Rep. 80. 12pp.
- Bromfield, K.R. 1984. Soybean Rust. Monogr. 11. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- Charumas, V. 1988. Epidemiology of major soybean diseases in relation to environment and farming practice in rainfed area. Master of Science in Agriculture, Chiang Mai university. 101 pp (In Thai).
- Fehr, W.R., D.T. Burmood, and J.S. Pennington. 1971. Stage of development descriptions for soybean *Glycine max* (L.) Merrill. Crop Sci. 11:929-931.
- Fry, W.E. 1978. Quantification of general resistance of potato cultivars and fungicide effects for integrated control of potato late blight. Phytopathology 68: 1650-1655.
- Hsu, C.M., and L.C. Wu. 1968. Study on soybean rust. Sci. Agric.(China) 16: 186.
- Liu, K.C. 1966. Studies on soybean rust and its control. Taiwan Agric. Q. 2: 92.
- Park, E.W., and S.M. Lim. 1985. Empirical estimation of the asymptote of disease progress curves and the use of the Richards generalized rate parameters for describing disease progress. Phytopathology 75: 786-791.
- Ogle H.J., D.E. Byth, and R. Mclean. 1979. Effect of rust (*Phakospora pachyrhizi*) on soybean yield and quality in South-eastern Queensland. Aust. J. Agric. Res. 30: 883-893.
- Poonpunkul, S. 1976. A survey report on soybean diseases in different growing areas of Thailand 1976. Oil crop Division, Plant Path. Res. Unit, Dept of Agric.. 9 pp (In Thai).
- Poonpunkul, S, M. Nuntapunt, and P. Surin. 1977. Study of soybean yield in response to downy mildew. Annual Research Report 1977. Dept. of Agric. p317-321. (inThai).
- Sangawongse, P. 1973. A preliminary report of study on soybean rust. Thai J. Agri. Sci. 6:165-169.
- Sinclair, J. B. 1989. Threats to soybean production in the tropics: red leaf blotch and leaf rust. Plant Dis. 73: 604-606.

- Steel, R.G. and J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach. 2Ed. McGraw-Hill LTD. Japan.
- Suzui, T., and T. Kamhangridthirong. 1976. Report on the description and the prevalence of maize and soybean disease in Thailand. Plant Path. Div., Dept. Agri. Thailand. 114p.
- Yang, X. B., M. H. Royer, A.T. Tschanz, and B. Y. Tsai. 1990. Analysis and quantification of soybean rust epidemics from seventy-three sequential planting experiments. Phytopathology 80: 1421-1427.
- Yang, X. B., A. T. Tschanz, W. M. Dowler, and T. C. Wang. 1991. Development of yield loss models in relation to reductions of components of soybean infected with *Phakospora pachyrhizi* . Phytopathology 81: 1420-1425.
- Yang, X. B., W. M. Dowler, A. T. Tschanz, and T. C. Wang. 1992. Comparing the effects of rust on plot yield, plant yield, yield components, and vegetative parts of soybean. J Phytopathology 136: 46-56.

Appendix 3: Studies on Charcoal rot (*Macrophomina phaseolina*) of soybean

ถึงโครงการนี้ไม่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการระบาดของโรคทางดิน โรคทางดินบางชนิดมักจะเกิดในช่วงหน้าฝนบางปีโดยแต่ละปีจะเกิดความรุนแรงที่แตกต่างกัน ข้อมูลที่สังเกตได้จากแปลงและรู้ว่าเป็นโรคนั้นใดจะนำไปใช้ในการสร้างระบบวินิจฉัยโรค โดยทั่วไปโรคทางดินจะป้องกันยากหรือควบคุมไม่ค่อยได้ผลด้วยสารเคมี โรค Charcoal rot มีความรุนแรงมากในปี 2541 จึงได้ทำการศึกษาค้นคว้าของเชื้อโรคต่อแสงและอุณหภูมิ และ ต่อสารเคมีบางชนิดในห้องทดลอง และได้นำผลการทดลองมารวมไว้ด้วย

การศึกษาโรคเน่าดำของถั่วเหลืองที่เกิดจากเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* (Studies on Charcoal rot (*Macrophomina phaseolina*) of soybean

สมบัติ ศรีสูงศักดิ์¹ สุนทร บุรณะวิริยะกุล² ดวงใจ ณ เชียงใหม่¹ ญัฐิกา แก้วรัตน์¹
¹ภาควิชาโรคพืช และ ²ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คำนำ

Macrophomina phaseolina เป็นเชื้อราที่พบได้ทั่วไปทุกแห่ง และเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคเน่าดำ (charcoal rot) กับพืชต่าง ๆ ได้มากกว่า 500 ชนิด (Sinclair and Backman, 1989) และสามารถพบอาศัยอยู่ในดินได้นาน รวมทั้งในเศษซากพืชและในเมล็ดพืชหลายชนิด ในถั่วเหลืองเชื้อรานี้สามารถเข้าทำลายได้ทุกระยะการเจริญเติบโต แต่ในช่วงอากาศร้อนและแห้งแล้งจะพบการระบาดของโรคเกิดขึ้นอย่างรุนแรง Gangopadhyay et al. (1970) รายงานว่าเชื้อรา *M. phaseolina* ทำให้เกิดโรคเน่าคอดินกับถั่วเหลือง และทำให้เกิดความเสียหายสูงถึงร้อยละ 77 นอกจากนั้นในระยะที่ถั่วเหลืองเริ่มสร้างฝักจนถึงระยะใกล้เก็บเกี่ยว ถ้าเป็นโรคเน่าดำอย่างรุนแรงจะทำให้ถั่วเหลืองขาดความแข็งแรง ใบเริ่มเหลือง และแห้ง ต้นถั่วเกิดการเหี่ยว และยืนต้นแห้งตายก่อนกำหนด ซึ่งทำให้ผลผลิตลดลงมาก (ศรีสุข และอุดม, 2521; Walter, 1961; Sinclair and Backman, 1989) จากการสังเกตต้นถั่วเหลืองหลายพันธุ์ที่ปลูกทดลอง ในศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปี 2540 พบว่าถั่วเหลืองบางพันธุ์เกิดโรคเน่าดำอย่างรุนแรงจนทำให้เกิดความเสียหายมาก การป้องกันกำจัดโรคในสภาพแปลงปลูกยังไม่มีวิธีการใดที่มีประสิทธิภาพและประสบความสำเร็จ ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อโรคมียืดอายุกว้างแล้ว ยังสามารถอาศัยอยู่ในดิน (soil-borne) ได้เป็นเวลานาน และติดไปกับเมล็ดพันธุ์ที่ปลูกได้ การใช้เมล็ดพันธุ์ที่ปราศจากเชื้อโรคหรือการกำจัดเชื้อโรคบนเมล็ด จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยลดการเกิดโรคในระยะต้นกล้าได้

วัตถุประสงค์ของการทดลองครั้งนี้ เพื่อศึกษาลักษณะอาการของโรคและเชื้อรา *M. phaseolina* สาเหตุของโรค ปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของเชื้อรา การตรวจหาเชื้อราที่ติดมากับเมล็ด และการศึกษาเบื้องต้นในการใช้สารฆ่าเชื้อราควบคุมการเจริญของเชื้อรา การใช้สารฆ่าเชื้อราและสารชีวภัณฑ์ควบคุมเมล็ดเพื่อกำจัดเชื้อบนเมล็ดและการควบคุมโรคเน่าคอดินในระยะต้นกล้า

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาลักษณะอาการของโรค การแยกเชื้อสาเหตุและลักษณะของเชื้อโรค

เก็บตัวอย่างต้นถั่วเหลืองพันธุ์ 7608 ที่แสดงอาการเหี่ยวในระยะ R_5 - R_7 ซึ่งปลูกทดสอบไว้ที่แปลงทดลองของศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร โดยทำการศึกษาลักษณะอาการของโรคโดยละเอียด รวมทั้งการตรวจหาเชื้อสาเหตุของโรคซึ่งอาจพบบนส่วนต่าง ๆ ของต้นพืช และทำการแยกเชื้อสาเหตุของโรคจากชิ้นพืชที่เลี้ยงบนอาหาร PDA โดยวิธี hyphal tip isolation technique เชื้อที่แยกได้เก็บไว้ในอาหาร PDA เพื่อใช้เป็น stock culture สำหรับไว้ศึกษาในการทดลองด้านอื่น ๆ ต่อไป

2. การศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ต่อการเจริญของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina*

2.1 ชนิดของอาหารฐาน (artificial media)

เปรียบเทียบการเจริญเติบโตและการสร้างโครงสร้างต่าง ๆ ของเชื้อราบนอาหาร 7 ชนิด ได้แก่ PDA (potato dextrose agar), MA (malt extract agar, A (V-8 juice agar), SLS (soybean leaf agar), SSA (soybean seed agar, CZA (czapek agar) และ WA (water agar) โดยเลี้ยงเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิห้อง ($25\pm 3^{\circ}\text{C}$) บันทึกการเจริญของเชื้อราทุกวันจนเชื้อราเจริญเต็มจานอาหารใดอาหารหนึ่ง

2.2 ระดับของอุณหภูมิ (temperature)

ปลูกเชื้อรา *M. phaseolina* ลงบนอาหาร PDA แล้วนำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ดังนี้ 20°C , 25°C , 30°C และอุณหภูมิห้อง ทำกรรมวิธีละ 10 จ้า บันทึกการเจริญของเชื้อราทุกวันจนเชื้อราเจริญเต็มจานที่อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง

2.3 ความแตกต่างของแสง (light)

ปลูกเชื้อรา *M. phaseolina* บนอาหาร PDA แล้วนำไปบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้องภายใต้สภาพแสงที่ต่างกัน 4 ชนิด ได้แก่ แสงธรรมชาติ, แสงฟลูออเรสเซนต์สลับมืด 12 ชม. แสงจากหลอด block light lamp (NUV) สลับมืด 12 ชม. และมีดตลอดทำกรรมวิธีละ 10 จ้า บันทึกการเจริญของเชื้อราทุกวันจนเชื้อราเจริญเต็มจานที่สภาพแสงใดแสงหนึ่ง

3. การศึกษาประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อราต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *M. phaseolina*

ในการศึกษาใช้สารฆ่าเชื้อรา 5 ชนิด คือ Benlate (benomyl), Cupravil (copperoxychloride), Captan (captan), Terrachlor (PCNB) และ Vitavax (carboxin) โดยใช้ที่ระดับความเข้มข้นค่าเฉลี่ยตามที่ฉลากระบุไว้ในภาชนะ ตามลำดับดังนี้ 562.5 ppm, 2310 ppm, 875 ppm, 1125 ppm และ 562.5 ppm ทำการปลูกเชื้อราลงบนอาหาร PDA ผสมสารต่าง ๆ แต่ละชนิด นำเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง ทำทั้งหมดกรรมวิธีละ 10 จ้า เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารแต่ละชนิด โดยวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนีทุก ๆ วันจนกว่าชุดเปรียบเทียบจะเจริญเป็นจานเลี้ยงเชื้อ

4. การตรวจหาเชื้อรา *M. phaseolina* ที่ติดมากับเมล็ดถั่วเหลือง

สุ่มตัวอย่างเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์สุโขทัย และสายพันธุ์ 7608 ซึ่งเก็บเกี่ยวในเดือนตุลาคม 2540 จากแปลงทดลองของศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ นำไปตรวจหาปริมาณของเชื้อรา *M. phaseolina* ที่ติดมากับเมล็ดถั่วเหลืองโดยวิธีเพาะบนกระดาษขึ้น (Blotter method) ตามวิธีของ Neergaard (1979) เมล็ดที่นำมาทดสอบแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นเมล็ดที่ได้จากฝักส่วนโคนต้น กลุ่มที่ 2 และ 3 เป็นเมล็ดที่ได้จากฝักส่วนกลางต้น และส่วนปลายของต้นตามลำดับ เมื่อเพาะเมล็ดได้ 7 วัน ตรวจหาปริมาณของเชื้อรา *M. phaseolina* และเชื้อราอื่น ๆ ภายใต้กล้อง stereo microscope และกล้องจุลทรรศน์ (compound microscope)

5. ประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อราและสารชีวภัณฑ์ต่อการกำจัดเชื้อรา *M. phaseolina* บนเมล็ด และ

การป้องกันโรคเน่าคอดินของถั่วเหลือง

5.1 การกำจัดเชื้อบนเมล็ด

ผสมเมล็ดถั่วเหลืองสายพันธุ์ 7608 มาจำนวนหนึ่ง คลุกด้วยสารฆ่าเชื้อรา 4 ชนิด ได้แก่ Benlate (benomyl), Captan 50 WP (paptan) Brassicol (PCNB) และ Vitavax (carboxin) และสารชีวภัณฑ์ 3 ชนิด ได้แก่ Laminar (*Bacillus subtilis*), Rotary (*B. subtilis* AP-04) และ Trisan (*Trichoderma* spp.) โดยใช้สารแต่ละชนิดคลุกเมล็ดในอัตรา 3 กรัมต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม นำเมล็ดทั้งหมดไปตรวจหาปริมาณเชื้อรา *M. phaseolina* และเชื้อราอื่น ๆ รวมทั้งเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด โดยวิธีเพาะบนกระดาษขึ้น

5.2 การป้องกันกำจัดโรคเน่าคอดินในเรือนเพาะชำ

นำเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการคลุกสารต่าง ๆ จากการทดลองที่ 2.1 และเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการคลุกสารใด ๆ เพาะในกระบะทรายที่ผ่านการคลุกด้วยเชื้อรา *M. phaseolina* มาแล้ว 3 วัน วางกระบะเพาะไว้ในเรือนเพาะชำและให้ความชื้นในสภาพที่เหมาะสม บันทึกจำนวนต้นอ่อนที่งอกปกติและเป็นโรคเน่าคอดินหลังปลูกได้ 2 สัปดาห์

ผลการทดลอง

1. ลักษณะอาการของโรค การแยกเชื้อสาเหตุ, และลักษณะของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina*

จากการศึกษาพบว่าต้นที่เป็นโรคทำให้ใบถั่วเหลืองมีขนาดเล็กลง ต่อมาใบจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและเหี่ยวแต่ไม่ร่วง ลำต้นที่อยู่เหนือดินมีลักษณะเป็นแผล โดยเนื้อเยื่อผิวนอกและเนื้อเยื่อชั้นถัดไปเปลี่ยนเป็นสีเทาอ่อนหรือสีเงิน สามารถลอกออกได้ง่าย บนเนื้อไม้บริเวณโคนต้นที่ลอกเปลือกออกแล้วพบเม็ดสเคลอโรเทียม (microsclerotium) สีดำมีขนาดเล็กมากมีลักษณะคล้าย ๆ ผงถ่านเกิดกระจุกกระจายทั่วไป ต้นที่เป็นโรครุนแรงเมื่อผ่าลำต้นตามยาวพบว่าภายในลำต้นเนื้อไม้จะแห้งแตกเป็นเส้น ๆ และมีเม็ดสเคลอโรเทียมสีดำมากมายแทรกอยู่ระหว่างเนื้อไม้ที่แตกออก

เมื่อนำเนื้อเยื่อบริเวณโคนต้นที่แสดงอาการของโรคไปแยกหาเชื้อราสาเหตุบนอาหาร PDA ปรากฏว่าเป็นเชื้อรา *M. phaseolina* ซึ่งเจริญเติบโตได้รวดเร็วมากและสามารถเริ่มสร้างเม็ดสเคลอโรเทียมได้ภายใน 3-4 วัน หลังจากเริ่มเจริญโดยเชื้อราจะสร้างเส้นใยสีขาวลักษณะฟูเล็กน้อยต่อมาสีของเส้นใยเริ่มเข้มขึ้นพร้อมกับการสร้างเม็ดสเคลอโรเทียม เมื่อมีอายุมากขึ้นจึงทำให้เห็นโคโลนีของเชื้อรานี้เป็นสีดำ

2. การศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ต่อการเจริญและการสร้างเม็ดสเคลอโรเทียมของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina*

2.1 อิทธิพลของอาหารแข็งชนิดต่าง ๆ

เมื่อเปรียบเทียบการเจริญของเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อ 7 ชนิด ที่ 24 ชม. หลังทำการทดลองพบว่าเชื้อราเจริญบนอาหาร VA เจริญได้ดีที่สุด รองลงมาคือ บนอาหาร PDA, อาหาร SLA, อาหาร CZ, อาหาร MA และอาหาร WA ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบผลทางสถิติที่ $P=0.01$ พบว่า การเจริญของเชื้อราบนอาหาร PDA และ SLA ไม่มีความแตกต่างกัน รวมทั้งการเจริญของเชื้อราบนอาหาร MA และอาหาร WA ก็ไม่มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญ ส่วนอาหารอื่นนอกจากนี้มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญ (Table 1) เมื่อเชื้อราอายุ 48 ชม.

ปรากฏว่าการเจริญของเชื้อรามีการเปลี่ยนแปลงไปมากและเห็นได้ชัดเจนขึ้นกล่าวคือ การเจริญของเชื้อราที่อาหาร SLA ดีกว่าที่อาหาร PDA แต่ไม่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญ และในอาหาร MA เชื้อเจริญเร็วกว่าในอาหาร WA โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P=0.01$ (Table 1)

Table 1 Growth of *Macrophomina phaseolina* (colony diameter) on various media, measured at 24 and 48 hour after inoculation.

Media*	diameter of colony (cm) ¹	
	24 h.	48 h.
VA	3.835 a ²	8.285 a
PDA	3.455 b	7.610 b
SLA	3.4000 b	7.660 b
Cz	2.735 c	5.300 c
SSA	2.195 d	5.050 c
MA	1.825 e	1.845 d
WA	1.800 e	2.573 e

¹Average from 10 replication

²The difference were compared by Duncan's new multiple range test

*Media: VA = V-8 juice agar, PDA = Potato dextrose agar

SLA = Soybean leaf agar, Cz = Czapek agar

SSA = Soybean seed agar, MA = Malt extract agar

WA = Water agar

2.2 อิทธิพลของอุณหภูมิระดับต่าง ๆ

เมื่อเปรียบเทียบการเจริญของเชื้อราบนอาหาร PDA ในสภาพอุณหภูมิ 4 อุณหภูมิพบว่า การเจริญของเชื้อราในอุณหภูมิ 25°C ดีที่สุดรองลงมาก็คืออุณหภูมิ 30°C อุณหภูมิห้อง ($25\pm 3^{\circ}\text{C}$) และอุณหภูมิ 20°C ตามลำดับ การเปรียบเทียบผลทางสถิติพบว่า เมื่อเชื้อราอายุ 24 ชม. การเจริญของเชื้อราในทุกสภาพอุณหภูมิแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $P=0.01$ แต่ผลการเปรียบเทียบทางสถิติเมื่อเชื้อราอายุ 48 ชม. กลับพบว่า เชื้อที่เจริญในอุณหภูมิ 25°C และ 30°C ไม่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญ (Table 2) อย่างไรก็ตามที่อุณหภูมิ 30°C พบเชื้อราสร้างเส้นใยและเม็ดสเคลอโรเดียมได้หนาแน่นกว่าที่อุณหภูมิระดับอื่น ๆ

2.3 อิทธิพลของแสงชนิดต่าง ๆ

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อรา *M. phaseolina* บนอาหาร PDA ภายใต้แสงทั้ง 4 สภาพ พบว่าส่วนใหญ่ในทุกสภาพแสงเชื้อราเจริญเติบโตได้ดี โดยเชื้อราที่เจริญเติบโตมีลักษณะเป็นเส้นใยสีขาวฟูในช่วง 24 ชั่วโมง หลังจากเริ่มทำการทดลอง 48 ชั่วโมง ต่อมามีเม็ดสเคลอโรเดียมเจริญบาง ๆ บริเวณขอบในก่อน จากนั้นจึงเริ่มเจริญกระจายออกไปจนเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อมองเห็นโคโลนีของเชื้อเป็นสีดำเข้มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อเวลานานขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบการเจริญของเชื้อ *M. phaseolina* บนอาหาร PDA ในสภาพแสงทั้ง 4 สภาพ เมื่อเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า การเจริญในสภาพแสง NUV เป็นไปอย่างรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับ การเจริญของเชื้อราในสภาพแสงอื่น ๆ การเจริญของเชื้อราในสภาพไม่ให้แสง, ในสภาพให้แสงฟลูออเรสเซนต์ตลอดการทดลองและในสภาพแสงธรรมชาติ เจริญได้ดีเป็นอันดับรองลงมา เมื่อเปรียบเทียบผลทางสถิติพบว่า การเจริญของเชื้อในสภาพไม่ให้แสงแตกต่างจากการเจริญในสภาพแสง NUV อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างกับสภาพให้แสงฟลูออเรสเซนต์ ส่วนการเจริญของเชื้อในสภาพแสงธรรมชาติ เมื่อเทียบกับการเจริญของเชื้อราในสภาพแสงอื่น ๆ ทั้ง 3 สภาพ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P=0.01$ (Table 3) การเจริญของเชื้อราหลังจากการทดลอง 48 ชั่วโมง พบว่าเหมือนกับเมื่อ 24 ชั่วโมงแรก ยกเว้นการเจริญของเชื้อราในสภาพให้แสงฟลูออเรสเซนต์ตลอดการทดลองดีกว่าในสภาพไม่ให้แสงเมื่อวัดค่าทางสถิติที่ $P=0.01$ พบว่าการเจริญของเชื้อในสภาพไม่ให้แสงไม่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญกับสภาพให้แสงฟลูออเรสเซนต์และสภาพแสงธรรมชาติ (Table 3)

Table 2 Growth of *Macrophomina phaseolina* (colony diameter) on PDA under 4 levels of temperature, measured at 24 and 48 hour after inoculation.

Temperature (°C)	Diameter of colony (cm) ¹	
	24 h.	48 h.
20	2.735 a ²	4.930 a
25	5.188 b	8.957 b
30	4.705 c	8.887 b
Room (25±3)	3.455 d	7.610 c

¹Average from 10 replications

²The difference were compared by Duncan's new multiple range test

Table 3 Growth of *Macrophomina phaseolina* (colony diameter) on PDA under 4 sources of light, measured at 24 and 48 hour after inoculation.

Light*	Diameter of colony (cm) ¹	
	24 h.	48 h.
F	3.307 a ²	7.740 a
Dark	3.355 a	7.610 ab
Natural	2.895 b	7.015 b
NUV	3.790 c	9.000 c

¹Average from 10 replicates; ²The difference were compared by Duncan's

new multiple range test; *Light: F = fluorescent, Dark = darkness

Natural = natural light; NUV = near ultra violet (black light lamp)

3. ประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อราต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina*

จากการทดลองปลูกเชื้อลงบนอาหารผสมสารฆ่าเชื้อราได้ 3 วัน แล้ววัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีพบว่าสารฆ่าเชื้อราทุกชนิดสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *M. phaseolina* โดย Benlate ให้ผลดีที่สุดซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างสมบูรณ์ ส่วน Vitavax, Brassicol และ Captan ให้ผลดีรองลงมาตามลำดับ โดยเชื้อราสามารถเจริญออกมาได้บ้างเล็กน้อย แต่ cupravit มีประสิทธิภาพต่ำมากเมื่อเทียบกับ control เนื่องจากเชื้อรายังคงเจริญออกมาได้อย่างรวดเร็ว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนีใกล้เคียงกับ control อย่างไรก็ตามพบว่าสารฆ่าเชื้อราทุกชนิดให้ผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับ control (Table 4)

Table 4 Effectiveness of five fungicides mixed with PDA on growth reduction of *Macrophomina phaseolina*; recorded at 1, 2 and 3 days after inoculation

Fungicides	Colony in diameter (cm) ¹		
	1 day	2 days	3 days ²
Benlate	0.30	0.30	0.30
Vitavax	0.48	0.59	0.78
Brassiccol	0.40	0.76	1.25
Captan	0.60	1.27	2.56
Cupravit	2.89	4.63	6.75
Control	3.17	7.43	8.96

¹Average from 10 replications; ²Statistical analysis LSD p 0.05 = 0.53

p 0.01 = 0.69

4. การตรวจหาเชื้อรา *M. phaseolina* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

จากการศึกษาพบว่าเชื้อรา *M. phaseolina* ติดมากับเมล็ดพันธุ์ทั้ง 6 ตัวอย่าง แต่ปริมาณการติดเชื้อแตกต่างกันไปตั้งแต่ 0.5-8.0 % โดยพบในเมล็ดที่ได้มาจากฝักบริเวณโคนต้นมากกว่าเมล็ดที่ได้จากฝักส่วนกลางและส่วนปลายของต้นตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ถั่วเหลืองปรากฏว่าเชื้อรา *M. phaseolina* ติดมากับสายพันธุ์ 7608 มากกว่าพันธุ์สุโขทัย ส่วนเชื้อราอื่น ๆ

ที่พบติดมากับเมล็ดในปริมาณสูงได้แก่ *Cladosporium* sp. และ *Fusarium* spp. ตามลำดับ (Table 5)

5. ประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อราและสารชีวภัณฑ์ต่อการกำจัดเชื้อรา *M. phaseolina* บนเมล็ดและการป้องกันโรคเน่าคอดินของถั่วเหลือง

5.1 การกำจัดเชื้อรา *M. phaseolina* และเชื้อราอื่น ๆ ที่ติดมากับเมล็ด

จากการใช้สารฆ่าเชื้อราและสารชีวภัณฑ์คลุกเมล็ดแล้วนำไปตรวจสอบโดยเพาะบนกระดาดขึ้น ปรากฏว่า สารฆ่าเชื้อราทุกชนิด สามารถกำจัดเชื้อ *M. phaseolina* ได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อเปรียบเทียบเมล็ดที่ไม่ผ่านการคลุกสารใด ๆ ที่พบเชื้อราในปริมาณ 7.75 % สารชีวภัณฑ์ Rotary และ Trisan ก็ให้ผลในการกำจัดเชื้อรา *M. phaseolina* ที่ติดมากับเมล็ดได้เหมือนสารฆ่าเชื้อรา ส่วน Larminar พบว่า สามารถใช้กำจัดเชื้อรานี้ได้เช่น

Table 5 Percentage of *Macrophomina phaseolina* and some fungi associated with soybean seeds, detected by blotter method

Kind of fungi		different portions of plant					
		base		middle		top	
		A	B	A	B	A	B
<i>Macrophomina phaseolina</i>	8.00 ¹	5.00	3.50	1.50	1.00	0.50	
<i>Cladosporium</i> sp.		91.00	87.50	90.00	80.00	71.00	74.50
<i>Fusarium</i> spp.		45.00	12.50	40.50	11.50	28.00	10.50

¹ Average value from 4 replications (400 seeds)

A = Soybean cultivar - line 7608; B = Soybean cultivar - Sukhothai

Table 6 The effect of seed treatment with fungicides and biofungicides on incidence of *Macrophomina phaseolina* and some fungi associated with soybean seed and seed germination after blotter test.

Treatments		kind of fungi (%) [*]		seed germination (%)
		<i>M. phaseolina</i>	<i>Cladosporium</i> sp.	<i>Fusarium</i> spp.
Fungicides				
Benlate	-	28.00	-	89.00
Brassiccol	-	47.00	-	87.00
Captan	-	-	-	87.00
Vitavax	-	9.00	-	88.00
Biofungicides				
Larminar	2.25	97.00	1.00	87.00
Rotary	-	98.00	2.00	87.00
Trisan	-	98.00	17.00	86.00
Control	7.75	98.00	65.00	85.00

^{*} Average value from 4 replications (400 seeds)

เดียวกับสารอื่น ๆ แต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่า โดยช่วยลดการติดเชื้อบนเมล็ดจาก 7.25 % เหลือ 2.25 % (Table 6) นอกจากนั้นยังพบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ผ่านการคลุกสารทุกชนิดมีความงอกเพิ่มขึ้น 1-4% เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ด

ที่ไม่ผ่านการคลุกสารใด ๆ ซึ่งมีความงอก 85 % โดย Benlate ให้ผลสูงสุด คือ 89 % รองลงมาได้แก่ Vitavax (88 %), Brassicol (87 %), Rotary (87 %), Captan (86 %) และ Trisan (86 %) (Table 6)

5.2 การป้องกันกำจัดโรคเน่าคอดินของถั่วเหลืองในเรือนเพาะชำ

สารทุกชนิดที่ใช้คลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองก่อนปลูก สามารถควบคุมการเกิดโรคเน่าคอดินที่เกิดจากเชื้อรา *M. phaseolina* ได้ โดยต้นอ่อนที่ได้จากเมล็ดที่ไม่ผ่านการคลุกสารใด ๆ แสดงอาการของโรคสูงถึง 43.5 % ส่วนต้นอ่อนซึ่งออกจากเมล็ดที่ผ่านการคลุกสารฆ่าเชื้อรา Benlate, Captan, Brassicol และ Vitavax เกิดโรคเพียง 1.25 %, 1.75 %, 2.25 % และ 3.00 % ตามลำดับ แต่สารทุกชนิดให้ผลในการควบคุมโรคได้ไม่แตกต่างกัน (Table 7) สำหรับสารชีวภัณฑ์นั้น Trisan เมื่อใช้คลุกเมล็ดให้ผลดีมากในการควบคุมโรคเน่าคอดินโดยต้นอ่อนแสดงอาการของโรคเพียง 6.00 % ซึ่งไม่แตกต่างจากการใช้สารฆ่าเชื้อราทุกชนิด ส่วนสาร Larminar และ Rotary เมื่อใช้คลุกเมล็ดสามารถควบคุมโรคได้ปานกลาง โดยพบโรค 17.50 % และ 28.75 % ตามลำดับ สารชีวภัณฑ์ทั้งสองชนิดให้ผลในการควบคุมโรคไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างจากสารฆ่าเชื้อราและสารชีวภัณฑ์ Trisan (Table 7)

Table 7 The effect of seed treatment with fungicides and biofungicides on incidence of damping off of soybean seedling. The test was done after 2 weeks of planting.

Treatments	percentage of damping off ¹
Fungicides	
Benlate	1.25 c ²
Brassiccol	1.75 c
Captan	2.25 c
Vitavax	3.00 c
Biofungicides	
Larminar	17.50 b
Rotary	28.75 b
Trisan	6.00 c
Control	43.50 a

1. Average value from 4 replications (400 seeds)

2. The difference were compared by Duncan's new multiple range test.

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

เชื้อรา *Macrophomina phaseolina* สาเหตุโรคเน่าดำของถั่วเหลืองที่แยกได้และนำมาศึกษาไม่พบโครงสร้างให้กำเนิดสปอร์ มีการเจริญของเส้นใยและการสร้างเม็ดสเคลอโรเตียมเพียงอย่างเดียว ในส่วนของลักษณะการสร้างเม็ดสเคลอโรเตียมมีการพัฒนาจากเส้นใยโดยตรงมีส่วนใกล้เคียงกับรายงานของ Wyllie และ Brown (1970) นอกจากนี้ยังพบว่าขนาดและรูปร่างของเม็ดสเคลอโรเตียมมีความหลากหลาย ซึ่งอาจสันนิษฐานตามรายงานของ Sinclair (1984) ได้ว่าการผันแปรของขนาดเม็ดสเคลอโรเตียมขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของเชื้อราหรืออาหารที่ใช้เลี้ยงเชื้อราได้

การเจริญของเชื้อราบนอาหารวันชนิดต่าง ๆ เห็นได้ว่า เชื้อราเจริญได้ดีบนอาหาร VA และอาหารอื่น ๆ ที่ใส่น้ำตาล dextrose ได้แก่อาหาร PDA และ SLA ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอาหารเลี้ยงเชื้อในกลุ่มนี้มีส่วนประกอบของอาหารที่เชื้อราต้องการใช้ในการเจริญเติบโต ส่วนลักษณะการเจริญของเชื้อราในแต่ละอาหารค่อนข้างแตกต่างกัน อาจอธิบายได้ว่าเป็นความแตกต่างที่เกิดมาจากลักษณะ polykaryotic ของเส้นใยเชื้อรา

ในการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเจริญของเชื้อรา พบว่าที่อุณหภูมิ 25 และ 30°C เชื้อราเจริญได้ดีกว่าที่อุณหภูมิอื่น ๆ ผลการศึกษานี้ใกล้เคียงกับ Sinclair (1984) ที่รายงานว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อราที่อยู่ระหว่าง 28-35°C ส่วนการเจริญของเชื้อราบนอาหาร PDA ภายใต้แสงต่าง ๆ พบว่าเชื้อราเจริญเติบโตได้รวดเร็วที่สุดในสภาพแสง NUV ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแสง NUV มีส่วนช่วยกระตุ้นการเจริญของเชื้อรานี้ได้ดีกว่าแสงชนิดอื่น ๆ

การศึกษาประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อรา 5 ชนิด ผสมอาหาร PDA ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *M. phaseolina* พบว่าสารฆ่าเชื้อราทุกชนิดสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ แต่ให้ผลแตกต่างกันออกไป เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ทางสถิติแล้วปรากฏว่าทั้ง Benlate และ Vitavax ให้ผลสูงสุดตามลำดับ แต่สามารถควบคุมเชื้อราได้ไม่แตกต่างกัน ซึ่งอาจใช้เป็นแนวทางในการนำไปใช้ควบคุมโรคในแปลงต่อไป

เชื้อรา *M. phaseolina* สาเหตุโรคเน่าดำของถั่วเหลือง สามารถติดมากับเมล็ดถั่วเหลือง ได้ทั้ง 2 พันธุ์ที่ทดสอบ โดยพบในเมล็ดที่ได้จากฝัก ส่วนล่าง ๆ ของต้นมากกว่าส่วนอื่น ๆ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโดยธรรมชาติของเชื้อรานี้อาศัยอยู่ในดินได้นาน ในรูปของเม็ด microsclerotia และเข้าทำลายต้นถั่วเหลืองจากส่วนโคนต้นบริเวณผิวดินก่อนแล้วลุกลามขึ้นสู่ลำต้น (Sinclair and Bockman, 1989) ดังนั้นการเคลื่อนย้ายของเชื้อราจากบริเวณโคนต้นเข้าสู่ฝักและเมล็ดที่อยู่ส่วนล่าง ๆ ของต้นจึงเป็นไปได้มากกว่าส่วนอื่น ๆ

การใช้สารฆ่าเชื้อราและสารชีวภัณฑ์กลุ่มเมลิทพันธุ์ถั่วเหลือง สามารถกำจัดหรือลดปริมาณของเชื้อรา *M. phaseolina* ได้แต่ประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อราค่อนข้างสูงกว่า เนื่องจากสามารถช่วยกำจัดหรือลดปริมาณของเชื้อราอื่น ๆ ได้มากกว่าสารชีวภัณฑ์ (Table 6) ในเมล็ดถั่วเขียวผิวดำ ซึ่งมีปัญหาเกี่ยวกับการติดเชื้อรานี้เช่นเดียวกัน ญูจนนาและปรีชา (2531) พบว่ามีสารฆ่าเชื้อราหลายชนิดที่ใช้ควบคุมเชื้อรานี้ได้ดีซึ่งได้แก่ Benlate, Captan และสารฆ่าเชื้อราอื่น ๆ ในกลุ่ม thiabendazole และจากการศึกษาค้นคว้าพบว่าสารชีวภัณฑ์ที่ผลิตจาก *Trichoderma* spp. และ *Bacillus subtilis* เมื่อใช้ควบคุมเมล็ดให้ผลค่อนข้างดีในการควบคุมเชื้อโรคต่าง ๆ บนเมล็ดถั่วเหลือง ในอนาคตจึงน่าจะนำมาใช้ทดแทนสารฆ่าเชื้อราได้ แต่จะต้องมีการศึกษาถึงอัตราที่เหมาะสมในการใช้ควบคุมเมล็ดพืชแต่ละชนิดเสียก่อน ที่อาจต้องใช้ความเข้มข้นของสารที่มากกว่าอัตราของสารฆ่าเชื้อราหลายเท่าก็ได้

จากผลการศึกษาการป้องกันกำจัดโรคเน่าคอดินของถั่วเหลืองที่เกิดจากเชื้อรา *M. phaseolina* แสดงให้เห็นว่าการใช้เมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการคลุกด้วยสารฆ่าเชื้อรา หรือสารชีวภัณฑ์ไปปลูก สามารถควบคุมการเกิดโรคได้มาก โดยเฉพาะสารฆ่าเชื้อราและสารชีวภัณฑ์ Trisan ให้ผลดีไม่แตกต่างกัน ส่วน Rotary และ Larminar แม้ว่าจะควบคุมโรคได้ไม่ดัดนัก แต่ก็มีแนวโน้มให้เห็นว่า หากมีการเพิ่มปริมาณของสารชีวภัณฑ์ให้สูงขึ้นจากเดิมที่ใช้ในการทดลองนี้ ซึ่งใช้เพียง 3 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์ 1 กิโลกรัม คาดว่าจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์ในการกำจัดเชื้อบนเมล็ดและการควบคุมโรคเน่าคอดินของถั่วเหลืองให้ใกล้เคียงกับสารฆ่าเชื้อราได้

เอกสารอ้างอิง

- กัญจนา พุทธสมัย และปรีชา สุรินทร์. 2531. โรคเน่าดำของถั่วเขียวผิวดำ, น. 243-257. รายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ งานวิจัยถั่วเขียว ครั้งที่ 3 วันที่ 21-23 พฤศจิกายน 2531 กาญจนบุรี.
- ศรีสุข พูนผลกุล และ อุดม ภูพิพัฒน์. 2521. โรคของถั่วเหลืองในประเทศไทย. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ 12 : 143-154.
- Gangapadhyay, S., Agrawal, O.K. Sarbhoy, A.K. and Wadhi, S.R.. 1973. Charcoal rot disease of soybean in India. Indian Phytopathology 26 : 730-732.
- Neergaard, P. 1979. Seed pathology Vol. 1. The MacMillan Press, Ltd. London. 839 p.
- Sinclair, J.B. 1982. Compendium of soybean diseases, Second edition, American Phytopathology Society. St. Paul., MN. 104 pp.
- Sinclair, J.B. and Backman, P.A. 1989. Compendium of soybean diseases, Third edition. American Phytopathological Society. St. Paul., MN. 106 pp.
- Walter, H.J. 1961. A premature drying of soybean in Arkansas. (Abstr.) Phytopathology. 51 : 646.
- Willie, T.D. and Brown, M.F. 1970. Ultrastructural formation of sclerotia of *Macrophomina phaseolina*. Phytopathology. 60 : 524-528.

Appendix 4-5: Listing of RUSCAST and MILCAST MODELS

The program was written using Quick Basic version 4. The daily weather data input contains many variables some of which are not used in running the model but they are included for the ease of file management and a possible future use; some of the statements may not be used but they are included for future modification. The data file, an ASCII format, must contain part of first few months of the second year if planting date is in October or November. The variables that are required are maximum, minimum temperature, relative humidity (RH), and/or no. of hours of $RH \geq 90\%$. The RUSCAST model is built on cultivars 7608, OCB, and Sukotai 1, whereas MILCAST model is for OCB. Quick Basic has not been commercially available after the invention of Visual Basic, but the models can be used as a stand alone executable program. Since the model is still under validation process, more adjustment is necessary before it could be utilized.

Appendix 4: RUSCAST MODEL

```

COMMON SHARED ISOW%, NPE%, IRO%, JDAS%, IEND%, CVARS, CULT%, SDCH
COMMON SHARED HUR5, HUR6, HUR7, HUR67, COEF2, COEF3, ONSET%
DECLARE FUNCTION YDLOS (RAUDPC)
DECLARE FUNCTION ONRSCAL (MTM, MRH)
DECLARE FUNCTION RHTMINV (MTM, MRH)
DECLARE FUNCTION RATER5 (MTM, MRH)
DECLARE FUNCTION RATER2 (MTM, MRH)
DECLARE FUNCTION RATER0 (MTM, MRH)
DECLARE FUNCTION RESIS1 (MTM, MRH)
DECLARE FUNCTION CEPTER (MTM, MRH)
DECLARE SUB AUDPC (RAUDPC)
DECLARE SUB CHKRSON (IFAG%)
DECLARE SUB CUMDISR (DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
DECLARE SUB GSRSR6 (IDAS%, KFAGO%)
DECLARE SUB JULIAN (DS, MS, YRS, NDAY)
DECLARE SUB RSPRAY (FLAG%, NSPRA)
DECLARE SUB RUSTSEV (FLAG%)
DECLARE SUB YLOSCRI (CRIDAS%, CRIDIS, PTYLOS)
DIM SHARED ATM(1 TO 366), JDAY(1 TO 366), RH(1 TO 366), HRW(1 TO 366)
DIM SHARED MTM, MRH, MHRW, RF(1 TO 200), HRH9(1 TO 366)
DIM SHARED GDD(366), TDCH(200), TDISV(200)
DIM SHARED SPRAYS(100), SPRADAY%, NSPRA
DIM SHARED MN(12)
CLS
PRINT "PROG check favorable weather factors for Soybean disease warning"
REM Prog stored in the file -- RUSCAST --, the program read daily weather data and store in arrays
REM to be used in subprog. This prog will include subprog to estimate time of rust onset and Yield loss
FOR I = 1 TO 12
  READ MN(I): NEXT
DATA 31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31
PRINT : PRINT
PRINT "-----"
PRINT "  * Forecasting System for Soybean Rust *  "
PRINT "===== "
PRINT
PRINT "-----"
PRINT "    Sunthorn Buranaviriyakul    "
PRINT "    Faculty of Agriculture, CMU    "
PRINT "-----"
PRINT : PRINT : PRINT " Press any key to continue "
IKEY$ = INPUT$(1)
PRINT "1: Enter the SOWING date of the experiment(DD,MN,YR(BC)) "
INPUT "--> "; DDE, MNE, YRE
JDAY = 365: YRS = YRE: DAYN = 0
IF YRE MOD 4 = 0 THEN JDAY = 366: MN(2) = 29
CALL JULIAN(DDE, MNE, YRE, DAYN)
ISOW% = DAYN: JDAYF = JDAY: PRINT " SOWING DATE "; ISOW%
PRINT : PRINT " 2: ENTER the date you want to STOP reading(dd,mn,yr) "
INPUT "--> "; DDE, MNE, YRE
JDAY = 365: DAYN = 0
IF YRE MOD 4 = 0 THEN
  JDAY = 366: MN(2) = 29
END IF
CALL JULIAN(DDE, MNE, YRE, DAYN)
PRINT " Stop date,JDAYF "; DAYN, JDAYF
IF YRE = YRS THEN
  IEND% = DAYN
ELSE
  IEND% = JDAYF + DAYN
END IF
PRINT "Ending time "; IEND%
PRINT " Press any key to continue "
IKEY$ = INPUT$(1)
PRINT
INPUT "3: Enter a file name of CLIMATE data( With Extension) "; WTHN$
RESTART:
PRINT : PRINT "4: Enter any information you need (limited to one line)"
INPUT TI$
PRINT : CLS
PRINT " 5: Which variety does farmer plant ?"
PRINT "-----"

```

```

PRINT " 1: 7608"          'Long season crop CM60
PRINT " 2: OCB"          'Short season crop
PRINT " 3: Sukolai 1"
PRINT " _____"
INPUT "6:* Select one of them --> "; CULT%
PRINT: PRINT "*** The following susceptible coefficient to rust should be used: "
COEF2=.92: COEF3 = .85
PRINT "Sensitive Coef for OCB = .92 FOR SK = .85 "
PRINT
  IF CULT% = 1 THEN
    CVAR$ = "7608"
  ELSEIF CULT% = 2 THEN
    CVAR$ = "OCB"
  ELSE
    CVAR$ = "SK1"
  END IF
  'CULT%
PRINT
REENTS:
PRINT " ENTER the #DAYS to find AVERAGE of weather(Range:4-5 days) ";
INPUT "--> "; NPE%
  IF NPE% < 4 OR NPE% > 5 THEN
    PRINT " Try again "
    GOTO REENTS
  END IF
PRINT: PRINT: PRINT "8:* DO you know the date of disease onset (Y/N) ? "
INPUT RSS
IF UCASE$(RSS) = "Y" THEN
  PRINT: PRINT "9:* Enter the ONSET date of the disease(DD,MN,YR(BC)) "
  INPUT "--> "; DDE, MNE, YRE
  JDAY = 365: DAYN = 0
  IF YRE MOD 4 = 0 THEN JDAY = 366: MN(2) = 29
  CALL JULIAN(DDE, MNE, YRE, DAYN)
  IF YRE = YRS + 1 THEN
    ONSET% = DAYN + JDAYF
  ELSE
    ONSET% = DAYN
  END IF
  IRO% = ONSET% - ISOW% + 1 'DAS of ONSET
  JDAS% = IRO%: RSON$ = "Y"
  PRINT " ONSET, AS DAS :"; ONSET%, IRO%
  IKEY$ = INPUT$(1)
END IF
'RSS onset
CLS
FOR I% = 1 TO 100
  GDD(I%) = 0
NEXT I%
REM SET TEMPERATURE LIMIT OF SOYBEAN
TOPT = 30: LTEM = 7: XTEM = 45: GDD(0) = 0: NSPRA = 0
OPEN WITHNS FOR INPUT AS #1
INPUT #1, LINA1$
INPUT #1, LINA2$
FSTART:
INPUT #1, JDATE, TMX, TMIN, ATM, RF, RHA, HLWETO, TEMWO, SR, HRRH8, HRRH9
INPUT #1, NTEMP, DTEMP
  YR = VAL(LEFT$(STR$(JDATE), 3))
  DAYS% = VAL(RIGHT$(STR$(JDATE), 3))
  PRINT "DATE before sowing: "; DAYS%
  IF YR > YRS THEN
    CHKD% = DAYS% + JDAYF
  ELSE CHKD% = DAYS%
  END IF
REM store weather in arrays after sowing
  IF CHKD% < ISOW% - 1 THEN GOTO FSTART
  CHKD% = CHKD% + 1 'increase one to make it=isow to read isow record
ND% = 0
NSTART:
INPUT #1, JDATE, TMX, TMIN, ATM, RF, RHA, HLWET, TEMWO, SR, HRRH8, HRRH9
INPUT #1, NTEMP, DTEMP
  YR = VAL(LEFT$(STR$(JDATE), 3))
  DAYS% = VAL(RIGHT$(STR$(JDATE), 3))
  PRINT " YR,DAYS = "; YR; SPC(3); DAYS%
  IF YR > YRS THEN
    CHKD1% = DAYS% + JDAYF

```



```

ELSE
  CHKD1% = DAYS%
END IF
K% = CHKD1% - ISOW% + 1 'Initialize sowing as 1
ATM(K%) = (TMX + TMIN) / 2 'Store with at sowing as day 1
RH(K%) = RHA: RF(K%) = RF
HRW(K%) = HLWET: HRH9(K%) = HRRH9
JDAY(K%) = CHKD1% 'store jday starting from sowing
IF ATM(K%) < LTEM OR ATM(K%) > XTEM THEN PDAY = 0
IF ATM(K%) < TOPT AND ATM(K%) > LTEM THEN
  PDAY = (ATM(K%) - LTEM) / (TOPT - LTEM) 'Physiol. day
ELSEIF ATM(K%) > TOPT AND ATM(K%) < XTEM THEN
  PDAY = (XTEM - ATM(K%)) / (XTEM - TOPT)
END IF
GDD(K%) = GDD(K% - 1) + PDAY 'Sum of heat unit
ND% = ND% + 1 'Count #days read
IF CHKD1% <= IEND% THEN GOTO NSTART
CLOSE #1
REM Check the no. of 2 days of consecutive rainfalls, the values obtained
REM will be 1 day less than NRF(in 5 days period) except the series ynyy
REM Calc Physiological day at R1 R5 R6 R7 for a given sowing date for
REM 7608(HU3R1) SUKOTAI1 use the same values as 7608. It is limited to 26 Nov
IF ISOW% < 31 AND ISOW% > 0 THEN ISOW% = JDAY + ISOW%
IF ISOW% <= 330 THEN
  HU3R1 = 43.461 - .0603 * ISOW%: HU3R5 = 74.976 - .13266 * ISOW%
  HU3R6 = 94.541 - .1324 * ISOW%: HU3R7 = 117.849 - .1932 * ISOW%
  HU2R1 = 37.49 - .0469 * ISOW%: HU2R5 = 52.447 - .06803 * ISOW%
  HU2R6 = 78.664 - .1051 * ISOW%: HU2R7 = 95.277 - .1366 * ISOW%
  HU3R8 = 120.76 - .1916 * ISOW% 'R2=.98
  HU2R8 = EXP(4.8316 - .00266 * ISOW%) 'R2=.929
ELSE
  HU3R1 = 10.56 + .0436 * ISOW%: HU3R5 = -30.65 + .1986 * ISOW%
  HU3R6 = 5.985 + .1488 * ISOW%: HU3R7 = 610.7 * ISOW% / (2881.8 + ISOW%)
  HU2R1 = 37.49 - .0469 * ISOW%: HU2R5 = .0945 * ISOW%
  HU2R6 = .1467 * ISOW%: HU2R7 = 22.617 + .1071 * ISOW%
  HU3R8 = 120.76 - .1916 * ISOW% 'R2=.98
  HU2R8 = EXP(4.8316 - .00266 * ISOW%) 'R2=.929
END IF
REM Calc gdd between r6-r7
IF CULT% = 1 OR CULT% = 3 THEN
  HUR1 = INT(HU3R1): HUR5 = INT(HU3R5): HUR6 = INT(HU3R6)
  HUR67 = INT(((HU3R6 + HU3R7) / 2) + .3)
  HUR7 = INT(HU3R7 + .3)
END IF
IF CULT% = 2 THEN
  HUR1 = INT(HU2R1): HUR5 = INT(HU2R5): HUR6 = INT(HU2R6)
  HUR67 = INT(((HU2R6 + HU2R7) / 2) + .3)
  HUR7 = INT(HU2R7 + .3)
END IF
PRINT " HUR5, HUR6, HUR67 : "; HUR5; SPC(5); HUR6; SPC(5); HUR67
IKEY$ = INPUT$(1)
REM estimate rust onset
IF UCASE$(R5$) = "N" THEN
  CALL CHKRSON(IFAG%)
  IF IFAG% = 2 THEN
    JDAS% = IRO%: RSON$ = "Y"
    PRINT " Rust onset(IRO%)(M/P) : "; IRO%
  ELSEIF IFAG% = 1 THEN
    RSON$ = "Y"
    PRINT
    PRINT " GDD : "; GDD(JDAS%)
    PRINT " Rust occurs late there is no need to spray "
  ELSEIF IFAG% = -1 THEN
    RSON$ = "N"
    PRINT: PRINT " No rust occur "
  END IF
  'FLAG
  IKEY$ = INPUT$(1)
  PRINT: PRINT " Press any key "
END IF
' Ask Onset
' Call subprogram to calculate rust progress
IF RSON$ = "Y" THEN
  IF GDD(JDAS%) <= HUR6 THEN 'if GS not beyond r6(70DAS) calc severe
    CALL RUSTSEV(FLAG%)

```

```

CLS
PRINT "JDAS after est sev "; JDAS%
PRINT "-----"
PRINT "      RUST      "
PRINT "    DAS    SEVERITY "
PRINT "-----"
FOR I = IRO% TO JDAS% STEP NPE%
  PRINT SPC(7); TDISV%(I); SPC(6); TDCH(I)
NEXT I
PRINT "-----"
PRINT
INPUT "Want to save ouput (Y/N): "; OP$
IF UCASE$(OP$) = "Y" THEN
  PRINT : INPUT "Enter file name (w/o *.xxx) > "; NAM$
  NAM$ = NAM$ + ".DIS"
  OPEN NAM$ FOR OUTPUT AS #1
  PRINT #1, "***, TIS"
  PRINT #1, "  DAS   %RUST"
  FOR I = IRO% TO JDAS% STEP NPE%
    PRINT #1, USING "####"; TDISV%(I);
    PRINT #1, USING "####,####"; TDCH(I)
  NEXT I
  CLOSE #1
END IF
' OP$
REM Call subpro to calc area under the diseased curve when rust occurs
CALL AUDPC(RAUDP)
PRINT: PRINT "** Area Under the Curve(Rust severity) > "; RAUDP
REM Calculate yield loss due to rust effect alone
IF RAUDP >= .17 THEN
  RAUDPC = RAUDP
  RSYLOS = YDLOS(RAUDPC)
  PRINT
  ELSE
  PRINT
  PRINT "Rust severity(RAUDPC) is below 17% no yield loss is estimated "
END IF
' RAUDP
REM calculate yield loss using % rust at time 1
IF CULT% = 1 OR CULT% = 3 THEN
  CRIDAS% = 60
  ELSEIF CULT% = 2 THEN
  CRIDAS% = 55
END IF
CALL YLOSCRI(CRIDAS%, CRIDIS, PTYLOS)
PRINT "YIELD LOSS estimated using point value "; PTYLOS
CRIDIS = CRIDIS * 100
REM save raudpc and % rust in the file
IF CVAR$ = "OCB" THEN
  RAU$ = "RAUDV2.RUS"
  ELSEIF CVAR$ = "SK1" THEN
  RAU$ = "RAUDV1.RUS"
  ELSE
  RAU$ = ""
END IF
IF RAU$ <> "" THEN
  OPEN RAU$ FOR OUTPUT AS #1
  PRINT #1, TIS
  PRINT #1, USING "###,##"; RAUDP
  PRINT #1, USING "###.##"; CRIDIS
  CLOSE #1
END IF
' RAU$
ELSE
  PRINT : PRINT "*** There is rust but it occurs late ***"
END IF
' GDD
ELSE
  PRINT "There is no rust "
  IKEY$ = INPUT$(1)
END IF
' RSON$
END
' M/P
'+++++
SUB AUDPC (RAUDP) STATIC
REM Calculate area under the progress curve
STATIC AUDP, COUNT%, KLAS%
AUDP = 0: COUNT% = 0

```

```

REM Calculate area under the curve It checks that the second value <> 0
FOR K% = IRO% TO JDAS% - NPE% STEP NPE%
  IF CULT% = 1 OR CULT% = 3 THEN
    IF TDISV%(K%) >= 35 AND TDISV%(K%) <= 78 THEN
      KLAS% = K% + NPE%
      IF TDCH(K%) = 0 AND TDCH(KLAS%) = 0 THEN GOTO NEXROUND
      COUNT% = COUNT% + 1: IF COUNT% = 1 THEN DAY1% = TDISV%(K%)
      Y1 = TDCH(K%): Y2 = TDCH(KLAS%)
      AREAF = (Y1 + Y2) * (TDISV%(KLAS%) - TDISV%(K%)) / 2
      AUDP = AUDP + AREAF
      PRINT " K,AUDP V1 : ", K%: SPC(5): AUDP
    END IF
    ' TIME < 78
  ELSEIF CULT% = 2 THEN
    IF TDISV%(K%) >= 35 AND TDISV%(K%) <= 68 THEN
      COUNT% = COUNT% + 1: KLAS% = K% + NPE%
      IF TDCH(K%) = 0 AND TDCH(KLAS%) = 0 THEN GOTO NEXROUND
      IF COUNT% = 1 THEN DAY1% = TDISV%(K%)
      Y1 = TDCH(K%): Y2 = TDCH(KLAS%)
      AREAF = (Y1 + Y2) * (TDISV%(KLAS%) - TDISV%(K%)) / 2
      AUDP = AUDP + AREAF
      PRINT " K,AUDP V2 : ", K%: SPC(5): AUDP
    END IF
    ' TIME < 68
  END IF
  ' CULT%
NEXROUND:
NEXT K%
  RAUDP = AUDP * 100 / (TDISV%(KLAS%) - DAY1%)
  PRINT " RAUDPC(%) under no control > ", RAUDP
  PRINT " First and last date ", DAY1%, TDISV%(KLAS%)
  SKEY$ = INPUT$(1)
END SUB
' AUDPC
'====
FUNCTION CEPTER (MTM, MRH)
  STATIC CEP2
  ' Calculate intercept for less favorable conditions
  IF MTM <= 10 THEN MTM = 10.1
  IF MRH <= 40 THEN MRH = 40.1
  TRH = (MTM - 10) * (MRH - 40) 'TEM* RH
  IF TRH < 646 THEN
    CEP2 = EXP(1.1755 + .00186 * TRH) 'Calc rate having y=1
  ELSE
    CEP2 = EXP(1.1755 + .00186 * TRH - .00786 * (TRH - 610))
  END IF
  PRINT " * Intercept in FN2 : ", CEP2
  IKEY$ = INPUT$(1)
  IF IKEY$ < 0 THEN IKEY$ = 0
  CEPTER = CEP2
END FUNCTION
' B0
'++++-----+++'
SUB CHKRSON (IFAG%) STATIC
  SHARED FKAGO%
  STATIC I1%, IDAY%
  REM Sub prog to estimate time of rust onset
  REM SPRDAY-for counting # days from the start of processing
  REM IFAG% = 1 for onset signal BUT the plant is too old to be worried
  REM IFAG% = -1 for the NO disease onset and IFAG%=2 Downy Onset
  REM IDAS% # days after sowing that calc the onset but it is not the DAS
  REM that the ONSET is estimated so cannot set JDAS=IDAS at the end
  NDIF% = IEND% - ISOW%: L1% = NDIF% MOD NPE%
  ENDON% = IEND% - L1% 'Calc new value of stopping date
  DLENO% = ENDON% - ISOW%: GLENON% = ISOW% + DLENO%
  PRINT "Adj stopping time(CHK) : ", GLENON%
  PRINT " CULT # : ", CULT%
  IKEY$ = INPUT$(1)
  NFAV = 0: UNFAV = 0: IDAY% = ISOW%
  READCYC:
  STM = 0: SRH = 0: NRF = 0: SHR9 = 0: I1% = IDAY%
  IF I1% > GLENON% THEN
    IFAG% = -1: RSON$ = "N"
    PRINT " End of estim ", IDAY%
    IKEY$ = INPUT$(1)
  END IF
  EXIT SUB
END IF
FOR J% = 1 TO NPE%

```

```

L% = I% + J% - ISOW%
STM = STM + ATM(L%)           'Calc mean temp over NPE% days
SRH = SRH + RH(L%)           'starting from SOWING
SHR9 = SHR9 + HRH9(L%)
NEXT J%
IDAY% = IDAY% + NPE%
IDAS% = IDAY% - ISOW% + 1      'True DAS
PRINT : PRINT " +++++ NEW ROUND +++++"
PRINT "IDAS% in SUB(chkrs) "; IDAS%
IKEY$ = INPUT$(1)
MTM = STM / NPE%; MRH = SRH / NPE%; MHR9 = SHR9 / NPE%
PRINT "MTM, MRH, MHR9 : "; MTM, MRH, MHR9
REM If sowing is early than 16 July then use Hrrh9 for calc onset
IF ISOW% <= 198 AND ISOW% >= 122 THEN
  IF MTM >= 28 OR MTM < 19 THEN
    PRINT "Temp is unfavorable low or high"
    UNFAV = UNFAV + 1: IFAG% = -1
    PRINT " IDAS% :"; IDAS%
    GOTO READCYC
  ELSE
    'T >28 OR < 19 --on-- 1
    NFAV = NFAV + 1
    IF IDAS% > 40 THEN
      IF MHR9 > 15 THEN GOTO READCYC
      IF MRH >= 84 THEN
        IRO% = RHTMINV(MTM, MRH)
        PRINT "ONSET TIME when sowing is before July "; IRO%
        BEEP
        IKEY$ = INPUT$(1)
        CALL GSRSR6(IDAS%, KFAGO%)
        IFAG% = KFAGO%
      ELSE
        PRINT "RH is unfavorable for rust development"
        UNFAV = UNFAV + 1: IFAG% = -1
        PRINT " IDAS% :"; IDAS%
        GOTO READCYC
      END IF
    ELSE
      'MRH > 84
      GOTO READCYC
    END IF
  END IF
  'When das < 40
  IDAS > 40
  'T > 28
  '1 MAY < SOWING < 16 JULY
END IF
IF ISOW% > 198 AND ISOW% < 350 THEN
  IF MTM >= 28 OR MTM < 19 THEN
    PRINT "Temp is unfavorable for rust development"
    UNFAV = UNFAV + 1: IFAG% = -1
    PRINT " IDAS% :"; IDAS%
    GOTO READCYC
  END IF
  'T > 28 OR < 19 --on-- 2
  IF MTM > 25 AND MTM < 28 THEN
    IF MRH > 90 THEN GOTO READCYC
    IF MRH > 75 THEN
      NFAV = NFAV + 1
      PRINT " IDAS% :"; IDAS%
      IF IDAS% >= 14 THEN
        IRO% = ONRSCAL(MTM, MRH)
        IDAS% = IRO%
        PRINT
        PRINT "Das RUST(IRO) is on, 2: "; IRO%
        BEEP
        IKEY$ = INPUT$(1)
        CALL GSRSR6(IDAS%, KFAGO%)
        IFAG% = KFAGO%
      ELSE
        GOTO READCYC
      END IF
    ELSE
      'IDAS% > 10
      PRINT "RH is unfavorable for rust development"
      UNFAV = UNFAV + 1: IFAG% = -1
      PRINT " IDAS% :"; IDAS%
      GOTO READCYC
    END IF
  END IF
  'RH > 75
  'T > 25 OR < 28 --on-- 3
  IF MTM <= 25 AND MTM > 22.5 THEN

```

```

IF MRH > 90 THEN GOTO READCYC
IF MRH >= 71 THEN
  NFAV = NFAV + 1
  PRINT " IDAS%, NFAV 3 :"; IDAS%, NFAV
  IF IDAS% >= 15 THEN
    IRO% = ONRSCAL(MTM, MRH)
    IDAS% = IRO%
    PRINT : PRINT " Das RUST(IRO) is on,3: "; IRO%
    BEEP
    IKEY$ = INPUT$(1)
    CALL GSRSR6(IDAS%, KFAGO%)
    IFAG% = KFAGO%
  ELSE
    GOTO READCYC
  END IF
ELSE
  PRINT "RH is unfavorable for rust development "
  UNFAV = UNFAV + 1: IFAG% = -1
  PRINT " IDAS% :"; IDAS%
  GOTO READCYC
END IF
' RH > 71
' T > 22.5 OR < 25 --on--- 4
IF MTM <= 22.5 AND MTM >= 19 THEN
  IF MRH > 90 THEN GOTO READCYC
  IF MRH > 68 THEN
    NFAV = NFAV + 1
    PRINT " IDAS%, NFAV 3 :"; IDAS%, NFAV
    IF IDAS% >= 20 THEN
      IRO% = ONRSCAL(MTM, MRH)
      IDAS% = IRO%
      PRINT : PRINT " Das RUST(IRO) is on,4: "; IRO%
      BEEP: IKEY$ = INPUT$(1)
      CALL GSRSR6(IDAS%, KFAGO%)
      IFAG% = KFAGO%
    ELSE
      GOTO READCYC
    END IF
  ELSE
    PRINT "RH is unfavorable for rust development "
    UNFAV = UNFAV + 1: IFAG% = -1
    PRINT " IDAS% :"; IDAS%
    GOTO READCYC
  END IF
  ' RH > 68
  ' 19 < T <= 22.5 --on-- 5
END IF
' SOWNING > 16 JULY
BEEP
REM cannot set onset=jdas since IRO is estimated which not coincide
REM JDAS% in this sub cannot be used in other sub
ONSET% = IRO% + ISOW%: JDAS% = IRO%
PRINT " RUST onset(JDAY),JDAS% :"; ONSET%, JDAS%
PRINT " Flag IN CHKRSON > "; IFAG%
PRINT : PRINT "PRESS ANY KEY TO CONTINUE"
IKEY$ = INPUT$(1)
END SUB
'CHKRSON
'++-----++
SUB CUMDISR (DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%) STATIC
REM Subprog to accumulate rust%
REM TDISV%() is DAS at which disease level is assessed
REM check R5 and r6 to prevent over estimate
IF JDAS% - IRO% = NPE% THEN 'At this pt JDAS%>IRO% by NPE%
  TDISV%(IRO%) = IRO%
  IF DISCH <= 0 THEN
    TDCH = 0
  ELSE
    TDCH = .0003
  END IF
END IF
TDD = TDCH(JDAS% - NPE%)
IF CULT% = 1 OR CULT% = 3 THEN
  IF GDD(JDAS%) < HUR5 THEN
    IF DISCH >= .03 THEN
      DISCH = RATEL * DISCH
    ELSEIF DISCH < 0 THEN

```

```

DISCH = 0
END IF
ELSEIF GDD(JDAS%) >= HUR5 AND GDD(JDAS%) <= HUR67 THEN
  IF DISCH > .265 OR DISCH < 0 THEN DISCH = RATEL * TODD * (1 - TODD)
END IF
  ' GDD < HUR5
  IF GDD(JDAS%) > HUR67 THEN
    '56
    IF DISCH >= .07 OR DISCH < 0 THEN
      DISCH = RATEL * TODD * (1 - TODD)
    END IF
    'DISCH
  END IF
  'GDD > R67
ELSEIF CULT% = 2 THEN
  IF GDD(JDAS%) < HUR5 THEN
    IF DISCH >= .03 THEN
      DISCH = RATEL * DISCH
      ' for early period
    ELSEIF DISCH < 0 THEN
      DISCH = 0
    END IF
  ELSEIF GDD(JDAS%) >= HUR5 AND GDD(JDAS%) <= HUR67 THEN
    IF DISCH > .265 OR DISCH < 0 THEN DISCH = RATEL * TODD * (1 - TODD)
  END IF
    'GDD < HUR5
    IF GDD(JDAS%) > HUR67 AND DISCH >= .07 THEN
      IF DISCH >= .07 OR DISCH < 0 THEN
        DISCH = RATEL * TODD * (1 - TODD)
      END IF
      'DISCH
    END IF
    'GDD
  END IF
    ' CULT
  SDCH = SDCH + DISCH
  PRINT "Check final SDCH :"; SDCH
  IF SDCH < 0 THEN SDCH = 0
  TDCH = TDCH + DISCH
  IF TDCH < 0 THEN TDCH = 0
  TDCH(JDAS%) = TDCH
  ' total disease severity at DAS
  ' TDISV%() time when severity is recorded
  TDISV%(JDAS%) = JDAS%
  PRINT "HuR6,Hu67, R7 "; HUR6: SPC(3); HUR67: SPC(3); HUR7
  PRINT "Disch in CUM > "; DISCH
  PRINT : PRINT "TDCH() At DAS in CUM sub "; TDCH(JDAS%), TDISV%(JDAS%)
  IKEY$ = INPUT$(1)
  IF SDCH >= .1 THEN
    IF SPRADAY% > 8 THEN
      GDD = GDD(JDAS%)
      IF GDD <= HUR6 AND GDD > 0 THEN
        CALL RSPRAY(FLAG%, NSPRA)
        SPRAY$(JDAS%) = "Y"
      ELSEIF GDD > HUR6 THEN
        BEEP
        PRINT
        PRINT "+-----+"
        PRINT "+ "
        PRINT "+ NO Spray the plant is beyond critical age. +"
        PRINT "+++++"
        PRINT : PRINT "Press any key to continue "
        IKEY$ = INPUT$(1)
        SPRAY$(JDAS%) = "N"
        SDCH = 0
      END IF
      'GDD
    ELSEIF SPRADAY% <= 9 THEN
      FLAG% = 1
      'spraying time not due
      'SPRAY>8
    END IF
    ELSE
      FLAG% = 1
      'Severity is still low <.17
    END IF
    'SDCH=.17
  END SUB
  'SUB CUMDISRS
  '+++-----+++
  SUB GRSR6 (IDAS%, KFAGO%)
  REM Check whether onset time is beyond threshold age
  REM use this sub to check whether onset is late
  IF GDD(IDAS%) > HUR6 THEN
    KFAGO% = 1
    'SK1 group
  ELSE
    KFAGO% = 2
  END IF
  'GDD
END SUB
'GRSR6

```

```

'++-----++
SUB JULIAN (DS, MS, YRS, NDAY) STATIC
REM To calculate Julian day
REM PRINT " SUB TRANS (DS,MS) "; DS, MS
FOR I = 1 TO 12: NOY = MN(I)
  IF I < MS THEN
    FOR J = 1 TO NOY
      NDAY = NDAY + 1
    NEXT J
  ELSEIF I = MS THEN
    FOR J = 1 TO DS
      NDAY = NDAY + 1
    NEXT J
  END IF
NEXT I
END SUB
'Julian
'++-----++

FUNCTION ONRSCAL (MTM, MRH)
' Calculate onset time of rust using 7608 as basic cultivar during late rainy season sowing
IF MTM <= 10 THEN MTM = 10.1
IF MRH <= 40 THEN MRH = 40.1
TRH = (MTM - 10) * (MRH - 40) 'TEM* RH
REM PRINT " RH*T IN FN : "; TRH
IF TRH < 745 THEN
  ONRS = 33.245 - .0162 * TRH 'Calc onset having y=1
ELSE
  ONRS = 33.245 - .0162 * TRH + .2492 * (TRH - 745)
END IF
PRINT "Onset IN FN: "; ONRS
!KEY$ = INPUT$(1)
ONRSCAL = CINT(ONRS)
END FUNCTION
'++-----++

FUNCTION RATER0 (MTM, MRH)
' Calculate intercept of the logistic function
IF MTM <= 10 THEN MTM = 10.1
IF MRH <= 40 THEN MRH = 40.1
TRH = (MTM - 10) * (MRH - 40) 'TEM* RH
IF TRH < 570 THEN
  RUS = EXP(1.0424 + .00231 * TRH) 'Calc rate having y=1
ELSE
  RUS = EXP(1.0424 + .00231 * TRH - .00709 * (TRH - 570))
END IF
PRINT " * Intercept in FN : "; RUS
!KEY$ = INPUT$(1)
IF RUS < 0 THEN RUS = 0
RATER0 = RUS
END FUNCTION
'Bo
'++-----++

FUNCTION RATER5 (MTM, MRH)
' Calculate apparent infection rate
IF MTM <= 10 THEN MTM = 10.1
IF MRH <= 40 THEN MRH = 40.1
TRH = (MTM - 10) * (MRH - 40) 'TEM* RH
IF TRH < 570 THEN
  RUS = EXP(-3.64 + .00342 * TRH)
ELSE
  RUS = EXP(-3.64 + .00342 * TRH - .0103 * (TRH - 570))
END IF
RATER5 = RUS
END FUNCTION
'Rate
'++-----++

FUNCTION RATER2 (MTM, MRH)
' Calculate apparent rate for less favorable conditions
IF MTM <= 10 THEN MTM = 10.1
IF MRH <= 40 THEN MRH = 40.1
TRH = (MTM - 10) * (MRH - 40) 'TEM* RH
IF TRH < 646 THEN
  RUS2 = EXP(-3.47 + .00228 * TRH)
ELSE
  RUS2 = EXP(-3.47 + .00228 * TRH - .0133 * (TRH - 646))

```

```

END IF
RATRS2 = RUS2
END FUNCTION
'+++++-----+++++
FUNCTION RESIS1 (MTM, MRH)
STATIC SUS1
' Calculate the ratio a/b of logistic parameters
IF MTM <= 10 THEN MTM = 10.1
IF MRH <= 40 THEN MRH = 40.1
TRH = (MTM - 10) * (MRH - 40) 'TEM*RH
IF TRH < 610 THEN
SUS1 = 127.486 - .1229 * TRH
ELSE
SUS1 = 127.486 - .1229 * TRH + .4537 * (TRH - 610)
ENDIF
PRINT "coeff in FN : "; SUS1
RESIS1 = SUS1
END FUNCTION
'+++++-----+++++
FUNCTION RHTMINV (MTM, MRH)
' Calculate rust onset for early planting dates
IF MTM <= 10 THEN MTM = 10.1
IF MRH <= 40 THEN MRH = 40.1
TRH = (MTM - 10) * (MRH - 40)
ONRST = .04713 - 22.213 / TRH
ONRS = 1 / ONRST
PRINT "RS onset for early pd > "; ONRS
RHTMINV = CINT(ONRS)
END FUNCTION 'rhtminv
'++-----++
SUB RSPRAY (FLAG%, NSPRA)
' Check whether to SPRAY or not and keep records of #sprays
IF NSPRA < 5 THEN
BEEP
PRINT "+++++-----+++++
PRINT "+ Warning +
PRINT "+ Spray now if it looks serious OR in +
PRINT "+ the next few days +
PRINT "+++++-----+++++
PRINT : PRINT " Waring on day(DAS) :"; JDAS%
PRINT "Press any key to continue"
IKEY$ = INPUT$(1)
NSPRA = NSPRA + 1 'NSPRAYS
FLAG% = 2 'Spray is needed
ELSE
PRINT
PRINT "Don't Spray because it has sprayed >=5 times"
PRINT "Press any key to continue"
IKEY$ = INPUT$(1)
FLAG% = -1
END IF
END SUB 'RSpray warning
'++-----++
SUB RUSTSEV (FLAG%) STATIC
STATIC I1%
' Estimate rust development using logistic model
REM FLAG%=-1 if no spray is needed due to plant is aging or enough sprays have been done
REM SPRADAY% #DAYS between two sprays, NSPRA=#sprays
REM FLAG%=2 for spray needed and FLAG%=1 no spray because time is not due
REM GETDATA1 after spray is done GETDATA2 spray condition is not met
REM IRO% disease onset(DAS%) I1% also DAS
I1% = ONSET%: NSPRA = 0: NFAV = 0: JDAS% = IRO% 'JDAS%<>1
GLENG% = IEND% 'Calc new value of stopping date
PRINT "GLENG%, I1%(onset) :"; GLENG%, I1%
PRINT "HUR7 in RUSTSEV"; HUR7
IKEY$ = INPUT$(1)
TDCH(IRO%) = .0003
GETDATA1:
PRINT "GDD 1 : "; GDD(JDAS%)
IF GDD(JDAS%) <= HUR7 + .8 THEN
SPRADAY% = NPE%: SDCH = 0
ELSEIF GDD(JDAS%) = 0 THEN
PRINT "End of epidemic 1 at "; JDAS%

```



```

PRINT "Press any key to continue "
IKEY$ = INPUT$(1)
EXIT SUB
END IF
PRINT " GETDATA 1,II% > ", SPRADAY%, II%
GOTO CONTNU
GETDATA2:
IF GDD(JDAS%) = 0 THEN EXIT SUB
PRINT "GDD in RSEV 2 : ", GDD(JDAS%)
IF GDD(JDAS%) <= HUR7 + .8 THEN
    SPRADAY% = SPRADAY% + NPE%
ELSE
    PRINT " End of epidemic2 ", II%
    IKEY$ = INPUT$(1)
    EXIT SUB 'not appear to work
END IF
PRINT " GETDATA 2,II > ", SPRADAY%, II%
CONTNU:
STM = 0: SRH = 0: NRF = 0: I% = JDAS%: SHRH = 0: SHRW = 0
FOR J% = 1 TO NPE%
    STM = STM + ATM(I% + J% - 1) 'Calc mean temp over 5 days
    SRH = SRH + RH(I% + J% - 1) 'starting from ONSET
    SHRH = SHRH + HRH9(I% + J% - 1)
    SHRW = SHRW + HRW(I% + J% - 1)
NEXT J%
II% = II% + NPE%
JDAS% = JDAS% + NPE%
NDAS% = JDAS% - NPE% 'Check the rel records
PRINT: PRINT " +++++ NEW ROUND +++++"
PRINT "JDAS% SPRADAY% in SUBSEV : ", JDAS%, SPRADAY%
IKEY$ = INPUT$(1)
MTM = STM / NPE%: MRH = SRH / NPE%: MHR9 = SHRH / NPE%: MHRW = SHRW / NPE%
PRINT
PRINT "MTM, RH,HRH9,HRW : ", MTM: SPC(4): MRH: SPC(4): MHR9: SPC(4): MHRW
PRINT " RH*T in rsev : ", (MTM - 10) * (MRH - 40)
IKEY$ = INPUT$(1)
IF MTM > 28 OR MTM < 19 THEN '-----SEV-----1
    DISCH = 0
    CALL CUMDISR(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
    IF FLAG% = -1 THEN
        EXIT SUB
    ELSEIF FLAG% = 1 THEN
        GOTO GETDATA2
    ELSE
        GOTO GETDATA1
    END IF
END IF 'FLAG
END IF 'MTM > 28
IF MTM <= 28 AND MTM >= 26 THEN '-----SEV-----2
    IF MRH > 75 THEN
        RATEL = RATRS2(MTM, MRH): RATE0 = CEPTER(MTM, MRH)
        PRINT " ratel before adj. 1: ", RATEL
        IF CULT% = 1 THEN
            RATEL = RATEL: RATE0 = RATE0
        ELSEIF CULT% = 2 THEN
            NRATE = RESIS1(MTM, MRH): RATE0 = .95 * COEF2 * NRATE * RATEL
            RATEL = COEF2 * RATEL
        ELSE
            NRATE = RESIS1(MTM, MRH): RATE0 = K0E * COEF3 * NRATE * RATEL
            RATEL = COEF3 * RATEL
        END IF 'CULT%
        PRINT " * B0, RATEL IN SUB1 : ", RATE0, RATEL
        IKEY$ = INPUT$(1)
        YMAXW = 1: YPREV = TDCH(NDAS%)
        DISEV = YMAXW / (1 + EXP(RATE0 - RATEL * JDAS%))
        PRINT " DISEV(Yt) 1 : ", DISEV
        DISCH = (DISEV - YPREV)
        PRINT "DISCH, TDCH(I-1) 1: ", DISCH, YPREV
        CALL CUMDISR(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
    ELSE
        DISCH = 0
        CALL CUMDISR(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
    END IF 'RH > 75
    PRINT " JDAS, TDCH() in sub 1: ", JDAS%, TDCH(JDAS%)

```

```

IF FLAG% = -1 THEN
  EXIT SUB
ELSEIF FLAG% = 1 THEN
  GOTO GETDATA2
ELSEIF FLAG% = 2 THEN
  GOTO GETDATA1
END IF
PRINT " Check FLAG(TEM(25,28) 1 = "; FLAG%
PRINT " Press any key to continue "
END IF
IF MTM < 26 AND MTM > 24.5 THEN '---SEV---3
  IF MRH > 69 THEN
    RATEL = RATER(MTM, MRH); RATE0 = RATER0(MTM, MRH)
    PRINT " Rate before adj. 2 :"; RATEL
    IF CULT% = 1 THEN
      RATEL = RATEL; RATE0 = RATE0
    ELSEIF CULT% = 2 THEN
      NRATE = RESIS1(MTM, MRH); RATE0 = .95 * COEF2 * NRATE * RATEL
      RATEL = COEF2 * RATEL
    ELSE
      NRATE = RESIS1(MTM, MRH); RATE0 = KOE * COEF3 * NRATE * RATEL
      RATEL = COEF3 * RATEL
    END IF
    PRINT " " B0, RATEL IN SUB2_1 : "; RATE0, RATEL
    YMAXW = 1; YPREV = TDCH(NDAS%)
    DISEV = YMAXW / (1 + EXP(RATE0 - RATEL * JDAS%)) 'Calc new sev
    PRINT " DISEV(Y) 2 : "; DISEV
    DISCH = (DISEV - YPREV)
    PRINT "Daily DIS,TDCH(-1) 2 : "; DISCH, YPREV
    CALL CUMDISR(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
  ELSEIF MRH > 48 AND MRH <= 69 THEN
    RATEL = RATER2(MTM, MRH); RATE0 = CEPTER(MTM, MRH)
    PRINT " Rate before adj. 2_2 :"; RATEL
    IF CULT% = 1 THEN
      RATEL = RATEL; RATE0 = RATE0
    ELSEIF CULT% = 2 THEN
      NRATE = RESIS1(MTM, MRH); RATE0 = .95 * COEF3 * NRATE * RATEL
      RATEL = COEF2 * RATEL
    ELSE
      NRATE = RESIS1(MTM, MRH); RATE0 = KOE * COEF3 * NRATE * RATEL
      RATEL = COEF3 * RATEL
    END IF
    PRINT " " B0, RATEL IN SUB 2_2 : "; RATE0, RATEL
    YMAXW = 1; YPREV = TDCH(NDAS%)
    DISEV = YMAXW / (1 + EXP(RATE0 - RATEL * JDAS%)) 'Calc new sev
    DISCH = DISEV - YPREV
    PRINT " DISEV(Y) 2_2 : "; DISEV
    PRINT "Daily DIS, TDCH(-1) 2_2 : "; DISCH, YPREV
    CALL CUMDISR(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
  ELSE
    DISCH = 0
    CALL CUMDISR(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
  END IF
  PRINT " JDAS, TDCH() in sub 2_2 : "; JDAS%, TDCH(JDAS%)
  IF FLAG% = -1 THEN
    EXIT SUB
  ELSEIF FLAG% = 1 THEN
    GOTO GETDATA2
  ELSE
    GOTO GETDATA1
  END IF
  PRINT " Check FLAG(TEM(17,25) 2 = "; FLAG%
  PRINT " Press any key to continue "
  IKEY$ = INPUT$(1)
END IF
IF MTM <= 24.5 AND MTM >= 23 THEN '---SEV-----4
  IF MRH >= 73 THEN
    RATEL = RATER(MTM, MRH); RATE0 = RATER0(MTM, MRH)
    PRINT " " Rate before adj.3 :"; RATEL
    IF CULT% = 1 THEN
      RATEL = RATEL; RATE0 = RATE0
    ELSEIF CULT% = 2 THEN
      RATE = RESIS1(MTM, MRH); RATE0 = .95 * COEF2 * NRATE * RATEL

```

```

    RATEL = COEF2 * RATEL
ELSE
    NRATE = RESIS1(MTM, MRH); RATE0 = KOE * COEF3 * NRATE * RATEL
    RATEL = COEF30 * RATEL
END IF
' CULT%
PRINT "B0, RATEL IN SUB 3: "; RATE0, RATEL
YMAXW = 1; YPREV = TDCH(NDAS%)
DISEV = YMAXW / (1 + EXP(RATE0 - RATEL * JDAS%))
PRINT "DISEV(Y) 3: "; DISEV
DISCH = (DISEV - YPREV)
PRINT "DISCH, TDCH(-1) 3: "; DISCH, YPREV
CALL CUMDISR(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
ELSEIF MRH < 73 AND MRH > 50 THEN
    RATEL = RATES2(MTM, MRH); RATE0 = CEPTER(MTM, MRH)
    PRINT "Rate before adj. 3_2: "; RATEL
    IF CULT% = 1 THEN
        RATEL = RATEL; RATE0 = RATE0
    ELSEIF CULT% = 2 THEN
        NRATE = RESIS1(MTM, MRH); RATE0 = .95 * COEF2 * NRATE * RATEL
        RATEL = COEF2 * RATEL
    ELSE
        NRATE = RESIS1(MTM, MRH); RATE0 = KOE * COEF3 * NRATE * RATEL
        RATEL = COEF3 * RATEL
    END IF
    PRINT "B0, RATEL IN SUB 3_2: "; RATE0, RATEL
    YMAXW = 1; YPREV = TDCH(NDAS%)
    DISEV = YMAXW / (1 + EXP(RATE0 - RATEL * JDAS%)) 'Calc new sev
    DISCH = (DISEV - YPREV)
    PRINT "DISEV(Y) 3_2: "; DISEV
    PRINT "Daily DIS, TDCH(-1) 3_2: "; DISCH, YPREV
    CALL CUMDISR(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
ELSE
    DISCH = 0
    CALL CUMDISR(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
END IF
'RH > 70
PRINT "JDAS, TDCH() in sub 3: "; JDAS%, TDCH(JDAS%)
IF FLAG% = -1 THEN
    EXIT SUB
ELSEIF FLAG% = 1 THEN
    GOTO GETDATA2
ELSE
    GOTO GETDATA1
END IF
'FLAG
PRINT "Check FLAG(TEM(17,25) 3 = "; FLAG%
PRINT "Press any key to continue "
IKEY$ = INPUT$(1)
END IF
'23 < T < 24.5
IF MTM < 23 AND MTM >= 19 THEN '---SEV---5
    IF MRH >= 67 THEN
        RATEL = RATES(MTM, MRH); RATE0 = RATE0(MTM, MRH)
        PRINT "B0, Rate before adj.4: "; RATE0, RATEL
        IF CULT% = 1 THEN
            RATEL = RATEL; RATE0 = RATE0
        ELSEIF CULT% = 2 THEN
            NRATE = RESIS1(MTM, MRH); RATE0 = .95 * COEF2 * NRATE * RATEL
            RATEL = COEF2 * RATEL
        ELSE
            NRATE = RESIS1(MTM, MRH); RATE0 = KOE * COEF3 * NRATE * RATEL
            RATEL = COEF3 * RATEL
        END IF
        PRINT "B0, RATEL, SUB 4: "; RATE0, RATEL
        YMAXW = 1; YPREV = TDCH(NDAS%)
        DISEV = YMAXW / (1 + EXP(RATE0 - RATEL * JDAS%))
        PRINT "DISEV(Y) 4: "; DISEV
        DISCH = (DISEV - YPREV)
        PRINT "Daily DIS, TDCH(-1) 4: "; DISCH, YPREV
        CALL CUMDISR(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
    ELSEIF MRH < 67 AND MRH > 48 THEN
        RATEL = RATES2(MTM, MRH); RATE0 = CEPTER(MTM, MRH)
        PRINT "Rate before adj. 4_2: "; RATEL
        IF CULT% = 1 THEN
            RATEL = RATEL; RATE0 = RATE0
        ELSEIF CULT% = 2 THEN

```

```

        NRATE = RESIS1(MTM, MRH): RATE0 = .95 * COEF2 * NRATE * RATEL
        RATEL = COEF2 * RATEL
    ELSE
        NRATE = RESIS1(MTM, MRH): RATE0 = KOE * COEF3 * NRATE * RATEL
        RATEL = COEF3 * RATEL
    END IF
    PRINT " B0, RATEL in SUB 4_2: "; RATEL
    YMAXW = 1: YPREV = TDCH(NDAS%)
    DISEV = YMAXW / (1 + EXP(RATE0 - RATEL * JDAS%))
    DISCH = (DISEV - YPREV)
    PRINT " Daily DIS, TDCH(-1) 4_2: "; DISCH, YPREV
    CALL CUMDISR(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
    ELSE
        DISCH = 0
        CALL CUMDISR(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
    END IF
    PRINT " JDAS, TDCH() in sub 4_2: "; JDAS%, TDCH(JDAS%)
    IF FLAG% = -1 THEN
        EXIT SUB
    ELSEIF FLAG% = 1 THEN
        GOTO GETDATA2
    ELSE
        GOTO GETDATA1
    END IF
    PRINT " Check FLAG(TEM(17,25) 4 = "; FLAG%
    PRINT " Press any key to continue "
    IKEY$ = INPUT$(1)
END IF
END SUB
'19 < T < 23
'RSTSEV
'++-----++
FUNCTION YDLOS (RAUDPC) STATIC
    STATIC SQROO
    ' Estimate yield loss due to rust alone using cv 7608 as reference, the estimation uses area under the curve
    IF CULT% = 1 THEN
        SQROO = .1522 * RAUDPC
        LOSS = SQROO * SQROO
        ' cv.7608
    ELSEIF CULT% = 3 THEN
        SQROO = .1622 * RAUDPC
        LOSS = SQROO * SQROO
        ' SK
    ENDIF
    YDLOS = LOSS
    PRINT " Yield loss(%): "; USING "####.#"; LOSS
END FUNCTION
'++-----++
SUB YLOSSCRI (CRIDAS%, CRIDIS, PTYLOS) STATIC
    STATIC DISDIF, TDIFF, SQROO
    ' Estimate yield loss due to rust alone using single point of the curve
    IRS% = IRO% + NPE%
    FOR I% = IRS% TO JDAS% - NPE% STEP NPE%
        IF I% = CRIDAS% THEN
            CRIDIS = TDCH(I%)
            EXIT FOR
        ELSEIF I% > CRIDAS% THEN
            DISDIF = TDCH(I%) - TDCH(I% - NPE%)
            TDIFF = TDISV%(I%) - TDISV%(I% - NPE%)
            DISCR = DISDIF * (CRIDAS% - TDISV%(I% - NPE%)) / TDIFF
            CRIDIS = TDCH(I% - NPE%) + DISCR
            EXIT FOR
        END IF
    NEXT I%
    IF CULT% = 1 THEN
        SQROO = .135 * CRIDIS * 100
    ELSEIF CULT% = 3 THEN
        SQROO = .1399 * CRIDIS * 100
    END IF
    PTYLOS = SQROO * SQROO
    PRINT " % Rust at a given time : "; CRIDIS * 100
    PRINT " YIELD LOSS estimated at "; CRIDAS%; " DAS = "; PTYLOS
    PRINT: PRINT " This value is likely to be under estimated if there are other diseases as well "
    IKEY$ = INPUT$(1)
END SUB

```

Appendix 5: MILCAST MODEL

```

COMMON SHARED ISOW%, NPE%, IRO%, JDAS%, IEND%, CVARS$
COMMON SHARED HUR5, HUR6, HUR7, HUR87, HUR56, ONSET%, CULT%, SDCH
DECLARE FUNCTION CEPTER2 (MTM, MRH)
DECLARE FUNCTION FHRRH9 (MHR9)
DECLARE FUNCTION ONDYCAL (MTM, MRH)
DECLARE FUNCTION ONDYCSK (MRH)
DECLARE FUNCTION ONDSK (MTM, MRH)
DECLARE FUNCTION YLOSCRI (CRIDAS%, PTRUS)
DECLARE FUNCTION YLOSS (RAUDPC, RAUDY)
DECLARE FUNCTION RATER5 (MTM, MRH)
DECLARE FUNCTION RATER2 (MTM, MRH)
DECLARE FUNCTION RATER0 (MTM, MRH)
DECLARE SUB DNYCUM (DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
DECLARE SUB GSR5 (IDAS%, KFAGO%)
DECLARE SUB JULIAN (DS, MS, YRS, NDAY)
DECLARE SUB AUDPC (RAUDY)
DECLARE SUB DYSPRAY (FLAG%, NSPRA)
DECLARE SUB DNYONS (IFAG%)
DECLARE SUB SKDYONS (IFAG%)
DECLARE SUB DNYSEV (FLAG%)
DIM SHARED ATM(1 TO 366), JDAY(1 TO 366), RH(1 TO 366), HRW(1 TO 366)
DIM SHARED MTM, MRH, MHRW, RF(1 TO 300), HRH9(1 TO 200)
DIM SHARED GDD(366), TDCH(200), TDISV%(200), MN(12)
DIM SHARED SPRAY$(100), SPRADAY%, DISEV(1 TO 100)
PRINT "PROG for estimating the occurrence of downy mildew and calculate"
PRINT " downy severity, and estimate yield loss of Soybean"
REM Prog stored in the file MILCAST.BAS, the program read daily wth and store in arrays to be used in subprog.
PRINT : PRINT
PRINT "-----"
PRINT " * Forecasting System for Downy Mildew of Soybean * "
PRINT " ====="
PRINT
PRINT "-----"
PRINT " Sunthorn Buranaviriyakul "
PRINT " Faculty of Agriculture, CMU * "
PRINT "-----"
PRINT
PRINT " Press any key to continue "
KEY$ = INPUT$(1)
FOR I = 1 TO 12
  READ MN(I): NEXT
DATA 31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31
CLS
PRINT : PRINT
PRINT "1: Enter the SOWING date of the experiment(DD.MN.YR(BC)) "
INPUT "--> "; DDE, MND, YRE
JDAY = 365: YRS = YRE: DAYN = 0
IF YRE MOD 4 = 0 THEN JDAY = 366: MN(2) = 29
CALL JULIAN(DDE, MND, YRE, DAYN)
ISOW% = DAYN: JDAYF = JDAY: PRINT " SOWING DATE "; ISOW%
PRINT
PRINT "2: ENTER the date you want to STOP reading(dd,mn,yr) "
INPUT "--> "; DDE, MND, YRE
JDAY = 365: DAYN = 0
IF YRE MOD 4 = 0 THEN
  JDAY = 366: MN(2) = 29
END IF
CALL JULIAN(DDE, MND, YRE, DAYN)
PRINT " Stop date, JDAYF "; DAYN, JDAYF
IF YRE = YRS THEN
  IEND% = DAYN
ELSE
  IEND% = JDAYF + DAYN
END IF
PRINT "Ending time "; IEND%
PRINT " Press any key to continue "
KEY$ = INPUT$(1)
PRINT
INPUT "3: Enter a file name of * CLIMATE data( With Extension) "; WTHN$
RESTAR:
PRINT "4: Enter any information you need( limited to one line): "

```

```

INPUT TI$
PRINT : PRINT " 5: Which variety does farmer plant ?"
PRINT " _____"
PRINT " 1: OCB" 'Short season crop CM60
PRINT " 2: Sukotai 1" 'Long season crop
PRINT " _____"
INPUT " 5: Enter the number --> "; CULT%
IF CULT% = 1 THEN
    CVAR$ = "OCB"
ELSE CVAR$ = "SK1"
END IF
PRINT
PRINT " 6: ENTER the #DAYS to find the AVERAGE OVER(4-5 days) ";
INPUT "--> "; NPE%
CLS
PRINT : PRINT " 7: DO you know the date of downy onset (Y/N) ?"
INPUT DY$
IF UCASE$(DY$) = "Y" THEN
    PRINT
    PRINT " 8: Enter the ONSET date of the disease(DD,MN,YR(BC) "
    INPUT "> "; DDE, MND, YRE
    JDAY = 365: DAYN = 0
    IF YRE MOD 4 = 0 THEN JDAY = 366: MN(2) = 29
    CALL JULIAN(DDE, MND, YRE, DAYN)
    IF YRE = YRS1 + 1 THEN
        ONSET% = DAYN + JDAYF
    ELSE
        ONSET% = DAYN
    END IF
    IRO% = ONSET% - ISOW% 'DAS of ONSET
    JDAS% = IRO%: DYONS = "Y"
    PRINT " ONSET, AS DAS :"; ONSET%, IRO%
    IKEY$ = INPUT$(1)
END IF
'DY$ ONST
CLS
FOR I% = 1 TO 100
    GDD(I%) = 0
NEXT I%
NCOU = 0
REM SET TEMPERATURE LIMIT OF SOYBEAN
TOPT = 30: LTEM = 7: XTEM = 45: GDD(0) = 0
OPEN WITHN$ FOR INPUT AS #1
INPUT #1, LINA1$
INPUT #1, LINA2$
FSTART:
INPUT #1, JDATE, TMX, TMIN, ATM, RF, RHA, HLWETO, TEMWO, SR, HRRH8, HRRH9
INPUT #1, NTEMP, DTEMP
YR = VAL(LEFT$(STR$(JDATE), 3))
DAYS% = VAL(RIGHT$(STR$(JDATE), 3))
PRINT "DATE before sowing: "; DAYS%
IF YR > YRS THEN
    CHKD% = DAYS% + JDAYF
ELSE CHKD% = DAYS%
END IF
REM store weather in arrays after sowing
IF CHKD% < ISOW% - 1 THEN GOTO FSTART
CHKD% = CHKD% + 1 'increase one to make it=isow to read isow record
ND% = 0
NSTART:
INPUT #1, JDATE, TMX, TMIN, ATM, RF, RHA, HLWET, TEMWO, SR, HRRH8, HRRH9
INPUT #1, NTEMP, DTEMP
YR = VAL(LEFT$(STR$(JDATE), 3))
DAYS% = VAL(RIGHT$(STR$(JDATE), 3))
PRINT " YR,DAYS = "; YR; SPC(3); DAYS%
IF YR > YRS THEN
    CHKD1% = DAYS% + JDAYF
ELSE
    CHKD1% = DAYS%
END IF
K% = CHKD1% - ISOW% + 1 'Initialize sowing as 1
ATM(K%) = (TMX + TMIN) / 2 'Store with at sowing as day 1
RH(K%) = RHA: RF(K%) = RF
HRW(K%) = HLWET: HRRH9(K%) = HRRH9

```

```

      JDAY(K%) = CHKD1%      'store jday starting from sowing
      IF ATM(K%) < LTEM OR ATM(K%) > XTEM THEN PDAY = 0
      IF ATM(K%) < TOPT AND ATM(K%) > LTEM THEN
        PDAY = (ATM(K%) - LTEM) / (TOPT - LTEM)      'Physiol. day
      ELSEIF ATM(K%) > TOPT AND ATM(K%) < XTEM THEN
        PDAY = (XTEM - ATM(K%)) / (XTEM - TOPT)
      END IF
      GDD(K%) = GDD(K% - 1) + PDAY      'Sum of heat unit
      ND% = ND% + 1      'Count #days read
      IF CHKD1% < IEND% THEN GOTO NSTART
    CLOSE #1
    PRINT "DAS,JDAY(K) : ", K%, JDAY(K%)
    IKEY$ = INPUT$(1)
    PRINT
    REM Calculate heat unit as biological scale, HU is limited to plantin date before 26 Nov
    REM SUKOTA1 use the same values as 7608
    IF ISOW% <= 330 THEN
      HU3R1 = 43.819 - .06239 * ISOW%: HU3R5 = 75.068 - .13107 * ISOW%
      HU3R6 = 95.013 - .1337 * ISOW%: HU3R7 = 117.849 - .1932 * ISOW%
      HU2R1 = 37.49 - .0469 * ISOW%: HU2R5 = 52.821 - .0699 * ISOW%
      HU2R6 = 78.664 - .1051 * ISOW%: HU2R7 = 95.277 - .1366 * ISOW%
      HU3R8 = 120.76 - .1916 * ISOW%      'R2=.98
      HU2R8 = EXP(4.8316 - .00266 * ISOW%)      'R2=.929
    ELSE
      HU3R1 = 10.56 + .0436 * ISOW%: HU3R5 = -30.65 + .1986 * ISOW%
      HU3R6 = 5.985 + .1488 * ISOW%: HU3R7 = 610.7 * ISOW% / (2881.8 + ISOW%)
      HU2R1 = 37.49 - .0469 * ISOW%: HU2R5 = .0945 * ISOW%
      HU2R6 = .1467 * ISOW%: HU2R7 = 22.617 + .1071 * ISOW%
      HU3R8 = 120.76 - .1916 * ISOW%      'R2=.98
      HU2R8 = EXP(4.8316 - .00266 * ISOW%)      'R2=.929
    END IF
    PRINT " GDD R1 : ", HU3R1
    REM Calc gdd between r6-r7
    IF CULT% = 1 THEN
      HUR1 = HU2R1: HUR5 = HU2R5: HUR6 = HU2R6: HUR7 = HU2R7
      HUR67 = INT((HU2R6 + HU2R7) / 2 + .3)      'OCB
      HUR56 = INT((HU2R5 + HU2R6) / 2 + .3)
      HUR8 = INT(HU2R8 + .3)
    END IF
    IF CULT% = 2 THEN
      HUR1 = HU3R1: HUR5 = HU3R5: HUR6 = HU3R6: HUR7 = HU3R7
      HUR67 = INT((HU3R6 + HU3R7) / 2 + .3)      'SK1
      HUR56 = INT((HU3R5 + HU3R6) / 2 + .3)
      HUR8 = INT(HU3R8 + .3)
    END IF
    PRINT " HUR5, HUR6, HUR67 : ", HUR5, HUR6, HUR67
    IKEY$ = INPUT$(1)
    REM Estimate downy onset when it is not known
    IF UCASE$(DY$) = "N" THEN
      IF CULT% = 1 THEN CALL DNYONS(IFAG%)
      IF CULT% = 2 THEN CALL SKDYONS(IFAG%)
      IF IFAG% = 2 THEN
        JDAS% = IRO%: DYON$ = "Y"
        PRINT " Downy onset(IRO%)(M/P) of CULT% : ", IRO%, CVAR$
      ELSEIF IFAG% = 1 THEN
        DYON$ = "Y"
        PRINT : PRINT " GDD : ", GDD(JDAS%)
        PRINT " Downy occurs late there is no need to spray "
      ELSEIF IFAG% = -1 THEN
        DYON$ = "N"
        PRINT : PRINT " No downy occur "
      END IF
      IF FLAG = 1 THEN
        IKEY$ = INPUT$(1)
        PRINT : PRINT " Press any key "
      END IF
      IF IRO% >= 25 THEN
        PRINT " Since Downy starts at or after 25 DAS, it is most likely "
        PRINT " that the disease will not be serious "
      END IF
    END IF
    ROCOU = 0
    IF DYON$ = "Y" THEN
      IF GDD(JDAS%) <= HUR5 THEN
        CALL DNYSEV(FLAG%)
      END IF
    END IF

```

```

IRS% = IRO% + NPE%
CLS
PRINT "-----"
PRINT "      %DOWNY      "
PRINT "      DAS      SEVERITY      "
PRINT "-----"
FOR I = IRS% TO JDAS% STEP NPE%
  PRINT SPC(7); TDISV%(I); SPC(6); TDCH(I)
  ROCOU = ROCOU + 1
NEXT I
PRINT "-----"
PRINT
INPUT "Want to save output (Y/N): "; OP$
IF UCASE$(OP$) = "Y" THEN
  PRINT : INPUT "Enter file name(W/O *.xxx) > "; NAM$
  NAM$ = NAM$ + ".DIS"
  OPEN NAM$ FOR OUTPUT AS #1
  PRINT #1, "TIS"; TIS
  PRINT #1, "DAS %DOWNY ATM RH"
  FOR I = IRS% TO JDAS% STEP NPE%
    PRINT #1, USING "####"; TDISV%(I);
    PRINT #1, USING "#####"; TDCH(I)
  NEXT I
  CLOSE #1
END IF
'OP$
'Call subpro to calc area under the diseased curve when downy occurs
CALL AUDPC(RAUDY)
PRINT
PRINT " ** Area under the curve (of Downy) > "; RAUDY
REM Retrieve Raudpc of rust from the file
IF CULT% = 1 THEN RAUS$ = "RAUDV2.RUS"
IF CULT% = 2 THEN RAUS$ = "RAUDV1.RUS"
PRINT " File rust name : "; RAUS$
'INPUT "Enter rust file name : "; RAUS$
OPEN RAUS$ FOR INPUT AS #1
INPUT #1, TIS
INPUT #1, TI2$
INPUT #1, AURS, PTRUS
CLOSE #1
RAUDPC = AURS
PRINT " Area under the curve(from rust file): "; RAUDPC
REM Caccluate yield loss by combining the effect of two diseases
DYLOS = YLOSS(RAUDPC, RAUDY)
PRINT
PRINT " ** Yield Loss(%) due to downy and rust: 1 > ";
PRINT , USING "####.#"; DYLOS
print
REM CALL function to estimate % downy mildew at 55 or 60(SK1) DAS
IF CULT% = 1 THEN
  CRIDAS% = 55
ELSEIF CULT% = 2 THEN
  CRIDAS% = 60
END IF
PTYLOS = YLOSCRI(CRIDAS%, PTRUS)
PRINT " YIELD LOSS estiamted using point value > ";
PRINT , USING "####.#"; PTYLOS
IKEY$ = INPUT$(1)
ELSE
  PRINT : PRINT " ** Downy onset occurs but it is late **"
END IF
'GDD
ELSE
  PRINT " ** No Downy Mildew occur **"
END IF
'DYON$
END
'+++++
SUB AUDPC (RAUDY) STATIC
' Calculate relative area under the disease progress curve
STATIC AUDP, COUNT%, KLAS%
AUDP = 0: COUNT% = 0: KOUT = 0
FOR K% = IRO% TO JDAS% - NPE% STEP NPE%
  IF CULT% = 1 THEN
    IF TDISV%(K%) >= 25 AND TDISV%(K%) <= 58 THEN
      KLAS% = K% + NPE%

```



```

IF TDCH(K%) = 0 AND TDCH(KLAS%) = 0 THEN GOTO NEXROUN
COUNT% = COUNT% + 1: IF COUNT% = 1 THEN DAY1% = TDISV%(K%)
Y1 = TDCH(K%): Y2 = TDCH(KLAS%)
AREAF = (Y1 + Y2) * (TDISV%(KLAS%) - TDISV%(K%)) / 2
AUDP = AUDP + AREAF
PRINT " K,AUDP : ", K%, AUDP
END IF 'TIME < 58
ELSEIF CULT% = 2 THEN
IF TDISV%(K%) >= 29 AND TDISV%(K%) <= 68 THEN
COUNT% = COUNT% + 1: KLAS% = K% + NPE%
IF TDCH(K%) = 0 AND TDCH(KLAS%) = 0 THEN GOTO NEXROUN
IF COUNT% = 1 THEN DAY1% = TDISV%(K%)
Y1 = TDCH(K%): Y2 = TDCH(KLAS%)
AREAF = (Y1 + Y2) * (TDISV%(KLAS%) - TDISV%(K%)) / 2
AUDP = AUDP + AREAF
END IF 'TDCH < 71
END IF 'CULT%
NEXROUN:
NEXT K%
RAUDY = AUDP * 100 / (TDISV%(KLAS%) - DAY1%)
PRINT " RAUDPC(%) under no Downy control > ", RAUDY
PRINT " Belong to Cultivar : ", CVAR$
PRINT " First and last date ", DAY1%, TDISV%(KLAS%)
PRINT : PRINT " * Press any key to continue "
SKEY$ = INPUT$(1)
END SUB 'AUDPC
'++++-----++++
FUNCTION CEPTER2 (MTM, MRH)
STATIC CEP%2
' Estimate intercept of logistic function under less favorable conditions
IF MTM <= 10 THEN MTM = 10.1
IF MRH <= 40 THEN MRH = 40.1
TRH = (MTM - 10) * (MRH - 40) 'TEM* RH
IF TRH < 506 THEN
CEPT2 = EXP(.7387 + .001357 * TRH) 'Calc rate having y=1
ELSE
CEPT2 = EXP(.7387 + .001357 * TRH - .001413 * (TRH - 506))
END IF
PRINT " * Intercept in FN : ", CEP%2
IF CEP%2 < 0 THEN CEP%2 = 0
CEPTER2 = CEP%2
END FUNCTION 'rater0 fn
'++-----++
SUB DNYCUM (DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%) STATIC
' To accumulate downy mildew
REM TDISV%( ) time when severity is recorded
IF JDAS% - IRO% = NPE% THEN 'At this pt JDAS%>IRO% by NPE%
TDISV%(IRO%) = IRO%
IF DISCH <= 0 THEN
TDCH = 0
ELSE
TDCH = .0003
END IF
END IF
PRINT " HUR5, HUR56 : ", HUR5, HUR56
TDD = TDCH(JDAS% - NPE%)
IF GDD(JDAS%) >= 17 AND CINT(DISCH * 1000) < .014 THEN
DISCH = RATEL * (1 - TDD) * TDD
END IF
IF CVAR$ = "OCB" THEN
IF GDD(JDAS%) < 17 THEN
IF DISCH > .03 THEN
DISCH = RATEL * DISCH
ELSEIF DISCH < 0 THEN
DISCH = 0
END IF
END IF
IF GDD(JDAS%) > HUR56 AND DISCH > .065 THEN
DISCH = RATEL * TDD * (1 - TDD)
END IF
ELSEIF CVAR$ = "SK1" THEN
IF GDD(JDAS%) < 17 THEN
IF DISCH > .03 THEN

```

```

        DISCH = RATEL * DISCH
    ELSEIF DISCH < 0 THEN
        DISCH = 0
    END IF
    ELSEIF GDD(JDAS%) > HUR56 AND DISCH > .065 THEN
        DISCH = RATEL * TOD
    END IF
END IF
IF GDD(JDAS%) >= HUR5 AND DISCH < 0 THEN
    SDCH = SDCH
ELSE
    SDCH = SDCH + DISCH
END IF
    TDCH = TDCH + DISCH
IF SDCH < 0 THEN SDCH = 0
    TDCH(JDAS%) = TDCH          ' total disease severity at DAS
IF GDD(JDAS%) > HUR56 AND TDCH(JDAS%) > 1 THEN
    FLAG% = -1
    EXIT SUB
END IF
    TDISV%(JDAS%) = JDAS%
    PRINT " DISCH in CUM : ", DISCH
    PRINT " SDCH, JDAS% in CUM > ", SDCH, JDAS%
    PRINT "TDCH(I) at DAS in CUM sub ", TDCH(JDAS%)
IF SDCH >= .085 THEN
    IF SPRADAY% > (6 + NSPRA) THEN
        IF GDD(JDAS%) <= HUR56 THEN
            CALL DYSPRAY(FLAG%, NSPRA)
            SPRAY$(JDAS%) = "Y"
        ELSE
            BEEP
            PRINT
            PRINT "+-----+"
            PRINT "+                                +"
            PRINT "+ NO Spray. the plant is beyond critical age  +"
            PRINT "+++++++"
            PRINT " Press any key to continue "
            IKEY$ = INPUT$(1)
            SDCH = 0: SPRAY$(JDAS%) = "N"
        END IF
        'GDD < 51
    ELSEIF SPRADAY% <= (6 + NSPRA) THEN
        FLAG% = 1          'spraying time not due
    END IF
    'SPRAY>8
ELSE
    FLAG% = 1          'Severity is still low <.12
END IF
END SUB          'SUB DNYCUM
'++-----++
SUB DNYONS (IFAG%) STATIC
    SHARED KFAGO%
    STATIC I1%, IDAY%
    ' Estimate time of downy mildew onset for OCB
    REM SPRDAY-for counting # days from the start of processing
    REM IFAG% = 1 for onset signal and the plant is too old
    REM IFAG% =-1 for the NO disease onset and IFAG%=2 Downy Onset
    NDIF% = IEND% - ISOW%: L1% = NDIF% MOD NPE%
    ENDON% = IEND% - L1%          'Calc new value of stopping date
    DLENON% = ENDON% - ISOW%: GLENON% = ISOW% + DLENON%
    PRINT "Adj growing season : ", GLENON%
    PRINT " CULT # : ", CULT%
    IKEY$ = INPUT$(1)
    NFAV = 0: UNFAV = 0: IDAY% = ISOW%
READCY:
    STM = 0: SRH = 0: NRF = 0: SHR9 = 0: I1% = IDAY%
    IF I1% > GLENON% THEN
        IFAG% = -1: DYON$ = "N"
        PRINT " End of estimation ": IDAY%
        EXIT SUB
    END IF
    FOR J% = 1 TO NPE%
        L% = I1% + J% - ISOW%
        STM = STM + ATM(L%)          'Calc mean temp over NPE% days
        SRH = SRH + RH(L%)          'starting from SOWING
    
```

```

    SHR9 = SHR9 + HRH9(L%)
NEXT J%
IDAY% = IDAY% + NPE%
IDAS% = IDAY% - ISOW%
PRINT : PRINT " +++++ NEW ROUND +++++" 'True DAS used to +1
PRINT "IDAS% in SUB "; IDAS%
IKEY$ = INPUT$(1)
MTM = STM / NPE%; MRH = SRH / NPE%; MHR9 = SHR9 / NPE%
PRINT "MTM, MRH, MHR9 : "; MTM, MRH, MHR9
REM If sowing is early than 16 July then use HRH9 for calc onset
IF ISOW% < 198 AND ISOW% >= 122 THEN
IF MTM >= 29 OR MTM < 18 THEN
PRINT: PRINT "Temp is unfavorable for downy development "
UNFAV = UNFAV + 1; IFAG% = -1
PRINT "JDAS% :"; IDAS%
GOTO READCYI
ELSE 'T>29 OR <18 ---on--- 1
IF IDAS% > 25 THEN
IF MHR9 > 15 THEN MHR9 = 15
IF MHR9 >= 6 THEN
NFAV = NFAV + 1
IF NFAV >= 2 THEN
IRO% = FHRRH9(MHR9)
IF IRO% < IDAS% THEN IRO% = IDAS%
BEEP: IDAS% = IRO%
PRINT "ONSET TIME when pd before July :"; IRO%
BEEP
IKEY$ = INPUT$(1)
CALL GSR5(IDAS%, KFAGO%)
IFAG% = KFAGO%
ELSE
GOTO READCYI
END IF
ELSE 'of hrh9
PRINT
PRINT "RH is unfavorable for downy development "
UNFAV = UNFAV + 1; IFAG% = -1
PRINT "IDAS% :"; IDAS%
GOTO READCYI
END IF
ELSE 'MHR9 > 6
GOTO READCYI 'When das < 25
END IF 'IDAS > 25
END IF 'T > 29
END IF '1 MAY< SOWING < 16 JULY
IF ISOW% >= 198 AND ISOW% < 360 THEN
IF MTM >= 29 OR MTM < 18 THEN
PRINT
PRINT "Temp is unfavorable for downy development "
UNFAV = UNFAV + 1; IFAG% = -1
PRINT "IDAS% :"; IDAS%
GOTO READCYI
END IF 'T>29 OR <18 ---on--- 2
IF MTM > 25 AND MTM < 29 THEN
IF MRH > 75 THEN
PRINT "IDAS% :"; IDAS%
IF IDAS% > 10 THEN
NFAV = NFAV + 1
IRO% = ONDYCAL(MTM, MRH)
IF IRO% < IDAS% THEN IRO% = IDAS%
BEEP: IDAS% = IRO%
PRINT
PRINT "Das DOWNY is on,DAYS, 2: "; IRO%, TDISV%(IDAS%)
BEEP
IKEY$ = INPUT$(1)
CALL GSR5(IDAS%, KFAGO%)
IFAG% = KFAGO%
ELSE
GOTO READCYI
END IF 'IDAS% > 10
ELSE
PRINT
PRINT "Temp is unfavorable for downy development "

```



```

II% = ONSET%: NSPRA = 0: NFAV = 0: JDAS% = IRO%      'JDAS% <> 1
COEFS = .594      'Susceptibility to downy of SK1
HUNI = 15      ' Define heat unit for v3 onward
TDCH(IRO%) = .0005
GETDATA1:
IF GDD(JDAS%) <= HUR6 THEN
    SPRADAY% = NPE%: SDCH = 0
ELSE
    PRINT "End of epidemic 1 "; II%
    PRINT "Press any key to continue "
    IKEY$ = INPUT$(1)
    EXIT SUB
END IF
PRINT " GETDATA 1 (SPRADAY%) > "; SPRADAY%
GOTO CONTNU
GETDATA2:
IF GDD(JDAS%) <= HUR6 THEN
    SPRADAY% = SPRADAY% + NPE%
ELSE
    PRINT " End of epidemic 2 "; II%
    EXIT SUB
END IF
PRINT " GETDATA 2 (SPRADAY%) > "; SPRADAY%
PRINT " GDD in DNYSEV "; GDD(JDAS%)
IKEY$ = INPUT$(1)
CONTNU:
STM = 0: SRH = 0: NRF = 0: I% = JDAS%: SHRW = 0: SHR9 = 0
FOR J% = 1 TO NPE%
    M% = I% + J% - 1
    STM = STM + ATM(M%)      'Calc mean temp over 5 days
    SRH = SRH + RH(M%)      'starting from ONSET
    SHR9 = SHR9 + HRH9(M%)
NEXT J%
II% = II% + NPE%
JDAS% = JDAS% + NPE%
NDAS% = JDAS% - NPE%      'Check the rel records
PRINT : PRINT " ++++++ NEW ROUND ++++++ ++++++ ++++++ ++++++ "
PRINT : PRINT " JDAS% in DSEV "; JDAS%
MTM = STM / NPE%: MRH = SRH / NPE%: MHR9 = SHR9 / NPE%
PRINT "MTM, RH, HRH9 : "; MTM: SPC(4); MRH: SPC(4); MHR9
PRINT " RH*T in DYsev : "; (MTM - 10) * (MRH - 40)
IF MTM > 28.5 OR MTM < 19 THEN      '----sev----1
    DISCH = 0
    CALL DNYCUM(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
    IF FLAG% = -1 THEN
        EXIT SUB
    ELSEIF FLAG% = 1 THEN
        GOTO GETDATA2
    ELSEIF FLAG% = 2 THEN
        GOTO GETDATA1
    END IF
END IF
IF MTM <= 28.5 AND MTM >= 25.9 THEN      '----sev----2
    IF MRH > 75 THEN
        RATEL = RATEL2(MTM, MRH): RATE0 = CEPTER2(MTM, MRH)
        PRINT "RATEL IN SUB 1 : "; RATEL
        YMAXW = 1: YPREV = TDCH(NDAS%)
        DISEV = YMAXW / (1 + EXP(RATE0 - RATEL * JDAS%))
        IF CULT% = 1 THEN
            DISEV = DISEV
        ELSE
            DISEV = COEFS * DISEV
        END IF
        DISCH = DISEV - YPREV
        PRINT "DISCH, TDCH(t-1) SUB 1: "; DISCH, YPREV
        CALL DNYCUM(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
    ELSEIF MRH < 75 AND MRH > 65 THEN
        DISCH = .005
        CALL DNYCUM(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
    ELSE
        DISCH = 0
        CALL DNYCUM(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
    END IF
    PRINT " RH > 75

```

```

PRINT "JDAS,TDIS(t) TDCH(t) in sub 1: ", JDAS%, TDISV%(JDAS%), TDCH(JDAS%)
IF FLAG% = -1 THEN
  EXIT SUB
ELSEIF FLAG% = 1 THEN
  GOTO GETDATA2
ELSEIF FLAG% = 2 THEN
  GOTO GETDATA1
END IF
PRINT "Check FLAG(TEM(25,28)) = ", FLAG%
PRINT "Press any key to continue "
IKEY$ = INPUT$(1)
END IF
IF MTM < 25.9 AND MTM >= 24.5 THEN
  '25.5 < T <= 28
  '----sev----3
  IF MRH >= 72 THEN
    RATEL = RATER0(MTM, MRH): RATE0 = RATER0(MTM, MRH)
    PRINT "RATEL IN SUB 3: ", RATEL
    YMAXW = 1: YPREV = TDCH(NDAS%)
    DISEV = YMAXW / (1 + EXP(RATE0 - RATEL * JDAS%))
    'Calc new sev
    IF CULT% = 1 THEN
      DISEV = DISEV
    ELSE
      DISEV = COEFS * DISEV
    END IF
    DISCH = DISEV - YPREV
    PRINT "Daily DIS,TDCH(t-1) SUB 2: ", DISCH, YPREV
    CALL DNYCUM(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
  ELSEIF MRH < 72 AND MRH >= 65 THEN
    RATEL = RATER2(MTM, MRH): RATE0 = CEPTER2(MTM, MRH)
    PRINT "RATEL IN SUB 2_2: ", RATEL
    YMAXW = 1: YPREV = TDCH(NDAS%)
    DISEV = YMAXW / (1 + EXP(RATE0 - RATEL * JDAS%))
    'Calc new sev
    IF CULT% = 1 THEN
      DISEV = DISEV
    ELSE
      DISEV = COEFS * DISEV
    END IF
    DISCH = DISEV - YPREV
    PRINT "Daily DIS,TDCH(t-1) SUB 2_2: ", DISCH, YPREV
    CALL DNYCUM(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
  ELSE
    DISCH = 0
    CALL DNYCUM(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
  END IF
  'RH > 55
  PRINT " TDIS() TDCH() in sub 2: ", TDISV%(JDAS%), TDCH(JDAS%)
  IF FLAG% = -1 THEN
    EXIT SUB
  ELSEIF FLAG% = 1 THEN
    GOTO GETDATA2
  ELSE
    GOTO GETDATA1
  END IF
  PRINT "Check FLAG(TEM(17,25)) = ", FLAG%
  PRINT "Press any key to continue "
  IKEY$ = INPUT$(1)
END IF
IF MTM < 24.5 AND MTM > 23 THEN
  '24.5 < T < 25.9
  '----sev----4
  IF MRH >= 70 THEN
    RATEL = RATER0(MTM, MRH): RATE0 = RATER0(MTM, MRH)
    PRINT "RATEL IN SUB 3: ", RATEL
    YMAXW = 1: YPREV = TDCH(NDAS%)
    DISEV = YMAXW / (1 + EXP(RATE0 - RATEL * JDAS%))
    'Calc new sev
    IF CULT% = 1 THEN
      DISEV = DISEV
    ELSE
      DISEV = COEFS * DISEV
    END IF
    DISCH = DISEV - YPREV
    PRINT "Daily DIS,TDCH(t-1) SUB 3: ", DISCH, YPREV
    CALL DNYCUM(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
  ELSEIF MRH < 70 AND MRH >= 65 THEN
    RATEL = RATER2(MTM, MRH): RATE0 = CEPTER2(MTM, MRH)
    PRINT "RATEL IN SUB 3_2: ", RATEL
    YMAXW = 1: YPREV = TDCH(NDAS%)

```

```

DISEV = YMAXW / (1 + EXP(RATE0 - RATEL * JDAS%)) 'Calc new sev
IF CULT% = 1 THEN
  DISEV = DISEV
ELSE
  DISEV = COEFS * DISEV
END IF 'CULT%
DISCH = DISEV - YPREV
PRINT "Daily DIS,TDCH(t-1) SUB 3_2: "; DISCH, YPREV
CALL DNYCUM(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
ELSE
  DISCH = 0
  CALL DNYCUM(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
END IF 'RH > 55
PRINT "TDIS() TDCH() in sub 3: "; TDISV%(JDAS%), TDCH(JDAS%)
IF FLAG% = -1 THEN
  EXIT SUB
ELSEIF FLAG% = 1 THEN
  GOTO GETDATA2
ELSE
  GOTO GETDATA1
END IF 'FLAG
PRINT "Check FLAG(TEM(17,25)) = "; FLAG%
PRINT "Press any key to continue "
IKEY$ = INPUT$(1)
END IF '23 < T < 24.5
IF MTM <= 23 AND MTM > 19 THEN '-----sev-----5
  IF MRH >= 71 THEN
    REM no cases have happened when rh > 75
    RATEL = RATER5(MTM, MRH); RATE0 = RATER0(MTM, MRH)
    PRINT "RATEL IN SUB 4: "; RATEL
    YMAXW = 1; YPREV = TDCH(NDAS%)
    DISEV = YMAXW / (1 + EXP(RATE0 - RATEL * JDAS%))
    DISCH = DISEV - YPREV
    PRINT "DISCH,TDCH(t-1) 4: "; DISCH, YPREV
    CALL DNYCUM(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
  ELSEIF MRH < 71 AND MRH >= 57 THEN
    RATEL = RATER2(MTM, MRH)
    RATE0 = CEPTER2(MTM, MRH)
    PRINT "RATEL, YMAX IN SUB 4_2: "; RATEL
    YMAXW = 1; YPREV = TDCH(NDAS%)
    DISEV = YMAXW / (1 + EXP(RATE0 - RATEL * JDAS%)) 'Calc new sev
    IF CULT% = 1 THEN
      DISEV = DISEV
    ELSE
      DISEV = COEFS * DISEV
    END IF 'CULT%
    DISCH = DISEV - YPREV
    PRINT "Daily DIS,TDCH(t-1) SUB 4_2: "; DISCH, YPREV
    CALL DNYCUM(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
  ELSE
    DISCH = 0
    CALL DNYCUM(DISCH, RATEL, SPRADAY%, FLAG%)
  END IF 'RH > 70
  PRINT "TDIS() TOCH() in sub 4: "; TDISV%(JDAS%), TDCH(JDAS%)
  IF FLAG% = -1 THEN
    EXIT SUB
  ELSEIF FLAG% = 1 THEN
    GOTO GETDATA2
  ELSE
    GOTO GETDATA1
  END IF 'FLAG
  PRINT "Check FLAG(TEM(17,25)) = "; FLAG%
  PRINT "Press any key to continue "
  IKEY$ = INPUT$(1)
END IF '19 < T < 23
END SUB 'DNYSEV
'++-----++
SUB DYSPRAY (FLAG%, NSPRA)
'Check whether to SPRAY or not
IF NSPRA < 4 THEN
  IF GDD(JDAS%) <= HUR56 THEN
    BEEP
    PRINT "+++++++-----+++++++"
  
```

```

PRINT "+      Warning      +"
PRINT "+  Spray now if it looks serious OR in  +"
PRINT "+  the next few days      +"
PRINT "+++++++"
PRINT : PRINT " Waring on day(DAS) : ", JDAS%
PRINT "Press any key to continue"
IKEY$ = INPUT$(1)
NSPRA = NSPRA + 1      '#SPRAYS
FLAG% = 2      'Spray is needed
ELSE
PRINT "+++-----+++"
PRINT "+  There is no need to spray the      +"
PRINT "+  plant is beyond critical stage      +"
PRINT "+++-----+++"
END IF
ELSE
PRINT
PRINT " Don't Spray because it has sprayed >=4 times"
PRINT " Press any key to continue "
IKEY$ = INPUT$(1)
FLAG% = -1
END IF
END SUB      'DYSpray
+++++
FUNCTION FHRRH9 (MHR9)
' Estimate downy mildew onset for early rainy season sowing dates for
' OCB
AHRH9 = MHR9 - 6
ONDY = 55.67 - (9.0899 - .9272 * AHRH9) * AHRH9
FHRRH9 = CINT(ONDY)
END FUNCTION
+++++
SUB GSR5 (IDAS%, KFAGO%)
' Check whether DOWNY onset is too late to go on predicting disease progress
IF GDD(IDAS%) > HUR5 THEN
KFAGO% = 1      ' DYON$ = N OCB group
ELSE
KFAGO% = 2      ' DYON$ = Y
END IF
END SUB      'GDD
'GSR5
+++++
SUB JULIAN (DS, MS, YRS, NDAY) STATIC
' To convert date to Julian day
NDAY = 0
FOR I = 1 TO 12: NDY = MN(I)
IF I < MS THEN
FOR J = 1 TO NDY
NDAY = NDAY + 1
NEXT J
ELSEIF I = MS THEN
FOR J = 1 TO DS
NDAY = NDAY + 1
NEXT J
END IF
NEXT I
END SUB      'Julian
+++++
FUNCTION ONDSK (MTM, MRH)
' Estimate DOWNY onset for sowing dates before July 16, for Sukolai 1
IF MTM <= 10 THEN MTM = 10.1
IF MRH <= 40 THEN MRH = 40.1
TRH = (MTM - 10) * (MRH - 40)      'TEM* RH
PRINT " RH*T IN FN: ", TRH
ONDY = EXP(7.007 - .00424 * TRH)      'Calc onset having y=1
PRINT "Onset sk in FN: ", ONDY
IKEY$ = INPUT$(1)
ONDSK = CINT(ONDY)
END FUNCTION      'ondsk
+++++
FUNCTION ONDYCAL (MTM, MRH)
' Estimate onset on OCB for sowing date after 16 July season sowing
IF MTM <= 10 THEN MTM = 10.1
IF MRH <= 40 THEN MRH = 40.1

```



```

TRH = (MTM - 10) * (MRH - 40) 'TEM* RH
REM PRINT "RH*T IN FN: "; TRH
IF TRH < 785 THEN
  ONDY = EXP(3.271 - .00063 * TRH) 'Calc onset having y=1
ELSE
  ONDY = EXP(3.271 - .00063 * TRH + .00591 * (TRH - 785))
END IF
PRINT "Onset IN FN: "; ONDY
IKEY$ = INPUT$(1)
ONDYCAL = CINT(ONDY)
END FUNCTION
'++-----++
FUNCTION ONDYCSK (MRH)
' Estimate downy ONSET for sowing dates after July 16 for Sukotai 1
  ONDY = EXP(4.1161 - .01477 * MRH) 'Calc onset having y=1
  PRINT "Onset sk in FN: "; ONDY
  IKEY$ = INPUT$(1)
  ONDYCSK = CINT(ONDY)
END FUNCTION 'sk onset
'++-----++
FUNCTION RATER0 (MTM, MRH)
' Calculate intercept of logistic function
IF MTM <= 10 THEN MTM = 10.1
IF MRH <= 40 THEN MRH = 40.1
  TRH = (MTM - 10) * (MRH - 40) 'TEM* RH
  INW = 1 / TRH
IF TRH <= 542 THEN
  DNY0 = EXP(.4932 + .00209 * TRH) 'Calc rate having y=1
ELSE
  DNY0 = EXP(.4932 + .00209 * TRH - .00179 * (TRH - 542))
END IF
REM An alternative FUNCTION
PRINT " " Intercept in FN: "; DNY0
IF DNY0 < 0 THEN DNY0 = 0
RATER0 = DNY0
END FUNCTION 'rater0 fn
'++-----++
FUNCTION RATER2 (MTM, MRH)
STATIC RAT2
' Calculate apparent rate of downy mildew for less favorable conditions
IF MTM <= 10 THEN MTM = 10.1
IF MRH <= 40 THEN MRH = 40.1
  TRH = (MTM - 10) * (MRH - 40) 'TEM* RH
IF TRH < 600 THEN
  RAT2 = EXP(-4.844 + .003354 * TRH) 'Rate for ymx=1 use lin
ELSE
  RAT2 = EXP(-4.844 + .003354 * TRH - .01335 * (TRH - 600))
END IF
PRINT " " RATE IN FN: "; RAT2
IF RAT2 < 0 THEN RAT2 = 0
RATER2 = RAT2
END FUNCTION 'raters fn
'++-----++
FUNCTION RATERS (MTM, MRH)
' Calculate apparent rate of downy mildew for more favorable conditions
IF MTM <= 10 THEN MTM = 10.1
IF MRH <= 40 THEN MRH = 40.1
  TRH = (MTM - 10) * (MRH - 40) 'TEM* RH
  INW = 1 / TRH; TRH2 = TRH * TRH
IF TRH < 539.6 THEN
  RAT1 = EXP(-5.2997 + .00485 * TRH)
ELSE
  RAT1 = EXP(-5.2997 + .00485 * TRH - .00687 * (TRH - 539.6))
END IF
REM An alternative
PRINT " " RATE IN FN: "; RAT1
IF RAT1 < 0 THEN RAT1 = 0
RATERS = RAT1
END FUNCTION 'raters fn
'++-----++
SUB SKDYONS (IFAG%) STATIC
STATIC I1%, IDAY%
SHARED KFAGO%

```

```

* Estimate downy onset for Sukotai 1
REM SPRDAY-for counting # days from the start of processing
REM IFAG% = 1 for onset signal and the plant is not too old
REM IFAG% = -1 for the NO disease onset and IFAG%=2 Downy Onset
NDIF% = IEND% - ISOW%: L1% = NDIF% MOD NPE%
ENDON% = IEND% - L1% 'Calc new value of stopping date
DLENON% = ENDON% - ISOW%: GLENON% = ISOW% + DLENON%
PRINT "Adj growing season :"; GLENON%
PRINT " CULT # :"; CULT%
IKEY$ = INPUT$(1)
NFAV = 0: UNFAV = 0: IDAY% = ISOW%
READCYS:
STM = 0: SRH = 0: NRF = 0: SHR9 = 0: I1% = IDAY%
IF I1% > GLENON% THEN
  IFAG% = -1: DYON$ = "N"
  PRINT "End of estimation "; IDAY%
  EXIT SUB
END IF
FOR J% = 1 TO NPE%
  L% = I1% + J% - ISOW%
  STM = STM + ATM(L%) 'Calc mean temp over NPE% days
  SRH = SRH + RH(L%) 'starting from SOWING
  SHR9 = SHR9 + HRH9(L%)
NEXT J%
IDAY% = IDAY% + NPE%
IDAS% = IDAY% - ISOW% + 1 'True DAS
PRINT : PRINT "++++ NEW ROUND +++++"
PRINT "IDAS% in SUB "; IDAS%
IKEY$ = INPUT$(1)
MTM = STM / NPE%: MRH = SRH / NPE%: MHR9 = SHR9 / NPE%
PRINT "MTM, MRH, MHR9 : "; MTM, MRH, MHR9
'If sowing is early than 16 July then use Hrrh9 for calc onset
IF ISOW% < 198 AND ISOW% >= 122 THEN
  IF MTM >= 29 OR MTM < 18 THEN
    PRINT "Temp is unfavorable for downy development "
    UNFAV = UNFAV + 1: IFAG% = -1
    PRINT " IDAS% :"; IDAS%
    GOTO READCYS
  ELSE 'T>29 OR <18 ---sko--- 1
    IF IDAS% > 40 THEN
      IF MHR9 > 15 THEN MHR9 = 15 'indicate lot of rain
      IF MHR9 >= 8 THEN
        NFAV = NFAV + 1
        IF NFAV >= 2 THEN
          IRO% = ONDSK(MTM, MRH)
          IF IRO% < IDAS% THEN IRO% = IDAS%
          BEEP: IDAS% = IRO%
          PRINT " ONSET when pd before Jul, IDAS 1 :"; IRO%, IDAS%
          BEEP
          IKEY$ = INPUT$(1)
          CALL GSR5(IDAS%, KFAGO%)
          IFAG% = KFAGO%
        ELSE
          GOTO READCYS
        END IF
      ELSE 'NFAV
        'OF HRH9
        PRINT " RH is unfavorable too low "
        UNFAV = UNFAV + 1: IFAG% = -1
        PRINT " IDAS% :"; IDAS%
        GOTO READCYS
      END IF
    ELSE 'MHR9 > 6
      GOTO READCYS
    END IF
  ELSE 'When das < 25
    IF IDAS% > 40
    END IF
  ELSE 'T > 29
    IF IDAS% >= 198 AND ISOW% < 360 THEN
      IF MTM >= 28.5 OR MTM <= 18 THEN
        PRINT "Temp is unfavorable for downy development "
        UNFAV = UNFAV + 1: IFAG% = -1
        PRINT " IDAS% :"; IDAS%
        GOTO READCYS
      END IF
    ELSE 'T >29 OR <18 ---sko--- 2

```

```

IF MTM >= 26.5 AND MTM <= 28.5 THEN
  IF MRH > 80 THEN
    PRINT " IDAS% :", IDAS%
    IF IDAS% >= 40 THEN
      IRO% = ONDYCSK(MRH)
      IF IRO% < IDAS% THEN IRO% = IDAS%
      BEEP: IDAS% = IRO%
      PRINT
      PRINT " Das DOWNY(IRO) is on, 2: ", IRO%
      IKEY$ = INPUT$(1)
      CALL GSR5(IDAS%, KFAGO%)
      IFAG% = KFAGO%
    ELSE
      GOTO READCYS
    END IF
  ELSEIF MRH > 75 AND MRH <= 80 THEN
    PRINT " IDAS% :", IDAS%
    IF IDAS% >= 35 THEN
      IRO% = ONDYCSK(MRH)
      IF IRO% < IDAS% THEN IRO% = IDAS%
      BEEP: IDAS% = IRO%
      PRINT
      PRINT " Das DOWNY(IRO) is on, 2_2: ", IRO%
      IKEY$ = INPUT$(1)
      CALL GSR5(IDAS%, KFAGO%)
      IFAG% = KFAGO%
    ELSE
      GOTO READCYS
    END IF
  ELSE
    PRINT "Temp is unfavorable too low or high"
    UNFAV = UNFAV + 1: IFAG% = -1
    PRINT " IDAS% :", IDAS%
    GOTO READCYS
  END IF
END IF
IF MTM >= 24 AND MTM < 26.5 THEN
  IF MRH > 76 THEN
    PRINT " IDAS% :", IDAS%
    IF IDAS% > 12 THEN
      IRO% = ONDYCSK(MRH)
      IF IRO% < IDAS% THEN IRO% = IDAS%
      BEEP: IDAS% = IRO%
      PRINT
      PRINT " Das DOWNY(IRO) is on, 3: ", IRO%
      IKEY$ = INPUT$(1)
      CALL GSR5(IDAS%, KFAGO%)
      IFAG% = KFAGO%
    ELSE
      GOTO READCYS
    END IF
  ELSE
    PRINT "Temp is unfavorable for downy development"
    UNFAV = UNFAV + 1: IFAG% = -1
    PRINT " IDAS% :", IDAS%
    GOTO READCYS
  END IF
END IF
IF MTM < 24 AND MTM > 18 THEN
  IF MRH > 71 THEN
    PRINT " IDAS% :", IDAS%
    IF IDAS% > 12 THEN
      IRO% = ONDYCSK(MRH)
      IF IRO% < IDAS% THEN IRO% = IDAS%
      BEEP: IDAS% = IRO%
      PRINT : PRINT " Das DOWNY(IRO) is on, 4: ", IRO%
      IKEY$ = INPUT$(1)
      CALL GSR5(IDAS%, KFAGO%)
      IFAG% = KFAGO%
    ELSE
      GOTO READCYS
    END IF
  ELSE
    PRINT " IDAS% :", IDAS%
    IF IDAS% > 10 THEN
      IRO% = ONDYCSK(MRH)
      IF IRO% < IDAS% THEN IRO% = IDAS%
      BEEP: IDAS% = IRO%
      PRINT
      PRINT " Das DOWNY(IRO) is on, 4: ", IRO%
      IKEY$ = INPUT$(1)
      CALL GSR5(IDAS%, KFAGO%)
      IFAG% = KFAGO%
    ELSE
      GOTO READCYS
    END IF
  ELSE
    PRINT "Temp is unfavorable too low or high"
    UNFAV = UNFAV + 1: IFAG% = -1
    PRINT " IDAS% :", IDAS%
    GOTO READCYS
  END IF
END IF

```

```

PRINT "Temp is unfavorable too low or high "
UNFAV = UNFAV + 1; IFAG% = -1
PRINT " IDAS% :"; IDAS%
GOTO READCYS

END IF
' RH > 71
END IF
'T > 18 OR < 24 --SKO--- 4
ND IF
' SOWNING > 16 JULY
ONSET% = IRO% + ISOW%: JDAS% = IDAS%
PRINT " Downy onset(DAS,jday) :"; IRO%, ONSET%
PRINT " Flag in DYNON > "; IFAG%
PRINT : PRINT "PRESS ANY KEY TO CONTINUE"
IKEY$ = INPUT$(1)
ND SUB
'SKDYNON
+++++
UNCTION YLOSCRI (CRIDAS%, PTRUS)
TATIC DISDIF, TDIFF, SQROO, PTDNY, PTLOS
Estimate yield loss due to rust and downy mildew using single-point model
RS% = IRO% + NPE%
OR I% = IRS% TO JDAS% - NPE% STEP NPE%
IF I% = CRIDAS% THEN
PTDNY = TDCH(I%)
EXIT FOR
ELSEIF I% > CRIDAS% THEN
DISDIF = TDCH(I%) - TDCH(I% - NPE%) 'dis difference
TDIFF = TDISV%(I%) - TDISV%(I% - NPE%) 'Time diff
DISCR = DISDIF * (CRIDAS% - TDISV%(I% - NPE%)) / TDIFF 'dis increm
PTDNY = TDCH(I% - NPE%) + DISCR 'dis at CRIDAS
EXIT FOR
END IF
NEXT I%
IF CULT% = 1 THEN
SQROO = .1276 * PTRUS + .0939 * PTDNY * 100
PTLOS = SQROO * SQROO 'OCB
ELSEIF CULT% = 2 THEN
SQROO = .1864 * PTRUS + .0872 * PTDNY * 100
PTLOS = SQROO * SQROO 'SK
END IF
YLOSCRI = PTLOS
PRINT " % Downy at a given time : "; PTDNY * 100
PRINT " YIELD LOSS estimated at "; CRIDAS%: " DAS = "; PTLOS
IKEY$ = INPUT$(1)
ND FUNCTION
+++++
UNCTION YLOSS (RAUDPC, RAUDY)
TATIC SQROO, SAREA
Estimate yield loss when RAUDPC is the sum of downy and rust using
SAREA = RAUDPC + RAUDY
F CULT% = 1 THEN
SQROO = .1377 * SAREA 'ocb
LOSS = SQROO * SQROO
ELSEIF CULT% = 2 THEN
SQROO = .1611 * SAREA 'SK1
LOSS = SQROO * SQROO
END IF
YLOSS = LOSS
ND FUNCTION
YLOSS

```