



Fig 1 : Mutant line CM60-10kr-71 resistant and tolerant to soybean rust (healthy leaves) compared with susceptible variety SJ1 (defoliation), Royal Pangda Experiment Station, Amphoe Samoeng, Chiang Mai, Late rainy season, 2000 (Photo by S. Srisombun)

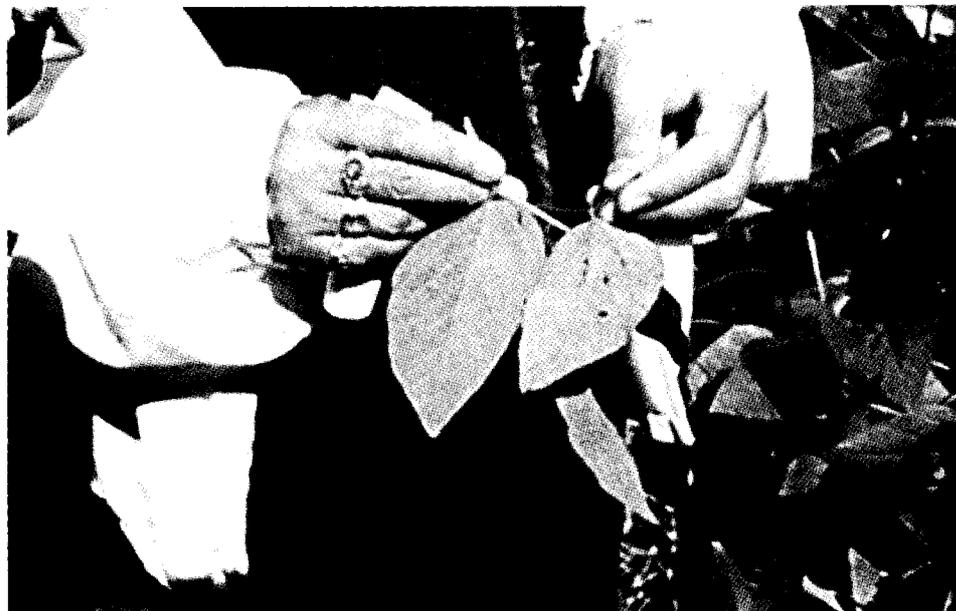


Fig 2 : A leaflet of mutant line CM60-10kr-71 resistant and tolerant to soybean rust (healthy leaflet) compared with susceptible variety SJ1 (infected leaflet), Royal Pangda Experiment Station, Amphoe Samoeng, Chiang Mai, Late rainy season, 2000 (Photo by S. Srisombun)

ผลของซิลิกาในต้นข้าวต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

The Effect of Silica in Rice on the Brown Planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal)

พชนี ชัยวัฒน์¹ D.G. Bottrell² E.N. Bernardo³
Patchanee Chaiyawat¹ D.G. Bottrell² E.N. Bernardo³

ABSTRACT

The study determined the effect of silica in rice (*Oryza sativa* L.) plants on the brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens* (Stal). Five rice varieties with different levels of genetic resistance to BPH (highly susceptible : TN1 ; susceptible : IR22; moderately resistant : IR46; resistant : IR72 and Mudgo) were grown hydroponically with different levels of silica (0, 100, 200, 300 and 400 ppm in the nutrient solution) then inoculated with BPH. Researchs were carried out at IRRI (Philippines) from 1992-1993.

Significantly more silica was found in all varieties grown in culture solution with silica. Silica uptake by plants was greatest at levels between the 100 ppm and 200 ppm. Silica content was significantly higher in leaves than leafsheaths in 45-day old rice.

The silica level in the hydroponic solution did not adversely affect survival of BPH nymphs in all varieties at the seedling stage (14 days old). Exception was made on the resistant IR72 variety, silica reduced population growth index of BPH. However, silica prolonged the nymphal period of BPH on all varieties. On the older plants (45 days old) the adverse effect of silica was noticeable on TN1 and IR22 on the 16th day after confinement of BPH. The effects were detected as early as 4 days on the resistant 45-day old IR72 and Mudgo plants. On 45-day old plants, adverse effects of silica were detected for the survival, population growth index and fecundity. Silica level in the culture solution did not affect the amount of honeydew excreted by BPH adults. This suggests that silica did not affect food intake of BPH and therefore was not a mechanical impediment to feeding.

The role of silica appeared to be indirect or in association with other resistance factor (s) as suggested by the more pronounced adverse effects on the resistant IR72. The adverse physiological effects caused by silica apparently synergized with other resistance factors in the rice plants.

Keywords : rice varieties, genetic resistance, silica, brown planthopper

1 ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี

2 Department of Entomology, University of Maryland, USA

3 Office of Vice-Chancellor of the Academic Affairs, University of the Philippines.

บทคัดย่อ

ผลของซิลิกาในต้นข้าวต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata lmgens* (Stal)) ศึกษาโดยใช้พันธุ์ข้าวที่มีระดับต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลแตกต่างกันทางพันธุกรรม จำนวน 5 พันธุ์ โดยมีพันธุ์ TN1 และ IR22 เป็นพันธุ์อ่อนแอ IR46 เป็นพันธุ์ที่มีระดับความต้านทานปานกลาง IR72 และ Mudgo เป็นพันธุ์ต้านทาน ปลูกต้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ ในสารละลายที่มีความเข้มข้นของซิลิกา 0, 100, 200, 300 และ 400 ppm โดยวางแผนการทดลองแบบ split plot เพื่อศึกษาผลของซิลิกาในพันธุ์ข้าวที่ต่างพันธุกรรม ซึ่งอาจก่อให้เกิดความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาที่สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) ประเทศฟิลิปปินส์ ตั้งแต่ พ.ศ.2535-2536

เปอร์เซ็นต์ซิลิกาในต้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์เพิ่มขึ้นทางสถิติเมื่อเลี้ยงในสารละลายที่มีซิลิกา เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของซิลิกาสูงสุดเมื่อปลูกต้นข้าวในสารละลายที่มีซิลิกาอยู่ระหว่าง 100 ถึง 200 ppm และเมื่ออาศัยการวิเคราะห์แบบ split split plot โดยอาศัยส่วนของต้นพืชเป็น sub-sub plot พบว่าเปอร์เซ็นต์ซิลิกาในใบข้าวที่มีอายุ 45 วัน สูงกว่าในกาบใบโดยแตกต่างกันทางสถิติ ซิลิกาในสารละลายที่ใช้ปลูกต้นกล้าข้าวไม่ทำให้ความอยู่รอดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลดลงเมื่อนำมาเลี้ยงตัวอ่อนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่มีอายุ 1 วัน ด้วยต้นกล้าที่มีอายุ 14 วัน ยกเว้นเมื่อเลี้ยงด้วยพันธุ์ต้านทาน IR72 มีอายุ 14 วัน ซิลิกาทำให้ดัชนีการเจริญเติบโตของประชากรแมลงลดลง (population growth index)

เมื่อเลี้ยงตัวอ่อนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่มีอายุ 1 วันด้วยต้นข้าวที่มีอายุ 45 วัน ซิลิกาในสารละลายทำให้ความอยู่รอดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่เลี้ยงด้วยข้าวทั้ง 5 พันธุ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความอยู่รอดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลดลงหลังจากที่เลี้ยงแมลงด้วยข้าวพันธุ์อ่อนแอ TN1 และ IR22 เป็นเวลานาน 16 วัน แต่เมื่อเลี้ยงแมลงด้วยพันธุ์ต้านทาน Mudgo และ IR72 นานเพียง 4 วัน ความอยู่รอดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

ลดลงอย่างชัดเจน ซิลิกาทำให้ความอยู่รอด ดัชนีการเจริญเติบโตของประชากรแมลงและการเจริญพันธุ์ ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลดลง แต่ทำให้เวลาที่ตัวอ่อนใช้ในการพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยยาวขึ้น ระดับซิลิกาในสารละลายไม่มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำตาล ที่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลขับถ่ายออกมา (honeydew) ซึ่งเห็นว่าซิลิกาในเนื้อเยื่อไม่มีผลต่อการดูดน้ำเลี้ยงจากต้นข้าว แต่ซิลิกามีผลต่อระบบสรีระของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

บทบาทของซิลิกาที่ต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเป็นลักษณะที่สัมพันธ์หรือเสริมกับปัจจัยต้านทานอื่นๆ เห็นได้จากการที่พันธุ์ต้านทาน IR72 และ Mudgo เมื่อปลูกในสารละลายที่มีซิลิกามีผลทำให้ความอยู่รอดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลดลงโดยใช้ระยะเวลาที่สั้นกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์อ่อนแอ TN1 แต่เมื่อเลี้ยงแมลงด้วยข้าวพันธุ์ต้านทาน IR72 และ Mudgo ที่ปลูกในสารละลายอาหารที่ไม่ได้ใส่ซิลิกา ความอยู่รอดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลไม่แตกต่างจากแมลงที่เลี้ยงด้วยพันธุ์อ่อนแอ TN1 และ IR22

คำหลัก : พันธุ์ข้าว ความต้านทาน ซิลิกา
เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

คำนำ

ซิลิคอน เป็นธาตุ พบได้ในธรรมชาติใน หินทราย ควอร์ต กราไนท์ ดินเหนียว และเฟลสปาร์ (feldspar) ส่วนซิลิกา เป็น dioxide ของ ซิลิคอนพบได้ธรรมชาติใน ตรีโดไมท์ (tridymite) คริสโตบาไลท์ (cristobalite) และควอร์ต สำหรับซิลิคอนในเนื้อเยื่อของต้นพืชพบได้ 3 รูปคือ silicate ion เป็น silicic acid ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ มีตั้งแต่ 0.5-8% colloidal silicic acid มีตั้งแต่ 0-3.3% และ polysilicic acid ซึ่งอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ยากมีมากกว่า 90% (Yoshida, 1965) ซิลิกามีความสัมพันธ์กับต้นพืชโดยซิลิกาอยู่ในส่วนของเซลล์โลสของผนังเซลล์ทำให้ลำต้นตั้งตรง (Kaufman *et al.*, 1969) พืชตระกูลหญ้า

เช่น ข้าว มีความสามารถในการดูดน้ำซิลิกาจากดินมาใช้ในปริมาณมากและซิลิกาสะสมในต้นพืชในรูปของ $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ซึ่งเป็น amorphous silica ที่มีรูปร่างไม่แน่นอน (Smithson, 1958 และ Lewin and Reimann, 1969) Yoshida (1965) รายงานสรุปว่า ซิลิกาทำให้ต้นข้าวเจริญดีขึ้นโดยช่วยลดการคายน้ำของต้นข้าวในระยะออกทรงง ใต้ชั้น epidermis ของต้นข้าวมี layer ของซิลิกา 2 ชั้น เรียกว่า cuticle silica double layer (2.5 u) และ multi-differentiated cell membranes (2.5 u) ซึ่งมีซิลิกาสะสมอยู่ ซึ่งทั้ง 2 ชั้นนี้ ทำหน้าที่ป้องกันการทำลายของเส้นใยเชื้อรา โรคและแมลง การสะสมของซิลิกาในต้นข้าวจะอยู่ใน bulliform cell (Yoshida *et al.*, 1962 ; Sangster and Parry, 1969)

ความสัมพันธ์ของปริมาณซิลิกาในต้นข้าวต่อความต้านทานที่มีต่อหนอนกอในระยะตัวหนอนซึ่งมีปากเป็นแบบกัดกินนั้น พันธุ์ข้าวที่มีปริมาณซิลิกาสูงจะมีระดับความต้านทานต่อหนอนกอเพิ่มขึ้น และสามารถลดปริมาณการทำลายของหนอนกอได้ (Sasamoto, 1957; 1958; Nakano *et al.*, 1961; Djamin and Pathak, 1967; Alghali, 1981; Marwat and Baloch, 1985; Mandras, 1991; Chaiyawat and Khan, 1990) แต่การศึกษาถึงผลของซิลิกาในต้นข้าวที่มีต่อแมลงพวกที่มีปากแบบดูด เช่น เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลยังมีน้อย

เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเป็นแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญในหลายประเทศที่มีการปลูกข้าวทั้งในเขตอบอุ่นและเขตร้อน (Dyck *et al.*, 1979; Saxena and Khan, 1989) การปลูกข้าวพันธุ์ใหม่ที่แตกกอสูงในพื้นที่กว้างและปลูกอย่างต่อเนื่อง การใช้ปุ๋ยและสารฆ่าแมลงในอัตราสูงของเกษตรกรเป็นตัวเร่งทำให้ปัญหาของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีความรุนแรงยิ่งขึ้น (Kenmore *et al.*, 1984) การศึกษาถึงผลของซิลิกาในต้นข้าวที่มีต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล การเข้าใจถึงสสัมพันธ์ระหว่างต้นข้าวซิลิกาและเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสามารถใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงหรือคัดเลือกพันธุ์ข้าวให้มีความต้านทานต่อแมลงชนิดนี้ได้ดีขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาปริมาณซิลิกาในส่วนใบและ

กาบใบของต้นข้าวพันธุ์อ่อนแอ และพันธุ์ต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และศึกษาถึงผลของซิลิกาที่มีต่อความอยู่รอด การพัฒนาการเป็นตัวเต็มวัย การกินอาหารและการเจริญพันธุ์ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุ์ข้าวและชีวิตของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

ใช้พันธุ์ข้าว 5 พันธุ์ โดยมีพันธุ์ TN1 และ IR22 เป็นพันธุ์อ่อนแอต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลพันธุ์ IR46 เป็นพันธุ์ที่มีระดับความต้านทานปานกลาง พันธุ์ IR72 และ Mudgo เป็นพันธุ์ต้านทาน (Seshu and Kauffman, 1980; Panda and Heinrich, 1983). เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ใช้ในการทดลองเป็น "biotype 1" ที่เลี้ยงได้จากกรงเลี้ยงแมลงของสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI)

การเตรียมสารละลาย

เตรียมสารละลายตามวิธีการของ Yoshida *et al.*, (1976) เตรียม stock solution ของแต่ละธาตุอาหารในน้ำกลั่น 1 ลิตร ตามตารางดังนี้

| ธาตุ | สารเคมี | น้ำหนักสารเคมี (กรัม/น้ำกลั่น 1 ลิตร) |
|------|---|--|
| N | NH_4NO_3 | 91.4 |
| P | $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | 40.3 |
| K | K_2SO_4 | 71.4 |
| Ca | CaCl_2 | 88.6 |
| Mg | $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 324.0 |
| Mn | $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ | 1.5 |
| Mo | $(\text{NH}_2)_6 \cdot \text{MO}_7 \cdot \text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ | 0.074 |
| B | H_3BO_3 | 0.934 |
| Zn | $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 0.035 |
| Cu | $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ | 0.031 |
| Fe | $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | 7.700 |
| | Citric acid (monohydrate) | 11.900 |

ละลาย Mn, Mo, B, Zn, Cu และ Fe แต่ละชนิดด้วยน้ำกลั่นแล้วนำมาผสมด้วย H₂SO₄ เข้มข้น จำนวน 50 มล. แล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบจำนวน 1 ลิตร ในการเตรียมสารละลาย (nutrient solution) ทุก 4 ลิตร ผสมธาตุแต่ละชนิดจาก stock solution จำนวน 5 มล.

การปลูกต้นข้าวในสารละลาย

ฆ่าเชื้อบนผิวเมล็ดข้าวด้วยการแช่เมล็ดใน HgCl₂ 0.1% เป็นเวลา 2 นาที ล้างออกด้วยน้ำกลั่น แช่เมล็ดข้าวในน้ำกลั่นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการบ่มเมล็ดข้าวในห้องมืดที่มีอุณหภูมิ 32 °C จนเมล็ดงอก ปลูกต้นข้าวที่เริ่มงอกในสารละลายที่มี pH5 เป็นเวลา 10 วัน ย้ายต้นกล้าไปเลี้ยงในภาชนะพลาสติกที่มีสารละลายที่เติมด้วย sodium silicate (Na₂SiO₃·9H₂O ที่มี 9.86% silicon) ที่มีความเข้มข้นของซิลิกา 0, 100, 200, 300 และ 400 ppm ปรับ pH ของสารละลายให้มี pH5 ทุกวัน โดยใช้ 1N NaOH หรือ 1N HCl เปลี่ยนสารละลายทุก 7 วัน

วิเคราะห์ซิลิกาในต้นข้าว

ทำการวิเคราะห์ปริมาณซิลิกาในต้นข้าว ด้วยวิธีของ Yoshida *et al.* (1976) ดังนี้

(1) เตรียม acid mixture โดยการผสมกรด HNO₃ conc. 750 มล. กรด H₂SO₄ conc. 150 มล. และกรด HClO₄ (60-62%) 300 มล.

(2) บดต้นข้าวที่อบด้วยอุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ให้ละเอียด

(3) ใส่ต้นข้าวที่บดละเอียดแล้วหนัก 1 กรัม ใน flask แล้วย่อยสลายเนื้อเยื่อพืชด้วย 10 มล. ของ acid mixture เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ใน fumehood แล้วค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิโดยย่อยสลายจนกระทั่งเนื้อเยื่อพืชใน mixture มีลักษณะใส แล้วปล่อยให้เย็นลง

(4) เติม 0.14N HCL 25 มล. ลงใน flask กรองด้วยกระดาษกรอง (Whatman No.44) และเติมน้ำกลั่น 25 มล. ลงใน flask แล้วกรองด้วยกระดาษกรองแผ่นเดิม

(5) นำกระดาษกรองที่ได้ไปอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 80 °C จนกระดาษกรองแห้ง

(6) นำกระดาษกรองที่แห้งแล้วไปเผาในเตาเผาด้วยอุณหภูมิ 550 °C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

(7) นำซีเถ้าที่ได้ใส่ในโถดูดความชื้น เป็นเวลา 2 ชั่วโมงก่อนชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่ได้จะเป็นน้ำหนักโดยประมาณของ crude silica ต่อน้ำหนักแห้งของเนื้อเยื่อพืช 1 กรัม (เนื่องจากกระดาษกรองที่ใช้เป็นชนิดไม่มีซีเถ้า)

(8) คำนวมน้ำหนักของ crude silica ดังนี้

$$\% = \frac{\text{น้ำหนักของ crude silica (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างพืช (กรัม)}}$$

แผนการทดลอง

ทำการทดลองโดยวางแผนแบบ split plot โดยมีพันธุ์ข้าว (5 พันธุ์) เป็น main plot และระดับความเข้มข้นของซิลิกา (0, 100, 200, 300 และ 400 ppm) เป็น sub plot

การทดลองที่ 1 ใช้ต้นกล้าที่มีอายุ 14 วัน ที่ได้ปลูกในสารละลายที่เติมด้วย ซิลิกาตั้งแต่ต้นข้าวเริ่มงอก จำนวน 5 ต้น/กระถาง จำนวน 4 ซ้ำ

การทดลองที่ 2 ใช้ต้นกล้าที่มีอายุ 45 วัน ที่ปลูกในสารละลายที่เติมด้วยซิลิกาตั้งแต่ข้าวมีอายุ 10 วัน จำนวน 1 ต้น/กระถาง จำนวน 4 ซ้ำ

ในแต่ละกระถางมีสารละลายที่เติมด้วยซิลิกาที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ปล่อยตัวอ่อนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่มีอายุ 1 วันจำนวน 10 ตัว/กระถาง แล้วคลุมด้วย mylar ตรวจสอบจำนวนแมลงที่มีชีวิตรอด และคำนวณดัชนีการเจริญเติบโตของประชากรแมลง (population growth index) (Saxena *et al.*, 1974) ดังนี้

$$\text{ดัชนีการเจริญเติบโตของประชากรแมลง} = \frac{\% \text{ รอดของตัวเต็มวัย}}{\text{ค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่เป็นตัวอ่อน}}$$

ผลของซิลิกาต่อการดูดกินน้ำเลี้ยงของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

ตรวจสอบผลของซิลิกาที่มีต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในการเจาะดูดอาหารของแมลง (mechanical impediment to feeding) หรือมีผลต่อระบบสรีระของแมลง (physiological effect) โดยใช้ปริมาณ honeydew ที่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลขับถ่ายออกมาเป็นตัววัดทำให้ทราบถึงปริมาณอาหารซึ่งเป็นน้ำเลี้ยงในต้นข้าวที่แมลงดูดกิน ศึกษาโดยใช้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพศเมียที่มีอายุ 3 วันจำนวน 5 ตัวในถุง paraffin ที่คลุมไว้บนต้นข้าวเฉพาะส่วนของกาบใบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง วัดปริมาณของ honeydew ด้วยชั่งน้ำหนัก (เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นแมลงที่ไม่เคยเลี้ยงด้วยต้นข้าวที่ปลูกในสารละลายที่เติมด้วยซิลิกา)

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ใช้เทคนิควิเคราะห์ความแปรปรวนตามแบบแผน split plot design และอาศัยการวิเคราะห์แบบ split split plot เพิ่มเติมเพื่อศึกษาความแปรปรวนส่วนของใบและกาบใบโดยใช้พันธุ์ข้าวเป็น main plot ระดับความเข้มข้นของซิลิกาเป็น sub plot และส่วนของต้นพืชเป็น sub sub plot

งานวิจัยได้ทำการทดลองที่สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) ประเทศฟิลิปปินส์ เมื่อ พ.ศ. 2535-2536

ผลการทดลองและวิจารณ์

ซิลิกาในพันธุ์ข้าว

เปอร์เซ็นต์ซิลิกาในต้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์เพิ่มขึ้นแตกต่างทางสถิติเมื่อปลูกในสารละลายที่มีซิลิกา เปอร์เซ็นต์ซิลิกาในต้นข้าวเพิ่มขึ้นสูงเมื่อปลูกในสารละลายที่มีซิลิกาอยู่ระหว่าง 100 ถึง 200 ppm และตั้งแต่ 300 ppm ถึง 400 ppm เปอร์เซ็นต์ซิลิกาในต้นข้าวเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างทางสถิติ (Table 1) เปอร์เซ็นต์ซิลิกาในส่วนของใบสูงกว่าในกาบใบ (Table 2) ข้อมูลจาก Table 1 แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณซิลิกาในต้นข้าวและความต้านทาน ต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลนั้นมีความสัมพันธ์แบบ

ไม่คงที่ พันธุ์ TN1 ซึ่งอ่อนแอต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล มีเปอร์เซ็นต์ซิลิกาไม่แตกต่างจากพันธุ์ที่มีระดับความต้านทานปานกลาง IR46 และพันธุ์ต้านทาน IR72 และ Mudgo แสดงว่าซิลิกาไม่ใช่กลไกสำคัญหลักเพียงอย่างเดียว (primary mechanism) ในการควบคุมลักษณะพันธุกรรมต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในต้นข้าว แต่ในข้าวบางพันธุ์ได้แสดงถึงความสัมพันธ์ดังกล่าว โดยที่กาบใบของข้าวพันธุ์ที่ต้านทาน Mudgo มีเปอร์เซ็นต์ซิลิกาสูงกว่าในข้าวพันธุ์อ่อนแอ IR22 ซึ่งแสดงว่าปริมาณซิลิกาในต้นข้าวมีความสัมพันธ์กับความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

ต้นข้าวที่ปลูกในสารละลายที่มีซิลิกา 400 ppm มีลักษณะทรงพุ่มที่มีใบตั้งตรงมากกว่าต้นข้าวที่ปลูกในสารละลายที่ไม่ได้ใส่ซิลิกา การที่ต้นข้าวมีลักษณะใบตั้งตรงมากกว่านั้น ทำให้สภาพแวดล้อมรอบต้นข้าวมีความเหมาะสมน้อยต่อความอยู่รอดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีโอกาสถูกศัตรูธรรมชาติเข้าทำลายได้ง่ายขึ้น (vulnerable) ส่วนต้นข้าวที่มีใบเป็นทรงพุ่มห้อยลงช่วยป้องกันไม่ให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเป็นเหยื่อของพวกศัตรูธรรมชาติได้ง่าย

ผลของซิลิกาต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

เมื่อเลี้ยงตัวอ่อนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลด้วยต้นกล้าข้าวอายุ 14 วัน ซิลิกาในสารละลายไม่มีผลต่อความอยู่รอด (Fig 1) การพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยและดัชนีการเจริญเติบโตของประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (Table 3) แต่เมื่อเลี้ยงแมลงด้วยข้าวพันธุ์ต้านทาน IR72 ซิลิกามีผลให้ดัชนีการเจริญเติบโตของประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลดลง และเป็นผลให้ระยะเวลาเป็นตัวอ่อนของแมลงยาวขึ้น

เมื่อเลี้ยงตัวอ่อนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลด้วยต้นข้าวอายุ 45 วัน ซิลิกาในสารละลายมีผลต่อระบบสรีระแมลงอย่างชัดเจนทางสถิติ ความอยู่รอดของตัวอ่อนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลดลงเมื่อเลี้ยงด้วยข้าวพันธุ์อ่อนแอ TN1 และ IR22 ที่มีอายุ 45 วัน เป็นเวลานาน 16 วัน (Fig 2) แต่เมื่อเลี้ยงแมลงด้วยข้าวพันธุ์ต้านทาน IR72 และ Mudgo

นานเพียง 4 วัน ความอยู่รอดของแมลงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้เมื่อเลี้ยงแมลงด้วยพันธุ์ต้านทาน IR72 และ Mudgo ที่ปลูกในสารละลายที่ไม่ได้ใส่ซิลิกา ความอยู่รอดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลไม่แตกต่างจากแมลงที่เลี้ยงด้วยพันธุ์อ่อนแอ TN1 และ IR22 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าพันธุ์ต้านทาน IR72 และ Mudgo เมื่อไม่มีซิลิกาในต้นแล้วจะแสดงปฏิกิริยาเหมือนพันธุ์อ่อนแอ ซิลิกาในต้นข้าวที่มีอายุ 45 วัน ทำให้ความอยู่รอดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจำนวนตัวอ่อนที่พัฒนาเป็นตัวเต็มวัย ดัชนีการเจริญเติบโตของประชากรแมลง (Table 3) และการเจริญพันธุ์ลดลง (Table 4) และทำให้ระยะเวลาที่ตัวอ่อนใช้พัฒนาเป็นตัวเต็มวัยยาวนาน

การที่ซิลิกาในต้นข้าวที่มีอายุ 45 วัน มีผลต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลอย่างชัดเจนมากกว่า เมื่อเลี้ยงแมลงด้วยต้นกล้าข้าวที่มีอายุ 14 วัน อธิบายได้ว่า การสะสมของซิลิกาในเนื้อเยื่อพืชนั้นต้องรอให้เซลล์ในเนื้อเยื่อของพืชเจริญเติบโตเต็มที่ก่อน และระยะเวลาของการเจริญเติบโตเต็มที่ในเซลล์พืชแต่ละแบบนั้นแตกต่างกัน นอกจากนี้การสะสมซิลิกาใน bulliform cells โดยทั่วไปจะเกิดขึ้นในเซลล์ที่เจริญเต็มที่แล้วมากกว่าที่จะสะสมในใบอ่อนของต้นข้าว (Jones *et al.*, 1967; Sangster and Parry, 1969) ซิลิกาในเนื้อเยื่อข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อต้นข้าวมีอายุมากขึ้น ฉะนั้นต้นข้าวที่มีอายุ 45 วัน จึงมีเปอร์เซ็นต์ซิลิกามากกว่าในต้นกล้าข้าวที่มีอายุ 14 วัน

ระดับซิลิกาในสารละลายไม่มีผลทางสถิติต่อปริมาณน้ำตาลที่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลขับถ่ายออกมา (honeydew) (Table 5) จึงชี้ให้เห็นว่าซิลิกาไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลดูดกินจากต้นข้าวและแสดงว่าซิลิกาไม่ได้เป็นอุปสรรคในการดูดกินอาหารของแมลงปากดูดชนิดนี้ แต่เป็นข้อบ่งชี้ว่าซิลิกานั้นมีผลต่อระบบสรีระของแมลง การที่ซิลิกาไม่ได้เป็นอุปสรรคในการเจาะดูดน้ำเลี้ยงของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลนั้น เนื่องจากซิลิกามีการสะสมมากที่สุดที่ใน bulliform cells และ ซิลิกา เซลล์ (Sangster and Parry, 1969) ปากที่เป็นท่อดูดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจึงสามารถเจาะผ่านเซลล์ของกาบใบเพื่อดูดกิน

น้ำเลี้ยงจากต้นข้าว

บทบาทของซิลิกาที่ต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลนั้นอยู่ในลักษณะสัมพันธ์หรือเสริมกับปัจจัยต้านทานอื่น ซึ่งบ่งชี้ได้จากการที่พันธุ์ต้านทาน IR72 เมื่อปลูกในสารละลายที่มีซิลิกาได้แสดงผลต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลอย่างชัดเจน และเมื่อเลี้ยงแมลงด้วยข้าวพันธุ์ต้านทาน IR72 และ Mudgo ที่ปลูกในสารละลายที่ไม่ได้ใส่ซิลิกา ทั้ง IR72 และ Mudgo แสดงปฏิกิริยาต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเหมือนพันธุ์อ่อนแอ TN1 และ IR22

สรุปผลการทดลอง

1. เปอร์เซ็นต์ซิลิกาเพิ่มขึ้นแตกต่างทางสถิติในต้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ เมื่อปลูกในสารละลายที่มีซิลิกา เปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นของซิลิกาสูงเมื่อปลูกในสารละลายมีซิลิกา 100-200 ppm เปอร์เซ็นต์ซิลิกาในส่วนของใบข้าวสูงกว่าในส่วนของกาบใบ
2. ต้นกล้าข้าวที่มีอายุ 14 วัน ซิลิกาไม่แสดงผลที่ชัดเจนต่อความอยู่รอดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล แต่มีผลทำให้ระยะเวลาตัวอ่อนของแมลงยาวนาน แต่เมื่อเลี้ยงแมลงด้วยข้าวพันธุ์ต้านทาน IR72 ซิลิกาทำให้ ดัชนีการเจริญเติบโตของประชากรแมลงลดลง
3. ซิลิกาในข้าวที่มีอายุ 45 วัน ทำให้ ความอยู่รอด ดัชนีการเจริญเติบโตของประชากร และการเจริญพันธุ์ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลดลงอย่างมีนัยสำคัญ
4. บทบาทของซิลิกาที่มีความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเป็นลักษณะในทางอ้อม หรือเสริม กับปัจจัยต้านทานอื่น ซิลิกามีผลในทางลบต่อระบบสรีระของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลแต่ซิลิกาไม่ได้เป็นอุปสรรคต่อการดูดกินอาหารของแมลงชนิดนี้
5. การคัดเลือกหรือปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลนั้นควรเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณซิลิกาในส่วนของกาบใบสูงกว่า เนื่องจากเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเป็นแมลงที่ดูดน้ำเลี้ยงจากส่วนกาบใบ และควรมีเปอร์เซ็นต์ของ soluble silicic acid ในน้ำเลี้ยง

ของเซลล์มากกว่า polysilicic acid ซึ่งละลายน้ำได้ยาก เนื่องจาก soluble silicic acid มีผลต่อระบบสรีระของแมลง

เอกสารอ้างอิง

- Alghali, A.M. 1981. Lignification and silica contents of rice stems damaged by *Diopsis thoracica* West (Diptera, Diopeidae) larvae. *Warda Tech. Newsl.* 3:11-12.
- Chaiyawat, P. and Z.R. Khan. 1990. Effect of silica on tolerance of floating rice to yellow stem borer (*Scirpophago incertulas*) *Thai Agric. Res. Jour.* 8 (3):122-124.
- Djamin, A. and M.D. Patthak. 1967. Role of silica in resistance to Asiatic rice borer, *Chilo suppressalis* (Walker), In rice varieties. *J.Econ.Entomol.* 60:347-351.
- Dyck, V.A; B.C. Misra; S.Alam; C.N. Chen; C.Y. Hsieh and R.C. Rejesus. 1979. In Brown planthopper : Threat to rice production in Asia. Int. Rice Res. Inst. 369pp.
- Jones, L.H.P. and K.A. Handreck. 1967. Silica in soils, plant and animals. *Adv. Agron.* 19: 107-149.
- Kaufman, P.B; W.C. Bigelow; L.B. Petering and F.B. Drogosz. 1969. Silica in developing epidermal cells of *Avena internodes*, Electron Microprobe Analysis. *Science* 166: 1015-1017.
- Kenmore, R.E; F.O.Carion, C.A.Perez; V.A. Dyck and P.A. Gutierrez. 1984. Population regulation of the rice brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stal) within rice field in the Philippines. *J.Plant Prot. Trop.* 1:19-37.
- Lewin, J.C. and B.E.F. Reimann. 1969. Silicon and plant growth. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 20: 289-304.
- Mandras, B.T. 1991. Resistance of deepwater rice varieties and elongating wild rices to yellow stem borer, *Scirpophago incertulas* (Walker). (Lepidoptera; Pyralidae). Ph.D. thesis, University of the Philippines, Los Banos, Laguna, Philippines. 107 pp.
- Marwat, N.K, and U.K. Baloch. 1985. Varietal resistance in rice to *Tryporyza* species of stem borers and its association with plant moisture, total ashes and silica contents. *Pak. J. Agric. Res.* 6:278-281.
- Nakano, K; G. Abe; N. Taketa and C. Hirano, 1961. Silicon as an insect resistance component of host plant, found in relation between the rice stem borer and the rice plant. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 5:17-27.
- Panda, N. and E.A. Heinrichs. 1983. Levels of tolerance and antibiosis in rice varieties having moderate resistance to the brown planthoppers, *Nilaparvata lugens* (Stal) (Hemiptera: Delphacidae). *Env. Entomol.* 12: 1204-1214.
- Sangster, A.G. and D.W. Parry. 1969. Some factors on relation to bulliform cell silicification in the grass leaf. *Ann. Bot.* 33:315-325.
- Sasamoto, K. 1957. studies on the relation between silica content in rice plant and insect pests. *Insect Control* 22:159-164.
- Sasamoto, K. 1958. Resistance of the rice plant applied with silicate and N fertilizer to the rice stem borer. *Jpn. J. Appl. Enotomol Zool.* 2:88-92.

- Saxena, K.N; J.R.Gandhi and R.C. Saxena,. 1974. Patterns of relationship between certain leafhopper and plants. 1.Responses to plants. *Entomol. Exp.Appl.* 17:303-313.
- Saxena, R.C and Z.R. Khan. 1989. Factors affecting resistance of rice varieties to planthopper and leafhopper pests. *Agric. Zool. Rev.* 3:97-132.
- Seshu, D.V. and H.E. Kauffman. 1980. Differential response of rice varieties to the brown planthopper in international screening tests. IRRI Res. Paper Series No.52.
- Smithson, F. 1958. Grass opal in British soils. *J. Soil Sci.* 9: 148-154.
- Yoshida, S; D.A. Forno; J.H, Cock and K.A. Gomez. 1976. Laboratory manual for physiological studies of rice. 3rd ed. Int. Rice Res. Inst. 83pp.
- Yoshida, S. 1965. Chemical aspects of the role of silicon in physiology of the rice plant. *Bull. Nat. Inst. Agr. Sci.* 15: 1-58.
- Yoshida, S; Y. Ohnishi and K. Kitagishi. 1962. Histo chemistry of silica in the rice plant. II. Localization of silicon within rice tissues. *Soil Sci. Plant Nutr.* 5: 36-41.
-

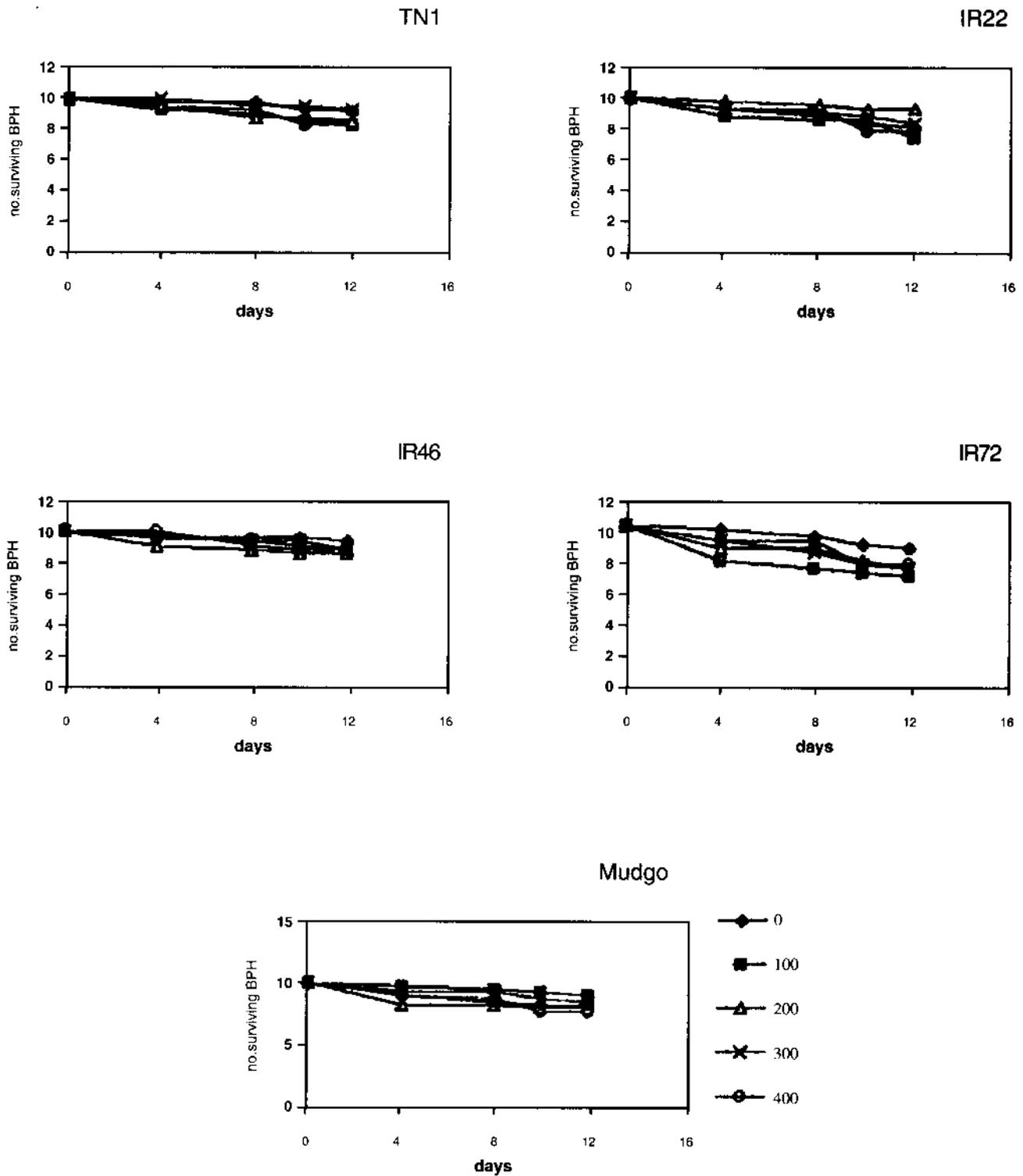


Fig 1 : Number of BPH survivors on rice seedlings grown in hydroponic solutions with different levels of silica and infested with 10 BPH nymphs/plant at 14 days old

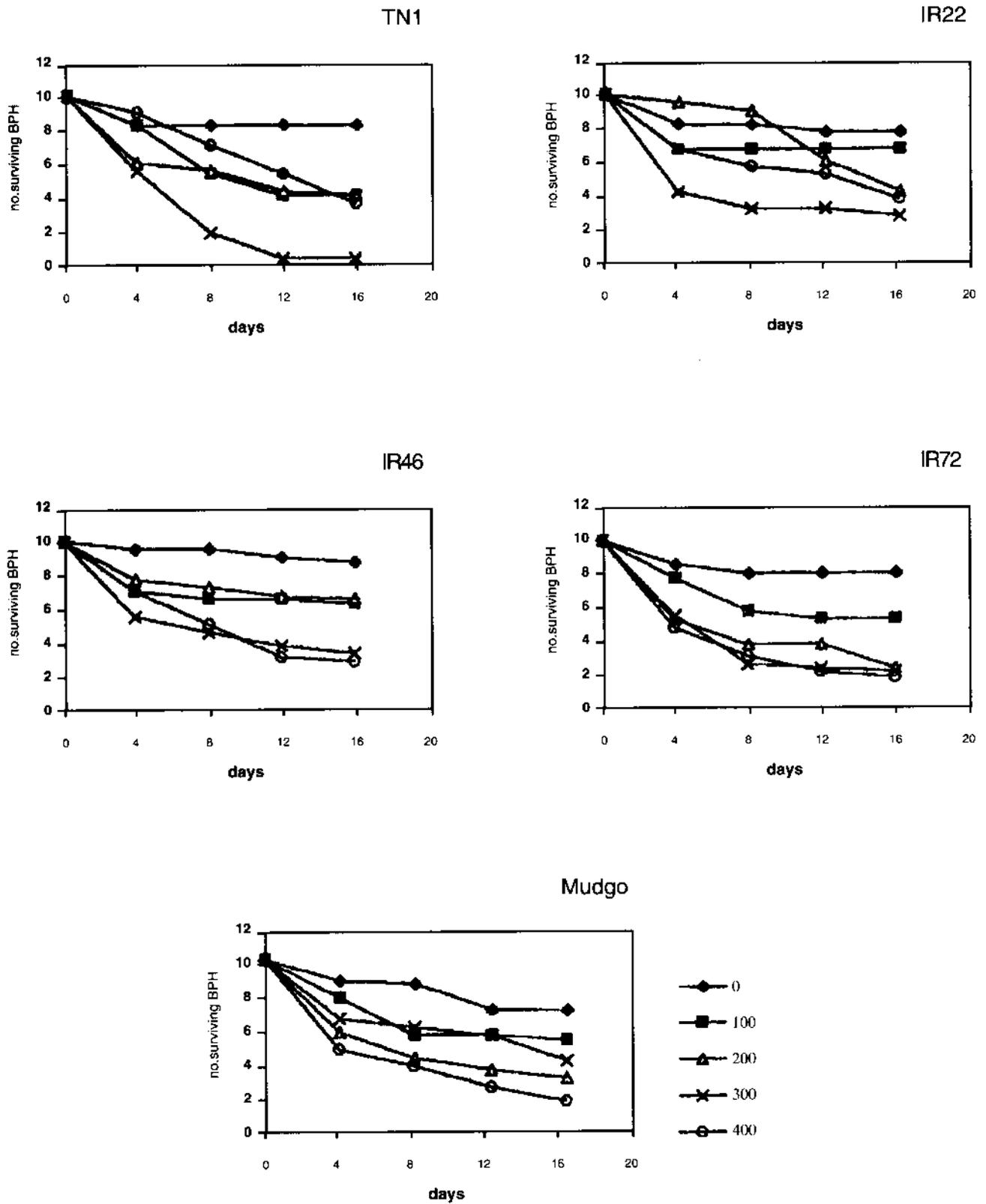


Fig 2 : Number of BPH survivors on rice seedlings grown in hydroponic solutions with different levels of silica and infested with 10 BPH nymphs/plant at 45 days old

Table 1 Percentage crude silica (SiO₂) content (dry weight basis) of 45-day old rice plants grown in hydroponic solutions with different levels of silica¹

| Silica level (ppm) in culture solution | TN1 (HS) ² | IR22 (S) | IR46 (MR) | IR72 (R) | MUDGO (R) | Mean |
|--|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|
| | Leaves | | | | | |
| 0 | 0.55 d (a) | 0.47 d (a) | 0.38 d (a) | 0.15 c (a) | 0.48 c (a) | 0.48 |
| 100 | 18.20 c (a) | 15.95 c (b) | 15.42 c (b) | 15.41 b (b) | 14.27 b (b) | 15.85 |
| 200 | 22.07 ab (a) | 20.17 ab (b) | 21.03 b (ab) | 21.55 a (ab) | 18.68 a (b) | 20.70 |
| 300 | 20.48 b (ab) | 19.87 b (ab) | 19.55 b (b) | 21.51 a (a) | 19.09 a (b) | 20.10 |
| 400 | 22.78 a (a) | 21.64 a (ab) | 22.89 a (a) | 22.84 a (a) | 20.03 a (b) | 22.04 |
| Mean | 16.81 | 15.62 | 15.85 | 16.36 | 14.51 | 15.83 |
| | Leafsheaths | | | | | |
| 0 | 0.39 d (a) | 0.39 c (a) | 0.40 d (a) | 0.34 d (a) | 0.28 c (a) | 0.36 |
| 100 | 9.06 c (b) | 9.43 b (b) | 11.16 c (a) | 9.66 c (b) | 10.64 b (ab) | 9.99 |
| 200 | 14.93 b (ab) | 14.12 a (b) | 16.37 b (a) | 15.48 b (ab) | 16.18 a (a) | 15.41 |
| 300 | 15.54 ab (bc) | 15.22 a (c) | 18.29 a (a) | 17.59 a (a) | 17.31 a (ab) | 16.79 |
| 400 | 17.00 a (a) | 13.80 a (b) | 17.80 ab (a) | 16.95 ab (a) | 17.33 a (a) | 16.58 |
| Mean | 11.38 | 10.59 | 12.80 | 12.00 | 12.35 | 11.82 |

³ cv (a) = 12.8%, cv (b) = 10.2%

¹ In a column, means followed by common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT. In a row, means followed by a common letter in parentheses are not significantly different at the 5% level by LSD

² (HS) = highly susceptible to BPH; (S) = susceptible; (MR) = moderately resistant; (R) = resistant

³ cv (a) = coefficient of variation among varieties. cv (b) = coefficient of variation among silica levels

Table 2 Percentage crude silica (SiO₂) content (dry weight basis) leaves and leafsheaths of 45-day old rice plants of different varieties grown in hydroponic solutions with different levels of silica¹

| Silica level (ppm) in culture solution | Leaves | Leafsheaths | Difference ² |
|--|----------|-------------|-------------------------|
| TN1 | | | |
| 0 | 0.55 d | 0.39 d | 0.16 ns |
| 100 | 18.20 c | 9.06 c | 9.14 ** |
| 200 | 22.07 ab | 14.93 b | 7.14 ** |
| 300 | 20.48 b | 15.54 ab | 4.94 ** |
| 400 | 22.78 a | 17.00 a | 5.78 ** |
| IR22 | | | |
| 0 | 0.47 c | 0.39 c | 0.08 ns |
| 100 | 15.95 b | 9.43 b | 6.52 ** |
| 200 | 20.17 a | 14.12 a | 6.04 ** |
| 300 | 19.87 a | 15.22 a | 4.64 ** |
| 400 | 21.64 a | 13.80 a | 7.84 ** |
| IR46 | | | |
| 0 | 0.38 d | 0.40 d | 0.02 ns |
| 100 | 15.42 c | 11.16 c | 4.26 ** |
| 200 | 21.03 b | 16.37 b | 4.66 ** |
| 300 | 19.55 b | 18.29 a | 1.26 ns |
| 400 | 22.89 a | 17.80 ab | 5.09 ** |
| IR72 | | | |
| 0 | 0.51 c | 0.30 d | 0.17 ns |
| 100 | 15.41 b | 9.66 c | 5.75 ** |
| 200 | 21.55 a | 15.48 b | 6.07 ** |
| 300 | 21.51 a | 17.59 a | 3.92 ** |
| 400 | 22.84 a | 16.95 ab | 5.88 ** |
| Mudgo | | | |
| 0 | 0.48 c | 0.28 c | 0.20 ns |
| 100 | 14.27 b | 10.64 b | 3.63 ** |
| 200 | 18.68 a | 16.18 a | 2.50 ** |
| 300 | 19.09 a | 17.31 a | 1.78 * |
| 400 | 20.03 a | 17.33 a | 2.69 ** |
| Mean | 15.83 | 11.82 | 4.00 |

³cv (a) = 5.8%, cv (b) = 8.7%, cv (c) = 8.6%

¹ In a column under each variety, means followed by a common letter or those without letters are not significantly different at 5% level by DMRT

² ** = significant at 1% level, * = significant at 5% level; ns = not significant

³ cv (a) = coefficient of variation among varieties
 cv (b) = coefficient of variation among silica levels
 cv (c) = coefficient of variation among plant parts

Table 3 Population growth index of BPH (10 nymphs/plant) reared on rice seedlings (14 days) and on rice plants (45 days old) grown in hydroponic solutions with different levels of silica¹

| Silica level (ppm) in culture solution | TN1 (HS) ² | IR22 (S) | IR46 (MR) | IR72 (R) | MUDGO (R) | Mean |
|--|---------------------------|---------------|-------------|-------------|-------------|------|
| | rice seedlings (14 days) | | | | | |
| 0 | 8.25 b (b) | 6.85 b (b) | 7.81 b (b) | 6.80 b (a) | 6.58 b (b) | 7.26 |
| 100 | 7.23 b (b) | 6.43 b (b) | 7.67 b (b) | 3.86 a (a) | 8.02 b (b) | 6.64 |
| 200 | 6.90 b (b) | 7.73 b (b) | 6.84 b (b) | 2.34 a (a) | 6.52 b (b) | 6.07 |
| 300 | 7.82 b (b) | 6.90 b (b) | 7.23 b (b) | 3.56 a (a) | 7.10 b (b) | 6.52 |
| 400 | 6.50 b (b) | 6.26 b (b) | 6.97 b (b) | 3.90 a (a) | 6.43 b (b) | 6.01 |
| Mean | 7.34 | 6.84 | 7.31 | 4.09 | 6.93 | 6.50 |
| | rice plants (45 days old) | | | | | |
| 0 | 5.13 c (c) | 4.72 c (c) | 5.44 c (c) | 4.93 c (c) | 3.81 c (c) | 4.81 |
| 100 | 1.80 b (c) | 3.07 bc (c) | 2.35 bc (c) | 2.02 b (c) | 1.83 bc (c) | 2.21 |
| 200 | 1.98 b (c) | 1.85 abc (bc) | 2.29 bc (c) | 0.36 a (b) | 0.71 b (bc) | 1.44 |
| 300 | 0.12 a (c) | 0.87 a (c) | 1.46 b (c) | 0.73 ab (c) | 1.32 b (c) | 0.90 |
| 400 | 1.28 b (bc) | 1.73 ab (c) | 1.25 b (bc) | 0.17 a (b) | 0.61 b (bc) | 1.07 |
| Mean | 2.06 | 2.45 | 2.56 | 1.64 | 1.66 | 2.07 |

¹ In a column, means followed by common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT. In a row, means followed by a common letter in parentheses are not significantly different at the 5% level by DMRT. Analysis based on data transformed to $\ln(x + 1)$ and presented in backtransformed scale

² (HS) = highly susceptible to BPH; (S) = susceptible; (MR) = moderately resistant; (R) = resistant

Table 4 Fecundity (eggs/female) or BPH adults (1 female/plant) reared on rice plants grown in hydroponic solutions with different levels of silica and infested at 45 day old¹

| Silica level (ppm) in culture solution | TN1 (HS) ² | IR22 (S) | IR46 (MR) | IR72 (R) | MUDGO (R) | Mean |
|--|-----------------------|-------------|--------------|---------------|--------------|--------|
| 0 | 478.3 c (c) | 673.8 c (c) | 281.1 c (c) | 216.6 c (c) | 612.9 c (c) | 452.5 |
| 100 | 40.1 c (c) | 119.8 c (c) | 172.8 bc (c) | 16.9 bc (c) | 61.4 bc (c) | 82.2 |
| 200 | 116.8 c (c) | 191.4 c (c) | 15.1 ab (bc) | 2.3 ab (b) | 2.0 a (b) | 65.5 |
| 300 | 1.6 b (b) | 109.3 c (c) | 12.8 ab (bc) | 13.1 abc (bc) | 12.6 ab (bc) | 29.9 |
| 400 | 60.1 c (c) | 113.4 c (c) | 8.3 a (bc) | 0.0 a (b) | 0.5 a (b) | 36.5 |
| Mean | 139.4 | 241.5 | 98.0 | 49.8 | 137.9 | 133.30 |

¹ In a column, means followed by common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT. In a row, means followed by a common letter in parentheses are not significantly different at the 5% level by DMRT. Analysis based on data transformed to $\ln(x + 1)$ and presented in backtransformed scale

² (HS) = highly susceptible to BPH; (S) = susceptible; (MR) = moderately resistant; (R) = resistant

Table 5 Honeydew (mg) excreted for 24 h by 5 adult BPH females confined on 45-day old rice plants grown in hydroponic solutions with different levels of silica^{1,2}

| Silica level (ppm) in culture solution | TN1 (HS) ² | IR22 (S) | IR46 (MR) | IR72 (R) | MUDGO (R) | Mean |
|--|-----------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------|
| 0 | 18.43 b (b) | 11.21 b (b) | 7.24 b (b) | 7.96 b (b) | 7.33 ab (b) | 10.43 |
| 100 | 8.54 b (b) | 14.30 b (b) | 9.40 b (b) | 3.50 b (b) | 6.25 ab (b) | 8.40 |
| 200 | 19.30 b (b) | 12.21 b (ab) | 6.46 b (ab) | 5.38 b (ab) | 3.86 a (a) | 9.44 |
| 300 | 7.47 b (a) | 31.73 b (b) | 2.40 b (a) | 5.49 b (a) | 7.21 ab (a) | 10.86 |
| 400 | 12.52 b (ab) | 21.46 b (b) | 11.01 b (ab) | 4.37 b (a) | 21.31 b (b) | 14.13 |
| Mean | 13.25 | 18.18 | 7.30 | 5.34 | 9.19 | 10.65 |

¹ In a column, means followed by common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT. In a row, means followed by a common letter in parentheses are not significantly different at the 5% level by DMRT. Analysis based on data transformed to $\ln(x + 1)$ and presented in backtransformed scale

² Honeydew excreted by BPH reared on IR22 and Mudgo grown in potted soil were 31.57 and 75.6 mg, respectively.

² (HS) = highly susceptible to BPH; (S) = susceptible; (MR) = moderately resistant; (R) = resistant