

# ผลของสภาวะที่รากได้รับออกซิเจนต่ำต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวบาร์เลย์

## Effects of Hypoxia on Barley Growth at Seeding Stage

สาวิตร มีจ้อย<sup>1</sup>

จักรี เส้นทอง<sup>2</sup>

Sawit Meechoui<sup>1</sup>

Chuckree Senthong<sup>2</sup>

### ABSTRACT

Oxygen deficiency in barley root system (hypoxia) is an important problem of barley production in paddy field. Three different hypoxia tolerance barley genotypes, SMG1, FNBS#140 and BRBRF9629, were used to determine the effects of hypoxia on growth, photosynthetic efficiency, dry matter accumulation rate and partitioning coefficients of assimilate to the root of barley seeding. All genotypes were grown in stagnant agar nutrient solution (as hypoxic condition) and aerated nutrient solution (as control) in plant growth chambers at Lampang Agricultural Research and Training Center during March-April 1999. The results showed that hypoxia stress reduced plant growth, especially root growth rate. All barley genotypes had also less dry matter partitioning of assimilate to their roots. Increasing photosynthetic rate for hypoxic adaptation was due to be highly leaf chlorophyll efficiency. Among three genotypes, SMG1 had a consistent in photosynthetic efficiency under hypoxia. Thus it could be slightly lower shoot and plant growth rate. Whereas FNBS#140 had low photosynthetic rate after 3-5 days of hypoxia, lower growth rates and dry matter partitioning of assimilate to the roots than SMG1. BRBRF9629 could not maintain photosynthetic rate after hypoxia. It caused to be the lowest growth rates and dry matter partitioning of its assimilate to the roots.

**Key word :** barley, *Hordeum vulgare*, growth rate, photosynthetic efficiency, partitioning of assimilation.

1 สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง ตู้ปณ.89 อ.เมือง จ.ลำปาง 52000. โทรศัพท์ 054-342553

1 LARTC. P.O.Box89. Amphoe Muang, Lampang. 52000. Tel: 054-342553

2 ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200. โทรศัพท์ 053-944049

2 Dept. of Agronomy, Fac. of Agriculture. Chiang Mai University. Chiang Mai. 50200. Tel: 053-944049

## บทคัดย่อ

สภาวะที่รากของข้าวบาร์เลย์ได้รับออกซิเจนต่ำ (hypoxia) ในระยะมี 3-4 ใบ เป็นปัญหาที่สำคัญสำหรับการปลูกข้าวบาร์เลย์ในระบบการให้น้ำในแปลงนา การทดลองนี้จึงได้ศึกษาอิทธิพลของสภาวะ hypoxia ที่มีต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง อัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการถ่ายเทน้ำหนักแห้งไปสู่รากของต้นกล้าข้าวบาร์เลย์ โดยใช้พันธุ์ข้าวบาร์เลย์ที่ทนต่อสภาวะ hypoxia แตกต่างกัน 3 พันธุ์/สายพันธุ์คือ สะเมิง1 (SMG1), FNBS#140 และ BRBRF9629 ปลูกในสารละลายอาหาร stagnant agar nutrient solution (เป็นสภาวะ hypoxia) และสารละลายอาหารที่มีอากาศให้ตลอดเวลา (เป็นสภาพปกติ) ทั้งนี้ได้ทดลองในตู้ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (Plant growth chamber) ที่สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน 2543 ผลการทดลองพบว่า ในสภาวะรากได้รับออกซิเจนต่ำ มีผลทำให้ข้าวบาร์เลย์มีอัตราการเจริญเติบโตในทุกส่วนโดยเฉพาะส่วนรากลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน และส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงให้สูงกว่าปกติได้ในสภาวะ hypoxia โดยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ที่ใบ พันธุ์สะเมิง1 สามารถรักษาประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงให้เป็นปกติได้ โดยเฉพาะในช่วงแรกของสภาวะ hypoxia จึงทำให้อัตราการเจริญเติบโตยอดและรวมทั้งต้นลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพปกติ ในขณะที่สายพันธุ์ FNBS#140 มีอัตราการสังเคราะห์แสงในช่วงแรกลดต่ำลงอย่างมาก จึงทำให้อัตราการเจริญเติบโต และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทน้ำหนักแห้ง ลดต่ำกว่าพันธุ์สะเมิง1 ส่วนสายพันธุ์ BRBRF9629 มีประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงต่ำในสภาวะ hypoxia ซึ่งส่งผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของทุกส่วน และประสิทธิภาพการถ่ายเทน้ำหนักแห้งไปสู่ราก ต่ำกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ

คำหลัก : ข้าวบาร์เลย์ อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง และการถ่ายเทน้ำหนักแห้ง

## คำนำ

ข้าวบาร์เลย์เป็นพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจอีกพืชหนึ่งของประเทศไทย เนื่องด้วยมีมูลค่าของการนำเข้าหลายพันล้านบาทต่อปี แต่ปริมาณผลผลิตในประเทศยังต่ำมาก สาเหตุที่ผลผลิตต่ำประการหนึ่งเกิดจากการให้น้ำแบบปล่อยท่วมแปลงในสภาพการปลูกในพื้นที่นา ทำให้ดินอุ้มน้ำนานเกินไปและส่งผลทำให้ปริมาณออกซิเจนในช่องว่างระหว่างเม็ดดินเหลือน้อยมาก ซึ่งส่งผลกระทบต่อต้นข้าวบาร์เลย์ในช่วง 3-4 ใบ หรือหลังจากมีการให้น้ำครั้งที่สอง มีอาการใบล่างเหลือง ต้นแคระแกร็น และได้ผลผลิตต่ำไม่คุ้มทุน (Jongdee and Youngsook, 1993) ทั้งนี้เกิดจากมีอัตราการดูดซับแร่ธาตุอาหารของรากและการเจริญเติบโตของพืชลดลง (Drew, 1983; Jackson and Drew, 1984) พืชแต่ละชนิดปรับตัวในสภาวะที่รากได้รับออกซิเจนต่ำ (hypoxia) ที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการปรับตัวของรากและความสามารถฟื้นตัวจากสภาวะน้ำท่วมขัง (Wignarajah et al., 1976) การศึกษาการตอบสนองของพืชต่อสภาวะ hypoxia ส่วนมากให้ความสนใจเฉพาะกลไกการปรับตัวของรากพืช (Vartapetian and Jackson, 1997) และมีรายงานน้อยมากที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกลไกการปรับตัวในรากกับการเจริญเติบโตของพืชโดยเฉพาะพืชเศรษฐกิจ (Krizek, 1982) ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงศึกษาถึงอิทธิพลของสภาวะที่รากได้รับออกซิเจนต่ำที่มีต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการถ่ายเทน้ำหนักแห้งไปสู่ราก โดยทดสอบกับสายพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ที่ทนต่อสภาพน้ำขังแตกต่างกัน

## อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้สายพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ที่ทนต่อสภาพน้ำขังแตกต่างกัน 3 พันธุ์/สายพันธุ์ คือ สะเมิง1 (SMG1), FNBS#140 และ BRBRF9629 นำไปปลูกทดสอบในสารละลายอาหารที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำกว่า 0.5 ppm (stagnant agar nutrient solution) เปรียบเทียบกับการปลูกในสารละลายอาหารสูตรเดียวกันที่มีอากาศให้ตลอดเวลาซึ่งถือเป็นสภาพปกติ (aerated nutrient solution)

การทดลองครั้งนี้ใช้สูตรสารละลายอาหารและวิธีเตรียมการทดลองตามการทดลองของ Wiengweera *et al.* (1997) โดยเฉพาะเมล็ดที่หึ่งออกจนกระทั่งมีใบแรกแล้วปลูกใน 10 % aerated nutrient solution จนกระทั่งมีใบ 3-4 ใบจึงเปลี่ยน ไปปลูกใน full strength aerated nutrient และย้ายกล้าข้าวบาร์เลย์ในปริมาณครึ่งหนึ่งของจำนวนกล้าทั้งหมด ไปปลูกในตำรับการทดลองที่มีสภาวะรากได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการหายใจตามปกติ (hypoxia) โดยนำไปปลูกใน stagnant agar nutrient solution ส่วนกล้าข้าวบาร์เลย์ที่เหลืออีกครึ่งหนึ่งได้ปลูกในสภาพสารละลายอาหารที่ปิดอากาศให้ตลอดเวลา (เป็นสภาพปกติหรือ control treatment) ทั้งนี้ปริมาณออกซิเจนและอุณหภูมิในสารละลายทั้งสองแบบตลอดการทดลองได้แสดงใน Figure 1a

นำต้นกล้าข้าวบาร์เลย์ในสารละลายอาหารทั้งสองแบบไปเพาะเลี้ยงในตู้ควบคุมการเจริญเติบโตของพืชด้วยระบบคอมพิวเตอร์ (Fitotron™, SANYO Gallenkamp PLC, SGC970 Model) ซึ่งเป็นระบบ diurnal cyclic and photoperiodic control โดยกำหนดอุณหภูมิ 25/15 °C (day/night temperature) ปริมาณ CO<sub>2</sub> ในตู้ = 330-400 ppm สำหรับปริมาณแสง ความชื้นอากาศ และอุณหภูมิได้กำหนดไว้เป็นรอบวัน ดังแสดงใน Figure 1b หลังจากเพาะเลี้ยงในตู้ได้ 5 วันจึงเริ่มบันทึกข้อมูล

### ข้อมูลที่บันทึก

1. ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง (photosynthetic efficiency) โดยพิจารณาจากอัตราการสังเคราะห์แสง อัตราการคายน้ำ และความต้านทานของปากใบ ซึ่งบันทึกข้อมูลด้วยเครื่องมือ A portable automatic photosynthesis measuring equipment with a PLC-4 leaf chamber (Model: LCA4, ADC, Hoddesdon, Herts, England) สำหรับประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ วัดโดยใช้เครื่องมือ Plant Efficiency Analyzer (Model: Hansatech Instruments Ltd. England) ซึ่งเป็นการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เปล่งออกจากใบ (leaf chlorophyll fluorescence) ที่เกิดจากปฏิกิริยา Photosystem II ในขณะที่มีการส่งถ่ายอิเล็กตรอน (photosynthetic electron transport) และแสดงออกเป็นค่าสัดส่วน Fm/Fv ซึ่งคำนวณได้จาก

ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่อ่านได้สูงสุด (Fm) ทารด้วยปริมาณคลอโรฟิลล์ในช่วงเริ่มต้น (FO) จนถึงระดับสูงสุด (Fm) (= Fm - FO = Fv) เพื่อบอกถึงประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในใบพืช กล่าวคือ ถ้ามีค่า Fm/Fv สูงแสดงว่ามีประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ของใบสูง

สุ่มวัดใบข้าวบาร์เลย์ที่คลี่ขยายเต็มที่ (the youngest fully expanded leaves) จำนวน 4 ใบ/ข้า/พันธุ์/สารละลาย/ครั้ง การบันทึกข้อมูลได้เริ่มในวันที่ 0, 3, 5, 7, 9 วันหลังจากเริ่มการทดลองและบันทึกข้อมูลในขณะที่อยู่ในตู้ทดลองในช่วงเวลา 12.00-13.00 น. ซึ่งมีรายละเอียดข้อมูลอากาศและปริมาณแสงในช่วงบันทึกดังแสดงใน Figure 1b

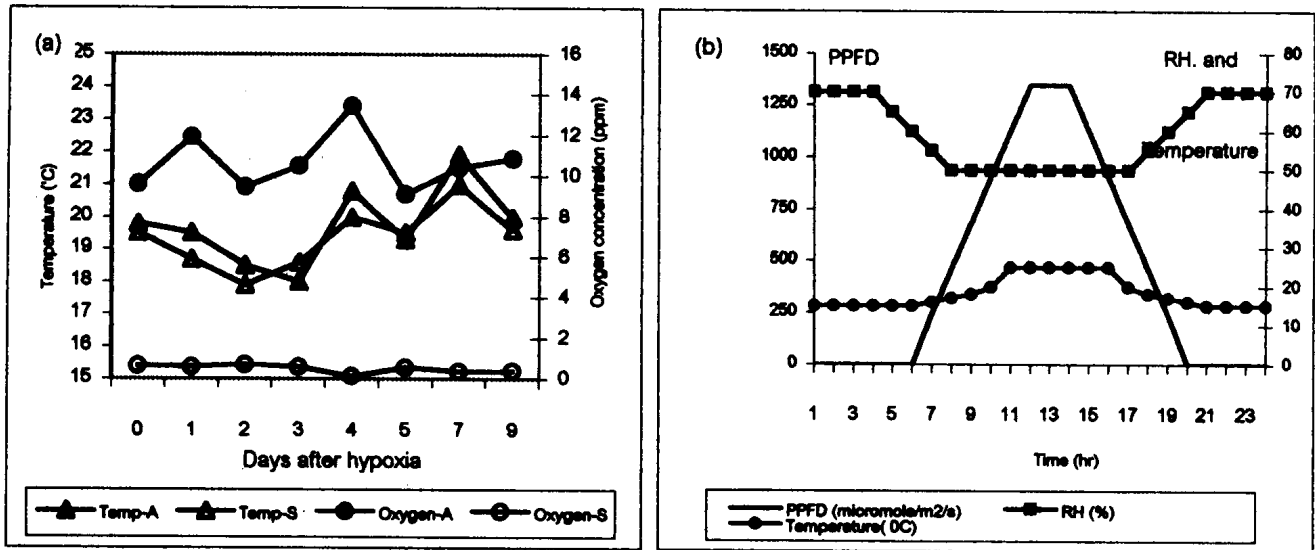
2. อัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการถ่ายเทน้ำหนักแห้งของข้าวบาร์เลย์ เริ่มบันทึกในวันที่ 0, 3, 5, 7, 9 วันหลังจากเริ่มปลูกในสารละลาย สุ่มตัวอย่างข้าวบาร์เลย์จำนวน 10 ต้น/พันธุ์/สารละลาย/ครั้ง และสุ่มทั้งหมด 4 ข้า (replications) /ครั้ง ทั้งนี้ได้แยกเป็นสายนยอด (ใบและต้น) และราก ออกจากกันแล้วนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่ 75 °C นาน 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักแห้งของแต่ละส่วนพืชในขณะที่ยังอุ่นอยู่

คำนวณอัตราการเจริญเติบโตของสายนยอด ราก และรวมทั้งต้น โดยใช้ค่าน้ำหนักแห้งในแต่ละช่วงที่บันทึกมาวิเคราะห์โดยอาศัยเทคนิคของวิธี simple linear regression ซึ่งค่า slope ที่ได้จะเป็นอัตราการเจริญเติบโตในแต่ละส่วนของข้าวบาร์เลย์ และได้แสดงค่า coefficient of determination (r<sup>2</sup>) เพื่อแสดงแนวโน้มของข้อมูลที่ศึกษาว่าเป็นลักษณะแนวเส้นตรง หลังจากนั้นคำนวณหาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทน้ำหนักแห้งไปสู่ส่วนราก (partitioning coefficients of assimilate to the roots) โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของสัดส่วนระหว่าง อัตราการเจริญเติบโตของส่วนรากต่ออัตราการเจริญเติบโตรวมทั้งต้น (จักรีและคณะ, 2540)

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### ผลกระทบที่มีต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของข้าวบาร์เลย์

การเกิดสภาวะ hypoxia มีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงของข้าวบาร์เลย์ลดต่ำกว่าสภาพปกติ ซึ่ง



**Figure 1** Oxygen concentration and temperature in different nutrient solution (a); and daily climatic controlled in plant growth chamber (b) in the experiment.

**Note:** Two nutrient solutions in the experiment; A = aerated nutrient solution; S = stagnant agar nutrient solution; Daily climatic data in growth chambers: PPFD = photosynthetic photon flux density (micromole photons/m<sup>2</sup>/s), RH = relative humidity (%), Temperature = dairy air temperature (°C)

ความเสียหายดังกล่าวแตกต่างกันไปตามพันธุ์ และช่วงเวลาที่เกิดสภาวะ hypoxia (Figure 2a) ซึ่ง Huang *et al.* (1994) ได้สรุปในทำนองเดียวกัน

พันธุ์สะเมิง1 มีอัตราการสังเคราะห์แสงลดลงเล็กน้อยในช่วงแรก (0-5 วันหลังทดลอง) หลังจากนั้นเพิ่มสูงขึ้นจนใกล้เคียงกับสภาพปกติในช่วงหลัง (5-9 วัน) คาดว่าเนื่องจากพันธุ์สะเมิง1 มีน้ำหนักแห้งของส่วนรากค่อนข้างมากทำให้ได้รับผลกระทบจากการสูญเสียน้ำหนักแห้งที่ไม่รุนแรง (Ella, 1996) อีกทั้งคาดว่าสามารถปรับอัตราการสังเคราะห์แสงให้กลับเป็นปกติได้โดยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ในสภาวะ hypoxia ให้สูงกว่าปกติโดยเริ่มต้นที่หลังจากเกิดสภาวะ hypoxia ได้ 3 วัน (Figure 2d) สำหรับสายพันธุ์ FNBSL#140 มีอัตราการสังเคราะห์แสงในสภาวะ hypoxia ต่ำกว่าสภาพปกติในช่วงแรกเช่นกัน แต่ลดลงมากกว่าพันธุ์สะเมิง1 อย่างไรก็ตามสามารถปรับตัวได้ใกล้เคียงกับสภาพปกติในช่วงหลังได้ในภายหลัง เนื่องจากมีประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ที่สูงขึ้นกว่าปกติเช่นเดียวกันแต่

เกิดขึ้นเฉพาะในช่วงหลังการทดลองเท่านั้น (Figure 2d) จะเห็นได้ว่าทั้งพันธุ์สะเมิง1 และสายพันธุ์ FNBSL#140 มีอัตราการคายน้ำในสภาวะ hypoxia ไม่แตกต่างจากสภาพปกติ (Figure 2c) โดยเฉพาะอย่างยิ่งพันธุ์สะเมิง1 มีความต้านทานของปากใบในสภาวะ hypoxia ที่สูงกว่าปกติอย่างชัดเจน (Figure 2d) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าเป็นพันธุ์/สายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงที่ดีในสภาวะ hypoxia

ส่วนสายพันธุ์ BRBRF9629 มีอัตราการสังเคราะห์แสงใกล้เคียงกับสภาพปกติในช่วงแรก (Figure 2a) และมีอัตราการคายน้ำต่ำกว่าปกติอย่างมากในช่วงแรก ตลอดจนมีความต้านทานของปากใบสูงขึ้นอย่างมากอีกด้วย (Figure 2c) อย่างไรก็ตามในช่วงหลัง (7-9 วันหลังการเริ่มทดลอง) มีอัตราการคายน้ำเพิ่มขึ้นจนใกล้เคียงกับสภาพปกตินอกจากนี้พบว่าอัตราการสังเคราะห์แสงที่ลดต่ำลงไปอย่างชัดเจน (Figure 2b) ในขณะที่มีประสิทธิภาพของคลอโรฟิลล์ที่สูงกว่าสภาพปกติเช่นเดียวกับพันธุ์อื่น ๆ (Figure 2d) ทั้งนี้จะ

เกิดจากมีความต้านทานของปากใบที่สูงขึ้นอย่างมาก (Figure 2c) จนไม่เกิดการซึมแพร่เข้าสู่ปากใบของปริมาณก๊าซ CO<sub>2</sub> ด้วยสาเหตุนี้จะทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงและคายน้ำของพืชเกิดขึ้นน้อยมาก (Drew and Stolzy, 1991)

### ผลกระทบที่มีต่ออัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการถ่ายเทน้ำหนักแห้งของข้าวบาร์เลย์

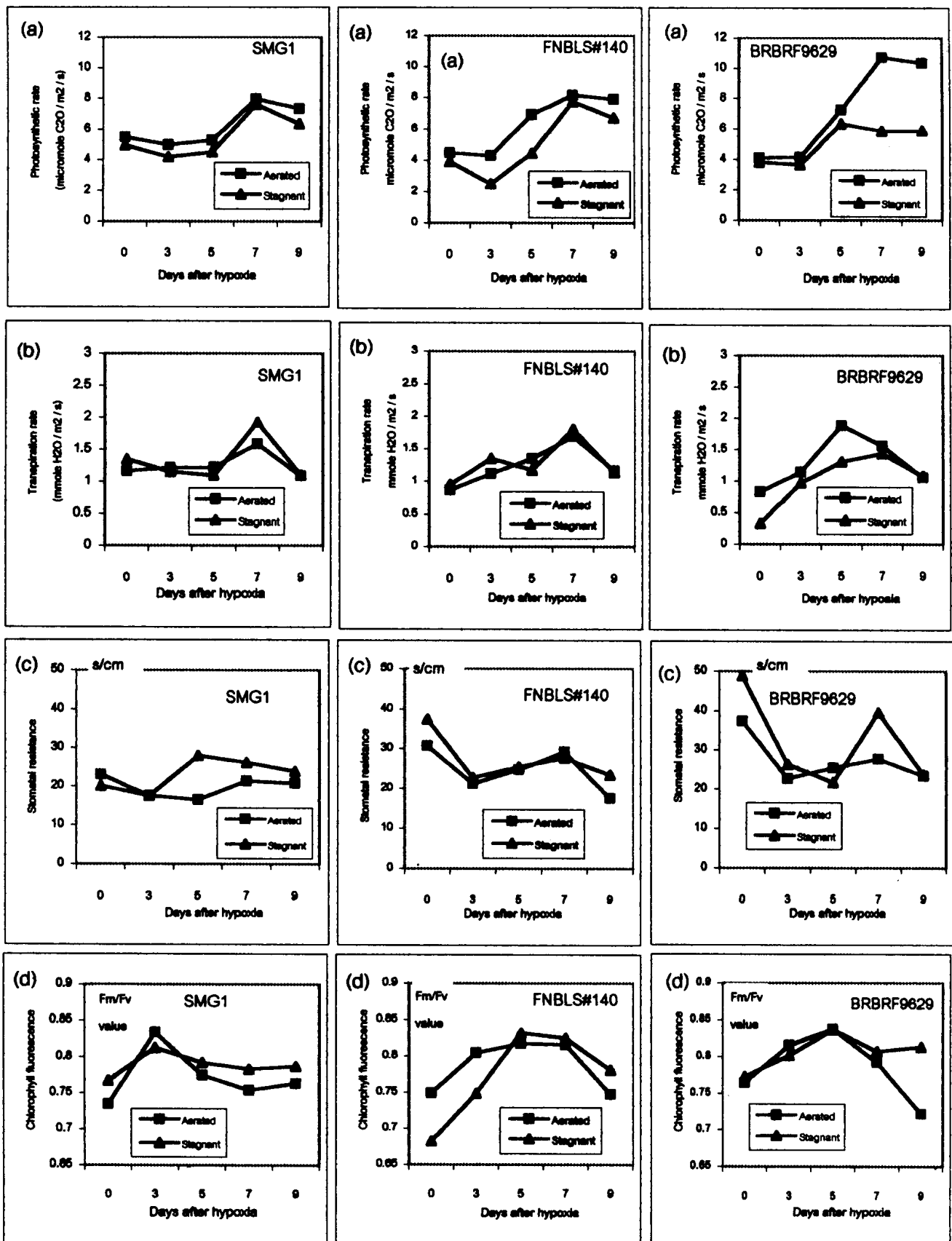
ข้าวบาร์เลย์ทุกพันธุ์ที่ปลูกในสภาวะ hypoxia มีอัตราการเจริญเติบโตของส่วนยอด (shoot growth rate) ลดลงเมื่อเทียบกับสภาพปกติ กล่าวคือ แม้ว่าสายพันธุ์ FNBLS#140 มีอัตราการเจริญเติบโตของส่วนยอดสูงสุดในสภาพปกติเฉลี่ยถึง 0.64 กรัม/ต้น/วัน แต่ในสภาวะ hypoxia นั้น สายพันธุ์ FNBLS#140 มีอัตราการเจริญเติบโตของส่วนยอดลดลงมากที่สุด รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์ BRBRF9629 และพันธุ์สะเมิง1 ตามลำดับ (Table 1) นอกจากนี้พันธุ์สะเมิง1 มีอัตราการเจริญเติบโตของส่วนยอดในสภาวะ hypoxia สูงที่สุดเฉลี่ยถึง 0.41 กรัม/ต้น/วัน Wiengweera *et al.* (1997) สรุปไว้เช่นกันว่าน้ำหนักแห้งของส่วนยอดข้าวสาลีในสภาพ stagnant agar ลดเหลือเพียง 64 เปอร์เซ็นต์ของสภาพมีอากาศปกติ แต่มีสัดส่วนน้ำหนัก

แห้งของส่วนยอดและรากไม่แตกต่างกัน Trought and Drew (1980) ชี้แจงเพิ่มเติมว่า ผลกระทบที่มีต่อน้ำหนักแห้งของยอดและรากของต้นกล้าข้าวสาลีในสภาวะน้ำท่วมขังนั้น เกิดจากสาเหตุรากขาดออกซิเจนมากกว่าสาเหตุการขาดแร่ธาตุอาหาร หรือการสะสมแร่ธาตุบางอย่างมากเกินไป

ข้าวบาร์เลย์ทุกพันธุ์ มีอัตราการเจริญเติบโตของราก (root growth rate) ในสภาพปกติใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 0.13-0.14 กรัม/ต้น/วัน และลดลงอย่างมากเมื่ออยู่ในสภาวะ hypoxia กล่าวคือสายพันธุ์ BRBRF9629 ลดลงมากที่สุดเฉลี่ยเหลือเพียง 0.01 กรัม/ต้น/วัน ส่วนสายพันธุ์ FNBLS#140 และพันธุ์สะเมิง1 มีอัตราการเจริญเติบโตของรากลดลงเหลือเพียง 0.03 และ 0.04 กรัม/ต้น/วัน ตามลำดับ (Table 1) เมื่อพิจารณาถึงอัตราการเจริญเติบโตรวมทั้งสิ้น (plant growth rate) พบว่า สายพันธุ์ FNBLS#140 และ BRBRF9629 มีอัตราการเจริญเติบโตรวมทั้งต้นในสภาพปกติ สูงกว่าพันธุ์สะเมิง1 อย่างเห็นได้ชัดเจน แต่เมื่ออยู่ในสภาวะ hypoxia แล้วกลับพบว่า พันธุ์สะเมิง1 มีอัตราการเจริญเติบโตรวมทั้งต้น ที่ลดลงน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับสภาพปกติ รองลงมาได้แก่สายพันธุ์ BRBRF9629 และ FNBLS#140 ตามลำดับ (Table 1)

**Table 1** Shoot, root and plant growth rates, including dry matter partitioning to the root of barley varieties/genotypes grown in aerated and stagnant agar nutrient solution in the growth chambers.

Treatment	Varieties /genotypes	Shoot growth rate (g/plant/day)		Root growth rate (g/plant/day)		Plant growth rate (g/plant/day)		Partitioning coefficient of assimilate to root (%)
		b	r <sup>2</sup>	b	r <sup>2</sup>	b	r <sup>2</sup>	
Aerated	SMG1	0.54	0.985**	0.13	0.987**	0.63	0.988**	20.64
	FNBLS#140	0.64	0.924**	0.14	0.817*	0.71	0.856*	19.72
	BRBRF9629	0.53	0.866*	0.14	0.965**	0.70	0.970**	20.00
Stagnant	SMG1	0.41	0.906*	0.04	0.982**	0.48	0.987**	8.33
	FNBLS#140	0.30	0.807*	0.03	0.904*	0.38	0.915*	7.90
	BRBRF9629	0.34	0.857*	0.01	0.862*	0.31	0.903*	3.23



**Figure 2** Photosynthetic rate (a), transpiration rate (b), stomatal resistance (c) and chlorophyll efficiency (d) of barley genotypes grown in aerated and stagnant agar nutrient solution in the growth chambers. Each data were represented the means and Htandard deviations of four replications of barley variety/genotypes.

ข้าวบาร์เลย์ทุกพันธุ์ มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเท น้ำหนักแห้งไปสู่ส่วนราก ในสภาวะ hypoxia ลดลงประมาณ 3 เท่า และแตกต่างกันไปตามพันธุ์กรรม (Table 1) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การสะสมน้ำหนักของส่วนรากของข้าวบาร์เลย์ ได้รับผลกระทบจากสภาวะ hypoxia มากกว่าส่วนยอด และแตกต่างกันไปตามลักษณะของต้นข้างของพืช (Huang et al., 1994; Trought and Drew, 1980) สายพันธุ์ FNBL#140 มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทน้ำหนักแห้งไปสู่ราก ในสภาวะ hypoxia ใกล้เคียงกับพันธุ์สะเมิง1 คือ 7.9-8 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการถ่ายเทน้ำหนักแห้งรวมทั้งต้น ส่วนสายพันธุ์ BRBRF9629 มีประสิทธิภาพการถ่ายเทน้ำหนักแห้งไปสู่ราก ในสภาวะ hypoxia เพียง 3.23 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการถ่ายเทน้ำหนักแห้งรวมทั้งต้น ในขณะที่ในสภาพปกติมีมากถึง 20.00 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) ด้วยสาเหตุนี้พอจะชี้ให้เห็นว่า น้ำหนักแห้งในรากส่วนใหญ่ถูกใช้ในการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่รากเพื่อให้ระบบรากอยู่รอดได้ในสภาวะได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ (Ella, 1996)

### สรุปผลการทดลอง

พันธุ์สะเมิง1 สามารถรักษาอัตราการสังเคราะห์แสง ให้เป็นปกติได้ ในช่วงหลังของการเกิดสภาวะ hypoxia โดยการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรพิลล์ และมีอัตราการคายน้ำสูงกว่าสภาพปกติ ด้วยสาเหตุดังกล่าวส่งผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตทั้งส่วนยอดและส่วนรากลดลงในระดับที่ต่ำกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ แม้ว่าสายพันธุ์ FNBL#140 มีการปรับประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงที่เหมือนกับพันธุ์สะเมิง1 ได้ในช่วงหลัง แต่ในช่วงแรกมีอัตราการสังเคราะห์แสงที่ต่ำกว่าสภาพปกติอย่างชัดเจน ทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตของส่วนยอดที่ต่ำกว่าพันธุ์สะเมิง1 จึงเป็นสาเหตุทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตรวมทั้งต้นลดต่ำกว่าพันธุ์สะเมิง1 อย่างไรก็ตามสายพันธุ์ FNBL#140 มีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทน้ำหนักแห้งไปสู่รากที่สูงใกล้เคียงพันธุ์สะเมิง1 ส่วนสายพันธุ์ BRBRF9629 ไม่สามารถรักษาประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงในช่วงหลังของการทดลอง เนื่องจากมีความต้านทานของปากใบสูงและมีอัตราการคายน้ำต่ำกว่าสภาพปกติ จึงมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของราก อัตราการ

เจริญเติบโตรวมทั้งต้นและประสิทธิภาพการถ่ายเทน้ำหนักแห้งไปสู่รากลดต่ำกว่าปกติมากกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ

อาจกล่าวได้ว่าพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ที่ปรับตัวได้ดีในสภาวะที่เกิด hypoxia ในระยะกล้านั้น ควรสามารถปรับอัตราการสังเคราะห์แสงให้สูงขึ้นในช่วงหลังเพื่อชดเชยน้ำหนักที่สูญเสียไป และมีประสิทธิภาพการถ่ายเทน้ำหนักแห้งไปสู่รากที่สูงกว่าปกติในขณะที่เกิดสภาวะ hypoxia เพื่อรักษาระบบรากให้เป็นปกติมากที่สุด

### เอกสารอ้างอิง

- จักรี เส้นทอง สุทัศน์ จุลศรีไก่อ้ว นิมิต เดชสกุลรัตน์ วีระชัย ศรีวัฒนพงศ์ และอาคม กาญจนประโชติ. 2540. สรีรวิทยา การสร้างผลผลิตของข้าวบาร์เลย์ภายใต้ระบบการไม่ไถพรวน และวันปลูกที่แตกต่างกัน. หน้า 252-268. ใน : การประชุมวิชาการอัญพืชเมืองหนาวนานาชาติ เรื่อง การผลิตและการใช้ประโยชน์. 11-13 ธันวาคม 2540. ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่
- Drew, M.C. 1983. Plant injury and adaptation to oxygen deficiency in the root environment: A review. *Plant and Soil*. 75:179-199.
- Drew, M.C. and L.H. Stolzy. 1991. Growth under oxygen stress. Pages 331-350. In : *Plant roots : the hidden half*. Ed. Y. Waisel; A.Eshel and U.Kafkafi. Marcel Dekker, Inc. New york.
- Ella, E.S. 1996. Importance of carbohydrates in rice exposed to anoxia. Page 14. In : Seminar "New Development in Plant Adaptation to Waterlogging and Flooding. October 7, 1996 at Dept. of Agric. Bangkok.
- Huang, B.; J.W.Johnson; D.S.Nesmith and D.C.Bridges. 1994. Growth, physiological and anatomical responses of two wheat genotypes to waterlogging and nutrient supply. *J.Exp.Bot.* 45 : 193-202.

- Jackson, M.B. and M.C.Drew. 1984. Effects of flooding on growth and metabolism of herbaceous plants. Pages 47-128. In : *Flooding and plant growth*. Kozlowski, T.T. ed. Academic press. USA.
- Jongdee, B. and Youngsook. 1993. Wheat constraints associated with cultural practices in northern Thailand. Pages 49-54. In : *The 14th National temperate cereals conference : Research and development for Southeast Asia*. The Holiday Inn Mekong Royal. Nongkai.
- Krizek, D.T. 1982. Plant response to atmospheric stress caused by waterlogging. Pages 293-335. In : *Breeding plants for less favorable environments*. M.N. Christiansen and C.F.Lewis (ed.) John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Trought, M.C. and M.C. Drew. 1980. The development of waterlogging damage in young wheat plants in anaerobic solution cultures. *J.Exp. Bot.* 31 : 1573-1585.
- Vartapetian, B.B. and M.B.Jackson. 1997. Plant adaptation to anaerobic stress. (Review). *Annals of Botany*. 79 (Supplement A) : 3-20.
- Wiengweera, A., H. Greenway and C.J.Thomson. 1997. The use of agar nutrient solution to stimulate lack of convection in waterlogged soils. *Annals of Botany*. 80 : 115-123.
- Wignarajah, K.; H.Greenway and C.D.John. 1976. Effect of waterlogging on growth and activity of alcohol dehydrogenase in hominy and rice. *New Phytol.* 77 : 585-592.