

การเปลี่ยนแปลงคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ได้อยู่ในรูปโครงสร้างของต้นลำไยที่ได้รับน้ำแบบเต็มที่ แบบ สลั้บข้างทีละครั้งต้น และแบบขาดแคลน

Total Nonstructural Carbohydrate Changes of Longan Trees Cultivated by Full Irrigation, Partial Root-Zone Drying and Deficit Irrigation

วินัย วิริยะอลงกรณ์¹ ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข¹ สมชาย องศ์ประเสริฐ² และ โวลฟรัม สเปร³

Winai Wiriya-Alongkron¹, Tanachai Pankasemsuk¹, Somchai Ongprasert² and Wolfram Spreer³

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการให้น้ำกับลำไยที่ปลูกแบบแบ่งราก วิธีการต่าง ๆ กับลำไย อายุ 4 ปี ที่ปลูกแบบแบ่งรากในกระถางซีเมนต์คู่ ขนาดกว้าง 80 เซนติเมตร และสูง 50 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบ สุ่มสมบูรณ์ (CRD) ที่มี 5 ซ้ำ และวิธีการให้น้ำ 3 วิธีการได้แก่ การให้น้ำเต็มที่ (FI) การให้น้ำแบบสลั้บข้างทีละครั้ง ต้น (PRD) และการให้น้ำแบบขาดแคลน (DI) พบว่า ปริมาณ TNC ของลำไยที่ให้น้ำเต็มที่ที่มีค่าสูงกว่าลำไยที่ให้น้ำ แบบอื่น ๆ ในสัปดาห์ที่ 2 หลังการให้น้ำ หลังจากนั้นไม่พบความแตกต่างทางสถิติตลอดการทดลอง ปริมาณ RS มีความแตกต่างกันทางสถิติในสัปดาห์ที่ 2 ของเดือนแรก และพบความแตกต่างอีกครั้งในเดือนที่ 2 ของการทดลอง ขณะที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับทุกวิธีการให้น้ำ การแตกยอดใหม่ต้นที่ได้รับน้ำ แบบเต็มที่ และแบบขาดแคลนมีการแตกยอดใหม่ 2 ครั้ง และ 1 ครั้ง ตามลำดับ ขณะที่ต้นที่ให้น้ำแบบสลั้บข้างทีละ ครั้งต้นไม่มีการแตกใบอ่อนแต่อย่างใด

ABSTRACT

This research was aimed to study different irrigation systems of longan trees cultivated. The applied to 4 year-old longan trees, split root grown in two containers by 80 X 50 cm under sand culture. An experiment was arranged in a completely randomized design (CRD) with 3 treatments of irrigation regimes and 3 replications. The treatments were as follows: Full irrigation (FI), Partial root-zone drying (PRD) and deficit Irrigation (DI) It was revealed that leaf TNC was significantly different 2 weeks after treatment had started. After that there was no significant difference. The RS was found to be significantly different two weeks and two months after start, respectively, while the chlorophyll had no significant difference. During the experiment two vegetative flushes were observed in FI, While PRD and DI flushed only once.

Key Words: irrigation, longan, reducing sugar, total nonstructural carbohydrate

e-mail address: cmuwinal54@hotmail.com

¹ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

¹ Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

² ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ 50290

² Department of Soil Resources and Environment, Faculty of Agriculture Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

³ Institute of Agricultural Engineering, Universidad Hohenheim, Stuttgart, Germany

คำนำ

การให้น้ำแบบสลัซข้างที่ละครั้งต้น (Partial root-zone drying; PRD) เป็นการให้น้ำแก่พืชที่สามารถประหยัดน้ำได้ประมาณครึ่งหนึ่ง โดยไม่มีหรือมีผลกระทบต่อผลผลิตเพียงเล็กน้อย (Kang *et al.*, 2002; Grant *et al.*, 2004) วิธีนี้สามารถประหยัดน้ำโดยการให้น้ำเพียงครึ่งหนึ่งของระบบราก และปล่อยให้ครึ่งหนึ่งของระบบรากค่อยๆแห้งเป็นระยะเวลาต่อเนื่องกัน 10-15 วัน เชื่อกันว่าส่วนของระบบรากที่ขาดน้ำจะปลดปล่อยฮอร์โมน abscisic acid (ABA) มากขึ้น เมื่อมี ABA ในเซลล์ปากใบมากขึ้น จะทำให้ความต้านทานภาวะเครียดของพืชทั้งต้นสูงขึ้นและปากใบปิดลงบางส่วน เป็นการลดการคายน้ำ (Hartung *et al.*, 2002) ผลดีอีกประการที่พบในผลไม้เขตอบอุ่นที่แตกใบใหม่พร้อมติดดอก คือทำให้การเติบโตของกิ่งและใบลดลง มีผลต่อเนื่องให้ photo-assimilates ถูกส่งไปยังผลมากขึ้น และความจำเป็นต้องแต่งกิ่งระหว่างติดผลลดลงอย่างมาก (Mingo and Davies, 2001) แต่การให้น้ำแบบนี้ต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวในช่วงการเติบโตของกิ่งและใบ (vegetative growth) ของลำไย มีผลให้การเจริญเติบโตทางกิ่งและใบลดลงอย่างชัดเจน ข้อบ่งชี้สั้นลง โดยที่ใบลำไยไม่แสดงอาการเหี่ยวเฉาให้สังเกตเห็นแต่อย่างใด (สมชาย และวินัย, 2552)

การให้น้ำแบบประหยัดอีกวิธีหนึ่งคือการให้น้ำแบบขาดแคลน (Deficit Irrigation, DI) ซึ่งเป็นการให้น้ำทั้งบริเวณเขตรากพืชด้วยปริมาณน้ำที่น้อยกว่าการให้น้ำเต็มที่ ซึ่งมีผลให้พืชเกิดความเครียดจากการขาดน้ำระดับหนึ่ง ที่อาจจะทำให้ผลผลิตลดลงบ้าง ใช้กับพืชที่มีลักษณะการตอบสนองกับความเครียดน้ำได้ดี แต่ต้องไม่อยู่ในระยะเจริญเติบโต (vegetative growth) (Feres and Soriano, 2007) แต่ข้อเสียของ DI คือ เป็นเรื่องยากสำหรับที่จะรักษาสถานะของน้ำภายในผลได้ในทางปฏิบัติ (Costa *et al.*, 2007) การให้น้ำแบบ PRD และแบบ DI หลังจากมะม่วง (พันธุ์โชคอนันต์) ติดผลแล้ว ทำให้จำนวนผลผลิตลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการให้น้ำแบบเต็มที่ (FI) แต่ได้ผลที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (Spreer *et al.*, 2007)

การศึกษานี้ดำเนินการเพื่อศึกษาถึงผลการเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ได้อยู่ในรูปโครงสร้าง (Total nonstructural carbohydrate, TNC) และน้ำตาลรีดิวซ์ในใบลำไย ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ และการแตกใบใหม่ของลำไย ที่ได้รับน้ำแบบ PRD และ DI เปรียบเทียบกับการให้เต็มที่ตามปกติ

อุปกรณ์และวิธีการ

ต้นลำไยที่ใช้ในการศึกษา 15 ต้นเป็นต้นลำไยอายุ 4 ปี (ทรงพุ่มประมาณ 1 เมตร ได้รับการตัดแต่งกิ่งทุกปี) ที่ปลูกในกระถางซีเมนต์คู่ ขนาดกว้าง 80 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร แบบแบ่งรากออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กันในถังซีเมนต์แต่ละถัง ภายในโรงเรือนพลาสติก ณ สาขาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ โดยมีทรายหยาบที่ล้างสะอาดแล้วเป็นวัสดุปลูก เลี้ยงต้นลำไยด้วยสารละลายธาตุอาหาร ถึงปลูกแต่ละถังเป็นแบบก้นปิดที่มีรูระบายน้ำถึงละ 1 รู ทำการทดลองระหว่างเดือน มกราคม - เมษายน พ.ศ. 2555 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design ; CRD) ที่มี 3 สิ่งทดลองของการให้น้ำ และทำ 5 ซ้ำ วิธีการให้น้ำทั้ง 3 วิธีการได้แก่ 1) ให้น้ำเต็มที่ (Full irrigation, FI) คือ ให้ถึงละ 5 ลิตร วันละครั้ง ให้ 2 ถึงต่อวัน ต้นลำไยจึงได้รับน้ำรวม 10 ลิตร/วัน 2) ให้น้ำแบบสลัซข้างที่ละครั้งต้น (Partial root-zone drying, PRD) คือ แต่ละวันให้น้ำ 5 ลิตรแก่ถังปลูกเพียงถังเดียว ต่อเนื่องกัน 14 วัน ก่อนสลัซไปให้น้ำแก่อีกถังหนึ่ง ต้นลำไยจึงได้รับน้ำ 5 ลิตร/วัน 3) ให้น้ำแบบขาดแคลน (Deficit irrigation, DI) คือ ให้ถึงละ 2.5 ลิตร วันละครั้ง ให้ 2 ถึงต่อวัน ต้นลำไยได้รับน้ำรวม 5 ลิตร/วัน

สุ่มเก็บใบที่ 2-3 จากยอด เป็นจำนวน 3 ใบต่อดัน เพื่อวิเคราะห์ TNC และน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar; RS) โดยวิธี Hodge and Hofreiter (1962) และ Smith *et al* (1964) และวัดคลอโรฟิลล์ ค่าความสีเขียวของใบ โดยใช้เครื่อง Chlorophyll meter รุ่น SPAD-502 (Konica Minolta, 2009) ทุก 7 วัน เป็นระยะเวลา 4 เดือน

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ได้อยู่ในรูปโครงสร้าง (total nonstructural carbohydrate; TNC) และน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar; RS)

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ได้อยู่ในรูปโครงสร้าง (TNC) และน้ำตาลรีดิวซ์ (RS) แสดงใน Figure 1 และ Figure 2 หลังการให้น้ำแบบเต็ม (FI) แบบสลบข้างทีละครึ่งต้น (PRD) และแบบขาดแคลน (DI) พบว่าในช่วงสัปดาห์ที่ 2 หลังการให้น้ำด้วยวิธีแตกต่างกันมีปริมาณ TNC ที่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ หลังจากนั้นปริมาณ TNC ในใบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าปริมาณ TNC ในใบของต้นที่ได้รับน้ำแบบ FI มีแนวโน้มของ TNC สูงกว่าต้นที่ได้รับน้ำแบบ PRD และแบบ DI เล็กน้อย และในช่วงเดือนที่ 3 ปริมาณ TNC ในใบกลับผันแปรกันโดยต้นลำไยที่ได้รับน้ำแบบ FI กลับลดลง และต้นลำไยที่ได้รับน้ำแบบ PRD และแบบ DI มีแนวโน้มปริมาณ TNC มากกว่า แนวโน้มดังกล่าวอาจเป็นเพราะต้นลำไยที่ได้รับน้ำแบบ FI ที่มีการเจริญเติบโตปกติ มีการแตกใบอ่อนถึง 2 ครั้ง (Table 1) ในระหว่างการทดลองทำให้มีการนำคาร์โบไฮเดรตไปใช้ในการเจริญเติบโต และต้นลำไยที่ได้รับน้ำแบบ PRD และ DI มีปริมาณ TNC สูงกว่าเนื่องจากการเจริญเติบโตทางกิ่งใบน้อยลงทำให้มีการสะสมคาร์โบไฮเดรตไว้ที่ใบมากกว่าต้นปกติ และต้นที่ได้รับน้ำแบบ PRD และ DI รากถูกทำลายไปบางส่วนเนื่องจากขาดน้ำหรือน้ำไม่เพียงพอ ทำให้การเจริญเติบโตของรากลดลง จึงมีการสะสม TNC เพิ่มขึ้นได้ (Figure 1) และมี RS ลดลง (Figure 3) ทำนองเดียวกับรากลำไยที่ถูกทำลายจากสารโพแทสเซียมคลอเรตทำให้มีการสะสม TNC ที่ใบเพิ่มขึ้นเช่นกัน (ดาร์ณี และตระกูล, 2545) และในช่วงเดือนเมษายนจะเห็นว่าต้นที่ได้รับน้ำแบบ PRD และ DI มีปริมาณ TNC สูงกว่าต้นที่ได้รับน้ำแบบ FI อาจเกิดจากลำไยไม่มีการแตกใบอ่อนหรือส่วนยอดหยุดการเจริญเติบโตทำให้มีการสะสม TNC เพิ่มขึ้น ขณะที่ต้นที่ได้รับน้ำแบบ FI ที่มีการแตกใบอ่อนส่งผลให้มีการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการเจริญเติบโตของยอดใหม่มากขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคาร์โบไฮเดรตให้อยู่ในรูป RS โดยเฉพาะกลูโคส และฟรุคโตส พร้อมเคลื่อนย้ายต่อไป จึงมีผลต่อการสะสม RS มากขึ้น (Figure 3) ซึ่ง ดาร์ณี และตระกูล (2545) กล่าวว่าใบเป็นแหล่งสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตแล้วส่งไปยังส่วนยอดและรากของพืชไม่ได้เก็บสะสมไว้ในใบมากนัก Phadung *et al.* (2011) พบว่าในส้มโอ TNC ในใบสูงขึ้นเมื่อมีความเครียดเพิ่มขึ้น และลดลงเมื่อมีการให้น้ำใหม่ การลดลงของ TNC เกิดจากมีการแตกยอดใหม่สอดคล้องกับรายงานของ Sivaci (2006) ว่าปริมาณของคาร์โบไฮเดรตลดลงระหว่างมีการแตกยอดใหม่

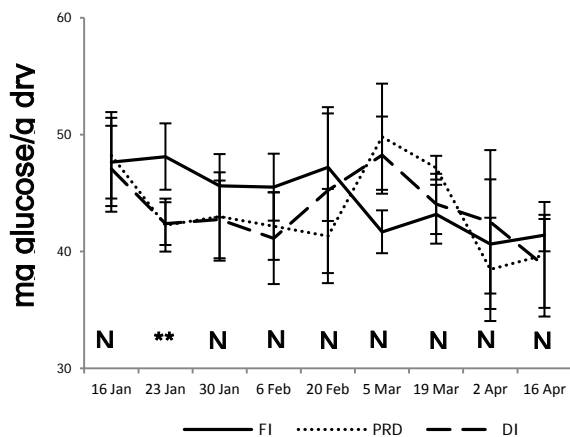


Figure 1 Total Nonstructural Carbohydrate (TNC) of the different irrigation treatments

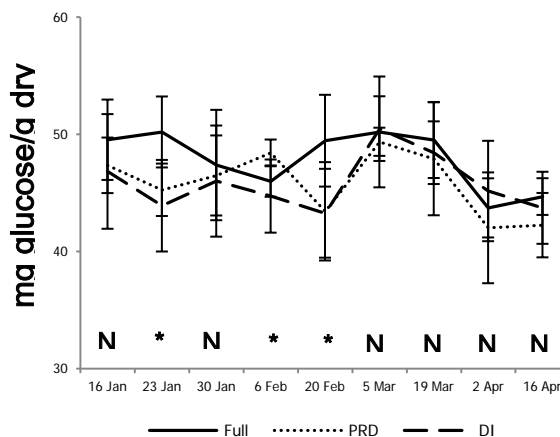


Figure 2 Reducing sugar (RS) of the different irrigation treatments

Data points marked with “*” and “***” differ significantly from control at $\alpha = 0.10$ and $\alpha = 0.05$, respectively. Non-significant differences are marked with “NS”.

2. ปริมาณคลอโรฟิลล์

ปริมาณคลอโรฟิลล์ หรือค่าความเขียวของสีใบลำไยที่ได้รับน้ำแบบเต็มที (FI) แบบสลับข้างทีละครึ่งต้น (PRD) และแบบขาดแคลน (DI) แสดงใน Figure 3 พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการให้น้ำแบบต่างๆ ไม่ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เปลี่ยนแปลงไปมากนัก สอดคล้องกับการสังเคราะห์แสงของลำไยที่ได้รับน้ำแตกต่างกันที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Wiriya-Alongkorn *et al.*, *in press*) ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าการเพิ่มขึ้นของคลอโรฟิลล์ในใบขึ้นอยู่กับธาตุอาหารในพืช โดยเฉพาะไนโตรเจน ไม่ได้อยู่ที่การได้รับน้ำไม่เพียงพอ ในการทดลองนี้มีการให้ธาตุอาหารทางระบบน้ำที่มีธาตุอาหารอยู่ในปริมาณที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช อย่างไรก็ตามถ้าต้นลำไยได้รับไนโตรเจนไม่เพียงพอจะมีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบลดลง Dietz and Harris (1997) รายงานว่าถ้าพืชได้รับไนโตรเจนที่น้อยเกินไปหรือขาดไนโตรเจนมีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ การสังเคราะห์โปรตีน การถ่ายทอดอิเล็กตรอน และการสังเคราะห์แสงของพืชลดลง (Marschner, 1995)

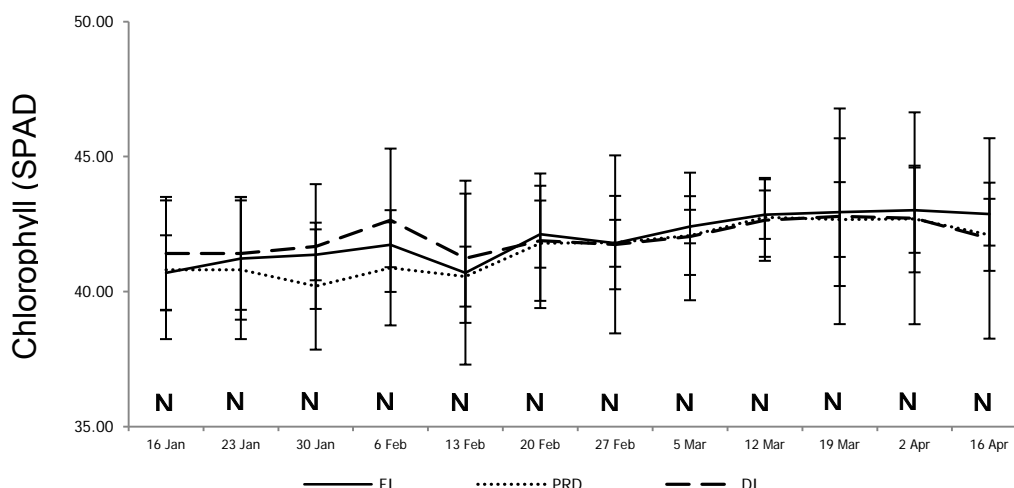


Figure 3 The chlorophyll (SPAD Value) after the different irrigation treatments

Non-significant differences are marked with "NS"

3. การแตกยอด

การเจริญเติบโตของยอดใหม่ แสดงใน Table 1 หลังการให้น้ำแตกต่างกัน ตั้งแต่เดือน มกราคม ถึงเดือน เมษายน พศ. 2555 พบว่าต้นที่ได้รับน้ำแบบเต็มที (FI) แตกยอด 2 รุ่นในระหว่างทำการทดลอง โดยแตกยอดใหม่ ครั้งแรกเมื่อ 15 วัน และครั้งที่สองเมื่อ 63 วัน ส่วนการให้น้ำแบบทีละครั้งต้น (PRD) ไม่พบการแตกยอดใหม่ระหว่างทำการทดลอง และการให้น้ำแบบขาดแคลน (DI) มีการแตกยอดใหม่เพียงครั้งเดียวคือ เริ่มแตกยอดเมื่อ 28 วันหลังการให้น้ำ ซึ่งการแตกยอดใหม่ของต้นที่มีการแตกยอดจะมีการแตกยอดใหม่พร้อมๆ กันทั้งต้น

Table 1 The days of flushing after irrigation treatment

	The first flush (day after treatment)	The second flush (day after treatment)
Full irrigation	15	63
PRD	-	-
DI	28	-

ต้นที่ให้น้ำทีละครั้งรากไม่พบการแตกใบชุดใหม่ตลอดการทดลอง และต้นเริ่มทรุดโทรมอย่างเด่นชัด ดังนั้น น่าจะสรุปได้ว่า การให้น้ำแบบทีละครั้งต้นไม่เป็นผลดีกับการเจริญเติบโตของลำไยในระยะยาวแต่จะเป็นผลดีกับระยะสั้นๆ ที่ทำให้ชลอการแตกใบอ่อน ทำให้ต้นเตี้ยลง หรือการตัดแต่งกิ่งลดลง ซึ่งผลการวิจัยนี้จึงสอดคล้องกับรายงานของ Mingo and Davies (2001) ที่สรุปผลการศึกษารองการให้น้ำแบบ PRD กับไม้ผลในเขตอบอุ่น ซึ่งมีการพักตัวในฤดูหนาว และแตกยอดพร้อมกับออกดอกในฤดูใบไม้ผลิ ว่า นอกจากประหยัดน้ำโดยมีผลเสียต่อผลผลิตเพียงเล็กน้อยแล้ว ยังมีข้อดีอีกประการ คือทำให้การเติบโตของกิ่งและใบลดลง ซึ่งมีผลทำให้ photo-assimilates ถูกส่งไปยังผลมากขึ้น และความต้องการตัดแต่งกิ่งลดลงอย่างมาก

สรุป

การให้น้ำแบบเต็มที่ แบบสลัซข้างที่ละครั้งต้น และแบบขาดแคลน กับลำไยที่ปลูกแบบแบ่งรากในกระถางซีเมนต์ พบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ได้อยู่ในรูปโครงสร้าง (TNC) และน้ำตาลรีดิคซ์ (RS) การเปลี่ยนแปลงโดยส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ได้อยู่ในรูปโครงสร้าง และน้ำตาลรีดิคซ์ มีทิศทางเป็นไปตามการเจริญเติบโตของต้นลำไย ขณะที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดการทดลอง การแตกยอดใหม่ต้นที่ได้รับน้ำแบบเต็มที่มีการแตกยอดใหม่ 2 ครั้งในระหว่างการทดลอง และ 1 ครั้งสำหรับต้นที่ให้น้ำแบบขาดแคลน ขณะที่ต้นที่ให้น้ำแบบสลัซข้างที่ละครั้งต้นไม่มีการแตกใบอ่อนแต่อย่างใด แสดงให้เห็นว่าการให้น้ำแบบขาดแคลนวิธีการต่าง ๆ เป็นระยะเวลาสั้น ๆ ไม่เป็นผลดีต่อการเจริญเติบโตของต้นลำไย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประเทศไทย และ มูลนิธิทางวิทยาศาสตร์สหพันธ์เยอรมนี (Deutsche Forschungsgemeinschaft ; DFG) "Sustainable rural development in mountainous regions of Southeast Asia" (SFB 564). "The Uplands Program"

เอกสารอ้างอิง

- दारणी गैयरीसकुल และ त्ररकुल तनसुवरुन. 2545. ผลของไปดเตสเซียมคลอเรตต่ออัตราการสังเคราะห์แสง ปริมาณคาร์โบไฮเดรต และไนโตรเจน ในลำไย. **วารสารเกษตร** 18(3): 180-189.
- รวี เสธฐฐภักดี. 2540. สรีรวิทยาการออกดอกของลำไยและลิ้นจี่, น. 19-41. ใน **เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรเทคโนโลยียุคใหม่ในการผลิตลิ้นจี่และลำไย**. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรมและศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อนและกึ่งร้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สมชาย องศ์ประเสริฐ, ขนินษฐา เสถียรพีระกุล, วินัย วิริยะอลงกรณ์, เกียรติศักดิ์ ศรีเงินยวง, จีราภรณ์ อินทสาร, จักรพงษ์ ไชยวงศ์, Wolfram Spreer และ ภูเบศร์ เมืองมูล. 2555. **การแก้ปัญหาการขาดน้ำสำหรับการเกษตรฤดูแล้งและการจัดการธาตุอาหารพืชในพื้นที่สูงและดอน**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. โครงการความร่วมมือกับต่างประเทศ ไทย-เยอรมัน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 181 น.
- Costa, J.M., M.F.Ortuno, M.M.Chaves. 2007. Deficit Irrigation as a Strategy to Save Water: Physiology and Potential Application to Horticulture. **Journal of Integrative Plant Biology** 49(10): 1421-1434.
- Dietz, K.J. and G.C. Harris. 1997. Photosynthesis under nutrient deficiency, pp 951-975. In M. Passarakli (ed.). **Handbook of Photosynthesis**. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Fereres, E., M.A. Soriano. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. **J. Exp. Bot. (Drought Stress Special Issue)** 58 (2): 147-159.
- Grant O.M., M. Stoll and H.G. Jones. 2004. Partial rootzone drying does not affect fruit yield of raspberries. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology** 79(1): 125-130.
- Hartung, W., A. Sauter and E. Hose. 2002. Abscisic acid in the xylem: where does it come from, where does it go to. **J. Exp. Bot.** 53(366): 27-32.

- Hodge, J. E. and B.T. Hofreiter. 1962. Determination of reducing sugar and carbohydrate, pp. 380-394. *In* R. L. Whistler and M.L. Wolfrom (eds.). **Method in carbohydrate chemistry**. Vol 1. Academic press. New York.
- Kang S., X. Hu, I. Goodwin and P. Jerie. 2002. Soil water distribution, water use and yield response to partial root zone drying under a shallow groundwater table condition in a pear orchard. **Scientia Horticulturae** 92: 277-291.
- Konica Minolta, 2009. **Introducing the chlorophyll meter SPAD-502Plus, an instrument for non-destructively checking the growth conditions of plants**. Konica Minolta Co. Ltd., Osaka, Japan.
- Marschner, H. 1995. **Mineral Nutrition of Higher Plant**. 2nd edition. Academic Press. New York, USA.
- Mingo, D. and W.J. Davies. 2001. **New irrigation methods to increase water and nutrient use efficiency**. Proceedings of the International Fertilizer Society. York, United kingdom. No.468 [Online] Available Source: <http://www.fertiliser-society.org/proceedings/uk/Prc468.HTM>, March 20, 2012.
- Phadung, T., K. Krisanapook and L. Phavaphutanon. 2011. Paclobutrazol, Water Stress and Nitrogen Induced Flowering in 'Khao Nam Phueng' Pummelo. **Kasetsart J. (Nat. Sci.)** 45: 189 – 200.
- Sivaci, A. 2006. Seasonal changes of total carbohydrate contents in three varieties of apple (*Malus sylvestris* Miller) stem cutting. **Scientia Hort.** 109: 234–237.
- Smith, D., G.M. Paulsen and C.A. Ragues. 1964. Extraction of total nonstructural available carbohydrate from grass and legume tissue. **Plant physiol.** 39: 960-962.
- Spreer, W., M. Hegele, S. Neidhart, R. Carle, S. Ongprasert and J. Müller, 2007. Effect of regulated deficit irrigation and partial rootzone drying on the quality of mango fruit (*Mangifera indica*, L., cv. Chok Anan). **Agricultural Water Management** 88(1-3): 173-180.