

ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

 phtnet.org/article/view-article.asp

การใช้สารในกลุ่มไซโตโคตินในการปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุไม้ดอกไม้ประดับ หมวดหมู่

: บทความ เมื่อวันที่ : 7 กรกฎาคม 2558 ผู้ชม : 4078 ครั้ง

โดย ... [ดร.มณฑนา บัวหนอง](#)

สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

ไซโตโคติน เป็นสารประกอบ substituted adenine ที่มีสมบัติในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์ และพบในพืชชั้นสูง มอส รา แบคทีเรีย และใน tRNA ของจุลินทรีย์และเซลล์สัตว์จำนวนมาก ปัจจุบัน พบว่า มีไซโตโคตินมากกว่า 200 ชนิด ทั้งที่เป็นสารธรรมชาติและสารสังเคราะห์ ในดอกไม้ ไซโตโคตินถูกพบปริมาณมากในระยะดอกตูมและดอกแย้ม แล้วจึงลดลงเมื่อดอกมีอายุมากขึ้นหรือเริ่มเข้าสู่ระยะเสื่อมสภาพ (van Staden *et al.*, 1990) หลังจากที่ดอกไม้หรือใบไม้ที่ถูกตัดออกมาจากต้นแล้วจะเกิดการขาดไซโตโคตินเนื่องจากการสังเคราะห์ไซโตโคตินนั้นเกิดขึ้นที่บริเวณรากก่อน ดังนั้นความไม่สมดุลของฮอร์โมนนี้อาจมีผลไปกระตุ้นให้พืชเสื่อมสภาพโดยแสดงอาการใบเหลือง (Van Staden and Mooney, 1988) การได้รับไซโตโคตินจากภายนอกจึงยับยั้งการเสื่อมสภาพของดอกและใบได้ โดยไปยับยั้งกระบวนการเสื่อมสภาพของดอกไม้ ทั้งกระบวนการสังเคราะห์เอทิลีนและการทำงานของเอทิลีน (Rubinstein, 2000) สาร 6-เบนซิลแอมิโนพิวรีน (6-benzylaminopurine, BA) เป็นสารชนิดแรกในกลุ่มไซโตโคตินที่มีการสังเคราะห์ขึ้นมา มีผลชะลอการหายใจ การเสื่อมสภาพและการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ (Thimann, 1980) ในปัจจุบัน พบว่าสารที่มีสมบัติคล้ายคลึงกับไซโตโคตินมากและสามารถใช้ทดแทน BA ได้คือซีทิน (zeatin) ไซโตโคตินชนิดอื่นๆ ซึ่งใช้ในงานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Mok *et al.*, 2000) คือสารไทไดแอซูรอน (thidiazuron, TDZ) มีชื่อ ทางเคมีว่า N-phenyl-N-1,2,3-thiadiazol-5-ylurea เป็นอนุพันธ์ของฟีนูเรีย (phenyl urea) มีหมู่ phenyl urea มาแทนที่หมู่ adenine ในไซโตโคติน และเป็น non-purine cytokinin ที่มีประสิทธิภาพสูงมาก เช่นเดียวกับไซโตโคตินในกลุ่มพิวรีน (purine) สาร TDZ ยังสามารถใช้ได้ตั้งแต่ความเข้มข้น 1-100 μM ในงานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ หรือใช้เป็นสารที่ทำให้ใบร่วง (Huetteman and Preece, 1993) ระหว่างการเสื่อมสภาพของไม้ใบโดยเอนไซม์คลอโรฟิลเลส (chlorophyllase) เป็นเอนไซม์ชนิดแรกที่เร่งวิธีการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ (Scheumann *et al.*, 1996) ดังนั้น สารคลอโรฟิลเลสและแคโรทีนอยด์มีความสำคัญกับพืชโดยคลอโรฟิลล์มีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์น้ำตาลซึ่งเป็นแหล่งพลังงานในการดำรงชีวิต และยังเป็นปัจจัยสำคัญที่บ่งบอกถึงคุณภาพของไม้ดอกและไม้ประดับ (Ferrante *et al.*, 2003) TDZ มีบทบาทในการป้องกันการเหลืองของใบและช่วยชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในดอกอัลสโตรัมเลีย ทิวลิป และเบญจมาศ (Ferrante *et*

al., 2003) TDZ ความเข้มข้น 5–45 μM ช่วยลดการหลุดร่วงของดอกฟลอกซ์ (*Phlox peniculata*) ที่ถูกชักนำโดยเอทิลีน และการเสื่อมสภาพของดอกฟลอกซ์ และดอกลิวฟินใต้ (Sankhla et al., 2005) TDZ ยังเพิ่มอัตราการดูดน้ำซึ่งสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงน้ำน้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้นในดอกเบญจมาศ (Buanong, unpublished data) ดอกคาร์เนชั่นพันธุ์ 'Lunetta' (Chamani and Feizi, 2007) และกุหลาบตัดดอก พันธุ์ 'First Red' (Chamani et al., 2006)



การเติม BA ลงในน้ำยาปักแจกันอาจเพิ่มแอดีนีน (adenine) เข้าไปเพื่อให้โมเลกุลของ soluble RNA คงสภาพเดิม สามารถชะลอการเสื่อมสภาพของดอกไม้ เช่น ดอกเบญจมาศ และคาร์เนชั่น BA ที่ความเข้มข้น 25 mg/l สามารถยืดอายุการปักแจกันของดอกชอนกลิ้น (*Polianthe tuberosa* L.) ได้นาน 15.8 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับดอกชอนกลิ้นที่ปักในน้ำากล้น (ชุดควบคุม) ซึ่งมีอายุการปักแจกัน 13.2 วัน การใช้ไซโตไคนินในไม้ปักระดับยังให้ผลในทางบวก เช่น การปักแช่เฟอรินนาคราชในสารละลาย TDZ ความเข้มข้น 10 μM สามารถชะลอการลดลงของน้ำหนักสดและอัตราการดูดน้ำได้ (Tatmala et al., 2012) เช่นเดียวกับการพอลิซิง หรือการเพิ่มอาหารให้แก่ดอกไม้ด้วยสารละลาย TDZ ความเข้มข้น 10 μM และ BA ความเข้มข้น 100 mg/l เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาปักในน้ำากล้น สามารถชะลอการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดและชะลอการเปลี่ยนเป็นสีเหลืองของใบเฟอรินได้ดีกว่าใบเฟอรินที่พอลิซิงด้วยน้ำากล้น (ชุดควบคุม) จึงทำให้มีอายุการใช้งานนานเท่ากับ 11.5 และ 11.1 วัน ตามลำดับ ในขณะที่ใบเฟอรินที่พอลิซิงด้วยน้ำากล้น (ชุดควบคุม) มีอายุการใช้งานเพียง 9.2 วัน (Ngamkham et al., 2011) ถึงแม้สารทั้ง 2 ชนิดนี้มีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาจากความเข้มข้นที่ใช้ในการทดลองพบว่าสารละลาย BA ที่ความเข้มข้น 10 ppm จะเท่ากับ 444 μM (Bryan and Soiler, 1991) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ BA ในปริมาณที่มากกว่า TDZ ถึง 44 เท่า เช่นเดียวกับรายงานของ Genkov and lordanka (1995) ที่พบว่า การใช้ TDZ ในงานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีประสิทธิภาพดีกว่าและออกฤทธิ์ได้นานกว่าสารไซโตไคนินสังเคราะห์จำพวก BAP (6-benzylaminopurine) ถึง 100 เท่าโดยเฉพาะการเจริญเติบโตของคาร์เนชั่นที่ถูกย้ายมาจากดิน

ไซโตโคตินยังช่วยยืดอายุการใช้งานของดอกไม้ที่ไม่มีความไวต่อเอทิลีน (insensitive to ethylene) เช่น ดอกไฮดรันทีสซึ่งลักษณะการเสื่อมสภาพไม่ได้ถูกควบคุมโดยเอทิลีน (Mutui *et al.*, 2003) ผลการศึกษาของ Macnish *et al.* (2010) พบว่า ดอกไฮดรันทีสที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (cold storage) เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ส่งผลให้มีอายุการใช้งานสั้นลง ดังนั้นการใช้ TDZ สามารถรักษาคุณภาพของดอกไม้ได้ แต่จำเป็นต้องใช้ที่ความเข้มข้นสูงถึง 200–500 μM ในการกระตุ้นให้ดอกบานและยืดอายุการใช้งานหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

การพัลซิงดอกช่อนกลั่นด้วยสารละลาย TDZ ความเข้มข้น 50 μM สามารถกระตุ้นการบานของดอกชะลอการหายใจ และยืดอายุการปักแจกันของดอกได้ (Uthairatanakij *et al.*, 2007) สำหรับไม้ตัดดอกเมืองร้อน เช่น ดอกหน้าวัวซึ่งเป็นดอกไม้ที่ไม่มีความไวต่อเอทิลีน เช่นเดียวกัน (Reid, 2004) กลับพบว่าสารละลาย TDZ ความเข้มข้น 5–10 μM สามารถลดการผลิตเอทิลีนของดอกหน้าวัวพันธุ์ 'Midori' (Phusap *et al.*, 2011) และดอกชิงแดง (leamtin, 2007) นอกจากนั้น TDZ ยังช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของอัตราการรั่วไหลของประจุในจานรองดอก (spathe) ได้อย่างมีนัยสำคัญยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับดอกหน้าวัวพันธุ์ 'Midori' ที่พัลซิงด้วยน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) การรั่วของของประจุ (electrolyte leakage, EL) ในกลีบดอกเป็นดัชนีวัดการเสื่อมสภาพของเซลล์เมมเบรน เกิดการรั่วไหลของส่วนประกอบต่างๆ ภายในเซลล์ เช่น สารสีและอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) ในระหว่างการเสื่อมสภาพของดอกไม้ ทำให้ดอกสูญเสียความเต่งของเซลล์และเกิดการเหี่ยว (Celikel and van Doorn, 1995) Lukatkin *et al.* (2003) ได้รายงานว่าการใช้สารละลาย TDZ ที่ระดับความเข้มข้น 10 nM ป้องกันการรั่วไหลของประจุในใบอ่อนของต้นกล้าแตงกวาที่เกิดจากความเครียดได้ แสดงให้เห็นว่า TDZ มีผลเพิ่มความต้านทานของพืชต่อความเครียดต่างๆ นอกจากนั้น การพัลซิงดอกหน้าวัวพันธุ์ 'Midori' ด้วยสารละลาย TDZ ความเข้มข้น 10 μM ช่วยยืดอายุการปักแจกันได้นาน 36.6 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับดอกหน้าวัวที่พัลซิงด้วยน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) มีอายุการปักแจกันเพียง 33.4 วัน อย่างไรก็ตาม การปักแจกันดอกหน้าวัวพันธุ์ 'Marshall' ในสารละลาย TDZ ความเข้มข้น 10 μM สามารถยืดอายุการปักแจกันได้เป็นเวลา 21.5 วัน แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ TDZ ให้สูงขึ้นเป็น 15–45 μM กลับทำให้ดอกหน้าวัวมีอายุการปักแจกันสั้นลง ในขณะที่สารละลาย BA ความเข้มข้น 100 ppm ทำให้ดอกหน้าวัวมีอายุการปักแจกัน 16.4 วัน และมีอายุการปักแจกันสั้นกว่าชุดควบคุม 2 วัน (Thawiang *et al.*, 2007) การใช้สารละลาย TDZ ความเข้มข้น 5–10 μM ยังช่วยยืดอายุการปักแจกันของดอกเฮลิโกเนียพันธุ์ 'Big Bud' ได้ถึง 9.6 และ 8.5 วัน ตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นสูงขึ้นไปถึง 45 μM อายุการปักแจกันของดอกกลับสั้นลง แต่ยังให้ผลดีกว่าดอกเฮลิโกเนียที่ปักแช่ในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) และความเข้มข้นของ TDZ ที่ให้แก่ดอกไม้ยังไม่เป็นพิษต่อดอกไม้อีกด้วย (Piromruen *et al.*, 2007) แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของ TDZ นั้นขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์ของพืช ความเข้มข้นของสาร ระยะเวลาที่พืชได้รับ

สาร และวิธีการที่ได้รับสารนั้น อย่างไรก็ตาม ได้มีการศึกษาประสิทธิภาพของสารกลุ่มนี้อย่างต่อเนื่อง ในการชะลอการเสื่อมสภาพ ของพืช

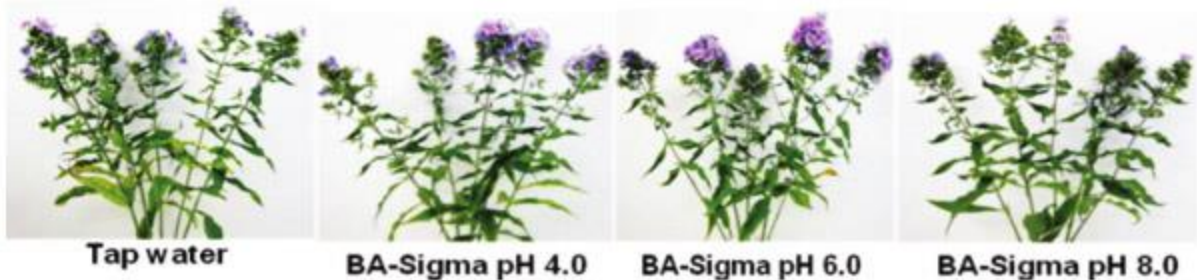


รูปที่ 1 การเหลืองของใบฟลอกซ์ (*Phlox paniculata* L.) ที่พัลซิ่งด้วยน้ำประปา (A) TDZ ความเข้มข้น 10 μM + phosphate citrate buffer pH 4.0 (B) pH 6.0 (C) and pH 7.0 (D) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ณ ห้องควบคุมอุณหภูมิ (20°C, ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80% ให้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นเวลา 12 ชั่วโมงต่อวัน) แล้วจึงเก็บรักษาในสภาพมืดที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน เพื่อเลียนแบบสภาวะการขนส่งทางเรือ หลังจากนั้น ย้ายมาปักชำใน TOG-6 ณ ห้องควบคุมอุณหภูมิอีกครั้งตลอด

Day 2

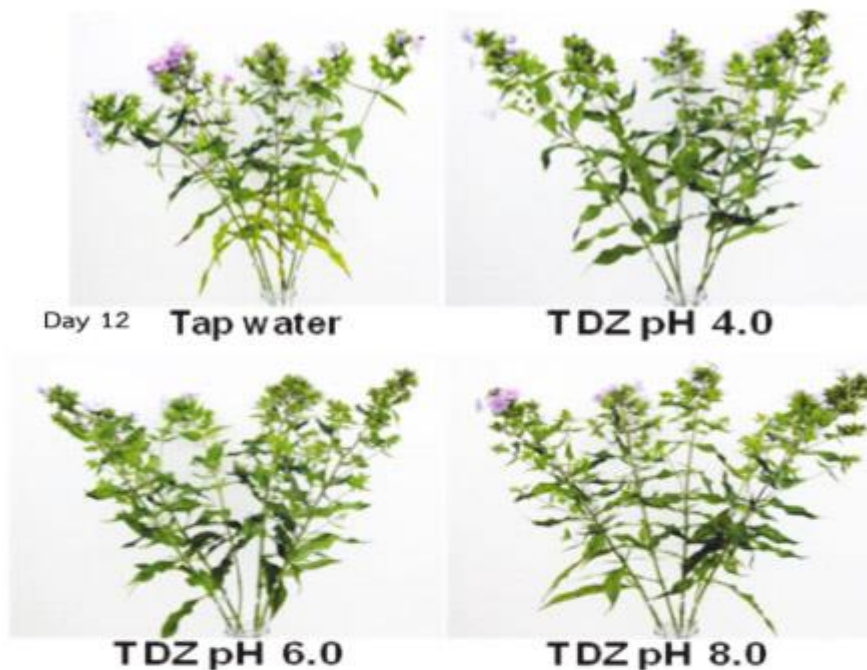


Day 12



รูปที่ 2 คุณภาพของดอกฟลอกซ์ (*Phlox paniculata* L.) ในวันที่ 2 และ 12 ที่พัลซิ่งด้วยน้ำประปา และสารละลาย BA ความเข้มข้น 100 ppm + phosphate citrate buffer pH 4.0 6.0 และ 7.0 นาน 24 ชั่วโมง ณ ห้องควบคุมอุณหภูมิ แล้วจึงเก็บรักษาในสภาพมืดที่อุณหภูมิ 2°C นาน 8 วัน เพื่อจำลองแบบสภาวะการขนส่งทางเรือ หลังจากนั้น ย้ายมาปักชำใน TOG-6 ณ ห้องควบคุมอุณหภูมิอีกครั้งตลอดระยะเวลาการปักชำ

นอกจากนั้นการใช้วิธีการต่าง ๆ ร่วมกับไซโตไคนิน เช่น การพัลซึ่งดอกฟลอกซ์ด้วยสารละลาย BA ความเข้มข้น 100 mg/l หรือ TDZ ความเข้มข้น 10 μ M ร่วมกับซิเตรต-ฟอสเฟต บัฟเฟอร์ (citrate phosphate buffer) ที่ระดับค่าพีเอช 4.0, 6.0 และ 7.0 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วเก็บรักษาในสภาพมืดที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน เพื่อจำลองแบบสภาวะการขนส่งทางเรือ แล้วจึงนำมาปักใน TOG-6 (Milchan Bros, Ltd., Israel) ซึ่งเป็นน้ำยาปักแจกันที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ 50 ppm พบว่า BA และ TDZ มีประสิทธิภาพในการชะลออาการใบเหลืองของดอกฟลอกซ์ได้ (รูปที่ 1, 2) แต่ TDZ ให้ผลดีกว่า BA โดยการปรับค่าพีเอชที่ระดับต่างๆ ในน้ำยาปักแจกันนั้นให้ผลไม่แตกต่างกัน (รูปที่ 3) (Buanong, unpublished data)



รูปที่ 3 คุณภาพของดอกฟลอกซ์ (*Phlox paniculata* L.) ในวันที่ 12 ที่พัลซึ่งด้วยน้ำประปา และ TDZ ความเข้มข้น 10 μ M + phosphate citrate buffer pH 4.0, 6.0 และ 7.0 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ณ ห้องควบคุมอุณหภูมิ แล้วจึงเก็บรักษาในสภาพมืดที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน เพื่อเลียนแบบสภาวะการขนส่งทางเรือ หลังจากนั้นย้ายมาปักแจกันใน TOG-6 ณ ห้องควบคุมอุณหภูมิอีกครั้งตลอดระยะเวลา

ผลการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า TDZ กระตุ้นให้เกิดการตอบสนองเหมือนไซโตไคนิน โดยจับกับตัวรับไซโตไคนิน (cytokinin receptor) โดย histidine kinase (AHK4) เป็นตัวรับไซโตไคนินตัวแรกที่จะจับกับ ไซโตไคนินและสารสังเคราะห์ในกลุ่มไซโตไคนิน (Inoue *et al.*, 2001) อย่างไรก็ตาม กลไกของ TDZ ยังไม่เป็นที่เข้าใจมากนักซึ่งอาจทำให้เกิดการตอบสนองต่อไซโตไคนินโดยทำปฏิกิริยาโดยตรงกับตัวรับ ไซโตไค

นินโนโบพิซ (Christianson and Hornbuckle, 1999) หรือทำปฏิกิริยาทางอ้อมโดยกระตุ้นการเปลี่ยนนิวคลีโอไทด์ (nucleotide) ของไซโตโคตินให้เป็น active ribonucleoside ที่มีผลทางชีววิทยา (Capalle *et al.*, 1983) หรือโดยการชักนำให้เกิดการสะสมของ endogenous adenine-based cytokinins (Thomas and Katterman, 1986) อาจเนื่องมาจากการยับยั้งเอนไซม์ไซโตโคตินออกซิเดส (cytokinin oxidase) (Hare and van Staden, 1994) Ferrante *et al.* (2002) จึงสรุปว่าประสิทธิภาพของ TDZ อาจจะเป็นผลมาจากการทำงานร่วมกันของกลไกทั้งหมด

เอกสารอ้างอิง

- Bryan, J.A. and J.R. Seiler. 1991. Accelerating Fraser Fir seedling growth with benzylaminopurine spray. Hort Sci. 26(4): 389–390.
- Capelle, S.C., D.W.S. Mok, S.C. Kirchner and M.C. Mok. 1983. Effects of thidiazuron on cytokinin autonomy and the metabolism of N⁶-(Δ²-isopentenyl)[8–14C] adenosine in callus tissue of Phaseolus tunatus L. Plant Physiol. 73: 796–802.
- Celikel, F.G. and W.G. Van Doorn. 1995. Solute leakage, lipid peroxidation and protein degradation during the senescence of Iris tepals. Physiologia Plantarum 94:515–521.
- Chamani, E. and S.A. Feizi. 2007. Thidiazuron effects on Dianthus caryophyllus ‘Lunetta’. Acta Hort. 755: 305–310.
- Chamani, E., D.E. Irving, D.C. Joyce and M. Arshad. 2006. Studies with thidiazuron on the vase life of cut flowers. J. Appl.Hort. 8: 42–44.
- Christianson, M.L. and J.S. Hornbuckle. 1999. Phenylurea cytokinins assayed for induction of shoot buds in the moss Funaria hygrometrica. Amer. J. Bot. 86:1645–1648. Ferrante, A., F. Tognoni, A. Mensuali-Sodi and G. Serra. 2003. Treatment with thidiazuron for preventing leaf yellowing in cut tulips and chrysanthemum. Acta Hort. 624: 357–363.
- Hare, P.D. and J. van Staden. 1994. Inhibitory effect of thidiazuron on the activity of cytokinin oxidase isolated from soybean callus. Plant Cell Physiol. 35:1121–1125.
- Huetteman, C.A., J.E. Preece. 1993. Thidiazuron—a potent cytokinin for woody plant tissue culture. Plant Cell Tiss.Org. Cult. 33: 105–119.
- Inoue, T., M. Higuchi, Y. Hashimoto, M. Seki, T. Kato, S. Tabata, K. Shinozaki and T. Kakimoto. 2001. Identification of CRE1 as a cytokinin receptor from Arabidopsis. Nature 409: 1060–1063.

- Lukatkin, A.S., D.I. Bashmakov and N.V. Kipaikina. 2003. Protective role of thidiazuron treatment on cucumber seedlings exposed to heavy metals and chilling. *Russian J. Plant Physiol.* 50(3): 305–307.
- Macnish, A., C.Z. Jiang and M.S. Reid. 2010. Treatment with thidiazuron improves opening and vase life of iris flowers. *Postharvest Biol. Technol.* 56:77–84.
- Mok, M.C., R.C. Martin and D.W.S. Mok. 2000. Cytokinins: Biosynthesis, metabolism and perception. *In Vitro Cell.Dev. Biol. Plants* 36: 102–107.
- Mutui, M., V.N. Emongor and M.J. Hutchinson. 2003. Effect of benzyladenine on the vase life and keeping quality of Alstroemeria cut flowers. *J. Agric. Sci. Technol.* 5: 91–105.
- Ngamkham, P., C. Techavuthiporn, V. Srilaong, C. Wongs-Aree and M. Buanong. 2011. Effect of cytokinins on delaying leaf senescence of Rabbit's foot fern (*Davillia* sp.) after harvest. *Agricultural Sci. J.* 42: 3(Suppl.): 295–298.
- Phusap, W., K. Mahawongwiriya, M. Buanong and S. Kanlayanarat. 2011. Effect of thidiazuron pulsing on quality and vase life of cut Anthurium cv. 'Midori' flowers. *Agricultural Sci. J.* 42:1(Suppl.): 224–227.
- Piromrueen, B., M. Buanong and S. Kanlayanarat. 2007. Effect of thidiazuron on quality and vase life of Heliconia (*Heliconia* spp. cv. Bigbud). *Acta Hort.* 804: 283–286.
- Reid, M.S. 2004. Anthurium, flamingo flower. [Online], Available source: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/orn/anthurium.pdf>, [12.06.2009].
- Rubinstein, B. 2000. Regulation of cell death in flower petals. *Plant Mol. Biol.* 44: 303–318.
- Sankhla, N., W.A. Mackay and T.D. Davis. 2005. Effect of thidiazuron on senescence of flowers in cut inflorescences of *Lupinus densiflorus* Benth. *Acta Hort.* 669: 239–243.
- Scheumann, V., H. Ito, A. Tanaka, S. Schoch and W. Rudiger. 1996. Substrate specificity of chlorophyll(ide) b reductase in etioplasts of barley (*Hodeum vulgare* L.) *European J. Biochem.* 242: 163–170.
- Tatmala, N., S. Kaewsuksaeng, S. Kanlayanarat and M. Buanong. 2012. Effect of Thidiazuron Holding Treatments on Delaying the Senescence of *Davallia* Ferns. *Acta Hort.* 937: 463–466.

- Thawiang, N., M. Buanong and S. Kanlayanarat. 2007. Effect of thidiazuron on postharvest quality of cut flowers of Anthurium (Anthurium andraeanum L. cv. 'Marshall'). Acta Hort. 755: 415–418.
- Thomas, J.C. and F.R. Katterman. 1986. Cytokinin activity induced by thidiazuron. Plant Physiol. 81: 681–683.
- Uthairatanakij, A., J. Jeenbuntug, M. Buanong and S. Kanlayanarat. 2007. Effect of thidiazuron pulsing on physiological changes of cut tuberose flower (Polianthes tuberosa L.). Acta Hort. 755, 477–480.
- Van Staden, J. and P.A. Mooney. 1988 The effect of cytokinin preconditioning on the metabolism of adenine derivatives in soybean callus. J. Plant Physiol. 133:466–469.
- Van Staden, J., S.J. Upfold, A.D. Bayley and F.E. Drewes. 1990. Cytokinins in cut carnation flowers IX. Transport and metabolism of iso-pentenyladenine and the effect of its derivatives on flower longevity. Plant Growth Reg. 9: 255–262.

บทความนี้ ตีพิมพ์ลงใน [Postharvest Newsletter ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 เมษายน-มิถุนายน 2558](#)