



“การฟื้นฟู เยียวยา ผู้ระดมภัย ดับงานวิจัย วช.”

เรื่อง การฟื้นฟูไม้พลหลังน้ำลด



ภารกิจโครงการและประสานงานวิจัย (กค.)
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

ร่วมสนับสนุนงานวิจัยไทย



การฟื้นฟูพืพลหลังน้ำลด

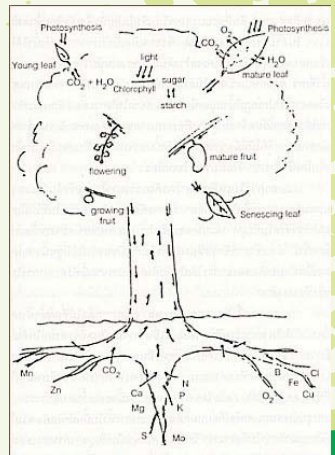
เรียบเรียงโดย พศ.ดร.พีระศักดิ์ อายประสาธน์

ภาคการเกษตรของประเทศไทยได้ประสบกับภาวะน้ำท่วมขังพื้นที่ปลูกอย่างต่อเนื่องและเป็นบริเวณกว้างในทุกภาค ผลกระทบนี้ก่อให้เกิดความสูญเสียอย่างมากต่อเกษตรกร โดยตรงและต่อเนื่องถึงมูลค่าผลิตภัณฑ์รวมของทั้งประเทศ การลงทุนในภาคการเกษตรโดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านการทำสวนผลไม้

สภาวะของต้นไม้ที่ถูกน้ำท่วมขัง

ต้นไม้ที่ถูกน้ำท่วมขังจะแสดงอาการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่คล้ายคลึงกัน เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเหล่านี้ต่างก็เป็นผลกระทบต่อดินไม้และก่อให้เกิดความเสียหายต่างๆ สำหรับเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับต้นไม้ในสภาพที่ถูกน้ำท่วมขัง อาจจำแนกเป็นหัวข้อได้ดังนี้

1. ระบบรากขาดออกซิเจน ระบบรากมีการเจริญเติบโตและเป็นสิ่งมีชีวิต จึงจำเป็นต้องการอากาศโดยเฉพาะออกซิเจนสำหรับการหายใจในการที่จะสร้างพลังงานขึ้นมา เพื่อใช้ดูดน้ำและแร่ธาตุต่างๆ ขึ้นไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของต้นไม้ที่อยู่เหนือพื้นดิน เมื่อเกิดสภาวะน้ำท่วมขังน้ำจะแทรกซึมเข้าไปตามช่องว่างของอากาศที่มีอยู่ในดิน และเข้าแทนที่ช่องว่างเหล่านั้นอย่างรวดเร็วในสภาพธรรมชาติ ช่องว่างเหล่านี้มีอยู่ค่อนข้างจำกัดอยู่แล้ว อีกทั้งยังมีจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ อีกเป็นจำนวนมากที่ต้องการออกซิเจนเช่นกัน จึงทำให้ส่วนของระบบรากขาดแคลนก๊าซออกซิเจนอย่างรวดเร็ว และรุนแรง ธรรมชาติรากต้นไม้อาจเปลี่ยนกลไกไปใช้ระบบการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) หรือที่เรียกว่าเป็นการหมัก (fermentation) ขึ้นแทน แต่พลังงานที่ได้จากวิธีการหายใจแบบนี้มีอยู่ต่ำมาก นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดสารที่เป็นผลพลอยได้ซึ่งเป็นพิษกับต้นไม้ เช่น เอทานอล (ethanol) และกรดแลคติก (lactic acid) อีกด้วย พืชจึงไม่สามารถที่จะอยู่ในสภาพนี้ได้นานพอ ดังนั้น ความอยู่รอดของต้นไม้ จึงขึ้นอยู่กับความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาวะของการขาดออกซิเจนนี้เป็นสิ่งสำคัญ



แสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่างๆ ของต้นไม้ผล (ส่วนยอด VS ระบบราก)

2. อาการใบเหลือง อาการดังกล่าวอาจไม่เด่นชัดในวันแรกแต่จะพบชัดเจนมากขึ้นในวันต่อมา มักเกิดขึ้นที่ใบมีอายุมากกว่าหรือใบที่อยู่ทางส่วนโคนของกิ่งในแต่ละกิ่งย่อย และจะเหลืองเข้มมากขึ้น ส่วนอาการขีดเหลืองมักพบในกรณีของต้นไม้ที่ถูกน้ำท่วมขังต่อเนื่องโดยอาจแสดงอาการให้เห็นทั่วทั้งต้น นอกจากนี้ ยังพบอาการใบลู่หรือห้อยลงด้วย

3. อาการทิ้งใบ ดอก และผล ระบบรากต้นไม้ที่ถูกน้ำท่วมขังนี้ จะก่อให้เกิด **สภาวะเครียด (stress)** ขึ้น ความเครียดนี้จะส่งผลให้ต้นไม้มีการกระตุ้นให้มีการสร้างฮอร์โมนเอทิลีน (ethylene) ในปริมาณที่สูงกว่าปกติอย่างมาก ผลที่แสดงออกมาอย่างชัดเจนคือ การทิ้งส่วนสืบพันธุ์ (ในที่นี้คือ ดอกและผล) ก่อน โดยอาการหลุดร่วงนี้จะเกิดขึ้นค่อนข้างรวดเร็ว และรุนแรงจนหมดหรือเกือบหมดต้น สำหรับการทิ้งใบนั้นมักพบในส่วนใบที่มีอายุมากกว่าใบที่อ่อนกว่า โดยสังเกตได้จากใบที่อยู่ทางส่วนล่างของกิ่งกระจายไปทุกบริเวณของต้น ส่วนต้นที่อ่อนแออาจเนื่องมาจากชาวสวนปล่อยให้ต้นมีการติดผลอย่างมาก หรือต้นถูกโรคและแมลงเข้าทำลายมาก่อนหน้านี้ จะพบอาการทิ้งใบอย่างรุนแรงทั่วทั้งต้น เช่น มะนาว ลิ้มเขียวหวาน ทุเรียน หรือกระท้อน อย่างไรก็ตาม ไม้ผลบางอย่างอาจไม่แสดงอาการทิ้งใบ แต่จะยืนต้นตายทั้งที่มีใบอยู่เต็มต้น เช่น มะม่วง

4. การสร้างรูเปิด รูเปิด (lenticel formation) โดยปกติจะพบในส่วนของเปลือก ลำต้นที่มีอายุมากเพื่อใช้สำหรับการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างภายในและภายนอกลำต้นได้ตลอดเวลาอย่างถาวรโดยปราศจากกลไกการควบคุมของปากใบ (stomata) ในสภาวะของต้นไม้ที่ถูกน้ำท่วมขังนั้น ระบบรากของต้นไม้ได้รับผลกระทบโดยอยู่ในสภาพที่ขาดออกซิเจนอย่างรุนแรง การอุดรูของต้นไม้ นอกจากกลไกอื่นแล้ว ในทางหนึ่งได้แก่ความสามารถในการที่จะนำอากาศหรือออกซิเจนให้ไปสู่ส่วนของระบบรากให้ได้เร็วที่สุด บริเวณส่วนที่จะพบมีการสร้างรูเปิดนี้มักอยู่ ณ ส่วนของลำต้นที่อยู่เหนือผิวน้ำที่ท่วมขังขึ้นมาเพียงเล็กน้อย อันเป็นส่วนที่ใกล้ที่สุด จะนำอากาศไปสู่ระบบราก หากต้นไม้สามารถที่จะสร้างรูเปิดนี้ได้เร็ว ก็จะมีโอกาสอยู่รอดได้สูงกว่า นอกจากนี้ ส่วนของเนื้อเยื่อภายในลำต้นที่เชื่อมต่อกับส่วนราก ต้นไม้ยังได้มีการจัดสร้างหรือขยายให้เป็นช่องขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อเพิ่มความสะดวกในการส่งผ่านอากาศไปตามช่องว่างนี้ โดยไม่จำเป็นต้องเสียเวลาแทรกซึมผ่านเซลล์ลงไป ต้นไม้ที่ปรับตัวเร็วจะพบว่ามีความสามารถสร้างส่วนของรูเปิดนี้ภายในระยะเวลาเพียง 12 - 24 ชั่วโมงภายหลังจากถูกน้ำท่วมขัง

5. อาการตอบสนองอื่นๆ ทางสรีรวิทยาที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช ต้นไม้เมื่อประสบกับสภาวะน้ำท่วมขังจะส่งผลให้ระบบรากมีอาการขาดออกซิเจนค่อนข้างรุนแรง รากไม่สามารถหายใจ



ได้ จึงดูต้นไม้และแร่ธาตุส่งไปเลี้ยงส่วนใบได้ในวงจำกัด เมื่อใบได้รับน้ำน้อยลง การที่ใบจะยังรักษาสภาพของตนเองให้คงอยู่ได้นั้น จำเป็นจะต้องลดการคายน้ำเพื่อมิให้ใบเหี่ยวตายได้ กลไกดังกล่าวจึงอยู่ที่ส่วนของเซลล์ปากใบที่จะทำหน้าที่นี้ โดยวิธีการลดขนาดของปากใบลงหรือการปิดส่วนปากใบนี้ ทำให้การคายน้ำลดลง อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการปิดปากใบจะสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำได้เป็นอย่างดี แต่ผลกระทบที่มีต่อการสังเคราะห์แสงย่อมเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ เมื่อปากใบปิดลง การแลกเปลี่ยนก๊าซจะถูกจำกัด ทำให้ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์อันเป็นวัตถุดิบที่สำคัญ ในกระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหารของต้นไม้ก็ถูกปิดกั้นลงด้วย อัตราการสังเคราะห์แสงจึงลดต่ำลง ส่งผลให้อาหารที่สร้างได้ก็ลดลง และตามมาด้วยการเจริญเติบโตของต้นไม้ผลก็ชะลอหรือชะงักงันด้วย

ความหมายของต้นไม้พลในสภาวะที่ถูกน้ำท่วมขัง

ความสามารถทนต่อสภาพน้ำท่วมขังของไม้ผลขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจสรุปและแบ่งแยกเป็นเรื่องได้ดังนี้

1. ชนิดของไม้ผล ในไม้ผลอาจสรุปได้เป็น 3 กลุ่ม

1.1 อ่อนแออย่างมาก ต้นไม้ผลอาจตายหลังจากน้ำท่วมขังเพียง 24 ชั่วโมงได้แก่ มะละกอ จำปาตะ

1.2 อ่อนแอ ต้นไม้ผลอาจทนอยู่ได้ระหว่าง 3-5 วัน เช่น กัลย ส้มเขียวหวาน ทุเรียน มะม่วงกะล่อน มะนาว ขนุน

1.3 ทนทานได้เล็กน้อย ต้นไม้ผลอาจสามารถทนอยู่ได้ระหว่าง 7-15 วัน เช่น ชมพู พุทรา ละมุด มะขาม มะพร้าว

2. สภาพของน้ำที่ท่วมขัง สภาพของน้ำท่วมขังหากเป็นน้ำไหล ต้นไม้ผลมีโอกาสได้รับออกซิเจนที่ละลายมา ทำให้ระบบรากสามารถนำไปใช้ได้ หากน้ำที่ท่วมขังเป็นน้ำนิ่งและเน่า ก็จะช่วยลดความอยู่รอดของต้นไม้ให้สั้นลงได้มากขึ้น

3. สภาพความสมบูรณ์ของต้นไม้ ต้นไม้ผลที่ไม่มีการติดผล หรือได้รับการดูแลรักษาจากเกษตรกรเป็นอย่างดี จะมีอาหารสะสมอยู่มาก แม้ประสบกับสภาวะน้ำท่วมขังก็ยังสามารถอยู่ได้นานกว่า หากเป็นต้นไม้ที่มีการให้ผลผลิตที่สูงมากมาก่อน หรือมีการติดผลในระยะใกล้เก็บเกี่ยว อาหารสะสมภายในต้นจะเหลือน้อยลง สภาพต้นจะอ่อนแออย่างมากและตายได้โดยง่าย

4. อายุหรือขนาดต้นไม้ผล ต้นไม้ที่มีขนาดเล็กกว่าย่อมมีระบบรากที่เล็กกว่า ความทนทานจึงสู้ต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่กว่าหรืออายุมากกว่าไม่ได้
5. ระดับความสูงของน้ำที่ท่วมขัง หากระดับน้ำที่ท่วมขังนั้นสูงมาก จนท่วมกิ่งและใบหรือพุ่มต้นแล้ว โอกาสที่จะอยู่รอดจะน้อยมาก ในขณะเดียวกัน ถ้าระดับน้ำอยู่เพียงแค่เหนือดิน โอกาสที่ระบบรากจะได้รับออกซิเจนจะง่ายกว่า และใกล้กว่าในสภาพน้ำลึก
6. ระยะเวลาและจำนวนครั้งที่ท่วมขัง ความอ่อนแอของต้นไม้จะมีมากขึ้น หากได้รับการท่วมขังระยะเวลาสั้น ๆ แต่ถูกท่วมซ้ำอีกครั้งหนึ่ง เช่น ต้นไม้ต้นหนึ่ง หากถูกท่วมขังต่อเนื่อง อาจสามารถทนได้นานกว่า 10 วัน แต่ต้นเดียวกันหากถูกน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลา 5 วันแล้วระบายน้ำออกไป 15 วัน โดยเกิดน้ำท่วมขังซ้ำอีกครั้งเป็นระยะเวลา 3 วัน ต้นไม้นี้จะอ่อนแอกว่า เนื่องจากภายหลังจากถูกน้ำท่วมในครั้งแรกแล้วยังอยู่ในระหว่างการฟื้นคืนชีพซึ่งยังไม่เต็มที่แล้วถูกซ้ำอีก
7. อุณหภูมิ หากมีอากาศร้อนจัด จะเพิ่มความรุนแรงของความเสียหายจากการถูกน้ำท่วมขังของต้นไม้มากยิ่งขึ้น
8. ลม ในขณะที่ต้นไม้ผลถูกน้ำท่วมขังอยู่และมีลมพัดจัด ส่งผลให้ระบบรากคลอนและต้นไม้โยก ต้นไม้จึงมีโอกาสตายได้ง่ายขึ้น

แนวทางการแก้ไขต้นไม้พินาศภาวะน้ำท่วมขัง

หากต้นไม้ยังไม่แสดงอาการทิ้งใบ ก็ยังอยู่ในวิสัยที่สามารถจะช่วยกู้สวนได้ ให้ทำการเสริมคันดินให้แข็งแรง และเร่งระบายน้ำออกจากพื้นที่สวนให้ลดลงสู่ระดับปกติให้เร็วที่สุดเท่าที่จะเร็วได้ เมื่อระดับน้ำลดแล้ว แต่ดินยังเปียกหรือหมาดอยู่ ไม่ควรเดินย่ำผิวดินโดยเด็ดขาด เนื่องจากดินรอบระบบรากยังอึดตัวด้วยน้ำ ระบบรากของต้นไม้ซึ่งได้รับความบอบช้ำมาก่อนแล้ว จะได้รับความกระทบกระเทือนมากขึ้นและต้นตายได้โดยง่าย ควรปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 2 วันให้หน้าดินแห้งก่อน ในระยะนี้อาจใช้เครื่องเติมอากาศลงสู่ดินก็จะเป็นการช่วยเร่งให้ต้นไม้ผลฟื้นตัวเร็วขึ้น และยังเป็น การช่วยไล่น้ำที่ยังคงค้างอยู่ในดินให้ระบายออกไปเร็วมากขึ้น เนื่องจากในระยะนี้ระบบรากของต้นไม้ ได้เสียหายไปเกือบหมดแล้ว โอกาสที่ต้นไม้จะสร้างรากใหม่ขึ้นมาเพื่อเลี้ยงส่วนต้นจำเป็นต้องใช้ ระยะเวลาค่อนข้างนาน และอาจไม่ทันกับเหตุการณ์ได้ ในขณะที่สวนใบยังคงสามารถที่จะปฏิบัติ หน้าที่ได้อยู่ ดังนั้นในระยะหลังน้ำลดแล้ว ให้ใช้ปุ๋ยทางใบในอัตราส่วนของ N-P-K ประมาณ 1.2-

1.5:1:1 (เช่น 15-10-10 หรือ 25-20-20 หรือสูตรใกล้เคียงกัน) รวมทั้งธาตุอาหารอื่นๆ เช่น แมกนีเซียม (Mg) สังกะสี (Zn) และธาตุอาหารย่อย ผสมกับน้ำตาลทรายขาว 1% (น้ำตาล 200 กรัมผสมกับน้ำ 20 ลิตร) และสารป้องกันกำจัดเชื้อรา (เนื่องจากใช้น้ำตาล) ทำการฉีดพ่นให้กับต้นไม้ผล 2-3 ครั้ง ห่างกันประมาณ 3 วัน/ครั้ง เพื่อฟื้นคืนสภาพต้นโดยเร็ว สิ่งซึ่งจะเป็นตัวชี้บ่งถึงความสามารถในการฟื้นตัว หรือยूरอดของต้นไม้ นั้น คือมีการผลิใบอ่อนขึ้นมาใหม่ อันแสดงผลว่าระบบรากสามารถทำงานได้ตามปกติแล้ว ใบอ่อนชุดนี้จำเป็นที่จะต้องรักษาให้มีสภาพสมบูรณ์ที่สุด เพื่อใช้เป็นรากฐานของการกลับฟื้นคืนสู่สภาพปกติ หากมีการออกดอกและติดผลตามมา ขอให้กำจัดออกตั้งแต่ในระยะดอกให้เร็วที่สุดเท่าที่จะเร็วได้เพื่อรักษาต้นแม่เอาไว้

การแก้ไขปัญหาสวนไม้ผลที่ต้องปล่อยให้น้ำท่วมขัง

เนื่องจากมีสวนไม้ผลบางพื้นที่เมื่อถูกน้ำท่วมขังแล้ว แต่ไม่สามารถที่จะทำการเสริมคันดินได้ จำเป็นจะต้องปล่อยให้มีน้ำท่วมขังอยู่จนกว่าน้ำจะลด ในสภาวะการณ์เช่นนี้ หากปล่อยไว้คงไม่มีโอกาสรักษาต้นไม้ผลอันมีค่าได้ ทางหนึ่งที่จะสามารถใช้เป็นเครื่องประทุงไปได้นั้นคือ อาศัยหลักการเช่นเดียวกับการปลูกพืชในน้ำยา ซึ่งจำเป็นจะต้องใช้เครื่องอัดอากาศให้ออกซิเจนละลายในน้ำเพิ่มขึ้น เพื่อให้ส่วนรากสามารถหายใจได้ การช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนในสภาพสวนไม้ผลจริงอาจทำได้โดยการพ่นอากาศลงในน้ำหรือใช้เครื่องยนต์ที่มีกังหันน้ำหรือตีน้ำ ให้น้ำที่ท่วมขังมีการเคลื่อนไหวถ่ายเทหรือหมุนเวียน ก็จะเป็นการช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้ละลายในน้ำที่ท่วมขังอยู่ได้มากขึ้น และรากต้นไม้สามารถนำไปใช้ได้จนกว่าน้ำลด ภายหลังจากน้ำลดแล้วก็ให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับวิธีที่ใช้กุสวานได้

การช่วยชีวิตไม้พลาซมาใต้สภาวะน้ำท่วมโดยการอัดอากาศที่ราก

การเกิดอุทกภัยมีผลทำให้ไม้ผลถูกน้ำท่วมขังอยู่หลายสัปดาห์ เกิดอาการใบเหลือง ใบเฉาแห้ง และยืนต้นตายในที่สุด สร้างความเสียหายให้กับเกษตรกรเป็นอย่างมาก ในสภาวะเช่นนี้ถ้าได้มีการป้องกันตรวจสอบ และทำการช่วยเหลืออย่างเร่งด่วนแล้ว จะทำให้สามารถช่วยชีวิตให้กับไม้ผลเหล่านี้ได้ การช่วยชีวิตไม้ผล โดยการอัดอากาศที่ราก อาศัยแนวความคิดจากการประยุกต์การปลูกพืชแบบไร้ดินภายใต้สภาวะถูกน้ำท่วมขังและเติมอากาศ

ละลายในน้ำได้ 7.04 มิลลิกรัม ออกซิเจนต่อลิตร การทำให้น้ำมีออกซิเจนสูงๆ จะสามารถเพิ่มการทำงานของ Microbic และแบคทีเรียในดิน การเพิ่มออกซิเจนก็เพื่อที่จะทำให้อินทรีย์วัตถุเน่าเปื่อยหรือเปลี่ยนแปลง เป็นการเพิ่มกระบวนการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ ทำให้พืชเจริญเติบโตดีขึ้น อัตราการถ่ายเทออกซิเจนจากอากาศลงในน้ำ จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับค่าความขาดแคลนออกซิเจนในน้ำ ซึ่งเป็นค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นอิมิตัวกับความเข้มข้นจริง ปกติช่วงกลางคืนรากต้องการออกซิเจนครึ่งหนึ่งของช่วงกลางวัน สรุปการขาดออกซิเจนเกิดปัญหาที่สำคัญคือ

- 1) ลดการหายใจที่ราก หยุดการเจริญเติบโต
- 2) เพิ่มแรงดันเพื่อที่จะให้น้ำ และอาหารพืชเคลื่อนเข้าไปในราก
- 3) การก่อด่างของสารเช่น manganese cations บางชนิดหรือทำให้เกิดความเข้มข้น

ซึ่งเป็นพิษต่อพืช หากกำหนดอัตราการใช้ออกซิเจนและเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ในดินให้อัตราหนึ่ง ความแตกต่างระหว่างส่วนประกอบของอากาศในดินและอากาศเหนือดินจะน้อยลง เมื่ออัตราการฟุ้งกระจายเพิ่มขึ้น อัตราการฟุ้งกระจายของก๊าซเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ และเป็นสัดส่วนกับสัดส่วนของปริมาตรช่องว่างที่บรรจุด้วยอากาศ เมื่อเทียบกับปริมาตรดินทั้งหมด ขนาดของช่องว่างที่บรรจุด้วยอากาศ นับได้ว่ามีขนาดใหญ่พอที่จะให้โมเลกุลของก๊าซเคลื่อนผ่าน มีผลการทดลองบางแห่งที่บ่งชี้ว่าการตอบสนองต่อการถ่ายเทอากาศไม่ดี เป็นผลของความเป็นพิษของคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนใหญ่ ความสำคัญในเชิงเปรียบเทียบของการขาดออกซิเจน และความเป็นพิษของคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นเรื่องที่จะต้องทำการค้นคว้าวิจัยต่อไป

2. การถ่ายเทอากาศในดินกับการอยู่รอดของพืช การหายใจของรากพืชเป็นขบวนการที่ก่อให้เกิดการดูดออกซิเจนและคายคาร์บอนไดออกไซด์ ขบวนการเมตาโบลิซึมของพืช ซึ่งปกติเกิดขึ้นในดินที่มีการระบายน้ำดี การแลกเปลี่ยนออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์หยุดชะงัก หากมีการแลกเปลี่ยนก๊าซเกิดไม่เพียงพอเป็นเวลาเพียงวันเดียว ผลผลิตของพืชอาจลดลงได้ และถ้ายาวนานเพียงสองสามวันรากพืชอาจจะตายได้ การถ่ายเทอากาศเป็นการแลกเปลี่ยนออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ระหว่างบรรยากาศ ดิน และรากพืช ส่วนใหญ่ของการแลกเปลี่ยนก๊าซ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการให้อากาศแก่รากพืชในดินที่มีการระบายน้ำดีเกิดโดยผ่านดิน อย่างไรก็ตามในดินอิมิตัวด้วยน้ำ การแลกเปลี่ยนโดยผ่านพืชเองอาจมีความสำคัญมากกว่า ถ้าดินอิมิตัวด้วยน้ำ หากดินมีอากาศในช่องว่าง ก๊าซที่ละลายอยู่ในน้ำมีแนวโน้มที่จะอยู่ในสมดุล การแลกเปลี่ยนก๊าซกับ

บรรยากาศเหนือดินเกิดโดยอัดอากาศเข้าไป การแลกเปลี่ยนในรูปแบบก๊าซเกิดขึ้นเร็วกว่า เพราะอัตรา การฟุ้งกระจายสูงกว่าการฟุ้งกระจายโดยละลายในน้ำมาก บาดแผล มักทำให้อัตราการหายใจสูงขึ้น ช่วงหนึ่ง (ประมาณ 2-3 วัน) ต่อจากนั้นจึงค่อย ๆ ลดลงสู่ระดับปกติ เข้าใจว่าเมื่อมีบาดแผลจะ มีการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาลมากขึ้น ฉะนั้นการตัดแต่งกิ่งขณะน้ำท่วมจะทำให้ขาดออกซิเจนเร็วขึ้น นอกจากนี้ถ้าพืชได้รับการกระทบกระเทือน อัตราการหายใจก็จะสูงกว่าปกติ บางครั้งอาจสูงถึงเท่า ตัว และอัตราการเพิ่มของการหายใจจะสูงอยู่หลายชั่วโมง ควรอย่ากระทบกระเทือนพืชมากขณะ น้ำท่วม

3. ลักษณะการถ่ายเทอากาศของดิน การให้นิยามการถ่ายเทอากาศของดินว่า เป็นการ แลกเปลี่ยนออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างดิน และบรรยากาศนั้น ไม่มีประโยชน์ใน ด้านปฏิบัติมากนัก การวัดอัตราการใช้ออกซิเจน และปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ไม่ใช่การ ประเมินการถ่ายเทอากาศของดินสำหรับพืช เนื่องจากการถ่ายเทอากาศของดินผันแปรไปตาม ตำแหน่งในดิน และตามเวลา และยังเกี่ยวข้องกับทั้งอิทธิพลทางตรง และอิทธิพลทางอ้อม ซึ่งผัน แปรไปตามสถานการณ์ ความสลับซับซ้อนของเรื่องนี้ ประกอบกับการที่ยังมีความรู้เรื่องนี้น้อย ควร จะได้ศึกษาวิจัยให้มากขึ้น การประมาณขั้นต้น ระยะเวลาที่ดินขาดออกซิเจน ควรจะเป็นสิ่งที่วัดการ ถ่ายเทอากาศของดินสำหรับพืชดีกว่าค่าเฉลี่ยในระหว่างที่พืชเจริญเติบโต ซึ่งเรื่องนี้ก็จะมีการศึกษา วิจัยต่อไป

4. เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของอากาศที่จำเป็นต่อการอยู่รอดของต้นพืช การใช้เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตรของอากาศเป็นกรณี การถ่ายเทอากาศมีรากฐานทางทฤษฎี 2 ประการคือ ประการ แรก อัตราการฟุ้งกระจายของก๊าซผ่านดินเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของการเพิ่มสัดส่วนของปริมาตร ดิน ที่เป็นช่องว่างที่มีอากาศบรรจุอยู่โดยไม่ขึ้นอยู่กับการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างของเหลวและก๊าซ และประการที่สอง อัตราแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างอากาศในดินกับรากพืช และจุลินทรีย์ที่มีการหายใจ เพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของอากาศ เพราะความหนาของฟิล์มน้ำ ซึ่งอากาศจะต้องฟุ้ง กระจายผ่านลดลง เปอร์เซ็นต์ดินพืชที่ตายมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของช่องว่าง ขนาดใหญ่ ค่าวิกฤตมีค่าประมาณ 15% ของปริมาตรช่องว่างขนาดใหญ่ การเจริญเติบโตหรือผล ผลิตของพืชจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน หากปริมาตรช่องว่างที่บรรจุด้วยอากาศต่ำอยู่ในระดับ 5 ถึง 15% ของปริมาณรวมของดิน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและสภาพอย่างอื่น อาจจะคำนวณปริมาตร ของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะต้องแลกเปลี่ยนต่อวันระหว่างดิน และบรรยากาศ



ออกซิเจนปริมาตร 10 ลิตรต่อตารางเมตรตรงกับปริมาตรอากาศ 50 ลิตร (อากาศมีออกซิเจนประมาณ 20%) หากมีการหายใจสม่ำเสมอในชั้นผิวดินลึก 1 เมตร และช่องที่มีอากาศ เป็น 20% ของปริมาตรของดิน หรือเท่ากับ 200 ลิตร การใช้ออกซิเจนเพื่อการหายใจมีอัตราเท่ากับ 25% ของปริมาณที่มีในดินต่อวัน จากนั้นยังสามารถคำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องในการหายใจในดินได้ การใช้ ออกซิเจน 10 ลิตร เพื่อให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ 10 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน จะทำให้เกิดพลังงานความร้อน 4.75×10^5 กิโลแคลอรีต่อวัน หรือเท่ากับกำลังงาน 3.7 กิโลวัตต์ต่อไร่ หากใช้น้ำตาล เป็นสารที่ถูกออกซิไดซ์

5. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฟุ้งกระจายของออกซิเจนกับปริมาณออกซิเจนที่พืชได้รับ ได้รวบรวมผลงานของนักวิจัยต่างประเทศ สรุปว่าการเจริญเติบโตของรากพืชจะหยุด เมื่ออัตราการฟุ้งกระจายของออกซิเจนเท่ากับ 0.2 ไมโครกรัม/ตร.ซม./นาที่ และการเจริญเติบโตจะถูกกระทบ กระเทือน เมื่ออัตราการฟุ้งกระจายของออกซิเจนอยู่ในช่วง 0.2 ถึง 0.3 ไมโครกรัม/ตร.ซม./นาที่ การเคลื่อนที่ของคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านฟิล์มน้ำไปยังอากาศในดิน เกิดขึ้นพร้อมกับการเคลื่อนที่ของออกซิเจนในทิศทางตรงข้ามกัน ขบวนการทั้งสองนี้กล่าวไว้ว่า ควบคุมโดยขบวนการฟุ้งกระจาย ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผิวรากจะสูง เมื่อความเข้มข้นของออกซิเจนต่ำ และความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผิวรากจะต่ำ เมื่อความเข้มข้นของออกซิเจนสูง ดังนั้นการวัดอัตราการฟุ้งกระจายของออกซิเจน จึงใช้ตรวจเช็คของความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ และโอกาสที่คาร์บอนไดออกไซด์จะเป็นพิษ ซึ่งจะใช้เป็นแนวทางในการวิจัยต่อไป

6. การปรับตัวของพืชภายใต้สภาพถูกน้ำท่วม พืชบางชนิด เช่น ข้าว ซึ่งได้ปรับตัวให้สามารถเจริญเติบโตเป็นปกติโดยไม่ต้องได้รับออกซิเจนจากภายนอก ทั้งนี้เพราะในรากมีช่องอากาศอยู่ (air space) สำหรับในลำต้นและราก ช่องอากาศส่วนใหญ่อยู่ในส่วนของเปลือกไม้ การแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างรากกับบรรยากาศที่ผ่านช่องว่างนี้ นอกจากนี้ในพืชที่ขอยขึ้นในที่กึ่งน้ำท่วม (semisubmerged aquatic plants) ที่มีช่องอากาศภายใน ออกซิเจนที่เกิดขึ้นจากขบวนการสังเคราะห์แสงของส่วนบน เป็นแหล่งที่มาที่สำคัญของที่รากได้รับ สำหรับการหายใจ และในทางกลับกันคาร์บอนไดออกไซด์เกิดจากการหายใจของรากถูกใช้ในการสังเคราะห์แสงของส่วนบน ช่องว่างภายในพืชไม่ได้มีแต่เฉพาะในพืชที่ขึ้นอยู่ในที่ที่มีการถ่ายเทอากาศเร็วเท่านั้น แต่พืชที่ปกติขึ้นได้ดีในดินที่มีการถ่ายเทอากาศดี อาจสร้างช่องอากาศภายในขึ้นได้ เมื่อการถ่ายเทอากาศของดินเวลานักวิจัยต่างประเทศพบว่า รากของพืชที่สามารถปรับตัวได้ดังกล่าว มีผลทำให้เกิดเหล็กในดินน้ำท่วม



และในสารละลายถูกออกซิไดซ์ และส่วนมากของพืชชนิดต่างๆ ที่มีการทดลองแสดงผลดังกล่าวต่อสารละลาย เกิดในสภาพที่มีแสงมากกว่าในเมื่อไม่มีแสง ข้อสังเกตดังกล่าวชี้แนะว่าออกซิเจนลงสู่เบื้องล่าง โดยผ่านเข้าไปภายในพืชสุราก แล้วออกจากรากไปสู่ภายนอก และการสังเคราะห์แสง ทำให้ในรากพืชมีออกซิเจนมากขึ้น การปรับตัวทางด้านลักษณะภายในเซลล์ของพืช โดยจะพัฒนาช่องอากาศภายในเซลล์ให้ยาวและใหญ่ขึ้นกว่าเดิม ถึงแม้บางเซลล์จะถูกทำลายลงก็ตาม ส่วนการปรับตัวทางด้านลักษณะภายนอกต่อสภาพการถ่ายเทอากาศแล้ว ได้แก่ การที่รากพืชขึ้นอยู่ในดินที่มีการถ่ายเทอากาศแล้ว จะเจริญเติบโตอยู่ในดินส่วนบนๆ เป็นส่วนใหญ่ เพราะดินส่วนบนมีการถ่ายเทอากาศดี การปรับตัวอีกแบบ ได้แก่ การที่พืชสามารถหายใจในแบบที่ไม่มีออกซิเจนเกี่ยวข้องกับ (anaerobic respiration) คล้ายการหมัก (fermentation) ขึ้นแทน แต่อย่างไรก็ตาม แม้ว่าพืชพวกที่ปกติเจริญเติบโตได้ดีในสภาพการถ่ายเทอากาศดี จะสามารถทำการหายใจแบบไม่มีออกซิเจนเกี่ยวข้องเมื่อขาดออกซิเจนได้ แต่ผลที่เกิดขึ้นเป็นผลในทางเสียหาย ทั้งนี้เพราะการหายใจในแบบดังกล่าว ให้ปริมาณและอัตราการปลดปล่อยพลังงานต่ำ และมีการสะสมสารที่เป็นพิษกับต้นไม้ เช่น เอทานอล (ethanol) และกรดแลคติก (lactic acid) อีกด้วย ลักษณะของน้ำท่วมของในพื้นที่เพาะปลูก ลักษณะการท่วมขังของน้ำพอที่จะแยกได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่คือ

1. น้ำท่วมอย่างช้าๆ ไส้ระดับน้ำใต้ดิน ให้สูงขึ้นเรื่อยๆ แล้วจึงท่วมขังที่รากและผิวดิน ลักษณะนี้ น้ำจะไล่อากาศออกจากดินได้เร็วขึ้น ต้นไม้ก็จะเสียหายได้เร็วประมาณ 3-7 วัน ต้องรีบช่วยโดยด่วนที่สุด

2. น้ำท่วมอย่างรวดเร็วไหลบ่ามาท่วม และยังมีกระแสไหลอยู่เรื่อยๆ ลักษณะนี้ในดินยังมีอากาศให้พืชใช้ได้นาน พืชอาจจะทนได้นานเป็นเดือน แต่ถ้าน้ำเริ่มหยุดนิ่ง ก็จะทำให้พืชเสียหายได้เร็วขึ้น ภายใน 10-15 วัน ต้องรีบช่วยเติมอากาศเช่นกัน และถ้าน้ำมีคุณภาพไม่ดี มักมีกลิ่นเป็นน้ำเสีย ยิ่งจะต้องรีบเติมอากาศให้โดยด่วนที่สุด เพราะนอกจากในดินจะขาดอากาศแล้ว ในน้ำก็มีออกซิเจนละลายอยู่น้อยมาก

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเติมอากาศ

1. บั๊มอัดอากาศ เป็นบั๊มลมขนาด 1/2-2 แรงม้า ทนความดันได้สูงสุด 10 กก./ชม.2 มีความดันใช้งาน 8 กก./ชม.2 กำลังอัดอากาศด้วยอัตรา 120-240 ลิตร/นาที่ (ถ้าใช้เครื่องบั๊มลมขนาดเกิน 2 แรงม้า จะต้องมีสายไฟและกระแสไฟพิเศษ

2. หัวอัดอากาศแบบเคลื่อนที่มีลักษณะเป็นท่อเหล็ก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5/8" ยาว 80-100 เซนติเมตร ส่วนปลายแหลมเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มม. ไว้ 2 ข้าง ๆ ละ 1 รู เพื่อให้อากาศดันออก และมีวาล์วควบคุมการไหลของอากาศ
3. สายอัดอากาศ มีลักษณะที่ท่อสายยางทนแรงดันขนาด 8.5 มม. สำหรับใช้เชื่อมต่อกับหัวอัดอากาศกับเครื่องสูบลมอากาศมีความยาวตามต้องการ
4. หัวอัดอากาศแบบอยู่กับที่มีลักษณะเป็นท่อเหล็ก ขนาด 1/4 ยาวท่อนละ 60 ซม. ข้างหนึ่งปลายแหลม เจาะรูขนาด 1/8" จำนวน 2-4 รู ด้านละรู อีกด้านใช้สำหรับต่อกับสายลมเพื่อจ่ายอากาศออกมาจากท่อโดยมีวาล์วปรับอากาศให้ออกมาน้อยตามต้องการ
5. หัวเติมอากาศพรุณ แบบที่ใช้ในตู้ปลา
6. สายจ่ายอากาศ มีลักษณะเป็นท่อพลาสติกทนแรงดันได้ปานกลาง ไม่ควรเกิน 30 ปอนด์/ตร.นิ้ว ขนาด 2 มม. สำหรับใช้ต่อกับหัวอัดอากาศแบบที่ใช้อยู่กับที่
7. วาล์วควบคุม มีลักษณะคล้ายกับวาล์วที่ใช้ปรับอากาศของตู้ปลาแต่ทำด้วยเหล็ก เพื่อนำมาใช้ปรับอากาศให้กับรากพืชให้ออกน้อยๆ อย่างต่อเนื่อง
8. ท่อ พี.อี. ขนาด 16 มม. หรือท่อพีวีซี ขนาด 1/2 นิ้ว สำหรับวางระบบแบบอยู่กับที่

วิธีการใช้เครื่องมือการอัดอากาศ

จะแยกวิธีการออกเป็น 2 ลักษณะคือ

1. ลักษณะที่ใช้หัวอัดอากาศแบบเคลื่อนที่ จะใช้ในกรณีที่มีน้ำท่วมขังราก และผิวดินมีน้ำแฉะๆ เท่านั้น ไม่ท่วมผิวดินทั้งหมด และคาดว่าน้ำจะท่วมไม่นาน จะใช้หัวอัดอากาศที่มีความดันเริ่มต้นที่ถึงอัดอากาศประมาณ 80/110 ปอนด์/ตร.นิ้ว โดยบิดวาล์วไว้ก่อนใช้งาน เมื่อใช้งานก็แทงหัวอัดอากาศลงไปที่มีความลึกประมาณ 40-60 ซม. บริเวณที่ระยะ 2/3 ห่างจากโคนต้นถึงปลายทรงพุ่ม แล้วเปิดวาล์วอัดอากาศลงไปประมาณจุดละ 1-2 นาที และบิดวาล์วเพื่อย้ายตำแหน่ง 3-4 จุด ต่อต้น แล้วก็ย้ายไปต้นอื่นเรื่อยๆ 1 วัน ให้ได้สัก 3-5 ครั้งต่อต้น ในระยะ 3 วันแรก หรือให้ได้มากเท่าไร ยิ่งดี ไม่มีอันตรายต่อพืช แต่ต้องไม่เข้าไปเหยียบย่ำในทรงพุ่มถ้าไม่จำเป็นจริงๆ หลังจากนั้นก็น้อยลงได้ ควรดูอาการต้นไม้ด้วยว่าโทรมหรือมีอาการดีขึ้นก็ให้ลดหรือเพิ่มตามความเหมาะสม(กำลังศึกษาหาตัวเลขที่เหมาะสมสำหรับพืชและดินรวมทั้งระดับน้ำต่างๆ)



หัวฉีดอากาศแบบติดตั้งอยู่กับที่

2. ลักษณะที่ใช้หัวอัดอากาศแบบประจำที่ ซึ่งจะใช้ในกรณีที่น่ายงท่วมสูงอยู่ และคาดว่าจะท่วมเป็นสัปดาห์ โดยการเสียบหัวอัดอากาศลงไปใตดินบริเวณเขตรากที่ระยะ 2/3 ท่างจากทรงพุ่ม ที่ความลึกประมาณ 40-50 ซม. จากผิวดิน 1 ต้น เสียบ 3-4 จุด แต่ละจุดจะมีวาล์วควบคุมการจ่ายอากาศทีละน้อยพอให้เห็นมีฟองอากาศขึ้นมาที่ผิวน้ำใต้อตราประมาณ 2-4 ลิตรต่อนาที และให้ต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ โดยมีการต่อระบบท่อจ่ายอากาศด้วยท่อพีอี หรือท่อพีวีซี ชั้น 8.5 ขนาด 1/2 นิ้ว จากเครื่องบม้อากาศไปยังแถวปลูกต้นไม้ทุกต้น แล้วจึงต่อหัวอัดอากาศในแต่ละต้นดังที่กล่าว (ดูรูปประกอบ) โดยควบคุมความดันของอากาศในถัง ไม่ต้องการให้เกิน 30 ปอนด์/ตร.นิ้ว หรือจะใช้วิธี ฟังหัวให้อากาศพุนแบบที่ใช้ในตู้ปลา ลงไปใตดินบริเวณเขตรากที่ระยะ 2/3 ท่างจากทรงพุ่ม ที่ความลึกประมาณ 40-50 ซม. จากผิวดิน 1 ต้น เสียบ 3-4 หัว

ค่าลงทุนโดยประมาณเบื้องต้น

ความสามารถของบม้ลมที่มีขายทั่วไปใท้องตลาด

ขนาดมอเตอร์ แรงม้า	ความจุถังลม ลิตร	แรงดัน ปอนด์/ตร.นิ้ว	กำลังอัด ลิตร/นาที	ราคา บาท	ทรงพุ่มขนาด 6 เมตร จำนวนต้นที่คาดว่าช่วยได้
1/2	90	150	120	6200	40-80
1	90	150	190	9600	60-100
1.5	10	150	205	7300	80-150
2	150	150	240	13000	100-200

- สายอัดชนิดลมหรือชนิดยา ราคาเมตรละ 15-18 บาท

- หัวอัดอากาศแบบย้ายที่ มีลักษณะเป็นท่อเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5/8" ยาว 80-100 เซนติเมตร

ราคาชุดละ 300-400 บาท

- หัวอัดอากาศแบบประจำที่ มีลักษณะเป็นท่อเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/4" ยาว 60 เซนติเมตร ราคาชุดละ

25-40 บาท

- สายต่อหัวอัดอากาศชนิดประจำที่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/4" เมตรละ 3 บาท

- ประตุน้ำควบคุมอากาศออกมาน้อย จุดละ 15-25 บาท

บม้อัดอากาศนอกจากใช้สำหรับอัดอากาศให้แกกรากพืชแล้วยังสามารถดัดแปลงเป็นตัวฉีดพ่นสารอาหารพืช หรือฮอร์โมนทางใบได้อีกด้วย นอกจากนี้ หลังจากน้ำลดแล้วยังใช้เป็นเครื่องอัดปุ๋ยทางรากพืชได้ด้วยเช่นกันหรือกรณี ที่ดินมีความอัดแน่น ก็สามารถอัดอากาศให้ดินมีช่องว่างและอากาศให้พืชใช้หายใจระบายอากาศเสียออกจากดินได้มากขึ้น และยังดัดแปลงเป็นเครื่องตัดแต่งกิ่งก้านและผลด้วยระบบลมก็ยงได้ ขึ้นอยู่กับกำลังอัดของบม้ ส่วนข้อมูลที่จะทำให้เสียค่าใช้จ่ายและได้รับประโยชน์มากที่สุดสำหรับเครื่องอัดอากาศนี้กำลังทำการศึกษาศษาและวิจัยอย่างจริงจังจึงเป็นพิเศษโดยเร่งด่วนต่อไป เพราะคิดว่าอาจจะต้องเกิดปัญหาน้ำท่วมเช่นนี้อีกใในอนาคต ซึ่งจะได้เตรียมตัวแก้ปัญหาดันทันและเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

- Drew M. 1997. Oxygen deficiency and root metabolism: injury and acclimation under hypoxia and anoxia. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 48:223-250.
- Kozlowski T.T. 1997. Response of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiol. Monograph* 1:1-29.
- Kramer P., Boyer J. 1995. *Water Relations of Plants and Soils*. Academic Press, San Diego, USA.

