หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ ๑

บทนำ

ในปัจจุบันมนุษย์ได้นำเอาโลหะหนักหลายชนิดมาใช้ในการผลิตวัสดุอุปกรณ์เพื่อใช้ในการอุปโภค บริโภคกันอย่างกว้างขวาง จึงทำให้เกิดการเจือปนของโลหะหนักเข้าสู่สภาวะแวดล้อมในโลกอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โลหะหนักถูกจัดเป็นสารพิษสะสมเนื่องจากมีอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นถ้าได้รับสะสมเอาไว้จนสูงถึงขีดอันตราย โลหะหนักเป็นสารมลภาวะที่ไม่สามารถสลายตัวได้เองตามธรรมชาติ ดังนั้นถ้าปริมาณที่มีอยู่ในสภาวะแวดล้อมมากเกินไปก็สามารถมีผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมได้

ตะกั่วและสังกะสีนับเป็นโลหะหนักที่พบอยู่ทั่วไปทั้งในดิน ในน้ำ และในอากาศของทุกยุคทุกสมัย และมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มปริมาณสูงมากขึ้นเรื่อย ๆ

จากการศึกษาและวิเคราะห์หาโลหะหนักในสภาวะแวดล้อมของสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปี พ.ศ.๒๕๒๐ พบว่าตะกั่วและสังกะสีจัดเป็น ๒ ชนิดในบรรดาโลหะหนักหลายชนิดที่มีบทบาทสำคัญต่อปัญหาสภาวะแวดล้อมในประเทศไทยในปัจจุบัน ทั้งตะกั่วและสังกะสีถูกจัดเป็นสารมลภาวะเนื่องจากความเป็นพิษและการกระจายอย่างทั่วไปทั้งในดิน ในน้ำ ในอากาศ ในพืช และในคน โลหะหนักทั้ง ๒ ชนิดนี้เมื่อสิ่งมีชีวิตได้รับเอาไว้ในปริมาณสูงจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับมนุษย์และสัตว์เลี้ยง พิษของตะกั่วและสังกะสีมักมีผลเกี่ยวกับระบบประสาท ทางเดินอาหาร และกล้ามเนื้อเป็นส่วนใหญ่

แหล่งที่มา

ตะกั่วและสังกะสีที่พบแพร่กระจายอยู่ทั่วไปนั้นมีทั้งที่อยู่ในรูปของโลหะ และในรูปของสารประกอบ โดยมีแหล่งที่มาสำคัญ ๆ คือ

ก. แหล่งตามธรรมชาติ

ตะกั่วและสังกะสีมีเจือปนอยู่ทั้งในดิน ในน้ำ และในอากาศอยู่แล้วตามธรรมชาติในปริมาณค่อนข้างต่ำ เช่นพบว่าในสภาพธรรมชาติที่มนุษย์ไม่เคยเข้าไปเกี่ยวข้องมีตะกั่วอยู่ในดิน ๕-๒๕ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในน้ำ ๐.๐๗ ไมโครกรัมต่อลิตร ในอากาศ ๐.๐๐๐๑ -๐.๐๐๑ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในพืช ๐.๑-๑.๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักแห้ง มีสังกะสีอยู่ในดิน ๒.๕-๑๓.๘ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในน้ำ ๐.๐๔ ไมโครกรัมต่อลิตร ในอากาศ ๐.๐๐๐๐๕-๐.๐๐๐๕ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในพืช ๒๐-๕๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักแห้ง (เพริศพรรณ คณาธารณา, ๒๕๒๐, เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, ๒๕๑๙)

ข. แหล่งที่เกิดจากมนุษย์ทำขึ้น

๑. จากแหล่งอุตสาหกรรม

ตะกั่ว แหล่งปล่อยตะกั่วที่สำคัญที่สุด คือ ยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์โดยตะกั่วมาจากตะกั่วเตตระเอธิล และตะกั่วเตตระเมธิล (tetraethyl lead และ tetramethyl lead) ที่ใช้ผสมลงในน้ำมันเบนซินเพื่อเป็นสารกันเครื่องยนต์กระตุก น้ำมันเบนซินมีตะกั่วละลายอยู่ ๐.๗ กรัมต่อลิตร หลังการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ตะกั่วประมาณ ๐.๔ กรัมต่อลิตรจะถูกปล่อยออกมายังสิ่งแวดล้อมทางท่อไอเสีย ในปัจจุบันประเทศไทยใช้น้ำมันเบนซินประมาณ ๑,๖๐๐ ล้านลิตรต่อปี ประมาณ ๖๐ เปอร์เซนต์ของจำนวนนี้เป็นส่วนที่ใช้ในกรุงเทพมหานคร ฉะนั้นตะกั่วประมาณ ๓๘๔,๐๐๐ กิโลกรัมต่อปีหรือประมาณ ๑,๐๕๒ กิโลกรัมต่อวันจะถูกปล่อยออกมาสู่สิ่งแวดล้อมในกรุงเทพมหานคร (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, ๒๕๑๙) ตะกั่วที่ถูกปล่อยออกมานี้จะอยู่ในรูปแบบทางเคมีของตะกั่วเตตระเอธิลและตะกั่วเตตระเมธิลที่ยังไม่ถูกเผาผลาญ ในรูปของตะกั่วซัลเฟต หรือในรูปสารประกอบเชิงซ้อน ต่าง ๆ ของตะกั่วโบรไมด์ และตะกั่วออกไซด์ (เพริศพรรณ คณาธารณา,๒๕๒๐; John, 1971; Stubbs ,1972; Lagerwerff,1972; Ter Haar,1970)

นอกจากนี้โรงงานอุตสาหกรรมก็เป็นแหล่งสำคัญที่ปล่อยตะกั่วเข้าสู่สิ่งแวดล้อมเช่นกัน ที่เห็นได้ชัดเช่นโรงงานผลิตแบตเตอรี่ โรงงานถลุงตะกั่วจากกากแบตเตอรี่ ตะกั่วจาก**เหมือง** จากโรงงานเครื่องเคลือบดินเผา ฯลฯ เป็นต้น

สังกะสี มีแหล่งมาจากอุตสาหกรรมเหมืองแร่ หรือจากการใช้ฝุ่นสังกะสีเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีบางปฏิกิริยา การใช้ zinc organometallic compounds บางตัวเช่น สังกะสีไดเมธิล (zinc dimethyl) เป็นตัวเติมไฮโดรคาร์บอนในปฏิกิริยาสังเคราะห์ทางอินทรีย์เคมีเป็นต้น นอกจากนี้สังกะสียังมีแหล่งที่มาจากน้ำมันหล่อลื่น วัสดุสังกะสี การสึกกร่อนของวัสดุสังกะสีหรือสารประกอบที่มีสังกะสีเจือปนอยู่

ส่วนใหญ่ของสังกะสีที่แพร่กระจายอยู่ในสิ่งแวดล้อมมักจะอยู่ในรูปของสารประกอบ ทั้งนี้เนื่องจากสังกะสีสามารถทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ได้ ให้สารประกอบของสังกะสีซึ่งส่วนใหญ่เป็นสังกะสีออกไซด์ สังกะสีซัลไฟด์ และสังกะสีซัลเฟต (พนิต เชิดชูพงษ์ และเพริศพรรณ คณาธารณา, ๒๕๒๐)

๒. จากการเกษตร ยากำจัดศัตรูพืชบางชนิด เช่น ตะกั่วอาร์ซีเนต ตะกั่วอซีเตต **สังกะสีไดเมธิลไดไธโอคาร์บาเมต**(zinc dimethyldithiocarbamate) สังกะสีเอธิลีนบิสไดไธโอคาร์บาเมต (zinc ethylenebisdithiocarbamate) มีตะกั่วหรือสังกะสีเป็นองค์ประกอบ การใช้สารเหล่านี้ฉีดพ่นหรือคลุกเมล็ดพันธุ์เป็นการทำให้เกิดการแพร่กระจายของตะกั่วและสังกะสีเข้าสู่สิ่งแวดล้อม

๓. จากแหล่งอื่น ๆ

ก. สี สีส่วนมากมักมีตะกั่วหรือสังกะสีเป็นส่วนผสม ที่เป็นอันตรายมากคือสีทาบ้าน สีทาของเด็กเล่น เพราะอยู่ใกล้ตัวมนุษย์และสัตว์เลี้ยงมาก

ข. วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ สิ่งของเครื่องใช้ที่มีตะกั่วหรือสังกะสีเป็นส่วนผสม เช่น กระป๋องบรรจุอาหาร ภาชนะเครื่องใช้ วัสดุก่อสร้าง กระสุนปืน ฯลฯ เป็นต้น

ตะกั่วและสังกะสีจากแหล่งต่าง ๆ เหล่านี้ อาจฟุ้งกระจายอยู่ในอากาศเป็นส่วนใหญ่ในตอนแรก ต่อมาจะค่อย ๆ ตกลงบนดิน ในน้ำ บนพืช เข้าสู่มนุษย์และสัตว์โดยการหายใจหรือทางเดินอาหาร

ความเป็นพิษ

• ตะกั่ว อาการเป็นพิษเนื่องจากตะกั่วแบบเฉียบพลันมีหลายแบบ เช่น อ่อนเพลีย คลื่นไส้ วิงเวียน การกระตุกของกล้ามเนื้อ และอาการอื่น ๆ สำหรับพิษแบบเนิ่นนานที่สำคัญได้แก่ โรคโลหิตจาง

โรคโลหิตจางซึ่งเกิดจากการเจือปนของตะกั่วในร่างกายเกิดขึ้นได้เพราะตะกั่วขัดขวางการสร้างฮีโมโกลบินของเม็ดเลือดแดง นอกจากนี้ตะกั่วยังสามารถขัดขวางการทำงานของฮีโมโกลบินที่มีอายุมากแล้วได้อีกด้วยโดยตะกั่วทำให้เกิดการเปลี่ยนจากฮีโมโกลบินเป็นเมทฮีโมโกลบิน (methaemoglobin) ซึ่งมีความสามารถนำพาออกซิเจนน้อยลงได้เร็วขึ้น และนอกจากนั้นยังสามารถเร่งการทำงานของม้าม และตับในการกำจัดเม็ดเลือดแดง ปฏิกิริยาทั้งหมดนี้เป็นตัวการที่ทำให้เกิดโรคโลหิตจาง (Caprio, 1974)

นอกจากตะกั่วจะมีผลกระทบโดยตรงต่อร่างกายแล้ว ยังมีผลกระทบในทางอ้อมได้ เช่นทำให้ความต้านทานของร่างกายต่อโรคหลายชนิดลดลง (Caprio, 1974)

สังกะสี เมื่อร่างกายได้รับสังกะสีมากเกินไปจะเกิดอาการอ่อนเปลี้ย วิงเวียน ท้องร่วง โดยทั่วไปสารประกอบของสังกะสีมีความเป็นพิษมากกว่าธาตุสังกะสีเอง ความเป็นพิษอันเนื่องมาจากการรับประทานหรือกลืนสารประกอบสังกะสีเข้าไปนั้นยังนับว่าน้อย คืออาจเกิดอาการกระเพาะอักเสบ หรือ คลื่นเหียนอาเจียนเท่านั้น แต่ถ้าสูดหายใจเอาไอหรือฝุ่นของสังกะสีออกไซด์เข้าร่างกาย จะเกิดอาการไข้ที่เรียกว่า zinc chills ขึ้นได้ ผู้ป่วยจะมีอาการจับไข้ หนาวสั่น ปวดกล้ามเนื้อ และเกิดอาการคลื่นเหียนอาเจียน (พนิต เชิดชูพงษ์, ๒๕๒๐)

นอกจากความเป็นพิษที่เกิดเนื่องจากคุณสมบัติทางเคมีของอนุภาคสังกะสีแล้วความเป็นพิษของสังกะสียังเนื่องมาจากลักษณะทางกายภาพของสังกะสีอีกด้วย อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า ๑ มิลลิไมครอนจะสามารถผ่านเข้าไปยังปอดได้ ทำให้อุดขวางทางเดินอากาศจึงเป็นการเพิ่มอันตรายให้กับร่างกายอีกด้วย

บทบาทของตะกั่วและสังกะสีในพืช

ตะกั่ว โดยทั่วไปพืชจะดูดซึมตะกั่วเข้าไปสะสมในเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ มากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของตะกั่วในสารละลายของธาตุอาหารที่พืชเจริญเติบโตอยู่เพิ่มขึ้น (Keaton, 1937; Lagerwerff, 1971; Baumhardt and Welch,1972; Rolfe,1973)

ตะกั่วที่พืชดูดซึมเข้าไปนี้มีรายงานหลายฉบับว่าจะกระจายไปสะสมอยู่ในอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของพืชมากน้อยแตกต่างกัน (Athalye and Mistry, 1972; Baumhardt and Welch,1972; Jones, Clement and Hooper,1973; Lagerwerff et al, 1973; Pinkerton and Simpson,1977) โดยพบว่ามีแนวโน้มเรียงลำดับจากความเข้มข้นมากไปหาความเข้มข้นน้อยดังนี้ .-

ราก >> ลำต้น > ใบ >> เมล็ด

แนวโน้มของการสะสมตะกั่วมากในรากนั้นมีผู้สังเกตมานานแล้ว เช่น Jones, Clement และ Hooper (1973) พบว่าหญ้าที่ปลูกในสารละลายของธาตุอาหารที่มีตะกั่วเจือปน มีตะกั่วในต้นเพียง ๐.๒-๕๘.๔ ppm. ของน้ำหนักแห้ง ในขณะที่ตะกั่วในรากมีมากถึง ๔.๕-๕,๓๑๐ ppm. ของน้ำหนักแห้ง และนอกจากนี้ Karamanos(1975) ทดลองใช้เมล็ดอัลฟัลฟ่า (Medicago sativa var.Beaver) และเมล็ด Bromegrass (Bromus sp.) ปลูกลงในดินที่เติมตะกั่วในรูปตะกั่วคลอไรด์ แล้วเก็บผลเป็น ๓ ช่วงเวลา คือ ๒๐ วันหลังเมล็ดงอก ๙๐ วัน หลังระยะที่ ๑ และ ๑๓๐ วันหลังระยะที่ ๑ พบว่าปริมาณตะกั่วในพืชเพิ่มขึ้นเมื่ออายุพืชเพิ่มมากขึ้นและส่วนรากพืชจะมีปริมาณตะกั่วมากกว่าส่วนอื่น

ตะกั่วที่ถูกดูดซึมเข้าสู่พืชโดยทางรากนี้ จะถูกลำเลียงไปยังส่วนต้นได้ค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (Pinkerton and Simpson,1977)

ในบรรดาโลหะสำคัญ ๆ เช่น เหล็ก ทองแดง นิเกิล โคบอลต์ ตะกั่ว และสังกะสี นั้น เมื่อจัดอันดับความสามารถในการดูดซึมโดยรากพืชจะเป็นดังนี้

เหล็ก >> ตะกั่ว > ทองแดง >> นิเกิล, สังกะสี > โคบอลต์

จะเห็นว่าตะกั่วมีแนวโน้มที่จะถูกดูดซึมโดยรากพืชได้มากกว่าโลหะชนิดอื่น ๆ หลายชนิด (Puckett et al,1973) ตะกั่วที่ถูกดูดซึมเข้าไปนี้จะสะสมในเนื้อเยื่อพืชด้วยความเข้มข้นสูงกว่าความเข้มข้นของตะกั่วในสารละลายของธาตุอาหารภายนอกรากเสมอ (Simola,1976)

ตะกั่วที่ถูกดูดซึมเข้าสู่พืชนี้ส่วนใหญ่จะไปยึดเกาะอยู่กับผนังเซล บางส่วนถูกปล่อยเข้าไปในเซลกระจายอยู่ในไซโตปลาสซึมเป็นส่วนใหญ่ ไม่ค่อยพบว่ากระจายอยู่ในช่องว่างในเซล ตะกั่วบางส่วนสามารถแทรกผ่านเมมเบรนของคลอโรพลาสต์เข้าไปจับอยู่บนกรานาของคลอโรพลาสต์ (Sharpe and Denny,1976)

ผลของตะกั่วที่มีต่อพืชเมื่อมีการสะสมตะกั่วเอาไว้ในเนื้อเยื่อนั้น มีความคิดแยกกันเป็น ๒ ทางคือ

- ผลในทางช่วยการเจริญเติบโต
- ผลในทางยับยั้งการเจริญเติบโต

Hewitt (1953) เชื่อว่าตะกั่วเป็นธาตุอาหารย่อย (trace element) ที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช และพบว่าตะกั่วมีความเป็นพิษต่อพืชน้อยมากเมื่อให้ตะกั่วแก่พืชเป็นปริมาณมาก

Baumhardt และ Welch (1972) รายงานผลจากการศึกษาลักษณะของข้าวโพดเมื่อได้รับตะกั่วในปริมาณ ๓๒ ก.ก/เฮคเตอร์ เขาพบว่าตะกั่วไม่มีผลต่อการงอกของต้นอ่อน ความสูงของต้น จำนวนเมล็ด รูปร่างต้น สีฝัก ระยะการสุกของฝัก หรือการเจริญเติบโตของข้าวโพดแต่อย่างใด ในระยะเวลา ๒ ปี แต่ Davis และ Barnes (1973) พบว่าตะกั่วที่ความเข้มข้น ๔๐ - ๔,๐๐๐ ppm. มีผลลดอัตราการเจริญเติบโตของต้นอ่อนสนและเมเปิล

Hooper (1937) และ Karamanos (1975) พบว่าตะกั่วไม่มีผลโดยตรงต่อพืชเท่าไรนัก

Bazzaz, Rolfe และ Windle (1974) พบว่าการเติมตะกั่วลงในสารละลายของธาตุอาหารมีผลลดการสังเคราะห์แสงและการคายน้ำของข้าวโพดและถั่วเหลืองอย่างชัดเจน โดยความรุนแรงของผลที่เกิดขึ้นนี้เป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณตะกั่วที่เพิ่มมากขึ้น

Simola (1976) พบว่าตะกั่วเข้มข้น ๒๐ ppm. ในสารละลายของธาตุอาหารไม่มีผลลดน้ำหนักแห้งของ French bean (Phasedus vulgaris) และไม่ทำให้เกิดอาการผิดปกติแม้ที่ความเข้มข้นของตะกั่วในสารละลายของธาตุอาหารสูงถึง ๒๐๗ ppm.และยังพบว่าต้นอ่อนของพืชพวกแตง (cucumber) ไม่แสดงอาการผิดปกติใด ๆ เลยที่ความเข้มข้นของตะกั่วในสารละลายของธาตุอาหาร ๑๐๐ ppm.

ในการทดลองปลูกพืชใน sand culture พบว่าพืชอาจสะสมตะกั่วเอาไว้ได้สูงถึง ๒,๐๐๐ ppm. ของน้ำหนักแห้ง โดยไม่มีอาการผิดปกติเลย (Baumhardt and Welch; 1972)

ตะกั่วอาจมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับโครงสร้างของเซลพืช Simola (1976) พบว่าเซลของสแฟกนั่มมอส (Sphagnum nemoreum) ที่เลี้ยงในอาหารมัชฌิมที่มีตะกั่วเจือปนอยู่ ๒๐๗.๑๙ ppm. จะมีอาการพลาสมาเลมมา (plasmalemma) แยกตัวหลุดออกจากผนังเซล พัฒนาการของไธลาคอยด์ในคลอโรพลาสต์ลดลงมาก การสร้างแป้งลดลง

เกิดการฝ่อของคลอโรพลาสต์ ไมโตคอนเดรีย และไรโบโซม และน้ำที่มีตะกั่วเจือปนอยู่เพียง ๑ ppm. สามารถทำให้โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ของสาหร่ายพุงชะโด (Ceratophyllum demersum) เปลี่ยนแปลงผิดปกติไป

นอกจากนี้ตะกั่วยังมีผลลดการสังเคราะห์แสงและการคายน้ำของข้าวโพด (Zea mays L.) และถั่วเหลือง (Glycine max L.) ทั้งนี้คาดว่าเป็นเพราะตะกั่วมีผลรบกวนการทำงานของปากใบ (Bazzaz et al, 1974)

คาดว่าตะกั่วมีผลลดการดูดซึมและการลำเลียงธาตุเหล็กของพืช อันจะเป็นการรบกวนการสร้างคลอโรฟิลล์ของพืช เพราะทำให้พืชมีธาตุเหล็กน้อยลงไม่พอเพียงกับความต้องการ (Rosen et al, 1977)

สังกะสี เป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชโดยเป็นตัวการสำคัญที่เกี่ยวข้องในการตรึงกาซคาร์บอนไดออกไซด์ในขบวนการสังเคราะห์แสง สังกะสีเป็นส่วนประกอบสำคัญของเอนไซม์หลายชนิดในเซลพืช เช่น คาร์บอนิคแอนไฮเดรส และทำหน้าที่เป็นโคแฟคเตอร์ในระบบเอนไซม์อีกหลายชนิด

นอกจากนี้สังกะสียังมีผลต่อกิจกรรมของเซล การสังเคราะห์โปรตีนและการเผาผลาญอาหาร สังกะสีในความเข้มข้นต่ำ ๆ (น้อยกว่าหรือเท่ากับ ๑๐ ไมโครโมลาร์หรือ ๐.๖๕๓๗ ppm.) จะทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นการสร้างเอนไซม์ ไรบูโลสไดฟอสเฟตคาร์บอกซีเลส โดยทำหน้าที่เป็นตัวจำกัดการสร้างเอนไซม์ (Jyung and Comp, 1976)

ปริมาณสังกะสีในสารละลายของธาตุอาหารที่พืชเจริญเติบโตอยู่ถ้ามีเกินความต้องการของพืชมากจะมีผลลดการดูดซึมและการกระจายของธาตุเหล็กในพืช ทำให้พืชไม่สามารถลำเลียงธาตุเหล็กจากรากไปสู่ต้นและใบได้ตามปกติ เป็นเหตุให้ใบขาดธาตุเหล็กและการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ถูกรบกวน (Rosen et al, 1977)

การรบกวนของการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ของสังกะสีอาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากหลายสาเหตุ (Rosen et al, 1977) คือ

๑. มีการแข่งขันกันระหว่างเหล็กกับสังกะสี เพื่อจับยึดกับเอนไซม์ที่ทำหน้าที่สังเคราะห์คลอโรฟิลล์

๒. สังกะสีมีอิทธิพลต่ออัตราส่วนของ Fe^{2+} กับ Fe^{3+} ในพืช โดยเป็นตัวหน่วงเหนี่ยวการเปลี่ยนรูปของธาตุเหล็กจาก Fe^{3+} ไปเป็น Fe^{2+} ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์

๓. สังกะสีมีอิทธิพลต่อการกระจายของธาตุเหล็กในระดับเซลและระดับที่เล็กกว่าเซล จึงมีผลกำหนดปริมาณเหล็กที่พืชสามารถจะนำไปใช้สังเคราะห์คลอโรฟิลล์

อาการขาดธาตุเหล็กอันเนื่องมาจากพืชได้รับสังกะสีมากเกินพอนี้สามารถฟื้นตัวได้เมื่อเพิ่มปริมาณเหล็กให้กับพืชไม่ว่าโดยทางรากหรือทางใบ (Lingle, Tiffin and Brown, 1963; Ambler and Brown, 1970) แสดงว่าพิษของสังกะสีที่มีต่อพืชไม่ใช่เกิดจากตัวสังกะสีเองโดยตรง

ความเข้มข้นของสังกะสีที่เพิ่มขึ้นในสารละลายของธาตุอาหารที่ปลูกพืชมีผลลดทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของพืชอย่างมาก (Rosen et al, 1977) และน้ำหนักแห้งของพืชจะเป็นปฏิภาคกลับกับความเข้มข้นของสังกะสี (Pinkerton and Simpson, 1977) เมื่อความเข้มข้นของสังกะสีเพิ่มขึ้นพืชจะดูดซึมสังกะสีเข้าไปสะสมเพิ่มมากขึ้น (Keaton, 1937; Lagerwerff, 1971; Rolfe 1973) และจะมีความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสังกะสีในส่วนต้นพืช กับความเข้มข้นของสังกะสีในสารละลายภายนอกราก โดยค่าลอการิธึมของความเข้มข้นของสังกะสีในต้นจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับค่าลอการิธึมของความเข้มข้นของสังกะสีในสารละลายภายนอกราก (Jyung et al, 1975)

พืชสะสมสังกะสีที่ถูกดูดซึมโดยทางรากเอาไว้ในส่วนต่าง ๆ มากน้อยแตกต่างกันออกไปไม่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช สังกะสีมีแนวโน้มที่จะถูกลำเลียงจากรากไปยังต้นได้มากพอประมาณ แต่ส่วนใหญ่จะสะสมอยู่ที่ราก (Pinkerton and Simpson, 1977)

Valee และ Wacker(1970) ได้ทดลองปลูกพืชในสารละลายของธาตุอาหารสูตรธรรมดาเปรียบเทียบกับเมื่อเติมสังกะสีลงในสารละลายนี้ ๑ มิลลิโมลาร์ (๖๕.๓๗ ppm.) ผลจากการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสังกะสีที่กระจายสะสมอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของพืช เขาพบว่าพืชที่ปลูกในสารละลายของธาตุอาหารปกติมีสังกะสีสะสมอยู่ในราก ลำต้น ใบแก่ ใบอ่อน และช่อดอก เป็นปริมาณ ๒๐๓ ๔.๖ ๙.๘ ๑๔ และ ๑๐.๕ ppm.ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ ส่วนพืชที่ปลูกในสารละลายของธาตุอาหารที่เติมสังกะสี ๖๕.๓๗ ppm. มีสังกะสีสะสมอยู่ในราก ลำต้น ใบแก่ ใบอ่อน และช่อดอกเป็นปริมาณ ๒,๘๕๐ ๕๕๘ ๖๐๐ ๕๙๘ และ ๓๔๖ ppm.ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ

ส่วนใหญ่สังกะสีที่ถูกดูดซึมเข้าสู่พืชจะยึดติดอยู่กับผนังเซล บางส่วนอาจถูกปล่อยเข้าสู่เซลไปมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเมตาโบลิซึมขึ้นได้ (Ernst, 1972; Little, 1973)

อาการของพืชที่เกิดขึ้นเมื่อได้รับสังกะสีเป็นปริมาณมากก็คือ เกิดจุดสีน้ำตาลระหว่างเส้นใบที่ผิวบนของใบ ต่อมาจุดเหล่านี้จะขยายกว้างออกและมีสีเข้มขึ้นจนอาจกลายเป็นสีดำ เกิดจุดไหม้ (necrosis) ขึ้น สีใบซีดจางลงเป็นสีเหลืองซีดและร่วงเร็วกว่ากำหนด (Krause and Kaiser, 1977)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการดูดซึมและการกระจายของตะกั่วและสังกะสีในพืช ๒ ชนิด คือโหระพาและผักกวางตุ้ง