

การเป็นพิษของอาร์เซนิกต่อมันสำปะหลังเมื่อใส่ โพแตสเซียมอาร์เซเนตลงในดินมาบบอนร่วนปนทราย¹

Toxicity of Arsenic as Sodium Arsenate on Cassava Grown on Map Bon Sandy Loam Soil

ถวิล ครูทกุล²
Tawin Krutkun

ABSTRACT

In corporation of sodium arsenate at 100 ppm As and above on Map Bon sandy loam soil in a pot experiment had pronounced effect on cassava. Growth was stopped immediately since the first contact. There was no root on cutting of one week seedling. Branch died within a week.

บทคัดย่อ

เมื่อผสมโซเดียมอาร์เซเนตลงในดินปนของดินมาบบอนร่วนปนทรายในอัตราตั้งแต่ 100 ppm As ขึ้นไป มีผลทำให้ต้นกล้าจากท่อนมันสำปะหลังหยุดชะงักการเจริญเติบโตทั้งส่วนยอดและราก โดยเฉพาะรากไม่งอกจากท่อนพันธุ์เลย และกิ่งยอดมีใบเหลืองแล้วตายไปภายใน 1 อาทิตย์

คำนำ

การเป็นพิษของอาร์เซนิกต่อพืชได้เริ่มมีรายงานตั้งแต่ปี ค.ศ. 1936 โดยพบว่า ในสวนไม้ผลที่เคยใช้สารประกอบของอาร์เซนิกเป็นยาฆ่าวัชพืช ต้นไม้ผลมีลักษณะอาการถูกสารเป็นพิษ (Vandecaveye *et al.*; 1936) สารประกอบพวกอาร์เซนิกเป็นพิษต่อพืชไม่รุนแรงเท่าสารประกอบพวกอาร์เซนไนท์ (Dixon and Webb, 1958)

ในดินร่วนปนทราย ไม่ว่าจะเป็นสารประกอบโซเดียมอาร์เซเนต หรืออะลูมิเนียมอาร์เซเนต หรือแคลเซียมอาร์เซเนต ต่างก็สามารถลดการเจริญเติบโตของข้าวโพดได้ในระดับเดียวกัน (Woolson *et al.*; 1971) เป็นที่ทราบกันดีว่า สารประกอบอาร์เซนิก

สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช แต่ไม่กระทบต่อขบวนการหายใจของพืช (Bonner, 1949) สารประกอบอาร์เซนิกสามารถแยกขบวนการ phosphorylation ออกไป จึงสามารถหยุดการสร้าง ATP จาก ADP ในปฏิกิริยาของ Hill (Avron and Jagendorf, 1959) ลักษณะอาการเป็นพิษของอาร์เซนิกในพืชประกอบด้วย ใบพืชมีสีเหลืองจัด (chlorosis) และความเต่งตัว (turgidity) ของเนื้อเยื่อของพืชต่ำกว่าปกติ (Avron and Jagendorf, 1959)

พืชต่างชนิดกันมีความสามารถในการทนทานต่อการเป็นพิษของอาร์เซนิกแตกต่างกันออกไป พวกถั่วและแตงไม่มีความทนทานต่อการเป็นพิษของอาร์เซนิกเลย ส่วนพวกหน่อและธัญพืชมีความทนทานต่อการเป็นพิษของอาร์เซนิกบ้าง (Swingle, 1917) เมื่อใช้ตะกั่วอาร์เซนิกพบว่า ลำต้นของพืชที่แสดงการเป็นพิษง่ายไปหาพืชที่แสดงการเป็นพิษยากได้แก่ ถั่ว green bean-lima bean-spinach-กล้าปลี-มะเขือเทศ-radishes (Woolson, 1973)

ระดับความเป็นพิษของอาร์เซนิกในดินต่อพืชต่าง ๆ ยังไม่แน่นอน พบว่าขึ้นอยู่กับชนิดของสารประกอบอาร์เซนิก ชนิดของพืช และประเภทของเนื้อดิน

1 สนับสนุนโดย EGAT ผ่านบริษัท Tesco Consulting Company

2 ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในดิน *Lakeland sandy loam* เมื่อมีอาร์เซนิกทั้งหมดเกินกว่า 500 ppm พบว่าไม่มีต้นไม้มันขึ้นได้เลย (Woolson, 1973) และในดินนี้ที่มีอาร์เซนิกต่ำกว่าระดับนี้ เมื่อใส่ตะกั่วอาร์เซนิกทลงไปทำให้ดินมีค่า “available” อาร์เซนิกที่สกัดได้ ระหว่าง 6.2 ถึง 48.3 ppm As มีผลมากพอที่จะทำให้พืชผัก 6 ชนิดลดผลผลิตลงถึง 50% (Woolson, 1973)

มีรายงานการทดลองเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของฝ้าย เมื่อใส่แคลเซียมอาร์เซนิกทลงไปในดิน พบว่าในดินเนื้อละเอียด แม้จะใส่แคลเซียมอาร์เซนิกทลงมากถึง 2,000 ปอนด์ต่อเอเคอร์ ฝ้ายยังคงเจริญเติบโตเป็นปกติ แต่ในดินเนื้อหยาบ (ทราย) การเจริญเติบโตของฝ้ายลดลงอย่างมาก เมื่อใส่แคลเซียมอาร์เซนิกทลงเพียง 50 ปอนด์ต่อเอเคอร์ (Cooper *et al*, 1931; Dorman *et al*, 1939)

ในการทดลองผสมโซเดียมอาร์เซนิกทในอัตรา 10, 100, 1,000 ppm As ลงในดิน Hagerstown silt clay และ Lakeland loam แล้วหมักดินไว้ 0, 2, 4, 8, 16 และ 32 อาทิตย์ ก่อนที่จะปลูกข้าวโพดและข้าวโอ๊ต พบว่าการเจริญเติบโตของข้าวโพดเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาของการหมักดินก่อนปลูก สำหรับดินร่วนพบว่า การเจริญเติบโตของข้าวโพดและข้าวโอ๊ตลดลงเป็นอย่างมาก เมื่อใส่อาร์เซนิกท 100 ppm As ในขณะในดิน silt clay ข้าวโพดและข้าวโอ๊ตไม่ผิดปกติเลย (Woolson *et al*, 1973)

นอกเหนือจากนี้มีรายงานในแนวตรงกันข้ามคือ แทนที่อาร์เซนิกเป็นพิษต่อพืช กลับรายงานว่าแคลเซียมอาร์เซนิกทและโซเดียมอาร์เซนิกทเพิ่มผลผลิตของพืชบางชนิด

เมื่อเพิ่มแคลเซียมอาร์เซนิกทในอัตราสูงถึง 1,200 ppm As ลงไปในดิน Cecil clay พบว่า ข้าวสาลี ข้าวไรย์ และข้าวโพด มีผลผลิตสูงขึ้นไปกว่าเมื่อไม่ใส่อาร์เซนิกทเลย และในดิน Davison clay เมื่อเติมอาร์เซนิกทมากถึง 500 ppm As ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วเหลือง และฝ้าย มีผลผลิตเพิ่มมากขึ้น (Cooper *et al*, 1931) แม้แต่ในดิน Plainfield sand ซึ่งเนื้อหยาบมาก การใส่โซเดียมอาร์เซนิกท 45–90 กก. ต่อเฮกตาร์ (8–17 ppm As) ทำให้ผลผลิตของข้าวโพด

และมันฝรั่งเพิ่มขึ้น และลดผลผลิตของ snap beans (Jacobs *et al*, 1970)

ดินมาบบอนเป็นดินร่วนปนทราย ใช้ปลูกมันสำปะหลังมานานนับสิบปี ยังไม่เคยมีรายงานการเป็นพิษของโลหะหนักต่อมันสำปะหลังในบริเวณนี้ แต่ถ้าหากมีแหล่งที่จะแพร่อาร์เซนิกลงมาบนดินนี้ เช่น จากการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งจะต้องเพิ่มปริมาณอาร์เซนิกในดิน ดังนั้น จึงเป็นการสมควรที่จะทดลองเพื่อหาว่า ดินมาบบอนสามารถรับอาร์เซนิกเพิ่มเติมอีกเท่าไรจึงจะเป็นพิษต่อมันสำปะหลังถึงขั้นลดผลผลิตได้

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างดินชุดมาบบอนร่วนปนทราย เก็บมาจากไร่ฝักนิสิตศรีราชา ชลบุรี เป็นดินเนื้อหยาบ มีอินทรีย์วัตถุต่ำเพียง 0.5–1% อาร์เซนิกมีน้อยมาก บรรจุดินแห้ง 40 กก. ลงในถุงพลาสติกซึ่งอยู่ภายในกระสอบปุ๋ย ดินทุกกระสอบปุ๋ยได้รับปุ๋ย 16–20–0 จำนวน 12.5 กรัม และโปแตสเซียมซัลเฟต 4 กรัม เมื่อ 1 ก.ย. 2525 และใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 10 กรัม ร่วมกับโปแตสเซียมซัลเฟต 4 กรัม ทุกกระสอบ เมื่อ 1 ธ.ค. 2525 ใส่โซเดียมอาร์เซนิกทอัตรา 0, 100, 200, 400 ppm As ตามความต้องการของการทดลอง โดยผสมคลุกเคล้าให้เข้ากับดินผิวลึก 3 ซม. จัดเรียงกระสอบดินแบบ randomized complete block ทุกกระสอบ ดินปลูกกล้านมันสำปะหลัง ซึ่งเพาะไว้ในทราย 1 ต้น เมื่อ 1 ก.ย. 2525 ทดลอง 3 ซ้ำ ได้ให้น้ำทุกวันตลอดการทดลอง และได้ปลูกกล้านมันสำปะหลังอายุ 4 อาทิตย์ลงซ้ำแทนต้นที่ตายเมื่อ 22 ก.ย. 2525 ชุดหลังเก็บเกี่ยวเมื่อ 1 ก.พ. 2526 (เป็นเวลา 5 เดือนหลังจากปลูกครั้งที่ 2)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ภายหลังจากปลูกกล้านอายุ 1 อาทิตย์ลงในดินเป็นเวลา 1 อาทิตย์ พบว่าในดินที่ได้รับโซเดียมอาร์เซนิกทในอัตรา 100, 200, 400 ppm As ใบมันสำปะหลังมีสีเหลืองซีดและเหี่ยวทั้ง ๆ ที่ได้รับน้ำอย่างเพียงพอ การเจริญเติบโตของกิ่งแขนงที่งอกจากท่อนพันธุ์หยุด

ชะงักการเจริญเติบโต ลักษณะอาการผิดปกติยังคงพบตลอด 2 อาทิตย์ และอาการรุนแรงกว่าอาทิตย์แรก เมื่อครบ 3 อาทิตย์ ลักษณะอาการของทุกต้นที่ได้รับอาร์เซนทแสดงลักษณะอาการเป็นพิษให้สังเกตได้ชัดเจน และยิ่งไปกว่านั้น ต้นที่ได้รับอาร์เซนท 400 ppm As ใบ 4-5 ใบ รวมทั้งใบยอด ร่วงหมดคงเหลือแต่กิ่งแขนงเล็ก ๆ ที่มีสีเหลืองและเริ่มตาย เมื่อถอนกล้าขึ้นมาพบว่า ทุกท่อนพันธุ์ที่อยู่ในดินที่ได้รับอาร์เซนทไม่มีรากเลย พบแต่จุดปุ่มขาว ๆ แต่ไม่ขยาย ยีออกมาจากท่อนพันธุ์เลย ในขณะที่ของต้นที่อยู่

ในดินที่ไม่ได้รับอาร์เซนทเลย มีรากยาวกว่า 10 ซม. มากกว่า 15 ราก

ชุดที่ 2 ที่ปลูกทดแทนชุดแรกโดยใช้ต้นกล้าอายุ 4 อาทิตย์ มีรากขยายเต็มถุงทรายที่ใช้เพาะภายหลังการปลูกได้ 4 เดือน พบว่าในดินที่ได้รับอาร์เซนทต้นมันสำปะหลังเกือบไม่มีการเจริญเติบโต ต่างไปจากต้นกล้าอายุ 4 อาทิตย์ที่เริ่มปลูกเลย ความสูงปลายยอดกิ่งแขนง จำนวนกิ่งแขนง น้ำหนักแห้งทั้งหมด น้ำหนักใบแห้ง น้ำหนักกิ่งแขนงแห้ง น้ำหนักแห้งของราก จำนวนรากต่อต้น และน้ำหนักรากสด แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง ชุด 2

อาร์เซนท ที่ใส่เพิ่ม ppm As	ความสูง กิ่งแขนง ซม.	จำนวน กิ่งแขนง ต่อต้น	น้ำหนักแห้ง ทั้งหมด กรัม/ต้น	น้ำหนักใบ แห้ง กรัม/ต้น	น้ำหนักกิ่ง แขนงแห้ง กรัม/ต้น	น้ำหนัก รากแห้ง กรัม/ต้น	จำนวน ราก ต่อต้น	น้ำหนักรวม สด กรัม/ต้น
0	79.33a*	2.33a	212.06a	15.90a	41.77a	154.4a	14.0a	529.4a
100	10.67b	1.33b	0.09b	0.06b	0.02b	0.0b	0.0b	0.0b
200	12.33b	1.00b	0.09b	0.01b	0.09b	0.00b	0.0b	0.0b
400	10.00b	1.00b	0.01b	0.00b	0.01b	0.0b	0.0b	0.0b
Lsd 0.05	11.71	0.698	28.60	4.78	14.04	46.52	1.37	144.81
1 sd 0.01	18.94	1.128	46.34	7.73	22.72	75.24	2.22	234.25
CV (X), %	21.48	25.26	27.81	61.69	69.06	62.02	20.20	69.00

* กำกับด้วยอักษรต่างกันเมื่อแตกต่างกันด้วยระดับความเชื่อมั่น 99%

ต้นมันสำปะหลังทุกต้นที่ปลูกในดินที่ได้รับโซเดียมอาร์เซนททุกระดับ ตั้งแต่ 100 ppm As ขึ้นไป ล้วนหยุดการเจริญเติบโต คือ มีการเจริญเติบโตเท่ากับต้นกล้าที่ปลูก (ต้นกล้าอายุ 4 อาทิตย์ปลูกไว้ในทราย) กิ่งแขนงยังคงสูงประมาณ 10 ซม. ตลอดเวลา 4 เดือน กิ่งแขนงไม่มีการแตกเพิ่ม ใบยังคงมีสีเขียวในอัตราต่ำ ส่วนในอัตราสูงใบได้ร่วงตายไปบ้าง ตลอดเวลา 4 เดือน ต้นมันที่อยู่ในดินที่ได้รับอาร์เซนทไม่มีรากเหลืออยู่เลย รากเก่าที่ติดมากับต้นกล้าได้เน่าหลุดออกไปจากท่อนพันธุ์ ดังนั้น จึงไม่มีหัวเลย (ตารางที่ 1)

ลักษณะอาการผิดปกติของใบที่พบในต้นที่ได้รับอาร์เซนททุกอัตรา ทุกชุดตรงกันกับลักษณะอาการเป็นพิษของอาร์เซนิกที่ตรวจพบในเอกสาร

อ้างอิง (Avron and Jagendorf, 1959) ประกอบกับข้อมูลเกี่ยวกับการหยุดชะงักการเจริญเติบโตและไม่ให้ผลผลิตของต้นที่ได้รับอาร์เซนท ล้วนแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า อาร์เซนทจากโซเดียมอาร์เซนท อัตราตั้งแต่ 100 ppm As ขึ้นไป มีความเป็นพิษรุนแรงต่อมันสำปะหลัง อาจเนื่องมาจากการเป็นพิษของอาร์เซนท โดยทำหน้าที่แยกขบวนการ phosphorylation หยุดปฏิกิริยาของ Hill (Dixon and Webb, 1958) แต่ยังคงมีการหายใจเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตที่ใบพอสร้างได้บ้าง และไม่เหลือคาร์โบไฮเดรตให้สร้างการเจริญเติบโตต่อไปได้ จึงมีผลทำให้การเจริญเติบโตของกิ่งแขนง และรากหยุดชะงักตลอดเวลา และที่รุนแรงมากอาจทำให้ต้นตายได้

เอกสารอ้างอิง

Avron, M. and A.T. Jagendorf. 1959. *J. Biol Chem.* 234 : 967-972.

Bonner, J. 1949. *Bot. Gaz.* 110 : 625.

Cooper, H.P., W.R. Paden, E.E. Hall, W.B. Albert, W.B. Rogers and J.A. Riley. 1931. South Carolina Agr. Exp. Sta 44 th. *Ann. Rep.* 28-36.

Ibrid. 1932. South Carolina Agr. Exp. Sta. 45 th. *Ann. Rep.* 23-27.

Dorman, C. F.H. Tucker and R. Coleman. 1939. *J. Amer. Soc. Agron.* 31 : 966-971.

Dixon, M. and E.C. Webb. 1958. *Enzymes.*

New York : Academic Press Inc. 722 pp.

Jacobs, L.W., D.R. Keeney and L.M. Walsh. 1970. *Agron. J.* 62 : 588-591.

Swingle, D.B. 1917. *Montana State Rep.* 236-237.

Vandecaveye, S.C., G.M. Horner and C.M. Keaton. 1936. *Soil Sci.* 42 : 203-215.

Woolson, E.A., J.H. Axley and P.C. Kearney. 1971. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 35 : 101-105.

Woolson, E.A. 1973. *Weed Sci.* 21 : 524-527.

Woolson, E.A., J.H. Axley and P.C. Kearney 1973. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 37 : 254-259.