

ผลกระทบของดินกรดต่อการเจริญเติบโตของพืชและจุลินทรีย์

The effect of acidic soil on the growth of plants and microorganisms

วรารักษ์ นุชฉาย *

ดินกรดหรือดินเปรี้ยวเป็นปัญหาของดินที่สำคัญปัญหาหนึ่งในประเทศไทย และในบริเวณอื่นๆของโลก ดินที่เป็นกรด คือดินที่มีค่าความเป็นกรด-เบสต่ำกว่า 7 ในประเทศไทย พบดินกรด 3 ชนิด ได้แก่ ดินเปรี้ยวจัดหรือดินกรดกำมะถัน (Acid sulfate soil) ส่วนใหญ่พบตามที่ราบลุ่มที่มีน้ำขังตลอดฤดูฝน ความเป็นกรดเกิดจากกรดกำมะถัน มีเนื้อที่ทั้งหมด 5,510, 144 ไร่ ดินอินทรีย์หรือดินพรุเป็นลุ่มน้ำที่มีน้ำขังตลอดปี มีซากพืชทับถมกัน เกิดการย่อยสลายจนเกิดกรดอินทรีย์ขึ้น และดินกรดธรรมชาติหรือดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกรด เป็นดินที่ผ่านการชะล้างหรือใช้ประโยชน์จนดินเสื่อมคุณภาพ มีอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารน้อย มีเนื้อที่ 143, 940, 006 ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2549; พินิติ รตะนานุกูล และคณะ, 2542) ดินกรดส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตที่เกี่ยวข้องกับดินทั้งพืช และจุลินทรีย์ ชนิดและกิจกรรมของจุลินทรีย์ต่างๆในดินกรดมีลักษณะต่างไปจากดินที่เป็นกลาง การเจริญเติบโตของพืชในดินที่เป็นกรดต่ำกว่าดินที่เป็นกลางเช่นกัน จึงเป็นที่น่าสนใจว่าดินกรดนั้นส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชและจุลินทรีย์ได้อย่างไร

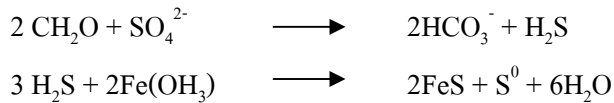
การแพร่กระจายของดินกรดกำมะถันและการก่อตัว

ดินกรดโดยเฉพาะดินกรดกำมะถันเป็นปัญหาดินที่สำคัญปัญหาหนึ่งในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พบพื้นที่ส่วนใหญ่ที่เป็นดินกรดนี้ ตามชายฝั่งและที่ราบลุ่มแม่น้ำในหลายประเทศ ตัวอย่างเช่น บริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำโขงในเวียดนาม (Husson et al., 2000) ชายฝั่งตะวันตกของคาบสมุทรมาเลเซีย (Shamshuddin et al., 2004) ที่ราบชายฝั่งของเกาะสุมาตรา กาลีมันตัน และอิเรียนจายา ในอินโดนีเซีย (Bronswijk et al., 1995) ฟิลิปปินส์ (Dobermann et al., 1995) และภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (Asadi et al., 2002; Granat, et al., 1996; Lesturgez et al., 2006) และที่ราบลุ่มแม่น้ำบางปะกงรวมถึงจังหวัดระยองและจังหวัดชลบุรี (Hungspreugs et al., 1990).

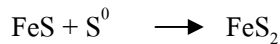
*อาจารย์ประจำสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์



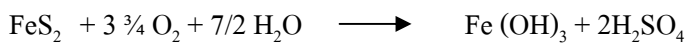
การเกิดขึ้นของดินกรดกำมะถันเกิดจากดินเลนในบริเวณป่าชายเลนหรือระบบนิเวศที่คล้ายคลึงกัน ความเป็นกรดที่เกิดขึ้นเริ่มจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดินเลน โดยแบคทีเรียที่รีดิวซ์ซัลเฟตในสภาพไร้ออกซิเจนเช่น *Desulfovibrio* และ *Desulfotomaculum* โดยใช้ซัลเฟตที่พบปริมาณมากในน้ำทะเล แบคทีเรียกลุ่มนี้เปลี่ยนซัลเฟตให้เป็นซัลไฟด์ซึ่งจะสะสมในดินเลนในรูปไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือรวมตัวกับไอออนของเหล็กในดินได้เป็นตะกอนสีดำที่ไม่ละลายน้ำของไอรอนซัลไฟด์ (FeS) ดังสมการ (Golez, 1995):



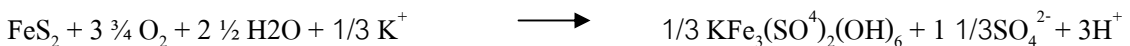
ไอรอนซัลไฟด์จะถูกเปลี่ยนอย่างช้าๆ ไปเป็นไพไรต์ (FeS₂) ดังสมการ:



Thiobacillus ferrooxidans เป็นแบคทีเรียที่เปลี่ยนเฟอร์รัสไอออน (Fe²⁺) ไปเป็นเฟอร์ริกไอออน (Fe³⁺) ในขณะเดียวกัน *Thiobacillus thiooxidans* เป็นแบคทีเรียที่ผลิตกรดโดยออกซิไดส์กำมะถันไปเป็นซัลเฟต (SO₄²⁻) ซึ่ง เฟอร์ริกไอออน นี้ทำปฏิกิริยากับไพไรต์ภายใต้สภาวะที่มีความชื้นได้เฟอร์ริกไฮดรอกไซด์และกรดกำมะถันขึ้นและทำให้ค่าความเป็นกรด-เบส ของดินลดลงเป็น 2.0 – 3.5 ดังสมการ (Golez, 1995)



ถ้าเฟอร์ริกไอออนถูกไฮโดรไลซ์ไม่สมบูรณ์ จะได้ จาโรไซต์ (jarosite)



ดินกรดกำมะถันสามารถสังเกตได้จากแถบสีส้ม-แดงของไอรอนออกไซด์ แถบสีเหลืองของจาโรไซต์เมื่อขุดดูรูปแบบของดิน บ่อเลี้ยงปลาหรือนาข้าวที่ทำในดินที่เป็นกรดสูงและมีฟอสเฟตมากทำให้ข้าวโตช้า อัตราการตายของปลาสูง การเจริญของรากพืชไม่ดี การตอบสนองต่อน้ำในช่วง 3 ปีแรกของการใช้ดิน (Golez, 1995) การที่ดินกรดมีผลต่อการเจริญของพืชส่วนหนึ่งเป็นเพราะความเป็นกรดของดินเพิ่มการละลายของธาตุโลหะที่เป็นพิษในดิน เช่น Al³⁺ และ Mn²⁺ รวมทั้งมีธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในรูปที่พืชนำไปใช้ได้ต่ำ (Kidd and Proctor, 2001)

ผลกระทบของดินกรดต่อจุลินทรีย์ในดิน

ค่าความเป็นกรด-เบส ของดินเป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมชุมชนจุลินทรีย์ในดิน เมื่อค่าความเป็นกรด-เบส ของดินต่ำลง จำนวนของราจะเพิ่มขึ้นในขณะที่จำนวนของแบคทีเรียจะลดลง ซึ่งทำให้อัตราส่วนระหว่างราต่อแบคทีเรียสูงขึ้นเมื่อค่าความเป็นกรด-เบส ลดลง ตัวอย่างเช่น อัตราส่วน



ระหว่างราต่อแบคทีเรียในดินที่มีค่าความเป็นกรด-เบส 6 เป็น 83 ต่อ 17 แต่ในดินที่มีค่าความเป็นกรด-เบส 3 เป็น 97 ต่อ 3 (Blagodatskaya and Anderson, 1998) เชื่อกันว่ารากลายเป็นกลุ่มของจุลินทรีย์ที่เด่นในดินกรดเพราะราเป็นกลุ่มของจุลินทรีย์ที่ทนต่อสภาวะกรดได้ดีจึงแข่งขันกับจุลินทรีย์อื่นๆ ได้ดีขึ้นในสภาวะเช่นนั้น การเติมหินปูนลงในดินเพื่อเพิ่มค่าความเป็นกรด-เบสจะลดจำนวนประชากรของราลงและเพิ่มประชากรของแบคทีเรีย (Shah et al., 1990)

ในสภาวะที่ดินเป็นกรดนั้น จุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีเป็นกลุ่มของจุลินทรีย์ที่ชอบกรด (Acidophilic microorganism) ซึ่งมีหลายกลุ่ม เช่น แบคทีเรียที่ออกซิไดซ์กำมะถัน (ตัวอย่างเช่น *Thiomonas cuprinus* และ *Sulfurococcus mirabilis*) แบคทีเรียที่ออกซิไดซ์เหล็ก (ตัวอย่างเช่น *Thiobacillus ferrooxidans* และ *Sulfobacillus acidophilus*) สาหร่ายขนาดเล็ก (ตัวอย่างเช่น *Euglena* spp *Chlorella* spp. และ *Chlamydomonas acidophila*) อาร์เคียแบคทีเรียและรา (Johnson, 1998)

การย่อยสลายสารอินทรีย์ในดินเป็นกิจกรรมที่สำคัญอย่างหนึ่งของจุลินทรีย์ ซึ่งเกิดขึ้นในดินกรดน้อยกว่าในดินที่เป็นกลาง เช่นการย่อยสลายแอนทราซีน (anthracene) ซึ่งเป็นสารประกอบกลุ่มโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่งโดย *Sphigomonas paucimobilis* BA2 และการย่อยสลายไพรีนโดย *S. paucimobilis* BP9 ในดินกรด (ค่าความเป็นกรด-เบส 5.2) เกิดได้ช้ากว่าในดินที่เป็นกลาง (ค่าความเป็นกรด-เบส 7.0) (Käsner et al., 1998) ไม่แต่เฉพาะการย่อยสลายของแบคทีเรียเท่านั้น กิจกรรมการย่อยสลายของราลดลงเมื่อค่าความเป็นกรด-เบสของดินลดลงเช่นกัน เช่นการย่อยสลายสารประกอบกลุ่มโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนโดยรา *Irpex lacteus* เป็น 75% ในดินที่มีค่าความเป็นกรด-เบส 7.5 และลดลงเป็น 50.7% ในดินที่มีค่าความเป็นกรด-เบส 6.3 (Leonardi et al., 2007) นอกจากนั้น การเติมเชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas* sp. UG14Lr ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ย่อยสลายฟิแนนทรินได้ดีและคัดแยกได้จากดินที่เป็นกลาง เมื่อนำมาเติมลงในดินกรดที่ปนเปื้อนฟิแนนทริน การรอดชีวิตและอัตราการย่อยสลายฟิแนนทรินของแบคทีเรียจะต่ำมาก (Chouychai, 2008)

ปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่สำคัญในวัฏจักร ไนโตรเจน โดยเป็นการเปลี่ยนไนโตรเจนในรูปสารประกอบไปเป็นก๊าซไนโตรเจนเกิดในดินกรดได้ต่ำกว่าดินที่เป็นกลางเช่นกัน Parkin และคณะ (1985) เปรียบเทียบกิจกรรมการเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันในดินที่มีค่าความเป็นกรด-เบส 4.08 และ 6.02 พบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันในดินกรด (1,530 ng N/g soil) ต่ำกว่าในดินที่เป็นกลาง (5,640 ng N/g soil)

เมื่อค่าความเป็นกรด-เบส ของดินต่ำจะทำให้โลหะหนักที่เป็นพิษละลายออกจากดินมาอยู่ในรูปสารละลายมากขึ้นซึ่งจะเป็นพิษต่อการเจริญของแบคทีเรียในดินกรดได้ ความทนทานต่อโลหะหนักของแบคทีเรียขึ้นกับความสามารถในการเข้าสู่เซลล์ของโลหะ โดยทั่วไป แบคทีเรียแกรมบวก



จะไวต่อโลหะมากกว่าแบคทีเรียแกรมลบ ส่วนกลุ่มที่ไวต่อโลหะน้อยที่สุดคือแอคติโนมัยซีท (Actinomycetes) กลไกความเป็นพิษของโลหะต่างชนิดกันจะต่างกัน เช่น ความเป็นพิษของตะกั่ว คือ การรบกวนโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ (Sterritt and Lester, 1980) แบคทีเรียที่ไม่ทนต่อดินกรด มักจะไม่ทนต่อโลหะหนักด้วย เช่นเมื่อเดิม *Pseudomonas* sp. UG14Lr ลงในดินที่ปนเปื้อนฟิแนนทริน ที่เป็นกลางแต่มีโลหะหนัก เช่น แคดเมียม ตะกั่ว สารหนู ปนเปื้อนร่วมด้วย อัตราการรอดชีวิต และ อัตราการย่อยสลายฟิแนนทรินจะต่ำลงเช่นกัน (Somtrakoon, 2008)

ผลกระทบของดินกรดต่อการเจริญของพืช

เมื่อค่าความเป็นกรด-เบส ของดินต่ำจะชะลอการเจริญเติบโตของพืชซึ่งเป็นผลมาจากการที่โลหะหนักที่เป็นพิษละลายออกมาในดินมากขึ้น ตัวอย่างเช่น แมกนีเซียม (Mg), แมงกานีส (Mn), โบรอน (B) และอะลูมิเนียม (Al), การทำให้ไนโตรเจน (โดยเฉพาะในรูป NH_4^+), ฟอสฟอรัส และ โมลิบดีนัม (Mo) อยู่ในรูปที่นำไปใช้ได้ยาก และการมี H^+ หรือกรดฟิโนลิกจำนวนมากในดิน (Kidd and Proctor, 2001) ความเป็นพิษของโลหะหนักเหล่านี้โดยเฉพาะอะลูมิเนียมถือว่าเป็น ความเป็นพิษหลักในดินกรด ดินที่มีค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากันแต่มีปริมาณของอะลูมิเนียมต่างกัน ดินที่มีอะลูมิเนียมมากกว่า จะแสดงความเป็นพิษต่อพืชมากกว่า (เจริญ เจริญจรัสชีพ และคณะ, 2540)

ความเป็นพิษของอะลูมิเนียมต่อพืชส่วนใหญ่พบที่ราก ได้แก่การลดความยาวราก เพิ่มความ อวบหนาของราก และรบกวนการดูดซึมน้ำของราก และส่งผลต่อคุณสมบัติความเป็นเยื่อเลือกผ่าน ของเยื่อหุ้มเซลล์ โดยจับกับหมู่คาร์บอกซิลและหมู่ฟอสเฟตที่ผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ (Gunsé et al., 1997) ยับยั้งการใช้และการเคลื่อนย้ายแคลเซียมไปยังยอด จับกับฟอสเฟตในดีเอ็นเอ ทำให้การแบ่งเซลล์ถูกยับยั้ง (เจริญ เจริญจรัสชีพ และคณะ, 2540) Al^{3+} จะทำให้ความยาวของรากพืช ที่เจริญในดินกรดลดลง พืชที่ไวต่อ Al^{3+} เช่น โกโก้ (*Theobroma cacao*) จะเติบโตได้ไม่ดีในดินกรด ที่มีกำมะถันมาก ค่าวิกฤติของ Al^{3+} ต่อการเจริญของพืชขึ้นกับชนิดพืชและความทนทานของพืช ชนิดนั้นๆ เช่น การเจริญของต้นกล้าปาล์มน้ำมันถูกยับยั้งด้วย Al^{3+} ความเข้มข้น 100 M การเติมวัสดุ อินทรีย์เช่น พีท (peat) ให้เกิดสารเชิงซ้อนกับอะลูมิเนียมทำให้อะลูมิเนียมในรูปสารละลายในดินลดลง จะลดความเป็นพิษของอะลูมิเนียมต่อโกโก้ได้ โดยทำให้ความสูงและความยาวรากของโกโก้ที่ปลูก ในดินที่เติมพีทเพิ่มขึ้นมากกว่าโกโก้ที่ปลูกในชุดควบคุม (Shamshuddin et al., 2004).

ความเป็นพิษของโบรอน ต่อพืชพบในดินกรดเช่นกัน เมื่อ ค่าความเป็นกรด-เบส ของดิน ลดลง โบรอนจะอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้มากขึ้น การเติมหินปูนลงในดินทำให้การดูดซับโบรอน ของพืชลดลง โบรอนเป็นพิษกับหญ้าและพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมากกว่าพืชใบเลี้ยงคู่ ระดับความเข้มข้นที่เป็น



พืชต่างกันไปในแต่ละสปีชีส์ โดยทั่วไประดับที่เป็นพิษอยู่ที่ประมาณ 50 – 100 mg/kg (Clark et al., 1999) แมงกานีสที่ความเข้มข้นสูงจะลดการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของพืชโดยการเพิ่มระดับของออกซิเจนที่อยู่ในรูปที่ว่องไวต่อปฏิกิริยา (ROCs) ได้แก่ ซูเปอร์ออกไซด์ แรดิคัล (superoxide radical) ไฮดรอกซิล แรดิคัล (hydroxyl radical) และไฮโดรเจน ซูเปอร์ออกไซด์ (hydrogen superoxide) ทั้งทางตรงและทางอ้อม ROCs เหล่านี้จะไปทำลายสารชีวโมเลกุล เช่น รงควัตถุ ในคลอโรพลาสต์ เอนไซม์ และกรดนิวคลีอิก แมงกานีสที่มากเกินไปจะเพิ่มระดับของ กรดไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่เกิดจากการเกิดปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชันของไขมันในแสงกว่า ความเป็นพิษต่อข้าว ทำให้คลอโรพลาสต์กระจายตัวไม่สม่ำเสมอ ทำให้ขอบใบข้าวเป็นสีขาว มีจุดสีน้ำตาลเป็นหย่อมๆ ความเป็นพิษของโลหะหนักอื่นๆต่อเซลล์พืชใกล้เคียงกับความเป็นพิษของแมงกานีส (Shi et al., 2006; เจริญ เจริญจรัสชีพ และคณะ, 2540)

เมื่อค่าความเป็นกรด-เบส ภายนอกกลายเป็นกรด การไหลสุทธิของ H^+ เข้าสู่เซลล์ปลายรากเพิ่มขึ้นและทำให้ ค่าความเป็นกรด-เบส ของไซโทพลาสซึมลดลง โปรตีนขับ H^+ ที่เชื่อมเซลล์ของรากจะถูกกระตุ้นให้ทำงานเพื่อควบคุมระดับของ ค่าความเป็นกรด-เบส ไว้ (Xia and Roberts, 1996) การกระตุ้นการทำงานของโปรตีนขับ H^+ ในพืชแต่ละสปีชีส์จะต่างกัน Yan และคณะ (1992) เปรียบเทียบการปล่อยโปรตรอนสุทธิและการเจริญของรากข้าวโพด (*Zea mays*) และ broad bean (*Vicia faba*) ที่เจริญในอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-เบส ระหว่าง 3.25 – 6.5 ซึ่งพบว่า อาหารที่เป็นกรดลดการปล่อยโปรตรอนสุทธิจากพืชทั้งสองชนิด แต่ข้าวโพดมีความทนทานต่อโปรตรอนระดับสูงมากกว่า broad bean เช่นที่ค่าความเป็นกรด-เบส 4, รากข้าวโพดยังคงเพิ่มระดับของ ATP ที่จำเป็นต่อการทำงานของโปรตีนขับ H^+ ได้แต่ไม่พบการทำงานนี้ในราก broad bean ที่ค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากัน การควบคุมค่าความเป็นกรด-เบสของไซโทพลาสซึมไม่ได้ นอกจากจะส่งผลกระทบต่อระบบควบคุมค่าความเป็นกรด-เบสทางชีวฟิสิกส์ (เช่น การขับโดยโปรตีน) แล้วยังส่งผลกระทบต่อระบบควบคุมค่าความเป็นกรด-เบสทางชีวเคมีของเซลล์ เช่น ลดระดับของมาเลตด้วย

ปริมาณของ H^+ ที่มากเกินไปจะแข่งขันกับไอออนบวกอื่นๆซึ่งจะไปรบกวนการขนส่งและการนำไอออนอื่นๆเข้าสู่พืช การปรับตัวของพืชที่เจริญในดินที่เป็นกรดสูงจะเพิ่มการขับ H^+ ออกจากเซลล์โดยใช้พลังงาน Yan และคณะ (1998) รายงานว่ารากข้าวโพดที่เลี้ยงแบบไม่ใช้ดิน และอยู่ในอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-เบส 3.5 ปล่อย H^+ เป็น 3 เท่าของรากข้าวโพดที่อยู่ในอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-เบส 6.0 เชื้อหุ้มเซลล์ของเซลล์รากข้าวโพดที่อยู่ในอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-เบส 3.5 มีการทำงานของเอนไซม์ ATPase สูงกว่าเซลล์รากข้าวโพดที่อยู่ในอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-เบส 6.0 ถึง 20%



พืชตระกูลถั่วส่วนใหญ่ต้องการค่าความเป็นกรด-เบสที่เป็นกลางหรือเป็นกรดเล็กน้อยเพื่อให้การตรึงไนโตรเจนร่วมกับไรโซเบียมเกิดได้ดี ดินกรดจะลดอัตราการรอดชีวิตของไรโซเบียมในดินและลดการเกิดปม ทำให้การตรึงไนโตรเจนลดลงด้วย การลดลงของการตรึงไนโตรเจนเกิดจากความไวต่อกรดของแบคทีเรียไรโซเบียมมากกว่าพืช (Anelini et al., 2003) การเกิดปมที่แตกต่างกันในดินกรดของพืชตระกูลถั่วขึ้นกับความสามารถในการควบคุมค่าความเป็นกรด-เบส ในบริเวณไรโซสเฟียร์ของพืชนั่นเองด้วย เช่น *Medicago murex* ซึ่งเกิดปมในดินที่เป็นกรดได้ดีกว่า *M. sativa* เพราะ *M. murex* รักษาระดับของค่าความเป็นกรด-เบส ในไรโซสเฟียร์ได้ดีกว่า *M. sativa* (Cheng et al., 2004) การเกิดปมของพืชตระกูลถั่วยังไวต่ออะลูมิเนียมและไวกว่าการเจริญเติบโตของพืช การเกิดปมและจำนวนปมของถั่วลดลงเมื่อเจริญในดินกรด มากกว่าการลดลงของน้ำหนักแห้งของถั่ว การเกิดปมที่รากถั่วที่เจริญในดินกรดลดลงได้แม้ว่าจำนวนไรโซเบียมในดินยังไม่ได้ลดลง (Zahran, 1999) นอกจากนั้นไรโซเบียมที่ทนต่อสภาวะที่เป็นกรดและยังเกิดปมได้ดีในดินกรด จะสร้าง *Nod* factor ซึ่งเป็นโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการเข้าไปสู่รากถั่วที่มีรูปแบบต่างไปจากของไรโซเบียมสายพันธุ์ที่ไม่ทนกรด (Morón et al., 2005)

พืชที่มีความทนทานต่อดินกรดจะมีการปรับปรุงตนเองเพื่อการอยู่รอด เช่นเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซึมธาตุอาหารในดินกรด พืชบางชนิดโดยเฉพาะในวงศ์ *Proteaceae* ตอบสนองต่อสภาวะที่ขาดแคลนฟอสฟอรัส โดยการสร้างรากกลุ่ม (cluster or proteoid roots) การอยู่ร่วมกันระหว่างพืชกับไมคอร์ไรซาช่วยให้พืชที่เป็นเจ้าบ้านดูดซึมธาตุอาหารได้ง่ายขึ้น รวมทั้งฟอสฟอรัสด้วย (Kidd and Proctor, 1998) ไมคอร์ไรซามีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความทนทานต่อดินกรดให้กับพืชที่เป็นเจ้าบ้าน ตัวอย่างเช่น มันฝรั่งหวาน (*Ipomoea batatas*) ที่ปลูกพร้อมเชื้อรา *Gigaspora margarita* เติบโตในดินที่มีค่าความเป็นกรด-เบส 4.2 และ 5.2 จะมีน้ำหนักแห้งของยอดและรากสูงกว่ามันฝรั่งหวานที่ปลูกโดยไม่เติมเชื้อรา (Yano and Takaki, 2005)

สรุป

ดินกรดจัดว่าเป็นสภาวะหนึ่งที่ไม่เหมาะสมสำหรับการเจริญของพืชและจุลินทรีย์โดยทั่วไป และทำให้เกิดการคัดเลือกโดยธรรมชาติ สิ่งมีชีวิตที่ปรับตัวให้เข้ากับสภาวะดินกรดได้ก็จะอยู่รอด และดำรงเผ่าพันธุ์ต่อไปได้ ผลกระทบของดินกรดต่อการเจริญของพืชและจุลินทรีย์เป็นได้ทั้งผลที่เกิดจาก H^+ ที่เพิ่มขึ้นโดยตรง ซึ่งมีผลต่อการควบคุมระดับของค่าความเป็นกรด-เบสในเซลล์และการขนส่งไอออนบวกอื่นเข้าสู่เซลล์ และผลที่เกิดจากการเพิ่มการละลายของไอออนโลหะหนักที่เป็นพิษในดิน เมื่อค่าความเป็นกรด-เบสต่ำลงโดยเฉพาะการละลายเพิ่มขึ้นของอะลูมิเนียม สิ่งมีชีวิตที่ปรับตัวให้เจริญ



ในดินกรดได้ดี จะต้องปรับตัวให้อยู่รอดในสภาวะที่มี H^+ และไอออนโลหะหนักสูงได้ ดังเช่น การเพิ่มความสามารถในการควบคุมปริมาณ H^+ ของรากข้าวโพดในสภาวะที่เป็นกรด การอยู่ร่วมกันระหว่างสิ่งมีชีวิตเช่น รากพืชกับไมคอร์ไรซา เป็นการปรับตัวอีกรูปแบบหนึ่งของสิ่งมีชีวิตเพื่อให้สามารถอยู่รอดในสภาวะที่ไม่เหมาะสมได้ดี

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. (2549). ดินที่มีปัญหาในประเทศไทย.

http://www.ddd.go.th/Lddwebsite/web_osl/pdf/book/problems_final.pdf

สืบค้นวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2552

เจริญ เจริญจำรัสชีพ, กำชัย กาญจนชนเศรษฐ, และ เมธิณี ศิริวงศ์. (2540). การจัดการดินกรดในประเทศไทย

http://www.ddd.go.th/Lddwebsite/web_ord/Technical/pdf/P_Technical04042_04.pdf

สืบค้นวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2552

พนิตี ระตะนากุล. (2542). โครงการวิจัยชุดพัฒนาสังคม เรื่องที่ 1 สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ บทที่ 3 ดินกับโครงการพระราชดำริเรื่องดินเปรี้ยว. <http://www.swu.ac.th/royal/book1/b1c3t4.html>

สืบค้นวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2552

Anelini, J., Castro, S., and Fabra, A. (2003). Alteration in root colonization and *nodC* gene induction in the peanut-rhizobia interaction under acidic conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, 41, 289-294.

Asadi, M. E., Clemente, R. S., Gupta, A. D., Loof, R., and Hansen, G. K. (2002). Impacts of fertigation via sprinkler irrigation on nitrate leaching and corn yield in an acid-sulphate soil in Thailand. *Agricultural Water management*, 52, 197-213.

Blagodatskaya, E. V., and Anderson, T. (1998). Interactive effects of pH and substrate quality on the fungal-to-bacterial ratio and qCO_2 of microbial communities in forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 30(10/11), 1269-1274.



- Bronswijk, J. J. B., Groenenberg, J. E., Ristsema, C. J., van Wijk, A. L. M., and Nugroho, K. (1995). Evaluation of water management strategies for acid sulfate soil using a simulation model: A case study in Indonesia. *Agricultural Water Management*, 27, 125-142.
- Cheng, Y., Howieson, J. G., O'Hara, G. W., Watkin, E. L. J., Souche, G., Jaillard, B., and Hinsinger, P. (2004). Proton release by plant roots of *Medicago murex* and *Medicago sativa* growing in acidic conditions, and implications for rhizosphere pH changes and nodulation at low pH. *Soil Biology and Biochemistry*, 36, 1357 – 1365.**
- Chouychai, W. 2008. *Bioremediation of PAH-contaminated soil by plant-microbe interaction*. Doctoral Dissertation, Burapha University**
- Clark, R. B., Zeto, S. K., Ritchey, K. D., and Baligar, V. C. (1999). Boron accumulation by maize grown in acidic soil amended with coal combustion products. *Fuel*, 78, 179 – 185.**
- Dobermann, A., Goovaert, P., and George, T. (1995). Sources of soil variation in an acid ultisol of the Philippines. *Geoderma*, 68, 173-191.**
- Golez, N. V. (1995). Formation of acid sulfate soil and its implications to brackishwater ponds. *Aquacultural Engineering*, 14 (4), 297-316.
- Granat, L., Suksomsankh, K., Simachaya, S., Tabucanon, M., and Rodhe, H. (1996). Regional background acidity and chemical composition of precipitation in Thailand. *Atmospheric Environment*, 30, 1589-1596.**
- Gunsé, B., Poschenrieder, C., and Barceló, J. (1997). Water transport properties of roots and root cortical cells in proton- and Al-stress maize varieties. *Plant Physiology*, 113, 595-602.**
- Hungspreugs, M., Dharmvanij, S., Utoomprukporn, W., and Windom, H. L. (1990). A comparative study of the trace metal fluxes of the Bang Pakong and the Mae Klong rivers, Thailand. *The Science of the Total Environment*, 97/98, 89-102
- Husson, O., Verburg, P. H., Phung, M. T., and Van Mensvoort, M. E. F. (2000). Spatial variability of acid sulfate soils in the plain of Reeds, Mekong delta, Vietnam. *Geoderma*, 97, 1-9.



- Johnson, D. B. (1998). Biodiversity and ecology of acidophilic microorganisms. *FEMS Microbiology Ecology*, 27, 307-317.
- Kästner, M., Breuer-Jammali, M., and Mahro, B. (1998). Impact of inoculation, and pH on the degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and survival of PAH-degrading bacteria introduced into soil. *Applied and Environmental Microbiology*, 64(1), 359-362.
- Kidd, P. S., and Proctor, J. (2001). Why plants grow poorly on very acid soil: Are ecologists missing the obvious? *Journal of Experimental Botany*, 52 (357), 791-799.
- Leonardi, V., Šašek, V., Petruccioli, M., D'Annibale, A., Erbanová, P., and Cajthaml, T. (2007). Bioavailability modification and fungal biodegradation of PAHs in aged industrial soils. *International Biodeterioration and Biodegradation*, in press.
- Lesturgez, G., Poss, R., Noble, A., Grüberger, O., Chintachao, W., and Tessier, D. (2006). Soil acidification without pH drop under intensive cropping systems in Northeast Thailand. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 114, 239-248.
- Morón, B., Soria-Díaz, M. E., Ault, J., Verrolos, G., Noreen, S., Rodríguez-Navarro, D. N., Gilserrano, A., Thomas-Oates, J., Megías, M., and Sousa, C. (2005). Low pH changes the profile of nodulation factors produced by *Rizobium tropici* CIAT899. *Chemistry and Biology*, 12, 1029-1040.
- Parkin, T. B., Sexstone, A. J., and Tiedje, J. M. (1985). Adaptation of denitrifying populations to low soil pH. *Applied and Environmental Microbiology*, 49, 1053-1056
- Shi, Q., Zhu, Z., Xu, M., Qian, Q., and Yu, J. (2006). Effect of excess manganese on the antioxidant system in *Cucumis sativas* L. under two light intensities. *Environmental and Experimental Botany*, 58, 197 – 205.
- Shamshuddin, J., Muhrizal, S., Fauziah, I., and Husni, M. H. A. (2004). Effect of adding organic material to an acid sulfate soil on growth of cocoa (*Theobroma cacao* L.) seedling. *Science of the Total Environment*, 323, 33-45.
- Somtrakoon, K. 2008. *Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil*. Doctoral Dissertation, Burapha University



- Sterritt, R. M., and Lester, J. N. (1980). Interaction of heavy metals with bacteria. *Science of the Total Environment*, 14, 5-17.
- Xia, J., and Roberts, J. K. M. (1996). Regulation of H^+ extrusion and cytoplasmic pH in maize root tips acclimated to a low oxygen environment. *Plant Physiology*, 111, 227-233.
- Yan, F., Feuerle, R., Schäffer, S., Fortmeier, H., and Schubert, S. (1998). Adaptation of active proton pumping and plasmalemma ATPase activity of corn roots to low root medium pH. *Plant Physiology*, 117, 311-319.
- Yan, F., Schubert, S., and Mengel, K. (1992). Effect of low root pH medium on net proton release, root respiration, and root growth of corn (*Zea mays* L.) and broad bean (*Vicia faba* L.). *Plant physiology*, 99, 415-421.
- Yano, K., and Takaki, M. (2005). Mycorrhizal alleviation of acid soil stress in the sweet potato (*Ipomoea batatas*). *Soil Biology and Biochemistry*, 37, 1569 – 1572.
- Zahran, H. S. (1999). Rhizobium-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe condition and in an arid climate. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 63 (4), 968-989.
