ผลของฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนต่อดินและกระเจี๊ยบเขียว

วิเคราะห์ทางสถิติถึงอิทธิพลของฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนความเข้มข้นต่างๆ ต่อสมบัติต่างๆ ของดิน รวมทั้งปริมาณทั้งหมดของธาตุอาหารหลัก และความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารเหล่านั้นไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างความลึก 0-10 และ 10-20 เซนติเมตร จึงได้รวมข้อมูลทั้ง 2 ความลึกไว้ด้วยกัน และเมื่อนำมาวิเคราะห์ที่เวลาต่างๆ กันหลังเริ่มทดลอง (ตารางผนวกที่ 36-51) ชี้ชัดว่าอิทธิพลของฝนจำลองดังกล่าวมีความจำเพาะเจาะจงสูงต่อชุดดิน เพราะปฏิกิริยาสัมพันธ์ของสิ่งทดลองที่วิเคราะห์มีค่า P-value ต่ำกว่า 0.001 ทั้งสิ้น เมื่อเป็นเช่นนี้จึงแยกอธิบายถึงอิทธิพลของฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนแยกเป็นชุดดินๆ ไป ผลการทดลองและวิจารณ์ผลแสดงได้ดังต่อไปนี้

ชุดดินอยุธยา

การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่างของดินช่วงทดลองที่เกิดจากฝนจำลองออกไซด์ของไนโตรเจน

ผลพบว่าค่าความเป็นกรดด่างดินสำหรับตำรับทดลองฝนจากเริ่มทดลองถึงสิ้นสุดการทดลองมีค่าเปลี่ยนแปลงในช่วง 6.11-6.37, 6.25-6.31, 6.42-6.45 และ 6.91-6.38 สำหรับตำรับทดลองฝนควบคุม ฝน pH 5.0 4.0 และ 3.0 ตามลำดับ (ภาพที่ 30, ตารางผนวกที่ 52-53) แต่การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดด่างของสิ่งทดลองเหล่านี้อยู่ในช่วงแคบๆ เมื่อคิดเป็นปริมาณ H^+ ไม่มากพอที่จะส่งผลต่อกระบวนการทางเคมีที่เกิดขึ้นในดิน จากการวิเคราะห์ทางสถิติค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดด่างดินที่เกิดจากอิทธิพลของความเข้มข้นของออกไซด์ของไนโตรเจนและเวลามีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดด่างดังกล่าวสำหรับทุกสิ่งทดลองไม่มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารหลักในระยะ เวลาสั้นกล่าวคือ สำหรับธาตุไนโตรเจน ค่าความเป็นกรดด่างในช่วงนี้ (6.11-6.91) ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนรูปอินทรียวัตถุไปเป็น NH_4^+, NO_3^- และ N_2 ตามลำดับ ดังเหตุผลที่ได้กล่าวไว้แล้วในการทดลองฝนจำลองที่เกิดจากอนุมูลซัลเฟตว่า การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นกระบวนการทางชีวเคมีซึ่งต้องอาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์เป็นหลัก ประกอบกับค่าความเป็นกรดด่างของดินในช่วงดังกล่าวไม่ทำให้กิจกรรมและกลุ่มของจุลินทรีย์ที่มีอยู่เดิมเปลี่ยนแปลงไป (มุกดา, 2544) และค่าความเป็นกรดด่างในช่วงดังกล่าวยังไม่ต่ำกว่า 5.5 จึงยังไม่มีผลต่อกระบวนการ nitrification (Bohn et al., 2001) ส่งผลให้ค่า ${}_NK_d$ ไม่ค่อยแตกต่างกันนัก (ภาพที่ 31, ตารางผนวกที่ 52-53) โดยจะพบว่าช่วงแรกของการทดลองมีค่า NH_4^+ และ NO_3^- สูงเนื่องจากผลของปุ๋ยที่ใส่ก่อนหน้าทำการทดลอง 2 สัปดาห์ จากนั้นธาตุอาหารในดินจะค่อยๆ ลดปริมาณลง เพราะ

เกิดการสูญเสียไปพร้อมกับน้ำชะและถูกพืชดูดไปใช้ โดยไนโตรเจนในดินของสัปดาห์ก่อนหน้าที่จะทำการเก็บฝักจะส่งผลต่อการสะสมธาตุไนโตรเจนภายในพืช ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่า $N_{T,pt}$ ของฝักกระเจี๊ยบเขียวในรุ่นต่างๆ แล้ว พบว่า สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของค่า ${}_{N}K_{d}$ (ภาพที่ 31, ตารางผนวกที่ 54-55) ส่วนสาเหตุที่ช่วงท้ายของการทดลองมีค่า $N_{T,pt}$ สูงขึ้นกว่าช่วงแรก น่าจะเป็นเพราะการนำธาตุอาหารจากส่วนที่กำลังจะเสื่อม (ใบ) กลับมาใช้ยังส่วนที่มีความสำคัญกับต้น นั่นคือ ฝัก ซึ่งเป็นส่วนสืบพันธุ์ (remobilization) (ยงยุทธ, 2546)

ค่าความเป็นกรดด่างในช่วงดังกล่าวไม่ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสของชุดดินอยุธยาเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนัก เพราะในช่วงความเป็นกรดด่างดังกล่าวฟอสฟอรัสจะถูกละลายออกมาอยู่ในรูป $H_2PO_4^-$ และ HPO_4^{2-} อาจมีบางส่วนที่ถูกตรึงด้วยไฮดรัสออกไซด์ของเหล็ก อลูมินัม แมงกานีส หรือขอบผลึกของแร่ซิลิกา (ยงยุทธ และคณะ, 2541; Bohn et al., 2001) ดังได้กล่าวไว้แล้วในการทดลองฝนจำลองที่เกิดจากอนุมูลซัลเฟต การเปลี่ยนแปลงรูปที่เป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสจึงเป็นไปตามกลไกการรักษาสมดุลของธาตุอาหารในดิน ซึ่งขึ้นกับกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ดีที่บริเวณรากพืช (Harrison, 1982) นอกจากนี้ปริมาณฟอสฟอรัสในต้นพืชยังมีผลต่อการดูดใช้ฟอสฟอรัสจากดินด้วย (Barber, 1980) ส่วนค่า ${}_{P}K_{d}$ มีการเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกับปริมาณ Total P และ P_2O_5 ในดิน (ภาพที่ 32, ตารางผนวกที่ 52-53) และสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของค่า $P_{T,pt}$ ของฝักกระเจี๊ยบเขียวในรุ่นถัดไป 1 รุ่นด้วย (ตารางผนวกที่ 54-55) เนื่องจากผลของฟอสฟอรัสในสัปดาห์ก่อนหน้าจะไปมีผลต่อผลผลิตในสัปดาห์ถัดไป ส่วนการเพิ่มขึ้นของค่า $P_{T,pt}$ ในฝักรุ่นสุดท้ายน่าจะเป็นเพราะการเกิด remobilization เช่นเดียวกันกับธาตุไนโตรเจน (ยงยุทธ, 2546)

ธาตุโพแทสเซียม ค่าความเป็นกรดด่างในช่วงดังกล่าวไม่ทำให้ความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนัก (ภาพที่ 33) ดังได้กล่าวไว้แล้วในการทดลองฝนจำลองที่เกิดจากอนุมูลซัลเฟตว่าช่วงของความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมอยู่ในช่วงความเป็นกรดด่างดินที่ค่อนข้างกว้าง หากต่ำกว่า pH 5.5 ไปแล้วค่าความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมจะลดลง (ยงยุทธ และคณะ, 2541) เนื่องจาก H^+ สามารถไล่ที่ K^+ ให้หลุดออกมาและถูกชะออกไปได้ (มุกดา, 2544) ส่วนค่า ${}_{K}K_{d}$ และ $K_{T,pt}$ ค่อนข้างมีความสัมพันธ์กัน คือหากมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่มาก พืชจะดูดไปใช้ได้มากตามไปด้วย และจะเห็นว่าพืชดูดกินโพแทสเซียมในสัดส่วนที่สูงกว่าธาตุอื่นๆ (ภาพที่ 33, ตารางผนวกที่ 54-55)

การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของดินช่วงทดลองที่เกิดจากอิทธิพลของฝนจำลองออกไซด์ของไนโตรเจน

ผลพบว่าค่าการนำไฟฟ้าของดินสำหรับตำรับทดลองฝนจากเริ่มทดลองถึงสิ้นสุดการทดลองมีค่าเปลี่ยนแปลงในช่วง 1.09-0.98, 0.93-0.83, 2.38-0.51 และ 2.10-0.75 dS m^{-1} สำหรับตำรับทดลองฝนควบคุม ฝน pH 5.0 4.0 และ 3.0 ตามลำดับ (ภาพที่ 30, ตารางผนวกที่ 52-53) ถึงแม้ว่าการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของทุกตำรับทดลองในชุดดินบางกอกจะค่อนข้างกว้าง แต่การเปลี่ยนแปลงของค่าเหล่านี้ของสิ่งทดลองมีค่าต่ำถึงต่ำมาก (ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546) จึงไม่มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน และไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกระเจี๊ยบเขียว (ศูนย์วิจัยพืชสวนพิจิตร, 2549)

ผลผลิตฝักกระเจี๊ยบเขียว

พบว่าตำรับทดลองฝน pH 5.0 ให้ผลผลิตฝักแห้งสูงกว่าตำรับทดลองอื่น รวมถึงตำรับทดลองฝนควบคุมด้วย (ตารางที่ 8-9) ซึ่งอาจเกิดจากต้นกระเจี๊ยบเขียวในตำรับทดลองฝนควบคุมได้รับละอองฝนจากตำรับทดลองข้างเคียง ส่งผลให้ใบเหลืองและร่วงเช่นเดียวกับตำรับทดลองอื่น นอกจากนี้ผลผลิตแห้งฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ได้จากการทดลองตำรับทดลองฝนควบคุม ฝน pH 5.0 4.0 และ 3.0 เมื่อคิดเป็นผลผลิตต่อ 1 ฤดูปลูกแล้วได้ค่าเฉลี่ยผลผลิตฝักแห้งประมาณ 11.09, 13.62, 6.25 และ 5.09 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ต่อฤดูปลูกตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าที่เกษตรกรปลูกได้จริง 33-55 เท่า (ศูนย์วิจัยพืชสวนพิจิตร, 2549) จึงคาดว่าน่าจะเป็นเพราะอิทธิพลของฝนจำลองที่ทำให้การเจริญเติบโตของต้นกระเจี๊ยบเขียวผิดปกติไป ซึ่งเห็นได้ชัดในตำรับทดลอง pH 3.0 ที่พบว่ากระเจี๊ยบเขียวมีลำต้นอวบ ฉ่ำน้ำ ต้นเตี้ย แตกใบเป็นกระจุกติดๆ กัน ใบเล็ก เหลือง ฝักขึ้นเบียดกัน และผิวฝักขรุขระ ส่วนดินที่ปลูกเป็นดินเหนียวซึ่งไม่เหมาะสมต่อการปลูกกระเจี๊ยบเขียว จึงทำให้ผลผลิตต่ำ

ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของกระเจี๊ยบเขียว

เมื่อพิจารณาค่าสัดส่วนการนำธาตุอาหารหลักไปใช้ในส่วนต่างๆ ของกระเจี๊ยบเขียวสูงที่สุดในตำรับทดลองฝน pH 5.0 (ตารางที่ 10) ซึ่งสอดคล้องกับผลผลิตที่ได้ และพบการสะสมมากที่สุดในส่วนของต้นและใบ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างธาตุอาหารหลักในส่วนต่างๆ ของกระเจี๊ยบเขียวที่ใช้ทดลองกับพืชในตระกูลเดียวกัน พบว่า กระเจี๊ยบเขียวที่ใช้ทดลองนี้มีปริมาณ

ธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่ำกว่าค่าปกติ (ตารางที่ 10, ตารางผนวกที่ 3) จึงน่าจะเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตต่ำกว่าที่เกษตรกรปลูกได้

<u>การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของกระเจี๊ยบเขียว</u>

ใบ

พบว่าต้นกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับฝนควบคุมบางส่วนมีอาการผิดปกติ (ภาพผนวกที่ 4(a)) เนื่องจากได้รับละอองฝนจำลอง pH 5.0 ซึ่งอยู่ข้างเคียง จึงพบอาการใบเหลืองจากขอบใบเข้ามาในใบ ส่วนกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับฝนจำลอง pH 5.0 4.0 และ 3.0 จะพบการร่วงของใบล่างซึ่งมีขนาดเล็ก ใบเหลืองซีด แต่ไม่มีอาการใบไหม้ และมักร่วงก่อนใบบนซึ่งสัมผัสกับน้ำฝนอย่างเต็มที่ จึงคาดว่าน่าจะเป็นผลมาจากการขาดธาตุไนโตรเจนที่ทำให้ใบล่างร่วง (ยงยุทธ, 2546) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนในใบที่ต่ำกว่าค่าปกติของพืชในตระกูลเดียวกัน ใบที่อยู่ส่วนกลางของลำต้นและสัมผัสกับน้ำฝนเต็มที่จะพบอาการใบเหลืองจากขอบใบลุกลามเข้ามาภายในใบ ขอบใบไหม้ และมีบางใบที่หลุดร่วงเมื่อได้รับการสัมผัสเบา ๆ โดยใบที่ได้รับฝนเต็มที่จะเริ่มแสดงอาการก่อน จึงคาดว่าฝนจำลองทำให้เกิดความเสียหายต่อคลอโรฟิลล์ในเนื้อเยื่อพืช และน่าจะมีผลต่อความแข็งแรงของเนื้อเยื่อพืชด้วย โดยฝน pH 3.0 จะแสดงความเสียหายของต้นมากที่สุด ส่วนฝน pH 5.0 และ 4.0 โดยภาพรวมแล้วไม่ค่อยแตกต่างกัน (ภาพผนวกที่ 4(b)-(d))

ฝัก

พบว่าฝนควบคุมไม่ทำให้ฝักกระเจี๊ยบเขียวมีลักษณะผิดปกติ (ภาพผนวกที่ 5(a)) ส่วนตำรับทดลองฝน pH 5.0 4.0 และ 3.0 คือ ฝักมีผิวขรุขระ เป็นตุ่มนูนขึ้นมา สีเขียวซีด ด่าง และพบมากที่สุดในฝน pH 3.0 รองลงมาคือ ฝน pH 4.0 และ 5.0 ตามลำดับ (ภาพผนวกที่ 5(b))

ดอก

พบอาการแห้งและหลุดร่วงของดอกที่พัฒนาตัวได้ประมาณ 1 สัปดาห์ (ความยาวของดอกประมาณ 0.7-0.8 mm) ของทุกตำรับทดลอง (ภาพผนวกที่ 6(b)) โดยมีความรุนแรงที่สุดในฝน pH 3.0 และ 4.0 ส่วนฝนควบคุมและฝน pH 5.0 พบการร่วงของดอกเล็กน้อย ส่วนดอกที่สามารถพัฒนาตัวจนเจริญเติบโตได้เต็มที่ของทุกตำรับทดลองมีสภาพของดอกและการบานของดอกปกติ (ภาพผนวกที่ 6(a)) ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับชุดดินก่อนหน้า

<u>องค์ประกอบพลังงานศักย์น้ำในใบกระเจี๊ยบเขียวในรอบวัน</u>

เนื่องจากทำการวัดค่าพลังงานศักย์น้ำในใบกระเจี๊ยบเขียวในช่วงระหว่างการเก็บฝักรุ่นที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นตัวแทนของระยะ reproductive ก่อนหน้านั้นต้นกระเจี๊ยบเขียวได้รับฝนจำลองเป็นระยะเวลาหนึ่งแล้ว จึงอาจมีการปรับตัวเพื่อการอยู่รอดทำให้ได้รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของค่าพลังงานศักย์น้ำรวมของใบ พลังงานศักย์สารละลาย และพลังงานศักย์ความดันภายในใบกระเจี๊ยบเขียวเป็นดังต่อไปนี้

พลังงานศักย์น้ำรวมของใบกระเจี๊ยบเขียว (ψ_t)

พบว่าทุกตำรับทดลองทำให้มีการเปลี่ยนแปลงค่า ψ_t คล้ายกัน (ภาพที่ 34) คือ ψ_t มีค่าสูงที่สุดที่เวลา 14:00 น. ซึ่งโดยปกติแล้วควรมีค่าต่ำที่สุดที่ช่วงเวลาดังกล่าว เพราะเป็นช่วงที่อากาศแห้งที่สุด แต่ในช่วง 10:00-14:00 น. เป็นช่วงเวลาให้ฝนจำลอง จึงทำให้ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้น แม้ในช่วงนี้พืชมีความต้องการน้ำมากกว่าช่วงเวลาอื่น แต่ค่า ψ_t จะเพิ่มขึ้นไม่สูงนัก และจากนั้น ψ_t มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากความชื้นในดินลดลง และพบว่า ψ_t กับ VPD ของแต่ละตำรับทดลองมีความสัมพันธ์คล้ายกันคือเป็นโพลิโนเมียล (ภาพที่ 35) นั่นคือเมื่อค่า VPD เพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งจะทำให้ค่า ψ_t กลับลดลงไปอีกครั้ง เป็นเช่นนี้ตลอดช่วงของ VPD เพราะเมื่อค่า VPD สูงนั้น เป็นเวลาหลังการให้น้ำในการทดลองนี้พอดี จึงมีความชื้นดินสูง พืชไม่จำเป็นต้องลด ψ_t มากนัก

พลังงานศักย์สารละลายในเซลล์ใบกระเจี๊ยบเขียว (ψ_π)

พบว่าทุกตำรับทดลองทำให้มีการเปลี่ยนแปลงค่า ψ_π คล้ายกัน (ภาพที่ 34) ค่า ψ_π เพิ่มขึ้นในช่วง 10:00-14:00 น. ดังที่กล่าวไว้แล้วว่าเป็นช่วงหลังจากให้ฝนจำลอง ประกอบกับค่า VPD ในขณะนั้นมีค่าสูง ส่งเสริมให้ใบมีการคายน้ำเพิ่มขึ้นจึงเกิดแรงดึงน้ำของใบที่สูงตามมา ส่งผลให้สารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงสูงขึ้น พลังงานศักย์สารละลายในใบพืชจึงมีค่าลดลง (สุนทรี, 2535) และพบว่า ψ_π กับ VPD ของแต่ละตำรับทดลองมีความสัมพันธ์ในเชิงโพลิโนเมียล (ภาพที่ 35) ซึ่งรูปแบบความสัมพันธ์นี้น่าจะเป็นเหตุผลเดียวกันกับค่า ψ_t ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดจากการที่กระเจี๊ยบเขียวต้องการรักษาแรงดันน้ำในเซลล์ใบ หรือแรงเต่งของเซลล์ใบให้คงที่อยู่เสมอสำหรับการดำเนินกิจกรรมของเซลล์ใบ (สุนทรี, 2535)

พลังงานศักย์ความดันของใบกระเจี๊ยบเขียว (ψ_p)

พบว่าทุกตำรับทดลองทำให้มีการเปลี่ยนแปลงค่า ψ_p คล้ายกัน (ภาพที่ 34) โดยค่า ψ_p ของใบกระเจี๊ยบเขียวค่อนข้างคงที่ แม้ว่าหลังจากเวลา 11:00 น. จะหยุดให้ฝนจำลองแล้ว แต่เซลล์ของใบพืชยังคงรักษาสภาพแต่งของเซลล์ไว้ได้ และพบว่า ψ_p กับ VPD ของแต่ละตำรับทดลองมีความสัมพันธ์ในเชิงโพลิโนเมียล (ภาพที่ 35) โดยพบว่าเมื่อค่า VPD เพิ่มขึ้น ψ_p จะปรับค่าสูงขึ้นตามไปด้วย ความสัมพันธ์แบบโพลิโนเมียลดังกล่าว (ψ_t และ ψ_π) บ่งถึงความไม่แน่นอนในความต้องการที่จะให้มีการเปลี่ยนแปลงค่า ψ_π เพื่อให้ ψ_p มีค่าคงที่

ชุดดินบางกอก

การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่างของดินช่วงทดลองที่เกิดจากฝนจำลองออกไซด์ของไนโตรเจน

ผลพบว่าค่าความเป็นกรดด่างดินสำหรับตำรับทดลองฝนจากเริ่มทดลองถึงสิ้นสุดการทดลองมีค่าเปลี่ยนแปลงในช่วง 6.30-6.62, 6.26-6.62, 6.97-6.59 และ 6.85-6.61 สำหรับตำรับทดลองฝนควบคุม ฝน pH 5.0 4.0 และ 3.0 ตามลำดับ (ภาพที่ 36, ตารางผนวกที่ 56-57) ดังได้กล่าวไว้แล้วว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดด่างของสิ่งทดลองเหล่านี้อยู่ในช่วงแคบๆ เมื่อคิดเป็นปริมาณ H^+ ไม่มากพอที่จะมีผลต่อกระบวนการทางเคมีที่เกิดขึ้นในดิน จากการวิเคราะห์ทางสถิติค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดด่างดินที่เกิดจากอิทธิพลของความเข้มข้นของออกไซด์ของไนโตรเจนและเวลามีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดด่างดังกล่าวสำหรับทุกสิ่งทดลองไม่มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารหลักในระยะเวลาสั้น กล่าวคือสำหรับธาตุไนโตรเจน ค่าความเป็นกรดด่างในช่วงนี้ (6.37-6.82) ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนรูปอินทรียวัตถุไปเป็น NH_4^+ และ NO_3^- ดังเหตุผลที่ได้กล่าวไว้แล้วในชุดดินก่อนหน้า ส่วนค่า ${}_NK_d$ ไม่ค่อยแตกต่างกันนัก (ภาพที่ 37, ตารางผนวกที่ 56-57) โดยจะพบว่าช่วงแรกของการทดลองมีค่า NH_4^+ และ NO_3^- สูงเนื่องจากผลของปุ๋ยที่ใส่ก่อนหน้าทำการทดลอง 2 สัปดาห์ จากนั้นธาตุอาหารในดินจะค่อยๆ ลดปริมาณลง เพราะเกิดการสูญเสียไปพร้อมกับน้ำชะและถูกพืชดูดไปใช้ โดยไนโตรเจนในดินของสัปดาห์ก่อนหน้าที่จะทำการเก็บฝักจะส่งผลต่อการสะสมธาตุไนโตรเจนภายในพืช ซึ่งสอดคล้องกับค่า $N_{T,pt}$ ในฝักรุ่นถัดไปที่ได้รับผลจากธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินก่อนหน้าการเก็บฝักนั้นๆ 1 สัปดาห์ (ภาพที่ 37, ตารางผนวกที่ 58-59) และพบว่าในฝักรุ่นสุดท้ายมีค่า $N_{T,pt}$ สูงขึ้นกว่าฝักรุ่นก่อนหน้า เนื่องจากเกิดกระบวนการ remobilization จากใบที่กำลังเสื่อมสภาพไปยังฝักนั่นเอง (ยงยุทธ, 2546)

ค่าความเป็นกรดด่างในช่วงดังกล่าวไม่ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสของชุดดินบางกอกเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนัก (ภาพที่ 38) เนื่องด้วยเหตุผลเดียวกันกับความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในชุดดินอยุธยา การเปลี่ยนแปลงรูปที่เป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสจึงเป็นไปตามหลักการรักษาสมดุลของธาตุอาหารภายในดิน สังเกตได้จากค่า P_2O_5 และค่า ${}_PK_d$ ที่มีการปรับค่าขึ้นลงตลอดช่วงการทดลอง (ภาพที่ 38, ตารางผนวกที่ 56-57) ส่วนการดูดกินฟอสฟอรัสของฝักกระเจี๊ยบเขียวพบว่ามีการนำไปสะสมในฝักสอดคล้องกับค่า ${}_PK_d$ ของสัปดาห์ก่อนหน้า (ภาพที่ 38, ตารางผนวกที่ 58-59) ส่วนการเพิ่มขึ้นของค่า $P_{T,pt}$ ของฝักในรุ่นสุดท้ายน่าจะมีสาเหตุเดียวกันกับการเพิ่มขึ้นของค่า $N_{T,pt}$

ส่วนธาตุโพแทสเซียม ค่าความเป็นกรดด่างในช่วงดังกล่าวไม่ทำให้ความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนัก เนื่องด้วยเหตุผลเดียวกับความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในชุดดินอยุธยา ส่วนการดูดกินโพแทสเซียมของฝักกระเจี๊ยบเขียวจะเห็นว่ามีการดูดกินค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับค่า ${}_KK_d$ (ภาพที่ 39, ตารางผนวกที่ 56-59) ซึ่งปกติแล้วพืชมักดูดกินโพแทสเซียมจากดินเข้าไปในปริมาณมาก ๆ

<u>การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของดินช่วงทดลองที่เกิดจากอิทธิพลของฝนจำลองออกไซด์ของไนโตรเจน</u>

ผลพบว่าค่าการนำไฟฟ้าของดินสำหรับตำรับทดลองฝนจากเริ่มทดลองถึงสิ้นสุดการทดลองมีค่าเปลี่ยนแปลงในช่วง 3.85-4.07, 4.73-3.68, 0.53-3.17 และ 0.52-4.26 dS m^{-1} สำหรับตำรับทดลองฝนควบคุม ฝน pH 5.0 4.0 และ 3.0 ตามลำดับ (ภาพที่ 36, ตารางผนวกที่ 56-57) ถึงแม้ว่าการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของทุกตำรับทดลองในชุดดินบางกอกจะค่อนข้างกว้าง แต่การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวของสิ่งทดลองเหล่านี้มีค่าต่ำถึงปานกลาง ซึ่งความเค็มในช่วงนี้ไม่มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน (ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546) แต่น่าจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกระเจี๊ยบเขียวดังจะเห็นได้จากรายงานผลผลิตในลำดับต่อไป

<u>ผลผลิตฝักกระเจี๊ยบเขียว</u>

พบว่าตำรับทดลองฝน pH 5.0 ให้ผลผลิตฝักแห้งสูงกว่าตำรับทดลองอื่น รวมถึงตำรับทดลองฝนควบคุมด้วย (ตารางที่ 8-9) เนื่องจากต้นกระเจี๊ยบเขียวในตำรับทดลองฝนควบคุมอาจได้รับละอองฝนกรดจำลองจากตำรับทดลองข้างเคียง ส่งผลให้ใบเหลืองและร่วงเช่นเดียวกับตำรับทดลองอื่น ๆ นอกจากนี้ผลผลิตแห้งฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ได้จากการทดลองเมื่อคิดเป็นผลผลิตต่อ 1 ฤดูปลูก พบว่าได้ผลผลิตแห้งเท่ากับ 5.35, 8.65, 5.29 และ 2.50 กิโลกรัม

น้ำหนักแห้งต่อไร่ต่อฤดูปลูก สำหรับตำรับทดลองฝนควบคุม ฝน pH 5.0 4.0 และ 3.0 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าที่เกษตรกรปลูกได้จริงถึง 55-92 เท่า (ศูนย์วิจัยพืชสวนพิจิตร, 2549) จึงคาดว่าเป็นเพราะอิทธิพลของฝนจำลองและความเค็มของดินที่ทำให้การเจริญเติบโตของต้นกระเจี๊ยบเขียวผิดปกติไปดังพบได้จากลักษณะของต้นกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับฝนจำลอง pH 3.0 พบต้นที่มีลักษณะอวบอ้วน ลำต้นใหญ่กว่าปกติ ต้นเตี้ย แตกใบเป็นกระจุกติดๆ กัน ใบเล็กกว่าปกติ ฝักเป็นตะปุ่มตะปั่ม นอกจากนี้ดินที่ใช้ปลูกเป็นดินเหนียวจึงไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกระเจี๊ยบเขียวจึงทำให้ผลผลิตต่ำ

<u>ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของกระเจี๊ยบเขียว</u>

เมื่อพิจารณาค่าสัดส่วนการนำธาตุอาหารหลักไปใช้ในส่วนต่างๆ ของกระเจี๊ยบเขียวสูงที่สุดในตำรับทดลองฝน pH 5.0 (ตารางที่ 11) ซึ่งสอดคล้องกับผลผลิตที่ได้ และพบการสะสมมากที่สุดในส่วนของต้นและใบ ส่วนปริมาณธาตุหลักในส่วนต่างๆ ของพืชพบว่ากระเจี๊ยบเขียวที่ได้จากการทดลองนี้มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่ำกว่าค่าปกติที่พบในพืชที่อยู่ในตระกูลเดียวกัน (ตารางที่ 11, ตารางผนวกที่ 3)

<u>การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของกระเจี๊ยบเขียว</u>

ใบ

พบว่าต้นกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับฝนควบคุมบางส่วนมีอาการผิดปกติ (ภาพผนวกที่ 4(a)) เนื่องจากได้รับละอองฝนจำลอง pH 5.0 ซึ่งอยู่ข้างเคียง จึงพบอาการใบเหลืองจากขอบใบเข้ามาในใบ ส่วนกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับฝนจำลอง pH 5.0 4.0 และ 3.0 จะพบการร่วงของใบล่างซึ่งมีขนาดเล็ก ใบเหลืองซีด แต่ไม่มีอาการใบไหม้ และมักร่วงก่อนใบบนซึ่งสัมผัสกับน้ำฝนอย่างเต็มที่ จึงคาดว่าน่าจะเป็นผลมาจากการขาดธาตุไนโตรเจนที่ทำให้ใบล่างร่วง (ยงยุทธ, 2546) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนในใบที่ต่ำกว่าค่าปกติของพืชในตระกูลเดียวกัน ใบที่อยู่ส่วนกลางของลำต้นและสัมผัสกับน้ำฝนเต็มที่จะพบอาการใบเหลืองจากขอบใบลุกลามเข้ามาภายในใบ ขอบใบไหม้ และมีบางใบที่หลุดร่วงเมื่อได้รับการสัมผัสเบาๆ โดยใบที่ได้รับฝนเต็มที่จะเริ่มแสดงอาการก่อน จึงคาดว่าฝนจำลองทำให้เกิดความเสียหายต่อคลอโรฟิลล์ในเนื้อเยื่อพืช และน่าจะมีผลต่อความแข็งแรงของเนื้อเยื่อพืชด้วย โดยฝน pH 3.0 จะแสดงความเสียหายของต้นมากที่สุด ส่วนฝน pH 5.0 และ 4.0 โดยภาพรวมแล้วไม่ค่อยแตกต่างกัน (ภาพผนวกที่ 4(b)-(d))

ฝัก

พบว่าฝนควบคุมไม่ทำให้ฝักกระเจี๊ยบเขียวมีลักษณะผิดปกติ (ภาพผนวกที่ 5(a)) ส่วนตำรับทดลองฝน pH 5.0 4.0 และ 3.0 คือ ฝักมีผิวขรุขระ เป็นตุ่มนูนขึ้นมา สีเขียวซีด ด่าง และพบมากที่สุดในฝน pH 3.0 รองลงมาคือ ฝน pH 4.0 และ 5.0 ตามลำดับ (ภาพผนวกที่ 5(b))

ดอก

พบอาการแห้งและหลุดร่วงของดอกที่พัฒนาตัวได้ประมาณ 1 สัปดาห์ (ความยาวของดอกประมาณ 0.7-0.8 mm) ของทุกตำรับทดลอง (ภาพผนวกที่ 6(b)) โดยมีความรุนแรงที่สุดในฝน pH 3.0 และ 4.0 ส่วนฝนควบคุมและฝน pH 5.0 พบการร่วงของดอกเล็กน้อย ส่วนดอกที่สามารถพัฒนาตัวจนเจริญเติบโตได้เต็มที่ของทุกตำรับทดลองมีสภาพของดอกและการบานของดอกปกติ (ภาพผนวกที่ 6(a)) ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับชุดดินก่อนหน้า

<u>องค์ประกอบพลังงานศักย์น้ำในใบกระเจี๊ยบเขียวในรอบวัน</u>

ดังได้กล่าวไว้แล้วว่าได้ทำการวัดค่าพลังงานศักย์น้ำในใบกระเจี๊ยบเขียวในช่วงระหว่างการเก็บฝักรุ่นที่ 1 และ 2 ซึ่งก่อนหน้านั้นต้นกระเจี๊ยบเขียวได้รับฝนจำลองเป็นระยะเวลาหนึ่งแล้ว จึงอาจมีการปรับตัวเพื่อการอยู่รอดทำให้ได้รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของค่าพลังงานศักย์น้ำรวมของใบ พลังงานศักย์สารละลาย และพลังงานศักย์ความดันภายในใบกระเจี๊ยบเขียวเป็นดังต่อไปนี้

พลังงานศักย์น้ำรวมของใบกระเจี๊ยบเขียว (ψ_t)

พบว่าทุกตำรับทดลองทำให้มีการเปลี่ยนแปลงค่า ψ_t คล้ายกัน (ภาพที่ 40) คือ ψ_t มีค่าสูงสุดที่เวลา 14:00 น. ซึ่งเป็นเพราะเหตุผลเดียวกันกับชุดดินอยุธยา และจากนั้น ψ_t มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากความชื้นในดินลดลง พืชเริ่มขาดน้ำ และพบว่า ψ_t กับ VPD ของแต่ละตำรับทดลองมีความสัมพันธ์คล้ายกันคือเป็นโพลิโนเมียล (ภาพที่ 41) นั่นคือเมื่อค่า VPD เพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งจะทำให้ค่า ψ_t กลับลดลงไปอีกครั้ง เป็นเช่นนี้ตลอดช่วงของ VPD เพราะเมื่อค่า VPD สูงนั้น เป็นเวลาหลังการให้น้ำในการทดลองนี้พอดี ดินมีความชื้นสูง พืชไม่จำเป็นต้องลด ψ_t มากนัก

พลังงานศักย์สารละลายในเซลล์ใบกระเจี๊ยบเขียว (ψ_π)

พบว่าทุกตำรับทดลองทำให้มีการเปลี่ยนแปลงค่า ψ_π คล้ายกัน (ภาพที่ 40) ค่า ψ_π เพิ่มขึ้นในช่วง 10:00-14:00 น. ดังที่กล่าวไว้แล้วในชุดดินก่อนหน้า และพบว่า ψ_π กับ VPD ของแต่ละตำรับทดลองมีความสัมพันธ์ในเชิงโพลิโนเมียล (ภาพที่ 41) ซึ่งรูปแบบความสัมพันธ์นี้น่าจะเป็นด้วยเหตุผลเดียวกันกับค่า ψ_t ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดจากการที่กระเจี๊ยบเขียวต้องการรักษาแรงดันน้ำในเซลล์ใบหรือแรงเต่งของเซลล์ใบให้คงที่อยู่เสมอสำหรับการดำเนินกิจกรรมของเซลล์ใบ (สุนทรี, 2535)

พลังงานศักย์ความดันของใบกระเจี๊ยบเขียว (ψ_p)

พบว่าทุกตำรับทดลองทำให้มีการเปลี่ยนแปลงค่า ψ_p คล้ายกัน (ภาพที่ 40) โดยค่า ψ_p ของใบกระเจี๊ยบเขียวค่อนข้างคงที่ แม้ว่าหลังจากเวลา 11:00 น. จะหยุดให้ฝนจำลองแล้ว แต่เซลล์ของใบพืชยังคงรักษาสภาพแต่งของเซลล์ไว้ได้ และพบว่า ψ_p กับ VPD ของแต่ละตำรับทดลองมีความสัมพันธ์ในเชิงโพลิโนเมียล (ภาพที่ 41) โดยพบว่าเมื่อค่า VPD เพิ่มขึ้น ψ_p จะปรับค่าสูงขึ้นตามไปด้วย ความสัมพันธ์แบบโพลิโนเมียลดังกล่าว (ψ_t และ ψ_π) บ่งถึงความไม่แน่นอนในความต้องการที่จะให้มีการเปลี่ยนแปลงค่า ψ_π เพื่อให้ ψ_p มีค่าคงที่ได้

ชุดดินกำแพงแสน

การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่างของดินช่วงทดลองที่เกิดจากฝนจำลองออกไซด์ของไนโตรเจน

ผลพบว่าค่าความเป็นกรดด่างดินสำหรับตำรับทดลองฝนจากเริ่มทดลองถึงสิ้นสุดการทดลองมีค่าเปลี่ยนแปลงในช่วง 6.27-6.15, 6.48-6.61, 7.18-6.92 และ 7.12-7.00 สำหรับตำรับทดลองฝนควบคุม ฝน pH 5.0, 4.0 และ 3.0 ตามลำดับ (ภาพที่ 42, ตารางผนวกที่ 60-61) แต่การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดด่างของสิ่งทดลองเหล่านี้อยู่ในช่วงแคบ ๆ ซึ่งคิดเป็นปริมาณ H^+ ไม่มากพอที่จะมีผลต่อกระบวนการทางเคมีที่เกิดขึ้นในดิน จากการวิเคราะห์ทางสถิติค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดด่างดินที่เกิดจากอิทธิพลของความเข้มข้นของอนุมูลซัลเฟตและเวลามีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดด่างดังกล่าวสำหรับทุกสิ่งทดลองไม่มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารหลักในระยะเวลาสั้น กล่าวคือสำหรับธาตุไนโตรเจน ค่าความเป็นกรดด่างในช่วงนี้ (6.65-7.25) ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนรูปอินทรียวัตถุเป็น NH_4^+, NO_3^- และ N_2 ดังเหตุผลที่ได้กล่าวไว้แล้วในชุดดินอยุธยา ส่วนสาเหตุที่

ปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มสูงขึ้นนั้น (ภาพที่ 42) เป็นเพราะมีการหลุดร่วงของใบกระเจี๊ยบเขียวลงมาในกระถาง เมื่อพิจารณาค่า $_{N}K_{d}$ จึงพบว่าไม่ค่อยแตกต่างกันนัก (ภาพที่ 43, ตารางผนวกที่ 60-61) ส่วนผลของค่า $_{N}K_{d}$ ของสัปดาห์ก่อนหน้าที่จะทำการเก็บฝักจะส่งผลต่อการสะสมธาตุไนโตรเจนในฝักกระเจี๊ยบเขียวรุ่นถัดไป 1 สัปดาห์ ซึ่งพบว่ามีความสอดคล้องกัน (ภาพที่ 43, ตารางผนวกที่ 62-63)

ค่าความเป็นกรดด่างในช่วงดังกล่าวไม่ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนัก เนื่องด้วยเหตุผลเดียวกับความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในชุดดินก่อนหน้า ค่า P_2O_5 และค่า $_{P}K_{d}$ มีการปรับค่าขึ้นลงตลอดช่วงการทดลอง (ภาพที่ 44, ตารางผนวกที่ 60-61) และไม่ลดต่ำลงอย่างรวดเร็วเหมือนธาตุไนโตรเจน เพราะฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ยากดังได้กล่าวไปแล้วเบื้องต้น ส่วนการดูดกินฟอสฟอรัสของฝักกระเจี๊ยบเขียวสอดคล้องกับค่า $_{P}K_{d}$ คือถ้าสัปดาห์ก่อนหน้ามีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่สูง ฝักกระเจี๊ยบเขียวจะสะสมฟอสฟอรัสในฝักสูงตามไปด้วย ส่งผลให้ค่า $P_{T,pt}$ สูง (ภาพที่ 44, ตารางผนวกที่ 62-63) เพราะฟอสฟอรัสมีความสำคัญกับการติดดอกออกผลของพืช (ยงยุทธ, 2546)

ส่วนโพแทสเซียม ค่าความเป็นกรดด่างในช่วงดังกล่าวไม่ทำให้ความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนัก ดังเหตุผลที่ได้กล่าวไว้แล้วในชุดดินก่อนหน้า ส่วนการดูดกินโพแทสเซียมของฝักกระเจี๊ยบเขียวจะเห็นว่ามีการดูดกินค่อนข้างมาก (ภาพที่ 45, ตารางผนวกที่ 62-63) แต่การนำไปใช้ในฝักไม่สอดคล้องกับค่า $_{K}K_{d}$ ของดิน ซึ่งอาจเป็นเพราะลักษณะของการเจริญเติบโตบนชุดดินกำแพงแสนและช่วงเวลาของการเจริญเติบโตของพืชทำให้มีรูปแบบการนำโพแทสเซียมไปใช้ในฝักเป็นเช่นนี้

<u>การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของดินช่วงทดลองที่เกิดจากอิทธิพลของฝนจำลองออกไซด์ของไนโตรเจน</u>

ผลพบว่าค่าการนำไฟฟ้าของดินสำหรับตำรับทดลองฝนจากเริ่มทดลองถึงสิ้นสุดการทดลองมีค่าเปลี่ยนแปลงในช่วง 0.45-0.25, 0.40-0.29, 0.35-0.25 และ 0.26-0.27 dS m^{-1} สำหรับตำรับทดลองฝนควบคุม ฝน pH 5.0 4.0 และ 3.0 ตามลำดับ (ภาพที่ 42, ตารางผนวกที่ 60-61) แต่การเปลี่ยนแปลงของค่าการนำไฟฟ้าของสิ่งทดลองเหล่านี้มีค่าต่ำ (ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546) จึงไม่มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน

ผลผลิตฝักกระเจี๊ยบเขียว

พบว่าตำรับทดลองฝนควบคุมมีผลผลิตฝักแห้งสูงกว่าตำรับทดลองอื่น (ตารางที่ 8-9) เนื่องจากต้นกระเจี๊ยบเขียวในตำรับทดลองฝนควบคุมถือได้ว่ามีสุขภาพของต้นดีกว่าต้นที่ปลูกในตำรับทดลองอื่น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตที่เกษตรกรทั่วไปปลูกได้จะมีค่าน้อยกว่ามาก โดยพบว่าตำรับทดลองฝนควบคุม ฝน pH 5.0 4.0 และ 3.0 มีค่าผลผลิตแห้งเท่ากับ 10.20, 2.09, 5.44 และ 5.32 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ต่อฤดูปลูก ซึ่งต่ำกว่าผลผลิตที่เกษตรกรผลิตได้จริง 52-87 เท่า (ศูนย์วิจัยพืชสวนพิจิตร, 2549) ถึงแม้เนื้อดินที่ใช้ปลูกเป็นดินร่วนซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกระเจี๊ยบเขียว แต่เพราะความจำกัดในเรื่องของพื้นที่หาอาหารของรากเนื่องจากเป็นการปลูกในกระถาง อีกทั้งต้นพืชอยู่ในโรงเรือนซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าภายนอก จึงอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของกระเจี๊ยบเขียว

เมื่อพิจารณาค่าสัดส่วนการนำธาตุไนโตรเจนไปใช้ในส่วนต่าง ๆ สูงสุดในตำรับทดลองฝน pH 3.0 ส่วนธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมีค่าสูงที่สุดในตำรับทดลองฝนควบคุม และพบว่ามีการสะสมสูงสุดในส่วนของลำต้นและใบ (ตารางที่ 12) ส่วนปริมาณธาตุหลักในส่วนต่าง ๆ ของพืชพบว่ากระเจี๊ยบเขียวที่ได้จากการทดลองนี้มีปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่าค่าปกติที่พบในพืชที่อยู่ในตระกูลเดียวกัน (ตารางที่ 12, ตารางผนวกที่ 3)

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของกระเจี๊ยบเขียว

ใบ

พบว่าต้นกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับฝนควบคุมบางส่วนมีอาการผิดปกติ (ภาพผนวกที่ 4(a)) เนื่องจากได้รับละอองฝนจำลอง pH 5.0 ซึ่งอยู่ข้างเคียง จึงพบอาการใบเหลืองจากขอบใบเข้ามาในใบ ส่วนกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับฝนจำลอง pH 5.0 4.0 และ 3.0 จะพบการร่วงของใบล่างซึ่งมีขนาดเล็ก ใบเหลืองซีด แต่ไม่มีอาการใบไหม้ และมักร่วงก่อนใบบนซึ่งสัมผัสกับน้ำฝนอย่างเต็มที่ จึงคาดว่าน่าจะเป็นผลมาจากการขาดธาตุไนโตรเจนที่ทำให้ใบล่างร่วง (ยงยุทธ, 2546) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนในใบที่ต่ำกว่าค่าปกติของพืชในตระกูลเดียวกัน ใบที่อยู่ส่วนกลางของลำต้นและสัมผัสกับน้ำฝนเต็มที่จะพบอาการใบเหลืองจากขอบใบลุกลามเข้ามาภายในใบ ขอบใบไหม้ และมีบางใบที่หลุดร่วงเมื่อได้รับการสัมผัสเบา ๆ โดยใบที่ได้รับฝนเต็มที่จะเริ่มแสดงอาการก่อน จึงคาดว่าฝนจำลองทำให้เกิดความเสียหายต่อคลอโรฟิลล์ในเนื้อเยื่อพืช และน่าจะมี

ผลต่อความแข็งแรงของเนื้อเยื่อพืชด้วย โดยฝน pH 3.0 จะแสดงความเสียหายของต้นมากที่สุด ส่วนฝน pH 5.0 และ 4.0 โดยภาพรวมแล้วไม่ค่อยแตกต่างกัน (ภาพผนวกที่ 4(b)-(d))

ฝัก

พบว่าฝนควบคุมไม่ทำให้ฝักกระเจี๊ยบเขียวมีลักษณะผิดปกติ (ภาพผนวกที่ 5(a)) ส่วนตำรับทดลองฝน pH 5.0 4.0 และ 3.0 คือ ฝักมีผิวขรุขระ เป็นตุ่มนูนขึ้นมา สีเขียวซีด ด่าง และพบมากที่สุดในฝน pH 3.0 รองลงมาคือ ฝน pH 4.0 และ 5.0 ตามลำดับ (ภาพผนวกที่ 5(b))

ดอก

พบอาการแห้งและหลุดร่วงของดอกที่พัฒนาตัวได้ประมาณ 1 สัปดาห์ (ความยาวของดอกประมาณ 0.7-0.8 mm) ของทุกตำรับทดลอง (ภาพผนวกที่ 6(b)) โดยมีความรุนแรงที่สุดในฝน pH 3.0 และ 4.0 ส่วนฝนควบคุมและฝน pH 5.0 พบการร่วงของดอกเล็กน้อย ส่วนดอกที่สามารถพัฒนาตัวจนเจริญเติบโตได้เต็มที่ของทุกตำรับทดลองมีสภาพของดอกและการบานของดอกปกติ (ภาพผนวกที่ 6(a)) ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับชุดดินก่อนหน้า

<u>องค์ประกอบพลังงานศักย์น้ำในใบกระเจี๊ยบเขียวในรอบวัน</u>

ดังได้กล่าวไว้แล้วว่าได้ทำการวัดค่าพลังงานศักย์น้ำในใบกระเจี๊ยบเขียวในช่วงระหว่างการเก็บฝักรุ่นที่ 1 และ 2 ซึ่งก่อนหน้านั้นต้นกระเจี๊ยบเขียวได้รับฝนจำลองเป็นระยะเวลาหนึ่งแล้ว จึงอาจมีการปรับตัวเพื่อการอยู่รอดทำให้ได้รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของค่าพลังงานศักย์น้ำรวมของใบ พลังงานศักย์สารละลาย และพลังงานศักย์ความดันภายในใบกระเจี๊ยบเขียวเป็นดังต่อไปนี้

พลังงานศักย์น้ำรวมของใบกระเจี๊ยบเขียว (ψ_t)

พบว่าทุกตำรับทดลองทำให้มีการเปลี่ยนแปลงค่า ψ_t คล้ายกัน (ภาพที่ 46) คือ ψ_t มีค่าสูงสุดที่เวลา 14:00 น. ซึ่งเป็นเพราะเหตุผลเดียวกันกับชุดดินอยุธยาและชุดดินบางกอก จากนั้น ψ_t มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากความชื้นในดินลดลง พืชเริ่มขาดน้ำ และพบว่า ψ_t กับ VPD ของแต่ละตำรับทดลองมีความสัมพันธ์คล้ายกันคือเป็นโพลิโนเมียล (ภาพที่ 47) นั่นคือเมื่อค่า VPD เพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งจะทำให้ค่า ψ_t กลับลดลงไปอีกครั้ง เป็นเช่นนี้ตลอดช่วงของ VPD เพราะเมื่อค่า VPD สูงนั้น เป็นเวลาหลังการให้น้ำในการทดลองนี้พอดี ดินมีความชื้นสูง พืชไม่จำเป็นต้องลด ψ_t มากนัก

พลังงานศักย์สารละลายในเซลล์ใบกระเจี๊ยบเขียว (ψ_π)

พบว่าทุกตำรับทดลองทำให้มีการเปลี่ยนแปลงค่า ψ_π คล้ายกัน (ภาพที่ 46) ค่า ψ_π เพิ่มขึ้นในช่วง 10:00-14:00 น. ดังที่กล่าวไว้แล้วในชุดดินก่อนหน้า และพบว่า ψ_π กับ VPD ของแต่ละตำรับทดลองมีความสัมพันธ์ในเชิงโพลิโนเมียล (ภาพที่ 47) ซึ่งรูปแบบความสัมพันธ์นี้น่าจะเป็นด้วยเหตุผลเดียวกันกับค่า ψ_t ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดจากการที่กระเจี๊ยบเขียวต้องการรักษาแรงดันน้ำในเซลล์ใบหรือแรงเต่งของเซลล์ใบให้คงที่อยู่เสมอสำหรับการดำเนินกิจกรรมของเซลล์ใบ (สุนทรี, 2535)

พลังงานศักย์ความดันของใบกระเจี๊ยบเขียว (ψ_p)

พบว่าทุกตำรับทดลองทำให้มีการเปลี่ยนแปลงค่า ψ_p คล้ายกัน (ภาพที่ 46) โดยค่า ψ_p ของใบกระเจี๊ยบเขียวค่อนข้างคงที่ แม้ว่าหลังจากเวลา 11:00 น. จะหยุดให้ฝนจำลองแล้ว แต่เซลล์ของใบพืชยังคงรักษาสภาพแต่งของเซลล์ไว้ได้ และพบว่า ψ_p กับ VPD ของแต่ละตำรับทดลองมีความสัมพันธ์ในเชิงโพลิโนเมียล (ภาพที่ 47) โดยพบว่าเมื่อค่า VPD เพิ่มขึ้น ψ_p จะปรับค่าสูงขึ้นตามไปด้วย ความสัมพันธ์แบบโพลิโนเมียลดังกล่าว (ψ_t และ ψ_π) บ่งถึงความไม่แน่นอนในความต้องการที่จะให้มีการเปลี่ยนแปลงค่า ψ_π เพื่อให้ ψ_p มีค่าคงที่ได้

ชุดดินสัตหีบ

การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่างของดินช่วงทดลองที่เกิดจากฝนจำลองออกไซด์ของไนโตรเจน

ผลพบว่าค่าความเป็นกรดด่างดินสำหรับตำรับทดลองฝนจากเริ่มทดลองถึงสิ้นสุดการทดลองมีค่าเปลี่ยนแปลงในช่วง 5.84-5.75, 5.96-5.85, 6.81-5.53 และ 6.34-4.99 สำหรับตำรับทดลองฝนควบคุม ฝน pH 5.0, 4.0 และ 3.0 ตามลำดับ (ภาพที่ 48, ตารางผนวกที่ 64-65) แต่การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดด่างของสิ่งทดลองเหล่านี้อยู่ในช่วงแคบ ๆ ซึ่งคิดเป็นปริมาณ H^+ ไม่มากพอที่จะมีผลต่อกระบวนการทางเคมีที่เกิดขึ้นในดิน จากการวิเคราะห์ทางสถิติค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดด่างดินที่เกิดจากอิทธิพลของความเข้มข้นของอนุมูลซัลเฟตและเวลามีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดด่างดังกล่าวสำหรับทุกสิ่งทดลองไม่มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารหลักในระยะเวลาสั้น กล่าวคือสำหรับธาตุไนโตรเจน ค่าความเป็นกรดด่างในช่วงนี้ (5.44-7.33) ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนรูปอินทรียวัตถุไปเป็น NH_4^+, NO_3^- และ N_2 ดังเหตุผลที่ได้กล่าวถึงความเป็นประโยชน์ของ

ไนโตรเจนในชุดดินก่อนหน้า ส่งผลให้ค่า ${}_{N}K_{d}$ ไม่ค่อยแตกต่างกันนัก (ภาพที่ 49, ตารางผนวกที่ 64-65) โดยจะพบว่าช่วงแรกของการทดลองมีค่า NH_4^+ และ NO_3^- สูงเนื่องจากผลของปุ๋ยที่ใส่ก่อนหน้าทำการทดลอง 2 สัปดาห์ จากนั้นธาตุอาหารในดินจะค่อย ๆ ลดปริมาณลง เพราะเกิดการสูญเสียไปพร้อมกับน้ำชะเนื่องจากชุดดินสัตหีบเป็นดินทราย ปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ จึงไม่สามารถดูดยึดธาตุอาหารไว้ได้ ประกอบกับถูกพืชดูดไปใช้จึงพบค่า ${}_{N}K_{d}$ ค่อนข้างต่ำตลอดการทดลอง ค่า ${}_{N}K_{d}$ นี้จะส่งผลต่อไปยังฝักกระเจี๊ยบเขียวที่จะทำการเก็บในสัปดาห์ต่อไปอีก 1 สัปดาห์ ซึ่งพบว่าสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของค่า $N_{T,pt}$ คือเมื่อในดินมีไนโตรเจนลดน้อยลง พืชก็จะดูดไปใช้ได้น้อยลงตามไปด้วย (ภาพที่ 49, ตารางผนวกที่ 66-67) ส่วนเหตุที่ช่วงท้ายของการทดลองฝักกระเจี๊ยบเขียวมีการดูดไนโตรเจนไปสะสมไว้ในฝักสูงกว่าระยะเวลาอื่น น่าจะเป็นเพราะกระบวนการ remobilization ของตัวพืชเอง (ยงยุทธ, 2546)

ธาตุฟอสฟอรัส ค่าความเป็นกรดด่างในช่วงดังกล่าวไม่ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนัก ดังเหตุผลที่ได้กล่าวไว้แล้วถึงความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในชุดดินก่อนหน้า และพบว่าปริมาณ P_2O_5 ไม่ลดต่ำลงอย่างรวดเร็วเหมือนธาตุไนโตรเจน เพราะฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ยาก จึงสูญหายได้ยากกว่า (ยงยุทธ และคณะ, 2541) ส่วนการนำธาตุฟอสฟอรัสไปใช้ในฝักกระเจี๊ยบเขียวพบว่ามีรูปแบบผกผันกับค่า ${}_{P}K_{d}$ ของสัปดาห์ก่อนหน้า คือถ้ามีฟอสฟอรัสในดินมาก พืชก็จะดูดไปใช้น้อย (ภาพที่ 50, ตารางผนวกที่ 64-67) ซึ่งน่าจะเป็นเพราะพฤติกรรมการดูดกินฟอสฟอรัสตามช่วงเวลาการเจริญเติบโตของตัวพืชเอง

ส่วนธาตุโพแทสเซียม ค่าความเป็นกรดด่างในช่วงดังกล่าวไม่ทำให้ความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนัก เนื่องด้วยเหตุผลเดียวกับความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในชุดดินอยุธยา ส่วนการดูดกินโพแทสเซียมของฝักกระเจี๊ยบเขียวจะเห็นว่ามีการดูดกินค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอื่น ๆ (ภาพที่ 51, ตารางผนวกที่ 64-67)

<u>การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของดินช่วงทดลองที่เกิดจากอิทธิพลของฝนจำลองออกไซด์ของไนโตรเจน</u>

ผลพบว่าค่าการนำไฟฟ้าของดินสำหรับตำรับทดลองฝนจากเริ่มทดลองถึงสิ้นสุดการทดลองมีค่าเปลี่ยนแปลงในช่วง 0.37-0.24, 0.42-0.26, 0.39-0.28 และ 0.35-0.18 dS m^{-1} สำหรับตำรับทดลองฝนควบคุม ฝน pH 5.0 4.0 และ 3.0 ตามลำดับ (ภาพที่ 48, ตารางผนวกที่ 64-65) การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของสิ่งทดลองเหล่านี้ค่อนข้างแคบจึงไม่ส่งผล

ต่อปฏิกิริยาเคมีภายในหน้าตัดดิน (ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546) จึงไม่มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน

ผลผลิตฝักกระเจี๊ยบเขียว

พบว่าตำรับทดลองฝน pH 5.0 ให้ผลผลิตฝักแห้งสูงกว่าตำรับทดลองอื่น รวมถึงตำรับทดลองฝนควบคุมด้วย (ตารางที่ 8-9) สาเหตุที่ผลผลิตของตำรับทดลองฝนควบคุมมีค่าต่ำกว่าตำรับทดลองอื่น อาจเป็นเพราะต้นกระเจี๊ยบเขียวในตำรับทดลองฝนควบคุมได้รับละอองฝนกรดจำลองจากตำรับทดลองข้างเคียงด้วย ส่งผลให้ใบเหลืองและร่วงเช่นเดียวกับตำรับทดลองอื่น ๆ นอกจากนี้ผลผลิตแห้งฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ได้จากการทดลองเมื่อคิดเป็นผลผลิตต่อ 1 ฤดูปลูกแล้ว พบว่าตำรับทดลองฝนควบคุม ฝน pH 5.0 4.0 และ 3.0 มีค่าเท่ากับ 6.17, 8.82, 8.63 และ 7.79 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ต่อฤดูปลูก ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าที่เกษตรกรปลูกได้จริง 38-64 เท่า (ศูนย์วิจัยพืชสวนพิจิตร, 2549) จึงคาดว่าเป็นเพราะอิทธิพลของฝนจำลองที่ทำให้การเจริญเติบโตของต้นกระเจี๊ยบเขียวผิดปกติไป โดยพบว่าต้นกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับฝน pH 3.0 จะมีลำต้นอ้วน ต้นฉ่ำน้ำ ต้นเตี้ย ใบเล็กและแตกใบเป็นกระจุก ฝักเป็นตะปุ่มตะปั่ม อีกทั้งดินที่ใช้ปลูกเป็นดินทรายซึ่งไม่สามารถเก็บรักษาธาตุอาหารและน้ำไว้ได้นานจึงทำให้กระเจี๊ยบเขียวมีผลผลิตต่ำ

ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของกระเจี๊ยบเขียว

เมื่อพิจารณาค่าสัดส่วนการนำธาตุไนโตรเจนไปใช้ในส่วนต่าง ๆ สูงสุดในตำรับทดลองฝน pH 4.0 ส่วนธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมีค่าสูงที่สุดในตำรับทดลองฝน pH 5.0 และพบว่ามีการสะสมสูงสุดในส่วนของลำต้นและใบ (ตารางที่ 13) ส่วนปริมาณธาตุหลักในส่วนต่าง ๆ ของพืชพบว่ากระเจี๊ยบเขียวที่ได้จากการทดลองนี้มีปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่าค่าปกติที่พบในพืชที่อยู่ในตระกูลเดียวกัน (ตารางที่ 13, ตารางผนวกที่ 3)

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของกระเจี๊ยบเขียว

ใบ

พบว่าต้นกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับฝนควบคุมบางส่วนมีอาการผิดปกติ (ภาพผนวกที่ 4(a)) เนื่องจากได้รับละอองฝนจำลอง pH 5.0 ซึ่งอยู่ข้างเคียง จึงพบอาการใบเหลืองจากขอบใบเข้ามาในใบ ส่วนกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับฝนจำลอง pH 5.0 4.0 และ 3.0 จะพบการร่วงของใบล่างซึ่งมีขนาดเล็ก ใบเหลืองซีด แต่ไม่มีอาการใบไหม้ และมักร่วงก่อนใบบนซึ่งสัมผัสกับน้ำฝนอย่างเต็มที่

จึงคาดว่าน่าจะเป็นผลมาจากการขาดธาตุไนโตรเจนที่ทำให้ใบล่างร่วง (ยงยุทธ, 2546) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนในใบที่ต่ำกว่าค่าปกติของพืชในตระกูลเดียวกัน ใบที่อยู่ส่วนกลางของลำต้นและสัมผัสกับน้ำฝนเต็มที่จะพบอาการใบเหลืองจากขอบใบลุกลามเข้ามาภายในใบ ขอบใบไหม้ และมีบางใบที่หลุดร่วงเมื่อได้รับการสัมผัสเบา ๆ โดยใบที่ได้รับฝนเต็มที่จะเริ่มแสดงอาการก่อน จึงคาดว่าฝนจำลองทำให้เกิดความเสียหายต่อคลอโรฟิลล์ในเนื้อเยื่อพืช และน่าจะมีผลต่อความแข็งแรงของเนื้อเยื่อพืชด้วย โดยฝน pH 3.0 จะแสดงความเสียหายของต้นมากที่สุด ส่วนฝน pH 5.0 และ 4.0 โดยภาพรวมแล้วไม่ค่อยแตกต่างกัน (ภาพผนวกที่ 4(b)-(d))

ฝัก

พบว่าฝนควบคุมไม่ทำให้ฝักกระเจี๊ยบเขียวมีลักษณะผิดปกติ (ภาพผนวกที่ 5(a)) ส่วนตำรับทดลองฝน pH 5.0 4.0 และ 3.0 คือ ฝักมีผิวขรุขระ เป็นตุ่มนูนขึ้นมา สีเขียวซีด ด่าง และพบมากที่สุดในฝน pH 3.0 รองลงมาคือ ฝน pH 4.0 และ 5.0 ตามลำดับ (ภาพผนวกที่ 5(b))

ดอก

พบอาการแห้งและหลุดร่วงของดอกที่พัฒนาตัวได้ประมาณ 1 สัปดาห์ (ความยาวของดอกประมาณ 0.7-0.8 mm) ของทุกตำรับทดลอง (ภาพผนวกที่ 6(b)) โดยมีความรุนแรงที่สุดในฝน pH 3.0 และ 4.0 ส่วนฝนควบคุมและฝน pH 5.0 พบการร่วงของดอกเล็กน้อย ส่วนดอกที่สามารถพัฒนาตัวจนเจริญเติบโตได้เต็มที่ของทุกตำรับทดลองมีสภาพของดอกและการบานของดอกปกติ (ภาพผนวกที่ 6(a)) ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับชุดดินก่อนหน้า

<u>องค์ประกอบพลังงานศักย์น้ำในใบกระเจี๊ยบเขียวในรอบวัน</u>

ดังได้กล่าวไว้แล้วว่าได้ทำการวัดค่าพลังงานศักย์น้ำในใบกระเจี๊ยบเขียวในช่วงระหว่างการเก็บฝักรุ่นที่ 1 และ 2 ซึ่งก่อนหน้านั้นต้นกระเจี๊ยบเขียวได้รับฝนจำลองเป็นระยะเวลาหนึ่งแล้ว จึงอาจมีการปรับตัวเพื่อการอยู่รอดทำให้ได้รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของค่าพลังงานศักย์น้ำรวมของใบ พลังงานศักย์สารละลาย และพลังงานศักย์ความดันภายในใบกระเจี๊ยบเขียวเป็นดังต่อไปนี้

พลังงานศักย์น้ำรวมของใบกระเจี๊ยบเขียว (ψ_t)

พบว่าทุกตำรับทดลองทำให้มีการเปลี่ยนแปลงค่า ψ_t คล้ายกัน (ภาพที่ 52) คือ ψ_t มีค่าสูงสุดที่เวลา 14:00 น. ซึ่งเป็นเพราะเหตุผลเดียวกันกับชุดดินก่อนหน้า จากนั้น ψ_t มีแนวโน้ม

ลดลงเนื่องจากความชื้นในดินลดลง พืชเริ่มขาดน้ำ และพบว่า ψ_t กับ VPD ของแต่ละตำรับทดลองมีความสัมพันธ์คล้ายกันคือเป็นโพลิโนเมียล (ภาพที่ 53) นั่นคือเมื่อค่า VPD เพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งจะทำให้ค่า ψ_t กลับลดลงไปอีกครั้ง เป็นเช่นนี้ตลอดช่วงของ VPD เพราะเมื่อค่า VPD สูงนั้น เป็นเวลาหลังการให้น้ำในการทดลองนี้พอดี ดินจึงมีความชื้นสูง พืชไม่จำเป็นต้องลด ψ_t มากนัก

พลังงานศักย์สารละลายในเซลล์ใบกระเจี๊ยบเขียว (ψ_π)

พบว่าทุกตำรับทดลองทำให้มีการเปลี่ยนแปลงค่า ψ_π คล้ายกัน (ภาพที่ 52) ค่า ψ_π เพิ่มขึ้นในช่วง 10:00-14:00 น. ดังที่กล่าวไว้แล้วในชุดดินก่อนหน้า และพบว่า ψ_π กับ VPD ของแต่ละตำรับทดลองมีความสัมพันธ์ในเชิงโพลิโนเมียล (ภาพที่ 53) ซึ่งรูปแบบความสัมพันธ์นี้น่าจะเป็นด้วยเหตุผลเดียวกันกับค่า ψ_t ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดจากการที่กระเจี๊ยบเขียวต้องการรักษาแรงดันน้ำในเซลล์ใบหรือแรงเต่งของเซลล์ใบให้คงที่อยู่เสมอสำหรับการดำเนินกิจกรรมของเซลล์ใบ (สุนทรี, 2535)

พลังงานศักย์ความดันของใบกระเจี๊ยบเขียว (ψ_p)

พบว่าทุกตำรับทดลองทำให้มีการเปลี่ยนแปลงค่า ψ_p คล้ายกัน (ภาพที่ 52) โดยค่า ψ_p ของใบกระเจี๊ยบเขียวค่อนข้างคงที่ แม้ว่าหลังจากเวลา 11:00 น. จะหยุดให้ฝนจำลองแล้ว แต่เซลล์ของใบพืชยังคงรักษาสภาพแต่งของเซลล์ไว้ได้ และพบว่า ψ_p กับ VPD ของแต่ละตำรับทดลองมีความสัมพันธ์ในเชิงโพลิโนเมียล (ภาพที่ 53) โดยพบว่าเมื่อค่า VPD เพิ่มขึ้น ψ_p จะปรับค่าสูงขึ้นตามไปด้วย ความสัมพันธ์แบบโพลิโนเมียลดังกล่าว (ψ_t และ ψ_π) บ่งถึงความไม่แน่นอนในความต้องการที่จะให้มีการเปลี่ยนแปลงค่า ψ_π เพื่อให้ ψ_p มีค่าคงที่ได้

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าผลการทดลองโดยรวมของทุกชุดดินให้ผลที่ไม่แตกต่างจากการทดลองโดยใช้ฝนจำลองที่เกิดจากอนุมูลซัลเฟต นั่นคือ ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารหลักไม่ได้ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของฝนจำลองที่เกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนที่ระยะเวลาสั้น เพราะค่า K_d ของธาตุอาหารแต่ละตำรับทดลองแสดงค่าไม่แตกต่างกัน แต่ขึ้นอยู่กับลักษณะของเนื้อดินของชุดดินนั้นๆ เป็นหลัก อีกทั้งปริมาณธาตุอาหารในขณะทดลองมีค่าค่อนข้างต่ำ จึงทำให้ไม่เห็นผลการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนมากนัก สำหรับการทดลองนี้จะเห็นว่าค่า ${}_NK_d$, ${}_PK_d$ และ ${}_KK_d$ ของชุดดินสัตหีบโดยรวมแล้วมีค่าสูงกว่าชุดดินอื่นๆ (ตารางผนวกที่ 46-48) เนื่องจากเป็นดินทรายจึงปลดปล่อยธาตุอาหารรูปที่เป็นประโยชน์ออกมาได้ง่ายกว่าชุดดินอื่น อีกทั้งยังมีการสะสมอยู่ในฝักในอัตราส่วนที่สูงกว่าชุดดินอื่นๆ อีกด้วย (ตารางผนวกที่ 49-51) แต่ไม่ได้หมายความว่าจะ

สะสมในส่วนอื่นที่เหลือของพืชมากตามไปด้วย ดังนั้นจึงยังไม่สามารถสรุปได้ว่าหากค่า ${}_{N}K_{d}$, ${}_{P}K_{d}$ และ ${}_{K}K_{d}$ สูง แล้วทุกส่วนของพืชจะต้องสะสมธาตุนั้น ๆ สูงตามไปด้วย และเมื่อดูจากผลผลิตเฉลี่ยรวมของทุกชุดดินแล้วพบว่า ชุดดินอยุธยาให้ผลผลิตฝักแห้งรวมสูงกว่าชุดดินอื่น ๆ นั่นแสดงว่าชุดดินอยุธยาสามารถกักเก็บธาตุอาหารไว้ได้นาน แล้วค่อย ๆ ปลดปล่อยรูปที่เป็นประโยชน์ออกมาให้พืชนำไปใช้ได้ตลอดระยะเวลาของการเจริญเติบโต ดังจะเห็นได้จากผลผลิตแห้งที่มีน้ำหนักแห้งค่อนข้างสม่ำเสมอในทุกรุ่นที่ทำการเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 8-9)