การตอบสนองของข้าวโพดที่ปลูกบนดินนาต่อภาวะน้ำขังและต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

The Response of Corn Grown on Paddy Soil to Flooding and Nitrogen and Phosphorus Fertilization

เสน่ห์ เครือแก้ว[1] วันชัย ถนอมทรัพย์[2]

Sanayh Kraokaw[1] Wanchai Thanomsub[2]

ABSTRACT

Growth and nitrogen (N) and phosphorus (P) status of a recommended open-pollinated Nakhon Sawan 1 (NS1) and a hybrid CP-DK 888 corn (*Zea mays* L.) cultivars in response to flooding and N and P fertilization was studied in the glasshouse at Nakhon Sawan Field Crops Research center in 1997. Corn plants were grown on potted paddy soil (Ratchaburi series) and subjected to a short-term flooding of 3 days (d) imposed at 14 days after emergence (DAE), thereafter, excess water was allowed to subside naturally. The corn plants previously flooded were allowed for 14 d (24-38 DAE) to recover from the flooding stress. Either none, or N and P fertilizers equivalent to 62.5 kg of N and P/ha was applied together in liquid just before planting; and then, either none, N,P, or N and P fertilizers was added at the start of a recovery period (24 DAE). Meanwhile, the growth, agronomic characteristics and yield of NS 1 and CP-DK 888 and 6 other commercial hybrids (Hercules 40, Cargill 717, Pioneer 3012, Pacific 47, SW 3601 and NSX 9008) subjected to flooding at 14 and 28 DAE (2 days of flooding and excess water was left to subside naturally) was studied in the field with the same soil series at Chainat Field Crops Research Center. In a pot trial, flooding stress (14-24 DAE) resulted in a more reduction in growth (relative growth rates of dry mass of plant parts and leaf areas) of

[1] ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ อ. ตากฟ้า จ. นครสวรรค์ 60190

Nakhon Sawan Field Crops research Center, Takfa, Nakhon Sawan 60190

[2] ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท อ. เมือง จ. ชัยนาท 17000

Chainat Field Crops Research Center, Muang, Chainat 17000

NS 1 than that of CP-DK 888 and a decrease in N and P concentrations in plant parts of both cultivars. However, NS1 did better than CP-DK 888 during recovery from the flooding stress. Even though N and P fertilization at planting led to an increase in N and P concentrations in plant parts at the end of flooding, it had no marked effects on growth of both cultivars during subjected to flooding stress. Whereas, N and P fertilization at the start of a recovery period, and those at planting as well, not only increased the N and P concentrations in plant parts but also the growth of corn plants during recovery from the flooding stress. Flooding markedly delayed days to anthesis 1-2 and extended anthesis-silking intervals (ASI) for 2-5 d (except CP-DK 888) and reduced plant heights, no. of grains/ear and yields of 8 corn cultivars grown in the field. The reduction in grain yields due to flooding stress was least (52%) in Pioneer 3012 and Cargill 717, and was most (94%) in NS 1 and SW 3601. The yields of corn cultivars used to subjected to flooding were positively linearly correlated with those yields under well-drained conditions (r=0.87**).

Key words : corn (*Zea mays* L.), flooding stress, paddy soil, recovery, relative growth rate

บทคัดย่อ

ได้ศึกษาการเจริญเติบโต และระดับไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) ของข้าวโพดพันธุ์ผสมเปิดนครสวรรค์ 1 และพันธุ์ลูกผสม CP-DK 888 ที่ปลูกบนดินนา (ชุดราชบุรี) ในช่วงประสบกับภาวะน้ำขัง และช่วงฟื้นตัว ต่อการใส่ปุ๋ย N และ P ในเรือนทดลอง ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ (ฤดูแล้งปี 2540) โดยปลูกข้าวโพดในกระถางให้ประสบกับภาวะดินน้ำขังที่ 14 วันหลังงอก (DAE) (ให้น้ำท่วมขัง 3 วัน แล้วปล่อยให้น้ำแห้งตามธรรมชาติ) และที่ 24 DAE เมื่อความชื้นของดินที่ถูกน้ำขังได้ลดลงต่ำกว่าระดับ field capacity (FC) แล้วจึงให้น้ำถึง FC ทุก ๆ วันจนถึง 38 DAE (24-38 DAE เป็นช่วงฟื้นตัว) ทันทีก่อนปลูกได้ใส่ปุ๋ย 2 วิธีการ คือ ไม่ใส่ปุ๋ย หรือใส่ปุ๋ย N และ P ร่วมกัน และที่ 24 DAE (วันเริ่มฟื้นตัว) มีการใส่ปุ๋ย 4 วิธี คือ ไม่มีการใส่ปุ๋ย ใส่ N หรือ P อย่างเดียว หรือ N ร่วมกับ P (รูป P) (อย่างละ 10 กก./ไร่) ในขณะเดียวกันได้ศึกษาอิทธิพลของภาวะน้ำท่วมขังที่ 14 และ 28 DAE (ให้น้ำท่วมแปลงทดลอง 2 วัน แล้วปล่อยให้น้ำแห้งตามธรรมชาติ) ต่อการเจริญเติบโต ลักษณะทางพืชไร่และผลผลิตของพันธุ์นครสวรรค์ 1 และ

CP-DK 888 และลูกผสมอื่น ๆ อีก 6 พันธุ์ ได้แก่ Hercules 40, Cargill 717, Pioneer 3012, Pacific 47, SW 3601 และ NSX 9008 ที่ปลูกในแปลงทดลองสภาพดินนาที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท (ดินชุดเดียวกัน) พบว่า ภาวะดินน้ำขัง (ในกระถาง) ทำให้การเจริญเติบโต (อัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งและพื้นที่ใบสัมพัทธ์) และเปอร์เซ็นต์ N และ P ในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดทั้ง 2 พันธุ์ลดลง ในช่วงที่ดินอยู่ในภาวะน้ำขังนั้น ข้าวโพด CP-DK 888 มีการเจริญเติบโตดีกว่า นครสวรรค์ 1 แต่นครสวรรค์ 1 มีลักษณะดังกล่าวดีกว่า CP-DK 888 ในช่วงฟื้นตัว การใส่ปุ๋ย N และ P พร้อมปลูก ทำให้ข้าวโพดดูดธาตุอาหาร N และ P และเติบโตดีขึ้นก่อนมีน้ำท่วมขัง แต่ไม่สามารถช่วยให้ข้าวโพดเติบโตดีขึ้นในช่วงที่ประสบภาวะดินน้ำขัง และบางส่วนของปุ๋ย N ได้สูญหายไป แต่การใส่ปุ๋ย N และ P ทันทีที่ข้าวโพดฟื้นตัว (รวมทั้งที่ใส่พร้อมปลูก) สามารถช่วยเร่งการฟื้นตัวของข้าวโพดทั้ง 2 พันธุ์ได้ ในขณะที่ภาวะดินน้ำขังในแปลงทดลองทำให้ข้าวโพดออกดอกตัวผู้ล่าออกไป 1-2 วัน และมี ASI กว้างขึ้น 2-5 วัน (ยกเว้น DP-DK 888) และทำให้ความสูง จำนวนเมล็ดต่อฝักและน้ำหนักเมล็ดและผลผลิตของข้าวโพดทั้ง 8 พันธุ์ ลดลง แต่สัดส่วนความเสียหายแตกต่างกันไปในแต่ละพันธุ์ โดยผลผลิตของ Pioneer 3012 และ Cargill 717 ลดลง น้อยสุด 52% และ SW 3601 และนครสวรรค์ 1 ลดลงมากที่สุด 94% มีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงทางบวกระหว่างผลผลิตของข้าวโพดที่ปลูกในสภาพที่ดินกระทบกับภาวะน้ำขัง และที่ดินไม่มีภาวะน้ำขัง ($r = 0.87^{**}$)

คำหลัก : ข้าวโพด ภาวะดินน้ำขัง ดินนา การฟื้นตัว อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์

คำนำ

การนำข้าวโพดไร่ไปปลูกในสภาพดินนาในเขตภาคกลางและเขตติดต่อในช่วงฤดูแล้งหลังเก็บเกี่ยวข้าวนาปี มักประสบกับภาวะดินน้ำขัง (flooding stress/waterlogging) ได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลังจากการให้น้ำชลประทานแต่ละครั้งในช่วงแรก ๆ ของการเจริญเติบโตของข้าวโพด เนื่องจากดินนาส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวมีการระบายน้ำไม่ดี และข้าวโพดใช้น้ำค่อนข้างน้อยในระยะดังกล่าว (หริ่ง, 2540) เมื่อดินถูกน้ำขัง ดินจะถูกเปลี่ยนแปลงไปสู่สภาพรีดิวซ์ (reducing conditions) เนื่องจากก๊าซออกซิเจน (O_2) ในดินที่มีน้ำท่วมขังถูกใช้หมดไปอย่างรวดเร็ว ดินจะปลดปล่อยสารพิษที่เป็นอันตรายแก่พืชออกมา มีการสูญเสีย N ไปในรูปของ N_2 ผ่านขบวนการ denitrification อย่างรวดเร็ว (Grable, 1966) อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่า การใส่ปุ๋ย N (รูป NO_3) ก่อนดินมีน้ำท่วมขังสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสู่สภาพรีดิวซ์ และชดเชยการสูญเสีย N จากขบวนการ denitrification ได้ส่วนหนึ่ง (Kraokaw, 1992) และอาจจะช่วยลดผลเสีย

ของภาวะดินน้ำขังต่อข้าวโพดที่ปลูกอยู่อีกด้วย (Meyer *et al.*, 1987)

การขาด O_2 ในดินที่ถูกน้ำท่วมขังมีผลเสียต่อการดูดธาตุอาหารและการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกอยู่ (Grable, 1966) มีรายงานว่าสภาพดินน้ำท่วมขังมีผลเสียต่อการเจริญเติบโตและศักยภาพการให้ผลผลิตของข้าวโพด และความเสียหายจากสาเหตุดังกล่าวจะมากน้อยแตกต่างกันไปตามชนิดของพันธุ์ ระยะการเจริญเติบโต และความรุนแรงของภาวะดินน้ำขัง (Singh and Ghildyal, 1980) โดยที่ข้าวโพด ได้รับความเสียหายค่อนข้างมาก ถ้าหากว่าภาวะดินน้ำท่วมขังเกิดขึ้นยาวนานในช่วงแรก ๆ ของการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative growth) (Mukhtar *et al.*, 1990; Lizaso and Ritchie, 1997) แต่ยังไม่พบรายงานเรื่องความแตกต่างระหว่างพันธุ์ข้าวโพดในส่วนของการเจริญเติบโต (การเพิ่มน้ำหนักแห้ง ซึ่งเป็นผลิตผลจากขบวนการสังเคราะห์แสง และการขยายตัวของพื้นที่ใบ) ของข้าวโพดในช่วงที่ประสบกับภาวะดินน้ำขัง หรือช่วงฟื้นตัว ซึ่งอาจจะมีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิตสุดท้าย (Mitchelina and Boyer, 1982; Lizaso and Ritchie, 1997) ความสัมพันธ์ในลักษณะข้างต้น (ถ้ามี) อาจจะช่วยในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพด หรือคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดพันธุ์ผสมเปิดและลูกผสมที่ปลูกในสภาพไร่ในปัจจุบันเพื่อทนน้ำขังได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น มีรายงานว่า ในข้าวสาลี (*Triticale aestivum)* (Thomson *et al.*, 1992; Musgrave and Ding, 1998) นั้น พันธุ์ที่ทนน้ำขังได้ดีสามารถเจริญเติบโตในช่วงที่ประสบกับภาวะดินน้ำขัง ได้ดีกว่าพันธุ์ที่มีลักษณะดังกล่าวด้อยกว่า ดังนั้นในการการทดลองนี้ จึงตั้งสมมติฐานว่า เมื่อปริมาณธาตุอาหาร (N และ P) ในดินที่มีภาวะน้ำขังอย่างพอเพียง ข้าวโพดพันธุ์ที่สามารถเติบโตได้ดีในช่วงที่ประสบกับภาวะดินน้ำขัง (หรือช่วงที่ฟื้นตัวจากภาวะดังกล่าว) สามารถทนน้ำขังได้ดี และให้ผลผลิตดีกว่าพันธุ์ที่มีลักษณะดังกล่าว ด้อยกว่า ด้วยวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการใส่ปุ๋ย N และ P และภาวะดินน้ำขังต่อการเปลี่ยนแปลงของ N และ P ที่เป็นประโยชน์และ pH ของดิน และต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพดพันธุ์ผสมเปิด และพันธุ์ลูกผสมที่ปลูกบนดินนา

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 (ทดลองในกระถาง) : ผลของการใส่ปุ๋ย N และ P ต่อการเจริญเติบโตและระดับ N และ P ในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดในช่วงที่ประสบกับภาวะดินน้ำขังและช่วงฟื้นตัว

ทำการทดลองในเรือนทดลองของศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ อ. ตากฟ้า จ. นครสวรรค์ ตั้งแต่ 17 เมษายน ถึง 29 พฤษภาคม 2540 ได้เก็บตัวอย่างดินจากบริเวณแปลงทดลองของศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาทเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay) ชุดราชบุรี มีการระบายน้ำค่อนข้างเลว มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง และเป็นกรดเล็กน้อย (เล็กและสุนันท์, 2524) คุณสมบัติทาง

ฟิสิกส์ และทางเคมีบางประการมีดังนี้ :- pH (1:1) 6.1; OM 2.8%; avail. P 30 ppm; exch K 150 ppm และความชื้นของดินที่จุด field capacity (FC) และจุดเหี่ยวถาวร เท่ากับ 29.5 และ 19.5% (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ตามลำดับ

ได้ศึกษารวม 4 ปัจจัย (Factor) ดังนี้ :-

ปัจจัยที่ 1 ข้าวโพด 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ผสมเปิด นครสวรรค์ 1 (NS1) และพันธุ์ลูกผสม CP-DK 888 ไม่มีข้อมูลด้านการทนดินน้ำขังของทั้ง 2 พันธุ์

ปัจจัยที่ 2 การใส่ปุ๋ย N และ P ร่วมกันทันทีก่อนปลูก 2 วิธีการ ได้แก่ ไม่มีการใส่ (-NP) และมีการใส่ปุ๋ย (+NP)

ปัจจัยที่ 3 ระดับน้ำในดิน (water regime) 2 ระดับ ได้แก่ ดินไม่มีน้ำขัง (Control) และดินน้ำขัง (Flood) โดยข้าวโพดที่ปลูกในกระถางที่ดินไม่มีน้ำขังได้รับน้ำอย่างพอเพียงถึง FC ทุก ๆ วัน ส่วนดินน้ำขัง นั้น ให้น้ำท่วมขังสูงเหนือผิวดินในกระถางที่ปลูกข้าวโพด 3 ซม. รวม 3 วันติดต่อกัน แล้วปล่อยให้น้ำที่เกินพอในกระถางแห้งตามธรรมชาติ และที่ 24 DAE เมื่อความชื้นในดินในทุกกระถางที่ถูกน้ำท่วมขังได้ลดต่ำกว่า FC แล้ว (สิ้นสุดภาวะดินน้ำขัง) จึงเริ่มให้น้ำถึง FC ทุก ๆ วัน เช่นเดียวกับกระถางที่ไม่มีน้ำขัง จนถึง 38 DAE ซึ่งเป็นวันสิ้นสุดการทดลอง

ปัจจัยที่ 4 การใส่ปุ๋ย N และ P ทันทีที่เริ่มฟื้นตัว (ที่ 24 DAE) 4 วิธีการ ได้แก่ ไม่มีการใส่ปุ๋ย N และ P (-NP) ใส่ปุ๋ย N อย่างเดียว (+N) ใส่ปุ๋ย P อย่างเดียว (+P) หรือใส่ปุ๋ย N และ P ร่วมกัน (+NP) โดยใช้เกลือแอมโมเนียมไนเตรท (NH_4NO_3) และโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ($NaH_2PO_4.2H_2O$) เป็นแหล่งให้ธาตุอาหาร N และ P ตามลำดับ ละลายในน้ำกลั่นแล้วใส่ปริมาณเท่ากับ 10 กก. N หรือ P/ไร่

ในช่วงฟื้นตัว(24-38DAE)จัดทรีทเมนต์แบบ 2 x 2 x 2 x 4 (ข้าวโพด 2 พันธุ์ x 2 วิธี การใส่ปุ๋ย N และ P พร้อมปลูก x 2 ระดับน้ำในดินช่วง 14 –24 DAE x 4 วิธีการใส่ปุ๋ย N และ P ที่ 24 DAE) แฟกตอเรียล ใน Randomized Complete Block design มี 3 ซ้ำ ๆ ละ 32 กระถาง จำนวน 96 กระถาง (∅ ปากกระถาง = 25.4 ซม.) (หน่วยทดลองละ 1 กระถาง ๆ ละ 1 ต้น ใช้ถุงพลาสติกสอดแทรกด้านในกระถางก่อนบรรจุดิน 8 กก.) ทั้งนี้ได้ปลูกข้าวโพดเพิ่มเติมสำหรับเก็บเกี่ยวใช้เป็นข้อมูลการเจริญเติบโตและเปอร์เซ็นต์ N และ P ในส่วนราก ลำต้น และใบของข้าวโพดทั้ง 2 พันธุ์ที่ 14 DAE ซึ่งมี 2 ปัจจัย นั้นคือ ข้าวโพด 2 พันธุ์ x 2 วิธีการใส่ปุ๋ย N และ P พร้อมปลูก (12 กระถาง) และที่วันสิ้นสุดภาวะดินน้ำขัง (24 DAE) ซึ่งมี 3 ปัจจัย (ข้าวโพด 2 พันธุ์ x 2 วิธีการใส่ปุ๋ย N และ P พร้อมปลูก x 2 ระดับน้ำในดินช่วง 14-24 DAE) จำนวน 24 กระถาง จัดลงในแผนการทดลองเดียวกัน

ก่อนเก็บเกี่ยวข้าวโพดที่ 14, 24 และ 38 DAE ได้วัดความสูงของต้นข้าวโพด โดยวัดจากผิวดินจนถึงยอดสูงสุดนับจำนวนใบต่อต้น แล้วตัดลำต้นที่ระดับผิวดิน แยกส่วนบนดินออกเป็น

1) ลำต้น (Stem) มีลำต้น และก้านใบ และ 2) ใบ (Leaf) เฉพาะตัวใบและส่วนราก (Root) ซึ่งได้ล้างดินที่ติดออกด้วยน้ำจนสะอาด นำใบที่ได้ไปวัดหาพื้นที่ (ซม.^{2}) ตัดส่วนต่างๆ ให้ยาวประมาณ 1 ซม. แล้วนำเข้าอบในตู้อบ (70°C) จนแห้ง ชั่งหาน้ำหนักแห้ง บดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดพืช แล้วนำไปวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของ N และ P นอกจากนี้แล้วทันทีก่อนปลูก ที่ 14 DAE และที่ 24 DAE ได้เก็บตัวอย่างดินจากกระถางที่ปลูกเพิ่มเติมสำหรับเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ 2 เพื่อทำการวิเคราะห์หา pH, N (รูป NO_3 - N และ NH_4^+- N) และ P ที่เป็นประโยชน์ และที่ 19 DAE ได้ให้คะแนนความเหี่ยว (0 ถึง 4) ของใบบนสุดที่แผ่ขยายเต็มที่ (Jones, 1979) โดยวัดระยะการม้วนงอขึ้นของขอบใบตรงส่วนที่กว้างที่สุด ดังนี้ คะแนน 0 = ใบไม่เหี่ยว (no wilting) ไม่มีการม้วนขึ้นของขอบใบ 1 = ใบเหี่ยวเล็กน้อย (slight wilting) (< 25% ของความกว้างใบงอขึ้น) 2 = ใบเหี่ยวค่อนข้างเล็กน้อย (mild wilting) 3 = ใบเหี่ยวปานกลาง (moderate wilting) และ 4 = ใบเหี่ยวรุนแรง (severe wilting) มีการม้วนขึ้นของขอบใบ > 75% ของส่วนกว้างของใบ

ทำการวิเคราะห์การเจริญเติบโต (growth analysis) ของข้าวโพดในช่วงที่ประสบกับภาวะดินน้ำขัง 10 วัน (14-24 DAE) และช่วงฟื้นตัว 14 วัน (24-38 DAE) โดยคำนวณหาอัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้ง สัมพัทธ์ (relative dry mass growth rate) ของราก (Root) ส่วนบนดิน (ลำต้น + ใบ) (Top) และรวมทั้งต้น (Whole plant) และอัตราการเพิ่มพื้นที่ใบสัมพัทธ์ (relative leaf area growth rate) สูตรที่ใช้คำนวณได้แสดงไว้แล้วใน Table 1 (Evans, 1972)

Table 1 Growth analysis formulas

Parameter	Formula
RDMGR (g/g/d)[1/]	$(\text{Ln } DM_2 - \text{Ln } DM_1)/(t_2 - t_1)$
RLAGR ($cm^2/cm^2/d$)[2/]	$(\text{Ln } LA_2 - \text{Ln } LA_1)/(t_2 - t_1)$

Where, $t_2 - t_1$ = length of time interval (day = d); DM_1 and DM_2 = dry mass (g/plant) of plant parts and LA_1 and LA_2 = leaf area (cm^2/plant) at the beginning and end of the interval.

[1/] RDMGR = Relative dry mass growth rate; [2/] RLAGR = Relative leaf area growth rate

การทดลองที่ 2 (ในแปลงทดลองสภาพดินนา) : ผลของภาวะน้ำขังต่อศักยภาพการให้ผลผลิตของข้าวโพดพันธุ์ผสมเปิดและลูกผสมที่ปลูกบนดินนา

ทำการทดลองในฤดูแล้ง ตั้งแต่ 15 มกราคม ถึง 12 พฤษภาคม 2540 ที่แปลงทดลองของศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท จ. ชัยนาท เป็นดินนา (ชุดราชบุรี) มีคุณสมบัติดังระบุแล้วข้างต้น วางแผนการทดลองแบบ Split – plot มี 3 ซ้ำ Main plots ประกอบด้วยระดับน้ำในดิน (water regime) 2 ระดับ ได้แก่ 1) ดินไม่มีน้ำขัง (Control) โดยให้น้ำแบบ furrow irrigation อย่างพอเพียง (ไม่มีน้ำขัง) ทุก ๆ สัปดาห์หลังงอก จนกระทั่งข้าวโพดพร้อมเก็บเกี่ยว และ 2) ดินน้ำขัง (Flood) ให้น้ำเช่นเดียวกับ Control แต่ให้น้ำจนเกินพอจนมีน้ำท่วมขัง 1 ซม. (ที่ 14 และ 28 DAE) แล้วปล่อยให้น้ำแห้งตามธรรมชาติ ในขณะที่ Sub plots ประกอบด้วยข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 1 CP-DK 888 และลูกผสมอื่น ๆ อีก 6 พันธุ์ ได้แก่ Hercules 40, Cargill 717, Pioneer 3012, Pacific 47, SW 3601 และ NSX 9008 แปลงย่อย (sub plot) มีขนาด 4.5 x 6.0 ม. (พื้นที่เก็บเกี่ยว 3.0 x 4.0 ม) ยกร่อง (ridge) สูง 15 ซม. ปลูกข้าวโพดบนสันร่อง รวม 6 แถว แถวห่างกัน 75 ซม. ระหว่างหลุม 25 ซม. (1 ต้น/หลุม) ได้ใส่ปุ๋ย N-P_2O_5-K_2O อัตรา 10-12.5-0 กก./ไร่ (สูตร 16-20-0) พร้อมปลูก และที่ 28 DAE ที่ 19 DAE ได้ให้คะแนนความเหี่ยวของใบข้าวโพดที่ถูกน้ำท่วมขัง (แปลงย่อยละ 4 ต้น จาก 2 แถวกลาง) ด้วยวิธีการดังกล่าวแล้วข้างต้น บันทึกวันออกดอกตัวผู้ และตัวเมีย 50 % และคำนวณหาค่า ASI แล้ววัดความสูงจากผิวดินจนถึงโคนใบธง นับจำนวนต้นเก็บเกี่ยว จำนวนเมล็ด/ฝัก หาน้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม) และความชื้นของเมล็ด รายงานผลผลิตเป็น กก./ไร่ ที่ความชื้นเมล็ด 15%

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1

การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีบางประการของดินช่วงประสบกับภาวะน้ำขัง

เมื่อเริ่มภาวะดินน้ำขัง (14 DAE) นั้น ปริมาณ NO_3^- - N ในดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย N และ P พร้อมปลูกค่อนข้างต่ำ (18 ppm) โดยที่ค่าวิกฤติของ NO_3^- - N ในดินสำหรับข้าวโพดไร่ เท่ากับ 14-20 ppm (Morris *et al.*, 1993) ภาวะดินน้ำขัง (14-24 DAE) ทำให้ NO_3^- - N สูญเสียไปอย่างมาก (>50%) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อมีการใส่ปุ๋ย N และ P พร้อมปลูก ส่วน NH_4^+ - N รวมทั้ง P ที่เป็นประโยชน์ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงในสัดส่วนที่ค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับ NO_3^- - N ทั้งในที่มีและไม่มีการใส่ปุ๋ย N และ P พร้อมปลูก (Table 2) ภาวะดินน้ำขังทำให้ pH ของดิน เพิ่มขึ้นเล็กน้อย จาก 6.1 เป็น 6.3 และ 5.5 เป็น 5.9 เมื่อไม่มีและมีการใส่ปุ๋ย N และ P พร้อมปลูก ตามลำดับ (ข้อมูลไม่ได้แสดงไว้)

Table 2 Soil available N and P affected by N and P fertilization at planting and water regime (14-24 DAE)

N and P Fertilization at planting	Water Regime	Available N (ppm)						Available P (ppm)		
		NH_4^+ - N			NO_3^- - N			Bray II		
		PL	SF	EF	PL	SF	EF	PL	SF	EF
- NP	Control	10	9	7	18	17	13	34	28	23
	Flood	na	na	8	na	na	4	na	na	28
+ NP	Control	10	578	270	18	278	179	34	181	57
	Flood	na	na	396	na	na	106	na	na	137
LSD (P=0.05)		-	105	51	-	50	22	-	17	29
SE (±)		0.3	-	-	0.4	-	-	1.3	-	-
CV (%)		-	18	0.4	-	24	31	-	18	33

Note: PL = just before N and P fertilization at planting; SF = just before the start of a flooding period

@ 14 DAE; EF = just after the end of a flooding period

@ 24 DAE; na = not applicable

อาการที่ปรากฏให้เห็น (visible symptoms) **ในข้าวโพดในช่วงที่ประสบกับภาวะดินน้ำขังและช่วงฟื้นตัว**

ที่ 14 DAE ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 1 และ CP-DK 888 ซึ่งไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย N และ P พร้อมปลูก แสดงอาการขาด N อย่างชัดเจน (ต้นเตี้ย ส่วนล่างของลำต้นมีสีแดง และใบล่าง ๆ มีสีเหลืองอ่อน) แต่ข้าวโพดไม่แสดงอาการขาด P ให้เห็นอย่างชัดเจน ข้าวโพดแสดงอาการขาดน้ำโดยที่พันธุ์นครสวรรค์ 1 มีอาการใบเหี่ยวค่อนข้างรุนแรง (คะแนน = 3) แต่ใน CP-DK 888 มีอาการเหี่ยวเล็กน้อย (คะแนน = 1) ประมาณ 4-5 วันหลังมีน้ำท่วมขัง โดยอาการดังกล่าวปรากฏให้เห็นได้อย่างชัดเจนเมื่ออุณหภูมิในเรือนทดลองเริ่มสูงขึ้น และทุเลาลงไปในช่วงเย็น และช่วงกลางคืน ขณะเดียวกัน (ประมาณ 3-4 วันหลังมีน้ำท่วมขัง) ข้าวโพดทั้ง 2 พันธุ์ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย N และ P พร้อมปลูกแสดงอาการใบเหลืองคล้ายอาการขาด N เพิ่มมากขึ้น แต่อาการดังกล่าวปรากฏช้ากว่า 1-2 วัน ในข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ย N และ P พร้อมปลูก ข้าวโพดทั้ง 2 พันธุ์ที่ได้รับการใส่ปุ๋ย N และ P ทันทีที่เริ่มระยะฟื้นตัว มีการเจริญเติบโตค่อนข้างดี อาการใบเหลืองในข้าวโพดที่เคยประสบกับภาวะดินน้ำขังทุเลาลง

การเจริญเติบโต น้ำหนักแห้ง และเปอร์-เซ็นต์ N และ P ในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพด ณ วันเริ่มประสบภาวะดินน้ำขัง (14 DAE)

โดยทั่วไปที่ 14 DAE นั้นข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 1 มีน้ำหนักแห้งส่วนบนดิน (2.35 กรัม/ต้น) พื้นที่ใบ 600 ซม.^{2}/ต้น) สูงกว่า CP-DK 888 ซึ่งมีน้ำหนักแห้งส่วนเดียวกัน 1.82 กรัม/ต้น และพื้นที่ใบ 460 ซม.^{2}/ต้น เท่านั้น แต่ทั้ง 2 พันธุ์มีน้ำหนักรากแห้งใกล้เคียงกัน (0.90 กรัม/ต้น) การใส่ปุ๋ย N และ P พร้อมปลูก มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของราก ส่วนบนดิน พื้นที่ใบ และความสูงของข้าวโพดทั้ง 2 พันธุ์เพิ่มขึ้นคล้ายคลึงกัน ความเข้มข้นของ N และ P ในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดทั้ง 2 พันธุ์ ไม่แตกต่างกัน โดยเฉลี่ยในราก ลำต้น และใบมีเปอร์เซ็นต์ N เท่ากับ 2.51, 3.18 และ 4.36 และ P เท่ากับ 0.32, 0.36 และ 0.37 ตามลำดับ การใส่ปุ๋ย N ร่วมกับ P พร้อมปลูกทำให้เปอร์เซ็นต์ N และ P ในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดทั้ง 2 พันธุ์ เพิ่มขึ้น (ข้อมูลไม่ได้แสดงไว้) เนื่องจากน้ำหนักแห้งของข้าวโพดทั้ง 2 พันธุ์แตกต่างกัน ณ วันเริ่มต้นประสบกับภาวะดินน้ำขัง จึงเสนอข้อมูลความแตกต่างในการเจริญเติบโตของข้าวโพดในช่วงประสบกับภาวะดินน้ำขัง และช่วงฟื้นตัว และผลของการใส่ปุ๋ย N และ P ในรูปของอัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งสัมพัทธ์ และอัตราการเพิ่มพื้นที่ใบสัมพัทธ์

อัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งและพื้นที่ใบสัมพัทธ์ของข้าวโพดช่วงประสบกับภาวะดินน้ำขัง (14-24 DAE)

มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวโพดและระดับน้ำในดิน (Fig. 1a) และระหว่างระดับน้ำในดิน และการใส่ปุ๋ย N และ P พร้อมปลูก (Fig.1b) ต่ออัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งสัมพัทธ์ของส่วนต่าง ๆ และอัตราการเพิ่มพื้นที่ใบสัมพัทธ์ของข้าวโพดในช่วง 14-24 DAE โดยเฉลี่ย อัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งสัมพัทธ์ของราก ส่วนบนดิน และรวมทั้งต้น และอัตราการเพิ่มพื้นที่ใบสัมพัทธ์ในช่วงดังกล่าวของข้าวโพดทั้ง 2 พันธุ์ที่ปลูกในสภาพที่ไม่มีน้ำท่วมขังในช่วง 14-24 DAE ไม่แตกต่างกัน แต่ในภาวะที่ดินน้ำขัง นั้น CP-DK 888 มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งสัมพัทธ์ของส่วนต่าง ๆ และอัตราการเพิ่มพื้นที่ใบสัมพัทธ์สูงกว่าและได้รับความเสียหายจากภาวะดินน้ำขังในสัดส่วนที่น้อยกว่า นครสวรรค์ 1 (Fig.1a) ในสภาพที่ดินไม่มีน้ำท่วมขัง การใส่ปุ๋ย N และ P พร้อมปลูกสามารถเพิ่มอัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งสัมพัทธ์ส่วนบนดิน และรวมทั้งต้น (ยกเว้นราก) และอัตราการเพิ่มพื้นที่ใบสัมพัทธ์ของข้าวโพดในช่วง 14-24 DAE อย่างไรก็ตาม ไม่มีผลต่อลักษณะดังกล่าวในข้าวโพดที่ถูกน้ำท่วมขัง แต่อย่างใด (Fig. 1b)

เปอร์เซ็นต์ N และ P ในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพด ณ วันสิ้นสุดภาวะดินน้ำขัง (24 DAE)

ไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างพันธุ์ข้าวโพดและระดับน้ำในดิน หรือการใส่ปุ๋ย N และ P พร้อมปลูกต่อเปอร์เซ็นต์ N

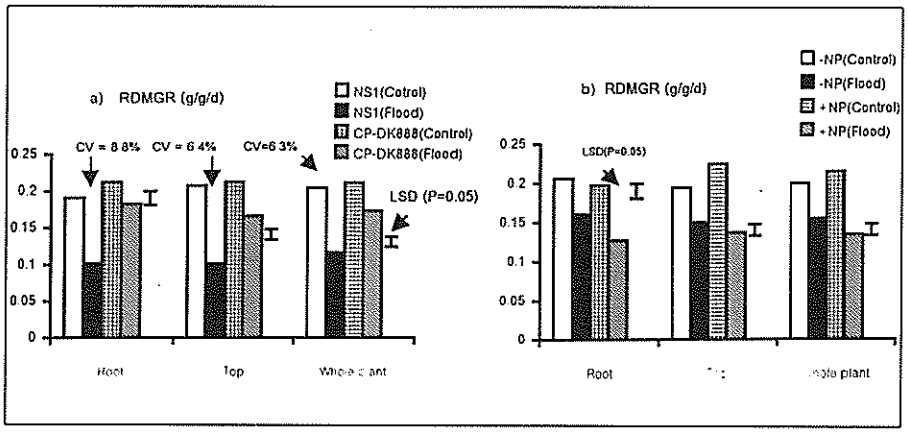

Fig. 1 a) Effects of water regime x com cultivar and b) water regime x N and P fertilization at planting on relative growth rates of dry mass of plant parts (ROMGR) of corn plants during a period of flooding stress (14-24 DAE).

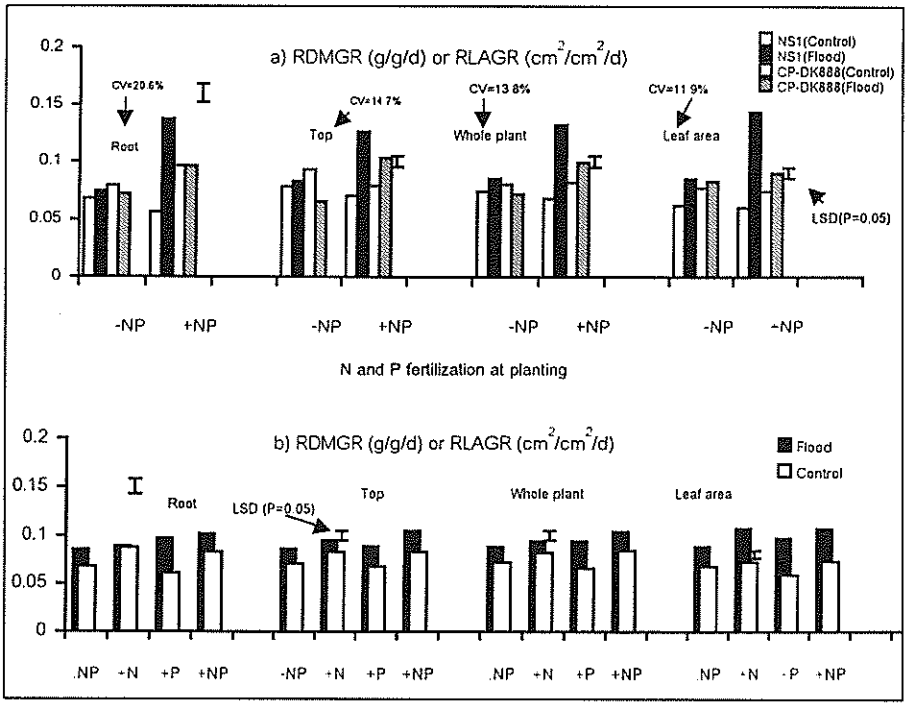

Fig. 2 a) Effects of water regime x com cultivar and b) water regime x N and P fertilization at planting on relative growth rates of dry mass of plant parts (ROMGR) of corn plants during a period of flooding stress (24-38DAE).

และ P ในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดที่ 24 DAE โดยเฉลี่ยข้าวโพดทั้ง 2 พันธุ์ มีเปอร์เซ็นต์ N และ P ในส่วนราก (2.55%N, 0.29% P) ลำต้น (2.12%N, 0.25% P) และใบ (3.64% N, 0.26%P) ใกล้เคียงกัน การใส่ปุ๋ย N และ P พร้อมปลูกทำให้เปอร์เซ็นต์ N และ P ในส่วนราก ลำต้น และใบของข้าวโพดเพิ่มขึ้น ภาวะดินน้ำขังทำให้เปอร์เซ็นต์ N และ P ในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดทั้ง 2 พันธุ์ ลดลง โดยเฉลี่ยข้าวโพดที่ไม่มีน้ำท่วมขัง มีเปอร์เซ็นต์ N ในส่วนราก ลำต้น และใบ เท่ากับ 2.70, 2.35 และ 4.06 ในขณะที่ส่วนเดียวกันของข้าวโพดที่ประสบกับภาวะดินน้ำขัง เท่ากับ 2.40, 1.89 และ 3.21 ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ P ในราก ลำต้น และใบ ของข้าวโพดที่ไม่กระทบกับภาวะดินน้ำขังเท่ากับ 0.31, 0.30 และ 0.31 แต่ในส่วนเดียวกันของข้าวโพดที่กระทบกับภาวะดินน้ำขังมีเปอร์เซ็นต์ P เท่ากับ 0.26, 0.20 และ 0.12 เท่านั้น ตามลำดับ (ข้อมูลไม่ได้แสดงไว้)

อัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งและพื้นที่ใบสัมพัทธ์ของข้าวโพดช่วงฟื้นตัว (24-38 DAE)

มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวโพด การใส่ปุ๋ย N และ P พร้อมปลูก และระดับน้ำในดิน (ช่วง 14-24 DAE) ต่ออัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งสัมพัทธ์ของราก ส่วนบนดิน และรวมทั้งต้น และต่ออัตราการเพิ่มพื้นที่ใบสัมพัทธ์ของข้าวโพดในช่วง 24-38 DAE (Fig. 2a) โดยในช่วงดังกล่าวข้าวโพดที่เคยประสบกับภาวะดินน้ำขังมีอัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งสัมพัทธ์ของส่วนราก บนดิน และรวมทั้งต้น และมีอัตราเพิ่มพื้นที่ใบสัมพัทธ์สูงกว่าข้าวโพดที่ไม่เคยประสบกับภาวะดังกล่าวเลย และการใส่ปุ๋ย N และ P พร้อมปลูก สามารถทำให้อัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งสัมพัทธ์ของส่วนต่าง ๆ (ยกเว้น ส่วนรากของ CP-DK 888) และอัตราเพิ่มพื้นที่ใบสัมพัทธ์ของข้าวโพดที่เคยถูกน้ำท่วมขังสูงขึ้นในช่วงฟื้นตัว ในขณะที่ผลดังกล่าวมีน้อยมากในข้าวโพดที่ไม่เคยประสบกับภาวะดินน้ำท่วมขัง การใส่ปุ๋ย N และ P ร่วมกันทันทีที่เริ่มระยะฟื้นตัวมีผลดีต่อการเพิ่มน้ำหนักแห้งสัมพัทธ์ของส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดทั้ง 2 พันธุ์ (ในช่วงฟื้นตัว) ที่เคยประสบกับภาวะดินน้ำขังไม่ว่ามีการใส่ปุ๋ย N และ P พร้อมปลูกหรือไม่ ก็ตาม (Fig. 2b)

เปอร์เซ็นต์ N และ P ในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพด ณ วันสิ้นสุดระยะฟื้นตัว (38 DAE)

ที่ 38 DAE โดยเฉลี่ย ข้าวโพดทั้ง 2 พันธุ์ มีเปอร์เซ็นต์ N และ P ในส่วนต่าง ๆ ใกล้เคียงกัน และข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ย N และ P พร้อมปลูกยังคงมีเปอร์เซ็นต์ N และ P ในส่วนต่าง ๆ สูงกว่าข้าวโพดที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ข้าวโพดที่เคยประสบกับภาวะดินน้ำขังสามารถกลับมามีระดับเปอร์เซ็นต์ N และ P ในส่วนต่าง ๆ ใกล้เคียงกับข้าวโพดที่ไม่เคยประสบกับภาวะดังกล่าวเลย (โดยเฉลี่ย ในราก ลำต้น และ ใบ มีเปอร์เซ็นต์ N เท่ากับ 1.75, 1.55 และ 2.13 และเปอร์เซ็นต์ P เท่ากับ 0.23, 0.30 และ 0.30 ตามลำดับ) การใส่ปุ๋ย N และ P ทันทีที่วันเริ่มระยะฟื้นตัวนอกจากช่วยเพิ่มน้ำหนักแห้งของข้าวโพดที่ 38 DAE แล้วยังทำให้เปอร์เซ็นต์ N ในใบ และเปอร์เซ็นต์

P ในราก ลำต้น และใบของข้าวโพดเพิ่มขึ้นอีกด้วย (ข้อมูลไม่ได้แสดงไว้)

การทดลองที่ 2

อาการข้าวโพดหลังถูกน้ำท่วมขัง วันออกดอกตัวผู้ และช่วงห่างระหว่างวันออกดอกตัวผู้และออกดอกตัวเมีย (ASI)

ข้าวโพดทุกพันธุ์ที่ปลูกในแปลงทดลองแสดงอาการที่ได้รับผลกระทบจากภาวะดินน้ำขัง (ครั้งแรกที่ 14 DAE) เช่นเดียวกับที่พบในพันธุ์นครสวรรค์ 1 และ CP-DK 888 ที่ปลูกในกระถาง และมีน้ำท่วมขังโดยพันธุ์นครสวรรค์ 1, NSX 9008 และ SW 3601 มีอาการใบเหี่ยวรุนแรง (คะแนน = 4) ส่วนพันธุ์อื่น ๆ มีใบเหี่ยวค่อนข้างน้อยถึงปานกลาง (คะแนน = 1-2) และหลังจากประสบกับภาวะดินน้ำขังครั้งที่ 2 (28 DAE) ข้าวโพดแสดงอาการขาดน้ำรุนแรงขึ้น พบใบแห้งและต้นตายมากในพันธุ์ SW 3601 (60%) รองลงมาได้แก่ นครสวรรค์ 1 และ NSX 9008 (20%) ในสภาพที่ดินไม่มีน้ำท่วมขังนั้น ข้าวโพดทุกพันธุ์ออกดอกตัวผู้ใกล้เคียงกัน (44-46 วัน) ยกเว้น CP-DK 888 และ NSX 9008 ออกดอกตัวผู้ค่อนข้างช้าที่ 49 DAE ภาวะดินน้ำขังทำให้ข้าวโพดออกดอกตัวผู้ล่าออกไป 1-2 วัน (ยกเว้นพันธุ์ CP-DK 888 และ NSX 9008 ซึ่งวันออกดอกตัวผู้ไม่ได้รับผลกระทบจากภาวะดินน้ำขัง แต่อย่างใด) ข้าวโพดทุกพันธุ์ที่ปลูกในสภาพที่ไม่มีน้ำท่วมขังมี ASI ใกล้เคียงกัน (2-5 วัน) และภาวะดินน้ำขังทำให้ ASI กว้างขึ้น 2-3 วันในทุกพันธุ์ (ยกเว้น CP-DK 888) (ข้อมูลไม่ได้แสดงไว้)

ผลผลิตของข้าวโพด

ในสภาพที่ดินไม่มีน้ำท่วมขังนั้น ข้าวโพดที่ให้ผลผลิตสูงสุดใกล้เคียงกัน ได้แก่ Pioneer 3012, Pacific 47 และ Hercules 40 (997-963 กก./ไร่) รองลงมา ได้แก่ Cargill 717, CP-DK 888 และ SW 3601 และ NSX 9008 (936-794 กก./ไร่) ส่วนพันธุ์นครสวรรค์ 1 ให้ผลผลิตต่ำสุด 733 กก./ไร่ (Fig.3a) เปอร์เซ็นต์ผลผลิตของข้าวโพดที่ลดลงเนื่องจากภาวะดินน้ำขัง พบว่า มีน้อยที่สุด ในพันธุ์ Cargill 717 และ Pioneer 3012 (ประมาณ 52%) และมากที่สุด ได้แก่ นครสวรรค์ 1 และ SW 3601 (ประมาณ 94%) สาเหตุที่ผลผลิตของข้าวโพดลดลงเนื่องจากภาวะดินน้ำขังนั้น ส่วนหนึ่งน่าจะมีสาเหตุจากจำนวนฝักที่เก็บเกี่ยวลดลง (เนื่องจากมีต้นตาย) (โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พันธุ์นครสวรรค์ 1 และ SW 3601) และจำนวนเมล็ดต่อฝักและน้ำหนักเมล็ดก็ลดลง เช่นกัน (ข้อมูลไม่ได้แสดงไว้) นอกจากนี้แล้วยังพบว่าผลผลิตของข้าวโพดที่ปลูกในสภาพที่มีน้ำขังมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (linear regression) กับผลผลิตของข้าวโพดที่ไม่มีน้ำท่วมขัง (Fig. 3b) แสดงให้เห็นว่าข้าวโพดที่ให้ผลผลิตสูงในสภาพที่ดินไม่มีน้ำขัง สามารถที่จะให้ผลผลิตค่อนข้างดีในสภาพที่ดินมีน้ำขัง ด้วยเช่นกัน

ผลการทดลองนี้ พบว่า ภาวะดินน้ำขังทำให้ข้าวโพดดูดธาตุอาหาร N และ P ขึ้นไปใช้ประโยชน์ได้น้อยลง แม้ว่าจะมีการใส่ปุ๋ย N และ P อย่างพอเพียงพร้อมปลูก ก็ตาม เนื่องจาก

ภาวะดินน้ำขังทำให้ N ที่เป็นประโยชน์ที่มีอยู่ในดิน (รูป NO_3^-) สูญเสียไป และพืชไม่สามารถนำขึ้นไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Table 2) นอกจากนี้แล้ว ภาวะดินน้ำขังยังทำให้การดูดน้ำของข้าวโพด ลดลง อีกด้วย ข้าวโพดแสดงอาการขาดน้ำ (ใบเหี่ยว) การที่รากข้าวโพดที่กระทบกับภาวะดินน้ำขังมีความสามารถดูด N และน้ำจากดินได้น้อยลงจะทำให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงถูกจำกัด และมีผลเสียต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดในช่วงที่กำลังประสบกับภาวะดินน้ำขัง (Drew, 1983; Evans, 1983; Meyer *et al.*, 1987; Dale, 1988; Lizaso and Ritchie, 1997) ด้วยเหตุดังกล่าวข้างต้น การที่พันธุ์ CP-DK 888 เริ่มมีอาการใบเหี่ยวช้ากว่าและมีความรุนแรงน้อยกว่า ควบคู่ไปกับมีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งส่วนต่าง ๆ) ดีกว่า พันธุ์นครสวรรค์ 1 ในช่วงที่ประสบกับภาวะดินน้ำขัง น่าจะสะท้อนถึงความสามารถในการทนน้ำขังที่ดีกว่าของ CP-DK 888 ที่มีต่อนครสวรรค์ 1 แม้ว่าเมื่อผ่านพ้นภาวะน้ำขังและอาการใบเหี่ยวหมดไป นครสวรรค์ 1 กลับมีลักษณะดังกล่าวดีกว่าก็ตาม

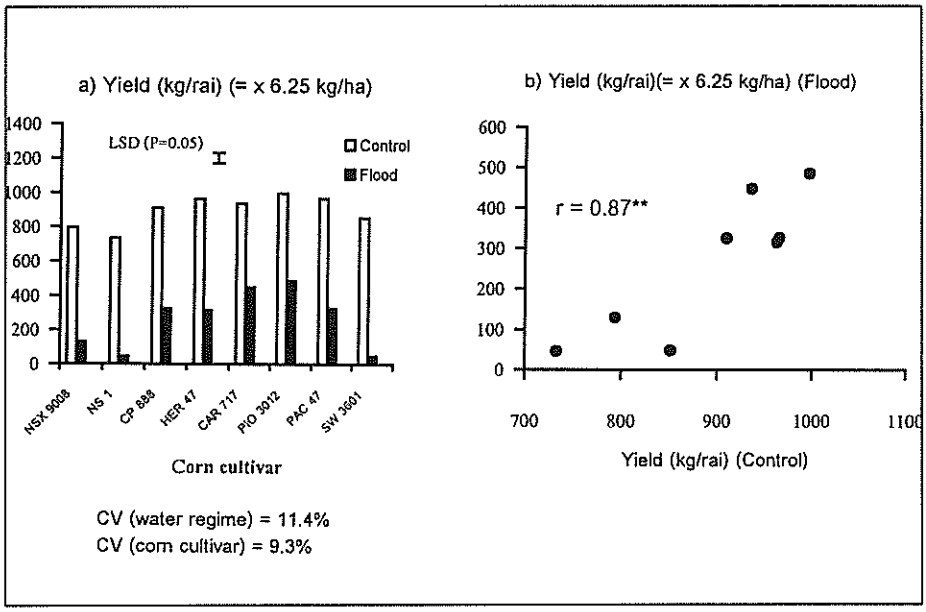

Fig. 3 a) Effect of water regime x corn cultivar on grain yields and b) Relationship between the yield values obtained in the control treatment (X-axis) and those obtained in the flooding treatment (Y-axis) for 8 corn cultivars grown in the field.

นอกจากนี้แล้ว ยังพบว่า เมื่อข้าวโพดได้รับผลกระทบจากภาวะดินน้ำขัง การฟื้นตัวเป็นไปอย่างช้า แม้ว่าเวลาผ่านไปถึง 2 สัปดาห์ ข้าวโพดก็ยังไม่ฟื้นตัวได้อย่างสมบูรณ์ ทั้งนี้ส่วนหนึ่งอาจจะเนื่องมาจากข้าวโพดประสบกับภาวะดินน้ำขังตั้งแต่ช่วงแรก ๆ ของการเจริญเติบโต ซึ่งข้าวโพดจะได้รับผลกระทบอย่างรุนแรง เมื่อเปรียบเทียบกับภาวะดินน้ำขังที่เกิดในช่วงข้าวโพดออกดอกตัวผู้ (Sing and Ghildya, 1980; Lizaso and Ritchie, 1997) Lizaso and Ritchie (1997) รายงานว่า ข้าวโพดที่กระทบกับภาวะดินน้ำขังในช่วงแรก ๆ ของการเจริญเติบโตจะฟื้นตัวได้ช้า (>6 สัปดาห์) เนื่องจากประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงยังต่ำกว่าปรกติ และผลระยะยาวทำให้ศักยภาพในการให้ผลผลิตลดลง อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองนี้ พบว่าการมีปริมาณ N และ P อย่างพอเพียง (จากการใส่ปุ๋ยพร้อมปลูก และ/หรือใส่ทันทีที่ข้าวโพดเริ่มฟื้นตัว) สามารถช่วยเร่งการเจริญเติบโตของข้าวโพดในช่วงฟื้นตัว ได้ทางหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้าดินขาด N และ P และน่าจะแสดงให้เห็นว่า ในช่วงที่ข้าวโพดกำลังประสบกับภาวะน้ำขังนั้น การขาดธาตุอาหาร โดยเฉพาะ N (และ P) น่าจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่จำกัดการเจริญเติบโตของข้าวโพดในช่วงดังกล่าว ซึ่งปรากฏการณ์ดังข้างต้นได้มีรายงานในข้าวบาร์เลย์ (Drew and Sisworo, 1977) ข้าวโพด (Sheard and Leyshon, 1976; Meyer *et al.*, 1987) และฝ้าย (*Gossypium hirsutum* L.) (Kraokaw, 1992) ไว้เช่นกัน

ผลการทดลองนี้สนับสนุนสมมติฐานที่ว่า ข้าวโพดพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตในช่วงที่ประสบกับภาวะน้ำขังได้ดี น่าจะมีความสามารถทนทานภาวะดินน้ำขังได้ดีและให้ผลผลิตได้ดีกว่าพันธุ์ที่มีลักษณะดังกล่าว ด้อยกว่า โดยที่พันธุ์ CP-DK 888 ซึ่งมีการเจริญเติบโตดีกว่านครสวรรค์ 1 ในช่วงที่ประสบกับภาวะ น้ำขัง (ในกระถาง) สามารถให้ผลผลิตสูงกว่านครสวรรค์ 1 เมื่อนำไปปลูกในสภาพดินนาและประสบกับภาวะน้ำขังซึ่งเริ่มในช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน ความสัมพันธ์ลักษณะดังกล่าวข้างต้นได้มีรายงานไว้ในพืชอื่น เช่นกัน อาทิ ในข้าวสาลี (Thomson *et al.*, 1992) ผลเสียของภาวะดินน้ำขังนอกจากมีผลทันทีต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดในช่วงที่ประสบกับภาวะดังกล่าวแล้ว ในระยะยาวยังมีผลทำให้ข้าวโพดตาย ASI กว้างขึ้น ติดเมล็ดน้อยลง และผลผลิตลดลง (Westgate, 1996) อย่างไรก็ตาม เพื่อยืนยันสมมติฐานข้างต้น ควรจะต้องนำข้าวโพดเข้ามาศึกษาลักษระในทำนองเดียวกันให้มากพันธุ์ยิ่งขึ้น อายุที่ข้าวโพดประสบกับภาวะดินน้ำขังควรมากกว่า 1 ช่วง และศึกษาปริมาณ เวลา และวิธีการใส่ปุ๋ย N และ P ในข้าวโพดไร่ที่นำไปปลูกในดินนาให้มากยิ่งขึ้น

สรุปผลการทดลอง

ภาวะดินน้ำขังที่เกิดขึ้นเมื่อข้าวโพดอายุ 14 DAE (ในกระถาง) และที่ 14 และ 28 DAE (ในแปลงทดลอง) มีผลเสียต่อการเจริญเติบโตและระดับ N และ P ในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดอย่างมาก การที่ข้าวโพดลูกผสม CP-DK 888 มีการเจริญเติบโตในช่วงที่ประสบกับภาวะดินน้ำขังดีกว่า นครสวรรค์ 1 น่าจะเป็นดัชนีบอกความได้เปรียบในการทนน้ำขังและให้ผลผลิตได้ดีกว่านครสวรรค์ 1 ทำนองเดียวกันข้าวโพดลูกผสมอีก 6 พันธุ์ก็อาจจะมีข้อได้เปรียบลักษณะเดียวกันกับ CP-DK 888 เนื่องจากมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงทางบวกระหว่างผลผลิตของข้าวโพดที่ปลูกในสภาพดินนาไม่มีน้ำขังและที่มีน้ำขัง ข้อได้เปรียบดังกล่าว ส่วนหนึ่งน่าจะเนื่องมาจากความแข็งแรงของลูกผสม (hybrid vigor) นั่นเอง การใส่ปุ๋ย N และ P พร้อมปลูก แม้ว่ามีประโยชน์กับข้าวโพดในช่วงแรก ๆ ของการเจริญเติบโต แต่มีผลดังกล่าวในข้าวโพดที่กำลังประสบกับภาวะดินน้ำขัง น้อยมาก นอกจากนี้แล้ว ปุ๋ย N ที่ใส่ลงไปบางส่วนยังสูญหายไป (เชื่อว่าจากขบวนการ denitrification) อีกด้วย อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ย N และ P พร้อมปลูกและใส่ทันทีที่ข้าวโพดผ่านภาวะดินน้ำขังสามารถช่วยให้ข้าวโพดฟื้นตัวได้เร็วขึ้น และอาจจะมีประโยชน์กับข้าวโพดเมื่อประสบกับภาวะดินน้ำขังอีกในช่วงหลัง ๆ ของการเจริญเติบโต (intermittent flooding) อีกด้วย ผลการทดลองนี้อาจจะใช้ประโยชน์ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงพันธุ์ หรือคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดทนน้ำขัง เพื่อปลูกในสภาพดินนาที่ง่ายต่อการเกิดภาวะน้ำขังต่อไป อย่างไรก็ตาม ในภาวะที่ยังไม่มีข้าวโพดทนดินน้ำขังให้เกษตรกร (ชาวนา) ปลูก ในเบื้องต้น ควรแนะนำพันธุ์ข้าวโพดไร่ที่ให้ผลผลิตสูงในสภาพไร่เกษตรกรนำไปปลูกในสภาพดินนาในช่วงฤดูแล้ง แต่ควรมีการจัดการปุ๋ย N และ P ให้เหมาะสมอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

เล็ก มอญเจริญ และ สุนันท์ คุณาภรณ์. 2535. สถานภาพทรัพยากรดินและที่ดินของประเทศไทย. หน้า 11-33. ใน: คู่มือการปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ย. (พิชิต และคณะรวบรวม). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

หริ่ง มีสวัสดิ์. 2540. การจัดการดินและการจัดการปุ๋ยในข้าวโพด. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 131 หน้า.

Dale, J.E. 1988. The control of leaf expansion. *Plant Mol. Biol.* 39: 267-295.

Drew, M.C. and E.J. Sisworo. 1977. Early effects of flooding on nitrogen deficiency and leaf chlorosis in barley. *New Phytol.* 79: 567-571.

Drew, M.C. 1983. Plant injury and adaptation to oxygen deficiency in the root environment. A review. *Plant Soil.* 75: 179-199.

Evans, G.C. 1972. The Quantitative Analysis of Plant Growth. Blackwell Scientific Publication: Oxford.

Evans. J.R. 1983. Nitrogen and photosynthesis in the flag leaf of wheat (*Triticum aestivum* L.) *Plant Physiol.* 72: 297-301.

Grable. A.R. 1966. Soil aeration and plant growth. *Adv. Agron.* 18: 57-106.

Jones. H.G. 1979. Visual estimation of plant water status in cereals. *J. Agric. Sci.* 92: 83-89.

Kraokaw, S. 1992. Growth and nutrition of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) subjected to short-term flooding and responses during recovery from flooding stress. In Pages 221. Ph.D. Thesis. U. of Queensland, Brisbane, Australia.

Lizaso, J.I. and J.T. Ritchie. 1997. Maize shoot and root response to root zone saturation during vegetative growth. *Agron. J.* 89: 125-134.

Meyer, W.S.; H.D. Barrs; A.R. Mosier and N.L. Schaefer. 1987. Response of maize to three short- term periods of waterlogging at high and low nitrogen levels on undisturbed and repacked soil. *Irri. Sci.* 8: 257-272.

Mitchelina, V.A. and J.S. Boyer. 1982. Complete turgor maintainance at low water potentials in the elongating region of maize levels. *Plant Physiol.* 69: 1145-1149.

Morris, T.F.; A.M. Blackmer and N.M. El-Hout. 1993. Optimal rates of nitrogen fertilization for first – year corn after alfalfa. *J. Prod.* Agric. 6: 344-350.

Mukhtar, S.; J.L. Baker and R.S. Kanwar. 1990. Corn growth and as affected by excess soil water. *Tran. ASAE.* 33: 437-442.

Musgrave. M.E. and N. Ding. 1998. Evaluating wheat cultivars for waterlogging tolerance. *Crop Sci.* 38: 90-97.

Sheard, R.W. and A.J. Leyshon. 1976. Short-term flooding of soil: its effect on the composition of gas and water

phases of soil and phosphorus uptake by corn. *Can. J. Soil. Sci.* 56: 9-20.

Singh, R. and B.D. Ghildyal. 1980. Soil submergence effects on nutrient uptake, growth and yield of five corn cultivars. *Agron. J.* 72: 734-741.

Thomson, C.J.; T.D. Colmer; E.L.J. Watkin and H. Greenway. 1992. Tolerance of wheat (*Triticum aestivum cvs.* Gamenya and Kite) and Triticale (*Triticosecale aestivum* cv. Muir) to waterlogging. *New Phytol.* 120: 335-344.

Wesgate, M.E. 1996. Physiology of flowering in maize : Identifying avenues to improve kernel set during drought. Pages 136-141. *In*: *Proceedings of a Symposium on Developing Drought- and Low N – Tolerant Maize.* (Eds. Edmeads *et al.*). March 25-29, 1996. CIMMYT. Mexico.