อิทธิพลของกระแสลมต่อการเจริญเติบโต และการสูญเสียผลผลิตข้าว

Effects of Wind Speed on Growth and Yield Loss of Rice

สุรพล จัตุพร[1]
Surapon Jatuporn[1]

กระแสลม เป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งทางจุลนิเวศน์ (microclimate) ที่ควบคุมสภาพแวดล้อมของภูมิอากาศโลก แต่เมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยอื่นๆ เช่น แสงอาทิตย์ ปริมาณน้ำฝน ความชื้น อุณหภูมิ ลมก็มีอิทธิพลค่อนข้างน้อย และไม่ค่อยมีผู้ให้ความสนใจมากนัก ทั้งๆ ที่กระแสลมเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดการเคลื่อนย้ายถ่ายเทความร้อนและความชื้น นอกจากนั้นกระแสลมยังเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ ที่ก่อให้เกิดผลดีและผลเสียทั้งต่อสภาพการดำรงชีวิต และความเป็นอยู่ของผู้คน และยังก่อให้เกิดความสูญเสียอย่างรุนแรงต่อพืชผลทางการเกษตรกรรมได้อีกด้วย (นิมิตร 2530)

ความหมายของลมทางอุตุนิยมวิทยาทางการเกษตร (agrometerorology) หมายถึง การเคลื่อนที่ของอากาศตามแนวนอนทุกทิศทาง ในระดับความสูง 2.0-10.0 เมตร จากพื้นผิวโลก มีสาเหตุเกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศ (pressure gradient) ณ 2 ตำแหน่งบนพื้นผิวโลกไม่เท่ากัน จึงมีการถ่ายเทอากาศจากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงไปสู่บริเวณที่มีความกดอากาศต่ำกว่า ขณะเดียวกันก็นำเอาความร้อนและความชื้นไปกับกระแสลมด้วย และเกิดผลกระทบต่างๆ ต่อสิ่งมีชีวิต และถ้าความชันของความกดอากาศมีมาก ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกระแสอากาศ ก็จะเป็นไปอย่างรวดเร็วตามความชันนั้น และถ้าสภาพพื้นผิวที่กระแสลมพัดผ่านมีความหยาบและขรุขระ (roughness surface) เป็นสิ่งกีดขวางในการหลของกระแสลม ก็อาจจะเกิดการไหลของอากาศแบบหมุนวน ปั่นป่วน (turbulent flow หรือ eddy flow) ซึ่งตามปกติแล้วในแปลงปลูกข้าวที่มีความสูง 0.7-1.0 เมตร จะมีค่า roughness parameter (ZO) เท่ากับ 4.0 เซนติเมตร และถ้าเป็นแปลงข้าวโพดที่มีความสูง 2.30 เมตรขึ้นไป จะมีค่า ZO เท่ากับ 20.0 เซนติเมตร เป็นต้น

กระแสลมที่พัดแบบหมุนวนหรือปั่นป่วนนั้น จะมีทิศทางการไหลไม่แน่นอน มีการปะปนกันของชั้นกระแสอากาศ ซึ่งเป็นผลมาจาก dynamic motion หรือ thermal effect ที่เกิดขึ้นในบริเวณแคบช่วงสั้นๆ ก็จะก่อให้เกิดความเร็วลมอย่างรุนแรง และทำความเสียหายต่อวัตถุ หรือต้นพืชที่กระแสลมพัดผ่าน และแม้ว่าการไหลของกระแสลมแบบหมุนวนนี้ จะมีความเร็วลมไม่มากนักก็ตาม แต่ก็อาจจะเป็นอุปสรรคต่อการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในด้านการเกษตร เช่น ทำให้พืชมีการคายน้ำเพิ่มขึ้น มีการสูญเสียน้ำไปจากแปลงปลูกเร็วเกินควร ตลอดจนเกิดปัญหาในการพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลงทางอากาศ (air spray) รวมทั้งมีผลต่อการแพร่กระจายของโรคแมลงศัตรู ภายในประชากรของพืชปลูก เป็นต้น

ผลกระทบของกระแสต่อการเจริญเติบโตของพืช

การหมุนเวียนของอากาศ (air circulation) ที่เกิดขึ้นในบริเวณกว้างมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพบรรยากาศ ซึ่งมีผลกระทบต่อการเกิดและการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลต่างๆ สำหรับการหมุนเวียนของอากาศประจำถิ่นเป็นการหมุนเวียนของอากาศ

(1) สถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรี อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี 72000
Suphan Buri Rice Experiment Station, Suphan Buri 72000, Thailand

ที่เกิดในบริเวณพื้นที่แคบๆ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงฤดูกาล แต่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชในพื้นที่นั้น เช่น ถ้าในพื้นที่นั้นมีความเร็วลม 1.0 m/s ก็จะทำให้เกิดการแพร่กระจายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide diffusion) และถ้าความเร็วลมเพิ่มขึ้นเป็น 4.0 m/s ก็จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนภายในพุ่มใบของพืช และมีการดูดกลืนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เพิ่มมากขึ้นถึง 101-109 $mm^{-3}CO_2/cm^{-2}/h^{-1}$ ปกติแล้วปริมาณการสังเคราะห์แสงของพืชจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วของลม แต่ความเร็วลมที่เกินกว่า 0.75-2.25 cm/s ไม่มีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงของพืชเพิ่มมากขึ้น (De Datta 1981 อ้าง Wadsworth 1959)

กระแสลมยังมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา (Morphology) และทางกายวิภาค (Anatomy) ของพืชด้วย ถ้าในท้องถิ่นนั้นมีลมประจำถิ่นที่พัดรุนแรง พืชจะมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพที่มีกระแสลมแรงนั้น เช่น ถ้าพืชได้รับกระแสลมที่มีความเร็ว 13 m/s นานติดต่อกัน 40 วัน พืชจะมีความกว้างและความหนาของใบเพิ่มขึ้นและมีพื้นที่ใบลดลง เพื่อให้ทนทานต่อลมแรง มีจำนวนปากใบ (stomata) เพิ่มขึ้นในขณะที่ต้นเตี้ยลงแคระและปล้องสั้น เพื่อให้ยืนหยัดลำต้นอยู่ได้ (Table 1)

กระแสลมและการหักล้มของข้าว

กระแสลมที่พัดด้วยความเร็วสูง (strong wind) ก่อให้เกิดพลังงาน ซึ่งมนุษย์สามารถนำเอาไปใช้ประโยชน์ได้ แต่ถ้ามากเกินไปก็จะก่อให้เกิดความเสียหาย เช่น ทำให้ต้นพืชหักล้มฉีกขาด เกิดการสูญเสียความชื้นไปจากแปลงปลูก รวมทั้งหน้าดินถูกพัดลอยไปกับกระแสลม (wind erosion) เป็นเหตุให้ดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์และขาดน้ำ พืชเกิดการเหี่ยวเฉา ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อขบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ลดอัตราการเจริญเติบโต นอกจากนั้นลมยังเป็นพาหะสำคัญในการแพร่กระจายของโรคพืชและแมลงศัตรูบางชนิด ก่อนระยะการเก็บเกี่ยวถ้ามีกระแสลมพัดรุนแรงก็จะก่อให้เกิดการหักล้มของระบบรากพืช (root lodging) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้สูญเสียผลผลิต และเป็นปัญหาที่พบมากในธัญพืช De Datta (1981) กล่าวว่า ถ้าข้าวได้รับกระแสลมแรงหลังจากออกดอก ข้าวก็จะหักล้มและเกิดการร่วงของเมล็ดข้าว (shattering) กระแสลมจะทำให้จำนวนดอกที่เป็นหมัน (floret sterility) และจำนวนเมล็ดลีบ (abortive endosperm) เพิ่มขึ้นในข้าว นอกจากนั้นลมยังเป็นพาหะนำโรคที่มีเชื้อสาเหตุจากแบคทีเรียและเชื้อรามาสู่แปลงปลูก ซึ่งสามารถประเมินความเสียหายของผลผลิตข้าวที่สูญเสียเนื่องจากการหักล้มได้ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตข้าวที่เกษตรกรควรจะได้รับ (De Datta 1966)

ปัญหาการหักล้มของข้าวก่อนกำหนดเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นมานานแล้ว จนดูเหมือนว่าการสูญเสียผลผลิตข้าวโดยสาเหตุของ root lodging เป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องเกิดขึ้นและสามารถยอมรับได้ ซึ่งอันที่จริงการสูญเสียผลผลิตข้าวโดยสาเหตุนี้ไม่ใช่เป็นการสูญเสียเพียงเล็กน้อยอย่างที่เข้าใจกัน Kwon and Yim

Table 1. Effect of wind speed to plant morpholoy and plant anatomy. (De Dalta 1981)

Traits	Wind speed	
	normal speed	13 m/s 40 days
Leaf width (cm)	5.750	6.750
Leaf thickness (cm)	0.164	0.433
No. stomata/mm^2	77.000	110.000
Root/Shoot (l)	0.920	0.490
Leaf area (cm^2)	48.000	15.000
Internode length (cm)	38.000	10.000

(1986) ได้รายงานว่า การหักล้มของข้าวมีผลต่อการลดหรือเพิ่มผลผลิตข้าวอย่างมาก ขึ้นอยู่กับระยะเวลาและความรุนแรงของการหักล้ม โดยมากแล้วพันธุ์ข้าวที่มีลักษณะลำต้นสูง จะเริ่มหักล้มหลังจากออกดอกแล้ว 15-20 วัน แต่ถ้าข้าวหักล้มลงก่อนหน้านั้นในระยะข้าวออกดอกถึงระยะเมล็ดเป็นน้ำนม ผลผลิตข้าวก็จะลดลง 30-35 เปอร์เซ็นต์เป็นอย่างต่ำ

Petr et al. (1988) กล่าวว่า ในข้าวสาลี Winter Wheat ซึ่งมีลักษณะทรงต้นสูงและปล้องยาว เมื่อมีกระแสลมพัดแรงขณะที่ฝนตกจะทำให้ข้าวสาลีหักล้มได้ง่าย โดยเฉพาะถ้าข้าวหักล้มหลังจากออกดอกแล้ว 4 วัน จะทำให้สูญเสียผลผลิตข้าวถึง 37 เปอร์เซ็นต์โดยมีระดับการล้ม (degree of lodging) 14 เปอร์เซ็นต์ และถ้าการล้มนั้นเกิดขึ้นหลังจากข้าวออกดอก 20 วัน การสูญเสียผลผลิตข้าวก็จะลดน้อยลงไปอีกมาก (Table 2)

จากการศึกษาของ Petr et al. (1988) เห็นได้ชัดเจนว่า ถ้าข้าวเกิดการหักล้มใกล้ระยะออกดอก จะก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมากต่อผลผลิตข้าว ดังนั้นจึงได้มีความพยายามที่จะหาวิธีการที่จะยืดเวลาการหักล้มของข้าวออกไปให้ช้ามากที่สุด เมื่อพิจารณาถึงสาเหตุการหักล้มของข้าวแล้ว พบว่ากระแสลมและพายุฝนเป็นปัจจัยสำคัญที่สนับสนุนการหักล้มของข้าว นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยเคมีที่ไม่ถูกต้องและไม่เหมาะสมเป็นปัจจัยร่วมที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงในข้าว เป็นสาเหตุให้เกิดความไม่สัมพันธ์กันระหว่างไนโตรเจนและอาการนิสัยพืช เนื่องจากธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุที่สร้างสมดุลระหว่างการสร้างสารคาร์โบไฮเดรต และการสังเคราะห์โปรตีน ถ้าให้ปุ๋ยไนโตรเจนแก่ข้าวในปริมาณมากจนถึงจุดหนึ่งจะทำให้การสังเคราะห์โปรตีนมีมากกว่าการสร้างคาร์โบไฮเดรต ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตไปที่รากลดน้อยลง แต่ในขณะเดียวกันทำให้เซลล์ของใบและลำต้นขยายใหญ่ขึ้น โปรโตพาสซึมบางและอวบน้ำ การเจริญของรากและลำต้นเหนือดินไม่เป็นสัดส่วนสมดุลย์กัน เมื่อกระทบกระแสลมแรง หรือพายุก็เกิดการหักล้ม เนื่องจากต้นมีน้ำหนักมากไม่มีแรงยืดหยุ่นและดีดตัวกลับสภาพเดิม การสูญเสียผลผลิตที่เกิดขึ้นยังไม่มีผู้ให้คำตอบได้ว่า ความเร็วลมระดับใดทำให้เกิดการหักล้มของข้าว เนื่องจากมีปัจจัยหลายประการร่วมกัน เช่น รูปร่างทรงต้นที่มีลักษณะเอื้ออำนวยต่อการหักล้ม และมีการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราสูงตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ตลอดจนวิธีการทางเขตกรรม ก็มีส่วนส่งเสริมการหักล้มของข้าวก่อนกำหนดได้เช่นกัน อาทิเช่น ข้าวที่ปลูกแบบหว่านก็จะล้มได้ง่ายกว่าข้าวที่ปลูกโดยวิธีปักดำ เนื่องจากมีระบบรากตื้นกว่า รวมทั้ง อัตราเมล็ดพันธุ์ และระยะการปักดำถี่ห่างต่างกัน ก็มีผลกระทบต่อการหักล้มของข้าวทั้งสิ้น (เฉลิมพล 2526)

นักปรับปรุงพันธุ์ข้าว ได้พยายามปรับปรุงพันธุ์ข้าวที่มีลักษณะเอื้ออำนวยต่อการหักล้ม ให้มีลักษณะทรงต้นเตี้ยลง และทนทานต่อการหักล้ม โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะลดค่า ZO ให้เหลือน้อย และมีปล้องถี่ เพื่อให้ต้นข้าวมีการพยุงตัวได้ดี และมีความยืดหยุ่นดีดตัวกลับสภาพเดิมได้ หลังจากมีกระแสลมพัดผ่าน

Yoshida (1981) ได้เปรียบเทียบผลผลิตข้าวพันธุ์ Peta ที่มีลำต้นสูง และหักล้มง่าย กับพันธุ์ข้าว

Table 2. Yield depression in winter wheat as related to time and degree of lodging. (Petr et al. 1988)

Time of lodging in days from heading stage	Degree of lodging (angle in degrees)	% Yield loss
4	45	14
20	45	3
4	90	37
20	90	17

Table 3. Relative yield performance of IR8 and Peta rice varieties in the wet and dry seasons. (Yoshida 1981)

Variety	Relative yield	
	wet season	dry season
Peta (not supported)	100	100
Peta (supported)	160	188
IR8	216	229

IR8 ที่เป็นข้าวต้นเตี้ย พบว่า พันธุ์ข้าว Peta ที่มีการพยุงลำต้น (supported) ให้ผลผลิตสูงกว่าที่ไม่ได้รับการพยุงลำต้น (not supported) 60 เปอร์เซ็นต์ ในฤดูแล้ง และ 88 เปอร์เซ็นต์ ในฤดูฝน และพันธุ์ข้าว IR8 ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ข้าว Peta ที่ได้ได้รับการพยุงลำต้น 116 เปอร์เซ็นต์ ในฤดูแล้ง และ 129 เปอร์เซ็นต์ ในฤดูฝน จะเห็นได้ว่าการเลือกใช้พันธุ์ข้าวที่ทนทานต่อการหักล้ม (lodging tolerance) จะให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ข้าวที่หักล้มได้ง่ายเป็นอย่างมาก (Table 3)

ฤดูกาลปลูกที่พบปัญหาการหักล้มและทำให้สูญเสียผลผลิตข้าวมากที่สุดคือ ฤดูแล้ง เนื่องจากระยะเวลาการเก็บเกี่ยวข้าวนาปรังจะเป็นช่วงต้นฤดูฝน ประมาณเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม พันธุ์ข้าวที่เกษตรกรใช้ปลูกโดยมากเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง ปลูกโดยวิธีการหว่านน้ำตม และมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นจำนวนมาก ประกอบกับในช่วงระยะเวลาดังกล่าว ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เริ่มมีกำลังแรงขึ้นพัดพาดผ่านประเทศไทยทั่วทุกภาค ทำให้เกิดกระแสลมแรง และพายุฝนตกกระจายทุกพื้นที่ทั่วไปในระยะนี้ ข้าวที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงเพิ่งจะออกดอกและมีระบบรากที่ไม่แข็งแรงนัก ก็จะเริ่มหักล้มลงก่อนระยะเวลาอันควรโดยมีมุมการหักล้ม (degree of lodging) ตั้งแต่ 45°-90° เมื่อมีผลกระทบจากกระแสลมแรงและพายุฝนซึ่งส่วนมากเป็นกระแสลมที่พัดแบบหมุนวน เนื่องจากในช่วงการเปลี่ยนฤดูกาลจะมีระยะเวลา 7-15 วัน ที่เป็นหัวเลี้ยวหัวต่อที่เรียกว่า ลมเปลี่ยนฤดูที่มีกระแสลมค่อนข้างแปรปรวนและอาจมีลมฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งที่กำลังแรงกว่าพัดแทนที่ลมประจำ ก็จะเป็นการส่งเสริมให้ข้าวเกิดการหักล้มได้อย่างรุนแรงขึ้น ซึ่งในระยะเวลาดังกล่าวนี้ถ้าข้าวอยู่ในระยะข้าวเริ่มออกดอก (anthesis) ก็จะทำให้ข้าวมีใบที่เป็นปาราสิต (parasitic leaf) จำนวนมาก ใบเหล่านี้มีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงน้อย แต่ยังคงใช้พลังงานสิ้นเปลืองไปเพื่อการหายใจ สร้างพลังงานน้อยกว่าใบที่หายใจและใช้พลังงานซึ่งมีผลกระทบต่อผลผลิตอย่างรุนแรง และถ้าข้าวหักล้มในระยะเมล็ดเป็นน้ำนม (milk stage) ข้าวที่ถูกลมพัดล้มทับลงไปก็จะเกิดการผสมไม่ติด มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูง เกิดการหลุดร่วงจากรวง ต้นข้าวและรวงอ่อนจะเน่าเปื่อยเนื่องจากจมน้ำและมีเชื้อราซึ่งเป็นสาเหตุของโรคข้าวเข้าทำลายเมล็ดและรวงข้าวซ้ำเติม ถ้าการหักล้มอยู่ในระยะสุกแก่ (physiological maturity) รวงข้าวที่อยู่ด้านล่างล้มทับจะมีความชื้นสูง ก็อาจเกิดปัญหาการงอกในรวงได้ถ้าเป็นพันธุ์ข้าวที่มีระยะเวลาการพักตัวของเมล็ดสั้น เช่นพันธุ์ กข7 การสูญเสียผลผลิตข้าวโดยการหักล้มในฤดูแล้งจึงมีมากกว่าในฤดูฝน เนื่องจากในช่วงปลายฤดูฝนมักจะไม่มีน้ำขังในนา ไม่พบปัญหาการงอกของเมล็ดในรวงหรือโรคจากเชื้อราเข้าทำลายเมล็ดและรวงข้าว

อย่างไรก็ตามแม้ในพันธุ์ข้าวบางพันธุ์ที่มีลักษณะที่เอื้ออำนวยต่อการหักล้มอยู่แล้ว หากได้รับปฏิบัติและมีการวางแผนการปลูกที่ถูกต้อง ก็อาจจะลดปัญหาการหักล้มก่อนกำหนดได้ แต่ถ้าระดับของการหักล้มมากเกินไป ก็ไม่อาจจะหลีกเลี่ยงการสูญเสียผลผลิตข้าวซึ่งเกิดขึ้น จากการเข้าทำลายของหนูนา หรือการหลุดร่วงของเมล็ดที่เกิดจากการเหยียบย่ำของเครื่องจักรกลในขณะทำการเก็บเกี่ยวได้

แนวทางการแก้ไขปัญหาการหักล้มของข้าว

1. ควรเริ่มฤดูกาลปลูกข้าวให้เร็วขึ้น และหลีก

เลี่ยงช่วงปลูกที่ข้าวออกดอกตรงกับช่วงที่มีกระแสลมแรงและฝนตกหนัก

2. เลือกใช้พันธุ์ข้าวที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นในฤดูแล้ง และมีลักษณะที่ทนทานต่อกระแสลมแรงในฤดูฝน เช่น มีต้นเตี้ย และมีการยืดหยุ่นพยุงตัวดี และทำให้ค่า roughness parameter (ZO) ลดลง

3. ใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนอย่างถูกต้องและเหมาะสม เนื่องจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงเกินไป จะส่งเสริมให้ข้าวเกิดการเฝือใบและหักล้มโดยง่าย และมักจะมีโรคที่มีสาเหตุจากเชื้อราเข้าทำลายซ้ำเติมเสมอ

4. ควรปลูกข้าวโดยวิธีการปักดำ แทนการหว่าน เนื่องจากทำให้มีระบบรากที่เจริญเติบโตในแนวดิ่งมากกว่าข้าวที่ปลูกโดยการหว่านที่มีระบบรากตื้น และควรให้ระยะปักดำที่เหมาะสม เพื่อส่งเสริมให้ข้าวมีการแตกกอดีขึ้น

5. ข้าวที่ปลูกโดยวิธีหว่าน ควรปล่อยให้ข้าวประสบภาวะแล้ง (water stress) เป็นเวลาประมาณ 7-10 วัน เพื่อส่งเสริมให้รากข้าวมีการเจริญเติบโตในแนวดิ่ง และมีระบบรากที่ดีและแข็งแรงสามารถชอนไชลงไปในดินได้ลึกขึ้น และไม่ควรใช้อัตราปลูกที่หนาแน่นเกินไป

6. ควรมีแนวป้องกันลมในแปลงปลูก (wind brake)

7. ใช้สารเคมีที่มีอิทธิพลชะลอการเจริญเติบโตของข้าว (plant growth retardant) ลดความสูงของข้าว เพื่อลดการประทะและลดค่า roughness parameter (ZO) ในแปลงปลูก

เอกสารอ้างอิง

เฉลิมพล แซมเพชร. 2526. สรีรวิทยาการผลิตพืช. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่. 167 หน้า.

นิมิตร วรสูตร, 2530. อุตุนิยมวิทยาการเกษตร. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ. ขอนแก่น

De Datta. S.K., Moomaw. J.C. and R.S. Doyrit. 1966. Nitrogen response and yield potential of some varietal types in the tropics. Int. Rice. Comm. News. 15(3): 16-27.

De Datta. S.K., 1981. Principles and practices of rice production. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley & Sons, New York. 618 p.

Kwon, Y.W. and K.O.Yim, 1986. Paclobutrazol in rice, *In* Plant Growth Regulators in Agriculture, pp. 130-158. FFTC Book Series No. 34 Taiwan, Republic of China.

Petr, J., Gerny V. and L. Hruska. 1988. Yield formation in the main field crops. University of Agriculture. Prague-Suchdol Czechoslovakia Elservier Amsterdam, Oxford, New York. 336 p.

Yoshida, S. 1981. Fundamentals of Rice Crop Science. Int. Rice. Res. Inst. Los Banos. Laguna. Phillippines. 269 p.