บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว

การขังน้ำในแปลงนาตลอดการเพาะปลูกข้าวนอกจากจะมีการสูญเสียน้ำแล้ว ยังก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซมีเทนสู่ชั้นบรรยากาศ Towprayoon *et al*. (2005) กล่าวว่า ก๊าซมีเทนในนาข้าวเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ที่อยู่ในดินนา จากการทำวิจัยพบว่า ช่วงเวลาที่มีการปล่อยก๊าซมากที่สุดคือเวลาที่ข้าวเริ่มออกดอกและโผล่รวงหรือประมาณ 6 - 8 สัปดาห์ หลังจากปักดำ ในสภาพที่แปลงนามีน้ำท่วมขังทำให้เกิดสภาพไร้อากาศ (anaerobic condition) ซึ่งเป็นปัจจัยแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินกิจกรรมของแบคทีเรียกลุ่ม Methanogen ให้สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในดินได้สูงสุด ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นส่วนมากจะถูกปล่อยสู่บรรยากาศโดยผ่านโพรงอากาศในลำต้นของข้าว (aerenchyma)

ค่าการปล่อยมีเทนจากนาข้าวของประเทศไทยมีค่าระหว่าง 4 - 117 g/m^2 ต่อฤดูกาลเพาะปลูก (IPCC, 1997) Jiaphasuanan (2006) Supparattanapan (2009) และ Fusuwankaya (2009) รายงานค่าเฉลี่ยการปล่อยมีเทน ตามรูปแบบการจัดการนา ได้แก่ นาข้าวที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่สารอินทรีย์ ใส่ปุ๋ยคอก และใส่ปุ๋ยเคมี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีค่าเฉลี่ย 16.72, 43.52 - 48.88, 42.32, และ 21.32 g/m^2 และ ภาคกลาง 8.5, 19.24, 13.83, และ 10.93 g/m^2 ตามลำดับ การศึกษาของ Towprayoon *et al*. (2005) Jiaphasuanan (2009) และ Chareonsilp (2000) รายงานค่าเฉลี่ยการปล่อยมีเทนตามรูปแบบการจัดการน้ำในภาคกลาง ได้แก่ วิธีระบายน้ำตามวิธีการของเกษตรกร ระบายน้ำกลางฤดูเพาะปลูก ระบายน้ำหลายครั้งในฤดูเพาะปลูก และข้าวนาน้ำลึก มีค่า 20.71 - 23.96, 17.36, 7.4 - 15.68, และ 9.8 g/m^2 ตามลำดับ นอกจากนี้ เบญจมาศและคณะ (2556) ได้รายงานว่า นาขั้นบันไดบนพื้นที่สูงมีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนเฉลี่ย 3.93 mg/m^2/hour หรือ 11.231 g/m^2 ซึ่งการปล่อยก๊าซมีเทนในระบบนาขั้นบันไดขึ้นอยู่กับการขังน้ำในพื้นที่โดยเฉลี่ยทั้งฤดู

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสร้างและปล่อยมีเทนจากนาข้าวที่สำคัญ ได้แก่ พันธุ์ข้าว ชนิดดิน วิธีการปลูก วิธีการจัดการน้ำ ชนิดกับอัตราการใช้ปุ๋ย และปริมาณสารอินทรีย์ในนาข้าว ทั้งนี้วิธีการบรรเทาการปล่อยมีเทนจากการทำนาปลูกข้าวที่สำคัญ คือ การจัดการน้ำ การใส่ปุ๋ย และการไถพรวน (สิรินทรเทพและทัศนีย์, 2554)

การจัดการน้ำเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถลดการปล่อยมีเทนจากนาข้าวได้ โดยที่มีเทนมีอัตราการปล่อยสูงเมื่อมีการขังน้ำในนาข้าวต่อเนื่องประมาณ 6 - 8 สัปดาห์ ซึ่งจะเป็นช่วงข้าวออกดอกและผสมเกสร แต่ถ้ามีการระบายน้ำออกจากแปลงนาก่อนช่วงเวลาดังกล่าว จะทำให้อัตราการปล่อยมีเทนลดลง 26-46 % เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงนาที่ไม่มีการระบายน้ำกลางฤดูเพาะปลูก (Zheng *et al*., 2014; Towprayoon *et al*., 2005) สอดคล้องกับการศึกษาของ Minamikawa *et al*. (2006) ที่พบว่า วิธีการระบายน้ำจนความชื้นเท่ากับความจุสนามและส่งน้ำท่วมขังเป็นช่วง ๆ ในนาข้าว (alternate wetting and drying; AWD) สามารถช่วยลดการปล่อยมีเทนได้ 64 % เมื่อเทียบกับการส่งน้ำท่วมขังตลอดเวลาโดยที่ผลผลิตข้าวไม่ลดลง

อย่างไรก็ตามการลดการปล่อยมีเทนจากนาข้าวด้วยการระบายน้ำกลางฤดู ที่สามารถลดการปล่อยมีเทนได้ 27.5 % นั้น ในช่วงเวลาเดียวกันนี้กลับปล่อยไนตรัสออกไซด์ถึง 54.5 % แม้ว่าการระบายน้ำกลางฤดูเพาะปลูกจะเป็นวิธีที่สามารถการลดอัตราการปล่อยมีเทนแต่เป็นสาเหตุทำให้เพิ่มการปล่อยไนตรัสออกไซด์ด้วยเช่นกัน Xing *et al*. (2009) เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ส่วนได้-ส่วนเสีย ของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (trade-off greenhouse gas emission mitigation)

การปล่อยไนตรัสออกไซด์ทางตรงจากนาข้าวมีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับปริมาณการใช้ปุ๋ย โดยมีปัจจัยส่งเสริมการปล่อยไนตรัสออกไซด์ที่สำคัญคือปริมาณน้ำในช่องว่างดิน (water filled fore space; WFPS) ที่60-80 % ในช่วงเวลาก่อนการขังน้ำและหลังการระบายน้ำพบว่ามีการปล่อยไนตรัสออกไซด์มากกว่าช่วงขังน้ำ ส่วนการปล่อยไนตรัสออกไซด์ทางอ้อม ได้แก่ การชะล้างไนเตรทลงน้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน

ทั้งนี้ไนตรัสออกไซด์และมีเทนมีค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อน (global warming potential; GWP) 310 และ 21 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับคาร์บอนไดออกไซด์ ค่า GWP ของการปล่อยมีเทนและไนตรัสออกไซด์จากนาข้าว ดังตารางที่ 1 บ่งชี้ว่าวิธีการระบายน้ำกลางฤดูเพาะปลูกสามารถช่วยลดการปล่อยมีเทนได้ แต่เมื่อคำนวณศักยภาพที่ทำให้โลกร้อนสุทธิ (GWP_{net}) งานวิจัยของ Towprayoon *et al*. (2005) รายงานว่ามี GWP_{net} ลดลง แต่ผลงานวิจัยของ Kudo *et al*. (2013) กลับมีค่า GWP_{net} เพิ่มขึ้น แม้ว่าร้อยละของปริมาณการปล่อยของมีเทนจะลดลงก็ตาม

ตารางที่ 1 เปรียบการปล่อย CH_4 N_2O GWP_{CH4} GWP_{N2O} และ GWP_{net} จากการทำนาแบบขังน้ำตลอดฤดูเพาะปลูกและมีการระบายน้ำกลางฤดู

Treatment	CH_4 flux (g /m^2)	% CH_4 ลดลง	GWP_{CH4} (g CO_2eq/m^2)	N_2O flux (g /m^2)	% N_2O เพิ่มขึ้น	GWP_{N2O} (g CO_2eq/m^2)	GWP_{net} (g CO_2eq/m^2)	% GWP_{net}
[1] ขังน้ำตลอดฤดู ระบายน้ำกลางฤดู	346.6* 219.3*	36.7	7,278.6	-	-	-	7,278.6	-
[2] ขังน้ำตลอดฤดู ระบายน้ำกลางฤดู	0.1257 - 0.087	30.79	2.64 -1.83	0.068 0.127	13.24	21.08 39.37	23.72 37.54	+ 58.26
[3] ขังน้ำตลอดฤดู ระบายน้ำกลางฤดู	23.96 17.36	27.55	503.16 364.56	0.0330 0.0514	55.76	10.23 15.93	513.39 380.49	- 25.89

ที่มา: [1] Tyagi *et al.* (2009) [2] Kudo *et al.* (2013) [3]Towprayoon *et al.* (2005) * หน่วย (mg CH_4 /m^2/d)

นอกจากนี้ Li *et al.* (2011) ได้ศึกษาปริมาณการปล่อยมีเทนและไนตรัสออกไซด์จากนาข้าว ในประเทศจีน โดยมีการระบายน้ำกลางฤดูเพาะปลูกและแบ่งช่วงระยะเวลาการศึกษาปริมาณการปล่อยมีเทนและไนตรัสออกไซด์ออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงการดำนาถึงก่อนการระบายน้ำ ช่วงการระบายน้ำถึงการขังน้ำในนาข้าว และช่วงหลังการขังน้ำจนถึงเก็บเกี่ยว ปริมาณการปล่อยมีเทนของทั้ง 3 ช่วง เท่ากับ 32.6, 11.0, และ 13.9 kg CH_4/ha ตามลำดับ มีปริมาณการปล่อยทั้งฤดูเท่ากับ 52.5 kg CH_4/ha และปริมาณการปล่อยไนตรัสออกไซด์ทั้ง 3 ช่วง เท่ากับ 0.16 1.39 และ 0.76 kg N_2O-N/ha ตามลำดับ มีปริมาณการปล่อยรวมทั้งฤดูเท่ากับ 2.31 kg N_2O-N/haจะเห็นได้ว่าในช่วงที่มีการระบายน้ำออกจากแปลงนาการปล่อยมีเทนในช่วงนี้จะมีปริมาณที่น้อยกว่าช่วงอื่นๆ แต่ไนตรัสออกไซด์มีปริมาณมากขึ้น

2.2 การใช้น้ำปลูกข้าวบนพื้นที่สูง

ด้วยวิถีการทำนาของเกษตรกรบนพื้นที่สูงของประเทศไทยเป็นการทำนาอาศัยน้ำฝน อาศัยแหล่งน้ำธรรมชาติจากห้วย คลอง บึง การทำนาส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบของนาขั้นบันได มีการส่งน้ำไหลผ่านกระทงนาจากด้านบนลงมาด้านล่างตามลำดับ ไหลตามแรงโน้มถ่วงของโลก การส่งน้ำในแปลงนาข้าวจะทำการขังน้ำในแปลงนาตลอดฤดูปลูกด้วยความเชื่อที่ว่า “น้ำสามารถควบคุมวัชพืช” โดยเฉพาะยิ่งการส่งน้ำในแปลงที่ระดับสูงกว่า 15 ซม.จากระดับผิวดิน เพราะหากให้ระดับน้ำต่ำกว่านี้จะทำให้วัชพืชน้ำได้แสงแดดและโผล่ขึ้นมาแข่งขันกับต้นข้าว แต่วิธีการส่งน้ำดังกล่าวทำให้เกิดการสูญเสียน้ำโดยเปล่าประโยชน์ Guerra *et al.* (1998) พบว่าการใช้น้ำของเกษตรกรในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ สูงกว่าความต้องการใช้น้ำสำหรับการเจริญเติบโตของข้าว ก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำประมาณ 50-80 % ของปริมาณน้ำที่พืชต้องการ ในบางปีเกิด

สภาวะฝนทิ้งช่วงเกิดปัญหาภัยแล้ง หากแปลงนาที่ตั้งอยู่ต้นน้ำ ใช้น้ำปริมาณมากมักส่งผลกระทบต่อการทำนาของแปลงนาที่ตั้งอยู่ปลายน้ำ ทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวและพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ

การส่งน้ำและรักษาระดับน้ำในแปลงนามีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของข้าวในระยะแรกไปจนกระทั่งข้าวตั้งท้องออกดอก จนกระทั่งให้ผลผลิตของข้าว กล่าวคือ ระยะกล้าหรือช่วง 20–30 วันหลังข้าวงอกและระยะแตกกอ ถ้าระดับน้ำสูงมากจะทำให้ลำต้นสูงชะลูดเพื่อหนีน้ำเป็นเหตุให้ลำต้นอ่อนแอ ล้มง่ายและยังทำให้ข้าวแตกกอน้อย ดังนั้นในระยะนี้ควรรักษาระดับน้ำประมาณ 5 ซม. ก็พอเพียง ในทางตรงกันข้าม ถ้าข้าวขาดน้ำในระยะนี้จะทำให้ต้นข้าวเกิดอาการแคระแกร็นแตกกอน้อยและทำให้มีวัชพืชมากด้วย ในระยะต่อมาเมื่อข้าวตั้งท้องจนถึงสร้างเมล็ด (ประมาณ 15 วันก่อนข้าวออกดอกถึง 15 วันหลังออกดอก ถ้าข้าวขาดน้ำในระยะนี้จะทำให้เมล็ดลีบและผลผลิตลดลงมาก) จึงควรรักษาระดับน้ำให้พอเพียงประมาณ 10 ซม. ดังนั้นระดับน้ำที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวตลอดฤดูปลูกจึงควรรักษาไว้ที่ประมาณ 5–10 ซม.หรือไม่ควรเกิน 15 ซม. (เพราะอาจทำให้ผลผลิตลดลง) จนถึงระยะก่อนเก็บเกี่ยวประมาณ 10 วันจึงระบายน้ำออกเพื่อให้ข้าวสุกแก่พร้อมกันและพื้นนาแห้งเหมาะแก่การเก็บเกี่ยว สุรพล (2546) เอกสงวน ชูวิสิฐกุล (2544) กล่าวสนับสนุนว่าควรดูแลระดับน้ำอย่าให้ลึกเกินไปหรือขาดน้ำได้ในช่วง reproductive phase จนถึง ripening phase (ช่วงก่อนออกดอก 1 เดือนจนถึง 20 วันหลังออกดอก (dough stage) มิฉะนั้นจะทำให้เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ผลผลิตต่ำ ระยะเวลาแก่จะคลาดเคลื่อนไป การปลูกข้าวที่ถี่เกินไปและระดับน้ำในนาลึกเกินจะเกิดปัญหาโรคใบขีดโปร่งแสง ควรส่งน้ำระดับ 5–7 ซม.

โดยแนวทางการลดปริมาณการใช้น้ำในการปลูกข้าวดำเนินการได้โดย วิธีการแกล้งดินในวิธีการทำนาแบบ AWD ดังตัวอย่างผลการศึกษาของ วรวุฒิ และหนึ่งฤทัย (2556) รายงานว่า การปลูกข้าวแบบเปียกสลับแห้งนั้นจะใช้วิธีการแบ่งเป็นช่วงเวลาเปียก คือช่วงเวลาที่ต้นข้าวอายุน้อยและช่วงที่ต้นข้าวกำลังตั้งท้อง สลับกับช่วงที่แห้งคือช่วงที่ข้าวกำลังแตกกอและช่วงเวลาที่ใกล้เก็บเกี่ยว โดยในการทำนา 1 ครั้ง สามารถปล่อยให้แห้งได้ถึง 3 ครั้ง การปลูกข้าวแบบเปียกสลับแห้งมีการใช้น้ำลดลงเท่ากับ 27.12 %

Yang *et.al.* (2007) รายงานว่า AWD ช่วยเพิ่มผลผลิต 7.4 - 11.3 % ลดการใช้น้ำ 24.5 - 29.2 % และเพิ่มผลผลิตต่อการปริมาณการใช้น้ำ (water productivity; WP) 43.1 - 50.3 % นอกจากนี้ AWD มีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (nitrogen use efficiency; NUE) 51-97 % ทั้งนี้ในช่วงดินแห้งแตกระแหง การใส่ปุ๋ยในช่วงเวลานี้ ปุ๋ยจะตกลงลึกถึงระดับรากข้าวตามช่องว่างดินสามารถลดการสูญเสียธาตุอาหารจากการชะล้างโดยน้ำจากการซึมลึก (Zhao *et al.*, 2013) อย่างไรก็ตามการทำนาแบบ AWD แม้ว่าการใช้น้ำจะลดลง แต่ก็มีความผันแปรด้านผลผลิต จากการสังเคราะห์ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการจำนวน

31 งานวิจัย พบว่า การทำนาแบบ AWD ลดการใช้น้ำเฉลี่ย 23 % แต่ผลผลิตก็ลดลง 6 % โดยผลผลิตจะลดลงมากที่สุด 10 - 40 % เมื่อความชื้นในดินต่ำกว่าความชื้นสนาม (field capacity; FC) (Bouman *et al.*, 2001) วิธีการทำนาแบบ AWD จะมีความเหมาะสมกับพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากภาวะโลกร้อนและประสบกับปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรน้ำ หากมีการจัดการระบบชลประทานที่เหมาะสมและสร้างความเชื่อมั่นให้แก่เกษตรกรได้ว่า ในช่วงเวลาสิ้นสุดการแกล้งข้าวจะมีน้ำใช้เพียงพอในการปลูกข้าวระยะต่อไป (Bhuvaneswari *et al.*, 2014)

การปลูกข้าวบนพื้นที่สูง พื้นที่ปลูกข้าวเป็นขั้นบันไดบริเวณไหล่เขา (foothill slope) จนถึงที่ราบลุ่มระหว่างหุบเขา (valley) ฤดูกาลผลิตข้าวคือนาปี ระหว่างเดือน มิถุนายน - ธันวาคม ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูฝน เกษตรกรจัดการน้ำด้วยลำเหมือง ระดับกักเก็บน้ำในแปลงนาสูงไม่ต่ำกว่า 15 ซม. ปล่อยน้ำไหลผ่านแปลงนาจากที่สูงให้ล้นคันนาลงสู่แปลงนาในที่ต่ำกว่า แม้ว่าทรัพยากรน้ำบนพื้นที่สูงในฤดูฝนจะมีไม่จำกัด แต่เมื่อพิจารณาทั้งระบบลุ่มน้ำ หากมีการประหยัดน้ำในกระบวนการผลิตจะส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำผลผลิต และลดการปล่อยก๊าซมีเทนและการรักษาคุณภาพน้ำก่อนที่จะไหลลงแม่น้ำและใช้ประโยชน์ในลุ่มน้ำต่อไป

2.3 หลักการของระบบนาน้ำน้อย

ระบบนาน้ำน้อย (water-saving irrigation; WSI) คือ วิธีปฏิบัติการตลอดกระบวนการปลูกข้าวตั้งแต่ตกกล้าถึงเก็บเกี่ยวเพื่อเพิ่มอัตราผลผลิตต่อน้ำชลประทาน (WP) ซึ่งมีความหมายเทียบเคียงได้กับระบบการเพิ่มผลผลิตข้าว (rice intensification; SRI) หรือ ระบบการปลูกข้าวเปียกสลับแห้ง (AWD) ที่มีแนวทางในการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติการปลูกข้าวบางประการ ได้แก่ การจัดการดิน น้ำ และธาตุอาหาร เพื่อประสิทธิภาพของผลผลิตต่อพื้นที่ แรงงาน ทุน และผลผลิตข้าว (Kassam *et al.*, 2011) โดยวิธีปฏิบัติอาจมีความแตกต่างกันตามเงื่อนไขของ สภาพพื้นที่ พันธุ์ข้าว ปัจจัยทรัพยากร แรงงาน และวัฒนธรรม

หลักการทั่วไปของ SRI ก็คือ วิธีปฏิบัติในแปลงนาเพื่อให้ดินอยู่ในสภาพที่มีอากาศเพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของรากและลำต้นในระยะแตกกอ รวมถึงการเพื่อจำนวนและความหลายหลายของสิ่งมีชีวิตในดินที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของข้าวและให้ผลผลิตข้าวสูงสุด

2.4 วิธีการปลูกข้าวแบบน้ำน้อยและเปียกสลับแห้ง

2.4.1 ปักดำกล้าเมื่ออายุ 8-12 วัน

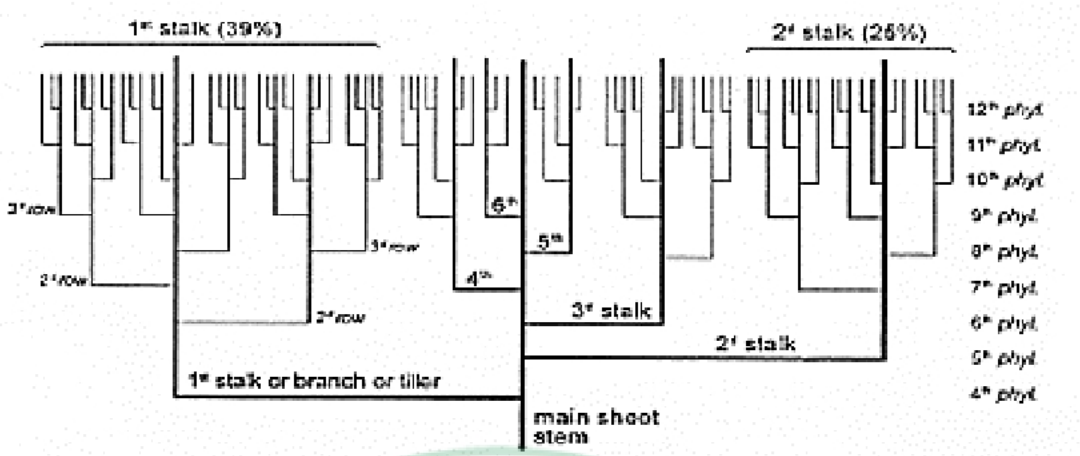
ระบบการปลูกใช้วิธีการปักดำ ต้นกล้าอายุ 8-12 วัน (days after sowing; DAS) หรือข้าวมีใบ 2 ใบ หรือสูงสุดไม่เกิน 3 ใบ หรือ การปักดำควรไม่เกินระยะสร้างใบ (phyllochron) ในระยะที่ 4 ซึ่งต้นข้าวในระยะนี้ ประกอบด้วย ต้นหลัก (main shoot stem) และใบแตกจากลำต้นลำดับที่ 1 (1^{st} stalk) หรืออย่างช้าที่สุดควรปักดำ ไม่เกินระยะที่ 5 ที่ต้นข้าวมี ต้นหลักและใบที่แตกจากลำต้นลำดับที่ 1 และ 2 (1^{st} and 2^{nd} stalk) ซึ่งจำนวนวันที่ข้าวสร้างใบแต่ละใบ เรียกว่าอัตราการสร้างใบ (phyllochron) ยิ่งจำนวนวันน้อยเท่าไหร่ ข้าวยิ่งมีโอกาสแตกกอได้มากเท่านั้น ดังตารางที่ 2 และ ภาพที่ 1

ตารางที่ 2 จำนวนหน่อต่อกอที่อายุข้าว เมื่อปักดำกล้าอายุข้าว 8 15 20 และ 25 DAS

อายุกล้า (วัน)	จำนวนต้นต่อกอ	
	นาปรัง	นาปี
8	26.2	60.8
15	26.2	59.1
20	25.7	45.9
25	17.4	36.9
cv	4.1	8.6

ที่มา : http://www.slideshare.net/SRI.CORNELL/0433-factors-affecting-the-phyllochron-the-scientific-bases-for-sri

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) Highland Research and Development Institute (Public Organization)



ภาพที่ 1 diagram of possible stalks of a rice shoot; stacks grow following a regular cycle (Phyllochron) (Katayama, 1951 และ Nemoto *et al*., 1995)

ดังนั้น อรรถประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำนาด้วยระบบ SRI สามารถอธิบายด้วยตัวแปรทางสรีรวิทยาของข้าว ได้แก่ อัตราการสร้างใบ (phyllochron) ซึ่งก็คือจำนวนวันที่ข้าวสร้างใบแต่ละใบ (วัน/ใบ) จากต้นหลัก (meristematic tissue)

อัตราการสร้างใบ นับตั้งแต่เพาะเมล็ดถึงออกดอกมีทั้งหมด 12 ระยะ (phyllochron length) (ตารางที่ 3) หากไม่มีปัจจัยจำกัดและข้าวไม่เผชิญกับสภาวะเครียด อัตราการสร้างใบในแต่ละระยะใช้เวลาประมาณ 4 วัน หากสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโตเหมาะสม แต่ละระยะใช้เวลาประมาณ 5 - 6 วัน หรือ หากสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสมจะใช้เวลาประมาณ 8-10 วัน ซึ่งการทำนาแต่ละครั้ง ซึ่งอัตราการสร้างใบนี้ บ่งชี้ถึงอัตราเร่งการเจริญเติบโตของพืช เช่น อัตราการแบ่งเซล โดย Fr. Laulanié learned พบว่า การปักดำต้นกล้าข้าว ต้นข้าวจะแตกกอและให้ผลผลิตมากกว่ากล้าข้าวที่มีอายุมาก ต่อมา Katayama รายงานช่วงเวลาของการแตกกอ (tillers หรือ stalks) จากการปักดำกล้าข้าวอายุต่าง ๆ กัน ซึ่งพบว่า กล้าข้าวอายุ 15 วัน หรือ เป็น phyllochron ในระยะที่ 4 มีอัตราการแตกกอสูงกว่ากล้าอายุมากเป็นลำดับ ทั้งนี้การปักดำข้าวในระยะ phyllochron ที่ 4 รากจะมีความยาวน้อยกว่าและไม่ได้รับการกระทบกระเทือนหรือโดนทำลายระหว่างการถอนกล้าและพื้นตัวได้ดีกว่า ทั้งนี้จำนวนกอกับความยาวรากมีความสัมพันธ์ในทิศทางบวก

ตารางที่ 3 pattern of emergence of rice tillers over a 12 phyllochron sequence

Tillers	Sequence of phyllochrons												
	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	11th	12th	Total
Main tiller	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1st row of fillers	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	6
2nd row of tillers	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	5	26
3rd row of tillers	0	0	0	0	0	0	0	1	3	6	10	15	35
4th row of tillers	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	10	15
5th row of tillers	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Number of tillers in each phyllochrons	1	0	0	1	1	2	3	5	8	12	20	31	84
Number of tillers per 3 phyllochrons	1 ($1=4^0$)			4 ($4=4^1$)			16 ($16=4^2$)			63 ($63=4^3-1$)			
Number of tillers per 4 phyllochrons	2				11				71				
Cumulative total at each phyllochrons	1	1	1	2	3	5	8	13	21	33	53	84	

ที่มา: http://groupementsrimada.org/en/faq.php ปรับปรุงจาก Laulanie (1933) และ Laulanie (1933a)

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) Highland Research and Development Institute (Public Organization)

ปัจจัยส่งเสริมการสร้างใบให้ข้าวแตกกอสูงสุด ดังตารางที่ 4 โดยออกแบบการเขตกรรมเพื่อปรับเปลี่ยนปัจจัยสภาพแวดล้อมในนาให้เหมาะสมหลักการของ SRI

ตารางที่ 4 ปัจจัยสภาพแวดล้อมและการจัดการในนาที่มีผลต่ออัตราการสร้างใบ

Growth Factors	Positive Influences	Negative Influences
"Biological clock" runs:	faster	slower
Making phyllochrons:	shorter	longer
Climate and Temperature [note: effects on the soil are more important than for the air]		
Temperature	**Warmer temperatures** *Unflooded soils better absorb solar energy**	**Colder temperatures** *Flooded soils reflect and lose solar radiation**
Day-night variation	**Temperate climate** *Greater day/night temperature differential, less night-time respiration*	**Tropical climate** *Little day/night temperature differential, with continuous night-time respiration*
Day length	**Longer days** *More solar radiation*	**Shorter days** *Less solar radiation*
Plant Management		
Spacing	**Wide spacing** *Single plants/hill and fewer plants/m^2 reduces competition among roots, more canopy growth**	**Narrow spacing** *Many plants/hill and more plants/m^2 increases competition among roots, less room for canopy growth**
Solar energy (affected by spacing)	**Exposure to sunlight** *More opportunity for photosynthesis, also more canopy aeration**	**Shading** *Less opportunity for photosynthesis; reduced canopy aeration**
Water Management		
Soil moisture	**Moist conditions** *Intermittent irrigation meets plant needs while non-flooding stimulates root growth**	**Dryness/drought** *Inadequate water creates serious stress on plant*
Soil aeration	**Oxygen availability** *Supports plant root growth and aerobic microbial communities**	**Hypoxia (lack of oxygen)** *Slows root growth and causes root degeneration; only anerobic microbial communities**
Soil and Nutrient Management		
Soil structure	**Permeable/friable** *Root growth facilitated; favors growth of soil microorganisms with more O_2 and water**	**Compacted** *Root growth constrained; diminution of growth of soil microorganisms affected by management**
Nutrient supply	**Adequate/complete** *Plant growth needs can*	**Limited/unbalanced** *Plant root and shoot growth*

ที่มา: Nemoto *et al.* (1995)

2.4.2 ปักดำกล้าทันทีหลังจากถอนกล้าจากแปลง

ควรปักดำกล้าภายใน 30 นาที ทำด้วยความระมัดระวัง ไม่ให้รากได้รับความกระทบกระเทือน หรือถูกทำลาย ซึ่งจะมีผลต่อการเพิ่มการอัตราการสร้างใบ

2.4.3 ปักดำกล้าด้วยข้าวต้นเดียว

ใช้ต้นกล้า 1 ต้น ต่อ 1 กอ และมีระยะห่างระหว่างแถวและระหว่างต้น 25 ซม.

2.4.4 ให้น้ำให้น้อยที่สุดและแกล้งข้าวในระยะการเจริญเติบโต

หากชาวนาต้องการควบคุมวัชพืชในระยะข้าวตั้งตัวสามารถให้น้ำในแปลงนาจนถึงดินอิ่มตัว (saturated soil) หรือขังน้ำในแปลงประมาณ 5 ซม. ในระยะข้าวแตกกอแกล้งข้าวโดยให้ดินแห้งเป็นระยะเวลา 7-14 วัน หรือจนระดับน้ำต่ำกว่าระดับรากข้าวหรือจากพื้นดิน 15 ซม. การแกล้งข้าวโดยการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้งนี้สามารถดำเนินการได้หลายครั้งจนกระทั่งข้าวเริ่มแทงช่อดอก

2.4.5 ควบคุมวัชพืช

ปัญหาวัชพืชอาจพบได้ในช่วงการแกล้งข้าว ให้พรวนดิน เพิ่มออกซิเจนให้ราก พร้อมฝังปุ๋ยไว้ในนา ด้วย rotary weeder พรวนเก็บหญ้าในแปลงนา ก่อนปล่อยให้นาแห้ง หรือถ้ามีหญ้าขึ้น ตามหลัง ก็เก็บด้วย เครื่องตัดหญ้าในร่องนาดำ

2.4.6 การใส่ปุ๋ย

ใช้ได้ทั้งปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์