บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะของพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลอง (http://www.doa.go.th/rri/rice_tech.htm)

ข้าวพันธุ์ กข 6 เป็นข้าวเหนียว ทนแล้ง และมีคุณภาพหุงต้มดี มีกลิ่นหอม ต้านทานโรคใบจุดสีน้ำตาล โรคไหม้และโรครากปมจากไส้เดือยฝอย แต่ไม่ต้านทานโรคขอบใบแห้ง เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและแมลงบั่ว ส่วนข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 (สปต 1) เป็นข้าวเหนียว ต้านทานโรคไหม้และขอบใบแห้งดี ให้ผลผลิตสูง ข้าวเหนียวสุก อ่อนนุ่มกว่า กข 10 เล็กน้อย สามารถปลูกได้ทั้งปี

2. ไส้เดือนฝอยศัตรูข้าว (ลือชัย, 2544)

ไส้เดือนฝอยที่เป็นศัตรูข้าวมีหลายชนิด ซึ่งมีไม่ต่ำกว่า 130 ชนิด ที่ทำความเสียหายกับผลผลิตข้าวในพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกข้าวทั่วโลก ความรุนแรงเป็นไปตามชนิดของไส้เดือนฝอยและสภาพพื้นที่ สำหรับประเทศไทยไส้เดือนฝอยศัตรูข้าวที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่

ไส้เดือนฝอยที่ทำให้เกิดโรคปลายใบขาว (Rice white tip nematode)

ไส้เดือนฝอยที่ทำให้เกิดโรคปลายใบขาว (*Aphelenchoides besseyi*) ไส้เดือนฝอยที่เป็นสาเหตุของโรคปลายใบขาว คือ (White tip) ซึ่งมีการแพร่กระจายอยู่ในประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา รัสเซีย อิตาลี อินโดนีเซีย ไต้หวัน อินเดีย ปากีสถาน ฮังการี คิวบา เอลซัลวาดอร์ และประเทศต่างๆ ในทวีปอาฟริกาตอนกลาง และตะวันตก มาดากัสการ์ หมู่เกาะโคโมโร (Franklin and Siddiqi, 1972 อ้างโดย ลือชัย, 2544)

ไส้เดือนฝอยชนิดนี้ *A. besseyi* สามารถแพร่กระจายและอยู่ข้ามฤดูโดยติดไปกับเมล็ดพันธุ์ เมื่อมีการปลูกข้าว ไส้เดือนฝอยจะออกจากเมล็ด จากนั้นไต่ขึ้นไปบนต้นกล้า เข้าทำลายบริเวณที่กำลังเจริญเติบโต และเคลื่อนที่เข้าสู่บริเวณกาบใบ เพื่อหาทางเข้าไปอาศัยภายในเนื้อเยื่อที่กำลังมีการพัฒนาเป็นดอกโดยมีการดูดกินแบบ ectoparasite วางไข่ที่บริเวณก้านใบและที่ดอก ก่อให้เกิดอาการของโรค โดยบริเวณปลายใบจะเป็นสีเหลืองซีดต่อมากลายเป็นสีน้ำตาลและแห้ง ใบธงมีขนาดสั้นและบิด ดอกมีขนาดเล็กและผิดปกติ จำนวนเมล็ดลีบมีมาก วงจรชีวิตของไส้เดือนฝอยชนิดนี้ ใช้เวลาประมาณ 3 วัน ที่อุณหภูมิประมาณ 28°C เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยวไส้เดือนฝอยจะอยู่ในสภาพพักตัวภายในใต้เปลือกเมล็ด (Dropkin, 1980 อ้างโดย ลือชัย, 2544) ไส้เดือนฝอยชนิดนี้สามารถควบคุมโดย การแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำอุ่นอุณหภูมิ 55 - 61°C เป็นเวลา 10 - 15 นาที หรือใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารเคมี ethyl thiocyano acetate, phosphamidon หรือ thiabendazole คลุกเมล็ดพันธุ์ (Franklin and Siddiqi, 1972 อ้างโดย ลือชัย, 2544)

ไส้เดือนฝอยที่เป็นสาเหตุของโรค ufra ที่ต้นข้าว (Rice stem nematode)

ไส้เดือนฝอย *Ditylenchus angustus* เป็นสาเหตุของโรค “ufra” ของข้าวซึ่งพบในบังคลาเทศ ฟิลิปปินส์ ไทย เวียตนาม และมาดากัสการ์ (Seshadri and dasgupta, 1975 อ้างโดย ลือชัย, 2544) ลักษณะการทำลายที่พบ คือ หลังจากปักดำ 2 - 3 วัน ไส้เดือนฝอย *D. angustus* จะเคลื่อนที่เข้าหาต้นข้าวและไต่ขึ้นไปยังส่วนที่จะเจริญเป็นใบและกาบใบ จากนั้นดูดกินในรูปแบบ ectoparasite ข้าวที่ถูกไส้เดือนฝอยชนิดนี้เข้าทำลายจะแสดงอาการเจริญเติบโตที่ผิดปกติ ใบซีด บิดเบี้ยว รวงบิด หรือไม่โผล่ ดอกอาจเป็นหมัน และลีบ เมื่อต้นข้าวแก่ และแห้ง ไส้เดือนฝอยก็จะขดตัว ซึ่งในสภาพนี้ไส้เดือนฝอยสามารถมีชีวิตได้มากว่า 6 เดือน อาการของโรคจะเกิดในช่วงฤดูฝน ส่วนไส้เดือนฝอยที่มีรอดผ่านช่วงฤดูหนาวก็จะเข้าทำลายในฤดูเพาะปลูกต่อไป สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 28 - 30°C แสดงว่ามีความเป็นไปได้ที่ไส้เดือนฝอยชนิดนี้จะขยายพันธุ์เพิ่มจำนวนได้ตลอดปีในเขตศูนย์สูตร

เนื่องจากข้าวเป็นพืชอาศัยที่สำคัญของ *D. angustus* ดังนั้นผลผลิตอาจเสียหายถึง 50% ซึ่งการควบคุมโดยการเผาตอซัง การไถกลบตอซัง และการไถดินตากแดดในฤดูร้อน นับว่าเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ (Seshadri and dasgupta, 1975 อ้างโดย ลือชัย, 2544) นอกจากนี้การใช้พันธุ์ข้าวต้านทาน ก็เป็นวิธีหนึ่งที่ลดความเสียหาย พบว่าข้าวจากบังคลาเทศ เช่น Ashkol boron Balam และ Ghin aman แสดงความต้านทานสูง (Rahman and McGeachie, 1981 อ้างโดย ลือชัย, 2544)

ไส้เดือนฝอยที่ทำลายรากข้าว (Rice root nematode)

Hirschmanniella oryzae เป็นไส้เดือนฝอยที่มีอุปนิสัยในการดูดกินอาหารแบบ migratory endoaprasite พบทั่วไปในข้าวนาลุ่ม แถบประเทศอินเดีย อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น สาธารณรัฐมาลากาซี มาเลเซีย ไนจีเรีย แอลซัลวาดอร์ เซียล่าลีออน ศรีลังกา ไทย ไต้หวัน อเมริกา และเวเนซุเอลลา (Siddiqi, 1973 อ้างโดย ลือชัย, 2544)

ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของไส้เดือนฝอย *H. oryzae* สามารถเข้าทำลายรากข้าวได้ โดยอาศัยดูดกินเคลื่อนที่ภายในรากข้าวได้ โดยอาศัยดูดกินและเคลื่อนที่ภายในบริเวณ cortex หลังจากเข้าอาศัยภายในรากได้ 2 - 3 วัน ไส้เดือนฝอยเพศเมียจะว่างไข่ภายในราก ไข่จะฝักใน 4 - 5 วัน ไส้เดือนฝอยทั้งตัวอ่อน และตัวเต็มวัยจะอยู่ข้ามฤดูในรากข้าวที่ตายแล้ว รากข้าวที่ถูกไส้เดือนฝอยชนิดนี้เข้าทำลาย จะเกิดเป็นแผลสีเหลืองและกลายเป็นสีน้ำตาล การเจริญเติบโตลดลง แตกกอช้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

และน้อย ความเสียหายของข้าวที่เกิดจากไส้เดือนฝอยชนิดนี้มีประมาณ 38% ดังนั้นการควบคุมโดยการใช้สารเคมีจะให้ผลค่อนข้างจะดี นอกจากนี้การปลูกพืชหมุนเวียน การไถดินตากระยะยาว (Siddiqi, 1973 อ้างโดย ลือชัย, 2544) และการใช้พันธุ์ข้าวที่แสดงปฏิกิริยาต้านทานเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาพิจารณา พันธุ์ข้าวไทยที่สามารถต้านทานต่อไส้เดือนฝอยชนิดนี้ ได้แก่ ข้าวพวงกลาง ข้าวพวง ข้าวตาเจือ ข้าวญวน และข้าวกลางปี (ลือชัย และนุชนารถ, 2528 อ้างโดย ลือชัย, 2544)

ไส้เดือนฝอยที่ทำให้เกิดโรคปม (Root- Knot nematode)

Meloidogyne graminicola เป็นไส้เดือนฝอยที่รู้จักในชื่อ “ไส้เดือนฝอยรากปม” จัดเป็นพวกที่เป็น sedentary endoparasite ในรากข้าว พบทั่วไปในแหล่งปลูกข้าวในบังคลาเทศ อินเดีย ลาว และไทย (Mulk, 1976 อ้างโดย ลือชัย, 2544)

ไส้เดือนฝอย *M. graminicola* เข้าทำลายรากข้าวได้ทั้งสภาพข้าวไร่ และสภาพนาสวน แต่ความรุนแรงจะมีมากในสถาพไร่ ซึ่งวงจรชีวิตเริ่มจากไส้เดือนฝอยเพศเมียที่มีรูปร่างคล้ายผลชมพู่หรือฝรั่งอยู่ภายในปม วางไข่รวมเป็นกลุ่มที่ยึดกันด้วยสารพวก gelatin บริเวณผิวราก ไข่เจริญเป็นตัวอ่อนระยะที่ 1 และ ลอกคราบครั้งแรกภายในไข่ จากนั้นตัวอ่อนจะฟักออกจากไข่เข้าทำลายรากต่อไป หลังจากลอกคราบอีกครั้งภายในรากข้าวตัวอ่อนเหล่านี้จะกลายเป็นตัวเต็มวัย ซึ่งวงจรชีวิตจะใช้เวลาประมาณ 26 - 51 วัน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้นและพันธุ์ข้าว ลักษณะอาการที่เด่นชัดเมื่อไส้เดือนฝอยชนิดนี้เข้าทำลาย ได้แก่ อาการที่เกิดจากไส้เดือนฝอย *M. graminicola* เข้าทำลายที่เด่นชัดได้แก่ อาการรากปม ในระยะแรกจะเป็นปมสีขาว ต่อมากลายเป็นสีน้ำตาลเข้มไปตามอายุของราก เป็นผลให้การเจริญเติบโตและความทนทานต่อความแห้งลดลง และอาจทำให้ผลผลิตของข้าวพันธุ์ที่อ่อนแอลดลง 32% ภายใต้สภาพไร่การใช้สารเคมีเป็นวิธีที่ได้ผลดี นอกจากนี้การใช้พันธุ์ข้าวที่ต้านทานต่อไส้เดือนฝอยชนิดนี้ เป็นวิธีหนึ่งที่น่านำมาพิจารณา ในการลดความเสียหายได้ดี เช่นกันโดยพบว่า พันธุ์ข้าว กข 6 และขาวดอกมะลิ 105 แสดงปฏิกิริยาต้านทานต่อไส้เดือนฝอยรากปมของข้าว (Arayarungsarit, 1987 อ้างโดย ลือชัย, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Root-lesion nematode : *Pratylenchus zeae*

แม้จะมีไส้เดือนฝอยหลายชนิดใน Genus *Pratylenchu* ที่เป็นศัตรูของข้าวไร่ซึ่งมีดินที่ระบายน้ำได้ดี แต่ *Pratylenchus zeae* เป็นไส้เดือนฝอยที่พบทั่วไปทั้งเขตร้อน และอบอุ่น ได้แก่ สหรัฐอเมริกา อมริกาใต้ ทางหมู่เกาะอินเดียตะวันตก อาฟริกาใต้ เอเชียตะวันตกเฉียงใต้ ญี่ปุ่น ฮาวาย อียิปต์ (Ohahima, 1985 อ้างโดย ลือชัย, 2544) หมู่เกาะทางแปซิฟิค (Bridge, 1977 อ้างโดย ลือชัย, 2544)

ไส้เดือนฝอย *P. zeae* เป็น migratory endoaprasite ที่บริเวณ cortex ของราก ตัวเต็มวัยจะวางไข่เป็นฟองเดี่ยวๆ ภายในเนื้อเยื่อของรากข้าว ไข่จะฟักใน 15 - 20 วัน และการพัฒนาจากไข่จนกลายเป็นตัวเต็มวัย ใช้เวลา 35 - 40 วัน (Fortuner, 1977 อ้างโดย ลือชัย, 2544) รากข้าวที่ถูกไส้เดือนฝอยชนิดนี้เข้าทำลาย จะเกิดเป็นแผลสีน้ำตาลเนื่องจากเซลล์ตาย จากนั้นจะเน่า ทำให้ประสิทธิภาพการดูดน้ำและอาหารลดลง เป็นผลให้ข้าวชะงักการเจริญเติบโต เหลืองเหี่ยวเนื่องจากการขาดน้ำ

ในสภาพการปลูกข้าวไร่ผลผลิตอาจลดลงถึง 49% การควบคุมไส้เดือนฝอย *P. zeae* โดยการใช้สารเคมีเป็นวิธีการที่ได้ผลดี นอกจากนี้ การปลูกพืชที่ไม่ใช่พืชอาศัยของไส้เดือนฝอยชนิดนี้เป็นพืชหมุนเวียนก็เป็นวิธีหนึ่งที่จะลดปริมาณศัตรูข้าวชนิดนี้ (Thorne, 1961 อ้างโดย ลือชัย, 2544) และการใช้พันธุ์ข้าวที่ต้านทานต่อไส้เดือนฝอย โดย Arayarungsarit (1987 อ้างโดย ลือชัย, 2544) พบว่า พันธุ์ข้าวเจ้าสงวนแสดงปฏิกิริยาค่อนข้างต้านทานต่อไส้เดือนฝอยชนิดนี้

3. เทคนิคการทำนาแบบ SRI (แผนกส่งเสริมฯ/สผม., 2544)

3.1 การเตรียมที่นา

ในระบบ SRI เน้นการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ โดยถือหลักที่ว่าดินที่อุดมไปด้วยปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมักจะมีโครงสร้างที่ดีทำให้รากพืชเจริญเติบโตในดินได้ดี ซึ่งปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมักจะปลดปล่อยธาตุอาหารได้ช้ากว่าปุ๋ยทั่วไปในระยะยาว จะทำให้ต้นพืชได้รับประโยชน์จากแหล่งอาหารนี้มาก จากประสบการณ์ของผู้ที่ทำนาแบบ SRI เน้นการใช้ปุ๋ยหมักเพราะปุ๋ยหมักมีส่วนของธาตุอาหารหลายอย่างที่จำเป็นต่อการเจริญของพืช ในการทำปุ๋ยหมักควรเตรียมปุ๋ยหมักไว้ล่วงหน้าอย่างน้อย 3 เดือนก่อนปลูกข้าว เนื่องจากอายุการทำปุ๋ยหมักนานประมาณ 3 เดือน สำหรับปุ๋ยพืชสด ควรทำการไถกลบพืชปุ๋ยสดในช่วงที่พืชเริ่มออกดอกจนถึงระยะที่ดอกบานเต็มที่ ซึ่งเป็นระยะที่องค์ประกอบของพืชปุ๋ยสดอยู่ในช่วงที่สลายตัวได้ง่ายและเมื่อไถกลบลงดินแล้วจะทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุและN สะสมในดินสูงด้วย (นลินี, 2536) ทำการเตรียมที่นาโดยการปรับพื้นที่ให้เรียบและทำร่องน้ำที่ขอบคันนา เพื่อความสะดวกในการระบายน้ำเข้าออก

3. 2 การเพาะกล้า

การเพาะต้นกล้าควรเพาะก่อนปลูกประมาณ 8 - 12 วัน การเตรียมแปลงกล้าทำเหมือนเตรียมแปลงผักใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักเพื่อให้ดินร่วนซุยเวลาถอนกล้าไปปลูกรากข้าวจะได้รับการกระทบกระเทือนน้อย การเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวจะใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวประมาณ 1 kg/rai แช่เมล็ดพันธุ์ข้าวตามที่เคยทำ หากมีปัญหาเรื่องแมลงบั่วให้แช่เมล็ดข้าวในน้ำสะเดา เมล็ดพันธุ์ 250 g ใช้พื้นที่ในการเพาะ 6 m^2 (ขนาดแปลง 2 x 3 m) รดน้ำวันละครั้งหากฝนไม่ตก แต่ถ้าฝนตกต้องระบายน้ำออกไปไม่ให้ขังอยู่ในแปลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3 การดำนา

การดำนาจะใช้ต้นกล้าอายุ 8 - 12 วัน (มีใบ 2 ใบ) ถ้าหากใช้ต้นกล้าที่แก่กว่านี้หรืออายุประมาณ 3 - 6 สัปดาห์ ศักยภาพในการแตกหน่อของต้นข้าวจะลดลง ปลูกต้นกล้าทีละต้น แทนการปลูกเป็นกระจุกละ 3 - 4 ต้น หรือมากกว่านั้น การปลูกต้นกล้าหลายๆ ต้นร่วมกันทำให้รากข้าวแต่ละต้นทำงานแข่งขันกันทำให้เกิดการแย่งอาหาร น้ำ และแสงแดด ในการปลูกต้นกล้าให้ปลายรากอยู่ในแนวสม่ำเสมอขนานกับพื้นดิน เพื่อให้ปลายรากชอนไชลงดินได้ง่ายและเป็นการประหยัดพลังงานทำให้ต้นข้าวตั้งตัวได้เร็ว ในการถอนต้นกล้ามาแต่ละครั้งควรปลูกให้หมดภายใน 15 นาที เพื่อลดช่วยลดความเครียดให้กับต้นข้าว ระยะที่ใช้ปลูกไม่ควรน้อยกว่า 25 cm และควรปลูกเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเพื่อความสะดวกในการกำจัดวัชพืชระหว่างแถวและระหว่างต้น

3.4 การควบคุมน้ำในแปลงนา

ในช่วงที่ต้นข้าวกำลังเจริญเติบโตให้น้ำโดยการปล่อยให้น้ำเข้าออกแปลงนา การปล่อยให้ผืนนาแห้งจะช่วยให้ต้นข้าวได้รับแสงแดดอย่างเพียงพอเป็นผลให้การสังเคราะห์แสงมีประสิทธิภาพสูง เมื่อต้นข้าวเริ่มออกรวงแล้วควรปล่อยให้น้ำขังไว้ในแปลงนาประมาณ 1 - 2 cm และปล่อยน้ำออกก่อนเก็บเกี่ยวประมาณ 20 วัน

3.5 การดูแลรักษา

การกำจัดวัชพืช การจัดการให้แปลงนาแห้งและเปียกสลับกันทำให้มีวัชพืชมาก ควรมีการกำจัดเพื่อไม่ให้วัชพืชแย่งอาหารกับต้นข้าว การกำจัดวัชพืชครั้งแรกควรทำหลังปลูก 10 - 12 วัน และอีก 14 วัน ควรกำจัดวัชพืชอีกครั้ง ควรกำจัดวัชพืชอย่างน้อย 3 ครั้ง ก่อนที่ต้นข้าวจะขึ้นคลุมพื้นที่ ปัญหาโรค และศัตรูพืชจะปรากฏน้อยในนาข้าวที่ใช้ระบบ SRI อาจเป็นเพราะ การทำแปลงนาให้มีความชื้นน้อยลง วิธีการควบคุมป้องกัน และกำจัดโรคและศัตรูพืชของระบบ SRI จะเน้นการใช้ชีววิธี สำหรับการจัดการหลังการออกรวงจะการจัดการน้ำในแปลงนาให้คงระดับน้ำไว้ที่ประมาณ 2 cm

4. การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินบางประการภายใต้สภาพดินแห้งเปียกสลับกัน

4.1 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในสภาพน้ำขัง (Changes in submerged soils)

4.1.1. การลดลงของรีดอกซ์โพเทนเชียล (Eh)

Eh ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อดินมีน้ำขังและจะถึงจุดต่ำสุดใน 1 - 2 สัปดาห์แรกและค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ การลดลงของค่า Eh ดินนั้นจะเกิดขึ้นรวดเร็วและรุนแรงมากเพียงใดนั้นจะแตกต่างกันไปตามชนิดของดินและขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน อุณหภูมิของดิน ระดับของ Eh และ pH ของดินก่อนที่จะมีการขังน้ำ ชนิดและปริมาณของตัวรับอิเล็กตรอน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่มีอยู่ในดิน โดยทั่วไปแล้วอินทรีย์วัตถุในดินจะส่งเสริมให้สภาพรีดักชันรุนแรงขึ้นและถ้าเป็นอินทรีย์วัตถุที่ย่อยสลายง่ายแล้ว อัตราการลดลงของ Eh จะสูงและทำให้ดินบรรลุสภาพรีดักชันต่ำสุด(low ultimate potential) เร็วกว่าดินที่มีอินทรีย์วัตถุน้อย (Ponnamperuma, 1972 อ้างโดยชูชาติ, 2532)

4.1.2. การเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด - เบสในดิน

เมื่อดินมีน้ำขัง pH ลดลงเล็กน้อยในระยะ 2 - 3 วันแรก และค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนมีค่า pH คงที่อยู่ระหว่าง 6.7 - 7.2 ในดินหรือ 6.5 - 7.0 ในสารละลายดินในระยะเวลาหลายสัปดาห์ (ทัศนีย์, 2543) การเปลี่ยนแปลง pH ของดินหลังจากที่มีการขังน้ำจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ อย่าง เช่น การเปลี่ยนแปลงของเหล็ก จาก Fe^{+3} ไปเป็น Fe^{+2} การสะสมแอมโมเนียม การเปลี่ยนแปลงซัลเฟตเป็นซัลไฟด์ และการเปลี่ยนแปลงของ CO_2

4.1.3. การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า

ค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายดินส่วนใหญ่เพิ่มขึ้นเมื่อดินมีการขังน้ำ เมื่อการเพิ่มค่าการนำไฟฟ้าถึงจุดสูงสุดแล้วการนำไฟฟ้าจะเริ่มลดลง การเพิ่มขึ้นของค่าการนำไฟฟ้าใน 2 - 3 สัปดาห์แรกเมื่อดินมี น้ำขังนั้น เกิดจากการปลดปล่อย Fe^{+2}, Mn^{+2} จาก hydrated oxide ของ Fe (III) และ Mn (IV) การลดลงของค่าการนำไฟฟ้าในดินหลังจากถึงจุดสูงสุดแล้ว เนื่องจากการตกตะกอนของ Fe^{+2} และ Mn^{+2} เป็น Fe_3O_4 .nH_2O และ $MnCO_3$ ตามลำดับ (ทัศนีย์, 2543)

4.1.4. การเปลี่ยนแปลงของเหล็ก (Fe)

ดินในสภาพน้ำขังจะมีการสะสมของ Fe^{+2} ในสารละลายดิน เมื่อการสะสมถึงจุดสูงสุดแล้วจะลดลง ปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยารีดักชันและปริมาณ Fe^{+2} ที่เกิดขึ้น ขึ้นอยู่กับปริมาณ active Fe ชนิดและปริมาณอินทรีย์วัตถุ และอุณหภูมิ

ทัศนีย์ (2543) อ้างถึงผลการศึกษาของPonnamperum(1976) ถึงอิทธิพลของคุณสมบัติของดินต่อการที่ Fe^{+2} ถูกรีดิวซ์ พบว่าดินที่เป็นกรดรุนแรง มี active Fe สูง และมีอินทรีย์วัตถุสูง มีการสะสมของ Fe^{+2} ในสารละลายดินอย่างรวดเร็ว และมีค่าสูงสุดถึง 600 mg/L ภายใน 1 - 3 สัปดาห์ ส่วนดินที่มีกรดปานกลาง มีปริมาณ active Fe สูง มีอินทรีย์วัตถุสูงรวมทั้ง active Mn สูง มีการสะสมของ Fe^{+2} ในสารละลายดินต่ำกว่าดินที่มี active Mn ต่ำ ส่วนดินที่มีกรดอ่อนถึงด่างอ่อนมีอินทรีย์วัตถุต่ำ มีการสะสม Fe^{+2} ในสารละลายดินอย่างช้าๆ และมีค่าต่ำ การที่ Fe^{+2} ที่ละลายได้เกิดขึ้นเนื่องมาจาก $Fe(OH)_3$ ถูกรีดิวซ์ ดินในสภาพน้ำขังจะมีการสะสมของ Fe^{+2} ในสารละลายดิน เมื่อการสะสมถึงจุดสูงสุดแล้วจะลดลง ปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยารีดักชันและปริมาณ Fe^{+2} ที่เกิดขึ้น ขึ้นอยู่กับปริมาณ active Fe ชนิดและปริมาณอินทรีย์วัตถุ และอุณหภูมิ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.5. การเปลี่ยนแปลงของแมงกานีส (Mn)

หลังจากที่ไนเตรตถูกรีดิวซ์ เนื่องจากการขาดออกซิเจน สารประกอบของ Mn^{+4} ซึ่งไม่ละลายจะถูกรีดิวซ์ให้เป็น Mn^{+2} ซึ่งละลายได้มากกว่า ปฏิกิริยาอาจเป็นปฏิกิริยาเคมีหรือชีวเคมีก็ได้ แต่ในสภาพดินมีน้ำขังที่มี pH 5.5–6.0 ปฏิกิริยาส่วนใหญ่เป็นปฏิกิริยาชีวเคมี หลังจากเกิดปฏิกิริยารีดักชันแล้ว ถ้าดินเป็นกรดหรือกรดอ่อน Mn^{+2} อาจอยู่ในสารละลายดิน หรืออาจถูกดูดซับอยู่ที่ exchange complex แต่ถ้าดินมี pH ใกล้เป็นกลาง Mn^{+2} ก็จะตกตะกอนเป็น $MnCO_3$ หรือเป็น oxides และ hydroxides ของ Mn (ทัศนีย์, 2543)

4.1.6. การเปลี่ยนแปลงของซัลเฟต (SO_4^{-2})

ดินที่มีน้ำขังและอยู่ในสภาพรีดักชันรุนแรง เนื่องจากขาดออกซิเจน และมีกิจกรรมของจุลินทรีย์สูง ทำให้ซัลเฟตถูกรีดิวซ์เป็นซัลไฟด์ เนื่องจาก Fe^{+3} ถูกรีดิวซ์เป็น Fe^{+2} ก่อนที่จะมีปฏิกิริยารีดักชันของซัลเฟตเกิดขึ้น ดังนั้นจึงมี Fe^{+2} อยู่ในสารละลายดินอยู่ก่อนแล้ว เมื่อมี H_2S เกิดขึ้น ก๊าซดังกล่าวจะเกิดปฏิกิริยากับ Fe^{+2} เกิดเป็น FeS และตกตะกอน ปฏิกิริยาดังกล่าวจะป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์หรือพืชได้รับความเป็นพิษจาก H_2S แต่ดินอินทรีย์วัตถุที่มี Fe ต่ำ ปริมาณ Fe อาจไม่มากพอสำหรับการเกิดปฏิกิริยากับ H_2S และเหล็กไม่ทำปฏิกิริยากับ H_2S ในดิน much เพราะมีการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน ระหว่าง Fe กับอินทรีย์วัตถุ ในสภาพเช่นนี้พืชอาจได้รับพิษจาก H_2S ได้ (Yamane และ Sato, 1961 อ้างโดยทัศนีย์, 2543)

4.1.7. การเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัส (PO_4^{-2})

ฟอสฟอรัสไม่ได้เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันในดินที่มีน้ำขังโดยตรง แต่จะทำปฏิกิริยากับธาตุอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยารีดอกซ์ ทำให้การขังน้ำมีผลต่อฟอสฟอรัส คือทำให้ฟอสฟอรัสในดินเป็นประโยชน์มากขึ้น (ทัศนีย์, 2543)

สภาพดินน้ำขังนั้น ส่งเสริมการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัส ซึ่งก็เนื่องมาจากสาเหตุดังนี้ คือ ในสภาพน้ำขัง จะมีสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ซึ่งเกิดจากกระบวนการ anaerobic metabloism ซึ่งสามารถจะทำปฏิกิริยาเชิงซ้อนกับเหล็ก แมงกานีส และอลูมินัมในดิน ซึ่งเป็นผลทำให้อัตราการตกตะกอนของฟอสฟอรัสลดลง หรืออีกนัยหนึ่งพวก ferric hydroxides ต่างๆ จะถูกรีดิวซ์ ทำให้อำนาจการตรึงฟอสฟอรัสโดย ferric hydroxides ลดลง, ฟอสเฟตที่ถูกตรึงอยู่บนผิวของเหล็ก และอลูมินัมออกไซด์ จะถูกไล่ที่ออกมาโดย organic anion ที่เกิดจากกระบวนการ anaerobic metabolism ของ อินทรีย์วัตถุในดิน, การรีดิวซ์สเตรนไจท์ (strengite) หรือ $FePO_4.2H_2O$ ให้กลายเป็นวีเวียนไนท์ (vivianite) หรือ $Fe_3(PO_4)_2.8H_2O$ ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ง่ายมาก และจะอยู่ในสภาพที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดใน ทันใดที่เกิดสารประกอบนี้, เนื่องจากในสภาพขังน้ำ การละลายของ $FePO_4.2H_2O$ และ $AlPO_4.2H_2O$ จะสูงขึ้น เนื่องจากถูกไฮโดรไลซ์ง่ายขึ้น ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญขบวนการหนึ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการปลดปล่อย $H_2PO_4^-$ และจากการกระทำของแบคทีเรียที่สามารถละลายฟอสเฟตได้ (phosphate dissolving bacteria) ซึ่งสามารถละลายสารประกอบฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำให้ละลายน้ำได้ง่ายขึ้น โดยการผลิตสารที่เป็นกรดต่าง ๆ จากกระบวนการ anaerobic metabolism ของมัน (สรสิทธิ์, 2511)

4.1.8. การเปลี่ยนแปลงของN (N)

เมื่อดินอยู่ในสภาพน้ำขัง อินทรีย์Nจะสลายตัวเป็น NH_4^+ เนื่องจากความเข้มข้นที่แตกต่างก็จะทำให้ NH_4^+ แพร่กระจายไปยังชั้นที่มีออกซิเจน และถูกออกซิไดซ์เป็น NO_3^- ซึ่งจะคงตัวในชั้นที่มีออกซิเจนนี้ แต่เนื่องจากความเข้มข้นที่ต่างกันก็จะทำให้ NO_3^- เคลื่อนที่ลงมาชั้นที่ไม่มีออกซิเจน และถูก denitrifed เป็น N_2O หรือ N_2 ซึ่งจะสูญเสียไป ปฏิกิริยาจะดำเนินต่อไปตราบใดที่ยังมี NO_3^- เกิดขึ้นในชั้นที่มีออกซิเจน หรือแหล่งที่ให้ NH_4^+ ในชั้นที่มีออกซิเจน จะเห็นได้ว่าปฏิกิริยา nitrification–denitrification จะเปลี่ยนรูปของNในรูปสารประกอบ เป็นปฏิกิริยาที่ก่อให้เกิดการสูญเสียNในดินนา (ทัศนีย์, 25423)

4.1.9. การเปลี่ยนแปลงประจุบวกเบสที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งหมดในดิน

การเปลี่ยนแปลงประจุบวกเบสทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย Ca^{+2}, Mg^{+2}, Na^+ และ K^+ เมื่อดินอยู่ในสภาพน้ำขัง ปริมาณประจุบวกเบสทั้งหมดจะเพิ่มปริมาณสูงขึ้นจากปริมาณเริ่มต้นในระยะแรกของการขังน้ำ หลังจากนั้นแล้วปริมาณประจุบวกเบสทั้งหมดจะลดลงมาเล็กน้อย และรักษาระดับนั้นเอาไว้ตลอดเวลาของการขังน้ำ สภาพรีดักชันในดินจะมีผลทางอ้อมต่อการเพิ่มประจุบวกเบส กล่าวคือ อำนาจการทำละลายของคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเกิดและสะสมอยู่ในดินเป็นจำนวนมากสามารถจะส่งเสริมให้ประจุบวกเบสต่างๆ เหล่านั้น ซึ่งเป็นองศ์ประกอบของแร่ปฐมภูมิและทุติยภูมิต่างๆ ได้ละลายตัวออกมา และปริมาณ Fe^{+2} และ Mn^{+2} ซึ่งเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากในสภาพรีดักชันของดิน จะไล่ที่เอาประจุบวกเบสที่แลกเปลี่ยนได้ให้ออกมาอยู่ในสารละลายดินเพิ่มขึ้น (Ponnamperuma, 1972 อ้างโดย ชูชาติ, 2532)

4.2 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาที่ดินแห้ง (Changes in drained period)

4.2.1. การเปลี่ยนแปลงของ pH และ Eh เมื่อดินแห้ง

Eh จะเปลี่ยนกลับไปสู่ระดับเดิมอย่างรวดเร็ว ถ้าการระบายน้ำมีประสิทธิภาพ pH จะมีค่ากลับกับ Eh จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลง pH และ Eh ของดิน Toyoma เมื่อดินมีการขังน้ำและเมื่อระบายน้ำออกไป ของ Yamasaki (1960) ซึ่งอ้างโดย ทัศนีย์ (2543) พบว่าตั้งแต่ก่อนขังน้ำและในช่วงระยะเวลาต่างๆ ที่ขังน้ำ pH จะเพิ่มขึ้น และ Eh ลดลงเมื่อระยะเวลาขังน้ำนานขึ้น แต่เมื่อระบายน้ำออก pH ของดินจะลดลง และ Eh ก็เพิ่มขึ้นมีค่าใกล้เคียงกับระดับเดิม ในช่วงของการขังน้ำ ดินชั้นที่อยู่ลึกลงไป มีค่า Eh สูงกว่าดินชั้นบนอย่างเห็นได้ชัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2. การเปลี่ยนแปลงของ Fe^{+2} เมื่อดินแห้ง

ทัศนีย์ (2543) อ้างถึง Motomura และ Yokoi (1969a, b) ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง Fe^{+2} เมื่อดินแห้ง โดยศึกษาดิน Nagano เมื่อขังน้ำมี extractable Fe^{+2} 815 mg/100 g ผลการศึกษาพบว่า Fe^{+2} ที่ละลายได้ในน้ำ หายไปอย่างรวดเร็ว ภายในเวลา 34 ชั่งโมงหลังจากดินแห้ง และเหลืออยู่น้อยกว่า 5% ของส่วนที่มีอยู่ในดินที่ขังน้ำ Fe^{+2} ที่แลกเปลี่ยนได้ลดลงอย่างรวดเร็ว หลังจาก 72 ชั่วโมง และเหลืออยู่น้อยกว่า 4% ของปริมาณที่เคยมีอยู่ในดินในสภาพน้ำขัง ส่วน active และ inactive Fe^{+2} นั้น หลังจาก 7 วัน ยังคงมีอยู่ 49 - 77% ของปริมาณที่มีอยู่ในดินที่มีน้ำขังตามลำดับ

ดังนั้นเห็นได้ว่า เหล็กที่ละลายได้ในน้ำ และส่วนที่แลกเปลี่ยนได้จะถูกออกซิไดซ์ทันทีที่ดินแห้ง แต่ active และ inactive Fe^{+2} ยังคงทนต่อสภาพรีดักชัน ซึ่งการทดลองนี้ตรงกันกับการสังเกตในสภาพไร่นา ดินที่มีน้ำขังและมี Fe^{+2} ที่ละลายน้ำได้ และที่แลกเปลี่ยนได้ในปริมาณสูงเปลี่ยนสีอย่างรวดเร็วจากสีเทาแกมน้ำเงิน หรือเทาแกมเขียว ไปเป็นเทาแกมเหลือง หรือน้ำตาลเหลือง เมื่อมีการระบายน้ำออก ในขณะที่ดินมี active และ inactive Fe^{+2} ในสภาพรีดิวซ์สูงจะเปลี่ยนสีเป็นขาวเทา หลังจากที่ทำให้ดินแห้ง

4.2.3. องค์ประกอบของไอออนบวกที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable cation composition)

ดินที่ปลูกข้าวเมื่ออยู่ในสภาพรีดักชัน จะมีปริมาณ Fe^{+2} เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก และ Fe จะเข้าไปแทนที่ไอออนบวกที่แลกเปลี่ยนได้อื่นๆซึ่งมีอยู่เดิมในดิน ดังรายงานของ Motomura และ Yokoi (1969b) ซึ่งอ้างโดยทัศนีย์ (2543) ดังนี้

จากการทดลองของ Motomura และ Yokoi (1969b) พบว่ามี exchangeable Fe^{+2} ประมาณ 224 mg/100 g หรือประมาณ 8 me ในดิน Nagano ซึ่งเป็นดินเหนียวประเภท montmorillonite เมื่อมีการระบายน้ำปริมาณของ Fe ที่แลกเปลี่ยนได้นี้จะหายไปอย่างรวดเร็วภายใน 1 - 2 วัน และประจุบวกอื่น ๆ เข้าไปแทนที่ Fe

Kawaguchi และ Kawachi (1969a) แสดงให้เห็นว่า Fe^{+2} ถูกดูดซับอยู่ที่ exchange complex ในสภาพรีดักชัน สามารถไล่ที่แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ถึง 50% หรือมากกว่านั้น จากการศึกษาโดยการชะล้างดินที่อิ่มตัวด้วยแคลเซี่ยมโดยใช้น้ำและให้อยู่ในสภาพที่มีออกซิเจน เปรียบเทียบกับสภาพที่ไม่มีออกซิเจนและกลูโคส เมื่อชะล้างดินแล้วพบว่าดินที่อยู่ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน มีการสูญเสียแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่า มีปริมาณแอมโมเนียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่า รวมทั้งปริมาณ H และ Al ที่แลกเปลี่ยนได้ ซึ่งเห็นได้ชัดเจน ในขณะเดียวกัน CEC ของดินลดลงมาก

Kawaguchi และ Kawachi (1969b) ได้ให้เหตุผลว่า การที่ความเป็นกรดมีสูงขึ้น และปริมาณ H, Al มีสูงขึ้นนั้น เนื่องจากเฟอรัสไอออน ซึ่งดูดซับอยู่ที่ exchange complex ในช่วงของการขังน้ำ ส่วนหนึ่งของ H^{+} - clay ที่เกิดขึ้น จะเปลี่ยนแปลงต่อไปเป็น Al^{+3} - clay ซึ่งทำให้เกิดการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำลาย clay และเป็นผลทำให้ CEC ของดินลดลง ปริมาณ clay ที่ถูกทำลายจะมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับปริมาณของออกซิเจน ถ้ามีมากก็จะมี Al และ SiO_2 ถูกปลดปล่อยออกมามาก

4.2.4. การเปลี่ยนแปลงของ N

อำนาจ (2511) อ้างถึง Patrick and Wyatt (1964) ซึ่งศึกษาถึงปริมาณไนเตรทN และNทั้งหมดในดิน silt loam ชนิดหนึ่งซึ่งได้รับการบ่มที่ 35°C ภายใต้สภาพต่าง ๆ เป็นเวลา 60 สัปดาห์ ดังนี้ คือ บ่มดินโดยให้มีความชื้น 16 – 20% (ความชื้นที่ permanent wilting percentage = 12 %), ขังน้ำบนผิวดินตลอดเวลา และมีการขังน้ำบนผิวดินและทำให้ดินแห้งสลับกัน ในแต่ละรอบของการขังน้ำและทำให้แห้ง มีการขังน้ำครึ่งหนึ่งของช่วงเวลา แล้วบ่มดินที่ความชื้น 18% ในช่วงเวลาที่เหลือซึ่งแต่ละรอบของการขังน้ำและการทำให้แห้งใช้เวลา 6 สัปดาห์

ผลการศึกษาพบว่าการบ่มดินภายใต้สภาพน้ำขังที่ 16 - 20% (ความชื้นที่ระดับ PWP = 12%) ทำให้ปริมาณของ NO_3^- - N ในดินสูงกว่าปล่อยให้ดินแห้งเปียกสลับกัน และไม่พบ NO_3^- - N ในดินที่ขังน้ำตลอดเวลา สำหรับปริมาณNทั้งหมดในดินนั้นพบว่า ดินที่มีน้ำขังตลอดเวลาและดินที่อยู่ในสภาพแห้งเปียกสลับกันมีปริมาณNทั้งหมดต่ำกว่าดินที่มีความชื้น 16 - 20 % ดินที่อยู่ในสภาพแห้งเปียกสลับกันมีปริมาณNทั้งหมดต่ำที่สุด

5. การเปลี่ยนแปลง N ในดินนา

ในดินที่มีน้ำขังมีNทั้งในรูปสารประกอบอินทรีย์ และอนินทรีย์ โดยส่วนใหญ่ที่พบ คือสารประกอบอินทรีย์ (Patrich และ Reddy, 1976, IRRI, 1979) สำหรับNรูปสารประกอบอนินทรีย์ที่พบมากคือแอมโมเนีย ซึ่งเกิดจากกระบวนการ mineralization ของสารอินทรีย์ ส่วน NO_3^- และ NO_2^--N พบเป็นส่วนน้อย และเกิดจากกระบวนการ nitrification ของแอมโมเนียม นอกจากนี้ในชั้นดินที่ปราศจากออกซิเจน ยังพบNในรูปก๊าซชนิดต่างๆ อีกด้วย (Mikkelsen และคณะ, 1995)

Nในดินสามารถสูญหายออกไปจากดิน โดยกระบวนการ nitrification-denitrification และการระเหยของก๊าซแอมโมเนีย ในดินที่มีความชื้นสูง เช่น ดินนา การเกิด nitrification จะอยู่ในบริเวณชั้นดินที่มีออกซิเจน และใกล้บริเวณรากข้าว กระบวนการดังกล่าวจะเป็นกระบวนการที่ไม่พึงประสงค์ เพราะทำให้ NH_4^+-N เกิดการสูญเสียโดยการแปรสภาพเป็นก๊าซ nitrous oxide (N_2O) และ nitric oxide (NO_2) (Mikkelsen และคณะ, 1995) ในดินบริเวณพื้นที่ลุ่มเมื่อมีการขังน้ำในนา กระบวนการ denitrification จะเกิดขึ้นเป็นอย่างมาก และในช่วงที่มีน้ำขังกระบวนการนี้จะพบมากในชั้นดินถูกรีดิวซ์ (Burech และ De Datta, 1991 , Aulakh และคณะ, 1992)

ในดินนาที่มีน้ำขังมีการสูญเสีย N โดยการระเหยของก๊าซแอมโมเนียมาก มีรายงานว่าการสูญเสียNโดยกระบวนการดังกล่าว พบได้ในช่วงตั้งแต่ 20 - 60% ของNทั้งหมดที่สูญเสียไปจากปุ๋ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

(Simpson และคณะ, 1984; De Datta และคณะ, 1989; Frency และคณะ, 1990; Mosier และคณะ, 1989; Zhu , 1992)

Nitrification เป็นกระบวนการที่เกิดจากแบคทีเรียพวก Chemoautotroph 2 ชนิด ได้แก่ Nitrosomonas ซึ่งออกซิไดซ์ NH_4^+ ให้เป็น NO_2^- และ Nitrobacter ซึ่งออกซิไดซ์ NO_2^- ให้เป็น NO_3^- (Mikkelsen และคณะ, 1995; Hauck, 1984) กระบวนการดังกล่าวจะถูกควบคุมโดยอุณหภูมิของดิน และ pH (Kasica, 1996) ในที่ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกระบวนการดังกล่าวสามารถเกิดได้ดีกว่าที่มีอุณหภูมิต่ำ สำหรับ pH ในช่วง 5.5 - 6.5 กระบวนการ nitrification สามารถเกิดได้ดีที่สุด

สำหรับกระบวนการ denitrification เกิดจากแบคทีเรียพวก facultative anaerobe เมื่อดินมีปริมาณออกซิเจนน้อย เมื่อดินปราศจากออกซิเจนและมีสารประกอบอินทรีย์ในปริมาณที่มากพอ แบคทีเรียที่ทำให้เกิดกระบวนการ denitrification สามารถใช้ NO_3^--N เป็นตัวรับ electron และทำให้ NO_3^--N เปลี่ยนสภาพเป็น N_2 และ N_2O ปัจจัยที่ทำให้กระบวนการนี้เกิดได้ดีคือการขาดออกซิเจน การมีอินทรีย์ธาตุอยู่ในดิน pH ซึ่งอยู่ในระดับที่เป็นกลาง และดินซึ่งมีสภาพเปียกแห้งสลับกัน (Mikkelsen และคณะ, 1995)

สำหรับการสูญเสียNโดยการระเหยของแอมโมเนีย มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายอย่าง เช่น NH_4^+-N ในน้ำที่ขังในนา pH อุณหภูมิ ความเร็วของลม และระดับของน้ำที่ขังอยู่ในนา นอกจากนี้ยังขึ้นกับชนิดของปุ๋ยN อัตรา และวิธีการใช้ pH ของดิน CEC pH ของน้ำอีกด้วย ถ้าหากปัจจัยต่างๆ เช่น pH ของน้ำที่ขังอยู่ในนา อุณหภูมิ ความเร็วลมและระดับน้ำมีค่าคงที่ ปริมาณของการสูญเสียNโดยการระเหยของก๊าซแอมโมเนีย จะแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของ NH_4^+-N ในน้ำที่ขังอยู่ในนา เมื่อ pH ของน้ำที่ขังอยู่ในนาเพิ่มขึ้นจาก 7 เป็น 10 การสูญเสียก๊าซแอมโมเนียโดยทั่วไปจะเพิ่มขึ้น 10 เท่า และเมื่อเพิ่มระดับของน้ำที่ขังอยู่ในนาจาก 0 เป็น 20 cm โดยทั่วไปทำให้การสูญเสียของก๊าซแอมโมเนียลดลง (Mikkelsen และคณะ, 1995)

วิธีการทดลองที่ใช้ศึกษาวัฏจักรของNในดิน

Wada (1983) ได้เสนอแนะวิธีการทดลองสำหรับใช้ในการศึกษาวัฏจักรของNในดินนา โดยใช้กล่องพลาสติกมีฝาปิดเป็นภาชนะบรรจุดินที่เก็บจากชั้นไถพรวน การเก็บตัวอย่างดินใช้วิธีการกดกระบอกเจาะดินลงไปในดินระดับชั้นไถพรวน โดยให้ด้านบนของกระบอกอยู่เหนือระดับของน้ำที่ขังอยู่ในนา วิดน้ำที่ขังอยู่ในกระบอกออกจนหมด แล้วคลุกเคล้าดินภายในกระบอกจนเข้ากันดี หลังจากนั้นตักดินในกระบอกใส่ลงในกล่องพลาสติกปิดฝาให้แน่น แล้วฝังดินดังกล่าวไว้ในดิน ดินภายในกระบอกเป็นดินที่ไม่มีการสูญเสีย N แต่มีกระบวนการ mineralization และ immobilization ของ N เกิดขึ้น นอกจากนี้ในแปลงทดลองจะมีการฝังกระบอกโลหะกลวงขนาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 cm ไว้ในดินระดับชั้นไถพรวนจำนวน 2 กระบอก โดยใช้พื้นที่ระหว่างกอข้าว 4 กอ และให้ด้านบนของกระบอกดังกล่าวอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำในแปลงแต่อยู่เหนือระดับน้ำหน้าดินเล็กน้อย ดินในกระบอกดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงของNในดินทุกรูปแบบเกิดขึ้น แต่ไม่มีการสูญเสียNจากการดูดใช้ของข้าว สำหรับกระบอกที่เหลืออีกหนึ่งกระบอกจะปิดทับด้านบนด้วยพลาสติกสีดำ เพื่อป้องกันไม่ให้มีการเจริญของสาหร่าย ดินในกระบอกดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงของ N ในดินทุกรูปแบบเหมือนกับดินในกระบอกแรก ยกเว้นไม่มีการสูญเสีย N จากกิจกรรมของสาหร่าย ในระหว่างกอข้าวยังมีการฝังกระบอกก้นปิด ซึ่งภายในกระบอกบรรจุดินที่เก็บจากชั้นไถพรวน โดยใช้วิธีการเดียวกับที่ใช้ดินในกระบอกก้นปิด ซึ่งมีการสูญเสีย N เหมือนกับดินในกระบอกกลวงที่ไม่มีการปิดด้วยพลาสติกดำ แต่ไม่มีการสูญเสียโดยการชะล้าง สำหรับดินระหว่างกอข้าว 4 กอ เป็นดินที่มีการสูญเสีย N ทุกรูปแบบเกิดขึ้นรวมทั้ง N ที่สูญเสียไปจากดินโดยการดูดใช้ของข้าว

6. ผลกระทบของวิธีการปลูกข้าวในระบบ SRI ต่อสรีรวิทยาของข้าว

จากการปลูกข้าวด้วยระบบ SRI ทำให้สรีรวิทยาของข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลงหลายประการ จากรายงานของ Wang Xi และคณะ (2002) ซึ่งได้เปรียบเทียบสรีรวิทยาของพันธุ์ข้าวลูกผสม 2 พันธุ์ ได้แก่พันธุ์ Xieyou 9308 และ พันธุ์ Liangyou peijiu ที่ปลูกด้วยระบบ SRI และระบบที่ใช้ทั่วไปในการปลูกข้าวนาดำ (traditional rice cultivation, TRC) ในการปลูกข้าว SRI ใช้ต้นกล้าอายุ 15 วัน ปักดำต้นเดียว โดยมีประชากร 60,000 กอ/ha ส่วนระบบ TRC ใช้กล้าอายุ 30 วัน ปักดำต้นเดียวเช่นกัน ใช้ต้นกล้า 180,000 กอ/ha ทั้ง 2 ระบบใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 7.5 ton/ha และใส่ปุ๋ย P และ K เพิ่มเติมในช่วงข้าวตั้งท้อง ผลการศึกษาพบว่า ข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีการตอบสนองต่อระบบการปลูกข้าว SRI แตกต่างกัน การปลูกข้าวด้วยระบบ SRI ทำให้ความสูงของข้าวพันธุ์ Xieyou 9308 มากกว่าระบบ TRC แต่สำหรับพันธุ์ Liangyou peijiu ไม่พบว่ามีการตอบสนองในลักษณะดังกล่าว ในแง่ของความสามารถในการให้น้ำหนักของข้อปล้องที่โคนต้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักของส่วนอื่นของต้นข้าว พบว่าในระบบ SRI ข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีความสามารถสร้างน้ำหนักได้ดีกกว่าระบบ TRC ในแง่ของพื้นที่ใบก็พบว่าระบบ SRI ข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีพื้นที่ใบมากกว่าระบบ TRC

สำหรับรากข้าวก็พบว่าการเจริญเติบโตของรากข้าวที่ปลูกด้วยระบบ SRI ดีกว่าระบบ TRC และการกระจายตัวส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 0 - 20 cm ในข้าวระบบ SRI รากข้าวสามารถหยั่งลึกได้มากกว่า ในแง่ของการให้น้ำหนักแห้งพบว่าข้าวที่ปลูกด้วยระบบ SRI ให้น้ำหนักแห้งดีกว่าระบบ TRC

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการศึกษาของ Hua และคณะ(2002) เกี่ยวกับความแตกต่างทางสรีรวิทยาของข้าวพันธุ์ Wuxianggeng 9 ที่ปลูกด้วยระบบ SRI และ TRC พบว่า ในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโตข้าวที่ปลูกด้วยระบบ SRI มี root activity สูงกว่าข้าวที่ปลูกด้วยระบบ TRC สำหรับปริมาณ carbohydrate และ nitrogen ในใบก็พบว่าปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้, non-protein nitrogen, maloaldehyde (MDA) และ proline ในใบข้าว SRI มีมากกว่าข้าวในระบบ TRC การที่ต้นข้าวมีการสะสมน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ non-protein nitrogen ทำให้ข้าวสามารถทนต่อความแห้งแล้งได้ดี และการที่ข้าวในระบบ SRI มีการสะสม MDA และ proline มากกว่าทั้งในระบบ TRC แสดงว่าข้าวในระบบ SRI ได้รับผลกระทบจากความแห้งแล้งมากกว่า

ในด้านการเคลื่อนย้าย carbohydrate และ nitrogen ของต้นข้าวภายหลังช่วงติดเมล็ดพบว่าข้าวที่ปลูกในระบบ SRI มีการเคลื่อนย้ายอาหารสะสมจากใบ ลำต้น และกาบใบ มีมากกว่าข้าวในระบบ TRC คือ ในระบบ SRI อัตราการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตที่สะสมจากใบ มากกว่า 3 เท่า จากลำต้นและกาบใบมีมากกว่า 1.4 - 1.7 เท่า ของข้าวในระบบ TRC และการเคลื่อนย้ายNทั้งหมดจากใบ ลำต้น และกาบใบ สูงกว่าประมาณ 66.9% การที่ข้าวในระบบ SRI มีการเคลื่อนย้ายอาหารสะสมจาก vegetive organ ไปยังส่วนที่ใช้เจริญพันธุ์มากกว่าข้าวในระบบ TRC ส่วนใหญ่ข้าวในระบบ SRI มีการติดเมล็ดและน้ำหนักรวงดีกว่าข้าวในระบบ TRC

Hua และคณะ (2002) ยังได้เปรียบเทียบความแตกต่างของพันธุ์ข้าวพื้นเมืองและพันธุ์ลูกผสมซึ่งมีความสามารถในการแตกกอและมีการเจริญเติบโตของลำต้นและใบดีกว่าข้าวพันธุ์พื้นเมือง ที่ปลูกด้วยระบบ SRI และระบบ TRC โดยในการปลูกใช้แปลงเพาะกล้าที่ไม่มีน้ำขัง ใส่ปุ๋ย P ในอัตรา 135 kg P_2O_5/ha และปุ๋ย K ในอัตรา 210 kg P_2O_5/ha ส่วนปุ๋ย N ใช้วิธีการแบ่งใส่ 4 ครั้ง ดังนี้ 50 % ใส่รองพื้น, 10% ในช่วงแตกกอ, 20% ในช่วงก่อนออกดอก และ 20% ในช่วงหลังออกดอก พบว่า ในข้าวพันธุ์ลูกผสมการปลูกด้วยระบบ SRI ให้ผลไม่แตกต่างจากระบบ TRC แต่สำหรับข้าวพันธุ์พื้นเมืองเมื่อปลูกด้วยระบบ SRI ให้ผลผลิตน้อยกว่าระบบ TRC

7. ประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารพืช

Barison (2002) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารพืชของข้าวที่ปลูกด้วยระบบ SRI และระบบ traditional rice cultivation (TRC) โดยในการทดลองประกอบด้วยตำรับการทดลอง 5 ตำรับ ดังนี้คือ การปลูกข้าวด้วยระบบ SRI และไม่ใส่ปุ๋ยหมัก, การปลูกข้าวด้วยระบบ SRI โดยใส่ปุ๋ยหมัก, การปลูกข้าวด้วยระบบ system de rizicuture ameliorce (SRA) ซึ่งเป็นวิธีการแนะนำและมีการใส่ปุ๋ยเคมี N 11 P 22 และ K 16 การปลูกข้าวด้วยระบบ SRA แต่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและ การปลูกข้าวตามวิธีการของเกษตรกร (TRC)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินเหนียวปนทรายมีอินทรีย์วัตถุ 4.38% N ทั้งหมด 0.188% available P 17.8 g/kg exchangeable K 0.15 cmol(+)/kg และ CEC 2.6 cmol(+)/kg ผลการทดลองพบว่าในระบบ SRI ที่ใส่ปุ๋ยหมัก ให้ผลผลิตดีที่สุด (6.26 ton/ha) แต่การใส่ปุ๋ยหมักให้ผลไม่แตกต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ยหมัก (5.04 ton/ha) ในระบบ SRA ซึ่งมีการใส่ปุ๋ย NPK (4.92 ton/ha) ให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ย (4.68 ton/ha) และไม่แตกต่างจากข้าวในระบบ SRI ที่ไม่ใส่ปุ๋ยหมักด้วย ส่วนการปลูกข้าวตามวิธีของเกษตรกรให้ผลผลิตต่ำสุด (2.63 ton/ha)

ข้าวในระบบ SRI ให้ผลผลิตสูง เพราะมีจำนวนรวงและจำนวนเมล็ดต่อ 1 ตารางเมตรมาก สำหรับข้าวในระบบ SRA มีการเกิดโรคขอบใบไหม้ (blast) ในช่วงที่ข้าวติดเมล็ดจึงทำให้มีความแตกต่างระหว่างผลผลิตในแปลงที่ใส่และไม่ใส่ปุ๋ยเคมีไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ

สำหรับการเจริญเติบโตของรากข้าวซึ่งเก็บข้อมูลในระยะเก็บเกี่ยวพบว่า ในระบบ SRI มีความหนาแน่นของรากในดินในระดับความลึกมากกว่า 30 cm มากกว่าระบบ SRA

การดูดใช้ธาตุอาหาร N, P และ K เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างข้าว SRI และระบบ TRC พบว่า ในระบบ SRI มีการสะสม N และ K มากกว่าระบบ TRC ประมาณ 91% และมีการสะสม P มากกว่า 60%

8. จุลินทรีย์ที่ตรึงNในระบบการปลูกข้าวแบบ SRI

Philipposon (2002) ได้ศึกษาจุลินทรีย์ที่ตรึงNได้ โดยปลูกข้าวด้วยระบบ SRI ในดินเหนียวและดินร่วน โดยมีการทดสอบ 3 วิธีคือ ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยหมัก และใส่ปุ๋ยเคมี เปรียบเทียบกับข้าวที่ปลูกด้วยระบบ TRC พบว่า ปริมาณของเชื้อ Azospirillum ในดินบริเวณรอบรากข้าว มีประมาณ $2.5x10^3$ cell/ml ส่วนในบริเวณรากข้าวที่ปลูกด้วยระบบ TRC และไม่มีการใส่ปุ๋ย มีประมาณ 6.5 $x10^3$ cell/ml ส่วนในบริเวณรากข้าวที่ปลูกด้วยระบบ SRI และดินที่ปลูกเป็นดินร่วน มีปริมาณเชื้อดังกล่าว 7.5 $x10^3$ cell/ml ถ้าไม่มีการใส่ปุ๋ยแต่เมื่อใส่ปุ๋ยหมัก ปริมาณเชื้อเพิ่มขึ้นเป็น 2000 $x10^3$ cell/ml ในดินเหนียว ซึ่งปลูกข้าวด้วยระบบ SRI มีเชื้อในบริเวณราก ปริมาณเชื้อมีประมาณ 1400 $x10^3$ cell/ml และลดลงเหลือพียง 450 $x10^3$ cell/ml ถ้าไม่มีการใส่ปุ๋ย N P K

สำหรับเชื้อ Azospirillum ที่แยกได้จากราก พบว่า เป็นเชื้อ *Azospirillum brasilense, A. lipoferum* and *A.amazon*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved