

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ระบบการผลิตข้าวในประเทศไทย

การทำนามีด้วยกันหลายวิธี แต่ละวิธีมีความเหมาะสมต่างกันตามพื้นที่ สภาพเศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกร การทำนาแต่ละวิธีก็มีการพัฒนาเพื่อให้ได้วิธีที่เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่ วิธีการปลูกเป็นการปลูกข้าวจากเมล็ดโดยตรงหรือจากต้นอ่อนของข้าว สรุปวิธีการทำนาได้ดังนี้ (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

1. ข้าวไร่ เป็นวิธีการปลูกข้าวที่ปลูกจากเมล็ดโดยตรงที่ไม่ต้องมีการทำหิ้งออกก่อนปลูก เพื่อใช้ในการบริโภค แต่เนื่องจากการปลูกข้าวไร่เป็นการปลูกจากเมล็ดโดยตรง ซึ่งอาจปลูกโดยการหยอดหรือหว่านเมล็ด ข้าวและวัชพืชจะงอกพร้อมกัน ทำให้เกิดการแข่งขันระหว่างพืชทั้งสองก่อนข้างรุนแรงทำให้ผลผลิตของข้าวต่ำ
2. ข้าวนาหว่านแห้ง มีชื่ออีกอย่างว่า ข้าวนาหว่านสำรวย หรือข้าวนาเมือง หรือข้าวน้ำลึก หรือข้าวฟางลอย เป็นการปลูกในพื้นที่ลุ่มจึงมีน้ำท่วม หลังจากข้าวตั้งตัวแล้วเจริญเติบโตได้ดี นิยมปลูกในระยะต้นฤดูฝนโดยการหว่านเมล็ดหลังจากการไถ ปัจจุบันมีการใช้รถแทรกเตอร์จึงสามารถไถก่อนที่ฝนจะตกได้ การปลูกข้าววิธีนี้บางที่ฝนตกหนักในต้นฤดู เกษตรกรหว่านข้าวไม่ทันก็สามารถหว่านข้าวงอกในสภาพน้ำท่วมประมาณ 20-30 ซม. ได้
3. นาดำเป็นการทำนามีการพัฒนาการ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาวัชพืชโดยใช้ต้นกล้าข้าวปักดำในสภาพที่มีการไถละเอียดแปรคราดและทำเทือก มีน้ำท่วมแปลง 5-10 ซม. ขณะปักดำ ซึ่งเกษตรกรนิยมปลูกทั่วประเทศทั้งในสภาพพื้นที่นาที่น้ำฝนและนาชลประทาน แต่ก็มีปัญหาเกี่ยวกับการใช้แรงงานคนต้องทำแปลงตกกล้า ต้องถอนกล้า และปักดำ ทำให้สิ้นเปลืองแรงงาน
4. นาหว่านน้ำตมหรือนาหว่านข้าวงอก กล้าวิธีการปลูกแบบตกกล้าสำหรับเตรียมต้นกล้าในนาดำ ที่มีการหว่านเมล็ดที่แช่น้ำจนมีรากข้าวยาวประมาณ 1.5 ซม. แต่ในนาหว่านน้ำตมจะทำในพื้นที่นา โดยไม่ต้องปักดำอีก การปลูกข้าวแบบนี้เป็นการพัฒนาเนื่องจากมีปัญหาแรงงานในการตกกล้าถอนกล้าและปักดำ จึงเปลี่ยนเป็นการปลูกแบบนาหว่านน้ำตม

การเตรียมแปลงปลูกข้าวมีวัตถุประสงค์หลักคือการทำจัดวัชพืช และมีวัตถุประสงค์รองเพื่อให้ต้นข้าวตั้งตัวได้เร็ว และเจริญเติบโตได้ดี มีความสามารถในการแข่งขันกับวัชพืชที่จะงอกได้

ความหนาแน่นของประชากรของข้าว เมื่อเริ่มปักดำ หรือออกจากเมล็ดเป็นต้นใหม่ ๆ มีส่วนแข่งขันกับวัชพืชได้ เกษตรกรจึงใช้เมล็ดพันธุ์ต่อพื้นที่สูง ส่วนการจัดการน้ำในนาดำ มีการรักษาระดับน้ำหลังจากปักดำ จะมีวัชพืชน้อยชนิด ซึ่งวิธีการนี้จะเห็นได้ชัดเจนจากการปฏิบัติของเกษตรกรในภาคเหนือ เพราะนิยมปลูกข้าวแบบปักดำและมีน้ำที่บริบูรณ์ในการทำนา (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

วิธีการให้น้ำแก่ข้าวแตกต่างกันไปแล้วแต่สภาพภูมิอากาศ ปริมาณน้ำ ระบบการชลประทาน ตลอดจนวิธีปรับปรุงของแต่ละท้องถิ่น โดยทั่วไปแล้วการให้น้ำแก่ข้าวแบ่งออกได้ 3 วิธี (วิเชียร, 2546)

1. การให้น้ำแบบไหลผ่าน คือ การให้น้ำไหลผ่านเข้าและระบายออกจากแปลงนาหรือมีน้ำไหลผ่านแปลงนาอยู่ตลอดเวลา เป็นวิธีที่ใช้น้ำมากและเกิดการสูญเสียธาตุอาหารในดิน ข้อดีคือประหยัดแรงงานด้านการจัดสรรน้ำ ช่วยควบคุมอุณหภูมิของน้ำ ช่วยให้มีการไหลเวียนของก๊าซออกซิเจน และลดก๊าซที่มีพิษต่อต้นข้าวได้
 2. การให้น้ำแบบขังต่อเนื่อง เป็นวิธีการให้น้ำแก่ข้าวที่นิยมปฏิบัติกันโดยทั่วไปในประเทศไทย โดยการปล่อยน้ำเข้าไปขังระดับน้ำที่ถูกละไว้ โดยเมื่อระดับน้ำในแปลงนาที่ให้ครั้งก่อนมีระดับลดลงจนเกือบจะถึงผิวดิน ให้สูงขึ้นเท่าเดิม ผิวดินจึงมีน้ำท่วมขังตลอดฤดูกาลเพาะปลูก ประโยชน์ของการให้น้ำแบบนี้คือ ช่วยให้ข้าวตั้งตัวได้เร็วหลังจากปักดำ ประหยัดแรงงานให้น้ำ ช่วยในการกำจัดและลดการเจริญเติบโตของวัชพืช และใส่ปุ๋ยในช่วงระยะเวลาที่เหมาะสม
 3. การให้น้ำแบบเป็นครั้งคราวหรือเป็นระยะ เรียกว่าการให้น้ำแบบหมุนเวียน วิธีการให้น้ำแบบนี้มาใช้ในกรณีที่ไม่มีน้ำพอเพียงที่จะให้น้ำแบบขังต่อเนื่องได้ หรือกรณีที่ต้องการลดรอบเวรการส่งน้ำ เช่นในฤดูแล้ง ทำโดยการให้น้ำจนได้ระดับลึกถึงระดับที่ต้องการแล้วหยุดให้น้ำหลายวันจนน้ำในแปลงนาถูกละไว้เกือบหมด หรือจนผิวดินแห้งจึงเริ่มให้น้ำใหม่อีก เป็นวิธีที่ประหยัดน้ำมากที่สุด และในสภาพที่แปลงนาไม่มีน้ำขังนั้น ทำให้ปริมาณน้ำมีโอกาสนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตได้มากกว่าการให้น้ำวิธีอื่น และเป็นการแก้ไขกรณีที่มีปัญหาเกี่ยวกับการระบายน้ำ ข้อเสียคือวัชพืชขึ้นเร็วต้องลงทุนกำจัดและต้องใช้แรงงานมากกว่าวิธีอื่น
- สรุปได้ว่าการให้น้ำแก่พืชต้องกระทำเมื่อความชื้นในดินถึงจุดวิกฤตและปริมาณน้ำที่ให้ต้องมากพอที่จะเพิ่มความชุ่มชื้นในดินเขตรากพืชได้ถึงความชื้นที่จุดพิกัดบน ถ้าให้น้ำน้อยเกินไปหรือไม่ทันเวลา จะมีผลกระทบต่อเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของพืช ถ้าให้น้ำเป็นปริมาณมากเกินไป เกินกว่าเขตรากพืชจะรับไว้ได้ ปริมาณน้ำส่วนนี้นอกจากจะสูญเสียโดยไม่เกิดประโยชน์แล้วยังทำให้เกิดปัญหาในการระบายอากาศ เพราะดินอึดตัวจะขาดอากาศหรือมีออกซิเจนน้อย มีการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์

ความสามารถในการดูดน้ำของรากลดลง ความสามารถในการซึมผ่านได้น้อยลง การดูดใช้ธาตุอาหารจึงน้อย รากพืชขาดออกซิเจนหายใจ (วิเชียร, 2546)

แนวคิดเพื่อเพิ่มผลผลิตในระบบการผลิตข้าว

ได้มีการเสนอระบบการปลูกข้าวแบบใหม่ที่เรียกว่า ระบบการปลูกข้าวแบบประณีต หรือ System of Rice Intensification (SRI) ซึ่งเป็นระบบการผลิตข้าวแบบพิถีพิถัน และละเอียดอ่อนในทุกขั้นตอนการผลิต ตั้งแต่การเตรียมดินจนกระทั่งถึงการเก็บเกี่ยว รวมถึงการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพ เพื่อนำมาใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ในการผลิตต่อไป โดยเน้นจัดการสภาพแวดล้อม ที่สนับสนุนการทำงานขององค์ประกอบต่างๆ ของต้นข้าวให้เกิดการเกื้อหนุนซึ่งกันและกันจนแสดงออกถึงศักยภาพอย่างเต็มที่ ซึ่งมีหลักการทั่วไปที่ใช้ในการผลิตระบบการปลูกข้าวแบบประณีตดังนี้คือ (Norman *et al.*, 2002) ใช้ต้นกล้าอ่อนอายุไม่เกิน 15 วัน (2 ใบ) มีการย้ายกล้าปลูกแบบรวดเร็วและพิถีพิถัน ปลูกแบบเส้นเดี่ยว หรือ 1 ต้น/หลุม ปลูกแบบไม่มีการขังน้ำ โดยมีการให้น้ำแบบเปียก - แห้งสลับกันจนกระทั่งออกรวงจึงมีการขังน้ำเพียงเล็กน้อยเพื่อไม่ให้ข้าวขาดน้ำ จัดการไม่ให้วัชพืชขึ้นแข่งกันกับข้าว และมีการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินโดยสารอินทรีย์เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก

โดยระบบการปลูกข้าวแบบประณีต มีการพัฒนามาจากหลักการของชาวฝรั่งเศสชื่อ Fr. Henri de Laulanie โดยมีหลักที่ว่าข้าวไม่ใช่พืชน้ำ หากมีการปลูกข้าวแบบไม่ขังน้ำ ศักยภาพการเจริญของข้าวจะดีกว่าการปลูกข้าวแบบที่มีน้ำขัง แม้ว่าข้าวสามารถทนสภาพน้ำขังได้ แต่ระดับรากจะกระจุกอยู่ใต้ผิวดินไม่เกิน 10 เซนติเมตร ศักยภาพการเจริญเติบโตของข้าวลดลงถ้าหากย้ายปลูกกล้าข้าวที่มีอายุมากกว่า 15 วันหลังหว่าน และระหว่างการย้ายปลูก ให้ลดการกระทบกระเทือนต่อระบบรากข้าว การปลูกข้าวห่างจะช่วยลดการแข่งกันระหว่างต้นข้าว ทำให้รากข้าวเจริญเติบโตเต็มที่ มีการแตกกอดี และมีการปลูกข้าวในดินที่มีความสมบูรณ์มีอินทรีย์วัตถุและอากาศภายในดินซึ่งสนับสนุนการเจริญเติบโตของรากข้าว

การให้น้ำแบบขังต่อเนื่องมีผลดีคือสามารถช่วยควบคุมกำจัดหรือลดการเจริญเติบโตของวัชพืชในแปลงนาและยังช่วยให้เกษตรกรสามารถใส่ปุ๋ยในช่วงระยะที่เหมาะสมแก่ข้าว แต่ผลเสียจากการที่มีน้ำท่วมขัง หรือท่วมผิวดินตลอดฤดูกาลปลูกพืชนั้นจะเป็นวิธีการให้น้ำอย่างไม่ประหยัดเนื่องจากเกิดการสูญเสียน้ำโดยการรั่วซึมมากขึ้น มีผลกระทบต่อเจริญเติบโตของต้นข้าวเนื่องจากรากข้าวถูกทำลายจากสารประกอบต่าง ๆ ที่เป็นพิษเพราะมีสาเหตุมาจากการขาดความสมดุลของก๊าซออกซิเจนในดินจึงทำให้รากบางชนิดมีระดับสูงขึ้น ทำให้เกิดการระบาดของศัตรูข้าวมากขึ้นที่สำคัญคือหอยเชอรี่ทำให้ต้นข้าวอ่อนแอ จึงเป็นสาเหตุให้ไม่ทนทานโรค-แมลง เฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสภาพภูมิอากาศมีความชื้นสูงและทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ก๊าซมีเทน ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งในการทำให้โลกร้อน เนื่องจากอุณหภูมิของโลกสูงขึ้น (ไพโรจน์, 2548)

ไฟโรจน์ (2548) ยังได้สรุปวิธีการชลประทานที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวได้ว่า การให้น้ำแบบเป็นครั้งคราว หรือเป็นระยะ หรือที่เรียกว่าแบบหมุนเวียน เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด วิธีการให้น้ำแบบเป็นครั้งคราว หรือแบบหมุนเวียนนี้ ได้แก่ การให้น้ำในแปลงนาจนได้ระดับความลึกของน้ำตามที่ต้องการแล้วหยุดให้น้ำหลายวันจนน้ำในแปลงถูกใช้ไปเกือบหมด หรือจนแห้งถึงผิวดินแต่ไม่ปล่อยให้ผิวดินแห้งจนเกินไป โดยให้มีความชื้นในดินบริเวณรากที่ข้าวจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 85% แล้วให้น้ำใหม่นั้น เป็นวิธีการให้น้ำที่มีบทบาทต่อการใช้น้ำชลประทานมากเพราะสามารถนำมาใช้ในกรณีที่ไม่มียาน้ำเพียงพอที่จะให้แบบขังต่อเนื่องหรือกรณีการจัดรอบเวรส่งน้ำเนื่องจากมีปริมาณน้ำต้นทุนจำกัด โดยเฉพาะในฤดูแล้ง

พืชที่ทนต่อสภาพน้ำขัง มีการปรับตัวให้อยู่รอดโดยสร้างโพรงอากาศในราก (aerenchyma) และลำต้น (internal aeration pathway) เพื่อให้ออกซิเจนจากอากาศแพร่ซึมจากยอดไปสู่รากได้ (Vartapetian and Jackson, 1997) อิทธิพลของสภาวะน้ำขังมีผลกระทบโดยตรงคือทำให้รากพืชขาดออกซิเจนในการหายใจ (Hale and Orcutt, 1987) และส่งผลให้การดูดซึบแร่ธาตุอาหารลดลง ปากใบปิด ใบล่างเหลือง ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงและการสะสมน้ำหนักรากแห้งลดลง (Jackson and Drew, 1984; Vartapetian and Jackson, 1997) Orcutt (1996) รายงานว่าในสภาวะที่ดินชุ่มน้ำและไม่ได้รับแสงเป็นเวลานานทำให้การเจริญเติบโตของรากลดลง เนื่องจากเมื่อความเข้มแสงต่ำจะมีผลต่อการออกซิโดซ์สารอาหารของราก เมื่อพืชมีการสังเคราะห์แสงลดลงทำให้การขนส่งออกซิเจนไปยังรากลดลงด้วย มีผลทำให้รากข้าวได้รับอันตรายและเสียหายได้

ปัญหาของการปลูกข้าวหน้าน้ำขังที่มีต่อสภาวะแวดล้อมประการหนึ่งคือ การเกิดภาวะเรือนกระจกอันเป็นผลมาจากก๊าซมีเทน (CH_4) ในนาข้าว ทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น ก๊าซมีเทนเป็นก๊าซที่เกิดขึ้นได้ทั้งในธรรมชาติและจากการทำกิจกรรมของมนุษย์ เช่นในน่าน้ำขัง การปศุสัตว์ การเผาไหม้ อินทรีย์สาร เชื้อเพลิง และแหล่งน้ำขังตามธรรมชาติเป็นต้น ในน่าน้ำขัง ก๊าซมีเทนจะเกิดขึ้นจากการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุในดิน โดยแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic bacteria) แล้วถูกปล่อยขึ้นสู่บรรยากาศผ่านช่องอากาศในราก (aerenchyma) เข้าสู่ช่องอากาศในลำต้น กาบและใบของต้นข้าว อีกส่วนหนึ่งจะถูกปลดปล่อยจากดินโดยการเกิดฟองอากาศขึ้นสู่อากาศโดยตรง (นิวัตติ และคณะ, 2542) การปลูกข้าวในน่าน้ำขังมีการปล่อยก๊าซมีเทนขึ้นสู่บรรยากาศในปีหนึ่งๆ 10 – 15% ของปริมาณก๊าซมีเทนทั้งหมดที่เกิดขึ้นในโลก (Rennenberh *et al.*, 1994; Neue and Sass, 1993)

ก๊าซมีเทนที่ถูกปลดปล่อยจากแปลงนาสู่บรรยากาศมากกว่า 95% จะปลดปล่อยผ่านทางต้นข้าว (Banker, 1995) ซึ่งก๊าซมีเทนเกิดขึ้นในข้าวจะเกิดขึ้นบริเวณรากข้าวและปลดปล่อยออกทางลำต้นของข้าว (Neue *et al.*, 1994) การเกิดและการปลดปล่อยมีเทนในแปลงนามีความสัมพันธ์กับปัจจัยหลายอย่างเช่นการใช้ปุ๋ย คุณสมบัติของดิน ระดับน้ำในแปลงนา การเขตกรรม พันธุ์ข้าว และสภาพแวดล้อม

ในนาข้าวโดยเฉพาะอุณหภูมิดิน (Buendia *et al.*,1997) นอกจากนี้การที่ประเทศไทยเข้าเป็นสมาชิกองค์การการค้าโลก (WTO) และมีการส่งข้าวออกต่างประเทศมาก ดังนั้นการแข่งขันและการกีดกันทางการค้าก็เริ่มมากขึ้นด้วย การปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวจึงถูกนำมาเป็นประเด็นหนึ่งของการกีดกันทางการค้าในปัจจุบันและอนาคต Neue และ Roger (1993) รายงานว่าระดับของน้ำและระยะเวลาการขังน้ำในนาข้าว มีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนในดินลดลง ทำให้มีการสร้างและปลดปล่อยก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศเพิ่มมากขึ้น

การศึกษาทดลองระบบการปลูกข้าวแบบประณีต

จากรายงานของ 17 ประเทศ ในที่ประชุมระบบการปลูกข้าวแบบประณีต (System of Rice Intensification) ปี พ.ศ. 2544 ที่ประชุม ณ เกาะไหหลำ ประเทศจีน พบว่าโดยรวมแล้ววิธีการปลูกข้าวแบบประณีตข้าวให้ผลผลิตสูงหรืออย่างน้อย 20 – 50 % ขึ้นอยู่กับแต่ละพื้นที่ โดยมากจะให้ผลผลิตดีที่ระยะปลูก 35×35 เซนติเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของดินและความอุดมสมบูรณ์ดิน เช่นบางแห่งดินเลวก็ใช้ระยะ 20×20 เซนติเมตร เรื่องของแรงงานนั้นมีความต้องการใช้แรงงานในระบบนี้มากขึ้น หรือในพื้นที่ที่ใช้คนน้อยก็ต้องการเวลาทำงานมากขึ้นเพื่อการจัดการการปลูกและการกำจัดวัชพืช โดยที่ระบบการปลูกข้าวแบบประณีตสามารถประหยัดน้ำได้กว่าวิธีการปลูกแบบปกติถึง 50% และสามารถประหยัดการใช้เมล็ดพันธุ์ เพราะใช้ระบบการปลูกข้าวแบบเส้นเดียวหรือหนึ่งต้นต่อหลุม ระบบรากข้าวแข็งแรงเนื่องจากรากพืชมีอากาศหายใจ ซึ่งออกซิเจนที่พืชได้จะอยู่บริเวณรอบรากพืช และลดปัญหาการเกิดแก๊สมีเทนในนาข้าว ส่วนเรื่องของดินและรากพืชนั้นยังต้องการการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินในระบบการปลูกพืชแบบประณีตนี้ (ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตการเกษตร, 2546)

สถาบันวิจัยข้าวโดย Sheehy *et al.* (2003) รายงานว่าระบบการปลูกข้าวแบบประณีต ซึ่งเป็นระบบการผลิตข้าวแบบพิเศษที่พัฒนาขึ้น ณ เกาะมาดากัสกา และรายงานที่สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวขึ้นอย่างน่าอัศจรรย์ เพื่อตรวจสอบความสามารถโดยรวมของระบบการปลูกข้าวแบบประณีต IRRI ได้ทำการทดสอบในสามพื้นที่ในประเทศจีน คือที่มหาวิทยาลัย Yangzhou จังหวัด Jiangsu มหาวิทยาลัย Hunan จังหวัด Hunan และที่วิทยาลัยการเกษตร Guangdong จังหวัด Guangdong โดยได้เปรียบเทียบผลผลิตจากระบบการปลูกข้าวแบบดั้งเดิม (คล้ายกับระบบนาดำ) ที่มีระยะปลูก 20×20 เซนติเมตร มีการควบคุมวัชพืชโดยใช้สารเคมี กับผลผลิตจากระบบการปลูกข้าวแบบประณีตที่ระยะปลูก 30×30 เซนติเมตร และได้ใช้แบบจำลองเพื่อพยากรณ์ผลผลิต และเพื่อเปรียบเทียบรายงานผลผลิตของสถานที่ต่างๆ ในประเทศจีนและเกาะมาดากัสกา จากการทดลองพบว่ามีความแปรปรวนมากของสถานที่ปลูกและมีความแตกต่างกันเล็กน้อยของผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตในระบบการปลูกข้าว

แบบประณีตกับระบบการปลูกข้าวแบบดั้งเดิม โดยให้ความเห็นว่าระบบการปลูกข้าวแบบประณีตไม่มีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงผลผลิตโดยรวม ข้อจำกัดผลผลิตที่แท้จริงถูกกำหนดโดยองค์ประกอบของยีนส์ในต้นข้าวและสภาพแวดล้อมของพื้นที่ปลูก (Sheehy, 2001) การปรับปรุงข้อจำกัดดังกล่าวต้องทำการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของข้าวที่จะทำให้ต้นข้าวจะสามารถใช้ทรัพยากรธรรมชาติได้ดีขึ้น (Surridge, 2002) ในระบบการจัดการซึ่งสนับสนุนให้พืชสามารถเติบโตตามศักยภาพของยีนส์อย่างเต็มที่ สรุปได้ว่าจากทั้งผลการทดลองและการพยากรณ์โดยแบบจำลอง แสดงให้เห็นว่าผลผลิตที่สูงเป็นพิเศษที่ได้จากการใช้ระบบปลูกข้าวแบบประณีตที่เกาะมาดากัสการ์ (Rafaralahy, 2002) อาจเกิดจากความผิดพลาดในการวัดผล

จากรายงานของ Wang Xi และคณะ (2002) ได้ศึกษาเปรียบเทียบสรีรวิทยาของพันธุ์ข้าวลูกผสม พันธุ์ Xieyou 9308 และพันธุ์ Liangyou peijiu ที่ปลูกด้วยระบบการปลูกข้าวแบบประณีตและระบบที่ใช้ทั่วไปในการปลูกข้าวในนา ในระบบการปลูกข้าวแบบประณีตใช้กล้าข้าวอายุ 15 วัน ปักดำแบบหนึ่งต้นต่อหลุม ส่วนระบบการปลูกข้าวแบบนาดำใช้กล้าข้าวอายุ 30 วัน ทั้งสองระบบใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 7.5 ตัน/ha และใส่ปุ๋ย P และ K เพิ่มในช่วงที่ข้าวเริ่มมีการสร้างช่อดอก พบว่าข้าวทั้งสองพันธุ์ตอบสนองต่อระบบการปลูกข้าวแตกต่างกัน โดยต้นข้าวพันธุ์ Xieyou 9308 ที่ปลูกในระบบการปลูกข้าวแบบประณีต ต้นข้าวสูงกว่าในระบบการปลูกแบบนาดำ แต่พันธุ์ Liangyou peijiu ไม่พบความแตกต่างระหว่างระบบการปลูกที่ต่างกัน ความสามารถในการให้น้ำหนักของข้อปล้องที่โคนต้นเมื่อเทียบกับน้ำหนักส่วนอื่นของต้นข้าว พบว่าในระบบการปลูกข้าวแบบประณีตข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีความสามารถสร้างน้ำหนักดีกว่าระบบนาดำปกติ และเมื่อวัดพื้นที่ใบก็พบว่าในระบบการปลูกข้าวแบบประณีตข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีพื้นที่ใบมากกว่าในระบบนาดำปกติ ในการศึกษารากข้าวพบว่าการเจริญของรากข้าวในระบบการปลูกข้าวแบบประณีตดีกว่าในระบบนาดำ และการกระจายตัวของรากในดินของข้าวที่ปลูกในระบบการปลูกข้าวแบบประณีตมีมากกว่าในระบบนาดำซึ่งจะมีการกระจุกของรากอยู่ในระดับ 0-20 เซนติเมตรเท่านั้น

Hua และคณะ (2002) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสรีรวิทยาของข้าวพันธุ์ Wuxianggeng 9 ที่ปลูกในระบบการปลูกข้าวแบบประณีตและแบบนาดำ พบว่าในแต่ละช่วงของการเจริญ ข้าวที่ปลูกในระบบการปลูกข้าวแบบประณีตมี root activity สูงกว่าในระบบนาดำ ในการศึกษาปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจนในใบก็พบว่าปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ ปริมาณ non-protein nitrogen, malonaldehyde (MDA) และ praline ในใบข้าวที่ปลูกในระบบการปลูกข้าวแบบประณีตมีมากกว่าในระบบนาดำ ซึ่งการที่ต้นข้าวมีการสะสมน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ และ non-protein nitrogen ทำให้ข้าวสามารถทนต่อความแห้งแล้งได้ดี และการที่พบ malonaldehyde (MDA) และ praline ในใบ

ข้าวในระบบการปลูกข้าวแบบประณีตมากกว่าในระบบนาดำก็แสดงว่า ข้าวในระบบการปลูกข้าวแบบประณีตได้รับผลกระทบจากความแห้งแล้งมากกว่า และได้มีการศึกษาการเคลื่อนย้ายของคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจนของข้าวในช่วงติดเมล็ด พบว่าข้าวที่ปลูกในระบบการปลูกข้าวแบบประณีตมีการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตที่สะสมในใบมากกว่าเป็น 3 เท่าของระบบนาดำ ในลำต้นและกาบใบมากกว่าในระบบการปลูกข้าวแบบนาดำเท่ากับ 1.4-1.7 เท่า และการเคลื่อนย้ายไนโตรเจนที่สะสมในใบ ลำต้นและกาบใบของข้าวที่ปลูกในระบบการปลูกข้าวแบบประณีตมีมากกว่าในระบบนาดำประมาณ 66% จึงเป็นผลทำให้ข้าวในระบบการปลูกข้าวแบบประณีตมีการติดเมล็ดและมีน้ำหนักรวงดีกว่าในระบบนาดำ

Barison (2002) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารพืชของข้าวที่ปลูกในระบบการปลูกข้าวแบบประณีตและในระบบนาดำ โดยได้ทำการทดลอง 5 ดำรับการทดลองคือ การปลูกข้าวด้วยระบบการปลูกข้าวแบบประณีตโดยไม่ใส่ปุ๋ย, การปลูกข้าวด้วยระบบการปลูกข้าวแบบประณีตโดยใส่ปุ๋ยหมัก, การปลูกข้าวด้วยระบบ system de riziculture ameliorce (SRA) ซึ่งเป็นวิธีการแนะนำโดยมีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 11-22-16, การปลูกข้าวด้วยระบบ SRA แต่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี และการปลูกข้าวแบบนาดำปกติ โดยมีการตรวจสอบคุณภาพของดินซึ่งเป็นดินเหนียวปนทราย มีอินทรีย์วัตถุ 4.38% ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 0.188% มีปริมาณฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ 17.8 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม และโปแตสเซียม 0.15 cmolต่อดิน 1 กิโลกรัม ผลการทดลองพบว่าในระบบการปลูกข้าวแบบประณีตแปลงที่ให้ปุ๋ยหมักมีผลผลิตข้าวดีที่สุดเท่ากับ 6.26 ตัน/ha ในแปลงที่ไม่ให้ปุ๋ยได้ผลผลิต 5.04 ตัน/ha และในแปลงปลูกในระบบ SRA ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีได้ผลผลิต 4.92 ตัน/ha ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติจากแปลงที่ไม่ให้ปุ๋ยเคมี ซึ่งได้ผลผลิตเฉลี่ย 4.68 ตัน/ha ส่วนการปลูกข้าวในระบบนาดำให้ผลผลิตต่ำที่สุดเฉลี่ย 2.63 ตัน/ha ทั้งนี้ Barison (2002) ได้ให้เหตุผลว่าเพราะข้าวที่ปลูกในระบบการปลูกข้าวแบบประณีตมีจำนวนรวงและจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตรมาก ส่วนข้าวที่ปลูกในระบบ SRA เกิดโรคขอบใบไหม้ (blast) ในช่วงที่ข้าวติดเมล็ดจึงอาจทำให้ผลผลิตข้าวได้ต่ำ และได้มีการเก็บข้อมูลการเจริญของรากข้าวพบว่าในระบบการปลูกข้าวแบบประณีตรากข้าวมีความหนาแน่นในดินในระดับความลึกมากกว่า 30 เซนติเมตรซึ่งมากกว่าในระบบ SRA และระบบนาดำปกติ

Philippson (2002) ได้ศึกษาจุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนในระบบการปลูกข้าวแบบประณีตเปรียบเทียบกับในระบบนาดำปกติ ในดินเหนียวและดินร่วน กับวิธีการให้ปุ๋ย 3 แบบคือ ไม่ให้ปุ๋ย ให้ปุ๋ยหมัก และให้ปุ๋ยเคมี พบว่ามีจุลินทรีย์ที่ชื่อ *Azospirillum* มากในบริเวณรอบรากข้าว โดยพบเชื้อ *Azospirillum* บริเวณรอบรากข้าวเฉลี่ยมากที่สุดมากในแปลงที่ปลูกด้วยระบบการปลูกข้าวแบบประณีตที่ให้ปุ๋ยหมัก ซึ่งมีประมาณ 2000×10^3 cell/ml ในดินร่วน ในการตรวจสอบเชื้อที่พบเป็นเชื้อ *Azospirillum beasilense*, *A. lipoferum* และ *A. amazon*

ส่วนในประเทศไทยนั้น หลังจากได้มีการขยายผลและดำเนินงานทดลองในหลายประเทศ เช่น ประเทศจีน กัมพูชา ลาว ฯลฯ ในประเทศไทยเริ่มมีการเผยแพร่ในปี พ.ศ. 2544-45 แล้วมีการขยายผลไปยังเครือข่ายองค์กรพัฒนาเอกชนในปี พ.ศ. 2545-46 โดยได้ทำการทดสอบในพื้นที่ต่างๆ โดยองค์กรพัฒนาเอกชนและมหาวิทยาลัย เช่น สถาบันแมคเคน, สถาบันชุมชนเกษตรยั่งยืน, โครงการพัฒนาพื้นที่สูงUHDP และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตการเกษตร, 2546)

สถาบันแมคเคนได้ทดลองระบบการปลูกข้าวแบบประณีตในสถาบันฯ โดยเริ่มจาก Mr. Klaus Priuz ผู้ดูแลสถาบันแมคเคนในขณะนั้น ได้รับข้อมูลเรื่องระบบการปลูกข้าวแบบประณีตจากประเทศมาดากัสการ์ ในระยะแรกยังไม่แน่ใจเนื่องจากผลผลิตที่สูงกว่าระบบปกติมาก ปริมาณผลผลิตขึ้นอยู่กับความละเอียดอ่อนของการผลิต แต่มีประเด็นที่น่าสนใจคือ ผลผลิตที่ได้ในประเทศมาดากัสการ์สูงกว่าในประเทศไทยถึง 10 เท่า จึงได้สนใจทำการทดลองโดยงานที่ทำแบ่งออกเป็นงานในสถาบันแมคเคนและงานในพื้นที่เกษตรกร โดยงานในสถาบันแมคเคนได้ทำการพิจารณาระบบการจัดการในพื้นที่ที่มีการปรับใช้ทั้งวิธีหว่านและดำ พบว่าผลผลิตที่ได้มีปริมาณน้อย ซึ่งผลผลิตต่ำกว่า 50 ถึง (500 กก.) แต่เมื่อนำดินไปวิเคราะห์หาความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่าสภาพพื้นที่มีสมบูรณ์ของดินดี สนับสนุนข้อสังเกตที่ว่าข้าวในระบบการปลูกข้าวแบบประณีตมีการเจริญเติบโตในระยะแรกได้ดี แต่พอถึงระยะสุกแก่ของเมล็ดข้าว ต้นข้าวเกิดล้มเสียหาย จึงทำให้ได้ผลผลิตไม่ดี ส่วนงานทดลองในพื้นที่ของเกษตรกรได้ดำเนินการใน 2 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย และแพร่ การปลูกข้าวใช้ทั้งวิธีการหว่านและการปักดำ ใช้กล้าข้าวอายุ 12-15 วัน ผลผลิตที่ได้ไม่แตกต่างจากทางสถาบันแมคเคนมากนัก มีบางรายที่ได้ผลผลิตสูงกว่าเล็กน้อย (รายงานการประชุมเครือข่ายข้าวครั้งที่ 1, 2546)

ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้ทำการทดลองระบบการปลูกข้าวแบบประณีตในสถานีทดลอง (ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตการเกษตร, 2546)

- ฤดูแล้งปี 2543 ปลูกทดสอบระบบการปลูกข้าวแบบประณีตกับระบบการปลูกข้าวแบบนาดำปกติโดยใช้ข้าวพันธุ์หอมสุพรรณ ที่ปลูกได้ทั้งปี ระบบการปลูกข้าวแบบประณีตใช้กล้าอายุ 17 วัน ระบบการปลูกข้าวแบบนาดำปกติใช้กล้าข้าวอายุ 34 วัน พบว่าผลผลิตข้าวในระบบการปลูกข้าวแบบประณีตมีแนวโน้มสูงกว่าในระบบนาดำปกติเล็กน้อย และในระบบการปลูกข้าวแบบประณีตพบว่าประหยัดน้ำได้มากกว่า 50% เมื่อเทียบกับระบบการปลูกข้าวแบบนาดำปกติ
- ฤดูน้ำปี 2544 ปลูกทดสอบระบบการปลูกข้าวแบบประณีตกับระบบนาดำปกติ โดยทดสอบกับข้าวพันธุ์หอมสุพรรณบุรี หอมนิล หอมสกลนคร มีการให้ปุ๋ยโดยการให้ปุ๋ยพืชสด (โสนแอฟริกัน) พบว่าผลผลิตข้าวในระบบ SRI ต่ำกว่าในระบบนาดำปกติ อาจเนื่องมาจากเพราะฤดูฝนมีการควบคุมจัดการน้ำได้ยาก และในนาข้าวมีวัชพืชขึ้นมาก

- ฤดูแล้งปี 2544 มีการทดลองระบบการปลูกข้าวแบบประณีตกับระบบการปลูกข้าวแบบนาดำปกติกับข้าวกะเหรียงพันธุ์ K58 พบว่าผลผลิตข้าวในระบบการปลูกข้าวแบบประณีตที่ได้ต่ำกว่าระบบการปลูกข้าวแบบนาดำปกติ
- ฤดูนาปี 2545 มีการทดลองใช้ปุ๋ยในโตรเจนที่ระดับต่างๆ กับข้าวพันธุ์ กข 6 โดยปลูกทดสอบในระบบการปลูกข้าวแบบประณีตและแบบนาดำปกติ พบว่าปริมาณผลผลิตข้าวในระบบการปลูกข้าวแบบประณีต ให้ผลผลิตต่ำกว่าในระบบการปลูกข้าวแบบปกติ เนื่องจากการทำเทือกแปลงอาจจะไม่ดี ดินนาเป็นดินทรายความอุดมสมบูรณ์ในดินต่ำ มีปัญหาในเรื่องการจัดการธาตุอาหารและการจัดการน้ำ และยังพบว่ามีผลกระทบของไส้เดือนฝอยในแปลงปลูกข้าวแบบประณีต โดยในระหว่างการทดลองได้มีการขุดรากข้าวมาดู พบว่ารากข้าวในระบบการปลูกข้าวแบบ SRI รากข้าวมีปม สั้นและคดงอ และเมื่อนำไปส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าภายในรากข้าวมีไส้เดือนฝอยเข้าทำลาย ซึ่งเป็นการขัดขวางการดูดซึมอาหารของข้าว

จากปัญหาการใช้น้ำมากในฤดูการปลูกข้าวนาปรัง และปัญหาน้ำไม่พอในกรณีที่ฝนแล้ง เป็นปัญหาการใช้น้ำที่พบตลอดฤดูการปลูกข้าว มีรายงานการทดลองในประเทศจีน (IRRI, 1996) ซึ่งศึกษาเรื่องการใช้น้ำในนาข้าวโดยมีการขังน้ำช่วงหนึ่งแล้วระบายออก เพื่อเปิดโอกาสให้ดินมีเวลาแลกเปลี่ยนก๊าซ ทำให้ระบบรากข้าวเจริญเติบโตดี มีรากสีขาวขึ้นมากกว่าการมีน้ำขัง การดูดซึมธาตุอาหารจึงทำได้ดีกว่า งานทดลองนี้รายงานว่าสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวได้ 15-20% และสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในนาข้าวได้ 40-50% ซึ่งจากการศึกษาเรื่องการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในนาข้าวนี้ ในประเทศไทยก็ได้มีผู้ที่ศึกษาการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในนาข้าวแบบที่มีการประหยัดน้ำ (ใช้หลักการให้น้ำแบบการปลูกข้าวแบบประณีตแต่มีการปักดำแบบปกติ ซึ่งได้แนวความคิดนี้จากการประชุมไม่เป็นทางการของระบบการปลูกข้าวแบบประณีตปี 2544) โดยใช้หลักว่าการขังน้ำระยะเวลานานจะทำให้เกิดการสะสมของก๊าซมีเทนในดินที่มีน้ำขังมากขึ้นตามระยะเวลาการขังน้ำ (Neue *et al.*, 1995) อย่างไรก็ตามการปรับสภาพดินนาขังให้เกิดมีการถ่ายเทอากาศเป็นระยะๆ โดยการให้น้ำแบบดินเปียก-ดินแห้งสลับกัน จะทำให้มีการถ่ายเทอากาศ อัตราการสะสมก๊าซมีเทนจึงน้อยกว่าการขังน้ำเป็นระยะเวลานานในการให้น้ำแบบเดิม ที่มีการขังน้ำตลอดฤดูปลูก (Ko *et al.*, 1998) โดยการศึกษาในพื้นที่นาในประเทศไทยพบว่าวิธีการนี้สามารถลดปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนที่จะปลดปล่อยออกมาจากในนาข้าวได้ถึง 70% (ลัดดาวัลย์ และคณะ, 2544)

เพ็ญญา (2548) ได้ศึกษาอิทธิพลของระบบการปลูกข้าวต่อน้ำหนักแห้งของราก โดยได้ทดสอบระบบ SRI เปรียบเทียบกับระบบ CT พบว่าในข้าวพันธุ์กข6 ที่ปลูกด้วยระบบ SRI มีน้ำหนักแห้งของรากมากกว่าระบบ CT Turner (1979) เสนอว่า สัดส่วนของการเจริญเติบโตรากและส่วนยอดข้าว สามารถบอกถึงผลกระทบของการขาดน้ำได้ โดยมีผลทำให้ส่วนยอดชะงักการเติบโต แต่รากจะมี

การเติบโตสูงขึ้นอย่างชัดเจน แต่เป็นที่น่าสังเกตว่า ลักษณะความหนาแน่นของรากข้าวเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถบอกถึงความทนแล้งของข้าวได้ อย่างไรก็ตามพันธุ์ข้าวที่มีระบบรากหนาแน่นและอยู่ระดับดินบน น่าจะเป็นลักษณะที่ดีของข้าวหน้าน้ำฝนที่อยู่ในสภาน้ำท่วมขังหลังจากระยะแตกกอ เนื่องจากเป็นการหลบเลี่ยงภาวะรากขาดออกซิเจนอย่างรุนแรงในระดับดินชั้นล่าง

การเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนในดินนา

ในดินที่มีน้ำขัง มีไนโตรเจนทั้งในรูปสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ โดยส่วนใหญ่ที่พบคือ สารประกอบอินทรีย์ (Patrich and Reddy, 1976; IRRI, 1979) สำหรับไนโตรเจนในรูป สารประกอบอนินทรีย์ที่พบมากคือแอมโมเนียซึ่งเกิดจากกระบวนการ mineralization ของสารอินทรีย์ ส่วน NO_3^- และ NO_2^- พบเป็นส่วนน้อย ซึ่งเกิดจากกระบวนการ mineralization ของแอมโมเนีย นอกจากนี้ในชั้นดินที่ปราศจากออกซิเจน ยังพบไนโตรเจนในรูปก๊าซชนิดต่าง ๆ อีกด้วย (Mikkelsen *et al.*, 1995) และเมื่อดินอยู่ในสภาน้ำขัง อินทรีย์ไนโตรเจนจะสลายตัวเป็น NH_4^+ เนื่องจากความเข้มข้นที่แตกต่างก็จะทำให้ NH_4^+ แพร่กระจายไปยังชั้นที่มีออกซิเจน และถูกออกซิไดซ์เป็น NO_3^- ซึ่งจะคงตัวในชั้นที่มีออกซิเจนนี้ แต่เนื่องจากความเข้มข้นที่ต่างกันจะทำให้ NO_3^- เคลื่อนที่ลงมาชั้นที่ไม่มีออกซิเจน และถูก denitrified เป็น N_2O หรือ N_2 ซึ่งจะสูญเสียไป ปฏิกิริยาจะดำเนินต่อไปตรวบเท่าที่ยังมี NO_3^- เกิดขึ้นในชั้นที่มีออกซิเจน หรือแหล่งที่ให้ NH_4^+ ในชั้นที่มีออกซิเจน จะเห็นได้ว่า ปฏิกิริยา nitrification-denitrification จะเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนไปในรูปสารประกอบ เป็นปฏิกิริยาที่ก่อให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจน (ทศนิยม, 2523)

กระบวนการ denitrification เกิดจากแบคทีเรียพวก facultative anaerobe เกิดเมื่อดินมีปริมาณออกซิเจนน้อย หรือเมื่อดินปราศจากออกซิเจน และมีสารประกอบอินทรีย์ในปริมาณที่มากพอ แบคทีเรียที่ทำให้เกิดกระบวนการ denitrification สามารถใช้ NO_3^- -N เป็นตัวรับอิเล็กตรอน และทำให้ NO_3^- -N เปลี่ยนสภาพเป็น N_2 และ N_2O ซึ่งปัจจัยที่ทำให้กระบวนการนี้เกิดได้ดีคือการขาดออกซิเจน การมีอินทรีย์ธาตุดูดอยู่ในดิน pHซึ่งอยู่ในระดับที่เป็นกลาง และดินซึ่งมีสภาพเปียกแห้งสลับกัน และการสูญเสียไนโตรเจนโดยการระเหยของแอมโมเนีย มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายอย่าง เช่น NH_3^- -N ในน้ำขังในนา pHดิน อุณหภูมิ ความเร็วของลม และระดับน้ำที่ขังอยู่ในนา นอกจากนี้ยังขึ้นกับชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน อัตราและวิธีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน pHของดิน CEC และ pH ของน้ำอีกด้วย (Mikkelsen *et al.*, 1995)

ปกติไนโตรเจนในดินจะอยู่ในรูปองค์ประกอบของอินทรีย์วัตถุ เมื่อดินไม่อยู่ในสภาน้ำขัง การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ เพื่อปลดปล่อยแอมโมเนียในรูปของประจุสูตรละลายดิน จะเป็นไปได้ในอัตราที่เร็วกว่าเมื่อดินอยู่ในสภาน้ำขัง ต้นข้าวที่ปลูกในสภาน้ำขังจะได้รับไนโตรเจนส่วนใหญ่จาก

แหล่งต่าง ๆ คือ ไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมและไนเตรตเมื่อมีน้ำท่วมขัง จากอินทรีย์วัตถุและเศษซากพืช จากการตรึงของสาหร่ายและแบคทีเรีย และจากปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่เพิ่มให้กับต้นข้าวในโตรเจนในรูปสารอินทรีย์ซึ่งอยู่ในดินที่มีน้ำขัง จะถูกเก็บสะสมไว้ในดิน เพื่อให้ต้นข้าวใช้ประโยชน์ได้ก็ต่อเมื่อมีการเปลี่ยนรูปเป็นอนินทรีย์ในโตรเจนแล้ว (บุญหงษ์, 2547)

ส่วนใหญ่ของอนินทรีย์ไนโตรเจนซึ่งเกิดขึ้นในดินชั้นล่าง (reduced soil) ที่มีน้ำท่วมขัง จะอยู่ในรูปของไนโตรเจนที่ละลายน้ำได้ หรือถูกพืชนยึดไว้ในรูปของแอมโมเนียมไอออน ที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable NH_4) อย่างไรก็ตามในสภาวะของดินต่างที่ได้ออกซิเจน (aerobic alkaline soils) อาจจะมีการสะสมไนโตรเจนในรูปของไนไตรท์เนื่องจากจุลินทรีย์ไนโตรโซโมนาส (Nitrosomonas) และไนโตรคอคคัส (Nitrococcus) ได้เปลี่ยนแอมโมเนียมให้เป็นไนไตรท์โดยผ่านกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) และดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) โดยปกติปริมาณไนไตรท์ที่เกิดขึ้นในดินที่มีน้ำขังอยู่ในช่วง 0-3 ส่วนในล้าน (ppm.) ส่วนไนโตรเจนในรูปไนเตรตนั้นจะสูญหายไปอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เป็นเพราะได้เกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน การชะล้าง และต้นข้าวดึงเอาไปใช้ประโยชน์ (บุญหงษ์, 2547)

Singh *et al.* (1978) พบว่ามากกว่า 10% ของไนโตรเจนที่ใส่ลงในดินนาที่ปลูกข้าวนาสวน มีการสูญเสียโดยการพัดพาของน้ำที่ไหลบ่าออกไปจากนาข้าว โดยในฤดูนาปีจะมีน้ำในนาสูญหายไปจากการระบายน้ำประมาณ 980 มิลลิเมตร เนื่องจากการไหลเข้าออกของน้ำในนาปี จึงส่งผลให้มีการสูญเสียปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย 0.9 กิโลกรัมต่อไร่ จนถึงมีการเพิ่มปริมาณไนโตรเจน 0.4 กิโลกรัมต่อไร่เกิดขึ้นได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการจัดการเกี่ยวกับน้ำและปุ๋ย ไนโตรเจนที่สูญหายไปกับการไหลของน้ำนี้ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแอมโมเนียมมากกว่าในรูปของไนเตรต สำหรับการป้องกันเพื่อลดการสูญเสียไนโตรเจนโดยการไหลไปกับน้ำนี้กระทำได้โดยการกักน้ำไว้ในนาเป็นเวลา 5 วันหลังการใส่ปุ๋ยแล้ว

การสูญเสียธาตุอาหารของดิน เกิดขึ้นได้หลายกรณี (วิเชียร, 2546)

1. การชะล้าง ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากมีการให้น้ำแก่ดินหรือมีฝนตก แล้วน้ำซึมลงไปดิน ถ้าน้ำซึมลึกเลยเขตรากพืชออกไปธาตุอาหารจะถูกชะล้างลงไปด้วย ทำให้พืชไม่สามารถจะใช้ประโยชน์ได้จึงเป็นการสูญเสียอย่างมากทางหนึ่ง ซึ่งเกิดขึ้นมากกับสภาพพื้นที่ที่มีฝนตกชุก และลักษณะดินเนื้อหยาบ ประมาณได้ว่ามีไนโตรเจนสูญเสียโดยการชะล้างถึง 4.16 กก.ไนโตรเจน/ไร่/ปี การคลุมดินจะช่วยลดการชะล้างธาตุอาหารพืชไปจากดิน ถ้าไม่มีความรุนแรงมากนัก
2. การพัดพาโดยน้ำ น้ำชลประทานหรือน้ำฝนส่วนที่ซึมลงดินไม่ทัน เพราะปริมาณน้ำฝนที่ตกมีมากกว่าอัตราการแทรกซึมของพืชน้ำ ส่วนนี้จะขังอยู่ที่ผิว ถ้าพื้นที่มีความลาดชันจะเกิดน้ำไหลบ่าไปสู่ที่ต่ำกว่า เม็ดดินที่ตกลงบนดินทำให้เม็ดดินแตกกระจายจึงเกิดการพัดพาน้ำดิน ซึ่งเป็นส่วนที่มีความอุดมสมบูรณ์กว่าส่วนอื่น ๆ ทำให้สูญเสียธาตุอาหารจากดินได้โดยง่าย

ไส้เดือนฝอยที่พบในระบบการปลูกข้าวแบบประณีต

ไส้เดือนฝอยศัตรูข้าวที่พบในระบบการปลูกข้าวแบบประณีต เป็นไส้เดือนฝอยที่ทำให้เกิดโรครากปม (Root-Knot nematode) หรือรู้จักในชื่อ “ไส้เดือนฝอยรากปม” (*Meloidogyne graminicola* Chitwood) พบทั่วไปในแหล่งปลูกข้าวในบังกลาเทศ อินเดีย ลาว และไทย (Mulk, 1976) ไส้เดือนฝอยชนิดนี้เพศเมียมีรูปร่างอ้วนกลมคล้ายผลชมพู ขนาดลำตัวยาว 0.445-0.765 มิลลิเมตร เพศผู้มีรูปร่างคล้ายเส้นด้าย หางแหลม ความยาวลำตัวประมาณ 1.020-1.428 มิลลิเมตร (ลือชัย, 2539) การทำลายของไส้เดือนฝอยจะเกิดขึ้นทั้งในข้าวไร่และข้าวนาสวน ไส้เดือนฝอยเพศเมียจะวางไข่เป็นกลุ่มๆ ที่บริเวณผิวยอดรากข้าวและไข่จะเจริญเป็นตัวอ่อนระยะที่ 1 ภายในไข่ หลังจากนั้นจะลอกคราบเป็นตัวอ่อนระยะที่ 2 ภายในไข่เช่นกัน ต่อมาตัวอ่อนระยะที่ 2 นี้จะออกจากไข่และเข้าทำลายรากข้าว ก่อนที่จะมีการลอกคราบอีก 3 ครั้งจนกลายเป็นตัวเต็มวัยภายในราก โดยมีวงจรชีวิตจากไข่จนถึงตัวเต็มวัยใช้เวลาตั้งแต่ 26-51 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและพันธุ์ข้าว

ลือชัยและคณะ (2536) พบว่าผลกระทบของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 ต่อไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne graminicola*) ต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตเป็นไปตามจำนวนประชากรตัวอ่อนระยะที่สอง โดยที่อัตราตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม 20 ตัวต่อดิน 1 มิลลิลิตร ทำให้การเจริญเติบโตทางด้านความสูง น้ำหนักแห้งของต้นและรากลดลงจากต้นปกติร้อยละ 15.26, 21.79 และ 43.79 ตามลำดับ ขณะที่วันออกดอกช้าไปราว 6 วัน

การควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมนี้ อาจทำได้โดยการปลูกด้วยพันธุ์ข้าวที่ต้านทานต่อไส้เดือนฝอยรากปม เช่น พันธุ์กข 6 หรือขาวดอกมะลิ 105 (สถาบันวิจัยข้าว, 2539) นอกจากนั้นอาจใช้ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักในการบำรุงดิน เพื่อให้จุลินทรีย์บางพวกช่วยควบคุมประชากรของไส้เดือนฝอย ร่วมกับสารพิษบางอย่างที่มาจากปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักที่อาจเป็นอันตรายต่อไส้เดือนฝอยรากปมนี้ นอกจากนั้นอาจใช้ผงเมล็ดสะเดาหยอดหรือหว่านบริเวณโคนต้นข้าวในอัตรา 5 กรัมต่อกอ ก็สามารถช่วยแก้ปัญหาการทำลายของไส้เดือนฝอยชนิดนี้ได้ และในกรณีที่ต้องใช้สารเคมีก็ให้พิจารณาเลือกใช้คาร์โบฟูราธซึ่งเป็นสารในกลุ่มคาร์บาเมต หว่านในนาข้าว (กรมวิชาการเกษตร, 2534)