

## ตรวจเอกสาร

## 1. การปลูกข้าวในประเทศไทย

การปลูกข้าวมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และสภาพภูมิอากาศในแต่ละท้องถิ่นที่แตกต่างกัน (De Datta, 1981) สำหรับการปลูกข้าวในประเทศไทยมีปัจจัยหลักอยู่ 2 ประการที่ใช้เป็นพื้นฐานในการกำหนดวิธีการปลูกข้าวและเลือกใช้พันธุ์ข้าวให้เหมาะสมในการเพาะปลูกคือ สภาพภูมิอากาศ และสภาพน้ำในพื้นที่เพาะปลูก จึงแบ่งการปลูกข้าวได้เป็น 3 ประเภทคือ (1) การปลูกข้าวไร่ จะปลูกบนคอกหรือในที่สูง ไม่ต้องเตรียมดินเพราะใช้ไม้เจาะดินให้เป็นหลุมและหยอดเมล็ดลงไปหลุมละ 5-10 เซนติเมตร ไม่มีน้ำขังในพื้นที่ปลูกอาศัยความชื้นจากน้ำฝนที่ตกลงมา และต้องใช้พันธุ์ข้าวเบาเนื่องจากต้องเก็บเกี่ยวทันทีเมื่อหมดฝน (2) การปลูกข้าวนาดำ จะปลูกในพื้นที่ที่มีฝนตกหรือมีน้ำท่วม พื้นที่ที่สามารถกักเก็บน้ำได้ดีเพราะต้องขังน้ำ 5-50 เซนติเมตร เตรียมดินด้วยการไถตะและคราดให้พื้นนาเป็นโคลนตม แล้วนำคั้นกล้ามาปักดำในระยะเวลาที่เหมาะสม ส่วนใหญ่จะใช้พันธุ์ข้าวชลประทานและข้าวนาสวน และ (3) การปลูกข้าวนาหว่านจะแบ่งเป็นหว่านแห้งหรือหว่านสำรวย และหว่านนํ้าตมหรือหว่านข้าวงอก โดยการปลูกข้าวนาหว่านจะปลูกในพื้นที่ที่มีฝนตกตามฤดูกาล อาศัยน้ำฝนจากธรรมชาติ (Grist, 1986) ในการทำนาหว่านจะใช้พันธุ์ข้าวตามความเหมาะสมเช่นถ้าเป็นที่ลุ่มน้ำลึกก็ใช้พันธุ์ขึ้นน้ำ แต่ถ้าเป็นที่นาที่เปลี่ยนมาทำนาหว่านก็ใช้พันธุ์ข้าวนาสวนหรือข้าวนาํ้าฝน

ในปัจจุบันพื้นที่ปลูกข้าวของประเทศไทยมีประมาณ 61.3 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2549) ไร่ละ 52 ปลูกข้าวนาดำ ไร่ละ 43 ปลูกข้าวนาหว่าน และไร่ละ 5 ปลูกข้าวไร่ การปลูกข้าวด้วยวิธีดำนาเป็นที่นิยมมากกว่าวิธีอื่นๆ เพราะให้ผลผลิตสูงแต่ต้องใช้แรงงานมาก การปลูกข้าวนาหว่านแตกต่างจากการปลูกนาดำโดยที่ไม่มีการตกล้ำ แต่จะใช้เมล็ดข้าวเปลือกแห้งหว่านลงในนาแล้วทำการไถตะ จึงทำให้ประหยัดแรงงานที่ใช้ในการปักดำ อาจทำให้ได้ผลผลิตมากกว่านาดำเพราะข้าวนาหว่านมีความหนาแน่นมากกว่านาดำทำให้มีจำนวนรวงและน้ำหนักรวงมากถ้าได้รับสภาพน้ำที่เหมาะสม (Ros *et al.*, 2003) และยังมีหลีกเลี่ยงความเสี่ยงอันเนื่องมาจากความแปรปรวนของฝนฟ้าอากาศที่อาจจะทำให้เกิดน้ำท่วมขังหรือภาวะแห้งแล้งในพื้นที่ปลูกข้าวด้วย และความต้องการแรงงานจะลดลงถึง 16% (De Datta, 1984) การทำนาหว่านจึงเป็นที่นิยมมากเนื่องจากประหยัดแรงงานและใช้ต้นทุนการผลิตต่ำเมื่อเทียบกับการปลูกแบบนาดำ

## 2. การปลูกข้าวนาหว่าน

ในทวีปเอเชียการปลูกข้าวโดยวิธีการหว่านได้แผ่ขยายอย่างรวดเร็วเนื่องจากประหยัดแรงงานและใช้ต้นทุนการผลิตต่ำ และประเทศที่มีการพัฒนาทางด้านเกษตรเพื่อการส่งออกนิยมเปลี่ยนมาปลูกแบบนาหว่านเพราะสะดวกในการปฏิบัติในขั้นตอนต่างๆไม่ยุ่งยากเหมือนการทำนาดำ (IRRI, 2001) โดยการปลูกข้าวนาหว่านมีข้อดี เช่น ต้นทุนการผลิตน้อยกว่านาดำ ใช้ระยะเวลาสั้น เก็บเกี่ยวเร็ว ไม่ต้องการดูแลรักษามากและการเก็บเกี่ยวสามารถใช้รถลงเกี่ยวข้าวได้ง่าย ขนส่งสะดวกเพราะนาหว่านจะไม่มีน้ำขังเป็นต้น ส่วนนาดำต้องคอยเปิดปิดน้ำเข้านาอยู่ตลอด โดยเฉพาะที่มีน้ำชลประทาน และต้องใช้แรงงานจำนวนมากในการเก็บเกี่ยว จึงต้องใช้ต้นทุนการผลิตสูง การทำนาหว่าน (direct seeding) ทำได้หลายวิธีขึ้นกับสภาพแวดล้อม เช่น ในบริเวณที่น้ำมาเร็วและระดับน้ำสูงก็ควรใช้วิธีที่แตกต่างจากในพื้นที่ที่สามารถควบคุมน้ำได้ จึงเป็นที่นิยมมากในภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย และมีแนวโน้มจะเป็นที่นิยมกันแพร่หลายทั่วประเทศเนื่องจากปัญหาการขาดแคลนแรงงาน (FAO, 2001) ซึ่งการทำนาหว่านที่นิยมปฏิบัติมี 2 วิธี คือ หว่านข้าวงอกหรือหว่านน้ำตม และหว่านข้าวแห้งหรือหว่านสำรว

1. การหว่านข้าวงอกหรือหว่านน้ำตม (wet seeding) จะทำการไถตะ ไถแปรและคราดเอาวัชพืชออกให้หมดและปรับสภาพผิวดินให้เรียบสม่ำเสมอแล้วขังน้ำท่วมผิวดินเช่นเดียวกับการทำนาดำ และหว่านเมล็ดข้าวที่งอกแล้ว เมื่อเริ่มมีการตั้งตัวของต้นกล้าประมาณ 5-7 วันก็ปล่อยน้ำเข้าแปลงให้ลึกประมาณ 2-4 เซนติเมตร และพบปัญหาวัชพืชน้อยกว่าการหว่านแห้งหรือหว่านสำรว

2. การหว่านแห้งหรือหว่านสำรว (dry seeding) จะทำการไถตะเพื่อกำจัดวัชพืชและพลิกดินเมื่อฝนเริ่มตกจึงไถแปรเพื่อข่อยดินแล้วจึงหว่านข้าวลงไปในพื้นที่สภาพเมล็ดแห้งโดยใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ประมาณ 15-20 กก./ไร่ และเมล็ดข้าวจะงอกขึ้นมาหลังจากฝนตก จึงไม่มีการคราดกลบเมล็ดแต่อย่างใด การทำนาหว่านสำรวนี้ไม่ต้องใช้แรงงานมากเหมือนกับการทำนาดำ แต่ผลผลิตต่อไร่ที่ได้ต่ำ ทั้งนี้เพราะว่าการงอกของข้าวไม่สม่ำเสมอทำให้ต้นข้าวที่ขึ้นมามีประปราย จำนวนต้นข้าวต่อพื้นที่น้อยเกินไป อีกอย่างก็จะมีปัญหาเรื่องการแข่งขันของวัชพืชเพราะวัชพืชสามารถงอกขึ้นมาพร้อมกับข้าว จึงต้องมีการจัดการให้เหมาะสม โดยมีการศึกษาผลผลิตของข้าวโดยวิธีการหว่านแห้งทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบว่า ผลผลิตเมล็ดข้าวโดยวิธีการหว่านจะต่ำกว่าวิธีดำนาประมาณ 30 % เพราะจำนวนช่อดอกต่อรวงน้อย ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับน้ำหนักแห้งต้นและความยาวลำต้น ซึ่งสรุปได้ว่าผลผลิตข้าวขึ้นอยู่กับที่ได้รับระดับน้ำ ระดับปุ๋ยอย่างเพียงพอ นำไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวที่ทนในสภาพนาหว่าน

การทำนาหว่านน้ำตมต้องมีระบบชลประทานที่ควบคุมน้ำได้ แต่ที่นาในประเทศไทยมีระบบชลประทานเพียง 25% จึงไม่เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกร ดังนั้นในสภาพเศรษฐกิจที่มีค่าแรงขั้นต่ำที่เพิ่มขึ้นการทำนาหว่านข้าวแห้งหรือหว่านสำรวจึงเป็นทางเลือกทางหนึ่งที่จะช่วยลดต้นทุนการปลูกข้าวของเกษตรกรส่วนใหญ่ที่อยู่นอกเขตชลประทาน อย่างไรก็ตามปัญหาที่เกิดขึ้นในสภาพนาหว่านคือ การตั้งตัวของต้นกล้าลดลง (Zhang *et al.*, 2004) การแข่งขันระหว่างวัชพืชหรือข้าววัชพืชกับข้าวปลูก ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินลดลง เป็นต้น ถ้ามีการจัดการไม่เหมาะสม จึงเป็นสาเหตุทำให้ผลผลิตลดลง

### 3. การเจริญเติบโตของข้าวในระยะเวลาเจริญทางลำต้น

ในสภาพนาหว่าน การเจริญเติบโตของข้าวอาจแตกต่างกันตามชนิดของพันธุ์ข้าว และสภาพแวดล้อม (De Datta, 1981) การตอบสนองและการปรับตัวของข้าวจะผันแปรไปตามระยะการเจริญเติบโต โดยเฉพาะการเจริญเติบโตทางลำต้น ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 2 ระยะ คือ ระยะต้นกล้า (seedling stage) เป็นระยะที่เริ่มตั้งแต่ต้นข้าวเริ่มงอกจากเมล็ดจนกระทั่งต้นข้าวเริ่มแตกกอมีระยะเวลาประมาณ 25-30 วัน ซึ่งการเจริญเติบโตทางลำต้นและรากข้าวในระยะต้นกล้าจะแตกต่างกันตามวิธีการปลูก ถ้าปลูกข้าวโดยวิธีการหว่านระบบรากจะหยั่งลงลึกและมีจำนวนรากน้อย ถ้าปลูกแบบปักดำระบบรากจะอยู่ในระดับตื้นและมีจำนวนรากมาก และระยะแตกกอ (tillering stage) เป็นระยะที่เริ่มตั้งแต่ต้นข้าวเริ่มแตกกอจนกระทั่งต้นข้าวเริ่มสร้างดอกอ่อน ระยะเวลาแตกกอถึงแตกกอเต็มที่ประมาณ 30-35 วัน ความสามารถในการแตกกอจะแตกต่างกันตามลักษณะพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม ตั้งแต่ระยะต้นกล้าจนถึงระยะแตกกอสูงสุด รากข้าวจะเพิ่มปริมาณไปพร้อมๆกับการเจริญทางลำต้น หลังจากนั้นการสร้างรากก็จะลดลงจนกระทั่งถึงช่วงเวลาออกรวง โดยทั่วไปรากข้าวสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่มีความชื้นพอเหมาะและมีปริมาณออกซิเจนในดินสูง (ทรงเชาว์ 2545) ดังนั้นในระยะแตกกอซึ่งเป็นระยะที่รากข้าวเจริญเติบโตได้ดีที่สุด จึงเป็นระยะที่รากข้าวต้องการออกซิเจนสูงกว่าในระยะอื่นๆ (Hoshikawa, 1989 อ้างโดย De Datta, 1981) ถ้ามีการปล่อยน้ำออกจากรากในช่วงระยะหนึ่ง ดินได้รับออกซิเจนจากอากาศเป็นการเร่งให้รากข้าวมีการเจริญเติบโต และมีประสิทธิภาพในการดูดธาตุอาหารได้ดียิ่งขึ้น

### 4. สภาพน้ำในดิน

น้ำเป็นปัจจัยหลักในการผลิตข้าว ความต้องการน้ำจะผันแปรไปตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว เช่นในระยะต้นกล้าเมื่อขาดน้ำจะได้รับออกซิเจนอย่างจำกัด เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างรากทำให้สามารถหาน้ำและธาตุอาหารได้มากขึ้น (Colmer, 2003a) แต่ถ้าได้รับน้ำ

อย่างพอเพียงในระยะนี้ จะสามารถผลิตจำนวนหน่อและรากได้ดีทำให้มีแนวโน้มได้ผลผลิตที่ดีด้วย ในสภาพนาหว่านนั้นไม่สามารถควบคุมระดับน้ำได้ เนื่องจากอาศัยน้ำฝนที่ตกลงมา หากมีฝนตกน้อย ดินอาจพอเปียก หรือฝนขาดช่วงจะทำให้เกิดภาวะแห้งแล้ง แต่ถ้าฝนตกมากเกินไปจะทำให้เกิดน้ำท่วมขัง เมื่อเกิดความแปรปรวนของสภาพน้ำจะส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีดิน และความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารต่างๆ (Ponnamperuma, 1975)

#### 4.1 ดินน้ำขัง (anaerobic soil or waterlogged soil)

ในสภาพนาหว่าน เมื่อฝนตกมากเกินไปอาจทำให้ดินระบายน้ำไม่ทัน ทำให้เกิดน้ำท่วมขัง ทำให้ออกซิเจนในดินจะถูกแทนที่ด้วยน้ำ (Kennedy *et al.*, 1992; Wiengweera *et al.*, 1997) และถูกใช้หมดไปอย่างรวดเร็วจากการหายใจของรากและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ทำให้ดินขาดก๊าซออกซิเจน (Ponnamperuma, 1975) จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมีดิน ส่งผลให้ค่า pH ของดินเปลี่ยนแปลง จึงส่งผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารบางชนิด เช่น เหล็ก ฟอสฟอรัส อลูมิเนียมและซิลิเกต โดยมีการละลายออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์มากขึ้น

#### 4.2 ดินน้ำไม่ขัง (aerobic soil or non-waterlogged soil)

ในสภาพดินน้ำไม่ขัง การเจริญเติบโตของพืชจะต่ำกว่าในน้ำขัง (Fukai *et al.*, 1999) เนื่องจากดินมีความชื้นต่ำ ถูกจำกัดในเรื่องน้ำทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารหลายชนิดลดลง โดยเฉพาะฟอสฟอรัส เนื่องจากไม่สามารถละลายออกมาในรูปแบบที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ และอาจพบปัญหาในเรื่องความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ถ้าดินเป็นกรดจะมีความเข้มข้นของแมงกานีสสูงจนเป็นพิษ ในขณะที่ฟอสเฟต แคลเซียม โพแทสเซียมและโมลิบดีนัมลดลงจนอยู่ในสภาพขาด ส่วนในดินด่างจะทำให้ความสามารถในการละลายของฟอสเฟตและเหล็กต่ำจึงพบปัญหาในการขาดธาตุนี้ (Ponnamperuma, 1975) ส่วนในเรื่องรานั้นจะได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอโดยการแพร่กระจายและแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนระหว่างช่องว่างในดินและบรรยากาศ โดยอัตราการแพร่ของก๊าซออกซิเจนจะเร็วกว่าการแพร่ในสภาพน้ำขังถึงหมื่นเท่าตัว (Wild, 1981) จึงนำไปใช้ในการหายใจของรากและกิจกรรมของจุลินทรีย์ได้ และดินน้ำไม่ขังจะมีรากยาว (Comer, 2003) จึงสามารถดูดน้ำและธาตุอาหารได้ดีกว่าดินน้ำขัง

## 5. ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในสภาพนาหว่าน

ในสภาพนาหว่านไม่มีการขังน้ำในพื้นที่นา ซึ่งอาศัยน้ำฝนจากธรรมชาติ ถ้าฝนตกหนักอาจทำให้เกิดน้ำท่วมขัง แต่ถ้าฝนทิ้งช่วงทำให้ดินไม่ขังน้ำ การเปลี่ยนแปลงของสภาพน้ำส่งผลต่อปริมาณออกซิเจนและความอุดมสมบูรณ์ของดิน เนื่องจากธาตุอาหารบางชนิดอาจมีน้อยหรือมากเกินไปจนเป็นพิษ (Wade *et al.*, 1999) จึงส่งผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารต่างๆ ดังนี้

### 1. ธาตุไนโตรเจน

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีความสำคัญมากสำหรับพืช พืชทุกชนิดต้องการธาตุนี้ในปริมาณสูงเพื่อการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต ข้าวจะต้องการไนโตรเจนในช่วงระยะแรกของการเจริญเติบโตและระยะแตกกอเพื่อที่จะไปสร้างจำนวนรวงที่เพิ่มขึ้น (IRRI, 2001) ดังนั้นการให้ปุ๋ยไนโตรเจนแก่ข้าวต้องแบ่งใส่ในปริมาณที่เหมาะสมกับช่วงการเจริญเติบโต แต่ถ้าใส่มากเกินไปทำให้ข้าวอ่อนแอต่อโรคและห้ำหั่นได้

ในอากาศถึงแม้จะมีไนโตรเจนในรูปของก๊าซ  $N_2$  อยู่ประมาณ 78% แต่พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้โดยตรง ส่วนรูปของไนโตรเจนในดินจะมีอยู่ 3 รูปคือ (1) สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน (organic nitrogen) ในอินทรีย์วัตถุ เช่นในรูปของกรดอะมิโน เป็นต้น ซึ่งอินทรีย์วัตถุในดินมีไนโตรเจนประมาณ 5 % (2) ในรูปของแอมโมเนียม ( $NH_4^+$ ) ซึ่งถูกตรึงอยู่ระหว่างแผ่นผลึกของแร่ดินเหนียวพวก 2:1 type เช่น vermiculite, illite และ montmorillonite ซึ่งแอมโมเนียมที่อยู่ในรูปการตรึงนี้จะอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์และพืชอย่างช้าๆ (3) พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จะอยู่ในรูปไนเตรตไอออน ( $NO_3^-$ ) แอมโมเนียมไอออน ( $NH_4^+$ ) และ ยูเรีย ( $H_2NCONH_2$ ) (Marschner, 1995) ในสภาพดินน้ำขังไนโตรเจนจะสูญเสียในรูป  $NO_3^-$  และเกิดการสะสมไนโตรเจนในรูป  $NH_4^+$  ที่สูงขึ้น เพราะเกิดการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ ส่วนในดินที่มีการระบายอากาศดีไนโตรเจนจะอยู่ในรูปไนเตรต เมื่อเข้าสู่พืชจะรีดิวซ์ได้แอมโมเนียมแล้วจึงเข้าไปรวมตัวกับอินทรีย์บางชนิดและสังเคราะห์เป็นกรดอะมิโนและเอไมด์ หากพืชดูดแอมโมเนียมเข้าไป เซลล์ก็สามารถนำไปสังเคราะห์กรดอะมิโนและเอไมด์ได้ทันที (ยงยุทธ 2546)

### 2. ธาตุฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช เป็นธาตุอาหารที่มีบทบาทเกี่ยวกับพลังงานในพืช เช่นเป็นองค์ประกอบของ ADP, ATP, NAD, NADH และยังเกี่ยวข้องกับหน่วยพันธุกรรมและเนื้อเยื่อของเซลล์ด้วย ถ้าพืชขาดฟอสฟอรัสจะมีผลกระทบต่อ



กระบวนการเมตาโบลิซึมต่างๆในพืช (ไพบูลย์ 2546) ชนิดของฟอสฟอรัสในดินจะมี 2 รูปแบบคือ ฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ (phytin, nucleic acid และ phospholipids) และ สารประกอบอนินทรีย์ (แคลเซียมฟอสเฟต เหล็กและอลูมิเนียมฟอสเฟต) ฟอสฟอรัสในดินเป็น แอนไอออนของกรดอโทฟอสฟอริก ( $H_3PO_4$ ) รูปของแอนไอออนจึงมีได้ 3 แบบขึ้นอยู่กับความเป็น กรดเป็นด่างของดิน เมื่อ pH ของดินต่ำกว่า 6.8 รูปที่เป็นประโยชน์และมีอยู่มากคือ  $H_2PO_4^-$  ซึ่ง พืชดูดไปใช้ได้น้อยที่สุดและ pH ระหว่าง 6.8-7.2 จะอยู่ในรูป  $H_2PO_4^{2-}$  ซึ่งพืชดูดไปใช้ได้น้อยกว่ารูปแรก หาก pH สูงกว่า 7.2 จะมี  $PO_4^{3-}$  ซึ่งพืชดูดใช้ได้ยาก ดินที่เป็นกรดมากนั้นจะมีเหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีส ละลายอยู่มาก มักจะทำปฏิกิริยากับ  $H_2PO_4^-$  ซึ่งจะทำให้ฟอสฟอรัสอยู่ ในรูปที่ไม่ละลายน้ำและไม่เป็นประโยชน์กับพืช

เมื่อมีการขังน้ำ Fe (III) จะถูกรีดิวซ์ให้กลายเป็น Fe (II) ซึ่งละลายน้ำได้ง่าย และ pH ที่ สูงขึ้นก็จะทำให้ aluminum phosphate ละลายน้ำได้มากขึ้นเช่นกัน และในดินที่เป็นด่าง ฟอสฟอรัสจะอยู่ในรูปแคลเซียมฟอสเฟต ทำให้ฟอสฟอรัสในรูปนี้ละลายได้ดีขึ้นเมื่ออยู่ในสภาพ น้ำขังอันเนื่องจากการลดลงของ pH ภายใต้อิทธิพลของคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น (ไพบูลย์, 2546) ดังนั้น ความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสในดินจึงสูงขึ้นเมื่อมีการขังน้ำ (Ponnamperuma, 1972; Willet, 1989) ส่วนในดินที่มีการถ่ายเทอากาศที่ดีหรือดินน้ำไม่ขัง ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะอยู่ในรูป Fe (III) และ aluminum phosphate ซึ่งมีการละลายตัวที่ต่ำมาก เพราะฟอสฟอรัสที่ไต่ลงไปในดินเป็นฟอสฟอรัสที่ไม่เคลื่อนย้ายและไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพราะ ถูกดูดซับและตกตะกอนหรือเปลี่ยนรูปไปเป็นอินทรีย์สาร ดังนั้นความเป็นประโยชน์ของ ฟอสฟอรัสในดินน้ำไม่ขังจึงลดลง (Willett *et al.*, 1978)

### 3. ธาตุโพแทสเซียม

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่จำเป็น โดยมีบทบาทต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงช่วยใน การลำเลียงและเคลื่อนย้ายสารสังเคราะห์ เมื่อเข้าอยู่ในพืชจะอยู่ในรูปของไอออน (ionic form) จึง สูญหายไปจากพืชโดยการชะล้างได้ง่าย จึงทำให้ผนังเซลล์ของพืชหนาขึ้นและแข็งแรงขึ้น เพิ่ม พื้นที่ใบและปริมาณคลอโรฟิลล์ ช่วยเพิ่มจำนวนเมล็ดและจำนวนเมล็ดดีต่อรวง แต่ไม่ช่วยในการ แแตกกอ เป็นต้น (Dobermann and Fairhurst, 2000)

โพแทสเซียมแบ่งตามความเป็นประโยชน์ได้ 3 รูปแบบคือ (1) โพแทสเซียมที่อยู่ในรูปที่ พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ทันที (relatively unavailable form) ได้แก่ โพแทสเซียมที่อยู่ในรูปของแร่ feldspars และ micas เป็นต้น และที่มีอยู่ในดินเป็นปริมาณมากคือ ประมาณ 90-98% ของ โพแทสเซียมที่มีอยู่ในดินทั้งหมด แร่เหล่านี้จะละลายตัวได้อย่างช้าๆ และจะปลดปล่อยโพแทสเซียม

ออกมาอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (2) โปแทสเซียมที่อยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์อย่างช้าๆ (slowly available form) ได้แก่ โปแทสเซียมที่อยู่ในรูปของโปแทสเซียมที่ถูกตรึง (fixed) อยู่ในระหว่างผลึกของแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 ซึ่งเรียกว่า nonexchangeable potassium และพืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้โปแทสเซียมที่ถูกตรึงนี้จะถูกปลดปล่อยออกมาเสียก่อน การที่มันจะถูกปลดปล่อยออกมาได้ช้าเร็วขึ้นอยู่กับความสมดุลของโปแทสเซียมที่อยู่ในรูปที่อาจแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) และที่อยู่ในรูปของไอออนในสารละลาย (3) โปแทสเซียมที่อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที (readily available form) ได้แก่ โปแทสเซียมที่อยู่ในรูปของ  $K^+$  ในสารละลายและโปแทสเซียมที่ถูกดูดซับที่ผิวของสารคอลลอยด์ซึ่งอยู่ในรูปของ Exchangeable K ส่วนโปแทสเซียมที่อยู่ในรูปของ  $K^+$  ในสารละลายดินนั้น พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายกว่าแต่ในขณะเดียวกันก็จะถูกชะล้างให้สูญหายไปได้ง่ายเช่นกัน

## 6. ปัญหาวัชพืชและข้าววัชพืช

ปัจจุบันปัญหาวัชพืชเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตข้าวลดลง ในนาข้าวมีความหลากหลายของชนิดและปริมาณของวัชพืชขึ้นอยู่กับวิธีการปลูกข้าวที่แตกต่างกัน (Moody, 1983) โดยการปลูกข้าวนาดำมักมีปัญหาวัชพืชน้อยกว่าวิธีการปลูกข้าววิธีอื่น ส่วนการหว่านข้าวแห้งจะมีปัญหาวัชพืชมากที่สุดเพราะวัชพืชกับข้าวจะงอกพร้อมกัน มีการแข่งขันระหว่างวัชพืชกับต้นข้าวมากทำให้ผลผลิตลดลง เนื่องจากวัชพืชจะมาแย่งปัจจัยที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีพและการเจริญของต้นข้าว ซึ่งได้แก่ แร่ธาตุอาหาร น้ำ และแสงแดด เป็นต้น หากไม่มีการควบคุมและกำจัดวัชพืชแล้ว จะเกิดการสูญเสียและมีผลทำให้ผลผลิตของข้าวในการทำนาหว่านลดลง ประมาณ 35% (Balasubramanian and Hill, 2000) โดยเกษตรกรส่วนใหญ่จะกำจัดวัชพืชโดยวิธีดั้งเดิมเช่นการเตรียมดินปลูกที่ดีและใช้แรงงานในการกำจัดวัชพืช แต่การถอนวัชพืชในนาหว่านจะทำให้ยากขึ้นเปลืองแรงงาน มีค่าใช้จ่ายสูง เป็นต้น และชาวนาในเขตภาคกลางจนถึงเหนือตอนล่างของประเทศไทยกำลังประสบปัญหาเกี่ยวกับวัชพืชชนิดใหม่ที่มีลักษณะเหมือนต้นข้าวจนแยกไม่ออกในระยะต้นกล้า ซึ่งถือว่าเป็นวัชพืชร้ายแรงในนาข้าว เรียกว่า ข้าววัชพืช (weedy rice) ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญสำหรับนาหว่าน ซึ่งข้าววัชพืชเกิดจากการผสมข้ามระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูก เป็นลูกผสมที่มีการกระจายตัวของลูกหลานหลายลักษณะ แต่เป็นลักษณะที่เกษตรกรไม่ต้องการ ข้าววัชพืชทำให้ผลผลิตข้าวเสียหายเป็นอย่างมาก เนื่องจากข้าววัชพืชจะขึ้นข่มข้าวปลูกและเมื่อเมล็ดสุกแก่จะร่วงหมดไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ บางแปลงเกษตรกรไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ทำให้ผลผลิตเสียหาย 100% (Maneechote and Jamjod, 2004) ในสภาพนาหว่านจึงต้องคัดเลือกพันธุ์ให้

เหมาะสมที่สามารถเจริญเติบโตได้ดี และแข่งขันกับวัชพืชได้ ซึ่งอาจเป็นวิธีที่จะไปลดต้นทุนในการจ้างแรงงานในการกำจัดวัชพืชในแปลงนา

## 7. ความสามารถในการแข่งขันของวัชพืชต่อพืชปลูก

การเปลี่ยนวิธีการทำนาจากนาดำเป็นนาหว่านข้าวแห้ง ทำให้ระบบนิเวศการปลูกข้าวเปลี่ยนแปลง ทำให้มีปัญหาวัชพืชที่ขึ้นแข่งขันกับข้าวปลูกมีผลกระทบทำให้ผลผลิตลดลง (IRRI, 2000) ซึ่งในเขตร้อนชื้นวัชพืชจะทำให้ผลผลิตลดลงถึง 35 % และจะเกิดในข้าวที่ปลูกในดินน้ำไม่ขังมากกว่าน้ำขัง (Oerke and Dehne, 2004) โดยวัชพืชมีคุณสมบัติดังนี้

### 1. ความสามารถในการเจริญเติบโตและรวดเร็ว

ในสภาพนาหว่านข้าวแห้งได้มีการศึกษาวิจัยพันธุ์ข้าวที่มีความสามารถในการแข่งขันกับวัชพืช โดยมีการศึกษาความแตกต่างระหว่างพันธุ์ของข้าวไรในอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าในระยะแรกเมื่อแข่งขันกับวัชพืช รายงานโดย Dang *et al.* (2004) ใช้พันธุ์ข้าวพื้นเมืองกับพันธุ์ข้าวปรับปรุงในการทดสอบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ข้าวในระยะแรกเมื่อแข่งขันกับข้าววัชพืชพบว่า ในสภาพที่มีวัชพืช ข้าวทุกพันธุ์จะมีความสูง จำนวนหน่อ และน้ำหนักแห้งลดลง 10, 33 และ 67 % ตามลำดับ ส่วนผลผลิตเมล็ดของพันธุ์ปรับปรุงจะมากกว่าพันธุ์พื้นเมืองประมาณ 3.6 และ 2.2 t/ha ในสภาพที่ไม่มีวัชพืชและมีวัชพืช ตามลำดับ และมีรายงานในการศึกษาความสามารถในการปรับตัวต่อการแข่งขันกับวัชพืชในนาหว่านข้าวแห้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าในสภาพที่ปล่อยให้มีการแข่งขันกับวัชพืช ในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 23 จะพบจำนวนต้น และ น้ำหนักแห้งวัชพืชเหลืออยู่ก่อนข้างต่ำ มีการเจริญเติบโตได้ดีเทียบเท่ากับในสภาพไม่มีวัชพืช โดยเฉพาะพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 สามารถปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมได้ดี เพราะให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ เมื่อมีการแข่งขันกับวัชพืชในสภาพการทำนาน้ำฝน (กรมการข้าว 2549) ดังนั้นจึงต้องหาพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมสามารถเจริญเติบโตในสภาพนาหว่านแห้งได้ดีเพื่อที่จะที่แข่งขันกับวัชพืชได้

### 2. ความสามารถในการแข่งขันสูง

การแก่งแย่งแข่งขัน (competition) ของวัชพืชกับพืชปลูก เป็นสาเหตุที่ทำให้ผลผลิตของพืชปลูกลดลง ทั้งนี้เพราะวัชพืชก็เหมือนพืชปลูก คือ มีความต้องการปัจจัยที่ใช้ในการเจริญเติบโตเช่นเดียวกัน ได้แก่ ธาตุอาหาร น้ำ และแสงแดด (Balasubramanian and Hill, 2000) เมื่อมีวัชพืชขึ้นแก่งแย่งแข่งขัน พืชปลูกจะได้รับปัจจัยในการเจริญเติบโตไม่เต็มที่ เพราะถูกวัชพืชแย่ง



บางส่วนไป ส่งผลทำให้ผลผลิตลดลง และความสามารถในการแก่งแย่งแข่งขันของวัชพืชกับพืชปลูก นั้นโดยทั่วไปแล้วในสภาพธรรมชาติวัชพืชจะมีโอกาสและความสามารถในการแก่งแย่งแข่งขันได้ดีกว่าพืชปลูก ทั้งนี้เพราะวัชพืชมีการปรับตัวเพื่อความอยู่รอดมาช้านาน และวัชพืชมักจะมีจำนวนและความหนาแน่นสูง ปัจจัยที่มีผลต่อการแก่งแย่งแข่งขันระหว่างข้าวปลูกและวัชพืชได้แก่ ชนิดของวัชพืช ความหนาแน่น และระยะเวลาการแก่งแย่งขันวิธีการปลูกและดูแลรักษาพืช ชนิดและพันธุ์ของพืชปลูก และปริมาณธาตุอาหารของพืช เป็นต้น

### 3. Allelopathy

allelopathy ที่เกิดจากวัชพืชนั้นมีผลต่อการเจริญเติบโตต่อพืช โดยกระบวนการต่างๆ ดังนี้ cell division, cell elongation, hormone induce-growth, membrane permeability, mineral uptake, available phosphorus และ potassium stomata opening photosynthesis โดยมีสาร allelopathic compound เป็นตัวขัดขวาง ชนิดสารที่เป็น allelopathic compound ได้แก่ caffeic acid, chlorogenic acid, coumaric acid, ferulic acid, vanillic acid vanillin, phydroxybenzaldehyde เป็นต้น (พรชัย 2540) โดยมีรายงานการวิจัยการใช้วัชพืชเช่น วัชพืชพวก *Amaranthus rethoflexus* และ *Setaria invidis* มีสาร allelopathic compound ที่ขัดขวางกระบวนการดูดซึมฟอสฟอรัสของพืชตระกูลถั่ว วัชพืช *Agropyron repens* เมื่อเจริญเติบโตแก่งแย่งกับต้นข้าวโพดจะปลดปล่อยสารที่ทำให้ข้าวโพดมีการดูดซึมธาตุในโตรเจน และฟอสฟอรัสลดลง สารที่ปลดปล่อยออกจากวัชพืช *Salvia leucophylla* สามารถยับยั้งการแบ่งเซลล์ (cell division) ในรากของต้นกล้าพืชตระกูลกะหล่ำ วัชพืช *Juglans nigra* จะมีสารที่เป็นพิษ และสารที่ทำลายมะเขือเทศ (ชาญ 2536) พวก *Cenchrus arvensis*, *Chenopodium album* และ *Crisum arvens* จะมีสาร allelopathic compound ที่สามารถขัดขวางกระบวนการแบ่งเซลล์แบบ mitosis ในรากของข้าวสาลี (Olofsdotter, 2001)

อย่างไรก็ตาม การศึกษาระยะแรกของการเจริญเติบโตในการตอบสนองของข้าวต่อสภาพน้ำควบคู่กับความสามารถในการดูดธาตุอาหารในสภาพนาหว่านแห้งยังมีน้อย ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาความแตกต่างระหว่างพันธุ์ข้าวโดยคุณลักษณะความแข็งแรงและการตั้งตัวของต้นกล้า โดยการหว่านข้าวแห้งเพื่อเป็นแนวทางในการคัดเลือกลักษณะพันธุ์กรรมข้าวที่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมในระยะแรกของการเจริญเติบโตเพื่อที่จะสามารถแก่งแย่งกับวัชพืชในสภาพนาหว่านแห้งได้