บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ข้าวเหนียวก่ำ

ข้าวเหนียวก่ำ จัดเป็นข้าวประเภท indica type เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองในแถบภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย นอกจากนี้ยังมีปลูกทั่วไปในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว สาธารณรัฐเวียดนาม อินเดีย ญี่ปุ่น และสาธารณรัฐประชาชนจีน (Itani, 2000) ลักษณะโดยทั่วไปของข้าวเหนียวก่ำ คือ เป็นข้าวพันธุ์ไวแสง ปลูกได้เฉพาะฤดูนาปี มีความสามารถในการทนแล้งมีการฟื้นตัวจากสภาพแล้งได้ดี และมีความต้านทานต่อเพลี้ยจักจั่นสีเขียว (วิไล ลักษณ์, 2541) โดยมีลักษณะทางการเกษตรที่ดี เช่น การแตกกออยู่ในเกณฑ์ดี การชูรวงอยู่ในระดับที่ดีถึงดีมาก การร่วงของเมล็ดน้อย ไม่มีหางและมีเมล็ดขนาดใหญ่ (จารุณี, 2545) ธีรพงษ์ (2538) ได้ทำการศึกษาคุณค่าทางอาหารของข้าวเหนียวก่ำ ที่ประกอบด้วย ปริมาณโปรตีน เหล็ก ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม และแคลเซียม ทั้งในส่วนของเปลือก และข้าวกล้อง พบว่าโดยส่วนใหญ่แล้วกลุ่มข้าวเหนียวก่ำมีปริมาณธาตุอาหารทั้ง 5 ชนิดในข้าวกล้องสูงกว่ากลุ่มข้าวขาว (ตารางที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับดำเนิน และศันสนีย์ (2543) ที่พบว่าข้าวเหนียวก่ำมีปริมาณโปรตีนโดยรวมสูงกว่าข้าวขาว และยังพบว่าข้าวเหนียวก่ำมีวิตามินอีและแคโรทีนเป็นองค์ประกอบ (He and Xing, 1991)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 1 เปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารระหว่างกลุ่มข้าวขาวกับกลุ่มข้าวเหนียวก่ำ

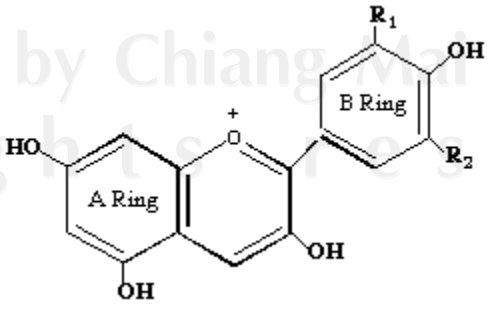
Ingredient	Black rice outer layer fractions (units/100g)	White rice outer layer fractions (units/100g)
Protein, g	13.90	12.20
Fat, g	13.20	14.10
Carbohydrate, g	47.36	50.95
water, g	9.80	7.96
Fiber, g	8.32	7.04
Minerals, mg	7420	7750
Phosphorus	1694.10	1542.50
calcium	60.20	45.30
Potassium	673.70	624.60
Magnesium	79.40	80.40
Sodium	2.11	4.35
Iron	16.46	6.30
Zinc	8.96	4.92
Copper	1.49	0.91
Selenium	0.15	0.06
Vitamin, mg		
Thiamin	2.30	1.20
Riboflavin	0.40	0.14
Vitamin E	0.60	0.30
Niacin	21.00	13.00
Flavonoids, g	6.40	1.17

Wen Hua Ling *et al*., 2002

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้าวเหนียวก่ำมีลักษณะแตกต่างจากข้าวชนิดอื่นๆ ทีน่าสนใจ คือการปรากฏของสีม่วงบนส่วนต่างๆ ของต้น เช่น กาบใบ แผ่นใบ กลีบดอก เปลือกเมล็ด และเยื่อหุ้มเมล็ด เป็นต้น ซึ่งการแสดงสีและความเข้มของสีที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันไปตามความสามารถในการสะสมปริมาณสารประกอบแอนโธไซยานิน (antrocyanin) ที่แต่ละพันธุ์นั้นสามารถสะสมได้ และจะมีการกระจายของสารประกอบไปยังส่วนต่างๆ ของต้นข้าวแตกต่างกันไปตามพันธุ์ โดยส่วนใหญ่จะพบในทุกส่วนของต้นข้าวทั้งที่เป็นส่วนของลำต้น (vegetative organs) และเกือบทุกส่วนของช่อดอก (flora organs) ยกเว้นในส่วนของ คัพภะ (embryo) หรือแป้งอาหาร (endosperm) ที่ไม่มีสีของแอนโธไซยานิน (Chang, 1964) ซึ่งแอนโธไซยานินเป็นรงควัตถุในกลุ่มของฟลาโวนอยด์ (flavonoid) เป็นกลุ่มหนึ่งในสารประกอบฟีนอลิค ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยสารประกอบประเภทนี้จะให้สีแตกต่างกันไปตั้งแต่สีชมพูจนถึงม่วงดำ มีโครงสร้างพื้นฐานเป็น diphenylpropanoide (C6(A-ring)-C3(C-ring)-C6(B-ring)) โดยตำแหน่งที่ 2 ของ chromane ring จะเชื่อมติดกับ aromatic ring B (Hou *et al*., 2003 ; He, 2004) (ภาพที่ 1) แอนโธไซยานินที่พบในธรรมชาติจะอยู่ในรูปของโมเลกุลแอนโธไซยานิดิน (pelargonidin (Pg) peonidin (Pn) cyaniding (Cy) malvidin (Mv) petunidin (Pt) และ delphinidin (Dp)) (Hou *et al*., 2003 ; Kong *et al*., 2003) จับกับหมู่น้ำตาลชนิดต่างๆ (glycosides) เช่น กลูโคส กาแลคโตส และมีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลที่ต่างกัน ทำให้แอนโธไซยานินมีหลายอนุพันธ์ และมีความสามารถในการต้านทานอนุมูลอิสระที่แตกต่างกัน (Hou et al., 2003) โดย 85 เปอร์เซ็นต์ของแอนโธไซยานินที่พบในข้าวเหนียวก่ำจะอยู่ในรูป cyaniding-3-glucoside (Mazza and Miniati, 1993 ; Chung and Woo, 2001) และ peonidin-3-glucoside (He *et al*., 2004 ; Escribano-Bailon et al., 2004 ; Oki *et al*., 2006)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 1 โครงสร้างพื้นฐานของแอนโธไซยานิน

หมายเหตุ : ดัดแปลงมาจาก HE, 2004

Name	substitution		Visible	Visible max. (nm)
	R1	R2	colour	in MeOH-HCl
1. cyaniding (Cy)	OH	H	margenta	535
2. peonidin (Pn)	OCH3	H	margenta	532
3. pelargonidin (Pg)	H	H	red	520
4. malvidin (Mv)	OCH3	OCH3	purple	542
5. delphinidin (Dp)	OH	OH	purple	546
6. petunidin (Pt)	OCH3	OH	purple	543

แอนโธไซยานินมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากมีหมู่ไฮดรอกซิลในโครงสร้าง ortho-dihydroxyphenyl ของ B ring เช่นเดียวกับสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์อื่นๆ (Rice-Evan *et al*.,1996 ; Tsuda *et al*., 1994 ; Burda and Oleszek, 2001 ; Hou *et al*, 2003) แอนโธไซยานินอนุพันธ์ต่างๆที่มีในพืชจะทำงานแบบเสริมฤทธิ์กัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ และสามารถใช้ทดแทนวิตามินซีและอี เพื่อป้องกันการออกซิเดชันที่เกิดขึ้นระหว่างการปรุงอาหาร การเก็บรักษา และระหว่างกระบวนการย่อยอาหารในร่างกาย (Frank *et al*., 2002) ดังนั้น แอนโธไซยานินที่มีในพืชนอกจากจะมีสีที่ดึงดูดแมลงให้ผสมเกสร แล้วยังทำหน้าที่ในกลไกของการต้านทานโรค (Escribano-Bailion *et al*., 2004) เมื่อคนและสัตว์ได้รับแอนโธไซยานินเข้าสู่ร่างกาย แอนโธไซยานินซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จะทำหน้าที่ป้องกันการออกซิเดชันของสารชีวโมเลกุลในร่างกาย ทั้งไขมัน โปรตีน และดีเอนเอ เช่น การป้องกันกระบวนการออกซิเดชันของไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำ (low density lipoprotein : LDL) การป้องกันการสร้าง plaque ที่บริเวณหลอดเลือดซึ่งนำมาสู่การเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ (Miller *et al*., 2002) โรคเบาหวาน (Qureshi *et al*., 2002 ; Morimitsu *et al*., 2002) รวมถึงยับยั้งการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็งโดยยับยั้งกระบวนการ phosphorylation ของเอนไซม์ protein kinase ในวิถี extracellular signal-regulated protein kinase (ERK) และ c-jun N-terminal kinase (JNK pathway) (mitogen-activated protein kinase; MAPK) ที่ไขกระดูก (Hou *et al*., 2003 ; Konczak-Islam *et al*.,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2003) ลำไส้ (Hyun *et al*., 2004 ; Kang *et al*., 2003 ; Katsube *et al*., 2003 ; Hagiwara *et al*., 2001 ; Zhao *et al*., 2004 ; Zhang *et al*., 2005a) หรือในกระเพาะอาหาร นอกจากนี้แอนโธไซยานินยังมีคุณสมบัติช่วยลดการอักเสบ เป็นสารต้านการเจริญของแบคทีเรีย (antibacterial agent) (Kong *et al*., 2003) และช่วยให้เซลล์ประสาททำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อนุมูลอิสระ (free radicals) หรือ Reactive oxygen species (ROS) เป็นโมเลกุลหรืออิออนที่มีอิเลคตรอนโดดเดี่ยวอยู่รอบนอกและมีอายุสั้นมาก จัดเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียรและว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี จึงทำปฏิกิริยากับโมเลกุลต่าง ๆ ภายในร่างกายเพื่อให้ตัวมันเสถียร แหล่งที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระในตัวคนมี 2 แหล่ง คือ จากภายในร่างกาย เช่น การเผาผลาญอาหาร การหายใจ การออกกำลังกาย และจากแหล่งภายนอกร่างกายที่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดอนุมูลอิสระ ได้แก่ ความเครียด การติดเชื้อ มลพิษในอากาศ เป็นต้น อนุมูลอิสระมีหลายชนิด ชนิดที่สำคัญ ได้แก่ ซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (superoxide anion), ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide), ไฮดรอกซิลแรดดิเคิล (hydroxyl radical) เมื่อมีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นจึงเกิดการทำลายโมเลกุลอื่น ๆ ต่อเนื่องกันเป็นลูกโซ่ ส่งผลให้เกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อร่างกาย เกิดริ้วรอยเหี่ยวย่นบนใบหน้า รอบดวงตา และผิวพรรณ รวมทั้งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคเรื้อรังต่าง ๆ ซึ่งปกติภายในร่างกายของเรามีกลไกป้องกันการโจมตีจากอนุมูลอิสระ โดยอาศัยการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระที่สร้างขึ้นในร่างกาย เช่น เอนไซม์ซุปเปอร์ร็อกไซด์ ดิสมูเตส (superoxide dismutase), คาทาเลส (catalase), กลูทาทิออน เปอร์รอกซิเดส (GPX) เป็นต้น แต่การสร้างสารต้านอนุมูลอิสระยังไม่เพียงพอและมีขีดจำกัด ประกอบกับเมื่ออายุมากขึ้นร่างกายสร้างสารต้านอนุมูลอิสระได้น้อยลง ดังนั้นร่างกายจึงควรรับสารต้านอนุมูลอิสระจากภายนอก โดยการรับประทานอาหารที่อุดมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) คือสารที่มีคุณสมบัติยับยั้ง ปฏิกิริยาลูกโซ่ ของอนุมูลอิสระ มีทั้งที่เป็น สารจากธรรมชาติ (natural antioxidant) และ สารสังเคราะห์ (synthetic antioxidant) และมีฤทธิ์ทำลายอนุมูลอิสระที่ร่างกายได้รับ เช่น ควันบุหรี่ แอลกฮอลล์ รังสี UV เอ็กซเรย์ ให้กลายเป็นสารที่ไม่มีอันตรายต่อเซลล์ร่างกาย สามารถป้องกันหรือซ่อมแซมความเสียหายของ เซลล์ร่างกายจาก ออกซิเจน ได้ สารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ วิตามินอี เอ ซี ดี ซีลีเนียม บีตาแคโรทีน และพฤกษาเคมีต่างๆ (phytochemicals) เช่น สารประกอบฟีนอลิค (polyphenol) ซึ่งมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มากในอาหารที่กลุ่มมังสวิรัติจะขาดไม่ได้ คือ จมูกข้าวสาลี ข้าวกล้อง ธัญพืชเมล็ดเต็ม (ไม่ขัดขาว) เป็นต้น

สารประกอบฟีนอลิคจัดเป็นสารในกลุ่ม secondary metabolite ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ของพืชแต่ละชนิด มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนเบนซีนที่มีจำนวนหมู่ไฮดรอกซี (-OH) เกาะอยู่อย่างน้อย 1 กลุ่ม มักรวมอยู่กับโมเลกุลของน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ (Glycoside) และพบได้ในส่วนของแวคคิวโอลภายในเซลล์ สารประกอบฟีนอลิคที่พบในธรรมชาติมีหลายกลุ่ม และมีลักษณะสูตรโครงสร้างทางเคมีแตกต่างกัน โดยกลุ่มใหญ่ที่พบจะเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) นอกจากนั้นยังมีสารประกอบต่างๆ เช่น simple monocyclic phenol phenyl propanoid phenolic quinone และ polyphenolic (Sosulski, 1979)

ฟลาโวนอยด์จัดเป็นสารสำคัญของกลุ่มโพลีฟีนอล เป็นกลุ่มสารที่ให้สีสันแก่พืช รวมถึงสีสรรสวยงามของกลีบดอกไม้ สารกลุ่มนี้สามารถดูดซับรังสี ultraviolet ได้ดีและเปล่งออกมาเป็นแสงสีต่างๆของดอกไม้ มักพบสารกลุ่มนี้ได้โดยเฉพาะในพืชที่อยู่บนดิน หรือพืชที่อยู่เหนือน้ำ แต่จะไม่พบในพืชที่อยู่ในทะเลลึก เช่น marine algae

สารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ได้แก่ (Rice-Evans et al., 1997 ; Shahidi and Naczk, 2004)

- flavon-3-ols เช่น quercertin และ kaemperol
- flavone เช่น rutin, luteolin และ apigenin
- flavan-3-ols เช่น epicatechin และ epigallocatechin
- flavanone เช่น taxifolin, narirutin และ hesperidin
- anthocyanin เช่น cyanidin และ delphinidin

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทบาทของไนโตรเจน

ไนโตรเจน (Nitrogen) เป็นธาตุที่มีความสำคัญ และมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นอย่างมาก และมักจะพบการขาดธาตุไนโตรเจนในดินที่ปลูกพืช เนื่องจากพืชมีความต้องการธาตุไนโตรเจนในปริมาณมากและในดิน มักมีปริมาณที่ไม่เพียงพอ ดังนั้นธาตุไนโตรเจนจึงจัดเป็นธาตุอาหารที่ จำเป็น ต่อการเจริญเติบโต และ การสร้าง ผลผลิต ซึ่งไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของคลอโรฟิลล์ โดยในโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ 4 อะตอม

ทำหน้าที่รับพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง และเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเอนไซม์ต่างๆ ที่มีหน้าที่ควบคุมการเร่งปฏิกิริยาทางชีวเคมีภายในต้นพืช นอกจากนี้ไนโตรเจนยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการแบ่งเซลล์ หรือเพิ่มการเจริญเติบโตของเซลล์ และการเพิ่มไนโตรเจนให้แก่พืช สามารถช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนในเมล็ดได้ เพราะไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกรดอะมิโน ซึ่งทำหน้าที่ในการสังเคราะห์โปรตีน อีกทั้งไนโตรเจนยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในต้นพืชอีกมาก เช่น การสร้างสารพลังงานสูงได้แก่ ATP (Adenosine triphosphate) และวิตามิน (อารีรัตน์, 2542)

เมื่อข้าวขาดไนโตรเจนจะแสดงอาการที่ใบแก่หรือบางครั้งใบทั้งหมดจะเป็นสีเขียวอ่อนปลายใบเหลือง ถ้าขาดไนโตรเจนรุนแรงใบแก่จะตายเหลือเพียงใบอ่อน โดยใบจะแคบ สั้นและตั้งตรงมีสีเขียวปนเหลือง การขาดไนโตรเจนมักเกิดในระยะข้าวแตกกอและระยะกำเนิดช่อดอก ซึ่งเป็นระยะที่ข้าวมีความต้องการไนโตรเจนสูง การขาดไนโตรเจนส่งผลให้การแตกกอลดลง ต้นข้าวแคระแกรน มีเมล็ดดีต่อรวงลดลงทำให้ผลผลิตข้าวลดลง (Blamey *et al*., 1987) ซึ่งสาเหตุของการขาดไนโตรเจนในข้าวมีหลายสาเหตุด้วยกัน เช่น เกิดจากดินนามีระดับไนโตรเจนต่ำ, การใส่ปุ๋ยไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช, ดินขาดน้ำ, การใส่ปุ๋ยด้วยวิธีการและเวลาที่ไม่เหมาะสม, การสูญเสียไนโตรเจนไปกับผลผลิตที่เก็บเกี่ยว รวมทั้งการที่ดินมีการสูญเสียไนโตรเจนจากขบวนการต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการระเหยสูญเสียในรูปก๊าซแอมโมเนีย (NH_3 volatilization) หรือการสูญเสียไปกับน้ำโดยการถูกชะล้างและไหลบ่าไปกับผิวดิน (leaching and runoff) และกระบวนการ Dinitrification จากสาเหตุดังกล่าวทำให้ประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ให้กับข้าวลดลง และมีผลให้ต้นข้าวสามารถใช้ประโยชน์จากปุ๋ยไนโตรเจนได้เพียงร้อยละ 30-40 ของปริมาณไนโตรเจนที่ใส่ลงไป (สาคร, 2530)

บทบาทของไนโตรเจนต่อระยะพัฒนาการและ การเจริญเติบโต

ไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อต้นข้าวทั้งในระยะ Vegetative growth และ Reproductive growth มีผลต่อการเจริญทางลำต้ น ใบ ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของใบในระหว่างการเจริญทางสืบพันธุ์ การสร้างโปรตีน การสะสมน้ำหนักแห้งตลอดระยะการเจริญเติบโตของข้าว และพื้นที่ใบ โดยค่าดัชนีพื้นที่ใบจะเพิ่มขึ้นตามอายุของพืช และสูงสุดในระยะที่ข้าวออกรวง (heading) หลังจาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นั้นค่าดัชนีพื้นที่ใบจะลดลงเป็นลำดับเนื่องจากใบล่างแห้งตาย สอดคล้องกับ Murato (1982) รายงานว่าไนโตรเจนมีผลต่อการเพิ่มพื้นที่ใบ จำนวนต้นต่อกอ จำนวนดอกต่อรวง และกิจกรรมการสังเคราะห์แสงของข้าวสูงขึ้น และ De Datta (1981) รายงานว่าไนโตรเจนจำเป็นสำหรับข้าวในระยะเริ่มแตกกอ (tillering stage) จนถึงระยะแตกกอสูงสุด (maximum tiller stage) และเริ่มสร้างรวงอ่อนซึ่งในระยะนี้ข้าวจะหยุดการเจริญทางลำต้น แต่จะมีการสะสมแป้ง (คาร์โบไฮเดรต) มากขึ้นแทน

จากระยะที่ข้าวแตกกอสูงสุดถึงระยะหลังของการกำเนิดเมล็ด (late stage of spikelet initiation) ข้าวจะมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด มีการขยายพื้นที่ใบอย่างรวดเร็ว ซึ่งในระยะนี้ข้าวจะได้รับไนโตรเจน มาจากการสลายตัวของอินทรีย์ หรือ ไนโตรเจนที่สลายตัวอย่างช้าๆ รวมถึงไนโตรเจนจากปุ๋ยแต่งหน้า โดยไนโตรเจนที่ข้าวดูดใช้ในระยะนี้มีผลต่อการสร้างเมล็ด (spikelets) อย่างมาก (Kumura, 1956) เนื่องจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในระยะนี้ข้าวสามารถดูดใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเพิ่มจำนวนเมล็ดต่อรวงได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามการใช้ไนโตรเจนในอัตราสูงในระยะนี้จะทำให้เกิดการยืดยาวของลำต้นข้าว (culm) ได้ ส่งผลให้เกิดการหักล้ม ของต้นข้าว นอกจากนั้นจะนำไปสู่ความไม่สมดุลกันระหว่างจำนวนเมล็ดต่อพื้นที่ และเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดดี (Wada *et al*., 1986)

หลังจากระยะกำเนิดเมล็ด (late stage of spikelet initiation) ข้าวจะหยุดการเจริญเติบโตทางลำต้น ใบ แต่มีการสะสมคาร์โบไฮเดรตมากขึ้น (Wada, 1969) ไนโตรเจนที่ข้าวดูดไปใช้ได้มีผลต่อขนาดของแหล่งสะสม (sink size) โดยลดเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ เพิ่มขนาดเมล็ด และส่งเสริมการเจริญของเมล็ดโดยเพิ่มน้ำหนักจำเพาะของใบ (specific leaf weight) ปริมาณไนโตรเจนในใบ และการสะสมคาร์โบไฮเดรต

หลังออกรวงเป็นระยะที่มีการสะสมคาร์โบไฮเดรตในเมล็ด ไนโตรเจนจะช่วยส่งเสริมการสะสมคาร์โบไฮเดรต ปริมาณไนโตรเจนที่ข้าวดูดใช้ในระยะนี้ มีน้อยเมื่อเทียบกับไนโตรเจนที่ต้องการ (Wada *et al*., 1986) เนื่องจากไนโตรเจนจำนวนมากมาจากการเคลื่อนย้ายจากใบไปสู่เมล็ด เพื่อรักษาใบให้สามารถสังเคราะห์แสงได้สูงและยาวนาน ต้องให้มีการดูดไนโตรเจนได้สูงเพื่อรักษาไนโตรเจนในใบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไนโตรเจนมีผลต่อการสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของข้าว Shama and Prasad (1980) รายงานว่าเมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนมีผลทำให้น้ำหนักแห้งของข้าวเพิ่มขึ้น ข้าวจะมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนสูงขึ้น โดยเฉพาะในระยะที่ข้าวสร้างรวงอ่อน De Datta (1981) ได้อธิบายว่า ในระยะแตกกอจนถึงระยะสร้างรวงอ่อนไนโตรเจนที่ถูกดูดโดยข้าวจะถูกนำไปใช้ในการเพิ่มพื้นที่ใบ จำนวนหน่อต่อกอ ขนาดของกอ จำนวนรวงต่อกอ และในช่วงพัฒนารวง (ระยะตั้งแต่เริ่มสร้างรวงอ่อนจนถึงออกรวง) ไนโตรเจนจะถูกนำไปใช้เพิ่มจำนวนดอก จำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าวให้สูงขึ้น และไนโตรเจนที่ถูกดูดหลังการออกรวงจะถูกนำไปใช้ในการเพิ่มน้ำหนัก 1,000 เมล็ด

บทบาทของไนโตรเจนต่อ ผลผลิตและคุณภาพเมล็ด

เมื่อข้าวได้รับปัจจัยต่างๆที่เหมาะสมจะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ไนโตรเจนก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่พืชต้องการนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต จาก รายงานของ IRRI (1989) รายงานว่าข้าว Indica type เมื่อมีการให้ปุ๋ยไนโตรเจน 1 กิโลกรัม จะสามารถสร้างผลผลิตได้ 15-20 กิโลกรัม ทั้งข้าวพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ปรับปรุง และ Moor *et al*. (1981) รายงานว่า ข้าวพันธุ์ Lebonnet ซึ่งเป็น indica type เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 กิโลกรัมต่อไร่ สามารถเพิ่มผลผลิตได้ถึง 1,212 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนในสภาพที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนได้ผลผลิตเพียง 453 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วย ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เมื่อมีการเพิ่มระดับปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้จนถึงระดับหนึ่งแล้วผลผลิตจะไม่เพิ่ม ถึงแม้จะเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนก็ตาม สอดคล้องกับการศึกษาของ อารีรัตน์ (2542) พบว่า ข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 ให้ผลผลิตสูงสุดที่อัตรา 14.4 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ซึ่งเมื่อเพิ่มเป็น อัตราปุ๋ยเป็น 21.6 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ทำให้ผลผลิตลดลง 11 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ทราบว่า การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากเกินพออาจทำให้ผลผลิตลดลงได้ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

ในส่วนของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่มีผลต่อผลผลิตข้าวนั้น จากการศึกษาของ Lie *et al*. (1996) พบว่าระดับไนโตรเจนที่เหมาะสมที่ให้ผลผลิตข้าวสูงควรเป็น 90 และ 140 กก.ไนโตรเจน/เฮกตาร์ (14.4 และ 22.4 กก.ไนโตรเจนต่อไร่) ในทำนองเดียวกับผลการศึกษาของ Yang *et al*. (1996) พบว่าข้าวจะให้ผลผลิตสูงสุดที่ระดับไนโตรเจน 225 กก.ไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ (36 กก.ไนโตรเจนต่อไร่) นอกจากนั้น Carreres *et al*. (2000) พบว่าในดินเหนียวร่วน (loamy clay) ผลผลิต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อระดับปุ๋ยไนโตรเจนจาก 0 จนกระทั่งถึง 100 กก.ไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ (16 กก.ไนโตรเจนต่อไร่) และการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 150 กก.ไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ (24 กก.ไนโตรเจนต่อไร่) ในครั้งที่สองในระยะกำเนิดช่อดอกข้าว จะช่วยเพิ่มผลผลิต ข้าวให้สูงขึ้น นอกจากนั้นผลกรศึกษาของ Pathak *et al*. (1980) ที่อินเดียพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราไนโตรเจนจาก 0 เป็น 90 กก.ไนโตรเจน/เฮกตาร์ (14.4 กก.ไนโตรเจนต่อไร่) ทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มจาก 2.3 ตัน/เฮกตาร์ (368 กก.ต่อไร่) เป็น 4.58 ตัน/เฮกตาร์ (732.8 กก.ต่อไร่) แต่ถ้าเพิ่มระดับไนโตรเจนมากถึง 120 กก.ไนโตรเจน/เฮกตาร์ (19.2 กก.ไนโตรเจนต่อไร่) ผลผลิตข้าวจะไม่เพิ่มขึ้นแต่อย่างใด และไนโตรเจนมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบผลผลิต ดังนี้ ในการเพิ่มระดับปุ๋ยไนโตรเจนจาก 0 เป็น 70 150 และ 220 กก.ไนโตรเจน/เฮกตาร์ (11.2 24 และ 35.2 กก.ไนโตรเจนต่อไร่) จะให้จำนวนหน่อมากที่สุด และเปอร์เซ็นต์การสร้างหน่อเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ (Won *et al*., 1999) ซึ่งมีผลเป็นไปในทางเดียวกันกับผลการศึกษาของ Eitzen (1991) ที่พบว่าระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้จำนวนหน่อต่อตารางเมตรของข้าวเพิ่มขึ้นตาม แต่จะมีผลทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่ไม่ใช่ส่วนโครงสร้างของเซลล์ (total nonstructural carbohydrates : NC) ของข้าวเมื่อเกี่ยวแล้วลดลง ไนโตรเจนจะเพิ่มจำนวนรวงต่อกอหรือช่อดอกต่อกอให้สูงขึ้น แต่จะลดน้ำหนัก 1,000 เมล็ดลง (Lie *et al*., 1996) เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Yang et al. (1996) ปุ๋ยไนโตรเจน จะทำให้เปอร์เซ็นต์ของข้าวเมล็ดดีในรวง แต่จะทำให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดลดลง ซึ่งจากที่กล่าวมาปริมาณไนโตรเจนที่ข้าวต้องการเพื่อให้ได้ผลผลิตที่เหมาะสมนั้นก็จะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวที่ปลูก ชนิดของดิน ปริมาณวัชพืช และอื่นๆ (Sims, 1965)

ระบบการปลูกข้าวแบบสภาพไร่

การปลูกข้าวในสภาพไร่นั้นเป็นการปลูกข้าวบนที่ดอนและไม่มีน้ำขังในพื้นที่ปลูก ชนิดของข้าวที่ปลูก เรียกว่า ข้าวไร่ (upland rice) โดยพื้นที่ดอนส่วนมากจะเป็นตามไหล่เขา ที่ราบเชิงเขา มักจะไม่มีระดับ คือ สูง ๆ ต่ำ ๆ จึงไม่สามารถไถเตรียมดินและปรับระดับได้ง่าย ๆ เหมือนกับพื้นที่ราบ เนื่องจากเป็นที่ดอนไม่มีน้ำขังและไม่มีการชลประทาน การปลูกข้าวไร่จึงต้องใช้น้ำฝนเพียงอย่างเดียว พื้นดินที่ปลูกข้าวไร่จะแห้งและขาดน้ำทันทีเมื่อสิ้นฤดูฝน ดังนั้น การปลูกข้าวไร่จะต้องใช้พันธุ์ที่มีอายุเบา โดยปลูกในต้นฤดูฝน และแก่เก็บเกี่ยวได้ในปลายฤดูฝน การปลูกข้าวไร่ชาวนา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จะต้องหมั่นกำจัดวัชพืช เพราะที่ดอนมักจะมีวัชพืชมากกว่าที่ลุ่ม ซึ่งจะมีวิธีการปลูกข้าว เช่น การหว่าน หยอดเป็นหลุม หรือโรยเป็นแถว ซึ่งมีวิธีการปลูกที่แตกต่างกันอออกไป ดังนี้

1. การปลูกแบบหยอดเป็นหลุม หลังจากเตรียมดินแล้วใช้ไม้แหลมกระทุ้ง เสียมหรือจอบขุดลงในดิน ลึกประมาณ 3-5 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างหลุมประมาณ 30 เซนติเมตร ทำการหยอดเมล็ดข้าวลงในหลุมทันทีโดยหยอดหลุมละ 5-8 เมล็ด แล้วกลบหลุมด้วยดินบางๆ การปลูกโดยวิธีนี้ใช้เมล็ดพันธุ์ประมาณ 6-8 กก./ไร่ ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปลูกด้วยวิธีนี้ หลังจากปลูกแล้วประมาณ 7 วันควรตรวจดูการงอกของเมล็ด โดยเฉพาะการปลูกแบบหยอดเป็นหลุมหากพบว่าหลุมใดไม่งอกให้ปลูกซ่อมทันที

2. การปลูกแบบหว่าเหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีความลาดชันเล็กน้อย ต้องเตรียมดินให้ดี ตากดินแล้วก็สามารถหว่าน และควรคราดดินกลบทันทีให้เมล็ดข้าวฝังอยู่ในดินเพื่อป้องกันแมลงและสัตว์ศัตรูทำลาย การปลูกโดยวิธีนี้จะใช้เมล็ดพันธุ์ประมาณ 15 กก./ไร่ และไม่เป็นที่นิยมของเกษตรกร

3. การปลูกแบบโรยเป็นแถว มีการเตรียมดินเช่นเดียวกับการปลูกแบบหว่าน แต่จะใช้ไม้คราดหรือจอบทำร่องตามขวางของความลาดเอียงของพื้นที่ ซึ่งแต่ละร่องจะห่างกันประมาณ 30 เซนติเมตร หลังจากนั้นทำการโรยเมล็ดข้าวลงในแถวที่เตรียมไว้ทันที แล้วกลบร่องด้วยดินบางๆ การปลูกโดยวิธีนี้จะใช้เมล็ดพันธุ์ประมาณ 15 กก./ไร่

ปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวในสภาพไร่

ปริมาณน้ำฝน ข้าวที่ปลูกในสภาพไร่ในเขตพื้นที่อาศัยน้ำฝน ดินมีการระบายน้ำได้ดีตามธรรมชาติ ไม่มีการกักเก็บน้ำไว้บนผิวดินตามปกติไม่มีการให้น้ำจากการชลประทานและไม่มีการปั้นคันดินเพื่อกักเก็บน้ำ (Garrity, 1984 ; Huke, 1982) มีการเตรียมดินและหยอดเมล็ดข้าวภายใต้ดินแห้งและปริมาณความชื้นที่ใช้ในการเจริญเติบโต ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนแต่เพียงอย่างเดียว (Huke, 1982) พื้นที่ปลูกข้าวในสภาพไร่ที่เหมาะสมควรได้รับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ประมาณ 200 มม.ต่อเดือน และควรจะมีการกระจายของน้ำฝนที่ดี ในการปลูกข้าวในสภาพไร่เพื่อให้มีการเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตสูงนั้นการกระจายของน้ำฝนจะมีความสำคัญมากกว่าปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูการเพาะปลูก ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่ตกแต่ละครั้งนั้นมีความแปรปรวนมากไม่สามารถคาดคะเนล่วงหน้าได้ (De Datta and Vergara, 1975)

ความยาววัน ตามปกติเกษตรกรจะปลูกข้าวในสภาพไร่มักจะปลูกในต้นฤดูฝนซึ่งมีความยาวของกลางวันยาวในประเทศไทย เกษตรกรจะเริ่มปลูกข้าวในต้นเดือนพฤษภาคมของทุกปี ซึ่งพบว่าข้าวไร่จะเริ่มออกดอกในเดือนสิงหาคม-กันยายน ซึ่งเป็นระยะที่มีความยาวของกลางวัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มากกว่า 12 ชม. และเก็บเกี่ยวข้าวในเดือนกันยายน-ตุลาคม ซึ่งข้าวที่เกษตรกรปลูกส่วนใหญ่เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมือง ซึ่งเป็นพันธุ์ไม่ไวแสง ซึ่งพันธุ์ไวต่อแสงจะมีอายุเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้น เมื่อเพิ่มความยาวของช่วงแสงและจะไม่ออกดอกเมื่อความยาวของช่วงแสงมากกว่าความยาวของช่วงแสงวิกฤต ซึ่งตามปกติจะมีช่วงระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบค่อยข้างสั้นกว่า 40 วัน (Yoshida, 1981 ; Vergara and Chang, 1985) แต่ก็พบว่าพันธุ์ข้าวไร่ที่ออกดอกในช่วงที่มีความยาวของกลางวันยาวนั้น เป็นพันธุ์ไม่ไวต่อช่วงแสง ซึ่งจะมีช่วงระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบยาว (Khamboonraung, 1981 ; De Datta and Vergara, 1975) แต่ก็มีข้าวไร่บางพันธุ์ที่มีความไวต่อช่วงแสงอย่างอ่อน (บริบูรณ์, 2527 ; พรชัย, 2527) ซึ่งพันธุ์ที่ไวต่อช่วงแสงอย่างอ่อนจะมีอายุการเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้น เมื่อมีความยาวของช่วงแสงมากกว่า 12 ชม. โดยมีช่วงระยะที่ตอบสนองต่อความยาวของช่วงแสงยาวมากกว่า 30 วัน และสามารถออกดอกได้ในวันที่มีความยาวของช่วงแสงยาวมากกว่า 12 ชม. (Yoshida, 1981 ; Vergara and Chang, 1985)

อุณหภูมิ โดยทั่วไปในพื้นที่เขตร้อน อุณหภูมิไม่ค่อยมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวที่ปลูกในสภาพไร่มากนัก นอกจากพื้นที่ปลูกจะอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลมาก ๆ ซึ่งมีอุณหภูมิในตอนกลางคืนลดต่ำลงต่ำกว่าอุณหภูมิวิกฤติในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ซึ่งมีจะมีผลทำให้ชะงักการเจริญเติบโตและผลผลิตต่ำลง ในระหว่างระยะเริ่มสร้างรวงอ่อน ระยะการแบ่งตัวของเซลล์สืบพันธุ์ และระยะการพัฒนาการของเกสร ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 14-18 องศาเซลเซียส จะมีผลทำให้เมล็ดเป็นหมันหรือเมล็ดลีบได้ (IRRI, 1979 ; Gupta and O' Toole, 1986) ปกติข้าวที่ปลูกในสภาพไร่จะประสบกับความเสียหายอันเนื่องจากอุณหภูมิสูง เมื่อต้นข้าวขาดน้ำ (Gupta and O' Toole, 1986) ถ้าอุณหภูมิสูงมากกว่า 35 องศาเซลเซียส ในช่วงระยะการเจริญเติบโตทางสืบพันธุ์ในระยะ 15 วันก่อนออกดอก ทำให้เมล็ดเป็นหมันหรือผสมไม่ติดเมล็ดลีบ (Yoshida, 1981)

ลม เป็นปัจจัยของสิ่งแวดล้อม ที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของข้าวไร่เช่นเดียวกันถ้าแปลงปลูกข้าวมีการระบายลมดีจะช่วยพัดพาก๊าซที่มีความจำเป็นต่อการหายใจ และจำเป็นต่อการสังเคราะห์แสง คือ ก๊าซออกซิเจน และ ก๊าซคาร์บอนไดอกไซด์ให้ถ่ายเทภายในแปลงอย่างสม่ำเสมอ จะทำให้ข้าวมีการเจริญเติบโตตามปกติ

ระบบการปลูกข้าวในสภาพปักดำ

การปลูกข้าวในสภาพนาดำนั้นเหมาะกับพื้นที่ที่มีน้ำเพียงพอ IRRI (1991) กล่าวว่าน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการทำนาข้าวเพราะเกษตรกรต้องจัดการน้ำให้ขังอยู่ในนาตลอดฤดูปลูก ซึ่งนับเป็นปริมาณน้ำจำนวนมาก ซึ่งการทำนาดำเป็นวิธีการทำนาที่มีการนำเมล็ดข้าวไปเพาะในแปลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่เตรียมไว้ (แปลงกล้า)ให้งอกเป็นต้นกล้า แล้วถอนนำต้นกล้าไปปักลงในแปลงนาที่เตรียมเอาไว้ และมีการดูแลรักษาจนให้ผลผลิต การทำนาดำนิยมในพื้นที่ที่มีแรงงานเพียงพอซึ่งในปัจจุบันเกิดปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการทำนาดำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการถอนกล้าและปักดำข้าว ซึ่งสิ้นเปลืองแรงงานมาก ประกอบกับค่าแรงสูงทำให้ชาวนาต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม การปลูกในสภาพปักดำจะมีวัชพืชน้อยกว่าวิธีการปลูกในสภาพไร่ ชนิดของวัชพืชและจำนวนวัชพืชที่งอกขึ้นอยู่กับความชื้นของดินและความลึกของน้ำในแปลงนาดังนั้นการให้น้ำขังในช่วงแรกของการเจริญเติบโตของต้นข้าวจึงมีความสำคัญมากเพราะมีผลอย่างมากในการควบคุมวัชพืช เพราะหากปล่อยไว้วัชพืชเจริญคลุมพื้นที่แล้วจะยากในการควบคุมวัชพืชโดยวิธีปล่อยน้ำท่วมขังอีก ซึ่งสำหรับในสภาพปักดำแล้วการจัดการให้มีน้ำขังตลอดฤดูปลูกเป็นการควบคุมวัชพืชได้อย่างยั่งยืน

อิทธิพลของน้ำท่วมขังของการปลูกข้าวในสภาพปักดำ

De Datta (1981) กล่าวว่า เหตุผลหลักที่ชาวนาต้องปล่อยน้ำท่วมขังในนาข้าวเพราะพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่แล้ว จะเจริญเติบโตได้ดี ให้ผลผลิตเมล็ดสูงเมื่อต้นข้าวอยู่ในสภาพน้ำท่วมขังมากกว่าในสภาพน้ำไม่ท่วมขัง ทั้งนี้เพราะน้ำท่วมขังมีผลต่อลักษณะทางกายภาพขอต้นข้าว ธาตุอาหารและลักษณะทางกายภาพของดิน และมีผลต่อวัชพืชในนาข้าว ดังนี้

1. ผลต่อลักษณะทางกายภาพของต้นข้าว ต้นข้าวจะมีความสูงเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกของน้ำที่ท่วมขังอยู่ในนาข้าว (ความแข็งแรงของลำต้นข้าวซึ่งมีผลทำให้ต้นข้าวมีความต้านทานต่อการหักล้ม จะลดลงตามความสูงของต้นข้าวที่เพิ่มขึ้น) แต่ในทางกลับกันจำนวนกอของข้าวจะมีจำนวนผกผันกับความลึกของน้ำที่ขังในนาข้าว ในขณะที่ความแห้งของดินจะมีผลทำให้การแตกกอของต้นข้าวน้อยลงซึ่งเห็นได้ชัดเจนกว่าผลของความลึกของระดับน้ำในนาข้าว Senewiratne and Mikkelsen (1961) ได้เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นข้าวในดินที่มีน้ำท่วมขังต้นข้าวที่ปลูกในดินดอนซึ่งไม่มีน้ำขัง พบว่าช่วงแรกของการเจริญเติบโตต้นข้าวที่เจริญในดินดอนมรการเจริญเติบโตได้มากกว่า แต่ในช่วงหลังของการเจริญเติบโตกลับพบว่าต้นข้าวที่เจริญในดินที่มีน้ำขังนั้นมีจำนวนกอ ความสูงของต้น และพื้นที่ใบมากกว่าต้นที่เจริญบนที่ดอนซึ่งไม่มีน้ำขัง

2. ผลต่อสภาวะของธาตุอาหารและสารประกอบในดินรวมทั้งลักษณะทางกายภาพของดิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบว่า ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารหลายชนิดได้แก่ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม ซิลิคอน และเหล็กจะเพิ่มมากขึ้นในดินที่มีน้ำขัง แต่ถ้าดินนั้นเป็นดินที่มีความสามารถในการซึมผ่านได้สูง ธาตุอาหารเหล่านั้นก็จะสามารถถูกชะล้างออกไปจากบริเวณของรากพืชได้ง่ายเช่นกัน

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและประจุไฟฟ้าทางเคมีที่สำคัญในดินภายใต้สภาพน้ำขัง ได้แก่

- การขาดออกซิเจน
- เกิด Chemmical reduction ของดินหรือลด redox potential
- เพิ่ม pH ในดินกรด และลด pH ใน Calcareous และ Sodic Soils.
- เพิ่มการเป็นสื่อนำไฟฟ้า (specific conductance)
- เกิดการเปลี่ยน Fe^{3} ไปเป็น Fe^{2} และ Mn^{5} ไปเป็น Mn^{2}
- เกิดการเพิ่มปริมาณและความเป็นประโยชน์ของธาตุไนโตรเจน
- เกิดการเปลี่ยนแปลง SO_4^{2-} ไปเป็น S^{-2}
- เกิดการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส ซิลิคอน และโมลิดินัม
- ลดความเข้มข้นของ Zinc และ Copper ที่ละลายน้ำได้
- เป็นแหล่งกำเนิดของคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และสารพิษต่างๆ เช่น กรดอินทรีย์ต่างๆ และไฮโดรเจนซัลไฟล์

การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เกิดขึ้นมากน้อยอย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับสภาพทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของดินนั้นๆ และยังขึ้นอยู่กับสภาพของน้ำและอุณหภูมิของน้ำด้วย

3. ผลต่อความเป็นพิษของดิน (Soil Toxicity) สภาพน้ำท่วมขัง น้ำให้เกิดกระบวนการ Reduction ของ Iron และ Manganese เช่นเดียวกับธาตุอื่นๆ ในดิน Organic acid ต่างๆ เช่น Acetic และ Butyric รวมทั้งแก๊สต่างๆ เช่น Carbon-dioxide Methane และ Hydrogen Sulfide ถูกผลิตขึ้นโดยเฉพาะ Methane เมื่อมีมากจะมีผลทำให้การพัฒนาของรากช้าลง ชะงักการดูดซึมธาตุอาหารและเป็นสาเหตุทำให้รากเน่า (มักเกิดช่วงระหว่างระยะกล้าถึงระยะกำเนิดช่อดอก) ซึ่งผลของสารพิษเหล่านี้ถูกจัดให้เป็นโรคพืชที่เกิดจาก physiological disease ความเป็นพิษเหล่นี้จะเห็นได้ชัดเมื่อออกซิเจนในดินถูกใช้ไปจนหมด เนื่องจากกระบวนการ decomposition ของอินทรียวัตถุจำนวนมากในดิน จึงควรมีการเพิ่มออกซิเจนให้แก่ดินบ้าง โดยการระบายน้ำออกจากแปลงนาเป็นช่วงๆ ซึ่งจะมีผลทำให้สารพิษเหล่านี้เกิดการ oxidized และแก๊สพิษก็จะถูกกำจัดออกไปทางผิวหน้าดิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การไหลซึมของน้ำจะนำออกซิเจนเข้าไปในดิน และชะล้าง toxin บริเวณรากข้าว การไหลซึมอัตรา 2-3 มม./วัน จะช่วยแก้ปัญหาความเป็นพิษต่างๆได้

4. ผลต่ออุณหภูมิของน้ำ อุณหภูมิของน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของเมล็ดข้าวมากน้อยแตกต่างกันไปตามชนิดและสถานที่ที่ปลูกข้าว เช่น ในญี่ปุ่นพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 20-30 องศาเซลเซียส แต่ในปากีสถานอุณหภูมิที่สูงกว่ากลับไม่มีผลใดใดต่อข้าวพันธุ์ IR8 และข้าวสายพันธุ์ Indica และผลของอุณหภูมิที่สูงของน้ำ ทำให้ ลดผลผลิต ลดความสามารถในการ uptake Silicon และ Potassium ลดจำนวนกอ และเพิ่มจำนวนเมล็ดลีบของข้าวในรวง ส่วนที่อุณหภูมิต่ำของน้ำพบว่าข้าวสายพันธุ์ Indica บางพันธุ์เจริญเติบโตช้ามาก ลดการแตกกอ และหากน้ำมีอุณหภูมิต่ำในช่วงท้ายของการเจริญเติบโตจะมีผลทำให้มีการกำเนิดช่อดอกช้าลง ลดขนาดของช่อดอก และเพิ่มเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ผสมไม่ติด อีกทั้ง nutrient uptake จะชะงักเมื่ออุณหภูมิของน้ำต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส (Bhattacharyya and De Datta, 1971)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved