ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การปรับตัวของพันธุ์ข้าวไทยต่อสภาพดินน้ำขัง

ผู้เขียน นางสาวเจนจิรา หม่องอ้น

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) พืชไร่

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ศ.ดร. เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม ประธานกรรมการ
รศ.ดร. ศันสนีย์ จำจด กรรมการ

บทคัดย่อ

การปลูกข้าวในประเทศไทยมีระดับน้ำในดินและการจัดการน้ำในพื้นที่เพาะปลูกแตกต่างกันจึงมีผลกระทบที่เกิดจากความแปรปรวนของระดับน้ำในดินต่อรูปแบบและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร เมื่อดินถูกน้ำขัง ออกซิเจนในดินจะหมดไปอย่างรวดเร็ว รากข้าวที่อยู่ภายใต้สภาพน้ำขังจึงมีการปรับตัวทั้งทางด้านสัณฐานวิทยาและสรีระวิทยาเพื่อให้สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพขาดออกซิเจน การปรับตัวของข้าวประกอบด้วยการสร้างโพรงอากาศ (aerenchyma) เพื่อนำออกซิเจนจากชั้นบรรยากาศลงไปในรากและสร้างผนังกั้นการรั่วไหลของออกซิเจนเพื่อลดการสูญเสียออกซิเจนออกไปตามรัศมีรากก่อนที่จะถึงปลายราก อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงทางเคมีดินและชีวเคมีของดินในสภาพน้ำขังมีอิทธิพลอย่างมากต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสฟอรัสที่เปลี่ยนไปอยู่ในรูป $H_2PO_4^-$ และ HPO_4^{2-} ที่พืชดูดใช้ได้ง่าย หากแต่สำหรับพืชที่ไม่ใช่ข้าวการขาดออกซิเจนอาจเป็นข้อจำกัดสำคัญต่อการดูดฟอสฟอรัสและธาตุอาหารอื่นในสภาพน้ำขัง

วิทยานิพนธ์นี้ทำการศึกษาการปรับตัวของพันธุ์ข้าวไทยต่อสภาพดินน้ำขังโดยมีการทดลองทั้งหมด 3 การทดลอง

การทดลองที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนองทางสัณฐานวิทยาและสมรรถภาพการดูดฟอสฟอรัสของข้าวและข้าวสาลีซึ่งเป็นตัวแทนของพืชไร่ที่ขึ้นอยู่ในดินที่น้ำไม่ขังเมื่อปลูกในสภาพ stagnant และ aerated ที่ได้รับฟอสฟอรัสต่ำและสูง โดยปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และข้าวสาลีพันธุ์ฝาง60 ในสารละลายธาตุอาหารที่พ่นด้วยอากาศ 24 ชั่วโมงต่อวัน (aerated condition) หรือในสารละลายธาตุอาหารที่ผสมวุ้น 0.1% (w/v) (stagnant condition)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่ระดับฟอสฟอรัสต่ำ (1.6 μM) หรือฟอสฟอรัสสูง (200 μM) พบว่าทั้งข้าวและข้าวสาลีต่างก็ปรับตัวต่อสภาพ stagnant ด้วยการเพิ่มจำนวนรากและความพรุนราก นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวสาลีมีความยาวรากในสภาพ stagnant มากกว่าสภาพ aerated ในขณะที่ข้าวกลับตอบสนองในทางตรงกันข้าม รากข้าวยังสามารถสร้างผนังกั้นการรั่วไหลของออกซิเจนเมื่อปลูกในสภาพ stagnant แต่ไม่พบในข้าวสาลี ขณะที่ทั้งข้าวและข้าวสาลีนั้นมีการสร้างโพรงอากาศเพิ่มขึ้นเมื่อปลูกในสภาพ stagnant และยังสามารถเพิ่มปริมาณโพรงอากาศได้อีกเมื่อขาดฟอสฟอรัส ปริมาณฟอสฟอรัสในพืชจะสูงที่สุดในสภาพ aerated ที่มีฟอสฟอรัสสูง แต่ในสภาพ stagnant ที่มีฟอสฟอรัสสูงนั้นข้าวมีปริมาณฟอสฟอรัสรวมสูงกว่าข้าวสาลีถึง 3 เท่า และมีสมรรถภาพการดูดฟอสฟอรัสสูงกว่าข้าวสาลี อย่างไรก็ตามปริมาณฟอสฟอรัสของข้าวในสภาพ stagnant ยังคงต่ำกว่าในสภาพ aerated อยู่ถึง 1.7 เท่า

การทดลองที่ 2 เปรียบเทียบการปรับตัวทางสัณฐานวิทยาและสมรรถภาพการดูดฟอสฟอรัสของข้าวไร่ 5 พันธุ์ ข้าวนาสวน 9 พันธุ์ และข้าวน้ำลึก 1 พันธุ์ โดยย้ายข้าวอายุ 21 วัน ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารเต็มสูตรในสภาพ aerated สู่สารละลายจำลองดินน้ำขัง (stagnant) เป็นเวลา 7 วัน โดยวัดความยาวราก จำนวนราก น้ำหนักแห้ง ปริมาณฟอสฟอรัส และการสร้างโพรงอากาศ พบว่าข้าวนาสวนกับข้าวน้ำลึกสร้างรากต่อไปอีก โดยมีจำนวนรากเพิ่มขึ้นแตกต่างกันระหว่างพันธุ์ 86 - 167% ส่วนข้าวไร่ 3 พันธุ์มีจำนวนรากเพิ่มขึ้นเล็กน้อยคือ 39 - 59% และอีก 2 พันธุ์ไม่มีการสร้างรากใหม่ ขณะที่ความยาวรากมีการตอบสนองต่อสภาพ stagnant ที่แตกต่างกัน โดยที่ภายใน 7 วัน ข้าวไร่ 4 พันธุ์และข้าวนาสวน 1 พันธุ์ มีความยาวรากเพิ่มขึ้นแต่ข้าวนาสวน 2 พันธุ์ลดลง ขณะที่ข้าวอีก 8 พันธุ์นั้นไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนความพรุนรากในข้าวไร่ 1 พันธุ์ และข้าวนาสวน 3 พันธุ์เพิ่มขึ้น 31 - 61% แต่ยังคงเดิมใน 11 พันธุ์ที่เหลือ ข้าวทั้ง 15 พันธุ์สะสมฟอสฟอรัสต่อไปใน สภาพ stagnant โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 180% ในข้าวนาสวนกับข้าวน้ำลึกและต่ำกว่าในข้าวไร่ที่ 140% พันธุ์ข้าวส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพการดูดฟอสฟอรัสของรากลดลง 10 - 30% ในสภาพ stagnant มีข้าวนาสวน 2 พันธุ์และข้าวน้ำลึก 1 พันธุ์ที่มีประสิทธิภาพไม่แตกต่างจากก่อนย้ายสู่สภาพ stagnant แต่พันธุ์น้ำสะกุย19 เป็นข้าวพันธุ์เดียวที่มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น การศึกษาแสดงให้เห็นว่าพันธุ์ข้าวมีการปรับตัวต่อสภาพน้ำขังแตกต่างกัน จึงจะได้ทำการศึกษาต่อไปเพื่อประเมินบทบาทของกระบวนการทางสรีระทั้งหลายนี้ต่อการปรับตัวต่อสภาพน้ำขังในข้าวต่างพันธุ์

การทดลองที่ 3 เปรียบเทียบความสามารถในการปรับตัวของรากชนิดต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตและการสะสมปริมาณฟอสฟอรัสของข้าว 3 พันธุ์ที่เลือกมาจากการทดลองที่ 2 คือพันธุ์สุพรรณบุรี1 เหมยนอง62 เอ็ม และน้ำสะกุย19 โดยย้ายข้าวอายุ 21 วัน ที่ปลูกในสารละลายธาตุ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การสะสมฟอสฟอรัสในสภาพ aerated ของข้าวที่มีแต่รากผอมเท่ากับข้าวที่มีรากตามปกติในพันธุ์สุพรรณบุรี1 และสูงกว่าข้าวที่มีแต่รากอ้วนในพันธุ์เหมยนอง62 เอ็ม แต่พันธุ์น้ำสะกุย19 ข้าวที่มีแต่รากอ้วนเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสได้สูงที่สุด ส่วนในสภาพ stagnant ข้าวที่มีแต่รากอ้วนหรือรากผอมสะสมฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นเท่ากันในพันธุ์สุพรรณบุรี1 และสูงกว่าในพันธุ์เหมยนอง62 เอ็ม แต่พันธุ์น้ำสะกุย19 ไม่แตกต่างกัน สมรรถภาพการดูดฟอสฟอรัสในสภาพ aerated เพิ่มขึ้นทุกพันธุ์ทั้งในข้าวที่มีแต่รากอ้วนหรือมีแต่รากผอมเฉลี่ย 22% และลดลง 4 - 38% ในสภาพ stagnant การทดลองนี้แสดงว่ารากผอมมีประสิทธิภาพต่อการเจริญเติบโตของพืชในสภาพที่มีออกซิเจนเพียงพอ แต่ถ้าในสภาพรากขาดออกซิเจนแล้วรากอ้วนมีบทบาทในการเจริญเติบโตมากกว่า

จากการศึกษานี้พบว่าข้าวมีการปรับตัวต่อสภาพขาดออกซิเจนได้แก่ การเพิ่มจำนวนรากหรือการสร้างรากใหม่ การสร้างโพรงอากาศที่มีการทำงานร่วมกับผนังกั้นการรั่วไหลของออกซิเจนเพื่อส่งออกซิเจนไปสู่ปลายราก และมีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ในการปรับตัวต่อสภาพขาดออกซิเจนและการหาอาหาร ดังนั้นข้าวที่มีอัตราการเจริญเติบโตของรากในสภาพขาดออกซิเจนสูงและการมีรากจำนวนมากจึงเป็นลักษณะที่สามารถใช้จำแนกความทนทานต่อการขาดออกซิเจนได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Thesis Title Adaptation of Thai Rice Varieties to Anaerobic Soil

Author Miss Jenjira Mongon

Degree Master of Science (Agriculture) Agronomy

Thesis Advisory Committee Prof.Dr. Benjavan Rerkasem Chairperson
Assoc.Prof.Dr. Sansanee Jamjod Member

ABSTRACT

In Thailand, rice is mostly grown in rainfed lowland ecosystem where water supply is variable during the growing season. When soil is waterlogged, gas space is replaced by water, oxygen is rapidly depleted. Thus the rice root must acclimate, by physiological and morphological changes, to adapt to this condition of oxygen deficiency. In anaerobic condition, rice root forms aerenchyma to transport oxygen from the atmosphere to the root. On the other hand phosphorus (P) becomes more available in waterlogged soil. Waterlogging can depress nutrient uptake efficiency in upland crops like wheat. In rice it is yet unclear how P uptake is affected by waterlogging. The objective of this study was to examine adaptation to waterlogged soil in Thai rice varieties, specifically in their morphological and physiological changes. There were three experiments.

The first experiment compared rice (KDML105) and wheat (Fang60) grown in aerated and stagnant nutrient solution (simulated waterlogged soil) with low (1.6 µM P) and high (200 µM P) P supply. There were four replicates with separate sets of pots for each harvest. Plants were harvested at one day before transfer to treatments and, 4, 8 and 12 days after treatment. Rice and wheat both adapted to stagnant condition by increasing root numbers and root porosity, by forming more aerenchyma, especially in low P supply. Wheat had longer roots in stagnant than aerobic conditions, but rice was opposite. Rice root developed barrier to limit radial oxygen loss when grown in stagnant condition but wheat did not. Phosphorus content in plant was highest in aerobic condition with high P supply, but in stagnant condition with high P supply, P content in rice was three folds higher than wheat. In stagnant condition rice had much higher P uptake efficiency than wheat. However, rice P content in stagnant was 1.7 folds lower than aerated condition. This study has found that the general adaptation to stagnant condition of rice and wheat consisted of increased root numbers and percentage of root porosity. Rice, however, shows better adaptation to stagnant condition than wheat by aerenchyma and barrier formation and higher P uptake efficiency.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

In the second experiment five upland, nine lowland and one deepwater rice varieties were grown in aerated full strength nutrient solution (sufficient P) for 21 days and then subjected to a stagnant nutrient solution (simulated anaerobic soil, same nutrient concentration) for seven days. Within these seven days in stagnant solution the rice varieties grew differently by a number of measures. The number of roots per plant in lowland and deep water varieties continued to grow, by 86 - 167%, and three of the upland rice grew less, by 39 - 59%, while two varieties of upland rice produced no new roots. Root length continued to increase in four upland and one lowland rice varieties; but stopped growing in one upland, six lowland and one deepwater variety, and in two lowland rice varieties the root became shorter. The root became more porous in the stagnant solution in one upland and three lowland rice varieties, with 31 - 61% increase in root porosity; but did not change the other varieties. All of the rice varieties continued to accumulate more P in the stagnant solution, slightly more in lowland and deepwater varieties (180%) than upland varieties (140%). After seven days in stagnant solution P uptake efficiency (mg P/ g root DW) was the same as before they were placed in stagnant solution in two lowland and one deepwater rice varieties, increased only in Nam Sa Gui 19 (lowland rice), and decreased by in the other 11 varieties. It is clear that rice varieties adapted to anaerobic condition.

The third experiment compared three rice varieties (SPR1, MN62M and NSG19, selected from pervious study) in their response to aerobic/anaerobic condition and P. The rice plants were grown in aerated full strength nutrient solution (sufficient P) for 21 days and then the roots were pruned and transferred to a stagnant or aerated nutrient solution with low (1.6 μM) and high (200 μM) P supply for seven days. Total dry weight plant P accumulation and P uptake efficiency decreased from before transition for 16, 23 and 92% respectively in low P supply. In high P supply under aerated condition, total dry weight of thin root rice increased higher than fat root rice in SPR1 and MN62M. However, total dry weight in stagnant condition was higher than aerated condition. Especially total dry weight of fat root rice in stagnant condition was higher than aerated condition for 2.5 and 3.5 folds in SPR1 and MN62M respectively. Dry weigh of NSG19 was lowest increased. In aerated condition fat root rice of NSG19 grew higher than thin root rice but in stagnant condition was opposite.

Plant P content in aerated condition, thin root rice was the same as normal root rice and higher than fat root rice in SPR1 and MN62M but in NSG19 fat root rice was the highest increased. Phosphorus content in stagnant condition of fat root rice increased was the same as thin root rice in SPR1, higher than thin root rice in MN62M, but not differed in NSG19. All of rice varieties increased P uptake efficiency for 22% in fat and thin root rice in aerated condition but in stagnant condition was 4 - 38% decreased. This study has found that thin root was high efficiency for growth in aerobic condition but in anaerobic condition fat root play a key role to grow than thin root.

The results showed that rice varieties were differed responses to anaerobic condition. Adaptation of rice to anaerobic condition consisted of increased in root numbers, aerenchyma formation that enhance oxygen diffusion to root tip by barrier to radial oxygen loss and high root growth rate. These characteristics and acclimations give them tolerance to anaerobic condition.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved