Thesis Title Genotypic Variation in Tolerance to Acid Soil in Local Upland Rice Varieties

Author Miss Nattinee Phattarakul

Degree Doctor of Philosophy (Agronomy)

Thesis Advisory Committee Prof. Dr. Benjavan Rerkasem Chairperson

Assoc. Prof. Dr. Sansanee Jamjod Member

Assoc. Prof. Dr. Dumnern Karladee Member

ABSTRACT

Soil acidity is a major constraint to agricultural production worldwide. An estimated 30–40% of the world's arable soils have pH below 5.5. Although the poor fertility of acid soils is caused by many factors, aluminum (Al) toxicity is generally the major limiting factor of plant on these soils that inhibits root growth and nutrient uptake. In Thailand, acid soils are distributed in all parts of the country and covered about 45% of total land area. Many of these soils are utilized for rice production both in lowland and upland rice areas. Recently, acid soils become a problem not only on aerated rice on upland areas, but also more distributed to lowland rice areas managed by dry direct seeding and applying more acidifying nitrogen fertilizers. As rice has a wide range of genotypic variation in tolerance to Al toxicity and its mechanisms is still debated. The development of tolerant varieties to Al toxicity and acidic soils along with soil improvement should help to improve rice productivity on acid soils. A survey at Tee Cha village, Mae Hong Son, found some local upland rice varieties growing and yield well in acid soils (pH < 5) but less information for tolerance to soil

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

acidity. The present studies were to evaluate genotypic variation of rice in tolerance to Al toxicity and to determine their performance on acidic soils in farmers' fields.

A field study in the village evaluated the performance of upland rice varieties for adaptation to acidic soils and farmer's management by a crop cutting survey of farmers' upland rice is grown in shifting cultivation with soil pH as low as 4.5. This study found that yields of upland rice varieties varied among farmers' fields. Grain yield of five most common varieties in the village (Bue Bang, BB; Bue Mue Ta Bong, BM; Bue Gao, BG; Bue Paw Law, BP; Pa Ai Khu Phae, PA) varied from 0.8 to 2.8 ton ha^{-1} and straw yield varied from 1.6 to 4.6 ton ha^{-1}. There was also differential response between varieties in the same field. Three sampling farmers' fields designated as Field A, Field B and Field C, each of whom was growing two varieties: BB-PA, BM-PA and BB-BM, respectively. There was negative correlation between soil pH and exchangeable Al ($r = -0.662$; $P < 0.05$). In each plot, while soil pH was slightly lower in the subsoil, with exchangeable Al increasing from 40-100 mg Al kg^{-1} on the top soil to more than 200 mg Al kg^{-1} in the subsoil. The exchangeable Al in the soils was closely correlated with Al concentration in shoot part at tillering stage ($r = 0.80$; $P < 0.05$). The acid-soil tolerant BB and BM took up twice as much P, K, Ca and Mg and produced twice as much above ground dry matter as the sensitive PA. These differences are likely to have contributed towards yield difference, in which grain yield of PA was only one quarter of BM or one half of BB in the same field.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

As upland rice is commonly known to be fertilized by ash from slash-and-burn system, soil amendment effect was confirmed by simulating burning biomass on the top soil in a pot experiment. In the ash added treatment (Ash+), in which the same amount of biomass as in well regenerated fallows was burnt on the soil surface, plant

dry weight and nutrient uptake in rice were much higher than that grown on soil without the ash (Ash0). There was differential response between varieties to ash treatments. In Ash0, BB produced more root dry weight than KDML105. The roots of BB that distributed deeper in the soil layer were about three times as much as those of KDML105. Even though difference in total root dry weight of the two rice varieties disappeared in Ash+, rooting pattern over the soil depth was different. Genotypic variation in rooting depth suggests differential adaptation for upland rice in acidic soils. Shallow roots like KDML105 can take advantage of nutrients available on the soil surface such as those released by burning. Deeper roots like that of BB that penetrated to subsoil, however, should be advantageous in acquisition of water as well as nutrients deeper down in the soil profile.

Genotypic variation for Al tolerance in rice varieties adapted to highly of acidic soil was studied in more detail in nutrient solution. The five most common upland rice varieties from the village were investigated in comparison with a standard check (KDML105) with two Al levels, 0 and 30 mg Al L^{-1}(designated as Al_0 and Al_{30}). Root length of the varieties was differently inhibited in the presence of Al. Relative root length (root length with Al as % of root length without Al, RRL) was used as an indicator for Al tolerance. The RRL of the upland rice varieties varied from 37 to 74%. BB was the highest whereas PA was the lowest which was about the same as KDML105. Nine improved varieties were screened for Al tolerance in comparison with Al tolerant BB. The values of RRL varied from 22 to 46% among improved varieties, none of them was as tolerant to Al as local upland rice BB which had an RRL of 74%.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Genotypic variation in tolerance to Al was determined within and between two seed lots of BB from different farmers. Variation in the response to Al was indicated by variation in the RRL of 20 progeny lines of the two BB seed lots, with the RRL ranging between 51-81% in BB1 and 57-75% in BB2. However, almost all of the BB lines were more tolerant to Al than Al tolerant check, Koshihikari. Even though there was almost the same morphologically in these seed lots, they were indeed different genotypes at the DNA levels. Similar genotypic variation in tolerance to Al was found between and within seed lots of deep water rice on acid-sulphate soil sharing the same name of Leung Yai. Individuals from the seed of Leung Yai from 15 farmers showed much greater variation in root length in Al_{30} (CV = 19-34%) than in Al_0 (CV = 9-17%). The most Al tolerant line of BB and BM were selected for evaluating Al tolerant mechanism in comparison with a representative line of Al sensitive PA.

The Al tolerant (BB and BM) and sensitive (PA) upland rice and KDML105 (used as Al sensitive check) were grown in nutrient solution with four levels of added Al; 0, 10, 20 and 30 mg L^{-1} (designated as Al_0, Al_{10}, Al_{20} and Al_{30}). In sensitive PA and KDML105, increasing Al depressed RRL linearly to 30% at Al_{30}. The tolerant BB and BM were unaffected at Al_{10}, and at Al_{30} their RRL were still to 80% and 60%, respectively. At Al_{30}, BB and BM increased dry weight of their roots and shoots several times between 30 and 45 days, while PA and KDML105 almost stopped growing in the intervening 15 days. As Al tolerance in rice involves the ability to take up and accumulate essential nutrients, root weight was found to be a better indicator of nutrient uptake than root length. Shorter root length of BM was compensated by root dry weight and presumably surface area to take up essential

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

nutrients (i.e. N, P, K, Ca and Mg) to the same amount of BB. At Al_{30}, Al sensitive varieties accumulated less than one tenth of the nutrients taken up without the Al stress (Al_0) whereas nutrient uptake in Al_{30} in Al tolerant varieties were about 20-30% of that in Al_0. A key mechanism for Al tolerance in rice is suggested by the partitioning of Al between root and shoot. While Al tolerant BB and sensitive KDML105 had about the same Al accumulation in their roots, BB appeared to transport less Al from roots to shoot than KDML105. This study has shown that Al tolerance in upland rice is associated with ability of the roots to take up nutrients in the presence of toxic Al and possibly involving excluding Al from reaching the shoot by keeping it in the roots.

In conclusion, rice varieties differ markedly in their tolerance to soil acidity. Tolerant varieties grow more roots that are able to take up more nutrients in the presence of Al. They may also retain more Al in the roots, and so prevent Al to accumulate in the shoot. Nutrient solution technique is effective for screening large germplasm and could predict final crop yield in acidic soils. Local rice varieties tolerant to Al as BB and BM are useful to upland farmers who grow rice on acidic soils like those in Tee Cha village. They are also an invaluable resource for Al tolerance trait in rice breeding. However, genetic variation in Al tolerance in same varieties kept by different farmers and among individuals in the same seed lots of these local rice varieties means that care must be taken in identifying the right genotypes.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	ความแปรปรวนทางพันธุกรรมในความทนทานต่อดินกรดในพันธุ์ข้าวไร่พื้นเมือง
ผู้เขียน	นางสาวณัฏฐิณี ภัทรกุล
ปริญญา	วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (พืชไร่)
คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ศ. ดร. เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม ประธานกรรมการ
	รศ. ดร. ศันสนีย์ จำจด กรรมการ
	รศ. ดร. ดำเนิน กาละดี กรรมการ

บทคัดย่อ

ดินกรดเป็นปัญหาอย่างหนึ่งที่มีผลกระทบต่อการผลิตพืช โดย 30-40 เปอร์เซนต์ของพื้นที่ทั่วโลกพบว่าดินมี pH ต่ำกว่า 5.5 ถึงแม้ว่าความอุดมสมบูรณ์ต่ำในดินกรดนี้จะเกิดจากหลายปัจจัย ความเป็นพิษของอะลูมินั่มจัดว่าเป็นปัญหาหลักที่สำคัญที่พบในดินกรด เพราะอะลูมินั่มมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของรากและการดูดธาตุอาหาร ในประเทศไทยพบว่ามีพื้นที่ดินกรดกระจายอยู่ประมาณ 45 เปอร์เซนต์ของพื้นที่ทั้งประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ๆ มีการเพาะปลูกข้าวเป็นหลักทั้งข้าวนาและข้าวไร่ และเมื่อเร็วๆ นี้ปัญหาดินกรดมิได้เกิดขึ้นเฉพาะในพื้นที่ข้าวไร่ที่ปลูกในดินที่มีการระบายน้ำดีเท่านั้นแต่ได้ขยายพื้นที่ไปยังพื้นที่ๆ ปลูกข้าวนาโดยวิธีหว่านข้าวแห้ง และพื้นที่ๆ มีการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมสูง เนื่องจากข้าวมีความแปรปรวนระหว่างพันธุ์ในการตอบสนองต่อความทนทานของอะลูมินั่ม รวมทั้งความไม่ชัดเจนในกลไกความทนทานต่ออะลูมินั่มในข้าว การคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่ทนทานต่อความเป็นพิษของอะลูมินั่มและดินกรด รวมทั้งการจัดการดินจึงเป็นวิธีที่ช่วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพิ่มผลผลิตให้กับข้าวที่ปลูกในดินกรดได้ จากการสำรวจที่หมู่บ้านทีชะ จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบว่ามีข้าวไร่พื้นเมืองบางสายพันธุ์สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีในสภาพดินกรด (pH < 5) แต่ยังขาดการศึกษา จึงได้ดำเนินการศึกษานี้ เพื่อประเมินความแปรปรวนระหว่างพันธุ์ข้าวในการทนทานต่อความเป็นพิษของอะลูมินั่มและประเมินการตอบสนองของข้าวโดยการจัดการของเกษตรกร

ในการสำรวจเบื้องต้น ได้ประเมินผลผลิตของข้าวไร่พื้นเมืองในพื้นที่ดินกรดในแปลงของเกษตรกรในสภาพไร่หมุนเวียนที่เป็นพื้นที่ดินกรด มี pH ต่ำถึง 4.5 จากการประเมินผลผลิตพบว่ามีความแปรปรวนในสายพันธุ์ข้าวไร่ระหว่างแปลงของเกษตรกร จากพันธุ์นิยมจำนวน 5 พันธุ์ มีความแปรปรวนของผลผลิตเมล็ดระหว่าง 0.8 ถึง 2.8 ตันต่อเฮกตาร์ และผลผลิตฟางแห้งระหว่าง 1.6 ถึง 4.6 ตันต่อเฮกตาร์ นอกจากนี้ยังพบว่ามีความแปรปรวนระหว่างพันธุ์ที่ปลูกในแปลงของเกษตรกรแต่ละราย จากตัวอย่างแปลงเกษตรกรจำนวน 3 รายเรียกเป็น แปลง A แปลง B และแปลง C แต่ละแปลงปลูกข้าวไร่จำนวน 2 พันธุ์ คือ พันธุ์บือบ้างและปะอ้ายคูเผ่ในแปลง A พันธุ์บือหมื่อตาบ้องและปะอ้ายคูเผ่ในแปลง B และพันธุ์บือบ้างและบือหมื่อตาบ้องในแปลง C จากการวิเคราะห์ดินพบว่า มีความสัมพันธ์ในทางลบระหว่าง pH ของดินและปริมาณการละลายของอะลูมินั่มในดิน ($r = -0.662$; $P < 0.05$) ในขณะที่ดินมี pH ค่อยๆ ลดลงจากผิวดินลงไป การละลายของอะลูมินั่มจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จาก 40-100 มก. อะลูมินั่ม ต่อ กก. จากผิวดินเพิ่มขึ้นเป็นมากกว่า 200 มก. อะลูมินั่ม ต่อ กก. ในดินชั้นล่าง การละลายของอะลูมินั่มในดินมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับการสะสมอะลูมินั่มในต้นที่ระยะแตกกอ ($r = 0.80$, $P < 0.05$) ความทนทานต่อดินกรดของข้าวพันธุ์บือบ้างและบือหมื่อตาบ้องสามารถสะสมธาตุอาหาร (เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม) และผลิตน้ำหนักแห้งเหนือผิวดินได้มากกว่าพันธุ์ปะอ้ายคูเผ่ถึงสองเท่าซึ่งส่งผลให้ผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลิตแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบแต่ละแปลงพันธุ์ปะอ้ายคูเผ่สามารถผลิตเมล็ดได้เพียงหนึ่งในสี่ของบือหมื่อตาบ้อง และครึ่งหนึ่งของบือบ้าง

การเผาไร่เป็นกระบวนการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินในระบบไร่หมุนเวียน ขี้เถ้าที่ได้จากการเผาชีวมวลเป็นการช่วยปลดปล่อยธาตุอาหารที่สะสมไว้ให้เป็นประโยชน์ในการสร้างผลผลิตข้าว จึงได้ตรวจสอบความเป็นประโยชน์ของขี้เถ้าโดยจำลองการปลูกในสภาพกระถางทดลอง ชีวมวลแห้งที่ใช้เผาบนผิวดินได้คำนวณให้มีปริมาณเท่ากับในสภาพแปลงปลูกของเกษตรกรที่มีการฟื้นตัวของป่าเหล่าหรือไร่ซากที่สมบูรณ์ ในปัจจัยที่มีขี้เถ้า (Ash+) ต้นข้าวสามารถผลิตน้ำหนักแห้งและสะสมธาตุอาหารได้สูงกว่าที่ปลูกในสภาพดินกรดไม่มีขี้เถ้า (Ash0) อย่างไรก็ตามพบการตอบสนองที่แตกต่างกันระหว่างพันธุ์ข้าวในสภาพไม่มีขี้เถ้า พันธุ์บือบ้างสามารถสร้างน้ำหนักแห้งรากได้มากกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และรากของพันธุ์บือบ้างสามารถหยั่งลงไปในดินชั้นล่างได้มากกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 โดยในดินชั้นล่างพันธุ์บือบ้างมีน้ำหนักแห้งรากมากกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ถึงประมาณ 3 เท่า ขณะที่ไม่พบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ในการสร้างน้ำหนักแห้งรากในสภาพที่มีขี้เถ้า แต่พบว่ามีการกระจายของรากที่แตกต่างกัน โดยรากส่วนใหญ่ของพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 จะกระจายอยู่บนผิวดิน ทำให้สามารถดูดธาตุอาหารจากขี้เถ้าได้มากกว่าพันธุ์บือบ้างที่รากส่วนใหญ่ยังคงแทรกลงไปยังดินชั้นล่าง ความแตกต่างของรากนี้นำไปสู่ความแตกต่างระหว่างพันธุ์ซึ่งจะเป็นปัจจัยสำคัญในการคัดเลือกข้าวที่ปรับตัวต่อสภาพดินกรดของข้าวไร่และข้าวหว่านแห้งต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความแปรปรวนทางพันธุกรรมของข้าวในการทนทานต่ออะลูมินั่มถูกประเมินในสภาพสารละลายธาตุอาหาร พันธุ์ข้าวไร่ที่นิยมในหมู่บ้านจำนวน 5 พันธุ์ ปลูกเปรียบเทียบกับพันธุ์เปรียบเทียบมาตรฐาน (ขาวดอกมะลิ105) ในอะลูมินั่ม 2 ระดับ คือ 0 และ 30 มล. อะลูมินั่ม ต่อ ลิตร (Al_0 และ Al_{30}) จากการทดลองพบว่าความยาวรากถูกยับยั้งแตกต่างกันระหว่างพันธุ์ ค่า Relative

root length (RRL = เปอร์เซนต์ความยาวรากที่ระดับความเป็นพิษของอะลูมินั่มเปรียบเทียบกับความยาวรากที่ระดับควบคุม) เป็นตัวชี้วัดความแตกต่างระหว่างพันธุ์ในการทนทานต่ออะลูมินั่ม ค่า RRL ระหว่างพันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองแปรปรวนจาก 37 ถึง 74 เปอร์เซนต์ พันธุ์บือบ้างมีค่าสูงที่สุด และพันธุ์ปะอ้ายคูเผ่มีค่าต่ำสุดซึ่งเทียบเท่ากับพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 จากการประเมินระหว่างพันธุ์ข้าวสมัยใหม่ 9 พันธุ์โดยใช้พันธุ์บือบ้างเป็นตัวเปรียบเทียบพบว่า ค่า RRL ของข้าวสมัยใหม่แปรปรวนระหว่าง 22 ถึง 46 เปอร์เซนต์ และพันธุ์เหล่านี้จัดอยู่ในกลุ่มที่อ่อนแอเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์บือบ้าง (RRL = 74 เปอร์เซนต์)

ความแปรปรวนในการทนทานต่ออะลูมินั่มในเชื้อพันธุ์ข้าวพื้นเมืองพันธุ์บือบ้างถูกประเมินใน 2 ประชากรที่รวบรวมจากเกษตรกรต่างราย พบว่ามีความแตกต่างในการทนทานต่ออะลูมินั่มจากการทดสอบเมล็ดรุ่นลูกที่ได้จากต้นแม่จำนวน 20 ต้น โดยประชากรที่ 1 มีค่า RRL แปรปรวนระหว่าง 51 ถึง 81 เปอร์เซนต์ และประชากรที่สองมีค่าระหว่าง 57 ถึง 75 เปอร์เซนต์ อย่างไรก็ตามประชากรส่วนใหญ่ของพันธุ์บือบ้างจัดอยู่ในกลุ่มที่ทนทานต่ออะลูมินั่มมากกว่าพันธุ์เปรียบเทียบมาตรฐาน โคชิฮิการิ (Koshihikari) ถึงแม้ว่าประชากรของข้าวพันธุ์บือบ้างนี้จะมีความใกล้เคียงกันในลักษณะทางสัณฐานวิทยา แต่เมื่อตรวจสอบในระดับโมเลกุลพบว่ามีความแตกต่างระหว่างประชากรสูงมาก และน่าจะจัดกลุ่มเป็นคนละพันธุ์จากการตรวจสอบในระดับดีเอนเอ เช่นเดียวกับความแปรปรวนที่พบในประชากรข้าวพื้นเมืองพันธุ์เหลืองใหญ่ที่รวบรวมจากเกษตรกร 15 ราย ในพื้นที่ปลูกข้าวน้ำลึกในสภาพดินกรดจัด (Acid-sulphate soils) จากการทดลองพบว่าความยาวรากของข้าวที่ปลูกใน Al_{30} (CV = 19-34 เปอร์เซนต์) มีความแปรปรวนสูงกว่าข้าวที่ปลูกใน Al_0 (CV = 9-17 เปอร์เซนต์) จากความแปรปรวนที่พบในแหล่งพันธุกรรมของข้าวพันธุ์พื้นเมืองนี้ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องคัดเลือกสายพันธุ์ที่ทนทานที่สุดของพันธุ์บือบ้างและบือหมื่อตาบ้องเพื่อใช้ใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การศึกษากลไกการทนทานต่อความเป็นพิษของอะลูมินั่มเปรียบเทียบกับพันธุ์อ่อนแอปะอ้ายคูเผ่ต่อไป

นำข้าวไร่พื้นเมืองที่มีความแตกต่างในการทนทานต่ออะลูมินั่มที่ได้จากการประเมินเบื้องต้นจำนวน 3 สายพันธุ์ (บือบ้าง บือหมื่อตาบ้อง และปะอ้ายคูเผ่) และพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 มาปลูกทดสอบในสารละลายธาตุอาหารที่มีอะลูมินั่ม 4 ระดับ คือ 0 10 20 และ 30 มก. อะลูมินั่ม ต่อลิตร (Al_0, Al_{10}, Al_{20} และ Al_{30}) พบว่าเมื่อระดับอะลูมินั่มเพิ่มขึ้น พันธุ์อ่อนแอ ปะอ้ายคูเผ่และขาวดอกมะลิ105 จะมีค่า RRL ลดลงตามลำดับ และมีค่าเป็น 30 เปอร์เซนต์ที่ Al_{30} ในขณะที่ค่า RRL ของพันธุ์บือบ้างและบือหมื่อตาบ้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่ Al_{10} และลดลงเล็กน้อยโดยที่ Al_{30} มีค่า RRL เท่ากับ 80 และ 60 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบระหว่าง 30 ถึง 45 วัน การเจริญเติบโตทางรากและต้นของพันธุ์บือบ้างและบือหมื่อตาบ้องเพิ่มขึ้น 2-3 เท่า ขณะที่พันธุ์ปะอ้ายคูเผ่และขาวดอกมะลิ105 แทบจะไม่มีการเติบโตเพิ่มขึ้นหลังจาก 30 วัน เนื่องจากการทนทานต่ออะลูมินั่มขึ้นอยู่กับความสามารถในการดูดและสอดคล้องกับการสะสมธาตุอาหาร พบว่าน้ำหนักแห้งรากเป็นตัวชี้วัดความสามารถในการดูดธาตุอาหารมากกว่าความยาวราก ความยาวรากที่สั้นกว่าของพันธุ์บือหมื่อตาบ้องถูกชดเชยด้วยน้ำหนักแห้งรากและการสร้างพื้นที่ผิวในการดูดธาตุอาหารที่จำเป็น เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ได้เท่าเทียมกับพันธุ์บือบ้าง ในสภาพอะลูมินั่มเป็นพิษที่ Al_{30} พันธุ์อ่อนแอสะสมธาตุอาหารได้เพียง 10 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับ Al_0 ขณะที่พันธุ์ทนทานสามารถดูดธาตุอาหารได้ 20-30 เปอร์เซนต์ นอกจากนี้ การแบ่งสันปันส่วนของการสะสมอะลูมินั่มในรากและต้น น่าจะเป็นกลไกที่สำคัญอย่างหนึ่งในการทนทานต่ออะลูมินั่มในข้าว ถึงแม้ว่าพันธุ์ทนทานบือบ้างและพันธุ์อ่อนแอขาวดอกมะลิ105 จะสะสมอะลูมินั่มในปริมาณที่เท่ากันในราก พบว่าพันธุ์บือบ้างมีการเคลื่อนย้ายอะลูมินั่มไปสู่ต้นน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 จากการศึกษานี้พบว่าความทนทานต่ออะลูมินั่มในข้าวน่าจะเกี่ยวข้องกับความสามารถของรากในการดูดธาตุอาหารรวมทั้งการสะสมอะลูมินั่มในส่วนของราก

จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างพันธุ์ข้าวในการทนทานต่อสภาพดินกรด พันธุ์ที่ทนทานต่ออะลูมินั่มมีการสร้างรากที่มากเพื่อใช้ในการดูดธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของข้าว โดยพันธุ์ทนทานควรจะสะสมอะลูมินั่มอยู่ในส่วนรากและป้องกันไม่ให้เคลื่อนย้ายสู่ส่วนต้น การปลูกทดสอบในสารละลายธาตุอาหารสามารถประเมินความแตกต่างของประชากรข้าวในการทนทานต่ออะลูมินั่ม และใช้สำหรับคาดคะเนผลผลิตที่ปลูกในดินกรดได้อย่างมีประสิทธิภาพ พันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองบือบ้างและบือหมื่อตาบ้องจัดเป็นพันธุ์ทนทานต่อดินกรดซึ่งสามารถแนะนำให้แก่เกษตรกรในหมู่บ้านทีชะปลูกได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมสำหรับลักษณะทนทานต่ออะลูมินั่มที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป อย่างไรก็ตาม เนื่องจากพันธุ์พื้นเมืองเหล่านี้ยังมีความแปรปรวนภายในประชากรอยู่สูง จึงควรต้องตรวจสอบความทนทานต่อดินกรดให้แน่ชัดก่อนที่จะนำไปใช้ประโยชน์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved