หัวข้อวิทยานิพนธ์	การควบคุมคุณภาพเมล็ดข้าวไทยด้วยพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม	
ผู้เขียน	นางสาวสุวรรณี แลน้อย	
ปริญญา	วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (พืชไร่)	
คณะกรรมการที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม	อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
	Professor Dr. Bernard Dell	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
	รองศาสตราจารย์ ดร. ศันสนีย์ จำจด	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

ข้าวเป็นอาหารหลักของประชากรกว่าครึ่งโลก การผลิตข้าวที่เพิ่มขึ้นในปัจจุบันส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการใช้สายพันธุ์ข้าวที่ให้ผลผลิตสูง การปรับปรุงสภาพการผลิตและความรู้ความเข้าใจในการดูแลที่ดีขึ้น การผลิตและการค้าข้าวในประเทศไทยมีความโดดเด่นเรื่องของคุณภาพเมล็ดข้าว ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรและผู้ประกอบการค้าข้าว รวมทั้งการสร้างรายได้แก่ประเทศจากการค้าข้าวคุณภาพสูงซึ่งราคาดี ลักษณะคุณภาพของข้าวถูกควบคุมโดยพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม ซึ่งนักปรับปรุงพันธ์มีความพยายามในการรักษาลักษณะดีเด่นหรือปรับปรุงลักษณะคุณภาพเมล็ดเพื่อให้ได้ข้าวสายพันธุ์ใหม่ที่มีคุณภาพตรงตามมาตรฐานของตลาดและความต้องการของผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม สภาพแวดล้อมถือเป็นปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพข้าวที่ควบคุมหรือคาดการณ์ได้ยากและจัดการได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ดังนั้นจึงมีความสำคัญในการเข้าใจผลของสภาพแวดล้อมที่มีต่อลักษณะทางคุณภาพข้าว จึงเป็นที่มาของการประเมินผลของสภาพแวดล้อมที่มีต่อคุณภาพเมล็ดของข้าวพันธุ์ต่างๆ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ในการประเมินผลของฤดูปลูกต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ด ใช้ข้าว 4 พันธุ์ ได้แก่ สุพรรณบุรี 1 ชัยนาท 1 ปทุมธานี 1 และ กข 21 ปลูกใน 3 ฤดู คือฤดูฝน ฤดูหนาวและฤดูร้อน ปลูกทดสอบ ณ แปลงทดลอง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยเลือกช่วงเวลาปลูกให้มีความแตกต่างของอุณหภูมิในระยะเติมเมล็ด พบว่าข้าวมีผลผลิตรวมต่ำที่สุดสุดในฤดูหนาวเนื่องจากมีเมล็ดดีน้อย มีจำนวนเมล็ดข้าวที่มีน้ำหนักตามมาตรฐานลดลง ในขณะที่มีเมล็ดที่เติมเมล็ดไม่สมบูรณ์และเมล็ดลีบเพิ่มขึ้น ด้านคุณภาพเมล็ดพบว่าข้าวทั้งสี่พันธุ์มีสัดส่วนข้าวท้องไข่สูงในฤดูร้อน ผลผลิตต้นข้าวของพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ชัยนาท 1 และปทุมธานี 1 ลดลงประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับฤดูฝน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิแป้งสุกของข้าวทุกพันธุ์เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับฤดูปลูกอื่นๆ ด้านโภชนาการ พบว่าข้าวทั้งสี่พันธุ์มีความเข้มข้นของธาตุเหล็กในข้าวกล้องสูงขึ้นในฤดูร้อน ในขณะที่ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และสังกะสีเพิ่มสูงขึ้นในฤดูหนาว จากผลดังกล่าว น่าจะเป็นการดีหากสามารถเพิ่มคุณภาพข้าวทั้งคุณภาพขัดสีและปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดในทุกฤดูปลูก โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อนซึ่งเป็นฤดูนาปรังในเขตชลประทาน

มีรายงานว่า การฉีดพ่นสารประกอบไนโตรเจนร่วมกับธาตุเหล็กและธาตุสังกะสีสามารถเพิ่มความเข้มข้นของธาตุเหล็กและธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวได้ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลเกี่ยวกับการฉีดพ่นปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับธาตุเหล็กและธาตุสังกะสีเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดและเพิ่มคุณภาพการขัดสียังมีน้อย จึงทำการประเมินผลการฉีดพ่นปุ๋ยยูเรียร่วมกับธาตุเหล็กหรือธาตุสังกะสี โดยใช้ข้าวสี่พันธุ์จากการทดลองก่อนหน้านี้ ชนิดธาตุอาหารและความเข้มข้นที่ใช้ฉีดพ่น (น้ำหนักต่อปริมาตร) คือ 1) ยูเรีย 1% 2) สังกะสีซัลเฟต 0.5% 2) เหล็กซัลเฟต 0.5% 4) ยูเรีย 1% และสังกะสีซัลเฟต 0.5 % 5) ยูเรีย 1 % และเหล็กซัลเฟต 0.5% และ 6) น้ำกรอง (ตัวเปรียบเทียบ) ฉีดพ่นที่รวงข้าวที่ 7 วันหลังออกดอก พบว่าการฉีดพ่นธาตุเหล็กและธาตุสังกะสี ทำให้ธาตุเหล็กและธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นทั้งในข้าวกล้องและข้าวขาว แต่มีผลทำให้ปริมาณต้นข้าวลดลง อย่างไรก็ตาม ผลของการฉีดพ่นธาตุสังกะสีต่อปริมาณต้นข้าวจะหายไปเมื่อฉีดพ่นธาตุสังกะสีร่วมกับยูเรีย การฉีดพ่นธาตุเหล็กเพียงอย่างเดียวเพิ่มความเข้มข้นของธาตุเหล็กในข้าวกล้องพันธุ์ปทุมธานี 1 เพียงพันธุ์เดียว แต่เมื่อฉีดพ่นร่วมกับยูเรีย พบว่าความเข้มข้นของธาตุเหล็กของข้าวทุกพันธุ์จะเพิ่มสูงขึ้นในข้าวกล้อง แต่จะไม่เพิ่มในข้าวขาว

การฉีดพ่นธาตุสังกะสีสามารถเพิ่มความเข้มข้นธาตุสังกะสีในข้าวกล้องและข้าวขาวของข้าวทุกพันธุ์ และการฉีดพ่นร่วมกับยูเรียให้ผลไม่แตกต่างจากฉีดพ่นด้วยธาตุสังกะสีเพียงอย่างเดียว ยกเว้นในพันธุ์ กข 21 ที่ความเข้มข้นธาตุสังกะสีในข้าวกล้องเพิ่มขึ้นเมื่อฉีดพ่นด้วยธาตุสังกะสีร่วมกับยูเรีย แต่ผลดังกล่าวไม่ปรากฏในข้าวขาว นอกจากนี้ยังพบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ในการฉีดพ่นธาตุสังกะสี โดยพบว่าพันธุ์ชัยนาท 1 มีตอบสนองต่อการฉีดพ่นธาตุสังกะสีน้อยที่สุด ดังนั้นการศึกษาในอนาคตควรคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่มีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารและมีการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารไปสู่เมล็ดได้ดี

แม้ว่าการฉีดพ่นปุ๋ยจะไม่สามารถลดการหักของข้าวได้ แต่มีการวิจัยก่อนหน้านี้รายงานว่าข้าวนึ่งหักทั้งที่ไม่ได้รับการเติมและได้รับเติมธาตุเหล็ก จะมีความเข้มข้นธาตุเหล็กสูงกว่าข้าวเมล็ดเต็ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งน่าจะมีผลมาจากการกระจายตัวอย่างไม่สม่ำเสมอของธาตุเหล็กตามด้านยาวของเมล็ด ทำให้เกิดแตกต่างของธาตุอาหารระหว่างข้าวหักและข้าวเมล็ดเต็ม

อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับธาตุเหล็กและธาตุสังกะสีในข้าวหัก จึงได้ทำการประเมินปริมาณธาตุเหล็กและสังกะสีตามด้านยาวของเมล็ด ในข้าวไทย 6 พันธุ์ได้แก่ สุพรรณบุรี 1 พิษณุโลก 1 ชัยนาท 1 ขาวดอกมะลิ 105 ปทุมธานี 1 และชัยนาท 80 และพันธุ์ข้าวที่มีเหล็กและสังกะสีสูง คือ ไออาร์ 68144-2-2-3 โดยตัดเมล็ดเป็นสามส่วนเท่ากัน ได้แก่ ส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายของเมล็ด และเก็บตัวอย่างข้าวหักจากตลาดเพื่อประเมินสัดส่วนของส่วนที่หัก พบว่าพันธุ์ส่วนใหญ่มีความเข้มข้นของธาตุเหล็กและธาตุสังกะสีสูงในส่วนหัว และ/หรือส่วนท้ายเมล็ดขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว และตัวอย่างข้าวหักจากตลาดมีสัดส่วนของส่วนหัวและส่วนท้ายเมล็ดสูง ดังนั้นข้าวหักอาจจะมีปริมาณธาตุเหล็กและธาตุสังกะสีสูงกว่าข้าวเมล็ดเต็ม ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของส่วนที่หักในข้าวและความแตกต่างของปริมาณธาตุเหล็กและธาตุสังกะสีในข้าวแต่ละพันธุ์

จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าคุณภาพข้าวถูกกำหนดด้วยสภาพแวดล้อมและแตกต่างกันไปตามพันธุ์ โดยฤดูปลูกมีผลต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ด ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นผลมากจากความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงออกดอกและช่วงเติมเมล็ด การเพิ่มคุณภาพทางโภชนาการโดยการฉีดพ่นธาตุเหล็กและธาตุสังกะสีให้แก่ข้าว ถือว่าประสบความสำเร็จในการเพิ่มปริมาณธาตุเหล็กและธาตุสังกะสีในเมล็ด แต่ไม่มีผลในการเพิ่มปริมาณต้นข้าวหรือคุณภาพการขัดสี เมล็ดข้าวมีการกระจายตัวของธาตุเหล็กและสังกะสีไม่สม่ำเสมอ โดยพันธ์ส่วนใหญ่ที่ใช้ทดสอบมีความเข้มข้นธาตุเหล็กและธาตุสังกะสีสูงที่ส่วนหัวและท้ายของเมล็ดมากกว่าส่วนกลางเมล็ด และความเข้มข้นของธาตุเหล็กและธาตุสังกะสีแตกต่างกันไปตามพันธุ์ การเพิ่มคุณภาพเมล็ดข้าวนั้นนอกจากจะเป็นการเพิ่มรายได้ของเกษตรกรแล้วยังเป็นประโยชน์แก่ผู้บริโภคด้วย อย่างไรก็ตาม สภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมคุณภาพของเมล็ดข้าว ดังนั้นในอนาคต จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในการเพิ่มคุณภาพ อาทิ คุณภาพขัดสี และคุณภาพทางโภชนาการ โดยการคัดเลือกพันธุ์และเลือกใช้พันธุ์ที่สามารถการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม และ/หรือพันธุ์ที่สามารถดูดใช้ธาตุและเคลื่อนย้ายธาตุเหล็กและสังกะสีสู่เมล็ดได้ดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Thesis Title	Genotypic and Environmental Control of Grain Quality in Thai Rice	
Author	Miss Suwannee Laenoi	
Degree	Doctor of Philosophy (Agronomy)	
Advisory Committee	Prof. Emeritus Dr. Benjavan Rerkasem	Advisor
	Prof. Dr. Bernard Dell	Co-advisor
	Assoc. Prof. Dr. Sansanee Jamjod	Co-advisor

ABSTRACT

Rice is the staple food for over half of the world's population. In recent years, rice production has been increasing as the result of the release high yielding varieties, improving of production conditions and cultural practices. In Thailand, a unique characteristic of rice production and trade is the emphasis placed on grain quality. This has brought benefits to farmers, rice traders and the country's export earnings in the form of higher prices and the capture of a major share of the world market in high quality rice. Rice grain quality is determined by genetic control and environment conditions. Plant breeders continuously try to maintain or improve grain quality characteristics by manipulation of the genetics so that new varieties will have the high grain quality to meet market standards and requirement of consumers. However, environmental factors are difficult to control or predict so it can only be partially managed. To achieve uniformity in grain quality characteristics, it is necessary to understand factors affecting variations in key quality characteristics. Therefore, the effects of environmental conditions on grain quality of different rice genotypes have been examined in this thesis.

To evaluate the effect of different cropping seasons on rice yield and quality, selected popular Thai rice varieties, Suphan Buri 1 (SPR1), Chai Nat 1 (CNT1), Pathum Thani 1 (PTT1) and RD21 were grown in 3 cropping seasons; rainy, cool and summer at Chiang Mai University. The timing was chosen in order that temperature

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

conditions during grain filling would differ substantially between seasons. Grain yield was lowest in the cool season crop due to a lowered number of filled grain. The number of the standard grain weight of each variety was decreased while the numbers of unfilled and partially filled grain were increased in the cool season crop. For grain quality, all 4 varieties had highest number of chalky grains in summer season crop. Moreover, the head rice yield of SPR1, CNT1 and PTT1 in summer was about 20-30% lower than in the rainy season. The gelatinization temperature (GT) was increased in all varieties in the summer compared to the others season. For nutritional qualities, the concentration of Fe in brown rice of all four varieties was higher when grown in summer while the N, P and Zn concentrations were higher the cool season. It would be useful if rice grain quality could be improved in every cropping season especially in the summer season which is the normal off season for rice grown under irrigation.

From previous studies, nitrogenous compound was reported to increase Fe and Zn concentration in rice grain when foliar applying with Fe and/or Zn fertilizer. However, there is still a lack of information whether the use of nitrogen fertilizer together with Fe and Zn by foliar spraying will be able to improve grain Fe and Zn as well as milling quality. Therefore, to investigate this an experiment was conducted to examine the effects of foliar spraying with urea and Fe or Zn on rice grain quality using the same 4 rice varieties as in the previous experiment. The following treatments were applied 1) Zn (0.5% $ZnSO_4.7H_2O$); 2) Fe (0.5% $FeSO_4.7H_2O$); 3) urea (1%); 4) urea (1%) + Zn (0.5%); 5) urea (1%) + Fe (0.5%), and 6) control (distilled water). Treatments were sprayed over the rice panicles at day 7 after flowering. Foliar treatments increased grain Fe and Zn in both brown and white rice, however, head rice yield was decreased when sprayed with Fe or Zn containing solutions, but the effect of foliar Zn on head rice yield disappeared when Zn was combined with urea. Foliar Fe fertilizer alone only increased the Fe concentration in brown rice of one variety, PTT1. However, when combined with urea, the Fe concentration in brown rice of all varieties was significantly increased over the control, but not in white rice.

Application of foliar Zn increased the grain Zn of both brown and white rice in all varieties but urea did not show the effect on grain Zn in all varieties except RD21, in

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

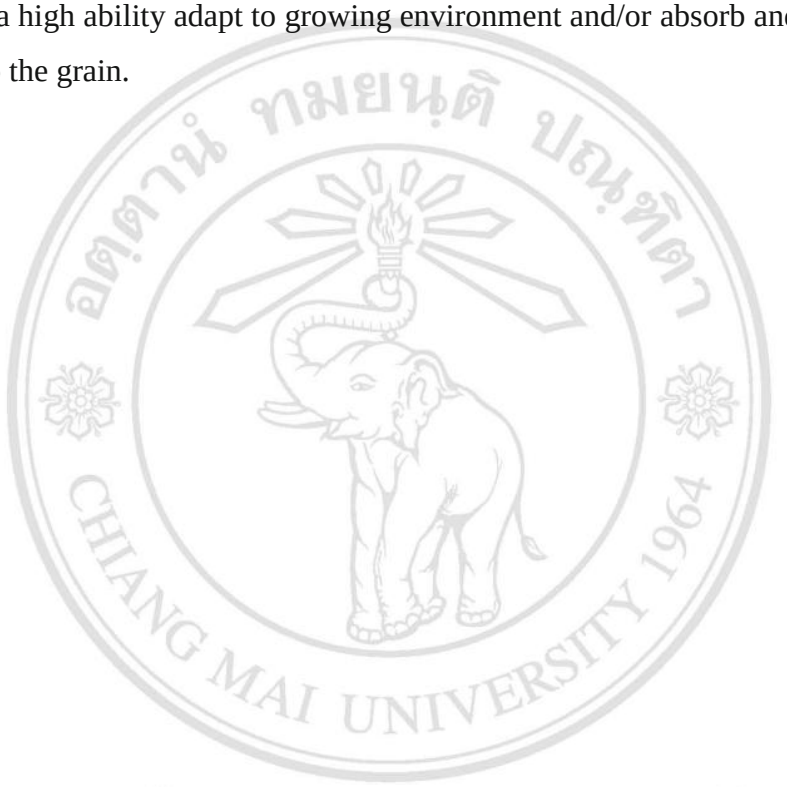
which the brown rice Zn concentration was increased when Zn combined with urea but this effect was disappeared in white rice. There was genotypic difference in the response to foliar Zn with CNT1 showing less response to foliar Zn than the other varieties. The identification with a variety with a high ability to absorb and translocation foliar-applied Zn to the grain is suggesting for further study.

Although, grain breakage was not affected by foliar application of nutrients, a preliminary investigation established that the Fe density in broken rice of both unfortified and Fe-fortified parboiled rice was higher than that in the full grain. Uneven distribution of Fe along the grain length would contribute to different concentrations of these nutrients in broken and full grain. As there is currently no available information on the Fe and Zn composition of different broken rice components, this was evaluated in 6 common Thai rice; SPR1, PSL1, CNT1, KDML105, PTT1, CNT80 varieties and a high Fe and Zn genotype IR68144-2B-2-2-3 by measuring the concentration of Fe and Zn in 3 transverse fractions (basal, middle and distal fractions) along the grain length. Samples of broken rice from the market were also examined for the proportion of the different grain fractions and the Fe and Zn concentrations. This study revealed strong variation in the Fe and Zn concentrations along the grain length both in brown and white rice. The Fe and Zn concentrations of most varieties were higher in the basal and/or distal than the middle fraction depending on the rice variety. The basal and/or distal grain fraction made up the major proportion by weight and number of the broken rice samples from the market. Therefore broken rice grain can sometimes be higher Fe and Zn concentrations than whole grain rice depending on the proportion of grain fractions that make up most of the broken rice as well as the variety differ in the nutrient concentration in different grain fractions would determine concentration of the nutrients in broken rice.

In conclusion, rice grain qualities were influenced by environmental conditions and it varied among varieties. Cropping season affected rice grain yield and quality and it is hypothesized that this was due to the difference in temperature during flowering and grain filling. Improving rice grain qualities by foliar Fe and Zn application was success in term of improving nutritional quality but not milling quality. Iron and Zn

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

were distributed unevenly along the rice grain length. Most varieties had higher Fe and Zn concentrations in basal and/or distal fractions than the middle depending on rice varieties. Improving rice grain quality may offer a mean to increase farmer's income and bring benefit to rice consumers, however environmental factors controlling grain quality are difficult to control or predict, therefore, there is a need for further research into increasing grain quality such as milling quality and nutritional quality by selecting varieties with a high ability adapt to growing environment and/or absorb and translocate Fe and Zn into the grain.



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved