รายงานการวิจัย

การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดให้มีลักษณะปริมาณกรดไฟติกต่ำ

ซึ่งอยู่ภายใต้ชุดโครงการวิจัย เรื่อง การตรวจหาลักษณะปริมาณกรดไฟติกต่ำในข้าวโพด และการปรับปรุงพันธุ์เพื่อใช้ประโยชน์ในฟาร์มปศุสัตว์ภายในประเทศ

Breeding for low-phytic acid in Maize

In Detection of low – phytic acid character in maize and breeding for domestic livestock usage

ชื่อผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรรณธิภา ณ เชียงใหม่ (Assistant Professor Dr. Pantipa Na Chiangmai)

ดร. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ (Dr. Chokechai Aekatasanawan)

นางสาวพฤติยา นิลประพฤกษ์ (Miss Phrutiya Nilprapruck)

นางสาวผกาทิพย์ ยอดมิ่งขวัญ (Miss Phakatip Yodmingkhwan)

คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

สถาบัน วิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีที่ดำเนินการเสร็จ

2554

Acknowledgements

We would like to thank the National Corn and Sorghum Research Center (NCSRC), Inseechandrastitya Institute for Crops Research and Development, Kasetsart University, Thailand for assistance in a field study. This work was financially supported by the National Research Council of Thailand through the Silpakorn University Research and Development Institute (SURDI), Thailand in 2007 (Project Number 60921).

ชื่อโครงการ การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดให้มีลักษณะปริมาณกรดไฟติกต่ำ
ซึ่งอยู่ภายใต้ชุดโครงการวิจัย เรื่อง การตรวจหาลักษณะปริมาณกรดไฟติกต่ำใน
ข้าวโพด และการปรับปรุงพันธุ์เพื่อใช้ประโยชน์ในฟาร์มปศุสัตว์ภายในประเทศ

ชื่อผู้วิจัย 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรรณธิภา ณ เชียงใหม่
2. ดร. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ
3. นางสาวพฤฒิยา นิลประพฤกษ์
4. นางสาวผกาทิพย์ ยอดมิ่งขวัญ

หน่วยงานที่สังกัด คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร
วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี

แหล่งทุนอุดหนุนการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีที่เสร็จ 2554

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดอาหารสัตว์ให้มีปริมาณกรดไฟติกในเมล็ดลดลงโดยดำเนินการไปพร้อมกับการศึกษาทางพันธุกรรมเพื่อให้ทราบข้อมูลการถ่ายทอดทางพันธุกรรมสำหรับประกอบในขั้นตอนการคัดเลือกขณะเกิดการกระจายทางพันธุกรรม การศึกษาได้แก่ 1. การแสดงออกของยีนที่ทำได้โดยการคัดเลือกคู่ผสมที่มีผลผลิตและลักษณะทางพืชที่ดีแต่มีความแตกต่างของปริมาณกรดไฟติก โดยศึกษาทั้งการแสดงออกของยีนที่ควบคุมปริมาณกรดไฟติกและอนินทรีย์ฟอสฟอรัสในเมล็ดจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของ 6 ประชากร ได้แก่ P_1, P_2, F_1, F_2, BC_1, BC_2 ของคู่ผสมจำนวนหกคู่ของสายพันธุ์แท้ [1) 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20, 2) Ki16 x Ki10, 3) Ki51 x Ki20, 4) Ki52 x Ki51, 5) 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23, 6) C5219041-S_6-95 x Ki23] และการศึกษาที่ 2. การศึกษาความแปรปรวนทางพันธุกรรมสำหรับลักษณะปริมาณกรดไฟติกและอนินทรีย์ฟอสฟอรัสในเมล็ดของข้าวโพดสายพันธุ์แท้ 42 สายพันธุ์แท้ (2 กลุ่ม ได้แก่ สายพันธุ์แท้กลุ่ม Ki 16 สายพันธุ์ และ สายพันธุ์แท้ที่สกัดได้จากลูกผสมการค้า 26 สายพันธุ์) วางแผนการทดลองในแต่ละการศึกษาแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2550-2552 ณ สถาบันอินทรีจันทรสถิตย์เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาพืชศาสตร์ ประเทศไทย

ผลการศึกษาที่ 1 คู่ผสมระหว่าง Ki16 x Ki10, Ki52 x Ki51 และ 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23 สำหรับลักษณะปริมาณกรดไฟติก และในคู่ผสมระหว่าง 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20 สำหรับลักษณะอนินทรีย์ฟอสฟอรัสนั้นสามารถอธิบายได้ด้วยการแสดงออกของยีนแบบบวก-แบบข่ม

ในการศึกษาการข่มข้ามคู่ยีน (epistasis) สำหรับลักษณะกรดไฟติกในคู่ผสมระหว่าง 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20, Ki51 x Ki20 และ C5219041-S_6-95 x Ki23 พบการแสดงออกของยีนอย่างมีนัยสำคัญแบบบวก x บวก ในคู่ผสม 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20 ขณะที่การข่มข้ามคู่ยีนของลักษณะอนินทรีย์ฟอสฟอรัสในห้าคู่ผสม ได้แก่ Ki16 x Ki10, Ki51 x Ki20, Ki52 x Ki51, 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23 และ C5219041-S_6-95 x Ki23 พบการแสดงออกของยีนแตกต่างกันในแต่ละคู่ผสมแต่ที่เด่นชัดในทุกคู่ผสมคือแบบข่ม x ข่ม

สำหรับลักษณะผลผลิตที่ศึกษาในหกรุ่นของหกคู่ผสมพบทั้งเฮเทอโรซีสและการแสดงออกของยีนแบบบวก

ผลการศึกษาที่ 2 ลักษณะปริมาณอนินทรีย์ฟอสฟอรัสพบความแตกต่างระหว่างจีโนไทป์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ในทั้งสองแหล่งพันธุกรรม แต่สำหรับลักษณะปริมณกรดไฟติกพบความแตกต่างเนื่องจากพันธุกรรมเฉพาะในสายพันธุ์แท้ที่สกัดจากพันธุ์ลูกผสมของบริษัท ผลของอัตราพันธุกรรมทางกว้าง (h^2_b) พบว่ามีค่าต่ำสำหรับลักษณะกรดไฟติกในเมล็ดข้าวโพดเมื่อเทียบกับปริมาณ อนินทรีย์ฟอสฟอรัสทั้งสายพันธุ์แท้กลุ่ม Ki และสายพันธุ์แท้กลุ่มที่สกัดจากพันธุ์ลูกผสมของบริษัท [h^2_b ของปริมาณกรดไฟติกในกลุ่ม Ki มีค่าเท่ากับ 2.42 และในสายพันธุ์แท้กลุ่มที่สกัดได้จากลูกผสมการค้า มีค่าเท่ากับ 14.18; h^2_b ของปริมาณอนินทรีย์ฟอสฟอรัสในกลุ่ม Ki มีค่าเท่ากับ 32 และในสายพันธุ์แท้กลุ่มที่สกัดได้จากลูกผสมการค้า มีค่าเท่ากับ 29.53]

คำสำคัญ : การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรุ่น การแสดงออกของยีน *Zea mays* การถ่ายทอดทางพันธุกรรม
ความแปรปรวนทางพันธุกรรม

Research Title : Breeding for low-phytic acid in Maize

Researchers : 1. Assistant Professor Dr. Pantipa Na Chiangmai

2. Dr. Chokechai Aekatasanawan

3. Miss Phrutiya Nilprapruck

4. Miss Phakatip Yodmingkhwan

Office : Faculty of Animal Sciences and Agricultural Technology, Silpakorn University, IT Campus, Cha-Am, Phetchaburi, Thailand, 76120.

Research Grants Research and Development Institute, Silpakorn University

Year 2011

Abstract

The objective of this study was to breed corn to obtain the hybrids with a reduced phytic acid (PA) content in seed. Genetic study was simultaneously conducted to assess heredity in these corns so that the data was used for the genetic segregating generation study. The studies included 2 experiments as followed:

I) The study on gene action, basing on the good characteristic both of yield and agronomic traits of the selected parents, was conducted. The gene action study was conducted for PA and inorganic phosphorus (InP) content in seeds by six generations mean analysis in P_1, P_2, F_1, F_2, BC_1, BC_2 in six crosses of inbred lines [1) 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20, 2) Ki16 x Ki10, 3) Ki51 x Ki20, 4) Ki52 x Ki51, 5) 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23, 6) C5219041-S_6-95 x Ki23]. The results showed that the crosses of Ki16 x Ki10, Ki52 x Ki51, and 30A10-S10-14-1-2 x Ki23 for the PA content and 30A10-S10-11-1-10 x Ki20 for the InP content were adequately described by the additive-dominance model. The non-allelic gene action (epistasis) study in the PA trait in the three crosses of 30A10-S10-11-1-10 x Ki20, Ki51 x Ki20, and C5219041-S6-95 x Ki23 revealed that there was a statistically significant difference only in the cross 30A10-S10-11-1-10 x Ki20 which had an additive x additive gene action. For the study on the non-allelic gene action of the InP trait in the five crosses of Ki16 x Ki10, Ki51 x Ki20, Ki52 x Ki51, 30A10-S10-14-1-2 x Ki23, and C5219041-S6-95 x Ki23, the different gene actions were observed in these crosses.

However, the gene effects of dominance x dominance was dominant in many crosses for InP trait. In yield study in the six generations in the six crosses, both heterosis and additive gene effect were prominent in yield performance.

II) The study to determine the genetic variation of PA and InP content in grains among 42 inbred lines (in 2 groups; 16 Ki inbred lines and 26 commercial hybrid extracted inbred lines). All studies were conducted in Completely Randomized Design (CRD) in three replications since 2007 to 2009 at Inseechandrastitya Institute for Crops Research and Development, Thailand. The result showed that genotypic differences were highly significant ($P<0.01$) for InP in both sources of germplasm, but genotype effect was significant only in commercial hybrids extracted inbred lines for PA content. The values for broad sense heritability (h^2_b) was generally lower on PA in maize grains compared with InP both in Ki and commercial hybrids extracted inbred lines [h^2_b of PA: 2.42 (Ki), 14.18 (commercial hybrid extracted); h^2_b of InP: 32 (Ki) and 29.53 (commercial hybrid extracted)].

Key words: generation mean analysis, gene action, *Zea mays*, heritability, genetic variances

Table of Contents

	Page number
Acknowledgements	2-2
Abstract (in Thai version)	3-4
Abstract (in English version)	5-6
Table of contents	7-7
List of tables	8-8
Introduction	9-10
Key words	10-10
Materials and Methods	11-14
Results and Discussion	15-32
Conclusion and Recommendation	33-33
Bibliography	34-36
Curriculum Vitae	37-59

List of Tables

Page number

Table 1 Means of the PA, and InP contents of corn inbred lines in preliminary test selected to be a parent in the crosses for GMA study. 16-16

Table 2 ANOVA and correlation for PA and InP contents among six generations in six crosses of corn. 17-17

Table 3 Means of PA content in six generations and the scaling tests in six crosses of corn. 18-18

Table 4 Means of InP content in six generations and the scaling tests in six crosses of corn. 19-19

Table 5 The results of the joint scaling test for mean of PA in grain of corn. 19-19

Table 6 The results of the joint scaling test for mean InP in grain of corn. 20-20

Table 7 The generation mean analysis by non-allelic model on PA in grain of corn. 22-22

Table 8 The generation mean analysis by non-allelic model on InP in grain of corn. 22-22

Table 9 Means of yield (ton/ha) in the six generations of corn in the Trial no. 901-906 in the 2010 dry season at the NCSRC, Thailand. 23-23

Table10 Mean squares of genetic parameters for phytic acid (PA) and inorganic phosphorus content (InP) of 16 Ki inbred lines and 26 new inbred lines in the dry season, 2008. 24-24

Introduction

Phytic acid (PA) (myo-inositol-1,2,3,4,5,6-hexakisphosphate) is the main storage form of phosphorus (P) in seeds and grains, with around 1% or more of the dry weight and 50-80% of the total P (Ockenden et al, 2004). This chemical agent is an essential precursor in several pathways in plant cells including IAA (Indole-3-acetic acid) metabolism and cell wall polysaccharide synthesis (Raboy, 2003). In plants it is also involved in different important stress responses such as salt tolerance and water deficit (Loewus and Murthy, 2000).

In corn, more than 80% of organic phytate is contained in the germ and about 20% is found in the aleurone tissue of corn (O'Dell et al, 1972). In animal and human being, this substance may have a positive nutritional role as an anti-oxidant and anti-cancer agent (Lott et al, 2000). Nevertheless, the main negative effect of this substance is that phytate is considered as an anti-nutritional substance in both animals and human (Raboy, 2002; Shi et al, 2003).

The high content of PA in feed has become to be a challenging problem in animal production around the world (Maga, 1982; Lott et al, 2000; Tongoona, 2005). This organic compound is indigestible by monogastric animal, such as pig and poultry, which are two of the commercial animals produced extensively in Thailand.

It can also cause environmental hazard if the unabsorbed phytate passes through the animal gastrointestinal tract and is discharged to the environment causing eutrophication (Lott et al, 2000; Shi et al, 2003; Ockenden et al, 2004).

The unusable organic phosphorus is thus a threat to the environment if the waste from producing these animals has not been properly managed (Sharpley et al, 1994). The excessive phytate in the raw material has been normally reduced by adding the phytase enzyme during the process of producing the animal feedstuff, leading to an increased production cost (Cromwell et al, 1995; Liu et al, 1997; Liu et al, 1998).

Reducing PA content in maize may be achievable with the conventional breeding. Genetic control of the PA content in maize should thus be studied so that the conventional breeding program aiming to reducing PA content is implementable. Not only should the genetic of PA content be determined, but also the genetic of inorganic phosphorus (InP) and total phosphorus (P) be investigated as well.

Genetic control with respect to the PA and relative traits, such as inorganic phosphorus (InP), in corn have been investigated (Ertl et al, 1998; Raboy et al, 2000; Raboy et al, 2001). These studies indicated that there was a negative correlation between PA content and InP of mutant maize (Raboy et al,

2000; Raboy et al, 2001) and normal lines (Na Chiangmai et al, 2011b). In contrast, Lorenz et al (2008) reported positive non-significant between PA and InP in Western normal lines germplasm. The difference between the relationship among PA, InP and yield has been reported in normal lines. The correlation between PA, InP and yield also was reported in maize by Lorenze et al (2007) in which both PA and InP were negative correlated with yield in Western normal lines germplasm. However, yield was reported to be positive correlated with PA and had negative correlation with InP in tropical normal lines germplasm (Na Chiangmai et al, 2011b). Lorenze et al (2008) also reported that broad-sense heritability value in InP trait was higher than that in PA character. This may indicate that other factors, apart from genetic, have influenced the level of PA more than InP content. Although broad-sense heritability may be appropriate to determine the size of selection intensity or selection differential in the population, this value may not be suitable to use in selecting specific method for breeding purpose. The understanding of the gene action controlling the PA content in maize would lead to the selection of an appropriate breeding program for improving maize with required traits. The information on the gene action both on additive and dominant for the PA content and other related chemical compounds would lay a proper foundation for a rational set up of breeding program to produce corn varieties with low PA content.

The objective of this study was to determine the gene action (additive, dominance, and epistatic effects) controlling the PA and InP contents on tropical maize germplasm. The result will be used to select the method in the breeding program to obtain corn with low PA content trait. Thus, six crosses of tropical maize lines were studied by using a generation mean analysis (GMA). The study was also conducted to select the desirable genes for PA and InP from various sources of inbred lines in genotype parameters.

Key words

generation mean analysis, gene action, *Zea mays*, heritability, genetic variances

Materials and Methods

Plant materials and experimental design for generation mean analysis (*GMA*) *study*

The inbred lines of corn provided by the corn germplasm bank at the National Corn and Sorghum Research Center (NCSRC), Thailand were studied. In this study the contents of PA and InP were determined with the method as described by Haug and Lantzsch (1983) and Chen et al. (1956), respectively.

The contents of PA and InP were evaluated twice; the first and second preliminary evaluations (141 and 75 inbred lines, respectively) were carried out with corn seeds in 2007. Parent was selected from either low (i.e., Ki10, Ki20, Ki23, and Ki52) or medium-high (i.e., Ki16, Ki51, 30A10-S_{10}-11-1-10, 30A10-S_{10}-14-1-2, and C5219041-S_6-95) of the PA contents for crossing for the GMA study. The PA contents were arbitrarily set at < 900 mg/100 g seed for low PA and $\geq$ 900 mg/100 g seed for medium-high PA.

The GMA study was conducted in a randomized complete block design (RCBD) with four replications at Suwan Farm at Pak Chong district, Nakhon Ratchasima province, Thailand.

In the field experiment, two seeds of the tested inbred lines and crosses were planted in a row 5 m long with two rows for each inbred line and cross in each replication. There was a distance of 25 cm between hills and 75 cm between rows. Plants were thinned to one plant per hill after planting 14 days. Fertilizer was broadcasted before planting at the rates of 25 kg ha^{-1} of Nitrogen (N) and 31.25 kg ha^{-1} of P_2O_5 with an additional of 86.25 kg ha^{-1} of N was side dressed at the six to eight leaf stages.

Plant materials and experimental design for genetic variance study

Sixteen inbred lines of tropical maize from Kasetsart University (Ki) and 26 lines extracting from commercial hybrid (commercial hybrid extracted) in two populations (nursery no. 40 for commercial hybrid extracted-inbred lines and 41 for Ki inbred lines) were planted on dry season in 2008 at a field site in Suwan Farm, Pakchong District, Nakhon Ratchasima Province, Thailand. Two seeds were planted in each hole with the inter- and intra-row spacing at 0.75 and 0.20 m respectively. The length of each row was 5 m. Seeds from these plating were used in the chemical analysis in Animal Sciences and Agricultural Technology, Silpakorn University, Phetchaburi, Thailand. Completely Randomized Design (CRD) was arranged in this experiment with 3 replications.

Cross and generations for GMA study

The corn inbred lines using for crossing were selected from the lines containing either low or medium-high PA contents. Our previous study revealed that the PA and InP contents of the inbred lines from the germplasm bank were negative correlated (Na Chiangmai et al, 2011b). As a consequence, only the PA trait was chosen for crossing, but the InP trait can also be inherently investigated simultaneously.

The crossing of these inbred lines for the GMA study was 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20, Ki16 x Ki10, Ki51 x Ki20, Ki52 x Ki51, 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23, and C5219041-S_6-95 x Ki23. Each cross consisted of six generations included the P_1 and P_2 parental inbred lines, the F_1 and F_2 of the first and the second filial generations, and the BC_1 (female F_1 backcrossed to P_1) and BC_2 (female F_1 backcrossed to P_2). The parental inbred lines of the six crosses were selected and the six populations of each cross were established during 2007 - 2009, and the PA and InP contents of the six generations which planted simultaneously in the 2010 dry season were subsequently evaluated.

Data analysis for GMA study

The allelic gene action (additive and dominance) and non-allelic gene action (additive x additive, additive x dominance, and dominance x dominance) were evaluated based upon the scaling test proposed by Mather and Jinks (1982). The estimate values of *A*, *B*, and *C* included as;

$$A = 2\bar{BC}_1 - \bar{P}_1 - \bar{F}_1$$
$$B = 2\bar{BC}_2 - \bar{P}_2 - \bar{F}_1$$
$$C = 4\bar{F}_2 - 2\bar{F}_1 - \bar{P}_1 - \bar{P}_2$$

with $\bar{P}_1$, $\bar{P}_2$, $\bar{BC}_1$, $\bar{BC}_2$, $\bar{F}_1$, and $\bar{F}_2$ representing observed generation means of P_1, P_2, BC_1, BC_2, F_1, and F_2 respectively.

The variances of the observed generation means were used to estimate the variance of the *A*, *B*, and *C* values as:

$$V_A = 4V_{\bar{BC1}} + V_{\bar{P1}} + V_{\bar{F1}}$$
$$V_B = 4V_{\bar{BC2}} + V_{\bar{P2}} + V_{\bar{F1}}$$
$$V_C = 16V_{\bar{F2}} + 4V_{\bar{F1}} + V_{\bar{P1}} + V_{\bar{P2}}$$

with $V_{\bar{BC1}}$, such as the variance of the mean measurement of the BC_1 generation. The *A*, *B*, and *C* and standard error were tested with the t-test. The *A*, *B*, and *C* scaling tests were carried out to study the non-allelic interactions of the PA trait.

If the non-significant values of the *A*, *B*, and *C* by the scaling test, the additive- dominance model is perfectly adequate for the analysis of the variation in these single sets of data (Mather and Jinks, 1982). If the significant values of the *A*, *B*, and *C*, the additive-dominance model is not valid to explain the gene action governing the PA trait. Hence, the joint scaling test proposed by Cavalli (1952) would be employed to estimate the parameter, i.e. m, [d], [h] from the generation means. Chi-square $[x^2]$ is used to test the goodness of fit in the additive-dominance model in each parameter using the formula described by Mather and Jinks (1982) as follows:

$$\sum_{i=1,\ldots,6} [(observerd\ value - expected\ value)^2\ x\ corresponding\ weight]$$

Where *i* is generation.

The matrix algebra method modified from the analysis method of the scaling test (Mather and Jinks, 1982) by Kunkaew et al (2008) was used to explain the additive-dominance model as follows:

$$M = [B_1' \mathrm{x}\ B]^{-1} \mathrm{x} [B_1' \mathrm{x}\ C]$$
$$V = D \mathrm{x} V_1$$
$$SE = \sqrt{V}$$

where *M* is the matrix of parameters; *B* is the matrix of coefficient of parameters; B_1 is the matrix of weight; B_1' is the matrix transpose of B_1; *C* is the matrix of six generation means; *V* is the matrix of parameter variances; V_1 is the matrix of six generation means; *D* is the matrix of the squared of each values in matrix $[B_1' \mathrm{x}\ B]^{-1} \mathrm{x}\ B_1']$; and *SE* is the standard error of parameters.

If the additive-dominance model by the scaling test is not valid to explain the gene action governing the PA trait as shown by the significance of the scale *A* or *B* or *C*, the non-allelic interaction model would be employed to explain the epistasis for gene action of the trait.

The matrix algebra modified from the analysis method of the joint scaling test (Gamble, 1962) by Kunkeaw et al (2008) was used to analyze the generation means as follows:

$$M = B^{-1} \mathrm{x}\ C$$
$$V = E \mathrm{x} V_1$$
$$SE = \sqrt{V}$$

where M represents the matrix of parameters, B the matrix of coefficient of parameters, B^{-1} the matrix inverse of B, C the matrix of six generation means, V the matrix of parameter variances, V_1 the matrix of variances of six generation means, E the matrix of the squared of each values in matrix $[B^{-1}]$, and SE the standard error of parameters.

Data analysis for genetic variance study

The genetic variance of these traits was calculated with the method of Johnson et al. (1955) and Singh and Chaudhury (1985) as follow:

Genotypic variance (σ^2_g) = [genotype (inbred line) mean squares - error mean square]/number of replications

Phenotypic variance (σ^2_p) = [genotype (inbred line) mean squares] + error mean square

The genotypic coefficient of variance (GCV) (%) = (σ_g/grand mean) x 100

where: σ_g = genotypic standard deviation

The phenotypic coefficient of variance (PCV) (%) = (σ_p/grand mean) x 100

where: σ_g = phenotypic standard deviation

The broad sense heritability (h^2_b) (%) = (σ^2_g/ σ^2_p) x 100

The genetic advance (GA) = (σ^2_g/ σ^2_p) x σ_p x k, as $k_{(0.05)}$ = 2.06 which is the selection differential expressed in standard deviation according to Singh and Chaudhury (1985), 5% of selection pressure.

The percent of genetic advance of the mean (GAM) = (GA/grand mean) x 100

Results and Discussion

Comparison of the inbred lines for the PA and InP contents and correlations of the traits in the six generations in the six crosses

The value of the PA contents of the inbred lines selected to be parents for crossing to study the GMA was shown in Table 1. The inbred lines were categorized based upon the difference in the value of PA contents between the selected parents.

As shown in Table 1, there were five crosses in which the value of the difference in the PA contents was greater than 60 mg/100 g seed in the preliminary test. On the contrary, the difference in the PA values between Ki16 and Ki10 was at 17.3 mg/100 g seed. There were also five crosses in which the difference in the PA values was positive, except that of the cross Ki52 x Ki51 was negative.

The value of the InP contents of the inbred lines selected to be parents for crossing to study the GMA was shown in Table 1. There were three crosses in which the value of the difference in the InP contents was greater than 18 mg/100 g seed in the preliminary test. As shown in Table 1, there were three crosses in which the difference in the InP contents less than 18 mg/100 g seed. There were also five possible crosses in which the difference in the InP contents was negative, except that the cross Ki51 x Ki20 was positive.

The ANOVAs in the six crosses (i.e., 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20, Ki16 x Ki10, Ki51 x Ki20, Ki52 x Ki51, 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23, and C5219041-S_6-95 x Ki23) showed that there were statistically significant differences in the PA contents in the crosses 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20 and Ki51 x Ki20 (Table 2). There were also highly significant differences in the InP contents in the three crosses, namely Ki16 x Ki10, Ki51 x Ki20, and 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23 (Table 2).

Although there was only one cross (C5219041-S_6-95 x Ki23) which was statistically correlated with respect to the PA and InP contents, there were negative correlations in all the crosses (Table 2).

Table 1 - Means of the PA, and InP contents of corn inbred lines in preliminary test selected to be a parent in the crosses for GMA study.

		Preliminary test[§]		
Inbred lines[†]	PA ± SE (mg/100g)	Inbred lines[‡]	PA ± SE (mg/100g)	PA differences (mg/100g)
30A10-S_{10}-11-1-10	952.0 ± 17.7	Ki20	885.8 ± 22.8	66.2
Ki16	915.5 ± 10.9	Ki10	898.2 ± 8.2	17.3
Ki51	953.4 ± 8.8	Ki20	885.8 ± 22.8	67.6
Ki52	886.2 ± 16.5	Ki51	953.4 ± 8.8	-67.2
30A10-S_{10}-14-1-2	969.7 ± 23.0	Ki23	894.6 ± 6.0	75.1
C5219041-S_6-95	957.2 ± 9.0	Ki23	894.6 ± 6.0	62.6
Inbred lines†	InP ± SE (mg/100g)	Inbred lines‡	InP ± SE (mg/100g)	InP differences (mg/100g)
30A10-S_{10}-11-1-10	18.5 ± 0.6	Ki20	37.5 ± 1.8	-19.0
Ki16	37.5 ± 2.1	Ki10	46.5 ± 0.7	-9.0
Ki51	38.7 ± 1.7	Ki20	37.5 ± 1.8	1.2
Ki52	29.6 ± 0.7	Ki51	38.7 ± 1.7	-9.1
30A10-S_{10}-14-1-2	22.6 ± 1.4	Ki23	48.4 ± 2.1	-25.8
C5219041-S_6-95	26.5 ± 0.5	Ki23	48.4 ± 2.1	-21.9

[§] determined at 2007 dry season.

[†]inbred lines as the P_1 in the cross for GMA study.

[‡]inbred lines as the P_2 in the cross for GMA study.

Table 2- ANOVA and correlation for PA and InP contents among six generations in six crosses of corn.

Crosses	PA		InP		Correlation coefficient [r]
	Mean squares	$F_{calculated}$	Mean squares	$F_{calculated}$	
30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20	1907.96	3.13 *	52.53	0.73 ns	-0.16 ns
Ki16 x Ki10	628.66	0.25 ns	1463.30	10.64 **	-0.18 ns
Ki51 x Ki20	2358.66	3.80 *	974.39	9.54 **	-0.07 ns
Ki52 x Ki51	922.48	0.24 ns	120.43	2.25 ns	-0.28 ns
30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23	1396.22	0.38 ns	410.24	5.88 **	-0.16 ns
C5219041-S_6-95 x Ki23	794.74	2.13 ns	130.81	0.90 ns	-0.46 *

*,** Significant at 0.05 and 0.01 probability, respectively; ns, not significant.

Generation mean analysis by the scaling and joint scaling tests

Both non-significant and significant differences were found for the scalings *A*, *B*, and *C* and their variance for the PA (Table 3) and InP contents (Table 4). For the PA content, there were three crosses which the values of the scalings *A*, *B*, and *C* were not significantly different (Table 3). Three crosses showed significant deviations from zero for those scales for the PA content; i.e. 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20, Ki51 x Ki20, and C5219041-S_6-95 x Ki23. For the InP content, five crosses had significantly differences for the scaling values except for the cross 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20 (Table 4).

There were non-significant differences in four crosses by Chi-square test in the PA content in the crosses of Ki16 x Ki10, Ki51 x Ki20, Ki52 x Ki51, and 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23 (Table 5). Two crosses, namely 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20 and C5219041-S_6-95 x Ki23 were significantly different by the Chi-square test in the PA content. However, there was a significant difference of the value of *m* in every cross and there was a significant difference in the value of [*d*] in four crosses; i.e., 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20, Ki16 x Ki10, Ki51 x Ki20, and C5219041-S_6-95 x Ki23. The [*h*] values of the PA content were significantly differences in three crosses, i.e., 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20, Ki16 x Ki10, and Ki51 x Ki20 (Table 5).

There were non-significant differences using the Chi-square test for the InP content in two crosses of 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20 and Ki52 x Ki51 (Table 6). In contrast, there were significantly differences in four crosses, i.e. Ki16 x Ki10, Ki51 x Ki20, 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23, and C5219041-S_6-

95 x Ki23. The *m* value in every cross was significantly different. The [*d*] and [*h*] values in all crosses for the InP content were also significantly different (Table 6).

Table 3 - Means of PA content in six generations and the scaling tests in six crosses of corn.

Value	30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20 (MH x L) [§]	Ki16 x Ki10 (MH x L)	Ki51 x Ki20 (MH x L)	Ki52 x Ki51 (L x MH)	30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23 (MH x L)	C5219041-S_6-95 x Ki23 (MH x L)
$\bar{P}_1$	793.7 ± 4.6	804.6 ± 1.6	913.0 ± 7.5	792.8 ± 23.9	834.7 ± 11.2	914.6 ± 3.3
$\bar{P}_2$	751.8 ± 14.5	771.6 ± 6.2	861.1 ± 11.8	826.8 ± 21.4	830.6 ± 18.4	878.2 ± 5.0
$\bar{F}_1$	810.6 ± 9.4	797.2 ± 2.1	912.6 ± 8.6	812.0 ± 16.2	851.4 ± 22.0	900.3 ± 3.5
$\bar{F}_2$	817.7 ± 3.1	808.8 ± 27.1	918.7 ± 5.4	834.6 ± 18.4	850.5 ± 20.4	902.3 ± 9.1
$\overline{BC}_1$	823.4 ± 5.0	782.0 ± 12.7	932.7 ± 8.9	828.4 ± 15.2	877.7 ± 19.4	918.3 ± 2.4
$\overline{BC}_2$	784.3 ± 8.7	782.5 ± 9.2	895.2 ± 3.3	813.2 ± 9.7	827.7 ± 14.6	904.1 ± 7.1
A	42.4 ± 14.5 **	-37.8 ± 25.5 ns	39.7 ± 21.1 ns	51.9 ± 41.9 ns	69.3 ± 45.9 ns	21.7 ± 6.7 **
B	6.2 ± 24.5 ns	-3.8 ± 19.7 ns	16.7 ± 16.0 ns	-12.4 ± 33.1 ns	-26.5 ± 40.9 ns	29.8 ± 15.5 ns
C	104.0 ± 27.2 **	64.4 ± 108.9 ns	75.5 ± 31.1 *	94.8 ± 86.7 ns	34.0 ± 95.3 ns	16.0 ± 37.4 ns

[§]MH, Medium-High PA content; L, Low PA content.

** Significant at 0.01 probability, respectively; ns, not significant.

Table 4 - Means of InP content in six generations and the scaling tests in six crosses of corn.

Value	30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20 (MH x L)[§]	Ki16 x Ki10 (MH x L)	Ki51 x Ki20 (MH x L)	Ki52 x Ki51 (L x MH)	30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23 (MH x L)	C5219041-S_6-95 x Ki23 (MH x L)
$\bar{P}1$	41.6 ± 2.0	78.0 ± 6.2	32.2 ± 2.5	25.5 ± 2.3	61.1 ± 3.1	35.4 ± 2.8
$\bar{P}2$	37.1 ± 0.5	68.0 ± 4.9	40.0 ± 4.0	37.8 ± 1.9	39.3 ± 1.6	39.0 ± 7.1
$\bar{F}1$	29.7 ± 1.4	28.7 ± 1.8	31.7 ± 1.1	25.1 ± 0.8	35.7 ± 1.7	37.5 ± 1.7
$\bar{F}2$	33.1 ± 4.6	34.3 ± 3.0	72.1 ± 3.8	35.6 ± 3.2	41.6 ± 3.0	26.8 ± 2.1
$\overline{BC}1$	34.0 ± 0.8	29.8 ± 2.4	30.4 ± 0.5	26.3 ± 2.6	34.4 ± 2.5	28.2 ± 2.2
$\overline{BC}2$	30.0 ± 1.8	41.8 ± 3.4	34.5 ± 2.8	30.1 ± 0.7	34.7 ± 2.0	26.3 ± 1.7
A	-3.3 ± 2.9 ns	-47.0 ± 8.1 **	-3.0 ± 2.9 ns	2.1 ± 5.7 ns	-28.0 ± 6.1 **	-16.5 ± 5.4 **
B	-6.8 ± 3.9 ns	-13.0 ± 8.6 ns	-2.7 ± 7.0 ns	-2.7 ± 2.5 ns	-5.5 ± 4.7 ns	-23.8 ± 8.0 **
C	-5.6 ± 18.8 ns	-66.1 ± 14.7 **	152.9 ± 16.2 **	29.0 ± 13.1 *	-5.3 ± 12.9 ns	-42.0 ±11.9 **

[§]MH, Medium-High PA content; L, Low PA content. ** Significant at the 0.01 probability level; ns, not significant.

Table 5 - The results of the joint scaling test for mean of PA in grain of corn.

Value	30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20 (MH x L)[§]	Ki16 x Ki10 (MH x L)	Ki51 x Ki20 (MH x L)	Ki52 x Ki51 (L x MH)	30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23 (MH x L)	C5219041-S_6-95 x Ki23 (MH x L)
m	782.2 ± 5.7 **	787.9 ± 3.3 **	893.6 ± 5.4 **	817.1 ± 13.1 **	830.8 ± 9.9 **	900.0 ± 2.8 **
$[d]$	17.2 ± 5.5 **	16.5 ± 3.3 **	27.2 ± 4.9 **	-2.3 ± 11.8 ns	9.1 ± 9.6 ns	19.4 ± 2.7 **
$[h]$	57.1 ± 10.6 **	9.1 ± 4.0 *	32.1 ± 10.8 **	0.7 ± 22.8 ns	28.0 ± 21.6 ns	6.9 ± 4.5 ns
$x^2(3)$	21.49 **	2.59 ns	7.56 ns	2.90 ns	3.52 ns	12.82 **

The numerous received from joint scaling test by Mather and Jinks (1982).

[§]MH, Medium-High PA content; L, Low PA content.

** Significant at 0.01 probability, respectively; ns, not significant.

Table 6 - The results of the joint scaling test for mean InP in grain of corn.

Value	30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20 (MH x L) [§]	Ki16 x Ki10 (MH x L)	Ki51 x Ki20 (MH x L)	Ki52 x Ki51 (L x MH)	30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23 (MH x L)	C5219041-S_6-95 x Ki23 (MH x L)
m	38.7 ± 0.8 **	55.2 ± 2.7 **	38.0 ± 1.8 **	31.5 ± 1.2 **	46.5 ± 1.5 **	25.4 ± 2.0 **
$[d]$	1.7 ± 0.7 *	-6.7 ± 2.8 *	-7.8 ± 1.7 **	-4.9 ± 1.2 **	7.5 ± 1.5 **	5.0 ± 2.0 *
$[h]$	-10.5 ± 1.7 **	-29.8 ± 3.7 **	-6.3 ± 2.3 **	-6.5 ± 1.6 **	-13.2 ± 2.4 **	9.1 ± 3.1 **
$x^2(3)$	3.66 ns	40.31 **	100.16 **	6.92 ns	22.13 **	19.58 **

The numerous received from joint scaling test by Mather and Jinks (1982).

Cross 3; Ki51 x Ki20 (Medium-High x Low PA group) was highly significant by scaling test, so it was not analyzed by the joint scaling test.

[§]MH, Medium-High PA content; L, Low PA content.

*,** Significant at 0.05 and 0.01 probability, respectively; ns, not significant.

Generation mean analysis for epistasis effect

There were statistically significant differences in the PA content tested by both the scaling and Chi-square tests in the crosses of 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20, Ki51 x Ki20, and C5219041-S_6-95 x Ki23 (Tables 3 and 5).

The parameter test using the matrix algebra found that there were statistically significant differences by the non-allelic model in the PA content in both the *m*, [*d*], and [*i*] values (Table 7).

The analysis of the non-allelic interaction model in the PA trait (Table 7) also revealed the influence of the allelic gene action and there was a significant difference from the analysis using the joint scaling test (Table 5).

Using the joint scaling test to analyze for the PA content in the crosses of 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20 and Ki51 x Ki20, the [*d*] and [*h*] values showed statistically significant differences from zero (Table 5). However, only the [*d*] value was significantly different in both crosses when it was analyzed by non-allelic interaction model (Table 7). While the [*d*] value was found to be significantly different in the cross C5219041-S_6-95 x Ki23 from the analysis using the joint scaling test (Table 5), there was no statistically significant difference of the [*d*] value tested with the non-allelic interaction model (Table 7).

The study of the non-allelic gene action for the PA content, particularly in the cross 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20, revealed that there was a statistically significant difference in the [*i*] value. However,

there was no a statistically significant difference which indicated the influence of the non-allelic gene action in the other two crosses (Ki51 x K20 and C5219041-S_6-95 x Ki23) (Table 7).

There were statistically significant differences in the value of the InP content tested by the scaling or Chi-square tests in the following crosses viz., Ki16 x Ki10, Ki51 x Ki20, Ki52 x Ki51, 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23, and C5219041-S_6-95 x Ki23 (Tables 4 and 6). From the parameter test by the non-allelic interaction model in these crosses, the value of *m* was significantly different in all crosses. However, there were some statistically significant differences in other parameters ([*d*], [*h*], [*i*], [*j*], and [*l*]) (Table 8).

The study of the allelic gene action in the InP content with the joint scaling test found that the [*d*] and [*h*] values were statistically significant different from zero in the five crosses (not considered in cross 30A10-S_{10}-11-1-1 x Ki20 because it was non-significant differences for the scalings *A*, *B*, and *C* and their variance that showed in Table 4) (Table 6). Nonetheless, the two values were significantly different only in the cross Ki16 x Ki10 when they were subject to analysis with the non-allelic interaction model (Table 8). While the other three crosses (i.e., Ki51 x Ki20, Ki52 x Ki51, and 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23) had only the [*h*] value with statistically significant difference tested with the non-allelic interaction model (Table 8). Only the cross C5219041-S_6-95 x Ki23 was not significantly different in both the [*d*] and [*h*] values (Table 8).

For the study in the non-allelic gene action using the non-allelic interaction model (Table 8), it was found that the cross 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23 had the values of [*i*], [*j*], and [*l*] with statistically significant difference. The cross Ki16 x Ki10 had the significant values of [*j*] and [*l*]. The cross Ki51 x Ki20 had the significant values of [*i*] and [*l*]. The crosses Ki52 x Ki51 and C5219041-S_6-95 x Ki23 had the significant values of [*i*] and [*l*], respectively.

Table 7 - The generation mean analysis by non-allelic model on PA in grain of corn.

Value	30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20 (MH x L) [§]	Ki51 x Ki20 (MH x L)	C5219041-S_6-95 x Ki23 (MH x L)
m	817.7 ± 3.1 **	918.7 ± 5.4 **	902.3 ± 9.1 **
$[d]$	39.1 ± 10.0 **	37.5 ± 9.5 **	14.1 ± 7.5 ns
$[h]$	-17.5 ± 26.5 ns	6.5 ± 30.9 ns	39.5 ± 39.5 ns
$[i]$	-55.34 ± 23.6 *	-19.1 ± 28.8 ns	35.6 ± 39.2 ns
$[j]$	18.1 ± 12.6 ns	11.5 ± 11.8 ns	-4.1 ± 8.1 ns
$[l]$	6.7 ± 48.5 ns	-37.4 ± 48.9 ns	-87.1 ± 47.9 ns

*,** Significant at 0.05 and 0.01 probability, respectively; ns, not significant.

Table 8 - The generation mean analysis by non-allelic model on InP in grain of corn.

Value	Ki16 x Ki10 (MH x L)	Ki51 x Ki20 (MH x L)	Ki52 x Ki51 (L x MH)	30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23 (MH x L)	C5219041-S_6-95 x Ki23 (MH x L)
m	34.3 ± 3.0 **	72.1 ± 3.8 **	35.6 ± 3.2 **	41.6 ± 3.0 **	26.8 ± 2.1 **
$[d]$	-12.0 ± 4.2 **	-4.1 ± 2.9 ns	-3.8 ± 2.7 ns	-0.3 ± 3.2 ns	1.9 ± 2.8 ns
$[h]$	-38.2 ± 15.2 *	-163.1 ± 16.6 **	-36.2 ± 13.8 *	-42.7 ± 13.8 **	2.0 ± 10.9 ns
$[i]$	6.1 ± 14.6 ns	-158.6 ± 16.4 **	-29.6 ± 13.7 *	-28.2 ± 13.5 *	1.8 ± 10.1 ns
$[j]$	-17.0 ± 5.8 **	-0.2 ± 3.7 ns	2.4 ± 3.1 ns	-11.2 ± 3.6 **	3.7 ± 4.7 ns
$[l]$	53.9 ± 22.4 *	164.4 ± 19.8 **	30.2 ± 16.9 ns	61.7 ± 18.2 **	38.5 ± 16.2 *

*,** Significant at 0.05 and 0.01 probability, respectively; ns, not significant.

Yield study in the six generations in the six crosses of corn

The grain yield of the higher parents was found in P_1 in four crosses, such as 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20, Ki51 x Ki20, Ki52 x Ki51, and 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23 (Table 9). For the PA content, the higher parent of P1 was found in the five crosses; i.e., 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20, Ki16 x Ki10, Ki51 x Ki20, 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23, and C5219041-S_6-95 x Ki23 (Table 3).

The positive correlation between grain yield and the PA content was found between the three crosses of inbred lines (out of six crosses of the inbred lines).

The hybrid generations (i.e., F_1, F_2, BC_1, and BC_2) had higher values of grain yield than those of the parents in all crosses (Table 9). There were five crosses which showed the highest grain yield value in the BC1 generation (i.e., 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20, Ki51 x Ki20, Ki52 x Ki51, 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23, and C5219041-S_6-95 x Ki23) (Table 9).

In this study, P1 parent of the four crosses (i.e., 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20, Ki51 x Ki20, Ki52 x Ki51, and 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23) had higher yield than the P2 parent (Table 9).

In this study, the backcrossing between P1 and F1 (30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20, Ki51 x Ki20, Ki52 x Ki51, 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23, and C5219041-S_6-95 x Ki23) yielded the five populations of BC_1 which had both high yield and high PA content (Tables 3 and 9). In addition, BC_1 in four possible crosses (30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20, Ki51 x Ki20, 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23, and C5219041-S_6-95 x Ki23) had the highest value of the PA content than other hybrid generations (F_1, F_2, and BC_2).

Table 9 - Means of yield (ton/ha) in the six generations of corn in the Trial no. 901-906 in the 2010 dry season at the NCSRC, Thailand.

Value	30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20 (MH x L) [§]	Ki16 x Ki10 (MH x L)	Ki51 x Ki20 (MH x L)	Ki52 x Ki51 (L x MH)	30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23 (MH x L)	C5219041-S_6-95 x Ki23 (MH x L)
$\bar{P}1$	0.58 ± 0.09	0.31 ± 0.15	0.46 ± 0.13	1.67 ± 0.17	0.80 ± 0.30	0.66 ± 0.13
$\bar{P}2$	0.23 ± 0.09	0.33 ± 0.16	0.33 ± 0.14	0.59 ± 0.08	0.78 ± 0.27	0.77 ± 0.10
$\bar{F}1$	3.53 ± 0.32	5.32 ± 0.41	2.47 ± 0.39	5.94 ± 1.18	3.89 ± 0.45	4.26 ± 0.87
$\bar{F}2$	2.74 ± 0.27	2.19 ± 0.39	1.40 ± 0.76	3.64 ± 0.86	3.69 ± 0.26	4.52 ± 0.56
$\overline{BC}1$	5.63 ± 0.41	2.72 ± 0.50	3.50 ± 1.02	6.41 ± 0.85	4.83 ± 0.19	5.75 ± 0.57
$\overline{BC}2$	2.57 ± 0.74	2.60 ± 0.27	0.67 ± 0.53	2.74 ± 0.82	3.23 ± 0.66	2.56 ± 0.50

[§] MH, Medium-High PA content; L, Low PA content.

Genetic variances for the phytic acid and inorganic phosphorus contents

The analysis of variance showed highly significant among the genotypes with respect to PA and InP in both sources of inbred lines, except PA in Ki inbred lines (Table 10).

Different sources of elite inbred lines revealed genotypic variance of PA and InP content. Genotypic variance of PA content was more than that of InP content in commercial hybrid extracted-inbred lines (Table 10).

However, phenotypic variance of PA content both in Ki and commercial hybrid extracted-inbred lines was higher than that of InP content (Table 10). The low h^2_b, GA and CAM were observed for PA and InP contents (Table 10). The difference between GCV was high between PA and InP content in seeds (Table 10).

Table10. Mean squares of genetic parameters for phytic acid (PA) and inorganic phosphorus content (InP) of 16 Ki inbred lines and 26 new inbred lines in the dry season, 2008.

Source	Ki inbred lines		New inbred lines	
	PA (mg/100g)	InP (mg/100g)	PA (mg/100g)	InP (mg/100g)
Genotypes	1515.59 ns	285.79 **	1188.20**	224.78**
Residual	1310.15	5.82	479.11	4.20
σ^2_g	68.48	93.32	236.36	73.52
σ^2_p	2825.74	291.61	1667.31	248.98
GCV(%)	0.89	26.74	1.63	34.07
PCV(%)	5.71	47.26	4.32	62.69
h^2_b (%)	2.42	32.00	14.18	29.53
GA	2.65	11.26	11.93	9.60
GAM (%)	0.28	31.16	1.26	38.14

note: σ^2_g as genotypic variance; σ^2_p as phenotypic variance; GCV as genotypic coefficient of variance; PCV as phenotypic coefficient of variance; h^2_b as broad sense heritability; GA as genetic advance; GAM as percent genetic advance of the mean.

** Significant at $P<0.01$

ns = Non significant at $P \geq 0.05$

Discussion

Comparison of the inbred lines for the PA and InP contents and correlations of the traits in the six generations in the six crosses

The difference of the PA content (as shown in Table 1) between the two lines selected for crossing was greater than 60 mg/100 g seed in each of the five crosses. This indicated that there was a genetic variation between the inbred lines, although the difference was quite low when it was compared with the result as reported by Lorenze et al. (2007).

This difference of the PA content was not too high because there was a narrow variation of the PA content in the inbred lines collected at the National Corn and Sorghum Research Center, Thailand. This is because the selected inbred lines in the collection have been developed from the elite corn varieties or hybrids with good performance which the high yield was the primary trait in the tropical environment. The selection may restrict the genetic background and exclude the germplasm sources of inbred lines having varied the PA content, especially the low PA inbred lines. This observation is supported by the finding that the PA trait was positively correlated with grain yield (Na Chiangmai et al, 2011b). On the other hand, there was a comparatively greater difference in PA content between low and high groups as reported by Lorenze et al. (2007) which used the maize lines from Iowa, North Carolina, and Nebraska from the temperate environment. The distinction between these two studies may be a result of dissimilarity in genetic background of maize as well as the techniques used to analyze PA content.

Apart from the reason stated above, the comparatively narrow difference of the PA contents occurred in the cross Ki16 x Ki10 because both inbred lines had been developed from the same cycle of the OPV Suwan 1(S) C4. The positive or negative of the difference in the PA contents may indicate that the P_1 was selected from the inbred lines which were grouped as having either medium-high or low PA, respectively (Table 1).

As for the difference of the InP content, there were two groups of inbred lines which were classified based upon the InP value (Table 1). The first group has the difference of the InP content greater than 18 mg/100 g seed, while the second group has the distinction of the InP content lower than 18 mg/100 g seed. The difference of the InP content in the inbred lines (compared with mid-parent in individual crosses) was greatest at 72.66% in the cross between 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23 and was lowest at 21.43% in cross between Ki16 x Ki10. This evidence indicates that the parent selected for crossing has more genetic variation in InP character than that of the PA trait. Lorenze et al (2007) also reported the relatively greater difference of InP values between low and high groups from 50 maize lines using

Modified Wade assay. As there was a genetic coefficient of variation in this study, it was possible that InP had more genetic variation and should be responsive to selection (Lorenze et al, 2007).

As a result, the InP trait may be utilized as the trait for the gene action study, although this trait has not been used in selecting the parents for the GMA study. The fact that the difference of the InP contents in parental lines was negative in the five crosses and positive in one cross consolidates the negativity of the correlation between the contents of PA and InP in the corn seeds of the inbred lines (Table 1). The same negative relationship (but non-significant) in the correlation study in the six populations (both in inbred lines and F_1 hybrids) was also reported by Na Chiangmai et al (2011b).

The statistically significant differences in two crosses (30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20 and Ki51 x Ki20) could be explained that the genetic variation of the six generations will explicitly affect the distinction of the PA phenotype; which in turns reveals that the PA trait is governed by gene. This effect would elucidate and determine the type of the gene action which governs the expression of the PA trait (Table 2).

The genetic control in the two crosses is consolidated by the fact that the PA contents of the inbred lines selected for crossing maintains the difference between the parents both prior to the grouping and during the GMA study (Tables 1 and 3).

There were also highly significant differences of the InP contents in three crosses, i.e. Ki16 x Ki10, Ki51 x Ki20, and 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23 (Table 2). This suggests that the differences of the InP contents in the three crosses occurred as a result of gene effect. The effect of gene in controlling the InP trait may contribute to the possibility of using the GMA study to determine a type of gene action, particularly in the cross Ki51 x Ki20 which were significantly different among six generations in both PA and InP contents (Table 2). The values of both genetic variance and broad-sense heritability of InP trait were higher than those of PA trait in maize used for feeding the animal (Lorenze et al, 2008; Na Chiangmai et al, 2011a). The broad-sense heritability may thus be influenced by genotype diversity in the populations. Although broad-heritability may be an indicator which can be used to elucidate the influence of gene, this value does not identify the type of gene action.

The correlation study between the PA and InP contents in the six generations in each cross which revealed the negative values means that the PA and InP contents are reversed, as shown by the significant negative value (-0.46) in the cross C5219041-S_6-95 x Ki23 (Table 2). Raboy et al (2000), Raboy et al (2001), and Na Chiangmai et al (2011b) also reported the negative relationship between the PA and the InP contents in corn. Thus, the relationship between PA and InP in normal lines and that in the mutant lines were similar. However, this result was different from that reported in normal lines by Lorenze et al

(2007), which showed non-significant positive between PA and InP. The discrepancy between our study and that of Lorenze et al (2007) may thus be attributable to the difference of genetic background of the maize used in both experiments.

Generation mean analysis by the scaling and joint scaling tests

The values of *A*, *B*, *C* and their variance in the PA trait were not significantly different after subjecting to the scaling test in the three crosses (Ki16 x Ki10, Ki52 x Ki51, and 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23) and these values in InP trait were not significantly different in one cross (30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20). This means that the traits were controlled by the allelic gene action (Tables 3 and 4). The PA contents in F_1, F_2, BC_1, and BC_2 were higher than those of the mid-parent in the other significant three crosses (Table 3) which indicate that the relatively higher PA content is a dominant trait.

Shanmuganathan et al (2006) also reported the presence of heterosis of the PA trait in the hybrids of the pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.). The average of the PA content in BC_2 is lower than those of the other generation means (Table 3) because of backcrossing the F_1 to the lower parent. This may indicate that the PA trait follows the allelic frequency.

The average of the InP contents in F_1, F_2, BC_1, and BC_2 which were lower than those of the mid-parent in the crosses (Table 4) confirms the negative relationship between the PA and InP contents. The value of the InP content of the F_1 hybrid which was less than that of both mid parent and the lower parent in five crosses (except the cross C5219041-S_6-95 x Ki23) (Table 4) may indicate that the low InP trait was governed by a dominant gene.

Conversely, there were significantly different in the values of *A*, *B*, *C* and their variance in the PA trait after subjecting to the scaling test in three crosses (30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20, Ki51 x Ki20, and C5219041-S_6-95 x Ki23) and the InP in five crosses (Ki16 x Ki10, Ki51 x Ki20, Ki52 x Ki51, 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23, and C5219041-S_6-95 x Ki23) which means that the traits are also controlled by the non-allelic gene action (epistasis) (Tables 3 and 4).

The detection of the non-allelic gene action in governing the InP trait reveals an inheritance of quantitative characters. The epistasis, hybrid vigor, and the relationship between the two phenomena were found to play a role in dictating heterosis in the cross-pollinated crops (Ketata et al, 1976). The epistatic effect is crucial and beneficial for the formation of the hybrids from the inbred lines (Darrah and Hallauer, 1972; Wolf and Hallauer, 1977; Azizi et al, 2006), although it may hinder the genetic improvement in corn (Melchinger et al, 1988; Lamkey et al, 1995). Hallauer (1990) also reported that using inbred lines

with related inbreds as a parent would maintain the epistatic gene combination, especially a linked epistatic combination.

The Chi-square test in joint scaling test with no statistically significant difference in the trait indicated that the additive-dominant model is adequate to use for the explanation of that trait in the generation mean in specific cross (Mather and Jinks, 1982). Although there were four crosses which were not significantly different by the Chi-square test in the PA content (Table 5), one cross (Ki51 x Ki20) of these was significant in the value of *C* by the scaling test (Table 3).

The Chi-square test and the scaling test could be used to verify whether the additive-dominance model had controlled the inheritance on the specific traits (Cavalli, 1952; Griffiths and Scott, 2001; Schroeder and Stimart, 2001: Khodambashi et al, 2012). The significant value of either the Chi-square test in joint scaling test or the scaling test may indicate the complexity of gene action in controlling the generation means of the traits (Griffiths and Scott, 2001; Khodambashi et al, 2012). However, if the testing does not fit the additive-dominance model, the specific traits may have been explained with the non-allelic model (Mather and Jinks, 1982).

As for the PA trait, the cross Ki51 x Ki20 (in which the additive x dominance model was not significantly different when tested with the Chi-square) was significantly different analyzed with the scaling test. This may indicate that the cross Ki51 x Ki20 should be subject to the study with the non-allelic interaction model as well.

From the joint scaling test for the PA content, there were the significances from zero of the [*d*] in four crosses (the crosses of 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20, Ki16 x Ki10, Ki51 x Ki20, and C5219041-S_6-95 x Ki23), and the [*h*] value in three crosses (the crosses of 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20, Ki16 x Ki10, and Ki51 x Ki20) (Table 5). This indicated that the trait was clearly controlled by the additive and dominance gene effects in these crosses.

Two crosses of Ki52 x Ki51 and 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23 could be explained by the allelic gene action as a result of the study on the scaling test and Chi-square test analysis for the PA content (Tables 3 and 5). However, both [*d*] and [*h*] values which were not significantly different in the crosses of Ki52 x Ki51 and 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23 were detected. The allelic gene action in these crosses was not prominent as a result of the narrow of the difference of the PA content in the parents in these crosses (Table 3).

It was found that the difference in the PA contents in the two crosses of Ki52 x Ki51 and 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23 was quite higher than that of the other crosses in the preliminary test (-67.2 and 75.1 mg/100 g), respectively (Table 1). The high variation of the PA contents of the parents in the crosses was

observed between the preliminary test and in the GMA study (Tables 1 and 3) which was normal as a result of the quantitative nature of the PA trait in corn. Nonetheless, the six generations study in the PA trait exhibited no variation resulting to the non- significant difference in the two crosses tested with ANOVA (Table 2).

Both the additive and dominance gene action may govern the PA trait in all crosses, but the role of the gene effect may be varied based upon the pairing of each cross. This finding is in agreement with the research done by Shanmuganathan et al (2006) which used a diallel cross for gene effect determination in pearl millet and detected both additive and non-additive gene effects based upon the evaluation of 11 parents and 55 hybrids.

The detection of the difference of the gene action governing the PA trait among the crosses indicated that the study of the specific cross by suitable pairing was required in order to invent the high-yielding corn hybrid with low PA. Alternatively, composites or synthetic varieties of corn with low PA could be formed using the low PA inbred lines and developed by recurrent selection for high yield and low PA. Thus, parents with low PA may also be utilized in a population improvement program using recurrent selection to breed for the low PA content with good agronomic performance as reported by Shanmuganathan et al (2006).

Both the scaling test and Chi-square test for the InP content that were significantly different in values were found in five crosses (without the cross 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20) (Tables 4 and 6). Thus, the non-allelic interaction model was tested in these cross.

With the significant differences in both the [*d*] and [*h*] values of all of the six crosses from the additive-dominance model, the InP trait was controlled both by the additive and the dominance gene action (Table 6). However the allelic gene action was adequately used to explain the gene action of the InP content only in the cross 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20.

Generation mean analysis for epistasis effect

The statistically significant differences both the values of parameters in the scaling test and Chi-square test point out that the additive-dominance model is not adequate to explain the gene action controlling the PA trait in the generation means in the crosses of 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20, Ki51 x Ki20, and C5219041-S_6-95 x Ki23 (Tables 3 and 5). Thus, the non-allelic interaction model should be used to explain the epistasis (Mather and Jinks, 1982) in these crosses for the PA trait.

From the study of the allelic gene action of the PA trait, it was found that there were significant differences when this trait was subject to analysis with either the joint scaling test or the non-allelic

interaction model (Tables 5 and 7). Nevertheless, the effect of the additive gene action [*d*], which was found in three crosses, was more prominent for the allelic gene action by the joint scaling test analysis for PA trait. In this analysis, there was also the effect of the dominance gene action [*h*] for PA content in two crosses (i.e., 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20 and Ki51 x Ki20) (Table 5).

The study of the non-allelic gene action of the PA trait (Table 7) found that only the [*i*] value in the cross 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20 was significantly different. The statistically significant difference in the value of [*i*] of the non-allelic interaction means that the epistasis gene action is influenced by an additive x additive effect.

There was no statistically significant difference in the two crosses (Ki51 x Ki20 and C5219041-S_6-95 x Ki23) which possessed the non-allelic gene action (Table 7). The low variation of the PA content between the parents in the crosses may restrict the effect of the non-allelic gene action.

For the analysis with the scaling and Chi-square tests of the InP content, only the cross 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20 could be adequately explained with the additive-dominant gene action model (Table 4 and 6).

The study of the allelic gene action of the InP trait in the five crosses (i.e., Ki16 x Ki10, Ki51 x Ki20, Ki52 x Ki51, 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23, and C5219041-S_6-95 x Ki23) revealed that the difference between the analysis done by the joint scaling test (Table 6) and the non-allelic interaction model (Table 8).

Nevertheless, the effects of the additive gene action [*d*] and the dominance gene action [*h*] were also prominent for InP trait in five crosses when the joint scaling test were analyzed in these crosses (Table 6).

However, the study of the non-allelic interaction model in the InP trait found that the [*d*] value was significantly different only in the cross Ki16 x Ki10 (Table 8). In addition, the values of [*i*], [j], and [*l*] were significantly different from zero in the other five crosses. This indicated that there were additive x additive [*i*], additive x dominance [*j*], and dominance x dominance [*l*] gene actions. However, the significantly different of the [*l*] value in the four crosses (from the total of five crosses) may indicate the importance of dominance x dominance gene action in the InP trait in corn.

The detection, of the influence of both the allelic and non-allelic gene action in each cross of the InP trait, may indicate that complicated gene expression exists in InP trait and specific pairing between the suitable parents is required in the breeding program to obtain corn with increased InP.

The PA trait was less influenced by the non-allelic gene action than the InP trait as a result of the lesser degree of difference in the PA value between the parents (Tables 1 and 3). However, the negative

correlations between the PA and InP contents (Table 2) may indicate that breeding for the low PA corn was as complicated as breeding for the high InP corn.

Yield study in the six generations in the six crosses of corn

The correlation between the PA content and both plant and ear aspects in the inbred lines were positive (Na Chiangmai et al, 2011b). This means that the high PA content in the inbred lines may contributes to the better characteristics in both plant and ear aspects and increased grain yield. In this study, the crosses between the higher parent (in three crosses between 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20, Ki51 x Ki20, and 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23) brought about the progenies with both increased yield and PA content traits (Tables 3 and 9).

The positive correlation between grain yield and the PA content was found in three to six crosses of inbred lines indicating that yield and PA content traits could not be improved simultaneously. Lorenze et al (2008), on the other hand, reported that PA, InP and yield in maize may be improved simultaneously as a result of non-correlation and selection differentials of traits.

The hybrid generations had higher values of grain yield than those of the parents in all crosses, indicating that the heterosis may play a role in controlling this characteristic (Table 9). However, the correlations between the PA content and grain yield reported by Na Chiangmai et al (2011b) were positive in the F_1 hybrids populations, although there were no statistically significant difference. As a consequence, the new hybrid with the low PA content may have the reduced grain yield.

The BC_1 generation in five crosses was the hybrid which had high gene frequency in the P_1 parent, as a result of the backcrossing of F_1 hybrid to the P_1 parent. This result indicated that the additive gene effect may also play a role in controlling for grain yield.

In this study, P_1 parent had higher yield than the P_2 parent. As the PA content was the main characteristic, which was used to select the inbred line as a parent in the cross to form hybrid, the value of the correlation between the PA content and grain yield was always positive in this trial (Na Chiangmai et al, 2011b), but the two traits were not significantly correlated.

In addition, BC_1 in many crosses had the highest value of yield and PA content than other hybrid generations (F_1, F_2, and BC_2). This result confirmed that there was the positive correlation between grain yield and the PA content.

The hybrid populations had grain yield higher than those of the parental populations in all crosses, suggesting that this characteristic was governed by heterosis, with the over dominant gene action that expressed from the heterozygous genes. However, the BC_1 had higher grain yield than those of the F_1

hybrid and other hybrid populations (F_2 and BC_2 populations) in many crosses. It was also possible that the high grain yield was controlled by the high allelic frequency of the higher parent (P_1), where the additive gene action also controlled this trait.

The grain yield of the F_1 population was higher than that of the F_2 population, although the value of the PA content of the crosses in these two populations was quite closed (Table 3). This indicated that the heterosis was more prominent in grain yield than in the PA content trait. However, both grain yield and the PA content characteristics were governed by both the additive and dominant gene action.

Genetic variances for the phytic acid and inorganic phosphorus contents

High phenotypic variance was observed for PA content in both sources of inbred lines (Table 10), indicating that other factors, apart from genetic component, may affect the variation value. Therefore, the PA content may not be a good trait to exploit for selection purpose.

Heritability and genetic advance are valuable in the prediction of the quantitative character in the selection (Johnson et al., 1955).

The low h^2_b, GA and CAM were observed for PA and InP content. This may indicate that these traits are affected by environment more than others, making it very unreliable trait to use as a basis for selection. This result was different from the study with mungbean by Sompong et al. (2009) in which broad-sense heritability of phytase phosphorus value was high (at 80.7%).

The high value of GCV indicated that InP content was influenced by genetic factors than PA content was. High different of values of PCV and GCV both in PA and InP content indicated the important of environmental factors (Table 10).

Conclusion and Recommendation

The additive-dominance model was adequate to explain the inheritance of both the PA and InP contents by the scaling and Chi-square tests in different crosses. The crosses of Ki16 x Ki10, Ki52 x Ki51, and 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23 for the PA content and 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20 for the InP content were adequately described by the additive-dominant model. In these crosses that explained by the additive-dominant model, the join scaling test showed the importance of both the additive and dominant gene effects for the PA and InP traits.

From the study of the epistasis in the PA trait in the crosses of 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20, Ki51 x Ki20, and C5219041-S_6-95 x Ki23, it was found that only the cross 30A10-S_{10}-11-1-10 x Ki20 showed the influence of the additive x additive gene action.

Moreover, from the study of the InP trait in the five crosses (Ki16 x Ki10, Ki51 x Ki20, Ki52 x Ki51, 30A10-S_{10}-14-1-2 x Ki23, and C5219041-S_6-95 x Ki23), using the non-allelic gene action model, it was found that the additive x additive, additive x dominance, and dominance x dominance gene actions governed this trait but the gene action was differed in each cross.

Nevertheless, the non-allelic interaction model testing showed the importance of dominance x dominance gene effect on the InP content.

For the yield study in the six generations in the six crosses were selected for the GMA study, both the heterosis and the additive gene effect seem the prominent action for controlling grain yield which revealed the high grain yield in the F_1 and BC_1, respectively.

Moreover, the comparison between the grain yield and the PA content in the means of the generations in crosses showed the positive correlation between the traits. This finding may make it difficult to improve for the lower PA content without affect to yield performance in corn hybrid.

The result from genetic variance study will be used as a basis for the selection of PA and InP characters in tropical maize under environment condition in Thailand.

This result suggested that improvement of PA content in maize seed can be less efficient in the selection of either Ki or commercial hybrid extracted-inbred lines which had lower for GCV, h^2_b and GA. However, hybrid improvement may be efficient after more gene action study will be conducted in the future.

Bibliography

Azizi F, Rezai AM, Saeidi G, 2006. Generation mean analysis to estimate genetic parameters for different traits in two crosses of corn inbred lines at three planting densities. J Agric Sci Technol 8: 153-169.

Cavalli LL, 1952. An analysis of linkage in quantitative inheritance. Quantitative inheritance, pp 35-144. Reeve ECR, Waddington CH eds. HMSO, London.

Chen, P. S., T. Y. Toribary and H. Warner. 1956. Microdetermination of Phosphorus. Anal. Chem. 28: 1756-1758.

Cromwell GL, Coffey RD, Parker GR, Monegue HJ, Randolph JH, 1995. Efficacy of a recombinant-derived phytase in improving the bioavailability of phosphorous in corn-soybean meal diets for pigs. J Amin Sci 73: 2000-2008.

Darrah LL, Hallauer AR, 1972. Genetic effects estimated from generation means in four diallel sets of maize inbreds. Crop Sci 12: 615-621.

Ertl DS, Yuong KA, Raboy V, 1998. Plant genetic approaches to phosphorus management in agricultural production. J Environ Qual 27: 299-304.

Gamble EE, 1962. Gene effects in corn (*Zea mays* L.) I. Separation and relative importance of gene effects for yield. Can J Pl Sci 42: 339-348.

Griffiths PD, Scott JW, 2001. Inheritance and linkage of tomato mottle virus resistance genes derived from *Lycopersicon chilense* accession LA 1932. J Amer Soc Hort Sci 126(4): 462-467.

Hallauer AR, 1990. Methods used in developing maize inbreds. Maydica 35: 1-6.

Haug W, Lantzsch H.-J, 1983. Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal products. J Sci Food Agric 34: 1423-1426.

Johnson, K. F., H. F. Robinson and R. E. Comstock. 1955. Genotypic and Phenotypic correlation in Soybeans and their implications in selection. Agron. J. 47: 477-483.

Ketata H, Smith EL, Edwards LH, McNew RW, 1976. Dection of epistasis, additive, and dominance variation in winter wheat (*Triticumaestivum* L. emThell.). Crop Sci 16: 1-4.

Khodambashi M, Bitaraf N, Hoshmand, S, 2012. Generation mean analysis for grain yield and its related traits in lentil. J Agr Sci Tech 14: 609-616.

Kunkaew W, Julsrigival S, Senthong C, Karladee D, 2008. Generation mean analysis in azuki bean using matrix algebra method. Thai J Genetics 1(2):128-145.

Lamkey KR, Schnicker BJ, Melchinger AE, 1995. Epistasis in an elite maize hybrid and choice of generation for inbred line development. Crop Sci 35: 1272-1281.

Larson, S. R., K. A. Young, A. Cook, T. K. Blake and V. Raboy. 1998. Linkage mapping of two mutations that reduce phytic acid content of barley grain. Theor, Appl. Genet. 97: 141-146.

Liu JD, Bollinger W, Ledoux DR, Ellersieck MR, Veum TL, 1997. Soaking increases the efficacy of supplemental microbial phytase in a low-phosphorous corn-soybean meal diet for growing pigs. J Anim Sci 75: 1292-1298.

Liu JD, Bollinger W, Ledoux DR, Veum TL, 1998. Lowering the dietary calcium to total phosphorus ration increases phosphorous utilization in low-phosphorus corn-soybean meal diets supplemented with microbial phytase for growing-finishing pigs. J Anim Sci 76: 808-813.

Loewus FA, Murthy PPN, 2000. Review: *myo*-Inositol metabolism in plants. Plant Sci 150: 1-19.

Lorenz AJ, Scott MP, Lamkey KR, 2007. Quantitative determination of phytate and inorganic phosphorus for maize breeding. Crop Sci 47: 600-606.

Lorenz AJ, Scott MP, Lamkey KR, 2008. Genetic variation and breeding potential of phytate and inorganic phosphorus in a maize population. Crop Sci 48: 79-84.

Lott JNA, Ockenden I, Raboy V, Batten GD, 2000. Phytic acid and phosphorus in crop seeds and fruits: a global estimate. Seed Sci Res 10: 11-33.

Maga JA, 1982. Phytate: Its chemistry, occurrence, food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. J Agric Food Chem 30: 1-9.

Mather SK, Jinks JL, 1982. Biometrical Genetics. Chapman and Hall, London.

Melchinger AD, Schmidt W, Geiger HH, 1988. Comparisons of test crosses produced from F_2 and first backcross populations in maize. Crop Sci 28: 743-749.

Na Chiangmai P, Yodmingkhwan P, Nilprapruck P, Aekatasanawan C, 2011a. The genetic variances for the phytic acid and inorganic phosphorus contents of elite inbred lines in tropical maize. J Agr Sci Tech A1: 1326-1328.

Na Chiangmai P, Yodmingkhwan P, Nilprapruck P, Aekatasanawan C, Kanjanamaneesathian M, 2011b. Screening of phytic acid and inorganic phosphorus contents in corn inbred lines and F_1 hybrids in tropical environment. Maydica 56: 331-339.

O'Dell BL, de Boland AR, Koirtyohann SR, 1972. Distribution of phytate and nutritionally important elements among the morphological components of cereal grains. J Agric Food Chem 20: 718-721.

Ockenden I, Dorsch JA, Reid MM, Lin L, Graint LK, Raboy V, Lott JNA, 2004. Characterization of the storage of phosphorus, inositol phosphate and cations in grain tissue of four barley (*Hordeum vulgare* L.) low phytic acid genotypes. Plant Sci 167: 1131-1142.

Raboy V, 2002. Progress in breeding low phytate crops. J Nutr 132(3): 503-505.

Raboy V, 2003. Molecules of interest:*myo*-inositol-1, 2, 3, 4, 5, 6-hexa*kis*phosphate. Phytochem 64: 1033-1043.

Raboy V, Gerbasi PF, Young KA, Stoneberg SD, Pickett SG, Bauman AT, Murthy PPN, Sheridan WF, Ertl DS, 2000. Origin and seed phenotype of maize low phytic acid 1-1 and low phytic acid 2-1. Plant Physiol 124: 355-368.

Raboy V, Young KA, Dorsch JA, Cook A, 2001. Genetics and breeding of seed phosphorus and phytic acid. J Plant Physiol 158: 489-497.

Schroeder KR, Stimart DP, 2001. Genetic analysis of cut-flower longevity in Antirrhinum majus. J Amer Sco Hort Sci 126(2): 200-204.

Shanmuganathan M, Gopalan A, Mohanraj K, 2006. Genetic analysis of pearl millet for phytic acid content. J Agr Sci 2(2): 1-5.

Sharpley AN, Charpa SC, Wedepohl R, Sims JY, Danial TC, Reddy KR, 1994. Managing agricultural phosphorus for protection of surface waters: Issues and Options. J Environ Qual 23: 437-451.

Shi J, Wang H, Wu Y, Hazebroek J, Meeley RB, Ertl DS, 2003. The maize low-phytic acid mutant *lpa*2 is caused by mutation in an inositol phosphate kinase gene. Plant Physiol 131: 507-515.

Singh, R. K. and B. D. Chaudhary. 1985. Biometrical methods in quantitative analysis. Kaljuni Publishers. New Delhi. 318 pp.

Sompong, U., C. kaewprasit, S. Nakasathien and P. Srinives. Inheritance of seed phytate in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). Euphytica DOI 10.1007/s10681-009-0053-y online 23 September 2009.

Tongoona P, 2005. Development of tropical maize varieties with low phytic acid to improve the nutritional status of poor communities in sub-Saharan Africa. [ockin-line]. Available: http://www.africancrops.net/ abstracts2/maize/tongoona.htm.

Wolf DP, Hallauer AR, 1977. Triple test cross analysis to detect epistasis in maize. Crop Sci 37: 763-770.

Curriculum Vitae

1. ชื่อ-สกุล ดร. พรรณธิภา ณ เชียงใหม่

Dr. Pantipa Na Chiangmai

ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์

วัน เดือน ปีเกิด 2 กันยายน 2519 (September, 2 1976)

สถานที่ทำงาน อาจารย์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตำบลสามพระยา อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี 76120

ติดต่อ โทรศัพท์ 032-594037 โทรสาร 032-594037

e-mail address : pantipa@su.ac.th, m_surin@yahoo.com

ที่อยู่ 65/2 หมู่ 6 ต. ยุหว่า อ. สันป่าตอง จ. เชียงใหม่ 50120 โทรศัพท์ 053-822695

มือถือ 081-1995360

ประวัติการศึกษา

1. วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (เทคโนโลยีการผลิตพืช) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Ph. D. (Crop Production Technology) Suranaree University of Technology

2542 – 2547 ศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช

(เทคโนโลยีการผลิตพืช) สำนักเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

-ได้รับทุนการศึกษาจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

ทุน กาญจนาภิเษก (รุ่นที่ 2)

2.วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปี 2542

M. Sc. (Agriculture) Agronomy Department, Chiangmai University, Thailand

2540 – 2542 ศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาพืชไร่ (การปรับปรุงพันธุ์พืช)

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

- ได้รับทุนการศึกษาจาก สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

(ทุน 2 ปี)

3.วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปี 2540

B. Sc. (Agriculture) Chiangmai University, Thailand

2536 – 2540 ศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประวัติการฝึกอบรม **Training**

ฝึกปฏิบัติการด้านเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและการถ่ายยีนเข้าพืช ระหว่างวันที่ 25 มีนาคม- 31 สิงหาคม 2545 ในโครงการนักศึกษาปริญญาเอกกาญจนาภิเษก ที่ Department of Crop Science, University of Illinois at Urbana-Champaign, Illinois, USA.

ฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง Molecular Breeding Training Course ระหว่างวันที่ 16-19 พฤษภาคม 2548 ณ ห้องปฏิบัติการพันธุวิศวกรรม ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต) จ.ปทุมธานี ประเทศไทย

ฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง “Linkage Map Construction and Quantitative Trait (QTL) Analysis. ระหว่างวันที่ 22-26 พฤษภาคม 2549 ณ หน่วยปฏิบัติการค้นหาและใช้ประโยชน์ยีนข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ประเทศไทย

ฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง “Getting Your Article Published in an International, Academic, Peer-Reviewed Journal” ระหว่างวันที่ 17-19 สิงหาคม 2553 ณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม ประเทศไทย

ประวัติการทำงาน

- เริ่มเข้ามาทำงานในตำแหน่งพนักงานมหาวิทยาลัย (อาจารย์) เดือน กันยายน 2547 ถึงปัจจุบัน

ตำแหน่งบริหาร

1. เป็นหัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร ปี 2548 – ถึง 2550
2. เป็นกรรมการพัฒนาหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร ปี 2547
3. คณะกรรมการประกันคุณภาพการศึกษา คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร ปี 2548 - ถึงปัจจุบัน
4. เป็นหัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร เดือนธันวาคม ปี 2551 – ถึงปัจจุบัน
5. เป็นรองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร เริ่มตั้งแต่เดือนธันวาคม 2551 – กุมภาพันธ์ 2554

ผลงานวิจัย

วิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา (ชื่อเรื่อง/ปีที่ดำเนินการ ทั้งระดับปริญญาโทและปริญญาเอก)

- ระดับปริญญาโท

  ชื่อเรื่อง ประสิทธิภาพของวิธีการคัดเลือกสายพันธุ์ลูกผสมข้าวบาร์เลย์

  ปีที่ดำเนินการ 2540 – 2542

- ระดับปริญญาเอก

  ชื่อเรื่อง การศึกษาขนาดของเมล็ดและการถ่ายทอดลักษณะขนาดของเมล็ดถั่วเขียว

  ปีที่ดำเนินการ 2542 – 2547

ผลงานวิชาการและบริการวิชาการ

1. คณะทำงานการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ การตรวจสอบคุณภาพอาหารสัตว์เบื้องต้น วันที่ 25-27 เมษายน ปีพ.ศ. 2548
2. คณะทำงานการจัดโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง “ระบบการผลิตพืชปลอดภัย” ระหว่างวันที่ 17-29 เมษายน 2549
3. วิทยาการบรรยายเนื้อหาเรื่อง พันธุศาสตร์เบื้องต้น และ ดีเอ็นเอและจีโนมให้บุคลากรและนักเรียนจาก โรงเรียนรัตนราษฎร์บำรุง อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี ในวันที่ 5-6 สิงหาคม 2549
4. ประธานโครงการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ การปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์ วันที่ 25-27 พฤษภาคม 2550
5. ประธานคณะทำงาน และวิทยากร ในหัวข้อโครงการย่อย เรื่อง อบรม ถ่ายทอดเทคโนโลยีเกี่ยวกับการอนุรักษ์ คัดเลือกเชื้อพันธุกรรม และการจัดการในแปลงปลูกเพื่อการผลิตข้าวที่เหมาะสม ภายใต้โครงการของคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร เรื่อง โครงการถ่ายทอดความรู้ด้านการเกษตรแก่ชุมชนแบบครบวงจร ภายใต้โครงการของมหาวิทยลัยศิลปากร เรื่อง โครงการเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจเชิงสร้างสรรค์ โดยได้รับงบประมาณภายใต้แผนปฏิบัตการไทยเข้มแข็ง พ.ศ. 2553.
6. คณะกรรมการในหัวข้อโครงการย่อย เรื่อง โครงการวิจัยและอบรมการใช้ชีววิธีในการควบคุมศัตรูพืช ภายใต้โครงการของคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร เรื่อง โครงการถ่ายทอดความรู้ด้านการเกษตรแก่ชุมชนแบบครบวงจร ภายใต้โครงการของมหาวิทยลัยศิลปากร เรื่อง โครงการเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจเชิงสร้างสรรค์ โดยได้รับงบประมาณภายใต้แผนปฏิบัตการไทยเข้มแข็ง พ.ศ. 2553.
7. คณะกรรมการในการจัดการประชุมนานาชาติ SAADC 2011
8. กองบรรณาธิการ วารสารอิเล็กทรอนิกส์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร

9. ประธานโครงการ และวิทยากร โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การอบรมเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเบื้องต้น : ด้านวิชาการ วิจัย และเพื่อผู้ประกอบการรายเล็ก ระหว่างวันที่ 23-25 เมษายน 2554 และวันที่ 29 เมษายน - 1 พฤษภาคม 2554
10. ประธานโครงการ และวิทยากร โครงการบริการวิชาการ เรื่อง การปลูกทานตะวันหลังนา ในวันที่ 17 มิถุนายน 2554

ผลงานตีพิมพ์และนำเสนอผลงาน

งานวิจัย

พรชัย เหลืองอาภาพงศ์ และ พรรณธิภา ณ เชียงใหม่. 2539. ระดับปุ๋ยและช่วงเวลาการกำจัดวัชพืชที่มีต่อผลผลิตข้าวไร่. วารสารเกษตร 12 (2):125-133.

พรรณธิภา ณ เชียงใหม่ และ สุทัศน์ จุลศรีไกวัล. 2542. ประสิทธิภาพของวิธีการคัดเลือกสายพันธุ์ลูกผสมข้าวบาร์เล่ย์. วารสารเทคโนโลยีสุรนารี 7:18-24.

ศรัญญา ชูเจริญ อลงกรณ์ คงเจริญ และ พรรณธิภา ณ เชียงใหม่. 2549. ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างๆ ของ *Vigna* spp. และ *Centrosema pascuorum* CV. Calvacade ในแปลงปลูกร่วมกับคุณค่าทางโภชนะเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์. งานสัมมนาบัณฑิตศึกษาเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 4 ประจำปี 2549 คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วันที่ 25-26 ธันวาคม 2549 ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 139-147. (file present 1.pdf)

วีรวรรณ ภมร และ พรรณธิภา ณ เชียงใหม่. 2552. ผลของอาหารและชิ้นส่วนพืชในการชักนำให้เกิดแคลลัสของสบู่ดำ (*Jatropha curcas* L.). วารสารเกษตร 25(2): 125-133. (folder present 6)

ชลธิชา ยวงใย ฐิรชญา ศรีนาทม จักรชัย กาญจนสมศักดิ์ ยุภา ปู่แตงอ่อน และ พรรณธิภา ณ เชียงใหม่. 2553. ความแปรปรวนลักษณะบางประการของข้าวไร่ที่รวบรวมได้จากเกษตรกรบางรายในเขตภาคเหนือของประเทศไทย. วารสารแก่นเกษตร. 38(1):21-28.

ฐิรชญา ศรีนาทม ชลธิชา ยวงใย จักรชัย กาญจนสมศักดิ์ ยุภา ปู่แตงอ่อน และ พรรณธิภา ณ เชียงใหม่. 2553. ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเมล็ดข้าวป่าสามัญ ข้าวพันธุ์ปลูก และข้าวไร่. วารสารแก่นเกษตร 38(2): 137-144.

Na Chiangmai, P. 2004. The inheritance of seed size in mungbean. RGJ-Ph.D. Congress V. 23-25 April 2004. Puttaya, Chonburi, Thailand. (Poster Presentation in English).

Na Chiangmai, P., P. Laosuwan and A. Waranyuwat. 2004. The Inheritance of Seed Size in Mungbean. Thai Journal of Agricultural Science, 37(4): 255-262.

Na Chiangmai, P., P. Laosuwanand and A. Waranyuwat. 2006. The Effect of Mungbean Seed Size on Germinating Ability, Bean Sprout Production and Agronomic Characters. Silpakorn University International J. 6(1-2): 170-187.

Chujaroen, S., A. Kongcharoen and P. Na Chiangmai. 2006. Characterization of Yield and Yield Components in *Vigna* spp. Kamphaengsaen Academic Journal, 4: 733-739. (file present 2. pdf)

Kongcharoen, A., S. Chujaroen, P. Nilpraprucк, P. Pummarin and P. Na Chiangmai. 2006. Comparison of Nutritional Values in Various Species of *Vigna* spp. Kamphaengsaen Academic Journal, 4: 733-739. (file present3. pdf)

Phamorn, W. and P. Na Chaingmai. 2007. In vitro callus induction of phytic nut (*Jatropha curcas* L.). 1st Silpakorn University Research Fair, Nakorn-Prathom, Thailand (present poster).

Na Chiangmai, P. and P. Yodmingkhwan. 2008. Effects of phosphorus element on root development of wild rice species and 4 cultivated rice varieties. 2nd Silpakorn University Research Fair, Bankok, Thailand (oral and poster presentation), 18-19 December 2008.

Na Chiangmai, P., P. Meetum, A. Puntong and S. Poomjae. 2008. Initiation stage of microgametogenesis of Physic nut (*Jatropha curcas* L.). 2nd Silpakorn University Research Fair, Bankok, Thailand (poster presentation), 18-19 December 2008.

Na Chiangmai, P., T. Chansem and S. Bootnoi. 2009. Drought manipulation: Effects on nutritive values of legume species; *Vigna* spp., *Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade and *Stylosanthes guianensis* cv. Tha pra. Proceedings: Second Interactional Conference on Suctainable Animal Agriculture for Developing Countries (SAADC 2009), 8-11 November 2009, Corus Hotel, Kuala Lumpur. 58-59 p. (Oral presentation) (file present 4)

Na Chiangmai, P., S. Nanongtoom and S. Arunkeereewat. 2009. The effect of drought manipulation on seed yield and seed yield component characters in *Vigna* spp. And *Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade in the field. Proceedings: Second International Conference on Suctainable Animal Agriculture for Developing Countries (SAADC 2009), 8-11 November 2009, Corus Hotel, Kuala Lumpur. 202-203 p. (Poster presentation) (file present 5)

Na Chiangmai, P. and P. Yodmingkhwan. 2010. Common wild rice (*Oryza rufipogon* Griff.) and some tropical rice (*Oryza sativa* L.) varieties response to inorganic phosphorus application. Silpakorn University Science and Technology Journal (SUSTJ). 4(1).

Na Chiangmai, P., P. Yodmingkhwan, P. Nilprapruck and C. Aekatasanawan. The genetic variances for the phytic acid and inorganic phosphorus contents of elite inbred lines in tropical maize. SAADC 2011.

Na Chiangmai, P., P. Yodmingkhwan, P. Nilprapruck and C. Aekatasanawan. Variability of phytic acid and inorganic phosphorus contents in seeds of tropical maize (*Zea mays* L.). SAADC 2011.

ผลงานอื่น ๆ

วีระพันธ์ กันแก้ว สุทัศน์ จุลศรีไกวัล สุรัตน์ นักหล่อ สุมินทร์ สมุทคุปติ์ พรรณธิภา ณ เชียงใหม่ วิมล ปันสุภา มนตรี ศรีหะวงษ์ และประดิษฐ์ อุ่นถิ่น. 2552. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวไร่. รายงานวิจัยประจำปี พ.ศ. 2551 โครงการวิจัยที่ 3020-3692. มูลนิธิโครงการหลวง.

วีระพันธ์ กันแก้ว สุทัศน์ จุลศรีไกวัล สุรัตน์ นักหล่อ สุมินทร์ สมุทคุปติ์ พรรณธิภา ณ เชียงใหม่ วิมล ปันสุภา มนตรี ศรีหะวงษ์ และประดิษฐ์ อุ่นถิ่น. 2552. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวไร่. รายงานวิจัยประจำปี พ.ศ. 2551 โครงการวิจัยที่ 3020-3692. มูลนิธิโครงการหลวง.

วีระพันธ์ กันแก้ว สุทัศน์ จุลศรีไกวัล สุรัตน์ นักหล่อ สุมินทร์ สมุทคุปติ์ พรรณธิภา ณ เชียงใหม่ วิมล ปันสุภา และประดิษฐ์ อุ่นถิ่น. 2552. การปรับปรุงพันธุ์ถั่วแดงหลวง. รายงานวิจัยประจำปี พ.ศ. 2551 โครงการวิจัยที่ 3020-3693. มูลนิธิโครงการหลวง.

วีระพันธ์ กันแก้ว สุทัศน์ จุลศรีไกวัล สุรัตน์ นักหล่อ สุมินทร์ สมุทคุปติ์ พรรณธิภา ณ เชียงใหม่ วิมล ปันสุภา ประดิษฐ์ อุ่นถิ่น และ อลงกต กันบุญ. 2553. การปรับปรุงพันธุ์ถั่วแดงหลวง. รายงานวิจัยประจำปี พ.ศ. 2552 โครงการวิจัยที่ 3020-3693. มูลนิธิโครงการหลวง. (folder present 8)

วีระพันธ์ กันแก้ว สุทัศน์ จุลศรีไกวัล สุรัตน์ นักหล่อ สุมินทร์ สมุทคุปติ์ พรรณธิภา ณ เชียงใหม่ วิมล ปันสุภา และประดิษฐ์ อุ่นถิ่น. คู่มือบันทึกลักษณะประจำพันธุ์พืช *Phaseolus vulgaris*. โครงการวิจัยปรับปรุงพันธุ์ถั่วแดงหลวง รหัสโครงการ 3020-3693. มูลนิธิโครงการหลวง.

พรรณธิภา ณ เชียงใหม่. 2550. เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การปลูกพืชระบบไฮโดรโปรนิกส์ วันที่ 25-27 พฤษภาคม 2550. คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศ เพชรบุรี. หน้า 1-11.

พรรณธิภา ณ เชียงใหม่. 2550. เอกสารประกอบการสอน รายวิชา 700 302. พันธุศาสตร์การเกษตร. คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร. จำนวน 367 หน้า.

พรรณธิภา ณ เชียงใหม่ และภัทราพร ภุมรินทร์. 2551. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การคัดเลือกพืชตระกูลถั่ว *Vigna* species ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงและทนแล้งเพื่อใช้เป็นพืช อาหารสัตว์สำหรับ

สัตว์เคี้ยวเอื้อง. คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี. จำนวน 148 หน้า.

พรรณธิภา ณ เชียงใหม่ และผกาทิพย์ ยอดมิ่งขวัญ. 2552. ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสรวมในเมล็ดข้าวและการตอบสนองต่อการขาดธาตุฟอสฟอรัสในข้าวป่าสามัญ ข้าวพันธุ์ปลูก และข้าวไร่. คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี. จำนวน 73 หน้า.

พรรณธิภา ณ เชียงใหม่ มานะ กาญจนมณีเสถียร พิมพ์ใจ มีตุ้ม และธนกฤต เขียวอร่าม. 2553. เอกสารประกอบการอบรม โครงการอบรม ถ่ายทอดเทคโนโลยีเกี่ยวกับการอนุรักษ์คัดเลือกเชื้อพันธุกรรมและการจัดการในแปลงปลูกเพื่อการผลิตข้าวที่เหมาะสม. โครงการย่อยภายใต้โครงการถ่ายทอดความรู้ด้านการเกษตรแก่ชุมชนแบบครบวงจรของคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร. ภายใต้โครงการศิลปากรพัฒนาเศรษฐกิจเชิงสร้างสรรค์ตามแผนปฏิบัติการไทยเข้มแข็ง 2555. จำนวน 125 หน้า.

พรรณธิภา ณ เชียงใหม่. 2554. เอกสารสรุปโครงการอบรม ถ่ายทอดเทคโนโลยีเกี่ยวกับการอนุรักษ์คัดเลือกเชื้อพันธุกรรม และการจัดการในแปลงปลูกเพื่อการผลิตข้าวที่เหมาะสม. โครงการย่อยภายใต้โครงการถ่ายทอดความรู้ด้านการเกษตรแก่ชุมชนแบบครบวงจรของคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร. ภายใต้โครงการศิลปากรพัฒนาเศรษฐกิจเชิงสร้างสรรค์ตามแผนปฏิบัติการไทยเข้มแข็ง 2555. จำนวน 112 หน้า.

พรรณธิภา ณ เชียงใหม่ จุฑามาศ เพียซ้าย และ พิมพ์ใจ มีตุ้ม. 2554. เอกสารประกอบการอบรมบริการวิชาการ โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การอบรมเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเบื้องต้น : ด้านวิชาการ วิจัย และเพื่อผู้ประกอบการรายเล็ก ระหว่างวันที่ 23-25 เมษายน 2554 (รุ่นที่ 1) และระหว่างวันที่ 29 เมษายน – 1 พฤษภาคม 2554 ณ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร ตำบลสามพระยา อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี 76120 โดย คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับการจัดสรรงบประมาณแผ่นดินจากมหาวิทยาลัยศิลปากร ปีงบประมาณ 2554 จำนวน 65 หน้า.

พรรณธิภา ณ เชียงใหม่ จุฑามาศ เพียซ้าย และ พิมพ์ใจ มีตุ้ม. 2554. เอกสารสรุปโครงการอบรมบริการวิชาการ โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การอบรมเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเบื้องต้น : ด้านวิชาการ วิจัย และเพื่อผู้ประกอบการรายเล็ก ระหว่างวันที่ 23-25 เมษายน 2554 (รุ่นที่ 1) และระหว่างวันที่ 29 เมษายน – 1 พฤษภาคม 2554 ณ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร ตำบลสามพระยา อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี 76120 โดย คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับการจัดสรรงบประมาณแผ่นดินจากมหาวิทยาลัยศิลปากร ปีงบประมาณ 2554 จำนวน 87 หน้า.

พรรณธิภา ณ เชียงใหม่ มานะ กาญจนมณีเสถียร. 2554. เอกสารประกอบการอบรมบริการวิชาการ เรื่อง การปลูกทานตะวันหลังนา ในวันที่ 17 มิถุนายน 2554 ณ ณ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร ตำบลสามพระยา อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี 76120 โดย คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับงบประมาณจากสำนักงานปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม ปีงบประมาณ 2554 จำนวน หน้า.

งานวิจัย

1. การคัดเลือกพืชตระกูลถั่ว *Vigna* species ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงและทนแล้งเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์สำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง

   Vigna sp. Selection for Nutritive value and Drought Tolerant as Forage Crop for Ruminant.

   โดยได้รับทุนวิจัยจากสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

   ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

2. ปริมาณฟอสฟอรัสในเมล็ดข้าวและการตอบสนองต่อการขาดธาตุฟอสฟอรัสในข้าวพันธุ์ป่าข้าวพันธุ์ปลูก และข้าวไร่

   A study on the phosphorus in rice grains and their response to Pi deficiency in wild rice, cultivated rice and upland rice.

   โดยได้รับทุนวิจัยจากคณะสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

   ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

3. การตรวจหาลักษณะ low - phytic acid ในข้าวโพดและการปรับปรุงพันธุ์เพื่อใช้ประโยชน์ในฟาร์มปศุสัตว์ภายในประเทศ (Detection of low – phytic acid character in maize and breeding for domestic livestock usage)

   โดยได้รับทุนวิจัยจากสภาวิจัยแห่งชาติ (วช.) ต่อเนื่อง 3 ปี คือ ปีงบประมาณ 2550-2552

   ตำแหน่ง ผู้อำนวยชุดโครงการวิจัย (ประกอบด้วย 4 โครงการ)

   หัวหน้าโครงการที่ 2

   ผู้ร่วมโครงการที่ 1 และโครงการที่ 3

4. อิทธิพลของฤดูปลูกต่อปริมาณคอนเดนซ์แทนนินและโปรตีนหยาบในถั่วพืชอาหารสัตว์

   Effects of Sowing Seasons on Condensed Tannins and Crude Proteins Contents in Forage Legumes

   โดยได้รับทุนวิจัยจากสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

   ตำแหน่ง ผู้ร่วมโครงการ

5. การหาปริมาณกรดไฟติก และปริมาณอินทรีย์ฟอสฟอรัสในข้าวพันธุ์ต่าง ๆ
โดยได้รับทุนวิจัยจากคณะสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
ตำแหน่ง ผู้ร่วมโครงการ

6. ระดับการทำงานของเอ็นไซม์ไฟเตส ปริมาณกรดไฟติก และปริมาณอินทรีย์ฟอสฟอรัสในข้าวโพดกำลังงอก
โดยได้รับทุนวิจัยจากคณะสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
ตำแหน่ง ผู้ร่วมโครงการ

7. ผลของออกซินและไซโตไคนินต่อการสร้างแคลลัสและโซมาติกเอ็มบริโอในกล้วยไม้ช้างเผือก
Effects of auxins and cytokinins on callus induction and direct somatic embryogenesis of *Rhynchostylis gigantea* var. *harrisonianum*
โดยได้รับทุนวิจัยจากสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ตำแหน่ง ผู้ร่วมโครงการ

8. การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในสบู่ดำ (*Jatropha curcas* L.*)* โดยใช้คอลชิซิน
Mutation Induction in Physic Nut (*Jatropha curcas* L.) by Colchicin treatment
โดยได้รับทุนวิจัยจากสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ตำแหน่ง ผู้ร่วมโครงการ

9. ศักยภาพในการให้ผลผลิตและให้น้ำมันสำหรับเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงทดแทน
Yield Potential of Sunflower and Production of Oil for Use as Alternative Fuel
โดยได้รับทุนวิจัยจากโครงการชัยพัฒนาแม่ฟ้าหลวง
ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

10. ศึกษาความสามารถในการทนต่อร่มเงาของ moth bean (*Vigna aconitifolia*)
โดยได้รับทุนวิจัยจากคณะสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

12 พืชทางเลือกใหม่ในการปลูกหมุนเวียนในนาข้าว การคัดเลือกจุลินทรีย์ที่คุณประโยชน์และมีศักยภาพในการผลิตปุ๋ยชีวภาพ การปลูกพืชอินทรีย์ในเขตปฏิรูปที่ดิน
โดยได้รับทุนจากสำนักงานปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม
ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

วิชาที่สอน

การสอนบรรยาย

รายวิชา 700 302 พันธุศาสตร์ทางการเกษตร สอน 45 ชม./ภาคการศึกษา

รายวิชา 712 363 พืชพลังงาน สอน 45 ชม./ภาคการศึกษา

รายวิชา 712 311 หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช สอน 45 ชม./ภาคการศึกษา

รายวิชา 712 361 หลักการขยายพันธุ์พืชและเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ สอน 22 ชม./ภาคการศึกษา

รายวิชา 712 211 พฤกษศาสตร์ สอน 15 ชม./ภาคการศึกษา

รายวิชา 712 212 สรีรวิทยาพืช สอน 4 ชม./ภาคการศึกษา

รายวิชา 712 101 เทคโนโลยีการผลิตพืช สอน 6 ขม./ภาคการศึกษา

รายวิชา 712 451 การผลิตไม้ดอกไม้ประดับเศรษฐกิจ สอน 28 ชม./ภาคการศึกษา

รายวิชา 712 482 เรื่องคัดเฉพาะทางเทคโนโลยีการผลิตพืช 2
(การอ่าน/วิจารณ์ผลงานตีพิมพ์ทางวิชาการ)
สอน 45 ชม./ภาคการศึกษา

รายวิชา 710 382 คัดเฉพาะทางสัตวศาสตร์1 (การอ่าน/วิจารณ์ผลงานตีพิมพ์ทางวิชาการ)
สอน 45 ชม./ภาคการศึกษา

รายวิชา 712 391 สัมมนานักศึกษาพืช สอน 30 ชม./ภาคการศึกษา

รายวิชา 700 281 ภูมิปัญญาไทยทางการเกษตร สอน 4 ชม./ภาคการศึกษา

รายวิชา 700 381 การวิจัยทางสัตวศาสตร์ สอน 9 ชม./ภาคการศึกษา

รายวิชา 700 303 ห้องสมุดดิจิตอล สอน 4 ชม./ภาคการศึกษา

รายวิชา 710 452 พืชอาหารสัตว์และการจัดการทุ่งหญ้า สอน 2 ชม./ภาคการศึกษา

รายวิชา 719 800 ชีววิทยาสำหรับเทคโนโลยีสารสนเทศ สอน 6 ชม./ภาคการศึกษา

รายวิชา 700 187 ชีววิทยา 2 สอน 6 ชม./ภาคการศึกษา

รายวิชา 712 352 การผลิตพืชผัก สอน 10 ชม./ภาคการศึกษา

การสอนภาคปฏิบัติการ

รายวิชา 700 188 ปฏิบัติการชีววิทยา 2 สอน 3 ชม./ภาคการศึกษา

รายวิชา 712 212 สรีรวิทยาพืช สอน 6 ชม./ภาคการศึกษา

รายวิชา 712 361 หลักการขยายพันธุ์พืชและเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ สอน 30 ชม./ภาคการศึกษา

รายวิชา 712 451 การผลิตไม้ดอกไม้ประดับเศรษฐกิจ สอน 42 ชม./ภาคการศึกษา

รายวิชา 712 352 การผลิตพืชผัก สอน 15 ชม./ภาคการศึกษา

2. ชื่อ-สกุล ดร. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ

ตำแหน่ง นักวิชาการเกษตร 10 (ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ)

ประวัติการศึกษา

1.วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) เกียรตินิยมอันดับสอง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปี 2524

2.วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปี 2526

3.วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (พืชไร่นา) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปี 2533

ประวัติการฝึกอบรม

คุณวุฒิ ระยะเวลา หลักสูตรที่ฝึกอบรม ชื่อสถาบันฝึกอบรม

Diploma 2 ก.ย.- 15 ต.ค. 2534 Advanced Maize Breeding Course for National Program Leaders International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), Mexico

วุฒิบัตร 13-28 ส.ค. 2535 การบริหารสำหรับผู้บังคับบัญชารุ่นที่ 8 ทบวงมหาวิทยาลัย

Diploma 27 พ.ย.- 8 ต.ค. 2538 Molecular Marker Applications to Plant Breeding CIMMYT, Mexico

ประวัติการรับราชการ

1.ได้รับแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิชาการเกษตร 7 (ชำนาญการ) เมื่อวันที่ 17 กันยายน 2535

2.ได้รับแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิชาการเกษตร 8 (ชำนาญการ) เมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2538

3. ได้รับแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิชาการเกษตร 9 (เชี่ยวชาญ) เมื่อวันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2539

4.ได้รับแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิชาการเกษตร 10 (ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ) เมื่อวันที่ 16 พฤศจิกายน 2543

ตำแหน่งบริหาร

1. เป็นรองผู้อำนวยการศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ฝ่ายวิชาการปี พ.ศ. 2547 ถึงปัจจุบัน

2. เป็นผู้ช่วยผู้อำนวยการสถาบันอินทรีจันทรสถิตย์เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาพืชศาสตร์ ปี พ.ศ. 2547 ถึงปัจจุบัน

ประวัติการทำงาน

1. เป็นหัวหน้าโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานและข้าวโพดฝักอ่อนของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 ถึงปัจจุบัน
2. เป็นหัวหน้าโครงการพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยวสำหรับตลาดฝักสดและอุตสาหกรรมแปรรูป ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2544-2547 (ทุนสำนักงานคณะกรรมวิจัยแห่งชาติ)
3. เป็นหัวหน้าโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเพื่อประยุกต์ใช้ในเชิงธุรกิจ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2537 -2542
4. เป็นอาจารย์พิเศษ อาจารย์บัณฑิตวิทยาลัย และกรรมการวิทยานิพนธ์ปริญญาโทและเอก ของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5. เป็นอนุกรรมการแก้ไขปัญหาอะฟลาทอกซินในข้าวโพด และอนุกรรมการพิจารณามาตรฐานอาหารสาขาอาหารที่ได้จากเทคโนโลยีชีวภาพ สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ

ประสบการณ์หรือความเชี่ยวชาญพิเศษ

1. ปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดไร่ ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดฝักอ่อน และข้าวโพดสีม่วง อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 24 ปี
2. มีผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสาร หนังสือ และในการประชุมทางวิชาการทั้งในและต่างประเทศจำนวน 120 เรื่อง
3. เผยแพร่สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวโพดไร่ ข้าวโพดหวาน และข้าวโพด ฝักอ่อน มากกว่า 40 สายพันธุ์/พันธุ์
4. เป็นวิทยากรบรรยายด้านการปรับปรุงพันธุ์และการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดฝักอ่อนให้แก่เกษตรกร เจ้าหน้าที่ทางการเกษตรของภาครัฐและเอกชน และสถาบันการศึกษา ทั้งในและต่างประเทศ

รางวัลเชิดชูเกียรติที่เคยได้รับ

1.รางวัลผลงานวิจัยดีเด่นสาขาพืชเรื่องการวิจัยและพัฒนาข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ3ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 27 30 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2532

2.รางวัลผลงานวิจัยดีเด่น สาขาพืช เรื่อง การวิจัยและพัฒนาข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยว : พันธุ์อินทรี 1 ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33 30 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2538

3.รางวัลผลงานวิจัยดีเด่น ทุนอุดหนุนวิจัย มก. สาขาเกษตรศาสตร์ เรื่อง การวิจัยและพัฒนาข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยว : พันธุ์อินทรี 1 ในโอกาสครบรอบการสถาปนาปีที่ 20 สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 2 ตุลาคม 2541

4.รางวัลชมเชยการประกวดโปสเตอร์การนำเสนอผลงานวิจัยสาขาเกษตรศาสตร์เรื่องโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานและข้าวโพดฝักอ่อนเพื่อตลาดฝักสดและอุตสาหกรรมแปรรูป ในมหกรรมผลงานวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย มก. วันที่ 2 ตุลาคม 2541

5.รางวัลชมเชย สาขาพืช เรื่องการประเมินสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน shrunken-2 ในการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 36 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 3-5กุมภาพันธ์ 2541

6.รางวัลชมเชย สาขาพืช เรื่องการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยวพันธุ์อินทรี 2 ในการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 39 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 5-7 กุมภาพันธ์ 2544

7.รางวัลชมเชย สาขาพืช เรื่องการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดฝักอ่อนลูกผสมเดี่ยวที่ไม่ต้องถอดยอดพันธุ์เกษตรศาสตร์ 2 ในการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 39 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 5-7 กุมภาพันธ์ 2544

8.เกียรติบัตร Certificate for Assisting in Refresher Course-cum-Field Discussion on Important Issues in Hybrid Maize TechnologyChina วันที่ 8-12 กันยายน 2540 ณ Institute of Crop Breeding Cultivation, CAAS, Beijing, P.R. จาก CAAS-CIMMYT

9.เกียรติบัตร Certificate of Appreciation for Serving as Resource Speaker during the 7th Asian Regional Maize Work shop, February 23-27, 1998 ณ International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines จาก CIMMYT-PCARRD Dept. of Science and Technology - DOA, Bureau of Agricultural Research-Univ. of Los Banos

10.โล่เกียรติยศ Plaque of Appreciation for His Participation and Assistance in the Refresher Course on Hybrid Technology and Seed Production in Maize, Nakhon Sawan Field Crops Research Center, Tak Fa, October 5-9, 1998 จาก DOA-KU-CIMMYT

11.โล่เกียรติยศศิษย์เก่าดีเด่นของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในงานฉลองครบรอบ 30 ปี วันที่ 24 มกราคม 2541

12.เกียรติบัตรรางวัลศิษย์เก่าดีเด่นในงานครบรอบ 25 ปี คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วันที่ 12 สิงหาคม 2543

ผลงานวิจัยด้านข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1.ชำนาญ ฉัตรแก้ว, สรรเสริญ จำปาทอง และโชคชัย เอกทัศนาวรรณ. 2532. การวิจัยและพัฒนาข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 3, น. 161-172. ใน รายงานผลการวิจัยในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 27 วันที่ 30 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2532. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

2.โชคชัย เอกทัศนาวรรณ. 2536. ข้าวโพดสายพันธุ์แท้ใหม่ : เกษตรศาสตร์ 43 และ 44, น. 193-199. ในรายงานผลการวิจัย สาขาพืชในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 31 3-6 กุมภาพันธ์ 2535. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

3.โชคชัย เอกทัศนาวรรณ. 2539. ข้าวโพดพันธุ์ใหม่ของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ, น. 54-82. ในรายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง ความก้าวหน้าในการปรับปรุงพันธุ์และเทคโนโลยีชีวภาพของประเทศไทย วันที่ 11-13 กันยายน 2539 ณ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา, พระนครศรีอยุธยา.

4.โชคชัย เอกทัศนาวรรณ. 2543. ความสำเร็จในการนำพันธุศาสตร์ประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ใน ประเทศไทย, น.182-187. ใน รายงานการสัมมนาวิชาการพันธุศาสตร์ ครั้งที่ 11 เรื่อง พันธุศาสตร์ช่วยชาติแก้ วิกฤติ 6-8 ตุลาคม 2542 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

5.โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2541ก. ข้าวโพดลูกผสมเดี่ยวพันธุ์ใหม่ : สุวรรณ 3851. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36 3-5 กุมภาพันธ์ 2541. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 12 น.

6.โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, ประชุม จุฑาวรรธนะ, ประวัติ ตันบุญเอก และกาญจนา พุทธสมัย. 2545ก. การคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา Aspergillus flavus และการเกิดสารอะฟลาทอกซินโดยใช้วิธีการปลูกเชื้อบนเมล็ด, น. 90-100. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40 5-8 กุมภาพันธ์ 2545. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

7.โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, ประชุม จุฑาวรรธนะ, ประวัติ ตันบุญเอก และกาญจนา พุทธสมัย. 2545ข. การคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา Aspergillus flavus และการเกิดสารอะฟลาทอกซินในระยะก่อนและหลังเก็บเกี่ยว, น. 101-113. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40 5-8 กุมภาพันธ์ 2545. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

8.โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ และแอนนา สายมณีรัตน์. 2546. การเปรียบเทียบวิธีการประเมินสายพันธุ์ข้าวโพดชั่วที่ 1 และ 4 โดยใช้ตัวทดสอบ 4 แบบ, น.33-38. ใน สัมมนาวิชาการพันธุศาสตร์ ครั้งที่ 13 เรื่อง พันธุศาสตร์กับการพัฒนาที่ยั่งยืน 5-7 มิถุนายน 2546 ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร. สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

9.โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ และแอนนา สายมณีรัตน์. 2546. การเปรียบเทียบวิธีการประเมินสายพันธุ์ข้าวโพดโดยใช้ตัวทดสอบ 4 แบบ, น.258 263. ใน เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41 สาขาพืช 3-7 กุมภาพันธ์ 2546. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

10.โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2001.ข้าวโพดสายพันธุ์แท้เกษตรศาสตร์ 47. National Corn and Sorghum Research Conference 30: 400-410.

11.โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2003. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมเดี่ยวพันธุ์ใหม่ : KSX 4452. National Corn and Sorghum Research Conference 31: 69-79.

12.โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2539ก. การตอบสนองต่อการคัดเลือกหมุนเวียนแบบผสมตัวเองหนึ่งครั้งในข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1, น. 127-134. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 34 30 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2539. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

13.โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2539ข. ข้าวโพดสายพันธุ์แท้ใหม่ : เกษตรศาสตร์ 45, น. 116-126. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 34 30 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2539. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

14.โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2540. การวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมเดี่ยว : สุวรรณ 3601, น. 71-80. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35 3-5 กุมภาพันธ์ 2540. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

15.โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2541ข. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเพื่อประยุกต์ใช้ในเชิงธุรกิจ, น. 7-15. ใน มหกรรมเทคโนโลยีรู้เพื่อรวย 2-8 สิงหาคม 2541. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

16.โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2541ค. ความก้าวหน้าของการปรับปรุงผลผลิตข้าวโพดลูกผสมของภาครัฐและเอกชนในประเทศไทยในรอบ10 ปี (พ.ศ. 2530-2539). ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36 3-5 กุมภาพันธ์ 2541. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 12 น.

17.โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2542. ข้าวโพดสายพันธุ์แท้เกษตรศาสตร์ 46. ใน การประชุมทางวิชาการข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 29 วันที่ 23-27 สิงหาคม 2542 ณ โรงแรมเฟลิก, กาญจนบุรี.

18.โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2544ก. การวิจัยและพัฒนาข้าวโพดลูกผสมเดี่ยวพันธุ์สุวรรณ 3853, น. 198-207. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 5-7 กุมภาพันธ์ 2544. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

19.โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2544ข. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดให้ทนต่อสภาพแห้งแล้งโดยวิธีการคัดเลือกหมุนเวียนแบบผสมตัวเองหนึ่งครั้ง, น. 208-217. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 5-7 กุมภาพันธ์ 2544. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

20.โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2544ค. ศักยภาพในการทนต่อสภาพแห้งแล้งของสายพันธุ์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออับละอองเกสรข้าวโพดและลูกผสม, น. 516-523. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 5-7 กุมภาพันธ์ 2544. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

21. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. การวิจัยและพัฒนาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมเดี่ยวพันธุ์สุวรรณ 4452, น. 332-343. *ใน* เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 43 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 1-4 กุมภาพันธ์ 2548 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

22.โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง และชำนาญ ฉัตรแก้ว. 2529. สุวรรณ 2602 : ข้าวโพดลูกผสมสามทาง ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, น. 107-114. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 24 สาขาพืชเล่ม I. วันที่ 27-29 มกราคม 2529. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

23.โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง และชำนาญ ฉัตรแก้ว. 2534. ข้าวโพดพันธุ์ใหม่ : ลูกผสมสามทางเกษตรศาสตร์ 3101 (เคทีเอ็กซ์ 3101), น. 71-82. ใน รายงานผลการวิจัยสาขาพืช ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 29 4-7 กุมภาพันธ์. 2534. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

24.โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง และชำนาญ ฉัตรแก้ว. 2536. ข้าวโพดพันธุ์ใหม่ : ลูกผสมเดี่ยวเกษตรศาสตร์ 3501, 3502, 3503 และ 3504, น. 200-206. ใน รายงานผลการวิจัยสาขาพืช ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 31 3-6 กุมภาพันธ์ 2536. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

25.โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง และชำนาญ ฉัตรแก้ว. 2537ก. การวิจัยและพัฒนาข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 5, น. 417-427. ใน รายงานผลการวิจัยสาขาพืช ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 32 , 3-5 กุมภาพันธ์ 2537. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

26.โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2538. การวิจัยและพัฒนาข้าวโพด ลูกผสมเดี่ยวพันธุ์สุวรรณ 3504, น. 210 - 218. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33, 30 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2538. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

26.Aekatasanawan, C. 1997. Hybrid maize techonology for rural development in Thailand, pp. 64 - 81. In Towards the Year 2000 : Technology for Rural Development. Proceedings of the Intl. Conf., August 25-27, 1997. Chulalongkorn Univ., Bangkok, Thailand.

27.Aekatasanawan, C. 2001. Baby Corn, pp. 275-292. In Arnel R. Hallauer (ed.). Specialty Corn. 2nd ed. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida.

28.Aekatasanawan, C. 2002. Experiences in the use of testers at Kasetsart University in Thailand. Paper presented at the 8th Asian Regional Maize Workshop, August 5-8, 2002, Hotel Rama Garden, Bangkok, Thailand. 13 p. Aekatasanawan, C., S. Jampatong, C. Aekatasanawan, N. Chulchoho, C. Balla, and C. Chutkaew. 1997. Exploitation of heterosis in maize at Kasetsart University, Thailand, pp. 252-253. In Book of Abstracts. The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops; An International Symposium. CIMMYT, Mexico D.F.

29. Aekatasanawan, C. 2005. Comparison of S_3 Progeny and Testcross Performance in Suwan 3 Maize Variety**.** Paper will be presented at the 9th Asian Regional Maize Workshop will be held at the Central Garden Hotel, Beijing, China, during 5-10, September, 2005. The Workshop is jointly

organized by the Chinese Academy of Agricultural Sciences (CAAS) and the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT).

30.Aekatasanawan, C., S. Jampatong, C. Aekatasanawan, N. Chulchoho, and C. Balla. 2000. Supporting the hybrid maize breeding research in Thailand, pp. 82-91. In Proceedings of the Seventh Asian Regional Maize Workshop. PCARRD, Los Banos, Philippines.

31. Aekatasanawan, C., S. Jampatong, C. Aekatasanawan, N. Chulchoho, and C. Balla. 2005. Population improvement for drought tolerance in maize in Thailand. pp. 105-111. Proceedings of the International Conference on Maize Adaptation to Marginal Environments. 25th Anniversary of the Cooperation between Kasetsart Univ. And Swiss Federal Institute of Technology. March 6-9, 2005, Phupimarn Resort Farm & Spa, Pakchong, Nakhon Ratchasima.

31.Aekatasanawan, C. and S.K. Vasal. 2000. Tacking biodiversity issues in hybrid maize technology, pp. 174-187. In Proceedings of the Seventh Asian Regional Maize Workshop.PCARRD, Los Banos, Philippines.

ผลงานวิจัยด้านข้าวโพดหวานและข้าวโพดฝักอ่อน

1. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ. 2537ก. พันธุ์ข้าวโพดฝักอ่อนของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, น.125-126. ใน เอกสารประกอบการบรรยาย การสัมมนาทางวิชาการปรับปรุงพันธุ์พืช ครั้งที่ 4 21-24 มิถุนายน 2537. กรมวิชาการเกษตรและสมาคมปรับปรุงพันธุ์และขยายพันธุ์พืชแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ.
2. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ. 2537ข. พันธุ์ข้าวโพดหวานของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, น. 122-124. ใน เอกสารประกอบการบรรยาย การสัมมนาทางวิชาการปรับปรุงพันธุ์พืช ครั้งที่ 4 21- 24 มิถุนายน 2537. กรมวิชาการเกษตรและสมาคมปรับปรุงพันธุ์และขยายพันธุ์พืชแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.
3. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ. 2543ก. พันธุศาสตร์ประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดฝักอ่อน, น.192-197. ใน รายงานการสัมมนาวิชาการพันธุศาสตร์ ครั้งที่ 11 เรื่อง พันธุศาสตร์ช่วยชาติแก้วิกฤติ 6-8 ตุลาคม 2542 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา.
4. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ. 2543ข. พันธุศาสตร์ประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน, น.176-181. ใน รายงานการสัมมนาวิชาการพันธุศาสตร์ ครั้งที่ 11 เรื่อง พันธุศาสตร์ช่วยชาติแก้วิกฤติ 6-8 ตุลาคม 2542 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา.
5. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ. 2548. ปัญหา/อุปสรรคการผลิตข้าวโพดหวาน และแนวทางการพัฒนาข้าวโพดหวานในอนาคต : พันธุ์, น. 117-123. *ใน* การพัฒนาคุณภาพและผลผลิตข้าวโพดฝักสดของไทยมุ่งสู่ตลาดโลก วันที่ 14-15 กุมภาพันธ์ 2548 ณ ศูนย์กล้วยไม้และไม้ดอกไม้ประดับ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ จัดโดยสมาคมปรับปรุงพันธุ์และขยายพันธุ์พืชแห่งประเทศไทย ร่วมกับมหาวิทยาลัยแม่โจ้ และกรมวิชาการเกษตร.

6. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, ฉัตรพงศ์ บาลลา และนพพงศ์ จุลจอหอ. 2546. เชื้อพันธุกรรมข้าวโพดหวานยีน shrunken-2 ที่มีศักยภาพสำหรับการพัฒนาสายพันธุ์แท้และลูกผสมสำหรับตลาดฝักสดและอุตสาหกรรมแปรรูป, น.233- 240. ใน เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41 สาขาพืช 3-7 กุมภาพันธ์ 2546. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

7. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2003. ข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยวพันธุ์ใหม่ : KSSC 503. National Corn and Sorghum Research Conference 31: 80-88.

8. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และ ฉัตรพงศ์ บาลลา. 2539. การปรับปรุงสายพันธุ์แม่ของข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยว 27127, น. 105-115. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 34 30 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2539. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

9. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2540ก. การประเมินพันธุ์ลูกผสมทอปครอสส์ที่มีเพศผู้เป็นหมันเพื่อใช้ผลิตข้าวโพดฝักอ่อนที่ไม่ต้องถอดยอด, น. 293-298/2. ในรายงานการประชุมวิชาการพืชผักแห่งชาติ ครั้งที่ 15 11-14 สิงหาคม 2540 ณ โรงแรมรามาการ์เดนส์. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

10. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2540ข. การประเมินสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนbrittle-1,น.81-89. ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35 3-5 กุมภาพันธ์ 2540. มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

11. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2541ก. การประเมินสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน shrunken-2. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36 3-5 กุมภาพันธ์ 2541. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

12. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2541ข. การพัฒนาและการประเมินสายพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน brittle-1, น.69-81. ใน รายงานการสัมมนาข้าวโพดหวานครั้งที่ 5 เรื่อง อุตสาหกรรมข้าวโพดหวานเพื่อฟื้นฟูเศรษฐกิจ 16-17 กุมภาพันธ์ 2541 ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

13. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2544ก. การประเมิน สมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียว, น. 56-61. ใน รายงานการสัมมนาวิชาการพันธุศาสตร์ ครั้งที่ 12 28-30 มีนาคม 2544, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

14. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2544ข. ศักยภาพของเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสม, D1 - D9. ใน การสัมมนาข้าวโพดอุตสาหกรรม ครั้งที่ 7 22-24 พฤษภาคม 2544 ณ โรงแรม ลี การ์เดนส์ พลาซ่า อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

15. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2544ข. การวิจัยและพัฒนาข้าวโพดฝักอ่อนลูกผสมเดี่ยวที่ไม่ต้องถอดยอดพันธุ์เกษตรศาสตร์ 2, น. 524-531. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 5-7 กุมภาพันธ์ 2544. มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

16. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2547ก. ข้าวโพดฝักอ่อนลูกผสมเดี่ยวที่ไม่ต้องถอดยอดพันธุ์ KBSC 303, น. 31-38. *ใน* การประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการวิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 19-21 พฤษภาคม 2547 ณ โรงแรมกรุงศรีริเวอร์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา.

17. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2547ข. ข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยวสองสีพันธุ์ KSSC 978, น. 23-30. *ใน* การประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการวิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 19-21 พฤษภาคม 2547 ณ โรงแรมกรุงศรีริเวอร์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา.

18. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2548. การวิจัยและพัฒนาข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยวพันธุ์ KSSC 563, น. 321-331. *ใน* เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 43 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 1-4 กุมภาพันธ์ 2548 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

19. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ ฉัตรพงศ์ บาลลา และทศพล ทองลาภ. 2001.การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยวที่ควบคุมด้วยยีน brittle-1 ให้ต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง. National Corn and Sorghum Research Conference 30: 411-420.

20. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2544.การวิจัยและพัฒนาข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยวพันธุ์อินทรี 2, น. 218-226. ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 5-7 กุมภาพันธ์ 2544. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

21. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ และนพพงศ์ จุลจอหอ. 2537ค. การประเมิน สายพันธุ์แท้ข้าวโพดไร่เพื่อผลิตข้าวโพดฝักอ่อน, น. 478-486. ใน รายงานผลการวิจัยสาขาพืชใน การประชุม ทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 32 3-5 กุมภาพันธ์ 2537. มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ.

22. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ และนพพงศ์ จุลจอหอ. 2537ง. การวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดหวานของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, น. 6-1 - 6-19. ใน เอกสารประกอบ การบรรยายการสัมมนาข้าวโพดหวาน ครั้งที่ 2 26 - 27 มกราคม 2537. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

23. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ และนพพงศ์ จุลจอหอ. 2538ก. การวิจัยและพัฒนาข้าวโพดฝักอ่อนที่ไม่ต้องถอดยอด : พันธุ์เกษตรศาสตร์ 1, น. 194-201. ในรายงานผลการวิจัยสาขาพืชในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33 30 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2538. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

24. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ และนพพงศ์ จุลจอหอ. 2538ข. การวิจัยและพัฒนาข้าวโพดข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยว : พันธุ์อินทรี 1, น. 202 - 209. ใน รายงานผลการวิจัยสาขาพืชในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33 30 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2538. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

25. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2536. การใช้เชื้อพันธุกรรมข้าวโพดไร่เพื่อปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน. ใน การประชุมวิชาการพืชผักแห่งชาติ ครั้งที่ 12 31 มีนาคม - 3 เมษายน 2536. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. (กำลังจัดพิมพ์)

26. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2540ค. โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานและข้าวโพดฝักอ่อนของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, น. 271-292. ในรายงานการประชุมวิชาการพืชผักแห่งชาติ ครั้งที่ 15 11-14 สิงหาคม 2540 ณ โรงแรมรามาการ์เด้นส์. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

27. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สุรพล เช้าฉ้อง, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2537จ. การใช้ลักษณะเพศผู้เป็นหมันในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดฝักอ่อน. ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.) 28:167-173.

ผลงานวิจัยด้านข้าวโพดสีม่วง

1. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. 2540. การวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดสีม่วงลูกผสม, น. 90-99. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35 3-5 กุมภาพันธ์ 2540. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

2. โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตรพงศ์ บาลลา. การวิจัยและพัฒนาข้าวโพดสีม่วงลูกผสมเดี่ยวพันธุ์ KPSC 901, น. 344-353. *ใน* เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 43 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 1-4 กุมภาพันธ์ 2548 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ที่อยู่ 44/249 ซอยพหลโยธิน 52 ถนนพหลโยธิน แขวงคลองถนน เขตสายไหม กทม. 10220
โทรศัพท์ 0-2973-8182 โทรสาร 0-2973-8182 มือถือ 01-8299384
E-Mail: rdichki@ku.ac.th
ที่ทำงาน ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ สถาบันอินทรีจันทรสถิตย์เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตำบลกลางดง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา 30320
โทรศัพท์ 0-4436-1770-4 โทรสาร 0-4436-1108 มือถือ 01-8299384

3. ชื่อ-สกุล นางสาวพฤฒิยา นิลประพฤกษ์ (Miss Phrutiya Nilprapruck) (หัวหน้าโครงการวิจัย)
วัน เดือน ปีเกิด 25 พฤษภาคม 2521
สถานที่ทำงาน อาจารย์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร
ติดต่อ โทรศัพท์ 032-594038 โทรสาร 032-594038
e-mail address : phrutiya@yahoo.com
ที่อยู่ 31/60 หมู่บ้านซิตี้โฮม ต. คลองสี่ อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 06-8841766

ประวัติการศึกษา

1. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว) มหาวิทยาเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปี 2545
   - 2542 – 2545 ศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรและเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
   - ได้รับทุนการศึกษาจาก ADB: Asian Development Bank
2. วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีอาหาร) มหาวิทยาลัยศิลปากร ปี 2542
   - 2539 – 2542 ศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติการทำงาน

: 2547 – ปัจจุบัน เป็นพนักงานมหาวิทยาลัย ตำแหน่งอาจารย์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร
: 2546-2547 ทำงานเป็นลูกจ้างประจำ ตำแหน่งอาจารย์ คณะเทคโลโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ประวัติการฝึกอบรม

ฝึกปฏิบัติการด้านวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน รุ่นที่ 21 ระหว่างวันที่ 17 - 20 พฤษภาคม 2548 ณ ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ. นครปฐม

ประวัติการทำงาน

- เริ่มเข้ามาทำงานในตำแหน่งลูกจ้างประจำ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัย ราชภัฏรำไพพรรณี (อาจารย์) วันที่ 1 มิถุนายน 2546 – 31 พฤษภาคม 2547
- เริ่มเข้ามาทำงานในตำแหน่งพนักงานมหาวิทยาลัย คณะสัตวศาสตร์ และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วันที่ 1 มิถุนายน 2547 จนถึงปัจจุบัน

ตำแหน่งบริหาร

1. เป็นเลขานุการพัฒนาหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร ปี 2547
2. เป็นเลขานุการสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร ปี 2548 - ถึงปัจจุบัน
3. คณะกรรมการประกันคุณภาพการศึกษา คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร ปี 2548 - ถึงปัจจุบัน

ผลงานวิจัย

วิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา (ชื่อเรื่อง/ปีที่ดำเนินการ ทั้งระดับปริญญาโทและปริญญาเอก)

- ระดับปริญญาโท

  ชื่อเรื่อง ผลของสารเคลือบผิวไคโตซานต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลส้มเขียวหวาน

  ปีที่ดำเนินการ 2543 – 2545

ผลงานตีพิมพ์และนำเสนอผลงาน

งานวิจัย

1. การผลิตซอสปรุงรสกลิ่นเนื้อย่างโดยกระบวนการให้ความร้อน (2541)
2. ผลของการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงในการยืดอายุเงาะโรงเรียน (2544)
3. ผลของสารเคลือบผิวในการยืดอายุการเก็บรักษาผลส้ม (2545)
4. การศึกษาผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของข่าและฝรั่ง ที่ปลูกในพื้นที่มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี (2548)

อยู่ระหว่างการวิจัย

การศึกษาฟอสฟอรัสในเมล็ดข้าวและการตอบสนองต่อการขาดธาตุฟอสฟอรัสในข้าวพันธุ์ป่า

4. นางสาวผกาทิพย์ ยอดมิ่งขวัญ

Miss Phakatip Yodmingkhwan

วัน เดือน ปีเกิด 24 พฤศจิกายน 2522

สถานที่ทำงาน นักวิทยาศาสตร์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร

ติดต่อ โทรศัพท์ 032-594038 โทรสาร 032-594038

e-mail address : plesc27@hotmail.com

ที่อยู่ 118 หมู่ 3 ตำบลท่าเคย อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี 70180

ประวัติการศึกษา

1.วิทยาศาสตรบัณฑิต (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยศิลปากร ปี 2545

2541 – 2544 ศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์

ประวัติการทำงาน

: 2547 – ปัจจุบัน เป็นพนักงานมหาวิทยาลัย ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร

: 2545 – 2546 ทำงานเป็นผู้ช่วยสอน ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติการฝึกอบรม

ฝึกปฏิบัติการด้านการใช้คอมพิวเตอร์ ปี 2547

ประวัติการทำงาน

- เริ่มเข้ามาทำงานในตำแหน่งพนักงานมหาวิทยาลัย (นักวิทยาศาสตร์) พฤศจิกายน 2547 ถึงปัจจุบัน

ผลงานวิจัย

- ระดับปริญญาตรี

ชื่อเรื่อง การศึกษาสีย้อมจากวัสดุธรรมชาติ ปีที่ดำเนินการ 2543-2544