

HỌC VIỆN NÔNG NGHIỆP VIỆT NAM
KHOA NÔNG HỌC

KỶ YẾU
HỘI THẢO KHOA HỌC
NĂM 2021

Hà Nội, ngày 17 tháng 11 năm 2021



CHƯƠNG TRÌNH
HỘI THẢO KHOA HỌC KHOA NÔNG HỌC
THÁNG 11 NĂM 2021

Địa điểm: Online qua ứng dụng Ms.Teams

Chủ tọa: PGS.TS. Nguyễn Đức Tùng

Thư ký: ThS. Nguyễn Thị Nhâm

Thời gian	Hoạt động/Báo cáo	Người thực hiện/Trình bày
7:30-7:35	Tuyên bố lý do, giới thiệu đại biểu	ThS. Nguyễn Thị Nhâm
7:35-7:45	Phát biểu khai mạc	PGS.TS. Trần Văn Quang
7:45-8:15	Effects of Nutrient Elements on Paddy Rice Yield, Nitrogen Use Efficiency and Grain Quality under Long-term Experiment	TS. Phan Thị Thủy
8:15-8:45	Tuyến trùng nốt sừng rễ (<i>meloidogyne graminicola</i>) – mối bệnh nghiêm trọng trên lúa miền bắc Việt Nam	NCS. Nguyễn Thị Huệ
8:45-9:15	Age-dependent chemical signalling in gumleaf skeletonizing moths, <i>Uraba lugens</i>	TS. Phạm Thị Hiếu
9:15-9:45	Giải lao	
9:45-10:15	Hiệu ứng chiếu xạ tia gamma Co^{60} đối với một số mẫu giống lúa địa phương và nhập nội	NCS. Nguyễn Thị Miền
10:15-10:45	Ảnh hưởng của nhiệt độ và sự thiếu hụt áp suất ẩm độ không khí lên phản ứng của kiểu gen cây lúa đối với dinh dưỡng đạm và cạnh tranh cỏ dại	TS. Vũ Duy Hoàng
10:45-11:15	Thực trạng khai thác cây xanh cảnh quan tại một số địa điểm trên địa bàn thành phố Hà Nội	ThS. Phạm Thị Bích Phương
11:15-11:45	Effects of drought and salt stress on growth and physiology of sugarcane	Phạm Hoàng Minh Oanh
11:45-12:00	Bế mạc	

Hà Nội, ngày 17 tháng 11 năm 2021

Effects of Nutrient Elements on Paddy Rice Yield, Nitrogen Use Efficiency and Grain Quality under Long-term Experiment

Phan Thi Thuy

Faculty of Agronomy, Vietnam National University of Agriculture, Trau Quy, Gia Lam, Ha Noi, Vietnam

Email: thuynh@vnua.edu.vn

ABSTRACT

Exploiting a long-term fertilization study in Andosol, the effects of N, P, K, Si and compost (Co) on rice yield, nitrogen use efficiency (NUE) and grain quality were investigated using two cultivars, Nipponbare and Koshihikari. The application rate for each element in a standard (NPK) plot was 7.5 g m^{-2} . Plots with no fertilizer, with a deficiency or double dose of N, P, and/or K, with Co, and with NPK plus calcium silicate or Co were investigated. Three NUE parameters (NUEs) were measured: N use efficiency for grain yield (NUEg), recovery efficiency of N (REN) and partial factor productivity of N (PFPN). P fertilizer had the most important role in rice growth in the Andosol paddy field. Grain yield increased in 2NPK, N2PK and NPKSi plots compared to the NPK plot. NK, 2NPK, NPKCo and 2N2P2K plots showed reduced NUEs. The N2PK plot had increased REN and PFPN, while the NPKSi plot showed increased NUEs in 2018. The NP plot had reduced grain yield and NUEg in Koshihikari. Taste value did not correlate to K level, while it had negative correlation with N level and positive correlation with P level. The results indicate that grain yield, NUEs and grain quality can be maintained by a decrease in fertilizer N combined with adequate P application. K fertilizer may not be required for Nipponbare but should be applied to Koshihikari. Si could improve grain yield and NUEs whilst Co was not effective.

Keywords: calcium silicate, nitrogen, phosphorus, potassium, rice straw compost.

1. INTRODUCTION

Increasing fertilizer nutrient input, especially N fertilizer, has contributed considerably to improve crop yields globally (Xue *et al.*, 2013). However, overuse of fertilizer and unbalanced NPK application rates to increase rice production have resulted in soil-related problems, such as acidification, structure degradation and organic matter loss (Zhong & Cai, 2007). This leads to a yield decrease in rice production systems. The increase in the rate of rice yield decreased gradually from 3.0 % in 1981 - 1985 to 1.8 % in 1986 - 1990 and less than 1 % in recent years (FAOSTAT). Appropriate nutrient management is one of the most important factors for improving rice yield and maintaining sustainability.

Nitrogen use efficiency (NUE) is the main index used to evaluate crop production systems and it is related both to production quantity and environmental safety (Cassman *et al.*, 2002). NUE reflects the relative balance between the amount of fertilizer supplied and the amount absorbed or used by a crop to produce grain, biomass or other end-products (Dawson *et al.*, 2008). Trends in reduction of NUE have been reported (Ladha *et al.*, 2005) due to the unbalance between N application and crop demand, leading to N loss through denitrification, surface runoff, volatilization and leaching (Raun & Johnson, 1999). Low NUE thus not only increases production costs but also causes environmental pollution.

Nowadays, with the rapid economic growth and improved living conditions, consumers pay more attention to rice quality, requiring researchers should focus not only on increasing grain yield but also enhancing grain quality according to market requirements. Grain quality is not only controlled by genotype but also affected by agronomic treatments and environmental conditions (Dong *et al.*, 2007; Hakata *et al.*, 2012; Sugiura *et al.*, 2013).

Numerous studies to estimate NUE and grain quality in rice have been conducted but they were almost all based on short-term experiments (Xie *et al.*, 2007; Xie *et al.*, 2011; Kumar *et al.*, 2015; Huang *et al.*, 2016; Zhou *et al.*, 2018). Long-term experiments are important in order to gain an understanding of how yield trends, soil dynamics and nutrient cycling are affected by year (Miao *et al.*, 2011). There are only a few studies which focused on NUE under long-term fertilization (Yadvinder *et al.*, 2009; Duan *et al.*, 2014) and they were conducted in rice-wheat systems. There is also a need to evaluate the effects of P and K on NUE and grain quality in rice production systems using long-term experiments.

The long-term fertilization experiment described here has been carried out at a paddy field in University of Tsukuba, Japan since 1978 using the variety Nipponbare in Andosol (Yonekawa *et al.*, 2001). The objective of this experiment is to evaluate the effect of different fertilizers, include N, P, K, Si and compost on rice yield but not to look at NUE. Nipponbare was one of the most popular cultivars in Japan, but nowadays, Koshihikari is the most widely cultivated in the country, accounting for 36.2 % of the total paddy rice area in Japan (Kobayahi *et al.*, 2018). We therefore conducted research based on this long-term fertilization experiment to evaluate the role of N, P, K, Si and compost on rice yield, NUE and grain quality in two rice cultivars, Nipponbare and Koshihikari. Direct data from this long-term fertilization experiment in the paddy field will contribute to improving the efficiency of fertilizer management.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Study site

The experiment was conducted at the long-term fertilization experiment site in Tsukuba-Plant Innovation Research Center, University of Tsukuba, Ibaraki, Japan (36°12'N, 140°09'E, 25 m above sea level). The site has been in operation since 1978. The soil was classified as Andosol (IUSS Working Group WRB, 2015). Andosol is the typical soil developed from volcanoclastic material with high aluminum, organic matter, and available Si contents (Shoji & Takahashi, 2002; Yanai *et al.*, 2016).

2.2. Experimental design and field management

The long-term experimental site was divided into 12 fertilization plots with different combinations of inorganic N, P, K, Si and compost (Co), or with no supplement (Zero) (Table 1). For N application, two-thirds was applied seven days before transplanting as a basal dressing, and one-third was divided into two equal parts, which were applied at 35 and 20 days before heading (DBH). All inputs of P, K, Si and Co were applied as a basal dressing, except in NP2K and 2N2P2K plots. In the latter plots, two-thirds of the K was applied as a basal dressing and one-third of it was applied as two equal treatments at 35 and 20 DBH. Ammonium sulfate (21 % N), superphosphate (34 % P₂O₅), potassium sulfate (50 % K₂O), and calcium silicate were used as, respectively, N, P₂O₅, K₂O, and Si fertilizer. Co was prepared from rice straw two years before use. Moisture content, N content (% dry weight), and C-N ratio of Co were, respectively, 84.3 %, 1.7 %, and 17.1 in 2018 and 80.5 %, 1.7 %, and 17.7 in 2019.

The experiment has no replication. Each fertilization treatment plot was divided into two areas for two rice cultivars, Nipponbare and Koshihikari. Each area for one cultivar was 25 m² (10 m x 2.5 m). The 21-day-old seedlings were transplanted by hand on May 28, 2018 and May 31, 2019. Transplanting density was 22.2 hills m⁻² (30 cm x 15 cm) with four seedlings per hill.

Table 1. Fertilizer application rates in the long-term experiment (g m⁻²)

No.	Plot name	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Co ¹	Si ¹
1	Zero	0	0	0	0	0
2	PK	0	7.5	7.5	0	0

3	NK	7.5	0	7.5	0	0
4	NP	7.5	7.5	0	0	0
5	NPK	7.5	7.5	7.5	0	0
6	NPKCo	7.5	7.5	7.5	1000	0
7	Co	0	0	0	1000	0
8	2NPK	15	7.5	7.5	0	0
9	N2PK	7.5	15	7.5	0	0
10	NP2K	7.5	7.5	15	0	0
11	2N2P2K	15	15	15	0	0
12	NPKSi	7.5	7.5	7.5	0	100

Note: ¹ Co and Si mean the amount of rice straw compost and calcium silicate respectively.

2.3. Sampling and measurements

Koshihikari and Nipponbare were harvested at the maturity stage. Above-ground parts of rice plants were sampled with 3 replications and dried at 80 °C for 72 h for measuring dry weight. Dried samples were then crushed to a fine powder (< 1 mm) with a cutting mill (SM-100, Retsch GmbH, Germany) and N content was determined by the dry-combustion method using an automatic NC analyzer (NC-220F, Sumika Chemical Analysis Service, Ltd., Japan). Nitrogen uptake was calculated by multiplying dry weight by the N content of the dry matter. Fifty hills in each plot were harvested to evaluate grain yield and yield components based on a standard procedure. Grain weight was expressed at 15 % moisture content (Yonekawa *et al.*, 2001).

Three NUE parameters were calculated as follows (Yu *et al.*, 2015):

$$\text{NUEg (g gN}^{-1}\text{)} = \text{GY} / \text{TN}$$

$$\text{REN (\%)} = [(\text{TN}_f - \text{TN}_0) / \text{N}_f] \times 100$$

$$\text{PFPN (g gN}^{-1}\text{)} = \text{GY}_f / \text{N}_f$$

where: NUEg is nitrogen use efficiency for grain yield, REN is recovery efficiency of nitrogen, PFPN is partial factor productivity of nitrogen, GY is grain yield, GY_f is grain yield with N application, TN is total plant N uptake, TN_f is total plant N uptake with N application, TN₀ is total plant N uptake without N application, N_f is N fertilizer application rate. REN was calculated using the Zero treatment plot as being without N application.

Taste value was evaluated using Rice Taste Analyzer (RCTA11A1, Satake Co., Ltd., Japan) using brown rice after sifting with 1.7-mm mesh sieves.

The contribution ratio (CR) of N, P and K for the traits was calculated as follow:

$$\text{CR (\%)} = (\text{NPK} - \text{X}) / (\text{NPK} - \text{Zero}) \times 100$$

where: NPK is value of traits in the NPK plot; X is value of traits in the PK, NK or NP plot; Zero is value of traits in the Zero plot.

The contribution ratio of Si and compost was calculated as follow:

$$\text{CR (\%)} = (\text{Y} - \text{NPK}) / (\text{Y} - \text{Zero}) \times 100$$

where: Y is value of traits in the NPKSi or NPKCo plot; NPK is value of traits in the NPK plot; Zero is value of traits in the Zero plot.

2.4. Statistical analysis

Data processing and statistical analysis were performed using Microsoft Excel and JMP 8 software (SAS Institute Japan Inc., Japan). Analysis of variance (ANOVA) was used for analyzing the effects of factors. Differences between plots were identified by Tukey's honest significant difference (HSD) test with $p = 0.05$.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1. Dry weight and nitrogen uptake by rice plants

In 2018, the 2N2P2K plot had significantly more dry weight of Nipponbare (1351 g m⁻²) compared to the NPK plot (1122 g m⁻²), while 2N2P2K and N2PK plots increased dry weight of Koshihikari to, respectively, 1376 g m⁻² and 1350 g m⁻² compared to 1084 g m⁻² in

the NPK plot (Fig.1a). In 2019, the highest biomass was 1326 g m⁻² for Nipponbare in the 2N2P2K plot and 1146 g m⁻² for Koshihikari in the 2N2P2K plot, both 21 % higher than in the NPK plot (Fig.1b). Among the nutrient deficiency (Zero, PK, NK, NP and Co) plots, dry weights of the two cultivars in the NP plot were similar to those in the NPK plot, while dry weight in the PK plot was significantly less than that in the NPK plot but much greater than that in the Zero, NK and Co plots. NP2K, NPKCo and NPKSi plots did not show any increase in dry weight of Nipponbare and Koshihikari compared to the NPK plot. The biomasses of the two cultivars in the NPK plot in 2019 were lower than those in 2018. The other plots were similar except for the Co plot (Fig.1).

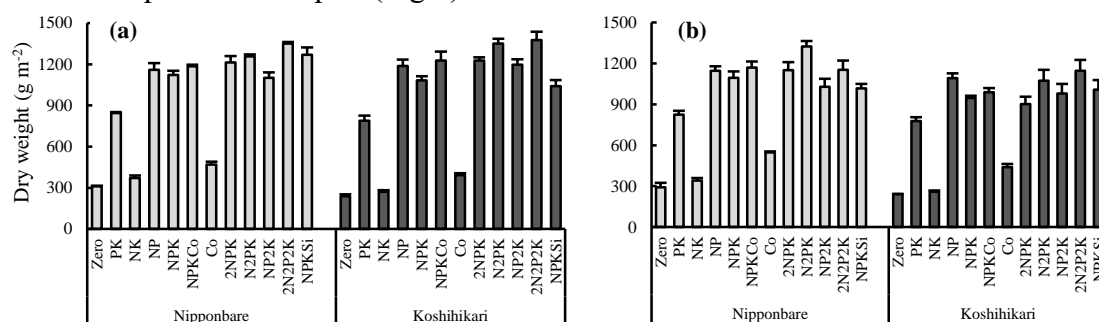


Figure 1. Dry weight at maturity stage of the two rice cultivars as affected by fertilization conditions in 2018 (a) and 2019 (b). Vertical bars indicate standard error (SE).

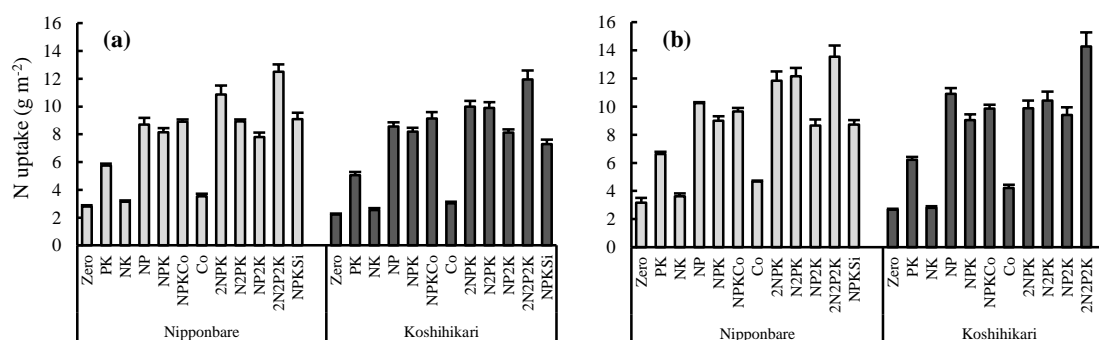


Figure 2. Nitrogen uptake at maturity stage of the two rice cultivars as affected by fertilization conditions in 2018 (a) and 2019 (b). Vertical bars indicate SE.

Nipponbare in the 2N2P2K plot had the highest N uptake (12.5 g m⁻² in 2018 and 13.6 g m⁻² in 2019, values which were respectively 53 % and 51 % higher than that from the NPK plot). The application of 2NPK in 2018, and 2NPK and N2PK in 2019, also enhanced N uptake by Nipponbare compared to the NPK plot. In the case of Koshihikari, only the 2N2P2K plot increased N uptake significantly, to 12.0 g m⁻², 46 % higher than the NPK plot in 2018, and 14.3 g m⁻², which was 58 % higher than the NPK plot, in 2019 (Fig.2). Among the nutrient deficiency plots, N uptake in the NP plot was not significantly different from that in the NPK plot, while N uptake values in the PK plot were significantly lower than those in the NPK plot and much higher than those in the Zero, NK and Co plots. N uptake values by the two cultivars in 2019 were higher than those in 2018, except for Nipponbare in the NPKSi plot and Koshihikari in the 2NPK plot (Fig.2)

3.2. Grain yield and yield components

The grain yield of Nipponbare differed little between 2018 and 2019 and was almost same as the average grain yield during the period 1978 to 1999. Meanwhile, the grain yield of Koshihikari was less in 2019 than in 2018 under all fertilization conditions (Table 2). This reduction was caused mainly by a reduction in filled grain percentage. The heading stage for Koshihikari occurred 7-10 days earlier than that for Nipponbare, so the panicle development

period in Koshihikari was affected by low temperature from late June to the middle of July (21.1-22.5 °C in 2019 compared to 24.2-28.8 °C in 2018). However, the effect of fertilization conditions on grain yield was similar in the two years. Grain yield of the two cultivars was lowest in the Zero or NK plot, ranging from 92-106 g m⁻² for Nipponbare and 63-93 g m⁻² for Koshihikari, due to a marked decrease in panicle number and spikelet number per panicle. Andosol, known as volcanic ash soil, has a high aluminum content, and its reaction with inorganic phosphate renders the phosphate essentially insoluble and unavailable for plant uptake (Shoji & Takahashi, 2002). P fertilization therefore is important for rice growth and development in Andosol.

A deficiency of N fertilizer did not affect rice yield as seriously as P deficiency. In the PK plot, the grain yield of Nipponbare was 219-280 g m⁻², representing 68-89 % of that in the NPK plot, while the grain yield of Koshihikari was 263-330 g m⁻², 78-86 % of the value for the NPK plot, resulting from a reduction in panicle number (Table 2). N can be supplied from natural N sources such as rainfall, irrigation and biological N fixation (BNF) (Ghosh & Saha, 1997). Moreover, BNF is generally dependent on the available P content in soil (Ishii *et al.*, 2011), so the N-deficient but P-sufficient conditions in the PK plot might increase BNF. Thus, since application of P not only improves rice yield but also promotes BNF activity, it can lead to a decrease in fertilizer N requirement. Compared to Nipponbare, Koshihikari had a higher grain yield in the PK plot but a lower grain yield in the NK plot, indicating that Koshihikari was more sensitive to P deficiency than N deficiency. Grain yield increased in the 2NPK and N2PK plots compared to the NPK plot, with the increase being greater in Nipponbare (16-35 %) than in Koshihikari (4-12 %).

Unlike N and P, K fertilizer had a negligible effect on rice yield in Andosol, although the grain yield of Koshihikari declined slightly (5-7 %) in the NP plot compared to the NPK plot (Table 2). Total K content in fresh volcanic ashes ranges from 0.5 to 4.0 % as K₂O, so only a small number of Andosols supply insufficient K for crops (Shoji & Takahashi, 2002). Similarly, a long-term experiment conducted on a Pyeongtaeg series soil type in Korea indicated that grain yield in an NP plot was 96 % of that in an NPK plot due to the adequate amount of extractable K in the soil (Lee *et al.*, 2008).

In the 2N2P2K plot, the grain yield of Nipponbare was 393-435 g m⁻², 22-38 % higher than in the NPK plot, while the grain yield of Koshihikari was 136-269 g m⁻², 36-56 % lower than in the NPK plot, because of lodging at the ripening stage. One of the disadvantages of Koshihikari is its low resistance to lodging (Kobayashi *et al.*, 2018), therefore, the application of too much chemical fertilizer, for example in the 2N2P2K plot, was not beneficial for grain yield in Koshihikari.

Grain yield of Nipponbare in the NPKSi plot was 92-125 % of that in the NPK plot whilst that of Koshihikari was 103-109 % of the NPK plot value (Table 2). Si has a synergistic effect with N uptake, increasing leaf erectness and thus light interception in rice plants, thereby improving photosynthesis and grain yield (Pati *et al.*, 2016; Savant *et al.*, 1997). The co-application of Si with standard fertilization positively affected grain yield and N uptake in the BC15 cultivar grown in the city of Thanh Hoa, Vietnam (Cuong *et al.*, 2017). The presence of silicate promotes the release of native inorganic phosphorus in Andosol (Hartono & Bilhaq, 2014). In the present study, the combination of Si with NPK increased grain yield slightly in Koshihikari, but to a much greater extent in Nipponbare in 2018, suggesting that the effectiveness of Si fertilizer on grain yield depends on genotype.

Table 2. Grain yield and yield components affected by fertilization conditions for the two cultivars

Cultivar	Plot	2018					2019				
		Panicle no. (hill ⁻¹)	Spikelet no. (panicle ⁻¹)	Filled grain (%)	1000-grain weight (g)	Yield (g m ⁻²)	Panicle no. (hill ⁻¹)	Spikelet no. (panicle ⁻¹)	Filled grain (%)	1000-grain weight (g)	Yield (g m ⁻²)
Nipponbare	Zero	4.8	53.0	79.7	20.8	94	5.0	44.4	85.6	22.2	94
	PK	9.2	74.0	81.2	22.8	280	8.4	84.1	64.9	21.5	219
	NK	5.4	52.8	77.3	21.6	106	5.2	44.4	79.5	22.5	92
	NP	12.2	75.7	66.9	23.6	324	11.1	86.6	71.8	22.1	339
	NPK	12.4	68.2	74.1	22.6	314	11.2	83.1	69.2	22.5	322
	NPKCo	12.5	68.9	76.7	23.4	343	11.9	81.5	63.5	22.4	306
	Co	6.6	60.1	70.6	21.8	136	8.0	56.4	76.4	23.7	181
	2NPK	13.3	83.4	67.8	22.6	377	13.4	87.6	76.7	21.7	434
	N2PK	14.9	71.4	78.5	22.2	412	14.1	84.2	62.9	22.6	375
	NP2K	13.0	70.3	67.6	22.7	311	11.2	90.9	64.4	22.6	329
	2N2P2K	17.2	71.4	73.2	21.8	435	16.8	85.9	56.8	21.6	393
	NPKSi	13.3	74.9	77.3	22.9	392	12.6	76.3	62.8	22.2	298
Koshihikari	Zero	4.5	57.9	80.8	19.9	93	5.5	38.1	69.1	19.5	63
	PK	9.6	86.7	82.6	21.6	330	8.6	95.1	67.1	21.6	263
	NK	4.3	54.3	83.5	20.2	88	5.4	41.0	69.3	19.5	66
	NP	11.9	91.5	73.5	22.2	395	11.0	95.0	56.7	22.2	292
	NPK	13.2	96.0	67.7	22.2	423	10.8	105.8	54.1	22.4	308
	NPKCo	13.5	92.9	71.1	22.3	441	11.6	100.5	60.9	22.3	352
	Co	5.9	59.7	78.5	20.7	127	7.2	65.0	58.6	20.4	124
	2NPK	12.2	102.2	74.6	21.3	440	12.1	106.6	46.6	22.5	300
	N2PK	15.8	81.1	69.5	22.3	441	13.6	98.6	52.7	22.0	345
	NP2K	13.0	88.7	74.0	22.0	417	11.2	92.1	63.6	22.2	323
	2N2P2K	17.5	79.0	41.6	21.1	269	14.9	105.6	18.4	21.2	136
	NPKSi	12.1	98.6	78.1	22.2	459	12.3	87.3	60.8	21.9	318

For both cultivars, grain yield in the Co plot was higher than that in the Zero plot but grain yield in the NPKCo plot was similar to that in the NPK plot (Table 2). Recycling of rice straw can significantly reduce total N fertilizer requirements (Cassman *et al.*, 1998) and maintain soil K and Si status in intensive rice systems (Dobermann & Fairhurst, 2000). However, due to the low N content and high C-N ratio, the combination of rice straw compost with NPK did not lead to any considerable improvement in rice yield in our study. Similarly, rice straw had an insignificant effect on grain yield in long-term experiments in Asia (Dawe *et al.*, 2003). A long-term field trial conducted on alluvial soil in the Mekong Delta showed that continuous application of rice straw compost did not significantly affect grain yield but had some positive impacts on soil physical properties (Watanabe *et al.*, 2009).

3.3. Contribution ratio of each nutrient element for dry weight, N uptake and grain yield

With Nipponbare, the contribution ratio to dry weight was 34 % for N and 92-94 % for P. The contribution ratio to N uptake was 41-45 % for N and 92-94 % for P. N and P contributed 16-45 % and 95-101 % to grain yield, respectively (Table 3). N contributed to panicle number while P contributed to panicle number and spikelet number in both years and thousand-grain weight in 2018 (data not shown here). Unlike N and P, K did not contribute to the dry weight, N uptake and grain yield in Nipponbare. The contribution ratio of Si and Co for dry weight, N uptake and grain yield was various by year (Table 3).

Table 3. Contribution ratio of each nutrient element for dry weight, N uptake and grain yield of two rice cultivars

	P		N		K		Si		Co	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019

DW	92	94	34	34	-5	-7	15	-11	7	9
N N uptake	94	92	45	41	-10	-22	15	-5	12	10
Yield	95	101	16	45	-4	-7	26	-12	12	-7
DW	96	98	35	24	-12	-21	-5	8	15	6
K N uptake	94	98	52	44	-6	-29	-18	19	14	11
Yield	102	99	28	18	9	6	10	4	5	15

Note: NB, Nipponbare; KH, Koshihikari; DW, dry weight.

Similarly, with Koshihikari, the contribution ratio to dry weight was 24-35 % for N and 96-98 % for P. The contribution ratio to N uptake was 44-52 % for N and 94-98 % for P. N and P contributed to grain yield 18-28 % and 99-102 % respectively through contributing to all yield components, except for filled grain percentage. K did not contribute to the dry weight and N uptake of Koshihikari but it contributed to grain yield 6 - 9 % (Table 3) through contributing to panicle number and spikelet number in 2018 and spikelet number and thousand-grain weight in 2019 (data not shown here). The contribution ratios of Si and Co for rice growth and yield was varied by year.

3.4. Nitrogen use efficiency

In 2018, the NUEg of Nipponbare in the PK plot (48.7 g gN⁻¹), N2PK plot (46.1 g gN⁻¹) and NPKSi plot (43.1 g gN⁻¹) were much higher than that in the NPK plot (38.5 g gN⁻¹). For Koshihikari, NUEg values in the PK plot (65.2 g gN⁻¹) and NPKSi plot (62.9 g gN⁻¹) were greater than that in the NPK plot (51.6 g gN⁻¹). In 2019, only the NUEg of Koshihikari in the PK plot (42.3 g gN⁻¹) was markedly higher than that in the NPK plot (34.0 g gN⁻¹) (Table 4). The optimal NUEg for irrigated rice has been reported to be 68 g gN⁻¹ (Witt *et al.*, 1999). In both years, Zero, NK and 2N2P2K plots decreased NUEg in Nipponbare, while Zero, NK, NP, Co, 2NPK, N2PK and 2N2P2K plots decreased NUEg in Koshihikari, compared to the NPK plot. The REN and PFPN for the two cultivars were lowest in the NK plot, ranging from 1.9-6.0 % and 8.9-14.1 g gN⁻¹ respectively. NPKCo, 2NPK and 2N2P2K plots also decreased these parameters compared to the NPK plot. Low REN but high PFPN was observed in the Co plot. In particular, the PFPN of Nipponbare was highest in the Co plot (56.5 g gN⁻¹ in 2018 and 69.8 g gN⁻¹ in 2019). Compared to the NPK plot, the N2PK plot increased REN and PFPN for both cultivars, while the NPKSi plot increased the REN and PFPN of Nipponbare and PFPN of Koshihikari in 2018, and the REN of Koshihikari in 2019 (Table 4).

Increasing N application rate in NPKCo, 2NPK and 2N2P2K plots decreased all NUE parameters (NUEs) regardless of cultivar, a finding consistent with those of previous studies (Kumar *et al.*, 2015; Xie *et al.*, 2007; Ye *et al.*, 2007). The application of P improved NUEs is consistent with a study by Duan *et al.* (2014). Increasing P application rate up to 15 g m⁻² (N2PK) improved N uptake and grain yield, as a result of higher REN and PFPN values compared to standard fertilization (NPK). However, NUEg in the N2PK plot was usually less than that in the NPK plot, showing that N absorbed by plants was not always converted to grain efficiently. When increased N uptake by a crop

Table 4. Nitrogen use efficiency parameters as affected by fertilization conditions.

Cultivar	Plot	2018			2019		
		NUEg (g gN ⁻¹)	REN (%)	PFPN (g gN ⁻¹)	NUEg (g gN ⁻¹)	REN (%)	PFPN (g gN ⁻¹)
Nipponbare	Zero	3 (87)			2 (83)		
	PK	4 (126)			3 (92)		
	NK	3 (87)	(6)	1 (34)	2 (71)	(8)	1 (29)
	NP	3 (96)	7 (110)	4 (103)	3 (92)	9 (122)	4 (105)
	NPK	3 (100)	7 (100)	4 (100)	3 (100)	7 (100)	4 (100)
	NPKCo	3 (100)	6 (86)	3 (83)	3 (89)	6 (83)	3 (71)
	Co	3 (99)	3 (43)	5 (135)	3 (108)	5 (75)	6 (163)
	2NPK	3 (90)	5 (75)	2 (60)	3 (102)	5 (75)	2 (67)
	N2PK	4 (119)	8 (115)	5 (131)	3 (86)	12 (155)	4 (116)
	NP2K	3 (103)	6 (94)	4 (99)	3 (106)	7 (94)	4 (102)
	2N2P2K	3 (90)	6 (91)	2 (69)	2 (81)	6 (89)	2 (61)
	NPKSi	4 (112)	8 (117)	5 (125)	3 (95)	7 (95)	3 (92)
Koshihikari	Zero	4 (81)			2 (69)		
	PK	6 (126)			4 (124)		
	NK	3 (67)	(6)	1 (21)	2 (69)	(2)	(22)
	NP	4 (89)	8 (106)	5 (93)	2 (79)	10 (129)	3 (95)
	NPK	5 (100)	7 (100)	5 (100)	3 (100)	8 (100)	4 (100)
	NPKCo	4 (94)	7 (88)	4 (79)	3 (105)	7 (84)	3 (85)
	Co	4 (82)	3 (42)	5 (94)	2 (87)	5 (70)	4 (117)
	2NPK	4 (85)	5 (65)	2 (52)	3 (89)	4 (57)	2 (49)
	N2PK	4 (86)	10 (129)	5 (104)	3 (97)	10 (121)	4 (112)
	NP2K	5 (99)	7 (99)	5 (99)	3 (101)	8 (105)	4 (105)
	2N2P2K	2 (44)	6 (82)	1 (32)	(28)	7 (91)	(22)
	NPKSi	6 (122)	6 (85)	6 (109)	3 (89)	10 (123)	4 (103)

Note: NUEg, Nitrogen use efficiency for grain yield; REN, Recovery efficiency of nitrogen; PFPN, Partial factor productivity of nitrogen; Numerical values in parentheses are percentages of the value from the NPK plot for each cultivar; REN and PFPN were not calculated for Zero and PK plots because nitrogen fertilizer was not applied to these plots.

is greater than the increase in grain yield, the phenomenon is often termed luxury absorption (Cui *et al.*, 2009). The weaker effect of K fertilizer, compared with N and P fertilizers, on NUEs in rice may well be soil type dependent because of the relatively high level of available K in Andosol, as in the research of Duan *et al.* (2014). Nevertheless, K deficiency reduced NUEg in Koshihikari compared to the NPK plot, suggesting that K fertilizer should be applied to Koshihikari to enhance N utilization efficiency. The role of calcium silicate in the improvement of NUEs observed in 2018 was consistent with previous reports (Ku *et al.*, 2017; Yogendra *et al.*, 2013). A high PFPN was found in the Co plot because N supply was low relative to grain production. However, the low grain yield in the Co plot is not likely to benefit farmers. Increasing the amount of Co in order to enhance crop-available nutrients and yield might present difficulties in storing and transporting the compost as well as increasing labor costs (Gao *et al.*, 2006).

The finding that Koshihikari had a higher REN than Nipponbare under all fertilization conditions, excepting NK and 2NPK plots (Table 4), may be related to root architecture traits such as root length density and absorption area (Garnett *et al.* 2009). The lower REN of Koshihikari in the 2NPK plot may be due to greater losses from the system rather than a reduction in plant absorption. The unfavorable temperature adversely affected the panicle developing period in Koshihikari, hence inhibiting the translocation and mobilization of absorbed N for grain production. As a result, the NUEg of Koshihikari decreased considerably in 2019 and was lower than that of Nipponbare, although a higher value was observed in 2018 (Table 4). Thus, N utilization efficiency can be enhanced through genetic improvement but is also dependent on the constantly changing environment during the rice growing season, especially with respect to air temperature.

3.5. Grain quality

In 2018, taste value of Nipponbare and Koshihikari was the highest in the PK plot (70.0 and 71.7, respectively) and the lowest in the 2N2P2K plot (56.3 and 60.3, respectively) (Fig.3). In 2019, the highest value was found in the Co plot for Nipponbare (66.0) and the PK plot for Koshihikari (69.3); and the lowest value was found in the NK plot (57.3 for Nipponbare and 53.7 for Koshihikari) (Fig.3). The Zero, NK and 2N2P2K plots significantly declined taste value of two cultivars compared to the NPK plot. Meanwhile, N2PK, NP2K and NPKSi plots increased taste value of Koshihikari in 2018.

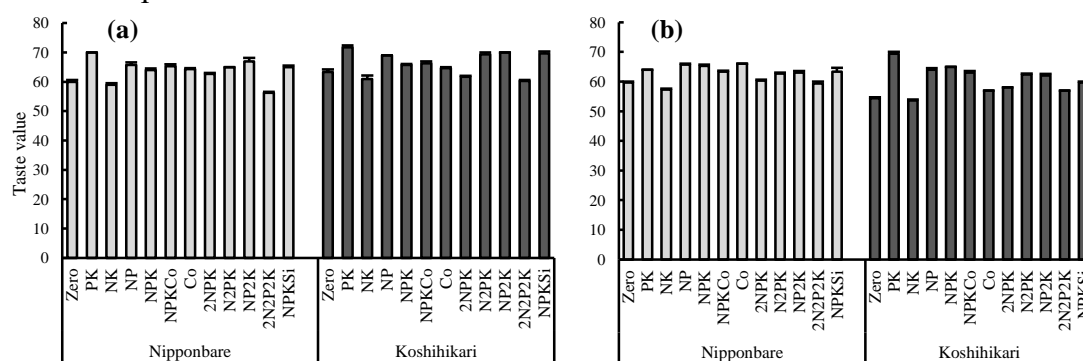


Figure 3. Taste value of two rice cultivars as affected by fertilization conditions in 2018 (a) and 2019 (b). Vertical bars indicate SE.

Taste value of Nipponbare and Koshihikari in present study were relatively low (53.7 - 71.7) due to high amylose content and protein content (data not shown here). At above 22 °C, increasing temperature during grain ripening was responsible for an increase in grain protein (Resurreccion *et al.*, 1977). The air temperature during ripening stage in August in 2018 (27.0 °C) and 2019 (27.4 °C) was higher than that in the 30-year average (25.5 °C). Unfavorable temperature therefore adversely impacted not only rice yield but also grain quality. The taste value of the two rice cultivars had negative correlation with N level and

positive correlation with P level. Meanwhile K fertilizer did not correlate to taste value of both rice cultivars (Fig.4). It means P fertilizer was very important not only for rice yield but also for grain palatability.

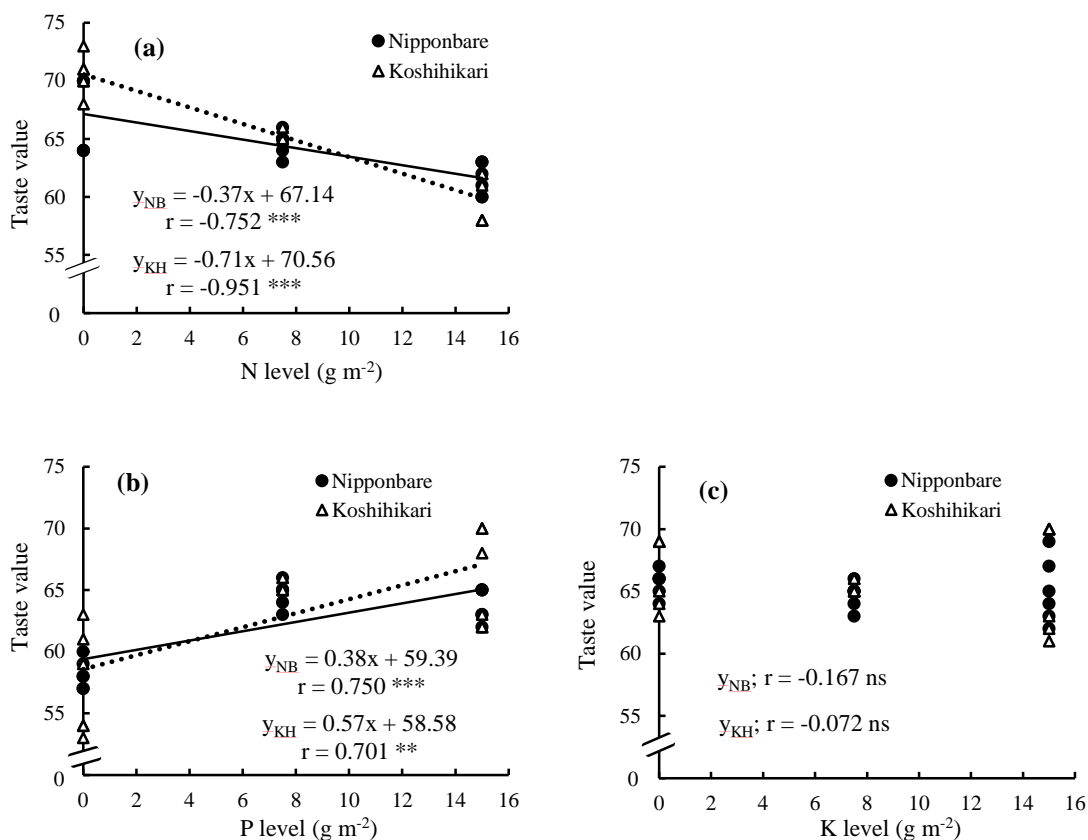


Figure 4. Relationships between taste value and nitrogen level (a), phosphorus level (b), and potassium level (c) of two rice cultivars. Data in two years was combined to analyze. ns, ** and *** mean not significant, and significant at the 0.01 and 0.001 level respectively; y_{NB} and y_{KH} mean taste value of Nipponbare and Koshihikari respectively; solid and dotted lines are regression for Nipponbare and Koshihikari respectively.

4. CONCLUSIONS

Understanding the various effects of long-term application N, P, K, Si, and compost on rice yield, NUEs and grain quality is necessary to contribute the development of optimal fertilizer management. On Andosol, P fertilizer had the most important role for improving rice yield, NUEs and taste value. N fertilizer is essential for rice growth and yield but increasing N level decreased NUEs and taste value. To maintain grain yield and improve NUEs and grain quality, we can reduce N application rate combine with adequate P application. Koshihikari was more sensitive to P deficiency than N deficiency. K fertilizer had negligible effect on yield, NUEs and grain quality of Nipponbare but it should be applied to Koshihikari to enhance grain yield and NUEs. The effectiveness of Si fertilizer on grain yield, NUEs and grain quality depends on genotype and environment. Nevertheless, as a Si accumulator, rice may need Si as a component of balance nutrition. Rice straw compost combined with standard fertilization did not lead to any considerable improvement in rice yield and NUEs.

Acknowledgment:

The paper is a part of research results in the doctoral course at the University of Tsukuba (UT), Japan under the guidance of Dr. Hisayoshi Hayashi, professor of Graduate School of Life and Environmental Sciences, UT and Dr. Morio Kato, assistant professor of Graduate School of Life and Environmental Sciences, UT.

REFERENCES

- Cassman K. G., Peng S., Olk D. C., Ladha J. K., Reichardt W., Dobermann A. & Singh U. (1998). Opportunities for increased nitrogen-use efficiency from improved resource management in irrigated rice systems. *Field Crops Research*. 56: 7-39.
- Cassman K. G., Dobermann A. R. & Walters D. T. (2002). Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. *Ambio: Journal of the Human Environment*. 31: 132-140.
- Cui Z. L., Zhang F. S., Dou Z. X., Miao Y. X., Sun Q. P., Chen X. P., Li J. L., Ye Y. L., Yang Z. P., Zhang Q., Liu C. S. & Huang S. M. (2009). Regional evaluation of critical nitrogen concentrations in winter wheat production of the North China Plain. *Agronomy Journal*. 101: 159-166.
- Cuong T. X., Ullah H., Datta A. & Hanh T. C. (2017). Effects of silicon-based fertilizer on growth, yield and nutrient uptake of rice in tropical zone of Vietnam. *Rice Science*. 24: 283-290.
- Dawe D., Dobermann A., Ladha J. K., Yadav R. L., Bao L., Gupta R. K., Lal P., Panaullah G., Sariam O., Singh Y., Swarup A. & Zhen Q. X. (2003). Do organic amendments improve yield trends and profitability in intensive rice systems? *Field Crops Research*. 83: 191-213.
- Dawson J. C., Huggins D. R. & Jones S. S. (2008). Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agricultural systems. *Field Crops Research*. 107: 89-101.
- Dobermann A. & Fairhurst T. (2000). Nutrient management, pp 34-35. In A. Dobermann and T. Fairhurst (eds.). *Rice: Nutrient disorders & nutrient management*. Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC) and International Rice Research Institute (IRRI). Singapore. Philippines.
- Dong M., Sang D., Wang P., Wang X. & Yang J. (2007). Changes in cooking and nutrition qualities of grains at different positions in a rice panicle under different nitrogen levels. *Rice Science*. 14: 141-148.
- Duan Y., Shi X., Li S., Sun X. & He X. (2014). Nitrogen use efficiency as affected by phosphorus and potassium in long-term rice and wheat experiments. *Journal of Integrative Agriculture*. 13: 588-596.
- FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Accessed on March 31, 2020).
- Gao C., Sun B. & Zhang T. L. (2006). Sustainable nutrient management in Chinese agriculture: challenges and perspective. *Pedosphere*. 16: 253-263.
- Garnett T., Conn V. & Kaiser B. N. (2009). Root based approaches to improving nitrogen use efficiency in plants. *Plant Cell and Environment*. 32: 1272-1283.
- Ghosh T. K. & Saha K. C. (1997). Effects of inoculation of cyanobacteria on nitrogen status and nutrition of rice (*Oryza sativa* L.) in an Entisol amended with chemical and organic sources of nitrogen. *Biology and Fertility of Soils*. 24: 123-128.
- Hakata M., Kuroda M., Miyashita T., Yamaguchi T., Kojima M., Sakakibara H., Mitsui T. & Yamakawa H. (2012). Suppression of α -amylase genes improves quality of rice grain ripened under high temperature. *Plant Biotechnology Journal*. 10: 1110-1117.
- Hartono A. & Bilhaq R. (2014). Effect of silicate application on the release pattern of native inorganic phosphorus from Andisol soil in Lembang, Indonesia using successive resin extraction. *Journal of International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences*. 20: 43-50.
- Huang L., Yu J., Yang J., Zhang R., Bai Y., Sun C. & Zhuang H. (2016). Relationships between yield, quality and nitrogen uptake and utilization of organically grown rice varieties. *Pedosphere*. 26: 85-97.
- Ishii S., Ikeda S., Minamisawa K. & Senoo K. (2011). Nitrogen cycling of rice paddy environments: past achievements and future challenges. *Microbes and Environments*. 26: 282-292.

- IUSS Working Group WRB. (2015). World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.
- Kobayashi A., Hori K., Yamamoto T. & Yano M. (2018). Koshihikari: a premium short-grain rice cultivar - its expansion and breeding in Japan. *Rice*. DOI: 10.1186/s12284-018-0207-4.
- Ku H. H., Hayashi K., Agbisit R. & Villegas-Pangga G. (2017). Effects of calcium silicate on nutrient use of lowland rice and greenhouse gas emission from paddy soil in the Philippines under alternating wetting and drying. *Pedosphere*. DOI: 10.1016/S1002-0160(17)60401-6.
- Kumar N., Mathpal B., Sharma A., Shukla A., Shankhdhar D. & Shankhdhar S. C. (2015). Physiological evaluation of nitrogen use efficiency and yield attributes in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes under different nitrogen levels. *Cereal Research Communications*. 43: 166-177.
- Ladha J. K., Pathak H., Krupnik T. J, Six J. & van Kessel C. (2005). Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: retrospects and prospects. *Advances in Agronomy*. 87: 85-156.
- Lee C. H., Kang U. G., Park K. D., Lee D. K. & Kim P. J. (2008). Long-term fertilization effects on rice productivity and nutrient efficiency in Korean paddy. *Journal of Plant Nutrition*. 31: 1496-1506.
- Miao Y. X., Stewart B. A. & Zhang F. (2011). Long-term experiments for sustainable nutrient management in China. A review. *Agronomy Sustainable Development*. 31: 397-414.
- Pati S., Pal B., Badole S., Hazra G. C. & Mandal B. (2016). Effect of silicon fertilization on growth, yield, and nutrient uptake of rice. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 47: 284-290.
- Raun W. R. & Johnson G. V. (1999). Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal*. 91: 357-363.
- Resurreccion A. P., Hara T., Julianio B. O. & Yoshida S. (1977). Effect of temperature during ripening on grain quality of rice. *Soil Science and Plant Nutrition*. 23: 109-112.
- Savant N. K., Datnoff L. E. & Snyder G. H. (1997). Depletion of plant- available silicon in soils: A possible cause of declining rice yields. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 28: 1245-1252.
- Shoji S. & Takahashi T. (2002). Environmental and agricultural significance of Volcanic Ash Soils. *Global Journal of Environmental Research*. 6: 113-135.
- Sugiura K., Honjo H., Hayashi M., Nonoyama T., Yamashita K., Torazawa A. & Yamauchi A. (2013). Research on the factors affecting kernel quality of rice cultivar 'Koshihikari' cultivated in Aichi prefecture. *Japanese Journal of Crop Science*. 82: 262-269. (In Japanese with English summary).
- Watanabe T., Man L. H., Vien D. M., Khang V. T., Ha N. N., Linh T. B. & Ito O. (2009). Effects of continuous rice straw compost application on rice yield and soil properties in the Mekong Delta. *Soil Science and Plant Nutrition*. 55: 754-763.
- Xie W., Wang G., Zhang Q. & Guo H. (2007). Effects of nitrogen fertilization strategies on nitrogen use efficiency in physiology, recovery, and agronomy and redistribution of dry matter accumulation and nitrogen accumulation in two typical rice cultivars in Zhejiang, China. *Journal of Zhejiang University Science B*. 8: 208-216.
- Xie L. H., Ye D. C., Hu P. S., Chen N., Tang S. Q., Luo J. & Jiao G. A. (2011). Effects of nitrogen fertilizer application rate and management strategy on grain yield and quality of rice variety "Yongyou 6". *Plant Nutrition and Fertilizer Science*. 17: 784-794.
- Xue Y., Duan H., Liu L., Wang Z., Yang J. & Zhang J. (2013). An improved crop management increases grain yield and nitrogen and water use efficiency in rice. *Crop Science*. 53: 271-284.
- Yadvinder S., Gupta R. K., Gurpreet S., Jagmohan S., Sidhu H. S. & Bijay S. (2009). Nitrogen and residue management effects on agronomic productivity and nitrogen use efficiency in rice-wheat system in Indian Punjab. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 84: 141-154.
- Yanai J., Taniguchi H. & Nakao A. (2016). Evaluation of available silicon content and its

- determining factors of agricultural soils in Japan. *Soil Science and Plant Nutrition*. 62: 511-518.
- Ye Q., Zhang H., Wei H., Zhang Y., Wang B., Xie K., Huo Z., Dai Q. & Xu K. (2007). Effects of nitrogen fertilizer on nitrogen use efficiency and yield of rice under different soil conditions. *Frontiers of Agriculture in China*. 1: 30-36.
- Yogendra N. D., Prakash N. B., Malagi M. T., Kumara B. H., Kumar R. M. & Chandrashekar N. (2013). Effect of calcium silicate on yield and nitrogen use efficiency (NUE) of wetland rice. *Plant Archives*. 13: 89-91.
- Yonekawa K., Konno K., Sugawara K., Hayashi H. & Sakai N. (2001). The effect of successive application of NPK elements and rice straw compost on rice yield in Ando paddy field. *Bulletin Agriculture & Forestry Research Center of University of Tsukuba*. 13: 7-18. (In Japanese with English abstract).
- Yu C., Buresh R. J., Wang Z., Zhang H., Liu L., Yang J. & Zhang J. (2015). Root and shoot traits for rice varieties with higher grain yield and higher nitrogen use efficiency at lower nitrogen rates application. *Field Crops Research*. 175: 47-55.
- Zhong W. H. & Cai Z. C. (2007). Long-term effects of inorganic fertilizers on microbial biomass and community functional diversity in a paddy soil derived from quaternary red clay. *Applied Soil Ecology*. 36: 84-91.
- Zhou C., Huang Y., Jia B., Wang Y., Wang Y., Xu Q., Li R., Wang S. & Dou F (2018). Effects of cultivar, nitrogen rate, and planting density on rice-grain quality. *Agronomy*. 8: 246-258.

TUYẾN TRÙNG NỐT SỪNG RỄ (*Meloidogyne graminicola*) – MỘT BỆNH NGHIÊM TRỌNG TRÊN LÚA MIỀN BẮC VIỆT NAM

Nguyễn Thị Huế^{1,2}, Trần Thị Thanh⁵, Masson Anne-Sophie^{1,3}, Mouline Lionel³,
Lebrun Michel^{1,2}, Bellafigliore Stéphane^{1,4}, Hà Việt Cường⁵

¹ Phòng thí nghiệm liên kết quốc tế Việt Pháp (LMI RICE 2), Viện Di truyền Nông nghiệp (AGI),

² Trường Đại học Khoa học và Công nghệ Hà Nội (USTH)

³ Đại học Montpellier, Montpellier, Pháp

⁴ PHIM Plant Health Institute, University of Montpellier; IRD, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France

⁵ Bộ môn Bệnh cây, Khoa Nông học, Học viện Nông Nghiệp Việt Nam
Địa chỉ liên lạc : huebiovf@gmail.com

Tóm tắt

Bệnh tuyến trùng nốt sừng rễ lúa là bệnh ít được chú ý nghiên cứu tại Việt Nam. Mục tiêu của nghiên cứu này là định danh và đánh giá đặc điểm sinh học loài tuyến trùng gây bệnh thu thập được tại một số địa điểm miền Bắc gồm Hải Dương và Hà Nội. Kết quả phân tích phân tử và hình thái cho thấy các mẫu tuyến trùng thu thập thuộc loài *Meloidogyne graminicola*. Đánh giá tính gây bệnh của các mẫu tuyến trùng thu thập cho thấy chúng có tính gây bệnh cao trên lúa và có thể nhiễm và gây bệnh trên nhiều cây trồng và cỏ dại.

Rice root knot nematode, *Meloidogyne graminicola*, a serious pathogen on rice in Northern Vietnam

Abstract

Root knot disease of rice has not been adequately studied in Vietnam. Our study focused on the identification of the causative nematode and evaluation of the pathogenicity of the identified nematodes collected from rice fields in Haiduong and Hanoi, Vietnam. The molecular and morphological analyses showed the collected *Meloidogyne* samples belonged to the *Meloidogyne graminicola* species. The evaluation of the pathogenicity of the collected *M. graminicola* samples showed they are high virulent to rice and pathogenic to multiple cultivated plants and weeds.

Keywords : *Meloidogyne graminicola*, rice, North Vietnam

Đặt vấn đề

Meloidogyne graminicola gây bệnh tuyến trùng nốt sừng rễ lúa được liệt vào danh sách 10 tác nhân gây bệnh nguy hiểm trên cây trồng do chúng có phân bố và phổ kí chủ rộng, khả năng thích nghi tốt với các điều kiện sinh thái khác nhau. Ở Việt Nam việc khảo sát mức độ nguy hiểm của *M. graminicola* đối với sản xuất lúa - một cây kí chủ chính của loài này cũng như nhận thức của nông dân về bệnh vẫn còn hạn chế. Do đó, mục tiêu của nghiên cứu này là góp phần cung cấp thông tin về sự có mặt và mức độ nguy hại của loài tác nhân gây bệnh này.

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Các mẫu lúa bị bệnh tuyến trùng nốt sùng được thu thập tại Nam Sách (Hải Dương) và Phúc Thọ (Hà Nội). Các nốt sùng ở rễ lúa thu thập được rửa sạch và tuyến trùng được phân lập. Từng cá thể tuyến trùng non tuổi 2 (juvenile 2, J2) được lây nhiễm trên cây lúa giống IR64 ở giai đoạn 10 ngày sau nảy mầm. Định danh phân tử được thực hiện dựa trên đoạn gen mã hóa vùng Internal Transcribed Spacer (ITS) của gen mã hóa RNA ribosome và gen mã hóa tiểu phần 1 của enzyme Cytochrome oxidase trên ty thể (COI). Xác định các loài gần gũi trên Genbank được thực hiện bằng phần mềm tìm kiếm trực tuyến BLAST. Căn trình tự đa chuỗi được thực hiện bằng phần mềm ClustalX và phân tích phả hệ được thực hiện bằng phần mềm MEGAX. Hình thái các cá thể tuyến trùng tuổi 2 được quan sát, đánh giá và chụp bằng kính hiển vi. Tính gây bệnh của tuyến trùng được xác định bằng lây nhiễm nhân tạo tuyến trùng tuổi 2 trên lúa và các cây trồng phổ biến ở Việt Nam. Mức độ gây bệnh được đánh giá bằng đếm số nốt sùng sau lây nhiễm và tuyến trùng trong rễ được quan sát bằng nhuộm Fuchsin. Các mẫu tuyến trùng thu tại Phúc Thọ (Hà Nội) được đánh giá độc tính trên giống lúa Zhonghua11 mang gen kháng *M. graminicola*. Chỉ số sinh sản (Reproduction factor, Rf) được xác định bằng công thức P_i/P_f , trong đó P_i (initial population) là số lượng tuyến trùng tuổi 2 lúc đầu được sử dụng để lây nhiễm và P_f (final population) là tổng số trứng và tuyến trùng tuổi 2 thu được sau lây nhiễm 30 ngày.

Kết quả và thảo luận

Tuyến trùng được phân lập từ rễ lúa bệnh có hình thái điển hình đối với các loài tuyến trùng ký sinh thực vật do có mặt của kim hút đặc trưng. Hình thái J2 trên mẫu lúa ở Hải Dương và Hà Nội cho thấy chúng thuộc chi *Meloidogyne* với phần đuôi điển hình. Kết quả giải trình tự và phân tích trình tự gen ITS và gen COI đã xác nhận tất cả các mẫu tuyến trùng nốt sùng *Meloidogyne* thu thập được tại các ruộng điều tra đều thuộc loài *M. graminicola*. Kết quả căn trình tự đa chuỗi các mẫu *M. graminicola* thu được và các mẫu tham khảo sẵn có trên GenBank cho thấy không có sự đa dạng trong loài. Vùng ITS của mẫu ở Hải Dương trong nghiên cứu này trùng khớp 100% với quần thể VN13, được thu thập trước đó từ cùng một địa điểm. Tính gây bệnh của *M. graminicola* được đánh giá bằng nhuộm Fuchsin và đánh giá số nốt sùng trên các cây một lá mầm và hai lá mầm lây nhiễm cho thấy tuyến trùng có thể xâm nhiễm vào một số cây một lá mầm và hai lá mầm như cà chua, thuốc lá, một số cỏ dại một lá mầm, hành, tỏi, ngô và đậu. Đặc biệt, một mẫu *M. graminicola* thu tại Phúc Thọ (Hà Nội) có độc lực cao vì nó có thể xâm nhập và sinh sản trên giống lúa kháng Zhonghua11.

Kết quả nghiên cứu cho thấy mức độ nguy hại của *M. graminicola* trong sản xuất lúa. Việc nâng cao nhận thức của người dân trong quản lý bệnh này đóng vai trò quan trọng vì loài này có thể xâm nhiễm và gây hại trên các cây trồng được sử dụng luân canh tăng vụ ở Việt Nam. Các khảo sát quy mô rộng hơn trên khắp Việt Nam nhằm đánh giá mức độ đa dạng quần thể về di truyền và tính gây bệnh của loài *M. graminicola* là cần thiết.

Age-dependent chemical signalling in gumleaf skeletonizer moths, *Uraba lugens*

Phạm Thị Hiếu
email: hieupham@vnua.edu.vn

ABSTRACT

Theoretical models predict that female moths should strategically adjust their signalling investment as they age, with older, virgin females increasing their pheromone output to attract males. I explored how adult age influences the ‘calling’ (pheromone-releasing) behaviour of virgin female gum leaf skeletonizer moths, *Uraba lugens*, over four continuous ten-hour scotophases (dark periods). Females commence calling shortly after eclosion, and for several hours into the scotophase. I found that female *U. lugens* alter their calling behaviour with age: but in contrast with theoretical predictions and empirical observations in other species, older females were less likely to call and spent less time calling than younger females. Older females, however, commenced calling earlier in the scotophase, suggesting a strategic shift, potentially to avoid competition from younger females. I also examined male olfactory preferences for pheromones from females of different ages. Y-maze assays showed that males prefer the pheromones produced by younger females, and that pheromone quality likely plays a role in this choice. The results of my experiments support the view that females can adjust their calling behaviour to attract particular males and provides insights into the response of males toward these different signallers.

INTRODUCTION

A significant, but often overlooked, challenge for dioecious species is for members of the opposite sex to find each other. It is often assumed that while many males may never mate, this is an unlikely fate for females, and yet reproductive failure is not uncommon in natural populations of insects (Rhainds, 2010, 2019). Female insects utilize a range of signal modalities to advertise their location, including the visual signals of fireflies (Stanger-Hall & Lloyd, 2015) and the auditory signals of crickets (Leonard & Hedrick, 2010). However, pheromones in the form of volatile chemicals are arguably the oldest and most widespread means by which females communicate their location (Wyatt, 2003). While a diversity of insects utilise sex pheromones (Baker, 1989; Harari & Steinitz, 2013; Steiger & Stökl, 2014), arguably the most widely studied are those of moths (Harari et al., 2011; Symonds & Elgar, 2008; Umbers et al., 2015). Chemical communication is especially important among moths, as their nocturnal lifestyle places less reliance on visual cues, unlike butterflies (Svensson, 1996). Female moths typically release sex pheromones from specialised glands, in minute quantities that can nonetheless travel long distances before being detected by potential mates and eliciting copulation (Wyatt, 2003). While the biochemical costs of producing these pheromones is considered to be low (Alberts, 1992; Cardé & Baker, 1984; Fromhage et al., 2016; Kokko & Wong, 2007), there are costs associated with calling behaviour that may have a negative impact on survival and fecundity (Harari et al., 2011), including energetic costs (Foster & Johnson, 2011), and the risk of attracting eavesdropping predators (Branco et al., 2006; Hendrichs & Hendrichs, 1998; Millar et al., 2001; Tinzaara et al., 2005).

Sex pheromones convey more than simply the location of the signaller. They can provide a reliable means of advertising the condition or quality of the signaller to the receiver (Harari et al., 2011; Johansson & Jones, 2007; Svensson, 1996; Symonds et al., 2012) and hence have a role in sexual selection through mate choice (Davie et al., 2010; Steiger & Stökl, 2014). Johansson and Jones (2007) suggest that pheromones can be efficient signals for mate assessment, but compared with visual and acoustic modalities, surprisingly few studies have

demonstrated a link between chemical signalling and sexual selection (Davie et al., 2010; Steiger & Stökl, 2014).

Female reproductive failure (Rhainds, 2010, 2019) may select for virgin females to adopt strategic behaviour that maximises the quality of mate she attracts, while reducing the risk of remaining unmated as she ages. Theoretical and empirical studies demonstrate that females vary their investment into calling behaviour according to both biotic factors (including age, mating status and competitive signalling (Bjostad et al., 1980; Fiaboe et al., 2003; Gemenio & Haynes, 2002; Jacas & Peña, 2002; Lu et al., 2017; Ming et al., 2007; Noldus & Potting, 1990; Rehmann et al., 2016; Swier et al., 1977; Valles et al., 1992) and abiotic factors (including temperature, host plant quality, and photoperiod (Delisle, 1992; Delisle & McNeil, 1986, 1987a, 1987b; Jacas & Peña, 2002; Kamimura & Tatsuki, 1993; McNeil, 1991; Noldus & Potting, 1990).

The effect of female age on lepidopteran signalling has been examined in a range of species, primarily in the context of virgin-female signalling investment and the risk of reproductive failure (Delisle, 1995; Mazor & Dunkelblum, 2005; Turgeon & McNeil, 1982; Webster & Cardré, 1982). An understanding of how age affects female signalling is important, given that all females age, regardless of differences in demography, mating system and behaviour. Umbers et al. (2015) demonstrated theoretically that virgin female moths should increase their signalling effort as they age in order to influence the arrival rates of males. Even with the costs associated with pheromone production considered low, their mathematical model demonstrated the potential for virgin females to adjust facultatively their pheromone investment. They proposed that this would allow females to select initially for high-quality males capable of detecting small amount of pheromones (Greenfield, 1981; Johnson et al., 2017b), and also to minimise the risk of failing to mate. Their review of the literature revealed that in the vast majority of studies of moth calling behaviour (23 of 32), females increased the time spent calling with age.

Umbers et al. (2015) further highlighted the lack of studies that provide a comprehensive link between female calling behaviour, realised pheromone titre and the functional male preferences for these traits. While the effect of female age on calling and pheromone titre has been established in a variety of moth species (Fiaboe et al., 2003; Jacas & Peña, 2002; Kanno, 1979; Lu et al., 2017; Mason & Johnson, 1989; Nascimento et al., 2016; Noldus & Potting, 1990; Webster & Cardré, 1982), the effect of these traits on functional male mating preferences and behavioural responses is rarely considered (Gemenio & Haynes, 2002; Johansson & Jones, 2007; Umbers et al., 2015). Previous studies have typically assumed that the quantity of pheromone in the female's gland reflects the quantity released into the environment and thus detectable by the male. However, studies investigating both pheromone gland titer and pheromone output showed that this is not always the case for moths.

I used the gumleaf skeletonizer *Uraba lugens* (Lepidoptera: Nolidae) to quantify the effect of age on signalling and chemical communication. In this species, adults eclose during late scotophase (dark period) or early in the morning (Campbell, 1962), and females commence calling a few hours after the onset of scotophase, with calling frequency peaking at seven hours after the onset of scotophase (Gibb et al., 2008). Adults typically live for five to eight days, during which time females mate and oviposit, although the mating frequency of this species has yet to be quantified. Most recently, several studies have explored the impact of demographic cues on male investment in mate location (Johnson et al., 2017a, 2017b). However, the factors affecting female investment into mate attraction are not known, despite their obvious importance in shaping the mating biology of this species.

Here, I explored the impact of age on the variation in female calling behaviour and male mating preferences. First, I quantified natural variation in female calling behaviour over the major component of the female's fertile period. I then examined the functional impact of

this variation on male mating or mate-attraction preferences, by testing male olfactory preferences for females of different ages.

MATERIALS AND METHODS

Insect Culturing

A stock laboratory population of *U. lugens* from eggs or first- to second-instar larvae collected from *Eucalyptus* spp. trees in Royal Park, Melbourne, Victoria was established. This population was cultured in an incubator under reverse-phase photoperiod 14L:10D light conditions at 25°C and approximately 70% humidity. The juvenile stages were maintained with 20 – 30 individuals in plastic containers (1 L) and fed with fresh, mature leaves of *Eucalyptus* spp., which were replaced every two days. Pupae were sexed by size (male pupae are smaller than female pupae), transferred to individual vials (40 x 60 mm, 120 ml) and maintained under the same environmental conditions as larvae.

Mean female mating frequency

The mating frequency of female *U. lugens* is not known in the wild. In order to quantify the mating frequency of this species under laboratory condition, 3–5 pairs of recently-eclosed male and female moths were placed in a large mating container (9 L) and allowed to mate *ad libitum*. I repeated this for a total of 30 containers. Each container held several small cuttings of *Eucalyptus* spp. branches, which acted as a mating and oviposition substrate. Females were removed from the container after several days, and then dissected in order to count the number of spermatophores within the female's bursa copulatrix. The female's spermatheca (sperm storage organ) was ruptured under the microscope to confirm that viable sperm had been transferred. In total, 109 females, haphazardly selected from across the 30 mating containers, were dissected to obtain an estimate of mean population mating frequency.

Age-dependent calling strategies of virgin females

I examined whether females adjust their investment in sex pheromone signalling by varying the time of onset and/or duration of calling behaviour. Female *U. lugens* typically eclose several hours before scotophase, and then commence calling shortly after their wings have expanded and continue for several hours into scotophase. Calling is unambiguous in *U. lugens* as the female adopts a posture that exposes her pheromone gland. Virgin females ($n = 52$), eclosed from isolated pupae, were placed individually in clear plastic containers (40 x 60 mm, 120 ml) and were recorded for their calling behaviour for 10-hour of scotophase on four consecutive days. I recorded on the hour, every hour over the 10-hour trial period, whether or not females adopted a calling posture. The observations were made under a red-filtered light to mimic the scotophase. I recorded, for each female, the time of each calling event, the number of calling bouts (consecutive one-hour blocks of calling), and the total number of one-hour blocks in which females were calling.

Male preference for pheromones from young or old females

The response of males of *U. lugens* to pheromones emitted by females of different ages was assessed using a glass y-tube olfactometer (Fig. 1). Here, a standardized, continuous air flow was introduced at the end of each arm of the y-maze, passing over the females and on to the receiving male. A single 'young' (≤ 36 hrs post eclosion) female was placed in one arm and a single 'old' female (3 - 4 days post eclosion) was placed in the other arm and left to acclimate for one hour. After both females commenced calling, a 'young' (≤ 36 hrs post eclosion) virgin male was introduced into the central arm of the y-maze, and was deemed to have responded when he either walked or flew toward the airflow, travelling at least 5 cm into one of the arms of the y-maze and remaining there for more than 1 min. If males did not make any movement

after 30 mins or moved into an arm of the y-maze in less than 10 seconds (indicative of random male movement due to being placed in the olfactometer, rather than an active choice) they were excluded from further analysis and replaced with another male. Males were given 60 min to make a choice, and males that did not make a choice during this period were excluded from the analysis. Each of the male moths was used once only, and pairs of females were used for two trials only (with females never occupying the same arm of the olfactometer). Pairs of females were re-used on the same day, and then discarded. The olfactometer apparatus was washed with water and dried after each trial, and the position of the young and old females was rotated each trial to remove positional effects. The trials were conducted during the middle of the scotophase, when moths are most active (personal observation).

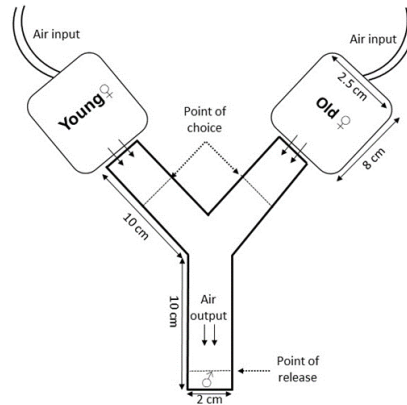


Figure 1. Schematic of the y-maze apparatus used to assess male preferences for sex pheromones from young and old females.

I conducted a second experiment to determine if male preference for young or old females is driven by quantitative or qualitative differences in female sex-pheromone production. Here, I followed the same methodology as above, but subjected males to four treatments that varied both the number and age of females that were placed in each of the arms of the y-maze olfactometer: one young vs two young females ($n = 24$); one old vs two old females ($n = 21$); one young vs two old females ($n = 23$); and two young vs one old female ($n = 17$). Each male moth was used once only, and pairs of treatment females were used for two trials only (again, females never occupied the same arm of the olfactometer). Male preference behaviours were recorded, as in the previous experiment.

Statistical Analysis

All the statistical analyses were conducted in R studio, version 3.5.2 (R_Core_Team, 2018). For my analyses of virgin female calling behaviour, I excluded from the data set females who did not survive the four consecutive scotophase observation periods ($n = 12$). I also excluded females that eclosed > 5 hours after the onset of the first scotophase ($n = 4$), to ensure females were of comparable age. In total, 39 females were used in the analysis.

RESULTS

Mean female mating frequency

The mating frequency of *U. lugens* moths in the laboratory condition was low, only 20 females of the 109 dissected having mated (18.34%). Of the 20 females that mated, the mean number \pm standard error of spermatophores present was 1.15 ± 0.08 .

Age-dependent calling strategies of virgin females

Investment in calling behaviour varied with both period of scotophase and female age. The proportion of calling females of any age increased during the scotophase, peaked at around 6 hours and declined sharply, with no females calling after 10 hours (Fig. 2).

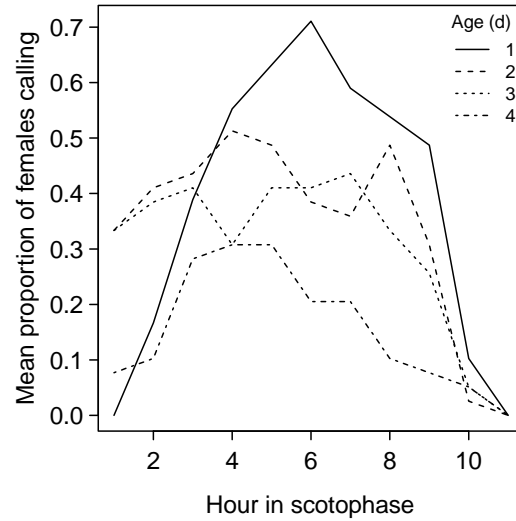


Figure 2. The mean proportion of virgin females calling ($n = 39$) different ages (days) over the 10 hours scotophase

The likelihood of a female calling on any given day was affected by her age ($\chi^2 = 43.56$, $p < 0.001$; Fig. 3). The percentage of one-day-old calling females was significantly higher than two and three-day-old calling females ($\chi^2 = 7.69$, $p = 0.005$) and significantly higher than four-day-old calling females ($\chi^2 = 34.67$, $p < 0.001$). The percentage of two and three-day-old calling females was significantly higher than four-day-old calling females ($\chi^2 = 15.47$, $p < 0.001$).

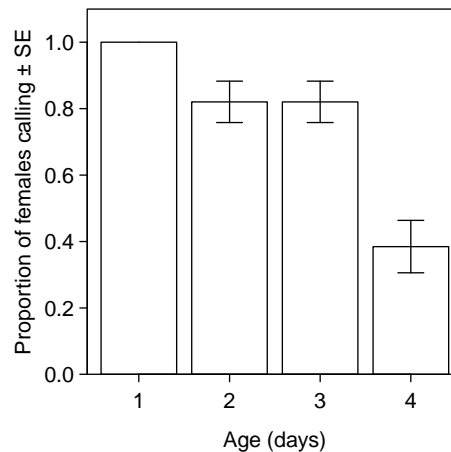


Figure 3. The proportion of female calling (\pm SE) ($n = 39$) at different ages (days).

The latency until calling within each scotophase (raised to the exponent 1.8) was affected by female age ($\chi^2 = 62.32$, $p < 0.001$). Post-hoc tests revealed that two and three-day-old females commenced calling significantly earlier in the scotophase than one-day-old females ($p < 0.001$). However, four-day-old females commenced calling later than three-day-old females ($p = 0.015$) (Fig. 4).

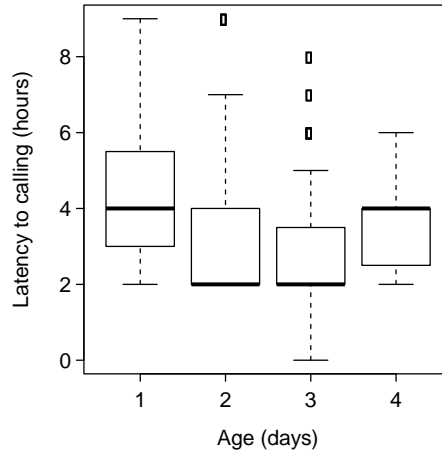


Figure 4. The median (and interquartile range) of latency to calling females (n = 39) of different ages (days).

The proportion of the scotophase spent calling (raised to the exponent 0.92) by females was significantly affected by female age ($\chi^2 = 50.14$, $p < 0.001$). Post-hoc tests reveal that the proportion of time spent calling by three-day-old females was shorter than one-day-old females ($p = 0.02$) and four-day-old females was significantly shorter than younger females ($p < 0.001$) (Fig. 5).

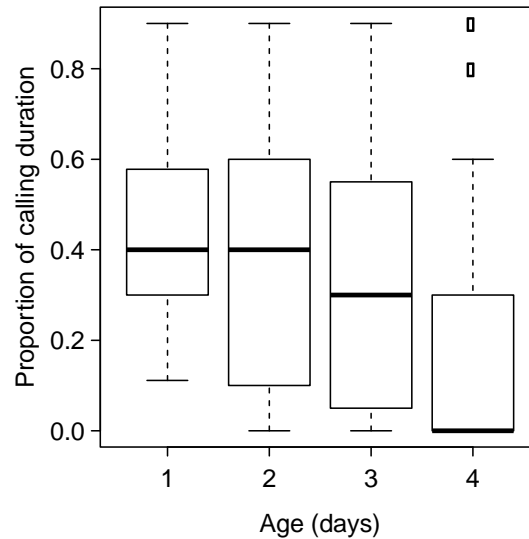


Figure 5. The median (and interquartile range) proportion of time calling by females (n = 39) at different ages (day).

Finally, female adult longevity was not affected by the total proportion of time she spent calling ($F_{1,25} = 0.00$, $p = 0.96$) or her body size ($F_{1,25} = 0.49$, $p = 0.49$). A non-significant interaction between time spent calling and body size was removed from the final model.

Male preferences for pheromones from young or old females

Male preferences for females of different ages and in different numbers are given in Fig. 6. Twenty-seven males (from 32 trials) made a successful choice between one young and one old female and showed a strong preference for pheromones emitted from young rather than old females (young = 23; old = 4; $\chi^2_1 = 13.37$, $p = 0.0003$; Fig. 6). Seventeen males (from 22 trials) made a successful choice between two young females and one old female, and showed a strong preference for pheromones emitted from two young rather than one old female (two young = 15; one old = 2; $\chi^2_1 = 9.94$, $p = 0.002$; Fig. 6). Of the 27 trials involving a choice

between one young and two young females, 24 males made a successful choice but showed no preference for either set of females (one young = 12; two young = 12; $\chi^2_1 = 0.00$, $p = 1.00$; Fig. 6). Similarly, 21 males made a successful choice (out of 25 trials) between one old female or two old females but showed no preference for either set of females (one old = 7; two old = 14; $\chi^2_1 = 2.33$, $p = 0.13$; Fig. 6). Finally, 23 males made a successful choice (out of 30 trials) between one young or two old females but showed no preference for either set of females (one young = 14; two old = 9, $\chi^2_1 = 1.09$, $p = 0.30$; Fig. 6).

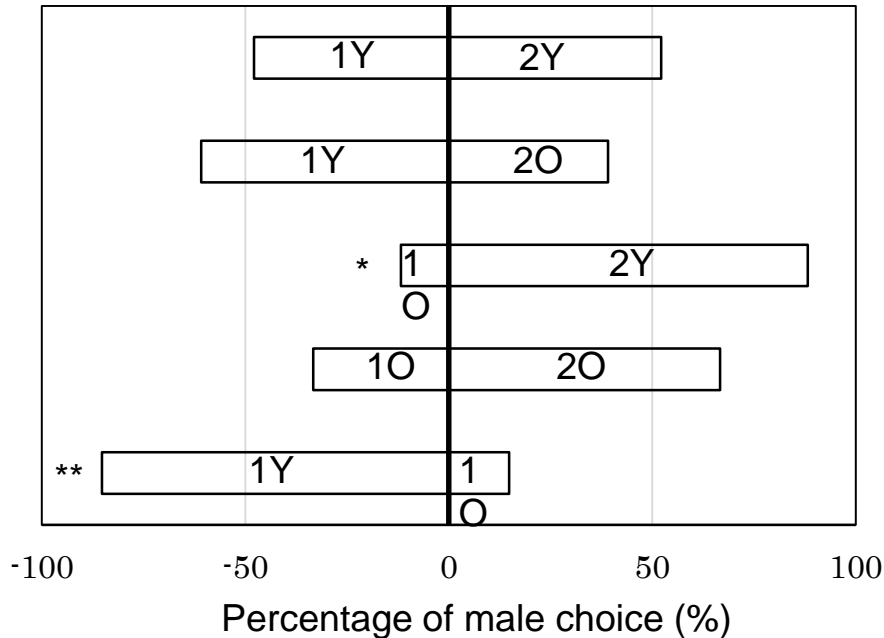


Figure 6. The proportion of males choosing between young (Y) or old (O) females, when females were present in different numbers (1 or 2). Asterisks indicate significant differences in preferences (* = < 0.05 ; ** = < 0.001).

I analysed the above male preference data to examine whether males exhibited a preference for female number *per se*, by comparing the data from trials where males chose between one young vs two young females and one old vs two old females. I also analysed whether males exhibited a preference for young females, *per se*, by comparing the data from trials where males chose between one young vs two old females and one old vs two young females. Males significantly prefer young females, regardless of the number of females of either treatment present (young females, $n = 53$; old females, $n = 15$; $\chi^2_1 = 20.43$, $p < 0.001$). Males did not prefer the pheromone from multiple females compared with single females, regardless of their age (one female, $n = 50$; two females, $n = 35$; $\chi^2 = 2.65$, $p = 0.10$).

DISCUSSION

My data revealed that the calling behaviour of females of *U. lugens* varies with their age. The likelihood of calling was highest in one-day-old females and significantly reduced as females aged. I also found that older females called earlier in the scotophase, but for a shorter duration than younger females. Male olfactory preferences were also shaped by female age; with males exhibiting a strong preference for the pheromone from young females compared with older females. Together, these data reveal that females of *U. lugens* can adjust their behavioural investment into mate attraction, and that the qualitative and/or quantitative changes in female pheromone titer has implications for male mate choice.

Investment into pheromone production is multi-faceted, and can be reflected in 1) the likelihood of a female commencing calling, 2) the duration of calling, 3) the timing of the

onset of calling, and 4) the quantity and/or concentration of the pheromone plume. These patterns appear to be species-specific, and investment into these relative components of pheromone output may trade-off against each other (Umbers et al., 2015). The inter-specific patterns of when females commence calling are shaped by female life-history. For long-lived species, females typically commence calling several days after eclosion (as they reach reproductive maturity (Kanno, 1979), and the likelihood of females calling gradually increases, peaking in the middle of their adult lifespan, and reducing sharply with old age (Nascimento et al., 2016; Noldus & Potting, 1990; Turgeon & McNeil, 1982). However, signalling investment for short-lived species may be different, especially those species in which adults do not feed. These moths tend to start calling on the first day of emergence, with the proportion of females calling initially very high, and then reducing with age (Fiaboe et al., 2003; Webster & Cardré, 1982). The low calling frequency of old females, such as in *U. lugens*, might reflect biochemical limitations of pheromone synthesis within her gland, the physiological limitations of old females to commence calling behaviour (Delisle & Royer, 1994; Mazor & Dunkelblum, 2005; Webster & Cardré, 1982) or simply physiological senescence (Foster & Johnson, 2011). Adult female *U. lugens* do not feed as adults so the available nutrients are fixed following eclosion, and must support a short adult lifespan (6-8 days). The fecundity of *U. lugens* is high (Farr, 2002), suggesting that most resources are directed to investment in eggs, perhaps at the expense of signalling.

Contrary to theoretical models and empirical studies (Umbers et al 2015), the calling investment of female *U. lugens* decreased significantly with age, and was lower even in three-day-old females. Umbers et al (2015) documented that most studies (23 of 32) of moth calling behaviour report that female calling increased with age. For example, female rice stem borer moths, *Chilo suppressalis*, increased their calling duration and length of calling bouts as they aged (Kanno, 1979). Why do females of *U. lugens* not conform to this pattern? Reduced calling with age is not uncommon in moths: a comparable reduction in time spent calling has been recorded in the cabbage looper moth, *Trichoplusia ni*, (Bjostad et al., 1980), and the pink stem borer, *Sesamia calamistis* (Fiaboe et al., 2003), while in other species the time spent calling did not covary with female age (Jacas & Peña, 2002; Nascimento et al., 2016). Clearly, caution must be used when making generalisations about signal investment and age. Indeed, most of the studies reported by Umbers et al. (2005) did not observe female calling behaviour over her entire adult life span, but rather was confined to several days post eclosion. It is therefore possible that the observed increase in signalling effort with female age relates to a specific stage in her lifespan. It is possible that there are limited resources available for pheromone production in *U. lugens*, perhaps reflected in the cessation of pheromone production and release following mating. The cost of signalling is predicted to be greater for individuals in poorer condition (Johansson & Jones, 2007; Kotiaho, 2001a) or older females in species in which adults do not feed, such as *U. lugens*. Small females of the European grapevine moth, *Lobesia botrana*, that call more frequently lay fewer eggs than small females that call less frequently (Harari et al., 2011), and a reduction in calling with age in *U. lugens* may reflect a similar trade-off with fecundity.

Many studies show that older females tend to commence releasing pheromone earlier in the scotophase than younger females, regardless of their mating system (Nascimento et al., 2016; Noldus & Potting, 1990). This change in the latency to call in each scotophase might allow older females to avoid competition with younger females, whose pheromone may be more attractive to males. Fromhage et al. (2016) suggested that selection may favour earlier female receptivity in order to extend the “mating window” and thereby increase their encounter rates with males, who are able to commence searching for a mate earlier in the scotophase. It can take several hours for newly-eclosed female *U. lugens* to be physiologically mature for calling. There are likely to be more searching males at the commencement of the

scotophase because copulation can take up to four hours (personal observation) and thus males can typically mate only once per day. Furthermore, male *U. lugens* are likely to be polygynous, given that females can mate multiply and live from 8-13 days (personal observation), and so males that mate early in the scotophase have more time to replenish their sperm supply for the next copulation (Fromhage et al., 2016). Thus, older, virgin females that call earlier may decrease the likelihood of reproductive failure (Delisle, 1995; Mazor & Dunkelblum, 2005; Turgeon & McNeil, 1982; Webster & Cardré, 1982).

The changes in female calling behaviour are reflected in male olfactory preferences for odours from females of different ages. Males prefer the odour of younger females, suggesting that the quality or quantity of the pheromones emitted by different-aged females can be distinguished by the receiver. The benefits to males of detecting and preferring younger females is clear: young females have a greater residual reproductive value (Xu & Wang, 2009), given the correlation between female age and female fecundity and fertility rates (Foster & Howard, 1999). Furthermore, younger females are more likely to be virgin (Delisle, 1995) and so males can avoid a lower fertilisation rate through sperm competition by avoiding mating with older females.

What do male preferences for pheromones of females of different age and quantity tell us about age-dependent pheromone composition in this species? Theory predicts that younger virgin females should release a lower pheromone concentration compared with older females (Umbers et al., 2015; Webster & Cardré, 1982). This can reduce nutrient expenditure associated with behavioural and chemical components of pheromone production, but may also be an example of indirect female choice for males with the most sensitive antennae (Elgar et al., 2018; Johnson et al., 2017b). Indeed, males did not prefer the pheromones produced from multiple females over that of individual females (irrespective of female age), suggesting that pheromone concentration is not necessarily important for mate choice, although it appears to be for mate detection (Johnson et al. 2017b). Rather, females clearly preferred the pheromones produced by young over old females. This suggests that the pheromones emitted by young and old females are qualitatively different, perhaps comprising different ratios of their chemical components. This could occur if females cease producing some pheromone components that are important for mate attraction as they age. Clearly, a quantitative analysis of the main pheromone components of female *U. lugens* as they age is required to elucidate the precise mechanism for the changes in female pheromonal attractiveness. Unfortunately, this is beyond the scope of this current investigation.

Taken together, the decline in female calling investment with age, and the clear male preference for younger females, suggest that the earlier onset of calling for older females may be a strategy to increase the likelihood of virgin females attracting a mate, especially if there is local female: female competition for arriving males. The outcome of the male olfactory preference trials revealed that older females are likely losers in the game of signalling competition. Earlier calling of older females may be an adaptive strategy to reduce the risk of reproductive failure (Rhainds, 2010, 2019), without altering the quality of their pheromone output, which typically declines with age in female moths. These results are consistent with the view that female pheromones are honest signals of female quality (Harari et al., 2011; Johansson & Jones, 2007), and further emphasize the role of sex pheromones in mate assessment.

HIỆU ỨNG CHIẾU XẠ TIA GAMMA CO⁶⁰ ĐỐI VỚI MỘT SỐ MẪU GIỐNG LÚA ĐỊA PHƯƠNG VÀ NHẬP NỘI

Nguyễn Thị Miên¹, Nguyễn Trọng Khanh², Trần Văn Quang^{3*}

Học viện Nông nghiệp Việt Nam

²*Viện Cây lương thực và Cây thực phẩm*

³*Khoa Nông học, Học viện Nông nghiệp Việt Nam*

**Tác giả liên hệ: tvquang@vnua.edu.vn*

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm đánh giá hiệu ứng chiếu xạ tia gamma nguồn đối với một số mẫu giống lúa địa phương và nhập nội. Thí nghiệm được bố trí với 3 liều lượng (200 Gy, 300 Gy, 400 Gy) để xử lý cho 3 mẫu giống lúa (độ ẩm 12%). Kết quả đánh giá cho thấy ở thế hệ M₁, tỉ lệ nảy mầm và tỉ lệ sống sót của các mẫu giống lúa đều giảm khi tăng liều lượng chiếu xạ. Thời gian sinh trưởng ngắn, thấp cây, lá dong đứng, đẻ nhánh khá, xuất hiện với tần suất đột biến cao ở liều lượng chiếu xạ 200Gy, 300Gy trên mẫu giống lúa nhập nội NN1, NN3 ở thế hệ M₂. Đột biến xuất hiện với tần suất rất thấp khi chiếu xạ giống lúa địa phương Khau Mang. Chọn lọc tại thế hệ M₃ ở liều lượng 200Gy và 300Gy trên mẫu giống lúa nhập nội NN1 và NN3 thu được một số dòng triển vọng có thời gian sinh trưởng ngắn, thấp cây, lá dong đứng và đẻ nhánh khá. Như vậy, khi chiếu tia gamma Co⁶⁰ với liều lượng chiếu xạ 200-300Gy trên hạt lúa khô có thể cải tạo một số đặc điểm nông học như thời gian sinh trưởng, chiều cao cây, kiểu lá dong, khả năng đẻ nhánh của hai giống lúa nhập nội NN1, NN3.

Từ khóa: Mẫu giống lúa nhập nội, mẫu giống lúa địa phương, đột biến, hiệu ứng chiếu xạ, tia gamma Co⁶⁰.

Effects of Gamma Co⁶⁰ Irradiation for Some Local and Imported Rice Varieties

ABSTRACT

This study was carried out to effects of gamma ray irradiation of irradiation Co⁶⁰ source for some local and imported rice accessions. This experiment was designed with 3 dose (200 Gy, 300 Gy and 400 Gy) on the mutagenesis of three rice (12% seed humidity). At generation M₁, the results showed that the seed germination and survival percentage of all rice accessions decreased with the increase of the irradiation doses. Mutated plants with shorter growth duration, lower plant height, more upright flat leaves appeared, greater tillering capacity with high mutation frequency at irradiation dose of 200 Gy, 300 Gy for imported rice varieties NN1, NN3 in the M₂ generation. The mutation appeared with very low frequency when irradiating the local rice variety Khau Mang. Selection on M₃ generation of 200 Gy and 300 Gy irradiation treated varieties NN1 and NN3 picked up some promising rice lines with short growth duration, short plant height, more upright flat leaves appeared and high tillering capacity. To sum up, gamma Co⁶⁰ irradiation at 200 Gy and 300 Gy dose on dried seeds could renovated some agronomic traits such as growth duration, plant height, flag leaf morphology and tillering capacity on two imported rice varieties NN1 and NN3.

Keywords: imported rice varieties, local rice varieties, mutation, irradiation effects, gamma rays Co⁶⁰.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thống kê của FAO/IAEA, đến năm 2015, trên thế giới giống cây trồng được chọn tạo thông qua đột biến là 3281 giống trong đó có 1600 giống được chọn tạo nhờ chiếu xạ tia gamma (Nakagawa & Kato, 2017). Giống lúa mới tạo ra bằng phương pháp đột biến được ứng dụng ở nhiều nước trên thế giới như: Việt Nam, Thái Lan, Trung Quốc và Hoa Kỳ (Yusuff & cs., 2016). Hiện nay, áp lực chọn lọc cao ứng dụng trong chọn tạo giống lúa đã làm giảm sự đa dạng di truyền. Tuy nhiên, để đạt được mức độ thành công cao trong chọn tạo giống lúa mới đòi hỏi các nhà tạo giống tăng mức độ đa dạng di truyền của nguồn vật liệu. Như vậy, việc gia tăng biến dị thông qua đột biến là công cụ quan trọng trong cải tiến giống lúa (Viana & cs., 2019).

Trần Duy Quý & cs. (2009) cho rằng hiệu quả gây đột biến không chỉ phụ thuộc vào thời điểm và liều lượng xử lý mà còn phụ thuộc vào bản chất của vật liệu mang xử lý. Có những vật liệu bền vững khó xảy ra đột biến như giống hoang dại, giống cổ truyền, ngược lại có những vật liệu kém ổn định, dễ xảy ra đột biến (giống cải tiến, dạng lai,...). Hơn nữa, chọn giống đột biến tạo ra sự đa dạng về di truyền của vật liệu khởi đầu nhanh và hiệu quả, chỉ làm thay đổi một hoặc một vài tính trạng mà không làm ảnh hưởng tới những tính trạng khác của cây trồng. Đồng quan điểm, Shua & cs. (2012), đột biến thực nghiệm có thể làm xuất hiện một đặc tính hoàn toàn mới một cách tức thời từ giống đã có mà không làm ảnh hưởng đến các đặc tính khác của giống. Chính vì vậy, đột biến thực nghiệm đang được áp dụng rộng rãi trong chọn tạo giống cây trồng bằng xử lý tác nhân vật lý và hóa học.

Theo Rani & cs. (2016), để bắt đầu một chương trình chọn giống đột biến, việc đầu tiên phải xác định liều lượng chiếu xạ hiệu quả. Kết quả nghiên cứu của tác giả cho thấy liều lượng gây chết (LD50) đối với giống lúa địa phương (Ashfal) là 241 Gy và giống lúa cải tiến (Binadhan-14) là 353Gy. Boceng & cs. (2016), sử dụng phương pháp đột biến phóng xạ để cải tạo giống lúa địa phương (Ase Banda) theo hướng rút ngắn thời gian sinh trưởng, năng suất cao với hai liều lượng 200Gy và 300Gy. Kết quả của nghiên cứu cho thấy giống mới tạo ra có chiều cao cây thấp hơn, thời gian sinh trưởng ngắn hơn giống đối chứng.

Năm 2017 chúng tôi đã tiến hành xử lý đột biến phóng xạ tia gamma (nguồn Co⁶⁰) lên hạt khô của ba mẫu giống lúa, trong đó có 01 mẫu giống địa phương (Khẩu Mang) và 02 mẫu giống nhập nội (NN1, NN3) với mục đích đánh giá được tác động gây đột biến của tia gamma (nguồn Co⁶⁰), xác định liều lượng chiếu xạ phù hợp để tạo ra những biến đổi di truyền và chọn lọc được các dòng lúa có thời gian sinh trưởng ngắn, thấp cây, năng suất cao, chất lượng tốt.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Sử dụng 3 mẫu giống lúa ở trạng thái hạt khô (độ ẩm 12%) để xử lý đột biến bằng chiếu xạ tia gamma (nguồn Co⁶⁰):

Giống lúa Khẩu Mang (giống lúa địa phương thu thập tại tỉnh Hà Giang) có thời gian sinh trưởng dài (165 - 170 ngày trong vụ Xuân; 140 - 145 ngày trong vụ Mùa). Năng suất khoảng 52,0 tạ/ha (vụ Xuân) và 48,0 tạ/ha (vụ Mùa). Giống cứng cây, chống chịu khá với các loại sâu bệnh hại. Giống có hạt gạo to, dài, cơm mềm, dẻo, đậm, thơm.

- Mẫu giống lúa NN1 (nhập nội từ Trung Quốc) có thời gian sinh trưởng trung ngày (145 - 150 ngày trong vụ Xuân, 120 - 125 ngày trong vụ Mùa). Năng suất khoảng 58,0 tạ/ha (vụ Xuân) và 51,0 tạ/ha (vụ Mùa). Mẫu giống có bản lá to, dài, mềm, yếu cây. Mẫu giống có hạt gạo dài, trong, cơm mềm, dẻo, đậm, thơm.

- Mẫu giống lúa NN3 (nhập nội từ Mô-dâm-bích) có thời gian sinh trưởng ngắn (130 - 135 ngày trong vụ Xuân, 105 - 110 ngày trong vụ Mùa). Năng suất khoảng 50,0 tạ/ha

(vụ Xuân) và 45,0 tạ/ha (vụ Mùa). Mẫu giống có bản lá to, dài, mềm, yếu cây, cây cao trung bình khoảng 155,0 cm. Mẫu giống có hạt gạo to, dài, trong, cơm mềm, dẻo, đậm, thơm.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Sử dụng 1000 hạt/mẫu giống có độ thuần cao (điểm 1) và độ ẩm 12% để xử lý đột biến. Tác nhân gây đột biến là tia gamma (nguồn Co^{60}) với liều lượng chiếu xạ lần lượt là 200, 300 và 400Gy. Địa điểm chiếu xạ tại Trung tâm chiếu xạ Hà Nội.

- Các thí nghiệm được triển khai tại Viện Cây lương thực và Cây thực phẩm, xã Liên Hồng, thành phố Hải Dương, tỉnh Hải Dương trong vụ Xuân 2017, Mùa 2017 và Xuân 2018. Thế hệ M_1 được gieo cấy trong nhà lưới; M_2 và M_3 gieo cấy tại khu thí nghiệm đồng ruộng của Viện. Ở mỗi thế hệ đều gieo cấy mẫu giống gốc không xử lý đột biến để làm đối chứng.

- Thế hệ M_1 (ở vụ Xuân 2017) được gieo cấy riêng rẽ theo mẫu giống và liều lượng xử lý đột biến. Mạ gieo ngày 05/01/2017 (sau xử lý 03 ngày), cây khi mạ đạt 5,5 - 6,0 lá, mật độ cấy 25 khóm/ m^2 , cấy 1 danh/khóm, bón phân với lượng 12 gam N + 90 gam P_2O_5 + 100 gam K_2O /1 m^2 . Theo dõi tỷ lệ sống sót qua các giai đoạn: mạ, đẻ nhánh và trổ - chín. Khi thu hoạch, chọn ngẫu nhiên 200 cá thể, mỗi cá thể thu 25 - 30 hạt/bông chính, hỗn lại để gieo cấy ở thế hệ M_2 .

- Thế hệ M_2 (vụ Mùa 2017): gieo cấy toàn bộ lượng hạt hỗn thu ở thế hệ M_1 (gieo ngày 25/6/2017), cây khi mạ đạt 16 ngày tuổi, mật độ 25 khóm/ m^2 , 1 danh/khóm, bón phân với lượng 120 kg N + 90 kg P_2O_5 + 100 kg K_2O /ha. Theo dõi tần xuất xuất hiện đột biến diệp lục và hình thái, nông học có ý nghĩa trong chọn giống. Khi thu hoạch, chọn cá thể có thời gian sinh trưởng ngắn (100-110 ngày), thấp cây (90-110 cm), bông dài ($\geq 25,0$ cm), hạt xếp sít.

- Thế hệ M_3 (ở vụ Xuân 2018): mỗi cá thể thu được ở thế hệ M_2 gieo cấy thành từng dòng riêng biệt tại thế hệ M_3 . Gieo ngày 05/1/2018, cây khi mạ đạt 5,5 - 6,0 lá, mật độ 25 khóm/ m^2 , 1 danh/khóm, bón phân với lượng 120 kg N + 90 kg P_2O_5 + 100 kg K_2O /ha. Xác định phạm vi biến động của các dạng đột biến. Khi thu hoạch, chọn cá thể có thời gian sinh trưởng ngắn (100-110 ngày), thấp cây (90-110 cm), đặc điểm hình khác so với giống gốc, bông dài ($\geq 25,0$ cm), hạt xếp sít.

- Các thí nghiệm được bố trí theo phương pháp của Gomez K.A & A.A. Gomez (1984). Đánh giá đặc điểm nông sinh học và các yếu tố cấu thành năng suất theo hệ thống tiêu chuẩn đánh giá nguồn gen cây lúa (IRRI, 2002). Chọn lọc cá thể từ quần thể M_2 theo phương pháp chọn lọc phả hệ (George Acquaah, 2007).

- Tần suất đột biến được xác định bằng tỷ lệ giữa số cá thể mang đột biến với tổng số cá thể trong lô còn sống đến giai đoạn đó (tính theo %).

$$f\% = \frac{f}{n} \cdot 100$$

$$\text{Sai số (\%): } m\% = \pm \sqrt{\frac{f\%(100 - f\%)}{n}}$$

Trong đó: f- Số thể đột biến trong lô; n- Tổng số cá thể trong lô

- Số liệu thí nghiệm được tính toán bằng chương trình Excel và xử lý thống kê ANOVA bằng phần mềm IRRISTAT 5.0.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả đánh giá ảnh hưởng của liều lượng chiếu xạ tia gamma (nguồn Co^{60}) lên các mẫu giống lúa ở thế hệ M_1

Ở giai đoạn mạ, tỷ lệ nảy mầm của các mẫu giống lúa giảm dần khi tăng liều lượng chiếu xạ. Liều lượng chiếu xạ 200Gy, 300Gy và 400Gy, tỷ lệ nảy mầm giảm dần lần lượt: đối với giống Khẩu Mang là 90,8%, 90,1%, 87,6% và mẫu giống gốc là 92,3%; đối với mẫu giống NN1 là 90,5%, 90,1%, 86,8% và mẫu giống gốc là 94,4%; đối với mẫu giống NN3 là 89,8%, 89,1%, 85,6% và mẫu giống gốc là 93,6%. Kết quả này phù hợp với các công bố của

Wijesena & cs. (2019), Rajarajan & cs. (2016) và Gowthami & cs. (2016) đó là khi tăng liều lượng chiếu xạ làm giảm tỷ lệ nảy mầm của hạt.

Bảng 1. Tỷ lệ nảy mầm, tỷ lệ sống sót và tỷ lệ lép ở thể hệ M₁ khi chiếu xạ tia gamma (Co⁶⁰) lên các mẫu giống lúa trong vụ Xuân năm 2017

Đơn vị tính: %

Tên mẫu giống	Liều lượng (Gray)	Giai đoạn mạ		Giai đoạn nhánh	Giai đoạn trổ - chín	
		Tỷ lệ nảy mầm	Tỷ lệ sống sót	Tỷ lệ sống sót	Tỷ lệ sống sót	Tỷ lệ hạt lép
Khâu Mang	0 (gốc)	92,3 ± 0,02	90,2 ± 0,05	89,5 ± 0,06	88,1 ± 0,05	12,2 ± 0,11
	200 Gy	90,8 ± 1,32	89,7 ± 1,03	88,2 ± 1,01	87,0 ± 0,71	30,4 ± 1,27
	300 Gy	90,1 ± 1,44	88,5 ± 1,15	87,8 ± 1,32	85,3 ± 1,11	41,5 ± 1,61
	400 Gy	87,6 ± 1,52	83,8 ± 1,06	82,1 ± 0,51	81,4 ± 0,37	60,8 ± 1,73
NN1	0 (gốc)	94,4 ± 0,03	93,5 ± 0,02	92,9 ± 0,04	91,1 ± 0,03	10,5 ± 0,12
	200 Gy	90,5 ± 1,12	88,6 ± 0,87	87,6 ± 0,91	86,9 ± 0,58	35,5 ± 1,46
	300 Gy	90,1 ± 1,52	87,3 ± 1,01	86,5 ± 1,12	85,1 ± 0,34	46,8 ± 1,82
	400 Gy	86,8 ± 1,31	82,6 ± 1,32	80,7 ± 1,48	79,8 ± 0,13	66,7 ± 1,63
NN3	0 (gốc)	93,6 ± 0,07	91,3 ± 0,09	90,5 ± 0,01	89,5 ± 0,05	11,2 ± 0,13
	200 Gy	89,8 ± 1,55	85,2 ± 1,16	84,1 ± 0,82	83,5 ± 0,23	38,6 ± 1,41
	300 Gy	89,1 ± 1,34	85,0 ± 1,07	84,0 ± 0,91	83,4 ± 0,24	52,7 ± 1,39
	400 Gy	85,6 ± 1,62	80,3 ± 0,92	79,1 ± 1,01	78,6 ± 0,38	63,5 ± 1,45

Tỷ lệ sống sót của các mẫu giống lúa giảm dần theo các giai đoạn sinh trưởng (giai đoạn mạ, giai đoạn đẻ nhánh và giai đoạn trổ - chín) và khi tăng liều lượng chiếu xạ. Tuy nhiên, mức độ giảm tỷ lệ sống sót không lớn, biến động từ 3 - 5%. Điều này cho thấy hiệu quả tác động của phóng xạ tia gamma nguồn Co⁶⁰ kéo dài trong suốt quá trình sinh trưởng của cây lúa. Cùng liều chiếu xạ, tỷ lệ sống sót của các mẫu giống khác nhau, điều này cho thấy ảnh hưởng của liều lượng chiếu xạ lên các mẫu giống khác nhau là khác nhau. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Rani & cs. (2016) khi tác giả đã sử dụng 1 giống lúa địa phương (Ashfal) và một giống cải tiến (Binadhan-14) để chiếu xạ. Kết quả cho thấy tỷ lệ nảy mầm, tỷ lệ sống sót của cả 2 giống đều giảm dần khi tăng liều lượng chiếu xạ tia gamma.

Refae & cs. (2017) tiến hành xử lý đột biến tia gamma trên giống lúa Ai cập Sakha101 với 4 liều lượng lần lượt là 100, 200, 300 và 400 Gy cho thấy ở tất cả các liều lượng xử lý đều làm tăng tỷ lệ hạt lép ở thể hệ M₁. Kết quả theo dõi M₁ tại bảng 1 cho thấy tỷ lệ lép của các mẫu giống lúa khác nhau, đều cao hơn so với các mẫu giống gốc và tỷ lệ thuận với liều lượng chiếu xạ. Tỷ lệ lép của các mẫu giống lúa lần lượt theo các liều lượng chiếu xạ 200 Gy, 300 Gy, 400 Gy như sau: Khâu Mang: 30,4; 41,5; 60,8% (mẫu giống gốc: 12,2%); NN1 35,5; 46,8; 66,7% (mẫu giống gốc 10,5%); NN3 38,6; 52,7; 63,5 % (mẫu giống gốc 11,2%). Theo Cheema & Atta (2003) khi chiếu xạ tia gamma làm tăng số lượng hạt bất dục nhiều hơn so với tác động của môi trường. Phần lớn hạt bị bất dục là do khi chiếu xạ tia gamma ảnh hưởng đến sinh lý của hạt nên không di truyền cho thế hệ M₂.

3.2. Kết quả đánh giá hiệu ứng chiếu tia gamma (nguồn Co⁶⁰) lên các mẫu giống lúa ở thể hệ M₂

Theo Rajarajan & cs. (2014) việc tăng liều lượng chất gây đột biến không làm tăng tần suất của đột biến diệp lục. Qua bảng 2 cho thấy tần suất đột biến diệp lục của các mẫu giống lúa khác nhau và biến động theo các liều lượng chiếu xạ. Ở mẫu giống Khâu Mang có tần suất đột biến diệp lục thấp nhất so với hai mẫu giống còn lại, lần lượt theo các liều lượng chiếu xạ 200 Gy, 300 Gy và 400 Gy là 0,04; 0,04 và 0,08; mẫu giống NN1 là 0,81; 0,65 và 1,16; mẫu giống NN3 là 0,55; 1,05 và 1,46.

Bảng 2. Tần suất đột biến ở thể hệ M₂ của các mẫu giống lúa trong vụ Mùa năm 2017

Tên mẫu giống	Liều lượng (Gray)	Tổng số cá nghiên cứu M ₂	Tần suất đột biến chung (%)	Trong đó phân ra		
				Tần suất đột biến diệp (%)	Đột biến hình thái	
					Tần suất (%)	Số loại
Khẩu Mang	0 (gốc)	992	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0
	200 Gy	4892	0,16 ± 0,02	0,04 ± 0,01	0,12 ± 0,03	5
	300 Gy	4886	0,18 ± 0,03	0,04 ± 0,03	0,14 ± 0,02	5
	400 Gy	4876	0,26 ± 0,02	0,08 ± 0,02	0,18 ± 0,04	6
NN1	0 (gốc)	985	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0
	200 Gy	4937	5,18 ± 0,26	0,81 ± 0,41	4,37 ± 0,42	22
	300 Gy	4893	7,23 ± 0,51	1,65 ± 0,55	5,58 ± 0,51	18
	400 Gy	4851	6,15 ± 0,42	1,16 ± 0,62	4,99 ± 0,30	14
NN3	0 (gốc)	988	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0
	200 Gy	4895	4,37 ± 0,34	0,55 ± 0,38	3,82 ± 0,29	15
	300 Gy	4927	5,88 ± 0,47	1,05 ± 0,43	4,83 ± 0,46	18
	400 Gy	4863	6,95 ± 0,58	1,46 ± 0,49	5,49 ± 0,56	14

Kết quả trình bày ở bảng 2 cho thấy tần suất đột biến hình thái cao hơn tần suất đột biến diệp lục ở tất cả các mẫu giống. Mẫu giống Khẩu Mang có tần suất đột biến hình thái, số loại đột biến hình thái thu được đều thấp hơn 2 mẫu giống NN1, NN3. Tần suất đột biến hình thái của các mẫu giống lần lượt theo các liều lượng chiếu xạ 200 Gy, 300 Gy, 400 Gy là: Khẩu Mang là 0,12; 0,14 và 0,18; mẫu giống NN1 là 4,37; 4,99 và 5,58; mẫu giống NN3 3,82; 4,83 và 5,49.

Các loại hình thái như dạng cao cây, thấp cây, thời gian sinh trưởng ngắn ngày, dài ngày, lá đồng đứng, lá đồng ngang, khả năng đẻ nhánh... đã được thu hoạch, phân lập, chọn lọc những cá thể phù hợp với mục tiêu nghiên cứu, những cá thể mang những đặc tính quý làm nguồn vật liệu khởi đầu phục vụ cho công tác chọn tạo giống mới.

Bảng 3. Tần suất đột biến thời gian sinh trưởng ngắn ngày, thấp cây ở thể hệ M₂ của các mẫu giống lúa trong vụ Mùa năm 2017

Tên mẫu giống	Liều lượng (Gy)	Thời gian sinh trưởng ngắn ngày			Thấp cây		
		Tổng số thể	Số thể biến	Tần suất	Tổng số thể	Số thể biến	Tần suất
				f%±m% _o			f%±m% _o
Khẩu Mang	200 Gy	4892	1	0,02 ± 0,02	4892	0	0,00 ± 0,00
	300 Gy	4886	1	0,02 ± 0,01	4886	0	0,00 ± 0,00
	400 Gy	4876	0	0,00 ± 0,00	4876	0	0,00 ± 0,00
NN1	200 Gy	4937	35	0,71 ± 0,13	4937	21	0,42 ± 0,07
	300 Gy	4893	26	0,53 ± 0,09	4893	15	0,31 ± 0,06
	400 Gy	4851	11	0,22 ± 0,05	4851	12	0,25 ± 0,09
NN3	200 Gy	4895	60	1,23 ± 0,03	4895	35	0,72 ± 0,15
	300 Gy	4927	67	1,36 ± 0,07	4927	30	0,61 ± 0,11
	400 Gy	4863	43	0,88 ± 0,05	4863	16	0,33 ± 0,05

Kết quả trình bày tại bảng 3 cho thấy tần suất xuất hiện đột biến thời gian sinh trưởng ngắn của 3 mẫu giống là khác nhau và đều có tần suất cao ở liều lượng 200 Gy và 300 Gy. Khi liều lượng chiếu xạ tăng thì tần suất xuất hiện đột biến ngắn ngày giảm. Mẫu giống lúa Khẩu Mang xuất hiện với tần số đột biến thấp nhất, lần lượt theo các liều lượng chiếu xạ 200 Gy, 300 Gy và 400 Gy là 0,02; 0,02 và 0,00. Mẫu giống lúa NN1 xuất hiện nhiều cá thể có thời gian sinh trưởng ngắn hơn so với mẫu giống gốc, tần suất xuất hiện cao ở liều lượng 200 Gy (0,71), 300 Gy (0,53). Mẫu giống lúa NN3 trước khi xử lý có thời gian sinh trưởng ngắn ngày, do đó số lượng cá thể thu được có thời gian sinh trưởng ngắn ngày cao nhất, tần suất lần lượt theo các liều lượng chiếu xạ 200 Gy, 300 Gy và 400 Gy là 1,23; 1,36 và 0,88.

Đột biến thấp cây có ý nghĩa trong chọn giống, thấp cây sẽ có khả năng chống đổ tốt hơn. Các giống lúa lùn có khả năng tiếp nhận phân bón cao hơn, đẻ nhánh khỏe hơn, chống chịu bệnh tốt hơn và chỉ số thu hoạch cao hơn so với giống lúa cao cây (Liu Fang & cs., 2018). Đột biến thấp cây không xuất hiện tại mẫu giống Khẩu Mang nhưng ở hai mẫu giống NN1, NN3 xuất hiện với tần suất đột biến cao. Mẫu giống NN1 có tần suất lần lượt theo các liều lượng chiếu xạ 200 Gy, 300 Gy và 400 Gy là 0,42; 0,31 và 0,25. Mẫu giống NN3 là 0,72; 0,61 và 0,33. Mẫu giống NN3 tần suất đột biến thấp cây ở liều lượng 200 Gy cao nhất đạt 0,7.

Bảng 4. Tần suất đột biến lá đòng đứng, tăng khả năng đẻ nhánh ở thế hệ M₂ của các mẫu giống lúa trong vụ Mùa năm 2017

Tên mẫu giống	Liều lượng (Gy)	Lá đòng đứng			Tăng khả năng đẻ nhánh		
		Tổng số thể	Số thể biến	Tần suất (f%±m% _o)	Tổng số thể	Số thể biến	Tần suất (f%±m% _o)
Khẩu Mang	200 Gy	4892	2	0,04 ± 0,02	4892	0	0,00 ± 0,00
	300 Gy	4886	0	0,00 ± 0,00	4886	0	0,00 ± 0,00
	400 Gy	4876	0	0,00 ± 0,00	4876	1	0,02 ± 0,02
NN1	200 Gy	4937	30	0,60 ± 0,11	4937	10	0,20 ± 0,07
	300 Gy	4893	25	0,51 ± 0,08	4893	9	0,18 ± 0,09
	400 Gy	4851	10	0,21 ± 0,06	4851	0	0,00 ± 0,00
NN3	200 Gy	4895	25	0,52 ± 0,07	4895	36	0,73 ± 0,14
	300 Gy	4927	20	0,41 ± 0,02	4927	32	0,64 ± 0,12
	400 Gy	4863	15	0,31 ± 0,05	4863	9	0,18 ± 0,09

Tần suất đột biến lá đòng đứng hầu như không xuất hiện ở mẫu giống Khẩu Mang, chỉ xuất hiện tại liều lượng 200 Gy với tần suất thấp 0,04. Mẫu giống NN1, NN3 trước khi xử lý có lá đòng dài, bản lá to, mềm, lá đòng dạng trung gian nửa đứng và ngang (điểm 3-5), sau khi chiếu xạ tia gamma xuất hiện nhiều cá thể có lá đòng đứng, bản lá nhỏ, tần suất đột biến cao lần lượt theo các liều lượng chiếu xạ 200 Gy, 300 Gy và 400 Gy ở NN1 là 0,6; 0,51 và 0,21; ở NN3 là 0,52; 0,41 và 0,31. Theo Kamaza (2015) kích thước và hình dạng lá đòng được kiểm soát bởi 5 gen *OsH1*, *OsH6*, *OsH15*, *OsH1*, *OsH43* và *OsH71*. Sự biểu hiện quá mức của một trong số các gen trên sẽ làm biến đổi kích thước và hình dạng lá. Do đó khi chiếu xạ tia gamma vào các mẫu giống đã có sự ảnh hưởng đến hoạt động của 1 hoặc vài gen nói trên đã làm thay đổi hình dạng lá đòng.

Tần suất tăng khả năng đẻ nhánh cao nhất ở mẫu giống NN3 lần lượt theo các liều lượng chiếu xạ 200 Gy, 300 Gy và 400 Gy là 0,73; 0,64 và 0,18. Mẫu giống NN1 không xuất hiện ở liều lượng 400 Gy, tần suất ở liều lượng 200 Gy và 300 Gy là 0,2 và 0,18. Mẫu giống Khẩu Mang chỉ xuất hiện ở liều lượng 400 Gy với tần suất thấp 0,02. Chiếu xạ tia gamma vào các mẫu giống lúa đã tác động và gây ra những biến đổi ở gen MOC1 theo hướng tăng cường chức năng, làm tăng khả năng đẻ nhánh ở các đột biến (Guo & cs., 2013).

Bảng 5. Tần suất đột biến tăng số hạt/bông, tăng số bông/khóm ở thế hệ M₂ của các mẫu giống lúa trong vụ Mùa năm 2017

Tên mẫu giống	Liều lượng (Gray)	Tăng số hạt/bông			Tăng số bông/khóm		
		Tổng số thể	Số thể biến	Tần suất (f%±m% _o)	Tổng số thể	Số thể biến	Tần suất (f%±m% _o)
Khẩu Mang	200 Gy	4892	1	0,02 ± 0,01	4892	0	0,00 ± 0,00
	300 Gy	4886	2	0,04 ± 0,02	4886	0	0,00 ± 0,00
	400 Gy	4876	0	0,00 ± 0,00	4876	1	0,02 ± 0,02

NN1	200 Gy	4937	5	$0,10 \pm 0,06$	4937	4	$0,08 \pm 0,06$
	300 Gy	4893	6	$0,12 \pm 0,09$	4893	4	$0,08 \pm 0,09$
	400 Gy	4851	2	$0,04 \pm 0,07$	4851	0	$0,00 \pm 0,00$
NN3	200 Gy	4895	7	$0,14 \pm 0,10$	4895	35	$0,72 \pm 0,10$
	300 Gy	4927	6	$0,12 \pm 0,09$	4927	30	$0,61 \pm 0,09$
	400 Gy	4863	3	$0,06 \pm 0,03$	4863	8	$0,16 \pm 0,03$

Số liệu tại bảng 5 cho thấy khi chiếu xạ tia gamma lên các mẫu giống lúa, tần suất đột biến tăng số hạt/bông ở mức thấp, ở mẫu giống Khẩu mang tại liều lượng 400 Gy không xuất hiện cá thể có số hạt/bông tăng, ở 2 liều lượng 200 Gy và 300 Gy xuất hiện với tần suất thấp 0,02 và 0,04. Tuy nhiên, ở hai mẫu giống NN1 và NN3 có tần suất xuất hiện đột biến về tăng số hạt/bông cao lần lượt theo các liều lượng chiếu xạ 200 Gy, 300 Gy, 400 Gy là 0,1; 0,12 và 0,04 ở NN1; 0,14; 0,12 và 0,06 ở NN3.

Chiếu xạ tia gamma đã làm tần suất xuất hiện đột biến về tính trạng số bông/khóm biến động khá lớn ở các mẫu giống khác nhau. Đối với mẫu giống lúa NN3, tần suất đột biến số bông/khóm cao nhất lần lượt theo các liều lượng chiếu xạ 200 Gy, 300 Gy và 400 Gy là 0,72; 0,61 và 0,16. Mẫu giống Khẩu Mang chỉ xuất hiện ở liều lượng chiếu xạ 400 Gy với tần suất thấp 0,02. Mẫu giống NN1 chỉ xuất hiện ở liều lượng chiếu xạ 200 Gy và 300 Gy với tần suất 0,08.

Bảng 6. Tần suất đột biến tăng chiều dài bông, chiều dài hạt ở thế hệ M₂ của các mẫu giống lúa trong vụ Mùa năm 2017

Tên mẫu giống	Liều lượng (Gy)	Tăng chiều dài bông			Tăng chiều dài hạt		
		Tổng số thể	Số thể biến	Tần suất (f%±m%)	Tổng số thể	Số thể biến	Tần suất (f%±m%)
Khẩu Mang	200 Gy	4892	1	$0,02 \pm 0,01$	4892	0	$0,00 \pm 0,00$
	300 Gy	4886	2	$0,04 \pm 0,03$	4886	1	$0,02 \pm 0,02$
	400 Gy	4876	0	$0,00 \pm 0,00$	4876	2	$0,04 \pm 0,03$
NN1	200 Gy	4937	4	$0,12 \pm 0,11$	4937	3	$0,06 \pm 0,04$
	300 Gy	4893	4	$0,08 \pm 0,06$	4893	5	$0,10 \pm 0,06$
	400 Gy	4851	1	$0,02 \pm 0,02$	4851	2	$0,04 \pm 0,03$
NN3	200 Gy	4895	5	$0,10 \pm 0,09$	4895	4	$0,08 \pm 0,05$
	300 Gy	4927	4	$0,08 \pm 0,07$	4927	5	$0,10 \pm 0,07$
	400 Gy	4863	1	$0,02 \pm 0,02$	4863	3	$0,06 \pm 0,04$

Chiều dài bông phụ thuộc vào bản chất giống lúa, ảnh hưởng đến số hạt/bông (Kumar & cs., 2015). Theo Rachmawati & cs. (2019) khi chiếu xạ tia gamma lên giống lúa địa phương Mentik Susu thu được dòng triển vọng có chiều dài bông dài hơn giống gốc. Kết quả ở bảng 6 cho thấy tần suất xuất hiện tăng chiều dài bông ở các mẫu giống lúa đều thấp, thấp nhất tại mẫu giống lúa Khẩu Mang, chỉ xuất hiện ở liều lượng chiếu xạ 200 Gy và 300 Gy lần lượt là 0,02 và 0,04. Hai mẫu giống NN1 và NN3 cũng có tần suất đột biến tăng chiều dài bông thấp lần lượt là 0,02 - 0,12 và 0,02 - 0,1.

Kích thước hạt quyết định khối lượng hạt, là một trong ba yếu tố cấu thành nên năng suất (số bông/m², số hạt chắc/bông và khối lượng hạt). Kích thước hạt bao gồm chiều dài, chiều rộng và độ dày hạt (Fan & cs., 2006). Kết quả ở bảng 6 cho thấy tần suất xuất hiện tăng chiều dài hạt ở các mẫu giống lúa đều thấp, thấp nhất tại mẫu giống lúa Khẩu Mang tăng chiều dài hạt chỉ xuất hiện ở liều lượng chiếu xạ 300 Gy và 400 Gy lần lượt là 0,02 và 0,04. Hai mẫu giống NN1, NN3 cũng có tần suất đột biến tăng chiều dài hạt thấp lần lượt là 0,04 - 0,1 và 0,06 - 0,1.

Từ kết quả đánh giá hiệu ứng chiếu tia gamma (nguồn Co⁶⁰) lên các mẫu giống lúa ở thế hệ M₂ cho thấy: Khi xử lý chiếu xạ tia gamma nguồn Co⁶⁰ liều lượng 200 Gy, 300 Gy và

400 Gy lên các mẫu giống lúa ở trạng thái mẫu khô đều mang lại hiệu ứng đột biến cao. Tình trạng về thời gian sinh trưởng ngắn ngày, chiều cao cây xuất hiện với tần suất đột biến cao. Đột biến hình thái ở quần thể hai mẫu giống nhập nội NN1, NN3 có tần suất xuất hiện cao. Ở liều lượng chiếu xạ 200 Gy, 300 Gy xuất hiện nhiều biến dị hình thái có lợi phù hợp với mục tiêu nghiên cứu. Kết quả đánh giá quần thể đột biến ở thế hệ M₂ với sự xuất hiện biến dị lớn tạo thuận lợi cho việc chọn lọc ở quần thể M₃ của các mẫu giống NN1 và NN3.

3.3. Kết quả đánh giá hiệu ứng chiếu xạ tia gamma (nguồn Co⁶⁰) lên các mẫu giống lúa ở thế hệ M₃

Kết quả ở bảng 7 cho thấy khi xử lý đột biến mẫu giống NN1, NN3 với liều lượng chiếu xạ 200 Gy, 300 Gy ở thế hệ M₃ đều thu được các cá thể có thời gian sinh trưởng ngắn; đối với mẫu giống NN1 từ 120 - 140 ngày (mẫu giống gốc là 147 ngày); đối với mẫu giống NN3 từ 125 - 142 ngày (mẫu giống gốc là 125 ngày).

Bảng 7. Phạm vi biến động các dạng đột biến về thời gian sinh trưởng và chiều cao cây ở thế hệ M₃ của các mẫu giống lúa trong vụ Xuân năm 2018

Tên mẫu giống	Liều lượng (Gy)	Tên dòng	Thời gian từ gieo đến... (ngày)		Chiều cao cây (cm)	
			Trở 80%	Thu hoạch	Phạm vi biến động	Giá trị trung bình (X _{tb} ±S _x)
NN1	0 Gy	NN1	118	147	116 - 117	116,5 ± 0,50
	200 Gy	NN1-5	92 - 97	120 - 125	92 - 96	94,0 ± 2,00
		NN1-6	98 - 103	125 - 130	95 - 100	97,5 ± 2,5
		NN1-36	103 - 108	130 - 135	103 - 107	105,0 ± 2,00
		NN1-68	109 - 113	136 - 140	100 - 108	104,0 ± 4,00
	300 Gy	NN1-56	107 - 112	135 - 140	98 - 103	100,5 ± 2,50
		NN1-62	96 - 100	124 - 128	100 - 105	102,5 ± 2,50
		NN1-68	106 - 111	135 - 140	105 - 110	107,5 ± 2,50
	400 Gy	NN1-78	112 - 117	138 - 143	108 - 115	111,5 ± 3,50
		NN1-83	113 - 118	140 - 145	107 - 113	110,0 ± 3,0
NN3	0 Gy	NN3	100	125	158 - 159	158,5 ± 0,50
	200 Gy	NN3-223	102 - 107	130 - 135	96 - 100	98,0 ± 2,00
		NN3-284	108 - 113	135 - 140	93 - 98	95,5 ± 2,50
		NN3-287	104 - 109	130 - 135	103 - 108	105,5 ± 2,50
		NN3-294	98 - 103	125 - 130	105 - 109	107,0 ± 2,00
	300 Gy	NN3-318	104 - 109	132 - 137	103 - 107	105,0 ± 2,00
		NN3-362	111 - 116	137 - 142	105 - 111	108,0 ± 3,00
		NN3-368	108 - 112	136 - 140	135 - 140	137,5 ± 2,50
	400 Gy	NN3-395	112 - 116	140 - 144	110 - 115	112,5 ± 2,50
		NN3-397	111 - 116	138 - 143	140 - 145	142,5 ± 2,50

Theo Peng & cs. (2008) chiều cao cây lý tưởng của cây lúa từ 90 - 100 cm. Ở thế hệ M₃, chiều cao cây của các dòng ở các liều lượng xử lý đều thấp hơn so với mẫu giống gốc. Chiều cao cây trung bình của các dòng ở các liều lượng biến động từ 94,0 - 107,5 cm, so với mẫu giống gốc là 116,5 cm (đối với mẫu giống NN1); biến động từ 95,5 - 137,5 cm, so với mẫu giống gốc là 158,5 cm (đối với mẫu giống NN3). Ở liều lượng chiếu xạ 200 Gy, chiều cao cây của dòng NN1-5 thấp nhất biến động từ 92 - 96 cm và dòng NN3-284 đạt từ 93 - 98 cm. Kết quả phù hợp với nghiên cứu của Rachmawati & cs. (2019) khi sử dụng phương pháp xử lý phóng xạ để cải tiến chiều cao cây giống lúa địa phương Mentik Susu. Liều lượng chiếu xạ tối ưu để thu được các biến dị ở thế hệ M₃ là 200 Gy. Kết quả, dòng được cải tiến có chiều cao cây 92,1 cm, thời gian sinh trưởng 88 ngày. Sobrizal (2020) sử dụng đột biến phóng xạ với liều lượng 200 Gy đã thu được dòng có thời gian sinh trưởng ngắn hơn đáng kể so với mẫu giống gốc. Kết quả nghiên cứu tại bảng 7 phù hợp với nghiên

cứu của Boceng & cs. (2016) khi sử dụng phương pháp đột biến phóng xạ để cải tạo giống lúa địa phương với hai liều lượng 200, 300 Gy tạo ra giống mới có thời gian sinh trưởng ngắn ngày và chiều cao cây thấp hơn giống gốc.

Bảng 8. Phạm vi biến động các dạng đột biến chiều dài lá dòng và số nhánh tối đa ở thể hệ M₃ của các mẫu giống lúa trong vụ Xuân năm 2018

Tên mẫu giống	Liều lượng (Gy)	Tên dòng	Chiều dài lá dòng (cm)		Số nhánh tối đa	
			Phạm vi biến động	Giá trị trung bình	Phạm vi biến động	Giá trị trung bình
NN1	0 Gy	NN1	37,5 – 38,0	37,8 ± 0,3	7,0 - 7,2	7,1 ± 0,1
	200 Gy	NN1-5	28,4 - 32,6	30,5 ± 2,1	7,3 - 8,1	7,7 ± 0,4
		NN1-6	29,8 - 33,8	31,8 ± 2,0	6,5 - 7,5	7,0 ± 0,5
		NN1-36	27,6 - 35,4	31,5 ± 3,9	5,5 - 6,5	6,0 ± 0,5
		NN1-68	28,5 - 32,9	30,7 ± 2,2	5,2 - 6,2	5,7 ± 0,5
	300 Gy	NN1-56	30,1 - 36,3	33,2 ± 3,1	4,6 - 5,8	5,2 ± 0,6
		NN1-62	27,8 - 34,6	31,2 ± 3,4	6,8 - 7,8	7,3 ± 0,5
		NN1-68	30,6 - 35,2	32,9 ± 2,3	5,1 - 6,3	5,7 ± 0,6
	400 Gy	NN1-78	31,5 - 36,5	34,0 ± 2,5	5,4 - 6,6	6,0 ± 0,6
		NN1-83	28,9 - 33,5	31,2 ± 2,3	4,7 - 5,9	5,3 ± 0,6
NN3	0 Gy	NN3	39,3 - 40,0	39,7 ± 0,4	5,4 - 5,6	5,5 ± 0,1
	200 Gy	NN3-223	30,4 - 35,6	33,0 ± 2,6	6,3 - 7,5	6,9 ± 0,6
		NN3-284	32,1 - 36,7	34,4 ± 2,3	5,7 - 6,9	6,3 ± 0,6
		NN3-287	29,7 - 35,5	32,6 ± 2,9	5,3 - 6,5	5,9 ± 0,7
		NN3-294	28,3 - 33,7	31,0 ± 2,7	6,4 - 7,0	6,7 ± 0,3
	300 Gy	NN3-318	32,8 - 36,4	34,6 ± 1,8	5,1 - 6,5	5,8 ± 0,7
		NN3-362	28,5 - 34,5	31,5 ± 3,0	5,8 - 7,0	6,4 ± 0,6
		NN3-368	29,4 - 34,6	32,0 ± 2,6	5,5 - 6,3	5,9 ± 0,4
	400 Gy	NN3-395	30,2 - 36,0	33,1 ± 2,9	5,3 - 6,5	5,9 ± 0,6
		NN3-397	33,9 - 38,7	36,3 ± 2,4	5,3 - 6,7	6,0 ± 0,7

Kết quả ở bảng 8 cho thấy chiều dài lá dòng của các dòng đều ngắn hơn so với mẫu giống gốc. Chiều dài lá dòng trung bình của các dòng ở liều lượng chiếu xạ 200 Gy, 300 Gy, 400 Gy biến động từ 30,5 - 34,0 cm so với mẫu giống gốc NN1 là 37,8 cm; biến động từ 31,0 - 36,3 cm so với mẫu giống gốc NN3 là 39,7 cm.

Số nhánh tối đa của các dòng có nguồn gốc từ xử lý đột biến mẫu giống NN3 ở tất cả các liều lượng chiếu xạ đều cao hơn so với mẫu giống gốc, biến động từ 5,8 - 6,9 nhánh. Đối với các dòng có nguồn gốc từ mẫu giống NN1 ở liều lượng 200 Gy có số nhánh tối đa đạt 7,7 nhánh, cao hơn so với mẫu giống gốc (7,1 nhánh). Kết quả phù hợp với nghiên cứu của Barrid & cs. (2013) khi xử lý đột biến phóng xạ giống IR72 đã chọn được các dòng lúa có khả năng đẻ nhánh khỏe hơn giống gốc.

Bảng 9. Phạm vi biến động các dạng đột biến về số bông/khóm và số hạt/bông ở thể hệ M₃ của các mẫu giống lúa trong vụ Xuân năm 2018

Tên mẫu giống	Liều lượng (Gy)	Tên dòng	Số bông/khóm		Số hạt/bông	
			Phạm vi biến động	Giá trị trung bình	Phạm vi biến động	Giá trị trung bình
NN1	0 Gy	NN1	6,5 - 6,7	6,6 ± 0,1	169 - 170	169,5 ± 0,5
	200 Gy	NN1-5	6,8 - 7,6	7,2 ± 0,4	145 - 165	155,0 ± 10,0
		NN1-6	6,0 - 7,2	6,6 ± 0,6	162 - 170	166,0 ± 4,0
		NN1-36	5,1 - 5,9	5,5 ± 0,4	155 - 162	158,5 ± 3,5
		NN1-68	4,6 - 5,6	5,1 ± 0,5	148 - 158	153,0 ± 5,0

	300 Gy	NN1-56	4,0 - 5,2	4,6 ± 0,6	153 - 163	158,0 ± 5,0
		NN1-62	5,8 - 7,0	6,4 ± 0,6	166 - 174	170,0 ± 4,0
		NN1-68	4,7 - 5,7	5,2 ± 0,5	152 - 163	157,5 ± 5,5
	400 Gy	NN1-78	4,8 - 6,0	5,4 ± 0,6	163 - 172	167,5 ± 4,5
		NN1-83	4,2 - 5,2	4,7 ± 0,5	154 - 165	159,5 ± 5,5
NN3	0 Gy	NN3	4,4 - 4,6	4,5 ± 0,1	185 - 187	186,0 ± 1,0
	200 Gy	NN3-223	5,5 - 6,7	6,1 ± 0,6	187 - 201	194,0 ± 7,0
		NN3-284	5,0 - 6,2	5,6 ± 0,6	198 - 210	204,0 ± 6,0
		NN3-287	4,5 - 5,9	5,2 ± 0,7	201 - 215	208,0 ± 7,0
		NN3-294	5,8 - 6,8	6,3 ± 0,5	156 - 169	162,5 ± 6,5
	300 Gy	NN3-318	4,0 - 5,8	4,9 ± 0,9	157 - 171	164,0 ± 7,0
		NN3-362	5,0 - 6,2	5,6 ± 0,6	162 - 190	176,0 ± 14,0
		NN3-368	4,9 - 5,7	5,3 ± 0,4	155 - 162	158,5 ± 3,5
	400 Gy	NN3-395	4,7 - 5,5	5,1 ± 0,4	169 - 192	180,5 ± 11,5
		NN3-397	4,5 - 5,7	5,1 ± 0,6	157 - 165	161,0 ± 4,0

Các dòng lúa nguồn gốc từ xử lý đột biến mẫu giống lúa NN3 có số bông/khóm ở tất cả các liều lượng chiếu xạ đều cao hơn mẫu giống gốc, biến động từ 4,9 - 6,3 bông (giống gốc là 4,5 bông). Đối với các dòng nguồn gốc từ mẫu giống NN1 ở liều lượng 200 Gy có số bông/khóm 7,2 bông, cao hơn so với mẫu giống gốc (6,6 bông). Số hạt/bông của các dòng lúa ở các liều lượng chiếu xạ có sự biến động lớn. Các dòng lúa nguồn gốc từ xử lý đột biến mẫu giống lúa NN1 có số hạt/bông trung bình lớn nhất ở liều lượng 300 Gy đạt 170,0 hạt/bông (giống gốc 169,5 hạt). Các dòng lúa nguồn gốc từ xử lý đột biến mẫu giống lúa NN3 có số hạt/bông trung bình lớn nhất ở liều lượng 200 Gy đạt 208,0 hạt/bông (giống gốc 186,0 hạt). Kết quả phù hợp với nghiên cứu của Rachmawati & cs. (2019) khi chiếu xạ tia gamma lên giống lúa địa phương Mentik Susu thu được nhiều dòng có số hạt/bông cao hơn giống gốc ở liều lượng 100 Gy, 200Gy và 300Gy.

Bảng 10. Phạm vi biến động các dạng đột biến về chiều dài bông và chiều dài hạt thóc ở thể hệ M₃ của các mẫu giống lúa trong vụ Xuân năm 2018

Tên mẫu giống	Liều lượng (Gy)	Tên dòng	Chiều dài bông (cm)		Chiều dài hạt thóc (mm)	
			Phạm vi biến động	Giá trị trung bình	Phạm vi biến động	Giá trị trung bình
NN1	0 Gy	NN1	28,8 - 29,0	28,9 ± 0,1	7,2 - 7,4	7,3 ± 0,1
	200 Gy	NN1-5	27,3 - 28,7	28,0 ± 0,7	7,2 - 8,4	7,8 ± 0,6
		NN1-6	28,3 - 29,3	28,8 ± 0,5	6,7 - 7,2	7,0 ± 0,2
		NN1-36	21,7 - 23,5	22,6 ± 0,9	6,8 - 7,6	7,2 ± 0,4
		NN1-68	21,3 - 25,5	23,4 ± 2,1	6,6 - 7,1	6,9 ± 0,3
	300 Gy	NN1-56	27,1 - 29,5	28,3 ± 1,2	7,0 - 7,4	7,2 ± 0,2
		NN1-62	27,0 - 29,8	28,4 ± 1,4	6,5 - 7,1	6,8 ± 0,3
		NN1-68	24,9 - 25,7	25,3 ± 0,4	6,4 - 6,8	6,6 ± 0,2
	400 Gy	NN1-78	25,3 - 26,3	25,8 ± 0,5	7,0 - 7,5	7,3 ± 0,3
		NN1-83	25,0 - 29,4	27,2 ± 2,2	6,5 - 6,9	6,7 ± 0,2
NN3	0 Gy	NN3	32,3 - 32,5	32,4 ± 0,1	7,4 - 7,6	7,5 ± 0,1
	200 Gy	NN3-223	30,5 - 32,7	31,6 ± 1,1	6,8 - 7,6	7,2 ± 0,4
		NN3-284	29,6 - 31,6	30,6 ± 1,0	6,7 - 7,3	7,0 ± 0,3
		NN3-287	29,5 - 31,8	30,7 ± 1,2	7,1 - 7,5	7,3 ± 0,2
		NN3-294	27,3 - 30,1	28,7 ± 1,4	6,6 - 7,4	7,0 ± 0,4
	300 Gy	NN3-318	27,8 - 29,2	28,5 ± 0,7	6,8 - 7,6	7,2 ± 0,4
		NN3-362	29,1 - 32,7	30,9 ± 1,8	6,5 - 7,9	7,2 ± 0,7

		NN3-368	26,3 - 27,9	27,1 ± 0,8	7,1 - 7,9	7,5 ± 0,4
	400 Gy	NN3-395	29,8 - 33,6	31,7 ± 1,9	7,6 - 8,4	8,0 ± 0,4
		NN3-397	33,2 - 35,8	34,5 ± 1,3	8,2 - 8,6	8,4 ± 0,2

Kết quả ở bảng 10 cho thấy chiều dài bông của hầu hết các dòng ở các liều lượng xử lý tương đương hoặc ngắn hơn so với mẫu giống gốc. Riêng các dòng nguồn gốc từ mẫu giống NN3 ở liều lượng 400 Gy có chiều dài bông trung bình đạt 34,5 cm, dài hơn chiều dài bông của mẫu giống gốc (32,4 cm). Kết quả phù hợp với nghiên cứu của Barrida & cs. (2013) khi xử lý đột biến phóng xạ giống IR72 đã chọn được các dòng lúa có bông dài hơn giống gốc. Rachmawati & cs. (2019) chiếu xạ tia gamma lên giống lúa địa phương Mentik Susu ở liều lượng chiếu xạ 200 Gy thu được dòng được cải tiến có chiều dài bông 26,8 cm dài hơn giống gốc (25,4 cm). Chiều dài hạt thóc của các dòng tương đương hoặc ngắn hơn so với chiều dài hạt thóc của các mẫu giống gốc. Kết quả cho thấy khi chiếu xạ tia gamma nguồn Co⁶⁰ lên hai mẫu giống NN1 và NN3 ít có hiệu quả trong việc tăng chiều dài hạt thóc.

4. KẾT LUẬN

Hiệu ứng chiếu xạ tia gamma nguồn Co⁶⁰ lên hạt khô của 01 mẫu giống lúa địa phương (Khẩu mang) và 02 mẫu giống lúa nhập nội (NN1, NN3) biểu hiện rất khác nhau ở các liều lượng và thể hệ khác nhau.

Ở thể hệ M₁, tỷ lệ nảy mầm và tỷ lệ sống sót của các mẫu giống lúa đều giảm khi tăng liều lượng chiếu xạ ở cả giai đoạn mạ, giai đoạn đẻ nhánh và giai đoạn trổ đến chín. Mức độ giảm từ 4,7 - 8,0% so với mẫu giống không xử lý. Tỷ lệ lép của các mẫu giống lúa đều tăng khi tăng liều lượng chiếu xạ từ 18,2 – 56,2 % so với mẫu giống không xử lý.

Ở thể hệ M₂, các tính trạng như thời gian sinh trưởng ngắn, thấp cây, lá đồng đứng có tần suất xuất hiện đột biến cao ở liều lượng chiếu xạ 200 Gy, 300 Gy đối với mẫu giống nhập nội NN1. Đột biến thấp cây, đẻ nhánh tốt, số bông/khóm cao, lá đồng đứng xuất hiện với tần suất cao khi chiếu xạ mẫu giống nhập nội NN3 với liều lượng 200 Gy và 300 Gy. Đột biến hầu như không xuất hiện hoặc với tần suất thấp khi chiếu xạ giống địa phương Khẩu mang.

Ở thể hệ M₃ thu được một số dòng lúa cải tiến có thời gian sinh trưởng ngắn, thấp cây, đẻ nhánh khá từ việc chiếu xạ tia gamma với liều lượng 200 Gy và 300 Gy trên hai mẫu giống lúa nhập nội NN1 và NN3.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Boceng Annas, Abdul Haris and Amir Tjoneng (2016). Character of Local Rice Mutant ‘Ase Banda’ as Result of Gamma Ray Irradiation. Int. J. Curr. Res. Biosci. Plant Biol. 2016, 3(12): 24-27.
- Barrida A.C., Rivera F.G. and Dimaano A.O. (2013). Grain Quality Improvement in Rice (*Oryza sativa* L.) through Induced Mutation Breeding, Achievement Sub-Project on Composition or Quality in Rice (2007 – 2012). Mutation Breeding Project Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA).
- Cheema, A.A., Atta, and B. M. Atta. 2003. Radio sensitivity studies in Basmati Rice. Pakistan Journal of Botany., 35(2):197-207.
- Fan C., Xing Y., Mao H., Lu T., Han B., Xu C., Li X. (2006). GS3, a major QTL for grain length and minor QTL for grain width and thickness in rice, encodes a putative transmembrane protein. Theoretical and Applied Genetics, 112, pp. 1164-1171.
- George A. (2007). Principles of Plant Genetics and Breeding. Blackwell Publishing Ltd.
- Gomez, Kwanchai A. and Arturo A. Gomez (1984). Statistical procedures for agricultural

- research, 2nd Edition. John Wiley & Sons, Inc..
- Gowthami.R, C.Vanniarajan, J.Souframanien and M.Arumugam Pillai (2015). Effect of Gamma Rays and Electron Beam on Various Quantitative Traits of Rice (*Oryza sativa* L.) in M1 Generation. *Advances in Life Sciences* 5(5), 2016, Print 2278-3349, 1876-1882, 2016
- Guo S., Xu Y., Liu H., Mao Z., Zhang C., Ma Y., Zhang Q., Meng Z., Chong C (2013), “The interaction between OsMADS57 and OsTB1 modulates rice tillering via DWARF14”, *Nature Communications* 4, pp. 1566-1577.
- IRRI (2002). Standard evaluation system for rice (SES). P.O. Box 933. 1099- Manila Philippines.
- Kamara N (2015), *Genetic analysis of agronomic traits in Oryza sativa x O. sativa cross*, Thesis PhD in Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi; Department of crop and Soil Sciences Faculty of Agriculture College of Agriculture and natural Resources.
- Kumar V, Navin K and Suresh B G 2015 *IJRSB* 3 53–56
- Liu Fang, Wang Pandi., Zhang Xiaobo., Li Xiaofei., Yan Xiaohong., Fu Donghui., Wu Gang (2018), The genetic and molecular basis of crop height based on a rice model, *Planta* (2018) 247:1–26 <https://doi.org/10.1007/s00425-017-2798>.
- Nakagawa, H., and H. Kato (2017). Induced mutations for food and energy security: Challenge of inducing unique mutants for new cultivars and molecular research. *Bull. NARO. Crop Sci.* 1: 22–124.
- Rachmawati D., W.N. Hanifah, Parjanto and A. Yunus (2019). Selection of short stem Mentik Susu rice M3 from gamma ray irradiation. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 250 (2019) 012020 doi:10.1088/1755-1315/250/1/012020.
- Rajarajan, D., Saraswathi, R. & Sassikumar, D. (2016), Determination of lethal dose and effect of gamma ray on germination percentage and seedling parameters in ADT (R) 47 rice, *I.J.A.B.R.*, 6(2) 2016: 328-332.
- Rani Md. Hasanuzzaman, Md. Kamruzzaman, Abdelbagi Mukhtar Ali Ghanim, Md. Abul Kalam Azad and Md. Babul Akter (2016), Comparative effect of gamma and X-ray irradiations on some characters of rice seedlings of Ashfal and Binadhan-14, *J. Biosci. Agric. Res.* 08(02): 739-745.
- Refae EL-, Y. Z.; A. A. Hadifa and R. A. S. EL-Shafey (2017). Induction of Genetic Variability for some Agronomic Traits and Blast Disease Resistance in Egyptian Rice Variety Sakha101. *J. Plant Production, Mansoura Univ.*, 8 (12): 1373 – 1381.
- Rajarajan, D., Saraswathi, R., Sassikumar, D. & Ganesh, S. 2014. Effectiveness and efficiency of gamma ray and ems induced chlorophyll mutants in rice ADT (R) 47. *GJBAHS*,3(3): 211–218.
- Peng S, Khush G S and Virk P et al. 2008 *Field Crop Research* 108 32–38
- Shua Q.Y., Forster B.P and Nakagawa H (2012). Principles and Applications of Plant Mutation Breeding in Plant. *Mutation Breeding and Biotechnology*, pp.301-325.
- Sobrizal (2020). Breeding of Rice Variety(s) for High Yielding and Early Maturity Through a Wide Cross and Mutation. Achievement Sub-Project on Mutation breeding of Rice for Sustainable Agriculture (FY 2013 - 2017). Mutation Breeding Project Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA) June, 2020.
- Trần Duy Quý, Bùi Huy Thủy, Nguyễn Văn Bích, Đào Thị Thanh Bằng (2009). Một số thành tựu ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong chọn tạo giống cây trồng. Hội thảo quốc gia Xây dựng tổ hợp chiếu xạ đột biến phục vụ nghiên cứu, chọn tạo giống cây trồng, Hà Nội.

- Viana VE, Pegoraro C, Busanello C and Costa de Oliveira A (2019) Mutagenesis in Rice: The Basis for Breeding a New Super Plant. *Front. Plant Sci.* 10:1326. doi: 10.3389/fpls.2019.01326.
- Yusuff Oladosu, Mohd Y. Rafii, Norhani Abdullah, Ghazali Hussin, Asfaliza Ramli, Harun A. Rahim, Gous Miah & Magaji Usman (2016) Principle and application of plant mutagenesis in crop improvement: a review, *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 30:1, 1-16, DOI: 10.1080/13102818.2015. 1087333.

**Ảnh hưởng của nhiệt độ và sự thiếu hụt áp suất ẩm độ không khí lên phản ứng của
kiểu gen cây lúa đối với dinh dưỡng đạm và cạnh tranh cỏ dại**
**Effects of temperature and vapor pressure deficit on genotypic responses to nitrogen
nutrition and weed competition in lowland rice**

Vũ Duy Hoàng

Bộ môn Canh tác học, khoa Nông học, Học Viện Nông nghiệp Việt Nam

Email: vdhoang@vnua.edu.vn

TÓM TẮT KẾT QUẢ

Lúa gạo là nguồn lương thực chính cho hơn một nửa dân số toàn cầu, do đó sản xuất lúa gạo có ảnh hưởng lớn đến an ninh lương thực. Để thích ứng với tình hình thiếu hụt nước ngày càng nghiêm trọng cũng như giảm thiểu phát tán khí gây hiệu ứng nhà kính, các kỹ thuật tưới nước tiết kiệm (như tưới ngập ẩm luân phiên) đã được áp dụng ở nhiều vùng sản xuất lúa. Nhiều nghiên cứu trước đây đã chứng minh rằng tưới ngập ẩm luân phiên giúp nâng cao hiệu quả sử dụng nước và giảm phát tán khí mê-tan (CH_4), trong khi năng suất lúa có thể ngang bằng hoặc cao hơn hệ thống tưới ngập liên tục. Tuy nhiên, do không có lớp nước duy trì liên tục trên bề mặt ruộng, một số vấn đề mới đã nảy sinh trong hệ thống này như: thay đổi nhiệt độ rễ; làm tăng quá trình nitrat hóa dẫn đến tăng nồng độ đạm nitrate (NO_3^-) trong đất; và kích thích hạt cỏ nảy mầm, dẫn đến thay đổi hệ sinh thái cỏ dại trên ruộng. Những sự thay đổi này có thể ảnh hưởng đến khả năng hút và đồng hóa dinh dưỡng và sinh trưởng của cây lúa. Hơn nữa, sự thiếu hụt áp suất ẩm độ không khí (VPD) là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến quá trình thoát hơi nước và vận chuyển nước trong cây, do vậy cây có thể có những điều chỉnh trong việc hấp thụ và đồng hóa dinh dưỡng ở các VPD khác nhau. Có sự đa dạng về VPD giữa các mùa vụ và giữa các vùng sinh thái trồng lúa, trong khi VPD cũng được dự báo sẽ tiếp tục tăng lên ở nhiều nơi cùng với hiện tượng ấm lên toàn cầu, do đó nó cũng là một yếu tố thí nghiệm trong nghiên cứu này.

Mục tiêu chính của nghiên cứu này là nhằm đánh giá phản ứng của cây lúa đối với một số vấn đề nảy sinh trong hệ thống canh tác lúa tưới tiết kiệm nước. Các thí nghiệm được tiến hành trong buồng điều khiển VPD và trong nhà lưới ở trường đại học Hohenheim (Đức) và cây được trồng trong dung dịch dinh dưỡng.

Tốc độ hút dinh dưỡng của cây lúa tăng tuyến tính với sự tăng nhiệt độ rễ đến 29°C cả ngày lẫn đêm, chỉ ra rằng ngưỡng nhiệt tối ưu cho quá trình hút dinh dưỡng của cây lúa là trên 29°C . Tuy nhiên, tốc độ hút của các nguyên tố dinh dưỡng trong phản ứng với nhiệt độ là khác nhau, theo đó, tốc độ hút đạm tăng mạnh hơn là hút lân và kali, điều này có thể dẫn đến sự

mất cân bằng dinh dưỡng trong cây. Do vậy, sự tăng nhiệt độ rễ, do biến đổi khí hậu hoặc do hệ thống tưới, đặt ra yêu cầu cần phải điều chỉnh biện pháp quản lý phân bón. Nhìn chung, tăng nhiệt độ rễ ở ban ngày làm tăng tốc độ hút dinh dưỡng mạnh hơn ở ban đêm, trong khi nồng độ axit amin trong lá tương quan chặt với tốc độ hút đạm ban ngày, điều đó cho thấy cây sẽ có lợi nhiều hơn khi nhiệt độ tăng lên vào ban ngày.

Khi đạm được cung cấp ở cả hai dạng amon (NH_4^+) và NO_3^- , cây hút NH_4^+ nhiều hơn. Tuy nhiên, khi nồng độ NH_4^+ giảm, cây tăng cường hút NO_3^- nhiều hơn, do đó không làm giảm tổng lượng đạm hút. Trong điều kiện VPD thấp, dạng đạm hút không ảnh hưởng đến hoạt động trao đổi khí lá của cây lúa, ngược lại, trong điều kiện VPD cao, NO_3^- làm tăng độ dẫn khí khổng, dẫn đến tăng quá trình trao đổi khí lá ở một số giống lúa. Mặc dù vậy, sự tăng cường độ quang hợp này không phải lúc nào cũng dẫn đến tăng chất khô tích lũy, điều này có thể là do nhu cầu năng lượng cho quá trình đồng hóa NO_3^- cao hơn NH_4^+ . Ảnh hưởng của dạng đạm đến quá trình trao đổi khí lá của các giống lúa chỉ quan sát thấy trong điều kiện VPD cao, cho thấy rằng có sự thích nghi đặc trưng của các kiểu gen trong điều kiện VPD cao. Tuy nhiên, việc duy trì độ dẫn khí khổng ở điều kiện VPD cao chỉ có lợi khi cây được cung cấp đủ nước. Do đó, chúng tôi đưa ra giả thuyết rằng với VPD tăng lên, quá trình nitrat hóa tăng cường trong điều kiện tưới ngập ẩm luân phiên có thể cải thiện sự trao đổi khí của cây lúa, tuy nhiên cần có sự lựa chọn về giống và biện pháp quản lý nước phù hợp.

Hơn nữa, dạng đạm có ảnh hưởng đến sự cạnh tranh giữa lúa và cỏ dại. Trong cạnh tranh với lúa, tỷ lệ dinh dưỡng NO_3^- cao làm tăng sự sinh trưởng và khả năng cạnh tranh của cỏ dại ưa ẩm nhưng lại làm giảm sinh trưởng và khả năng cạnh tranh của cỏ dại chịu ngập. Khác với cây lúa, sinh trưởng của cỏ dại ưa ẩm không bị giảm trong điều kiện VPD cao, trong khi tốc độ hút dinh dưỡng của nó có tương quan với tốc độ hút nước, cho thấy rằng cỏ dại ưa ẩm sẽ cạnh tranh tốt hơn với cây lúa về dinh dưỡng khi VPD tăng lên. Việc lựa chọn các giống lúa có khả năng thích ứng tốt hơn với sự hấp thụ NO_3^- sẽ cải thiện khả năng sinh trưởng và cạnh tranh của lúa đối với cỏ dại trong điều kiện tưới ngập ẩm luân phiên.

Các tác động cộng gộp của nhiệt độ rễ và quá trình nitrat hóa trong đất đối với sinh trưởng của cây cần được xem xét khi đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đối với sự sinh trưởng của cây lúa.

SUMMARY

Since rice is the major food for more than half of the world's population, rice production and productivity have significant implications for food security. In adaptation to increasing water scarcity, as well as to reduce greenhouse gas emissions, water-saving irrigation measures (e.g., alternate wetting and drying – AWD) have been introduced in many rice growing regions. Previous studies have shown that AWD increases water use efficiency and reduces methane (CH_4) emissions, while grain yield remains equal or is slightly increased compared to continuous flooding. However, the absence of a ponded water layer in formerly flooded rice fields creates new challenges, such as altered root zone temperature (RZT), enhanced nitrification leading to higher nitrate (NO_3^-) concentrations in the soil, or stimulated weed germination leading to changes in weed flora. All these factors may affect nutrient uptake and assimilation of rice plants and thus plant growth. Further, vapor pressure deficit (VPD) drives transpiration and water flux through plants, so nutrient uptake and assimilation by plants may be subject to adjustment under varying VPD conditions. As VPD varies largely between rice growing regions and seasons, and is also predicted to continuously increase under global warming, it was included as a factor in this study.

The overall objective of the study was to evaluate the response of different rice varieties to arising challenges under water-saving irrigation. Experiments were conducted in the greenhouse and VPD chambers at the University of Hohenheim, where plants were grown in hydroponics.

Both during day and night, nutrient uptake rates of rice increased linearly with RZT in the observed temperature range up to 29°C , implying that the optimum temperature for nutrient uptake of rice must be above 29°C . However, the uptake rates of different nutrient elements responded differently to RZT, with the increase in nitrogen (N) uptake per $^\circ\text{C}$ being greater than that of phosphorus (PO_4^{3-}) and potassium (K^+), which can potentially lead to an imbalance in plant nutrition. Therefore, the increase in RZT either due to climate change or water management may call for an adjusted fertilizer management. In general, the increase in nutrient uptake per $^\circ\text{C}$ was more pronounced during the day than during the night, while the amino acid concentration in the leaves both during the day and night was positively correlated with N uptake during the day, suggesting that plants may benefit more from increased temperature during the day.

When both ammonium (NH_4^+) and NO_3^- were supplied, rice plants took up a higher share of NH_4^+ . However, after depletion of NH_4^+ in the nutrient solution, plants took up NO_3^-

without decreasing the total N uptake. The N form taken up by the rice plant had no effect on leaf gas exchange at low VPD, whereas NO_3^- uptake and assimilation increased stomatal conductance in some rice varieties at high VPD, resulting in a significantly higher photosynthetic rate. However, the increase in photosynthesis did not always result in an increase in dry matter, probably due to a higher energy requirement for NO_3^- assimilation than for NH_4^+ . The effect of N form on leaf gas exchange of some rice varieties was only found at high VPD, indicating genotype-specific adaptation strategies to high VPD. However, maintenance of high stomatal conductance at high VPD will only be beneficial at sufficient levels of water supply. Therefore, we hypothesize that with increasing VPD, intensified nitrification under water-saving irrigation may improve leaf gas exchange of rice plants, provided a careful choice of variety and good water management.

Furthermore, N form had an effect on the competition between rice and weeds. In mixed culture with rice, a large share of NO_3^- increased the growth and competitiveness of upland weeds but reduced the growth and competitiveness of lowland weeds. Consequently, enhanced nitrification under AWD may reduce the competitive pressure of lowland weeds, but increase the competition of upland weeds. In contrast to rice, growth of the upland weed was not reduced by high VPD, while its nutrient uptake was correlated with water uptake, suggesting that upland weeds will more successfully compete with rice for nutrients as VPD increases. Selection of rice varieties better adapted to NO_3^- uptake will improve rice growth and its competitiveness against weeds under AWD.

The cumulative effects of RZT and soil nitrification on rice growth should be considered when evaluating the effects of climate change on rice growth.

THỰC TRẠNG KHAI THÁC CÂY XANH CẢNH QUAN TẠI MỘT SỐ ĐỊA ĐIỂM TRÊN ĐỊA BÀN THÀNH PHỐ HÀ NỘI

Phạm Thị Bích Phương

Khoa Nông học, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

Email liên hệ: ptbichphuong@vnua.edu.vn

TÓM TẮT

Cây xanh có vai trò quan trọng trong việc cải thiện môi trường sống và kiến tạo cảnh quan thành phố Hà Nội. Theo định hướng phát triển không gian trong Quy hoạch chung xây dựng thủ đô Hà Nội đến năm 2030 và tầm nhìn đến năm 2050, Hà Nội cần nghiên cứu phát triển hệ thống cây xanh đô thị không chỉ tăng về số lượng, mà cần đảm bảo lựa chọn loại cây trồng phù hợp với điều kiện tự nhiên và phù hợp với các nhóm chức năng đô thị khác nhau. Nghiên cứu này đã tiến hành điều tra thực trạng khai thác cây xanh cảnh quan tại 40 địa điểm trên địa bàn thành phố Hà Nội; thống kê được 88 loài cây xanh, thuộc 81 chi, 54 họ, 28 bộ thực vật; 31 loài cây bóng mát, 33 loài cây bụi, 20 loài cây trồng thảm, 3 loài cây dây leo và 1 loài cây thủy sinh; đánh giá được thực trạng cây xanh cảnh quan tại khu vực nghiên cứu; đề xuất một số giải pháp lựa chọn loài cây và mô hình phối kết cây xanh phù hợp với từng chức năng công trình đô thị, góp phần nâng cao chất lượng cây xanh cảnh quan tại khu vực nghiên cứu.

Từ khoá: Cảnh quan cây xanh, cây xanh đô thị, cảnh quan đô thị

EXPLOITATION STATUS OF URBAN PLANTS IN A NUMBER OF LOCATIONS IN HANOI

ABSTRACT

Plant plays a crucial role in improving the living environment and creating landscape in Hanoi. According to the spatial development orientation in the Hanoi Capital Construction General Plan to 2030 and a vision to 2050, Hanoi needs to study and develop the urban green system not only in quantity, but also in ensure the selection of plants suitable for natural conditions and right for different urban functional groups. This research has investigated the status of exploitation of landscape trees at 40 locations in Hanoi city; statistics of 88 species of trees, belonging to 81 genera, 54 families, 28 orders of plants; 31 species of shade trees, 33 species of shrubs, 20 species of carpet plants, 3 species of vines and 1 species of aquatic plants; assessing the current status of landscape trees in the study area; proposing some solutions to select tree species and model of tree combination suitable for each urban work function, in order to contribute to improving the quality of landscape trees in the study area.

Keywords: plant landscape, urban plants, urban landscape

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cây xanh là một yếu tố đóng vai trò quan trọng trong thiết kế cảnh quan. Sự đa dạng trong thành phần loài làm phong phú hình thức phối kết cây xanh cảnh quan, góp phần không nhỏ trong việc nâng cao giá trị thẩm mỹ, cải thiện môi trường cảnh quan và gắn liền với các giá trị đặc trưng của mỗi khu vực (Yang & cs., 2021). Cùng với quá trình đô thị hóa, hàng loạt công trình kiến trúc được xây dựng mới trong không gian đô thị Hà Nội, dẫn đến hiện tượng mất cân bằng giữa hệ thống hạ tầng cảnh quan với hạ tầng kỹ thuật đô thị. Để cải thiện môi trường, nâng cao chất lượng cuộc sống của người dân, thành phố Hà Nội đã đưa ra nội dung Quy hoạch chung xây dựng Thủ đô Hà Nội đến năm 2030 và tầm nhìn đến năm 2050 với mục tiêu tăng diện tích cây xanh cảnh quan, đảm bảo lựa chọn loại cây xanh phù hợp với sinh thái, điều kiện tự nhiên và phù hợp với các nhóm chức năng đô thị khác nhau, để tạo bản sắc cho thành phố Hà Nội.

Các nhà khoa học Việt Nam đã công bố một số kết quả nghiên cứu về cây xanh đô thị Hà Nội, nghiên cứu phân tích quan điểm và giải pháp quản lý cây xanh cho đô thị (Phạm Anh Tuấn & cs, 2017), đánh giá những tồn tại và đề xuất giải pháp kiến tạo địa điểm cây xanh ở Hà Nội (Vũ Hiệp, 2014), nghiên cứu thực trạng cây xanh đường phố tại Hà Nội (Phạm Anh Tuấn, 2017), nghiên cứu hệ thống cây xanh trong khuôn viên trường học (Bùi Ngọc Tấn, 2019; Bùi Ngọc Tấn & cs., 2013), nghiên cứu hệ thống cây hoa thời vụ trang trí cảnh quan tại thành phố Hà Nội (Đặng Văn Hà & cs., 2019). Mặc dù vậy, hiện nay thực trạng cây xanh cảnh quan tại đô thị Hà Nội vẫn có nhiều bất cập, cần tiến hành nghiên cứu đầy đủ hơn ở nhiều các khu chức năng đô thị trên địa bàn thành phố Hà Nội.

Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá thực trạng khai thác các loại cây xanh cảnh quan tại một số địa điểm trên địa bàn thành phố Hà Nội. Từ đó, đề xuất những giải pháp lựa chọn loại cây xanh cảnh quan phù hợp, từng bước nâng cao chất lượng cảnh quan và môi trường cho thành phố Hà Nội.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: cây xanh ứng dụng trong cảnh quan cho một số chức năng công trình khác nhau.

Phạm vi nghiên cứu: 40 địa điểm tại một số quận, huyện trên địa bàn thành phố Hà Nội (quận Long Biên, quận Hoàn Kiếm, quận Hai Bà Trưng, quận Ba Đình, quận Đống Đa, huyện Gia Lâm).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp điều tra thực địa

- Thời gian điều tra: từ tháng 11 năm 2020 đến tháng 5 năm 2021.
- Điều tra thực địa thu thập thông tin thực vật học và hình ảnh hiện trạng cây xanh cảnh quan tại các khu vực điều tra.

2.2.2. Phương pháp kế thừa

Thông qua việc thu thập tài liệu thứ cấp, kế thừa kết quả nghiên cứu của các dự án trong và ngoài nước trong phạm vi nghiên cứu của đề tài.

2.2.3. Phương pháp xác định tên loài thực vật

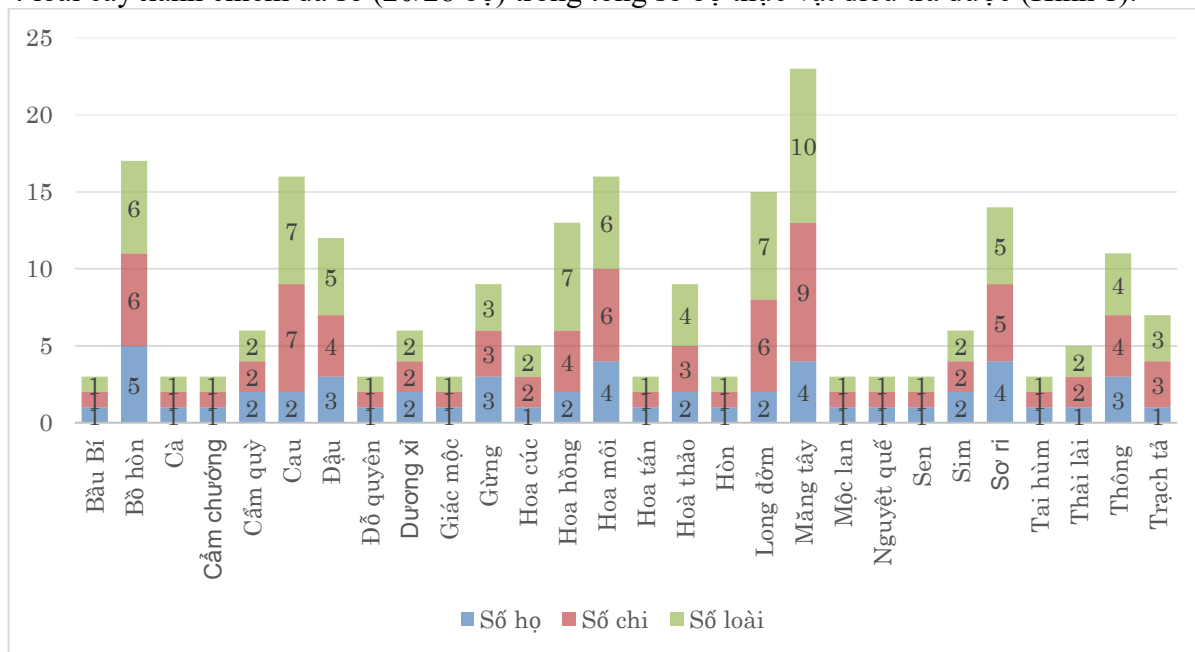
Xác định tên loài (tên phổ thông, tên khoa học), tên họ, tên bộ cho mỗi loài cây được điều tra được căn cứ vào các tài liệu chính như sau: Cây cỏ Việt Nam (3 tập) (Phạm Hoàng Hộ, 1999-2000); 500 loài cây thường dùng trong thiết kế cảnh quan (Đình Quang Diệp, 2020); Danh lục các loài thực vật Việt Nam (tập 2) (Nguyễn Tiến Bân, 2003) và website tra cứu thực vật: <http://theplantlist.org/>

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đa dạng thành phần loài làm phong phú hình thức phối kết cây xanh cảnh quan

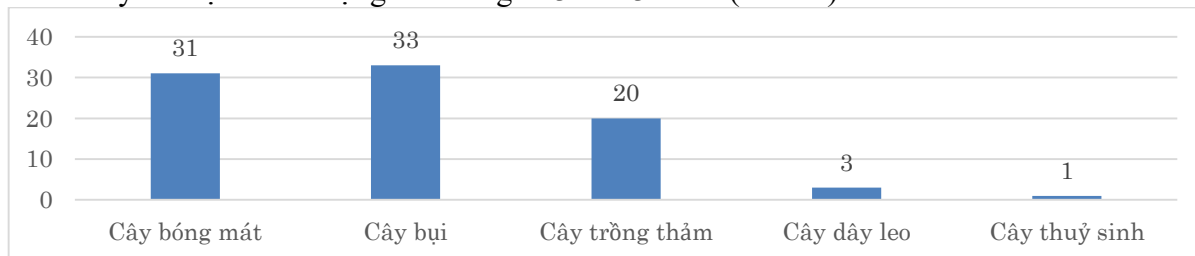
Kết quả đánh giá đa dạng thành phần loài cây xanh sử dụng trang trí cảnh quan tại một số địa điểm trên địa bàn thành phố Hà Nội đã xác định được 88 loài cây xanh, thuộc 81 chi,

54 họ, 28 bộ. Đa dạng nhất là bộ Măng Tây với 4 họ, 9 chi, 10 loài cây xanh. Chiếm vị trí thứ 2 là các bộ có 7 loài cây xanh như bộ Cau, Hoa hồng và Long đởm. Một số bộ khác có sự xuất hiện từ 5 đến 6 loài cây xanh như bộ Bồ hòn, Đậu, Hoa môi, Sơ ri. Các bộ còn lại chiếm từ 1-4 loài cây xanh chiếm đa số (20/28 bộ) trong tổng số bộ thực vật điều tra được (Hình 1).



Hình 1: Số lượng bộ, họ, chi, loài thực vật tại khu vực nghiên cứu

88 loài cây xanh trong khu vực nghiên cứu thuộc 5 nhóm cây xanh, bao gồm cây bóng mát, cây bụi, cây trồng thảm, cây dây leo và cây thủy sinh. Trong đó, nhóm cây bụi có số lượng loài nhiều nhất (33 loài), nhóm cây thủy sinh có số lượng loài hạn chế nhất (1 loài), các nhóm cây còn lại có số lượng dao động từ 3 đến 31 loài (Hình 2).



Hình 2: Số lượng loài cây xanh theo các nhóm cây tại một số địa điểm trên địa bàn thành phố Hà Nội

Sự đa dạng về chủng loại, hình thái và dạng sống của 88 loài cây xanh đã làm phong phú cảnh quan cây xanh tại các khu vực điều tra, đáp ứng yêu cầu về phối kết cây xanh đô thị theo Tiêu chuẩn TCVN 9257:2012 và TCVN 8270:2005. Cây xanh được phối kết nhiều tầng cao thấp theo chiều cao không gian, cây thân gỗ lớn có vai trò cung cấp bóng râm và kiến tạo cảnh quan tầng cao, cây bụi và cây dây leo có vai trò kết nối không gian và kiến tạo cảnh quan tầng trung, cây trồng thảm và cỏ có vai trò là cảnh quan nền, cây thủy sinh có vai trò kết nối các tầng cảnh quan phía trên với cảnh quan nước.



a, Khu đô thị Đặng Xá b, Học viện Nông nghiệp Hà N c, Đài tưởng niệm thị trấn Trầ
Quỳ

Hình 1: Hình thức phối kết cây xanh tại một số địa điểm nghiên cứu

3.2. Thực trạng khai thác các nhóm cây xanh đô thị tại khu vực nghiên cứu

Căn cứ vào quyết định 19/2010/QĐ-UBND của thành phố Hà Nội về việc ban hành “Quy định về quản lý hệ thống cây xanh đô thị, công viên, vườn hoa, vườn thú trên địa bàn thành phố Hà Nội” có thể phân loại cây xanh tại các khu vực điều tra thành hai nhóm cây xanh sử dụng công cộng và cây xanh sử dụng hạn chế. Cây xanh sử dụng hạn chế được trồng tại các công trình tôn giáo; cây xanh trong các loại công trình nhà ở; cây xanh trong công trình giáo dục; cây xanh trong công trình dịch vụ thương mại. Cây xanh sử dụng công cộng bao gồm cây xanh khu vực đài tưởng niệm; cây xanh vườn hoa và cây xanh đường phố.

Kết quả nghiên cứu cho thấy thực trạng khai thác hai nhóm cây xanh đô thị đa dạng về số lượng loài, chức năng không gian xanh đảm bảo tính thẩm mỹ, hài hoà với môi trường xung quanh; tổ chức thành hệ thống các điểm cảnh quan chức năng đô thị, tuyến cảnh quan đường phố; góp phần cải thiện chất lượng cảnh quan và môi trường thành phố Hà Nội.

Tuy nhiên, thực trạng khai thác cây xanh cảnh quan trong hai nhóm cây xanh đô thị còn tồn tại một số vấn đề trong việc lựa chọn loài cây không phù hợp, có thể gây ra những ảnh hưởng tới dân cư và môi trường sống. Trong phạm vi bài viết này, tác giả tiến hành phân tích những hạn chế và đề xuất giải pháp lựa chọn loài cây, mô hình phối kết cây xanh phù hợp với chức năng công trình.

3.2.1. Cây xanh sử dụng hạn chế

a. Cây xanh trong khu ở

Công trình nhà ở dân cư là nơi cư trú của người dân. Tiêu chí lựa chọn cây xanh trang trí cần đảm bảo tính an toàn, chọn những loại cây không có gai, nhựa, mù độc. Kết quả điều tra cho thấy, 2/10 nhà dân có sử dụng cây Agao để trang trí trong khuôn viên nhà. Cây Agao là loài cây có đặc điểm lá thuôn dài, sắc nhọn ở đầu lá và có mù độc gây ngứa. Agao là loại cây không được khuyến cáo trồng trong môi trường nơi cư trú, có thể gây thương tích cho người sử dụng, đặc biệt là đối tượng người già và trẻ em trong gia đình. Đề xuất thay thế cây Agao bằng những loài cây có hoa đẹp như Mẫu đơn, hoa Giấy; cây có hương thơm như Mai chiếu thủy, Mộc, Nhài ta.

Mô hình phối kết cây xanh tại khu vực này mang tính đặc thù, phù hợp với không gian hạn chế của nhà đô thị. Chúng ta có thể sử dụng cây trồng chậu để trang trí khu vực trước cửa nhà, thuận tiện cho việc di chuyển và thay thế cây trồng cảnh quan. Ngoài ra, chúng ta có thể sử dụng không gian sân thượng để thiết kế mô hình vườn trên mái, kết hợp trang trí cảnh quan và sản xuất nông sản phục vụ nhu cầu của hộ gia đình. Đây là một dạng mô hình “nông nghiệp đô thị” có giá trị cao, thích ứng với điều kiện đô thị hoá ngày càng nhanh của thành phố Hà Nội.

b. Cây xanh trường học

Trường học là môi trường giáo dục. Tiêu chí lựa chọn cây xanh trồng trong khu vực này là những loài cây xanh phát triển dẻo dai, cho bóng mát tốt, an toàn và không có hoa quả hấp dẫn sâu bọ, ruồi nhặng gây ô nhiễm môi trường. Kết quả điều tra cho thấy, trong khuôn viên các trường học có trồng một số loài cây chưa đáp ứng được các tiêu chí trên.

Bồ đề, Đa, Si là những loài cây có rễ phụ, có giá trị thẩm mỹ cao nếu được trồng trong không gian rộng hoặc trồng làm cảnh trong chậu kiếng. Tại khu vực điều tra, các loại cây này được trồng sát các toà giảng đường, nhà làm việc. Hệ thống rễ phụ của các loài cây này phát triển là mối nguy hại ảnh hưởng đến các công trình kiến trúc. Ngoài ra, quả của 3 loài cây này có đặc điểm thu hút ruồi nhặng và gây ô nhiễm môi trường. Giải pháp đề ra là chúng ta có thể sử dụng cây Đa, Si với hình thức trồng chậu kiếng, đặt tại các vị trí như sân trường, tiền sảnh các toà nhà làm việc, khu giảng đường để trang trí không gian.

Cây Liễu có đặc điểm cành lá mềm, thường được trang trí cảnh quan hồ, mặt nước.

Việc trồng cây Liễu trong khuôn viên trường học không đem lại hiệu quả cung cấp bóng râm, có thể làm cản trở việc đi lại do đặc điểm cành lá rủ. Vì vậy, chỉ nên trồng cây Liễu tại các điểm cảnh quan hồ nước.

Xoài và Nhãn được trồng trong khuôn viên các trường với vai trò là cây bóng mát. Đây là 2 loài cây ăn quả có giá trị cao. Việc trồng hai loại cây ăn quả này với mục đích trang trí cảnh quan trong khuôn viên trường sẽ hấp dẫn học sinh leo trèo hái quả, không đảm bảo tính an toàn. Có thể bố trí trồng các loài cây ăn quả trong khuôn viên vườn trường, phục vụ mục đích giảng dạy, nghiên cứu.

Mô hình phối kết cây xanh trường học phải đảm bảo phù hợp với công năng, thẩm mỹ và an toàn. Trong khuôn viên sân trường, nên trồng những loài cây sinh trưởng khỏe, dẻo dai và cho bóng mát tốt như Sao đen, Sấu; cây bóng mát có hoa đẹp, gây ấn tượng mạnh như Phượng, Bằng lăng, Muồng hoàng yến để cung cấp bóng râm và tạo điểm nhấn trang trí cảnh quan tầng cao. Để tạo điểm nhìn gần cho không gian tầng thấp, có thể phối kết các loài cây bụi, cây trồng thảm tại các bồn cảnh tại khu nhà hành chính, khu giảng đường,... Trong khu vực vườn trường, nên trồng đa dạng các loài cây ăn quả, cây hoa, cây thuốc,... để phục vụ cho công tác nghiên cứu, giảng dạy của giáo viên và học tập của học sinh, sinh viên.

3.2.2. Cây xanh sử dụng công cộng

a. Cây xanh vườn hoa

Vườn hoa là không gian phục vụ nhu cầu đi bộ, dạo chơi và nghỉ ngơi trong thời gian ngắn của người dân trong đô thị. Cây xanh sử dụng trong khu vực này đảm bảo tính thẩm mỹ, phù hợp với môi trường xung quanh và không gây cản trở cho các hoạt động của người dân trong khu vực. Hiện trạng trong các khu vực điều tra có trồng một số loài cây mang những đặc điểm gây ảnh hưởng tới môi trường và an toàn cho người sử dụng. Cây Tầm xuân có đặc điểm thân cành nhiều gai nhọn, việc bố trí trồng tại các vị trí ven lối đi dễ gây thương tích cho người dân, không đảm bảo tính an toàn. Quả cây Si thu hút côn trùng, ruồi nhặng, gây ô nhiễm môi trường. Việc trồng cây Xoài trong khu vực vườn hoa đô thị cũng chưa đảm bảo tính an toàn, có thể xuất hiện các hoạt động leo trèo hái quả của người dân nếu không được quản lý tốt.

Mô hình phối kết cây xanh vườn hoa cần đảm bảo phong phú về chủng loại, bốn mùa có hoa lá xanh tươi, đáp ứng nhu cầu thẩm mỹ và tính an toàn cho dân cư. Cảnh quan cây xanh vườn hoa cần được thiết kế đa dạng theo chiều cao không gian. Tầng cảnh quan trên nên trồng những loài cây sinh trưởng khỏe, dẻo dai và cho bóng mát tốt như Long não, Sao đen, Sấu; cây bóng mát hoa đẹp như Ban, Muồng hoa đào, Bằng lăng. Cảnh quan tầng trung nên lựa chọn những loài cây bụi đa niên, sinh trưởng khỏe và cho hoa đẹp (Mẫu đơn, Mai vạn phúc, Nhài, Mẫu đơn), cây có hình thái đẹp (Vạn tuế, Cau bụi, Cau lùn, Trúc phật bà) phối kết theo hình thức khóm 3 cây, khóm 5 cây, phối kết cây xanh với đá và tượng trang trí,... Tầng cảnh quan phía dưới trồng các loại cây trồng thảm và cỏ để phủ xanh và làm nền cho tầng cảnh quan phía trên.

b. Cây xanh đường phố

Tiêu chí lựa chọn cây xanh đường phố là phải đảm bảo tính an toàn cho người dân. Cây Xà cừ là loại cây được trồng khá phổ biến trên đường phố Hà Nội với ưu điểm cho bóng râm tốt. Nhược điểm của loài cây này là bộ rễ ăn ngang, tán cây dày và nặng, dễ bị đổ khi gặp mưa bão, gây nguy hiểm cho người dân đô thị. Hai loài cây Đa và cây Si cũng có đặc điểm thật quả thu hút ruồi nhặng, gây ô nhiễm môi trường đô thị, nên hạn chế sử dụng loài cây này trồng trên đường phố.

Mô hình phối kết cây xanh đường phố cần phù hợp với chức năng trang trí, phân cách, không gây cản trở cho người và phương tiện tham gia giao thông. Cây xanh trồng trong khu vực này cần đảm bảo tính đồng nhất về kích thước, chủng loại để tạo cảnh quan riêng biệt theo từng tuyến phố. Đối với nhóm cây bóng mát, cần lựa chọn những loài cây có rễ cọc ăn sâu xuống đất, không mọc ngang phá hoại các công trình hạ tầng kỹ thuật ngầm (cây Sưa);

thân cành dẻo dai, ít gãy đổ, chịu được gió bão (Sầu, Long nãi, Ban). Phối kết cây bóng mát theo hình thức 1 hàng hoặc 2 hàng với khoảng cách các cây đều nhau. Đối với nhóm cây bụi và cây trồng thảm, nên lựa chọn những loài cây đa niên, sinh trưởng khoẻ để giảm chi phí duy trì. Những loài cây có tán dày, có khả năng hút khói bụi (Trúc đào, Nguyệt quế), thích hợp trồng ở dải phân cách giao thông. Những loài cây có hoa đẹp, độ bền hoa cao (Mẫu đơn), cây trồng viền chịu cắt tỉa (Chuối ngọc, Thanh táo), thích hợp trồng trang trí tại các điểm cảnh quan trên vỉa hè.

4. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

Cây xanh cảnh quan được khai thác và sử dụng tại 40 khu vực điều tra khá đa dạng với 28 bộ, 54 họ, 81 chi và 88 loài. Trong đó, 31 loài là cây bóng mát, 33 loài cây bụi, 20 loài cây trồng thảm, 3 loài cây dây leo và 1 loài cây thủy sinh. Sự đa dạng về chủng loại, hình thái và dạng sống của 88 loài cây xanh đã làm phong phú cảnh quan cây xanh tại các khu vực điều tra theo chiều cao không gian và bốn mùa trong năm. Căn cứ vào các văn bản pháp luật hiện hành của Bộ xây dựng có thể phân loại cây xanh tại 40 khu vực điều tra thành hai nhóm: cây xanh sử dụng công cộng tại các khu vực dải tường niệm, vườn hoa, đường phố; và cây xanh sử dụng hạn chế trong các khu ở, khu thương mại dịch vụ, trường học và khuôn viên Chùa. Cảnh quan cây xanh được phối kết đa dạng về thành phần loài mang lại hiệu quả cao trong trang trí cảnh quan và phù hợp với chức năng của từng khu vực.

Khu vực điều tra còn tồn tại việc sử dụng một số loài cây trong danh mục cây xanh hạn chế sử dụng theo tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9257-2012 và TCVN 8270:2005. Những loài cây thuộc nhóm hạn chế sử dụng này cần phải có kế hoạch trồng thay thế; lập kế hoạch và tổ chức thực hiện chăm sóc, duy trì cây xanh đô thị phù hợp sẽ góp phần nâng cao chất lượng cảnh quan và môi trường của khu vực nghiên cứu, từng bước nâng cao chất lượng và phù hợp với định hướng phát triển không gian trong Quy hoạch chung xây dựng thủ đô Hà Nội đến năm 2030 và tầm nhìn đến năm 2050 của thành phố Hà Nội.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bùi Ngọc Tấn, Nguyễn Anh Đức & Nguyễn Hữu Cường (2013). Hiện trạng và hướng duy trì hệ thống cây xanh trong khuôn viên trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội. Tạp chí Khoa học và Phát triển. 11(2): 174-183.
- Bùi Ngọc Tấn (2019). Đánh giá hiện trạng và đề xuất một số biện pháp quản lý hệ thống cây xanh trong trường trung học cơ sở thuộc quận Hà Đông, Hà Nội. Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam, 17(10): 799-808.
- Đặng Văn Hà và Nguyễn Thị Yến (2019). Sử dụng cây hoa thời vụ trong trang trí cảnh quan tại thành phố Hà Nội và đề xuất giải pháp phát triển. Tạp chí khoa học và công nghệ lâm nghiệp, số 4, Tr.40-47.
- Đinh Quang Diệp (2020). 500 loài cây thường dùng trong thiết kế cảnh quan. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- Nguyễn Nghĩa Thìn (1997). Cẩm nang nghiên cứu đa dạng sinh vật. NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
- Nguyễn Tiến Bản (2003). Danh lục các loài thực vật Việt Nam. NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
- Phạm Hoàng Hộ (1999-2000). Cây cỏ Việt Nam, tập 1-3. NXB Trẻ - TP. HCM.
- Phạm Anh Tuấn & Lê Khánh Ly (2017). Một số quan điểm về quản lý cây xanh đô thị. Tạp chí kiến trúc, số 2.
- Phạm Anh Tuấn (2017). Thực trạng cây xanh đường phố tại Hà Nội. Tạp chí kiến trúc, số 5.
- Quyết định số 19/2010/QĐ-UBND ngày 14 tháng 5 năm 2010 của UBND thành phố Hà Nội về việc ban hành “Quy định về quản lý cây xanh đô thị, công viên, vườn hoa, vườn thú trên địa bàn thành phố Hà Nội”.
- Quyết định số 1495/QĐ-UBND ngày 18 tháng 3 năm 2014 của UBND thành phố Hà Nội về việc phê duyệt Quy hoạch hệ thống cây xanh, công viên, vườn hoa và hồ thành phố Hà Nội

đến năm, 2030, tầm nhìn đến năm 2050.

Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9257-2012. Quy hoạch cây xanh sử dụng công cộng trong các đô thị - tiêu chuẩn thiết kế, 2012.

Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 8270-2009. Quy hoạch cây xanh sử dụng hạn chế trong các đô thị - tiêu chuẩn thiết kế, 2009.

Võ Văn Chi (2003). Từ điển thực vật thông dụng tập 1&2. NXB Khoa học - Kỹ thuật.

Võ Văn Chi, Trần Hợp (1999). Cây cỏ có ích ở Việt nam - Tập 1. NXB Giáo dục.

Vũ Hiệp (2014). Kiến tạo địa điểm cây xanh ở Hà Nội.
<https://www.tapchikientruc.com.vn/chuyen-muc/phat-trien-ben-vung/kien-tao-dia-diem-cay-xanh-o-ha-noi.html>

Yang Y., Bai H. J., Xu H., Yu A. B., Long J. A. & Wang Y. L. (2021). 园林景观设计中植物造景的应用. Modern Agricultural Machinery. 1:54-55.

<http://theplantlist.org/>

EFFECTS OF DROUGHT AND SALT STRESS ON GROWTH AND PHYSIOLOGY OF SUGARCANE

Hoang Minh Oanh Pham¹ and Thai Hoang Dinh²

*¹Center for Agricultural Research and Ecological Studies, Vietnam National
University of Agriculture, Hanoi, Vietnam;*

*²Department of Industrial and Medicinal Plants Science, Vietnam National University
of Agriculture, Hanoi, Vietnam*

ABSTRACT

In Vietnam, sugarcane is an important crop used as a raw material for sugar production. At present, many sugarcane growing areas are under effects of drought and saline stress, which adversely constrain the sugarcane. This study aimed to determine the individual and combined effects of these abiotic stress on the growth and physiology of sugarcane.

The pot experiment was carried from April 2020 to October 2020 under net-house conditions at Faculty of Agronomy, Vietnam National University of Agriculture, Trau Quy commune, Gia Lam district, Hanoi. Experimental design is randomized complete block design with three replications. Four treatments included T1 (non-stress/control), T2 (drought stress), T3 (salt stress) and T4 (salt-drought stress). At stress period, fresh water was applied daily by full water loss for T1; 50% of water loss for T2; 50% of fresh water and 50% NaCl solution (50mM) for T3; and 50% of water loss using NaCl solution (50mM) for T4 treatment. Stress period was from 13 to 19 weeks after transplanting. Then, normal irrigation as control treatment was practiced until finishing experiment.

The results showed that under effects of stress, sugarcane growth was inhibited with reductions in plant height, plant diameter, total leaf number, leaf area, SPAD, partial and total dry weights. Under combined effects of salt and drought stress, growth and physiological parameters were lowest.

Abbreviations: %; percentage; CV; coefficient of variation; DW; dry weight; Et al.; et alii; FAO; food and agriculture organization; FAOSTAT; the food and agriculture organization corporate statistical database; FW; fresh weight; GSO; general statistics office; LA; leaf area; LRWC; leaf relative water content; LSD; least significant difference; TW; Turgid weight; WAT; week after transplanting

Sugarcane is believed to be one of the oldest industrial crops in the world. It is one of the important crops supplying sugar and energy (Henry, [2010](#)). In Vietnam, sugarcane is the unique industrial crop planted to supply for the sugar industry, which could be grown in many regions (from the North to the South, from North Central to Southeast) in Vietnam. According to documents researching the history of Vietnamese agriculture, the ancient Vietnamese people knew how to grow sugarcane since the Hung Vuong dynasty over 4,000 years ago. From the Northern colonial period (from 111 BC to 930 AD), our people know how to process sugarcane into sugar, molasses for use as alum sugar (Tran Van Soi, [2003](#)). However, at present, some sugarcane growing areas face difficulties due to the fierce competition with other crops and the intensification of drought and saline penetration, especially in the Mekong Delta (FPTS, [2019](#)).

One of the stress factors limiting crop growth and yield in many regions of the world is soil salinity (Wahid et al., 1997; Shrivastava and Kumar, 2015). Saline stress affects plants, causing stunted growth, slow growth, reduced leaf area, succulence, and maybe death in severe cases (Courtney et al., 2010). Sugarcane is a glycophyte, which is fairly sensitive to salt stress (Patade et al., 2008). When affected by salinity, sugarcane plants grow poorly and decrease the yield. According to Patade et al. ([2011](#)), Shoot dry weight, leaf width, and protein content, in salt-stressed sugarcane plants, was significantly lower as compared to the control plants. Yunita et al. ([2020](#)) showed that sugarcane growth (Bululawang variety, 1-week old plantlet) was inhibited including plant height, length of the root, the height of shoots, wet and dry roots, and shoots weight were decreased by NaCl treatment (concentrations: 50mM, 100mM, and 150 mM). The higher the concentration of NaCl, the greater the damage. Bululawang sugarcane was still tolerant to 50 mM NaCl, increasing concentration of NaCl to 100 mM damage symptoms due to salinity were more pronounced, the plants were stunted and the leaves were curled, and concentration of 150- 200 mM caused the plants to die (Yunita et al., [2020](#)).

Drought provides a bad effect on the growth of sugarcane and also decreases the yield (Misra et al., [2020a](#)). Sugarcane growth is highly sensitive to water deficit because it is a relatively high water-demanding crop (Lakshmanan and Robinson, 2014). According to Misra et al. ([2020b](#)), leaf length was marginally increased but leaf width was decreased in sugarcane affected by drought. There was a decrease in total root weight, cane height, stalk diameter, and the number of internodes of sugarcane affected by drought in comparison to normally grown canes. Besides, average internodal length was also found to increase in drought canes, in

comparison to normally grown canes.

In Mekong Delta, sugarcane is grown from April 1 to June 30 (spring season) and from November 15 to January 30 (winter season). Drought and saline penetration often occur from mid-December to early February. Therefore, sugarcane is often subject to drought and salt stress during the period from 8 to 9 months after growing (spring season), and from 1 to 2 months (winter season) (Vu Thi Thuy, 2015).

To find out the solution to reduce the effects of drought and saline stress on sugarcane production, it is first necessary to understand the impact of drought and salt stress on the growth and physiology of sugarcane. The study was conducted to get a better understanding of the individual and combined effects of drought and salt stress during the early growth stage on sugarcane growth and physiology.

Materials and methods

The experiment was conducted under net-house condition Faculty of Agronomy, Vietnam National University of Agriculture, Trau Quy commune, Gia Lam district, Hanoi from April to October 2020. Sugarcane seedlings were cut from a ten-month-old sugarcane plant of ROC 10 variety from the Department of Industrial and Medicinal plant Science's collection. One-bud setts were cut from healthy stalk to soak into pure limewater solution (2%) in 2 hours to protect from insects and fungi. After cleaning with tap water, setts were transported into plastic trays and covered by soil mixture. Water irrigation was done daily for 5 weeks. A five-week-old seedling was transplanted into each plastic pot filled with 10 kg of soil mixture (alluvial soil after sun-drying and threshing was well-mixed with dried sand and rice-husk ash by the ratio of 3:2:1).

The pot experiment was established by a Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications. The experimental treatments include: T1: non-stress (control); T2: drought stress; T3: saline stress; and T4: salt-drought stress.

Experimental pots were arranged in rows with a row distance of 1.2m and a plant distance of 0.4m. The fertilizers including Urea, Superphosphate, Potassium Chloride were used to apply for each experiment pot from 3 weeks after transplanting (WAT) until to finishing experiment (Table 1).

Table 1. Fertilization schedule for each experimental (gram)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
3 ^{WAT}	0.2	0.3	0.1
4 ^{WAT}	0.2	0.3	0.1
5 ^{WAT}	0.4	0.6	0.1
6 ^{WAT}	0.4	0.6	0.1
7 ^{WAT}	0.6	0.6	0.2
8 ^{WAT}	0.6	0.6	0.2
9 ^{WAT}	0.8	0.8	0.3
10 ^{WAT}	0.8	0.8	0.3
*WAT: Week after transplanting			

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
11 ^{WAT}	1.0	1.0	0.4
12 ^{WAT}	1.0	1.0	0.4
13 ^{WAT}	1.2	1.2	0.5
14 ^{WAT}	1.2	1.2	0.5
15 ^{WAT}	1.0	1.0	0.6
16 ^{WAT}	1.0	1.0	0.6
17 ^{WAT}	1.0	1.0	0.7
18 ^{WAT}	1.0	1.0	0.7
Source: Modified according the Sugarcane nutrient requirement (Bachchhav, 2005)			

Water was supplied as soon as transplanting for all pots. One control pot was prepared to determine the daily water loss using a scale. Daily water loss was estimated by the difference in pot weight between days. For the control treatment, water was applied daily by full water loss (calculated by balance method). For the stress treatments, irrigation was done as control treatment until 7 weeks after transplanting (WAT) then, drought stress treatment: water was applied daily by 50% of full water loss; salt stress treatment, NaCl was added into freshwater to applied for plants by full water loss; salt-drought stress treatment, NaCl was added into freshwater to supply the plant with 50% of full water loss.

The stress period was treated for 6 weeks (from 7 WAT to 13 WAT), then normal irrigation as control treatment was practiced until the finishing experiment (recovery period). During the experiment period, all tillers were removed immediately after germination to keep only the mother stalk in the pot.

Data collections

From 5 WAT, the growth parameters including plant height, plant diameter, and total leaves number of each treatment were collected at each one-week interval. In addition, at 13 WAT and 19 WAT, the number of green leaves per plant was counted. At 7 WAT (before stress period), 13 WAT (after stress period), 19 WAT (recovery period); 3

sample plants per treatment was randomly taken to determine:

SPAD: Using a SPAD 502 plus (Monita, Japan) to measure at the second top visible leaf.

Chlorophyll fluorescence (Fv/Fm): by a Chlorophyll fluorescence meter (Opti-Sciences Chlorophyll Fluorometer, Hudson, USA. Model OS- 30p) at the second top visible leaf. Fluorescence determinations were performed between 09:30 AM and 11:00 AM, after wrapping the foil at any 3 points on the leaf for half an hour.

LRWC (Leaf Relative Water Content) was measured: 5 leaf pieces were cut with 0.64cm² in size and kept in a cool box; then quickly weighed the leaves fresh weight (FW). After that, the leaf fragments were soaked in distilled water in the Petri dish for 8 hours, then pat dry the surface water, and determine the turgid weight (TW). The leaves sample were oven-dried at 80oC for 48 hours to determine the dry weight (DW).

$$\text{LRWC (\%)} = [(\text{FW}-\text{DW}) / (\text{TW}-\text{DW})] \times 100,$$

Where, FW – Sample fresh weight; TW – Sample turgid weight; DW – Sample dry weight.

Leaf area: after measuring the SPAD, Fv / Fm, and LRWC values, all green leaves of the sample plant were cut to measure the leaf area by leaf area meter (LI-3100C, USA).

Dry matter accumulation (g): after separating all the leaves from the stem, stalks were cut from the ground, and chopped into small pieces. Roots were cleaned with tap water. Separated parts (leave, stalk, and roots), then, were oven-dried at 80oC until constant weight.

Total dry matter accumulation was calculated by the sum of leaves, stalk, and root dry weight.

Specific leaf area (SLA) was calculated by the formula: $SLA = A/M_L$ where A is the area of all leaves of a plant, and M_L is the dry mass of those leaves.

Brix (%): Brix of the juice sample of each sample plant was measured by a Brix meter.

Statistical analysis

The data were subjected to analysis of variance (ANOVA) according to a Randomized Complete Block Design using Statistix 8.0 package. Turkey test was used to compare the

means.

Results and discussion

The effect of salinity and drought stress on growth and development of sugarcane

Effect of drought and salt stress on plant height, stalk diameter, and total leaf number per plant is shown in Fig. 1 and Table 2. The result revealed that all of these traits were reduced significantly under drought and salt stress conditions. Figure 1 shows that plant height, stalk diameter, and total leaf number of sugarcane increased gradually through tracking times. Initially, plants grew quite evenly.

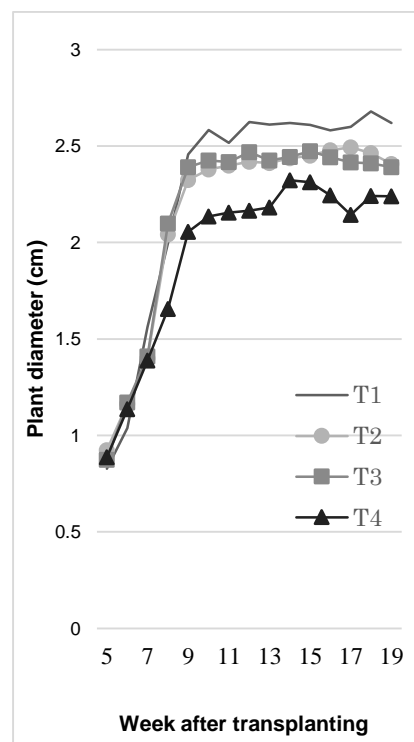
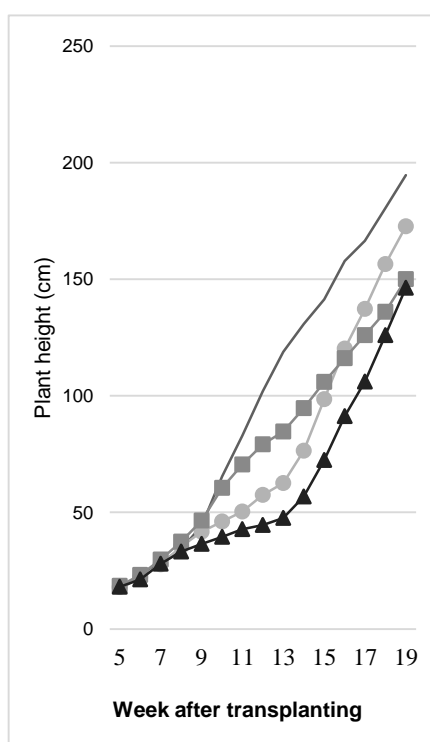
During the stress period (from 7 WAT to 13 WAT), there was height, stalk diameter, and total leaf number obvious difference between plants in the 4 treatments, all plants under stress were lower significantly in height than control plants. The plant height of the plants under salinity stress (T3) was higher than those grown under the drought stress condition (T2), and the plants grown in the salt-drought stress conditions (T4) had the lowest height. This has shown that drought and salinity adversely affect plant height. The same trends were found in previous studies in sugarcane affected by drought stress (Misra et al., 2020b; Khaled et al., 2018), and sugarcane affected by salt stress (Zhao et al., 2020). The stem diameter of the drought-affected sugarcane was significantly smaller than that of the control plant, especially those affected by salt-drought stress; but the trunk diameters of salinity-affected trees were insignificantly smaller (Table 2). Similar results were also obtained by Misra et al. (2020b) in canes exposed to drought stress. However, there is research showing that drought-affected plants increase in diameter (Khaled et al., 2018), which was not the case in our study. During this period, the effects of drought and salt-drought stress on the total leaf number are also quite obvious, the plants affected by drought and salt-drought stress had significantly fewer total leaf numbers than the control plants, but there was no significant difference between the control plants and the plants affected by salinity (Table 2, Figure 1). The least number of green leaves was found in plants affected by salt-drought stress, followed by drought-affected plants, and then in salt-affected plants.

During the recovery period (from 13 WAT to 19 WAT), the height of plants that were affected by drought and salt-drought stress increased sharply, faster than the growth

rate of tree height of trees affected by salinity (Figure 1).

Table 2. Plant height, plant diameter, total leaf number, and green leaf number of sugarcane across 4 treatments at 13 WAT, and 19 WAT.

Treatment	13 WAT				19 WAT			
	Plant height (cm)	Plant diameter (cm)	Total leaf number	Green leaf number	Plant height (cm)	Plant diameter (cm)	Total leaf number	Green leaf number
T1 (control)	115.3a	2.6a	17.7a	14.0a	191.5a	2.8a	26.0a	17.0a
T2 (drought)	63.2c	2.2b	15.7b	9.0bc	162.3b	2.4bc	24.0b	15.0b
T3 (salinity)	87.2b	2.5a	17.0a	10.7b	151.2bc	2.5b	23.7b	15.7ab
T4 (salt-drought)	47.2d	2.0c	14.7c	7.7c	143.0c	2.2c	23.3b	14.0b
CV%	6.12	2.02	3.08	8.98	5.13	4.34	2.83	6.21



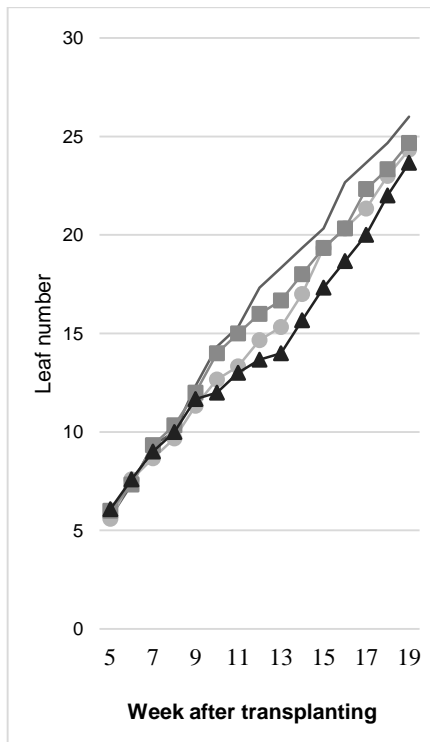


Figure 1. Plant height, plant diameter, total leaf number, and green leaf number of sugarcane across 4 treatments.

The reason was that at this time sugarcane was fully watered; the plant affected by drought stress (T2, T4) enters the recovery phase and was no longer affected by drought stress; plants affected by salt stress was still affected by salt stress due to residual salt remaining in the soil. During this period, the total leaf number and the number of green leaves of the stressed plants also increased significantly (Figure 1), and there was no significant difference between them, however, the number of green leaves and the total leaf number of these plants were still lower significantly compared with the control plants (Table 2). The plant diameter of the stress-affected plants was still significantly lower than the control plants, the lowest was the plants affected by salt-drought stress, then the plants affected by drought, followed by the plants affected by salinity.

Drought and salt stress had significant effects on all investigated growth parameters including plant height, plant diameter, total and green leaves number. In general, the highest values were observed at plants in control treatment (T1) which followed by saline stress (T3), and then drought stress treatment (T2). The lowest values were observed at the plant affected by salt-drought stress (T4).

The effect of salinity and drought stress on SPAD value (SPAD Chlorophyll Meter Readings)

of sugarcane

Values of SPAD of sugarcane at 13 WAT (after stress period) and 19 WAT (recovery period) were given in table 3.

Table 3. Effect of salinity and drought stress to SPAD value at 13 WAT, and 19 WAT

Treatment	13 WAT	19 WAT
T1 (control)	49.5a	46.3a
T2 (drought)	42.3b	47.8a
T3 (salinity)	30.9c	43.2a
T4 (salt-drought)	35.5bc	42.0a
CV %	8.88	6.98

Results showed that drought and salt stress significantly affect the SPAD value, the SPAD value was reduced when sugarcane was affected by drought and salt stress. During the stress period, there was a significant difference among treatments on SPAD values. The SPAD value ranges from 30.9 to 49.5. The highest SPAD value was obtained in sugarcane grown in T1 (control), followed by T2 (drought stress), then T4 (salt-drought stress), and the SPAD value were lowest at sugarcane grown in T3 (salt stress). At the recovery period, generally, all treatments have a high SPAD value above 40 but the difference among treatments was not significant. Another study also showed that under the effect of water deficit at the stress period, SPAD values were significantly reduced (Dinh et al. 2017a).

The effect of salinity and drought stress chlorophyll fluorescence performance indices (Fv/Fm) of sugarcane

Values of Fv/Fm of second visible leaf from the top of sugarcane after stress period (13 WAT) and recovery period (19 WAT) were given in table 4.

Table 4. Chlorophyll fluorescence parameters (Fv/Fm) of sugarcane under drought and salt stress

Treatment	13 WAT	19 WAT
T1 (control)	0.61a	0.72ab
T2 (drought)	0.57a	0.74a
T3 (salinity)	0.52a	0.71b

T4 (salt-drought)	0.57a	0.73ab
CV %	32.04	2.19

After the stress period, Fv/Fm of all treatments were no significant difference. The values of Fv/Fm ranged from 0.52 (T3) to 0.61 (T1). At the recovery period, the values Fv / Fm were significantly different between T2 (drought stress) and T3 (salt stress) treatments. The values of Fv / Fm ranged from 0.71 (T3) to 0.74 (T2). The highest values of Fv/Fm were obtained in treatment T2, followed by treatment T4 then treatment T1 and the lowest values of Fv/Fm were obtained in treatment T3.

The effect of salinity and drought stress on relative water content (RWC) of sugarcane

Relative water content (RWC) represents the state of the water balance of a plant. The changes of leaf relative water content (LRWC) of sugarcane in this experiment were given in table 5.

Table 5. Effect of salt and drought stress on leaf relative water content (LRWC) of sugarcane

Unit: %

Treatment	13 WAT	19 WAT
T1 (control)	92.4a	96.2a
T2 (drought)	91.9ab	93.1ab
T3 (salinity)	84.3b	91.9b
T4 (salt-drought)	85.9ab	93.2ab
CV %	4.46	1.92

In general, across the treatments, LRWC differed significantly among treatments, and LRWC decreases when the plants were exposed to drought stress and salt stress. After the stress period (13 WAT) and at the end of the study (19 WAT), the highest value of LRWC was found at T1 (control) while the lowest value of LRWC was found at T3 (salt-stress). This proves LRWC was more affected by salt stress than by drought stress. In addition, the data also showed that the impact between drought and salt-drought stress on LRWC was not significantly different.

The effect of salinity and drought stress on leaf area

The effect of salinity and drought on the leaf area of sugarcane were shown in table 6.

Table 6. Effect of salt and drought stress on leaf area of sugarcane*Unit: cm²*

Treatment	13 WAT	19 WAT
T1 (control)	3511.4a	7571.5a
T2 (drought)	2321.7b	5158.8b
T3 (salinity)	2146.1b	5382.8b
T4 (salt-drought)	1167.1c	3909.6b
CV %	7.16	15.97

The study has shown that leaf areas were significantly affected by different treatments. After the stress period (13WAT), the leaf area of the stressed plants was significantly lower than that of the control plants, the lowest was the plants affected by salt-drought stress. At the recovery period, the leaf area of the stress plants was increased and there was no significant difference between them, but their leaf area was still significantly smaller than that of the control plants. In general, under the influence of drought and salt stress, leaf area decreased. Leaf area was most affected when the drought combined with salinity stress. Reduced leaf area is one of the characteristic features of canes affected by drought (Shrivastava and Srivastava, 2006). Other studies also recorded a remarkable decrease in leaf area under drought stress (Dinh et al., 2017a; Misra et al., 2020b).

The effect of salinity and drought stress on specific leaf area (SLA)

The study has shown that under the influence of drought and salt stress, specific leaf area decreased (Table 7).

Table 7. Effect of salt and drought stress on specific leaf area of sugarcane*Unit: cm²/g*

Treatment	13 WAT	19 WAT
T1 (control)	71.5a	58.7a
T2 (drought)	61.3b	44.6b
T3 (salinity)	53.4c	46.8ab

T4 (salt-drought)	41.3d	50.2ab
CV %	6.32	12.67

After the stress period (13WAT), there was a significant difference in the specific leaf area between treatments, the specific leaf area of the stressed plants was lower than the control plants, the lowest was found at the plants affected by drought-salt stress (T4). The specific leaf area of the plants affected by drought (T2) was higher than plants affected by salt stress (T3). At the recovery period (19WAT), the specific leaf area of the stress plants was increased but remained smaller than that of the control plants. At this time, the lowest specific leaf area was found at plants affected by drought.

The effect of salinity and drought stress to brix value of sugarcane

Table 8 represents the brix value of sugarcane in this experiment.

Table 8. Effect of salt and drought stress on brix value of sugarcane

Treatment	13 WAT	19 WAT
T1 (control)	10.6b	14.0a
T2 (drought)	12.1b	12.0ab
T3 (salinity)	11.2b	12.6ab
T4 (salt-drought)	16.6a	9.6b
CV %	6.75	15.66

After the stress period (13 WAT), the brix values among treatments T1 (control), T2 (drought), and T3 (salinity) were not significantly different, and the brix values among treatments T1 and T4 (salt-drought stress) were significantly different. Brix values ranged from 10.6 to 16.6. Treatment T4 gave the highest brix value (16.6), followed by T2 (12.1), then T3 (11.2), and T1 (non-stress) give the brix value lowest (10.6).

This showed that drought and salinity affect the brix value, plants affected by drought or salinity, especially both, had higher brix value than the control plants. At the recovery period (19 WAT), when all plants were irrigated as controls, the brix values of the stressed plants were significantly lower than that of the control plants, the lowest was T4 (salt-drought stress).

Some other studies (Misra et al., 2016a; Misra et al., 2020a) also revealed that in drought-affected canes were a higher amount of total soluble solids in comparison to non-drought ones. In addition, there is a study that showed that when the increasing level of salinity the value of

brix significantly decreased (Smita Kumari and Jha, 2018), which is different from our study.

The effect of salinity and drought stress to dry matter accumulation of sugarcane

As can be seen from Figure 3 and Table 9, there was an obvious difference in partial and total dry weight of sugarcane in stress treatments with control treatment starting from 13 WAT.

After the stress period (13WAT), the different treatments affected significantly the dry matter weight of sugarcane. Under the effect of drought and salt stress, partial and total dry weight of sugarcane plants decreased. The dry matter weights of leaves, stems, and roots of the stressed treatments were all significantly lower than that of the control treatments. In which, treatment T4 (salt-drought stress) had the lowest total and partial dry weight, the dry matter weights of leaves and stems of T2 (drought stress) was lower than T3 (salt stress), while the dry matter weights of the root of T2 was higher than T3; however, the total dry weight of T3 was higher than T2. At the recovery period (19WAT), partial and total dry weight of cane in stress treatment was increased significantly but was still lower than control, and the lowest was still the plant affected by salt-drought stress. At this time, the total dry weight of T2 was higher than T3, in which, the dry weight of leaves and stems of T2 is greater than that of T3 while the dry weight of roots of T2 is lower than that of T3.

Table 9. Effect of salinity and drought stress to dry matter accumulation of sugarcane.

Treatment	13 WAT				19 WAT			
	Leaf	Stem	Root	Total	Leaf	Stem	Root	Total
T1 (control)	49.1 a	114.1 a	24.6a	187.8 a	129.0 a	374.3 a	43.9a	547.2a
T2 (drought)	38.0 b	53.1b	22.4a b	113.5 b	115.7 a	204.3 b	33.7a b	353.7b
T3 (salinity)	40.2 b	64.7b	17.6b	122.5 b	114.9 a	175.7 b	37.0a	327.6b c
T4 (salt-drought)	28.4 c	35.7c	17.0b	81.1c	77.3b	130.5 b	18.2b	226.1c
CV%	3.82	9.57	14.75	6.82	8.80	17.71	24.36	14.33

Jangpromma et al. (2012) also found that drought stresses significantly root dry weight after testing the response of sugarcane to a short drought period from 90 to 100

days after planting and recovery at 10 days later. Dinh et al. (2017) found the same effect of early drought stress on the shoot dry weight and root dry weight were decreased. Misra et al. (2020b) also found total root weight of sugarcane affected by drought was a decrease.

Another study also showed that the dry weight of sugarcane, include: brown leaf, stalk, and total shoot dry weight, was reduced under the influence of salinity; The higher the salt concentration, the lower the dry weight (Zhao et al., 2020). It has been reported that gramineous plants including sugarcane exposed to salinity stress had A remarkable reduction in dry matter yield (Shomeili et al., 2011; Wattana et al., 2008; Sultana et al., 1999).

In this study, the effects of drought and salinity on sugarcane are quite clear. Drought and salt stress had significant effects on all investigated growth parameters including plant height, plant diameter, total and green leaves number. In general, All values of stress-tolerant plants (T2, T3, T4) were lower than control plants (T1). The lowest values were observed at the plant affected by salt-drought stress (T4). Similarly, drought and salt stress reduced the physiological parameters including leaf area, SPAD, LRWC, and Fv/Fm. However, significant effects were found in leaf area, SPAD, and LRWC only. Leaf area, SPAD, and LRWC values of the control treatment (T1) were highest whereas those values of T4 were lowest. The partial and total dry weight of the sugarcane plant decreased under the effect of drought and salt stress. This study showed that the lowest dry matter weight was found in plants affected by salt-drought stress and the highest dry matter weight was found in control plants. Drought and salt stress also had significant effects on Brix value which induced the lowest values in T4 treatment (combined stress). The highest values were belonging to the control treatment (T1).

In addition, it is necessary to repeat the experiment to stronger support for our conclusion about the effect of drought and salt stress on sugarcane growth; further studies should be performed on different sugarcane varieties to get a clearer understanding of the response of tolerant ability of sugarcane on effects of drought and salt stress. And to get more knowledge about individual and combined effects of drought and salt stress, further studies with more different drought and salt levels should be carried out.

References

- Bachchhav, M. (2005). Fertigation technology for increasing sugarcane production. *Indian J Fert*, 1(4), 85-92.
- Courtney, P.L., Cousins, A.B., Offermann, S., Okita, T.W., Edwards, G.E. (2010). The effects of salinity on photosynthesis and growth of the single-cell C4 species *Bienertia sinuspersici* (*Chenopodiaceae*). *Photosynth. Res.* 2010, 106, 201–214.
- Dinh, H.T., K. Watanabe, H. Takaragawa, M. Nakabaru, and Y. Kawamitsu. (2017a). Photosynthetic response and nitrogen use efficiency of sugarcane under drought stress conditions. *Plant Production Science*. <https://doi.org/10.1080/1343943X.2017.1371570>
- Dinh, H.T., Watanabe, K., Takaragawa, H. Kawamitsu, Y. (2017b). Effects of Drought Stress at Early Growth Stage on Response of Sugarcane to Different Nitrogen Application. *Sugar Tech* 20, 420–430 (2018). <https://doi.org/10.1007/s12355-017-0566-y>
- FPT Securities (2019). Báo cáo ngành đường. Duong Bich Ngoc. Retrieved from http://www.fpts.com.vn/FileStore2/File/2019/08/02/FPTSSugar_Industry_ReportJuly2019_61f3c42c.pdf
- Henry, J. R. (2010). Basic Information on the Sugarcane Plant. In: Henry J. R. & Kole C. (Eds). *Genetics, Genomics and Breeding of Sugarcane*. CRC Press, Boca Raton, American. 1-8.
- Jangpromma, N., S. Thammasirirak, P. Jaisil, and P. Songsri. (2012). Effects of drought and recovery from drought stress on above ground and root growth, and water use efficiency in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *Australian Journal of Crop Science* 6(8): 1298–1304.
- Khaled, K.A., El-Arabi, N.I., Sabrey, N.M., El-Shrbing, S. (2018). Sugarcane genotypes assessment under drought conditions using amplified fragment length polymorphism. *Biotechnology*, 17 (3), pp. 120-127.
- Misra V., Solomon S., Ansari M.I. (2016). Impact of drought on post harvest quality of sugarcane crop. *Adv. in Life Sci.*, 5 (19) (2016), pp. 8204-8213.
- Misra, V., Solomon, S., Ahmed, A., Elsayed, F.A., Mall, A.K., Prajapati, C.P., Ansari, M.I. (2020a). Minimization of post-harvest sucrose losses in drought affected sugarcane using

chemical formulation. *Saudi J Biological Sci.*, 27 (1), pp. 309-317.

Misra.V, Solomon, S., Mall, A.K., Prajapati, C.P., Abeer Hashem, Elsayed Fathi Abd_Allah, Mohammad Israil Ansari (2020b). Morphological assessment of water stressed sugarcane: A comparison of waterlogged and drought affected crop. *Saudi J Biological Sci*, 27 (5), 1228-1236. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.02.007>.

Patade, V.Y., Suprasanna, P., Bapat, V.A. (2008). Effects of salt stress in relation to osmotic adjustment on sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) callus cultures. *Plant Growth Regul.* 2008, 55, 169–173

Patade, Y. V., Bhargava, S. & Suprasanna, P. (2011). Salt and drought tolerance of sugarcane under iso-osmotic salt and water stress: growth, osmolytes accumulation, and antioxidant defense. *Journal of Plant Interactions*. Vol 06 (4). pp. 275-282 Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17429145.2011.557513>.

Shomeili, M., Nabipour, M., Meskarbashee, M., Memari, H.R. (2011). Evaluation of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) somaclonals tolerance to salinity via in vitro and in vivo. *HAYATI J. Biosci.* 2011, 18, 91–96.

Shrivastava A.K, Srivastava M.K. (2006). Abiotic stresses affecting sugarcane: Sustaining productivity, International Book distributing. Co., Lucknow. India (2006), p. 322.

Shrivastava, P., Kumar, R. (2015) Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi J. Biol. Sci.* 2015, 22, 123–131.

Smita Kumari; Jha C. K. (2018). Influence of Sodium Chloride Induce Salinity on Growth, Yield and Juice Quality of Promising Sugarcane Genotypes. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 7(6): 1366-1375. doi: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.706.161>

Sultana, N.; Ikeda, T.; Itoh, R. (1999). Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. *Environ. Exp. Bot.* 1999, 42, 211–220.

Tran Van Soi (2003). Sugarcane. Nghe An Publisher.

Vu Thi Thuy (2015). Cultivation technique for sugarcane (Part I). National Agricultural Extension Center. Retrieved from <https://www.miaduong333.com/quy-trinh-ky-thuat-trong-va-cham-soc-cay-mia/> (accessed 5/2020).

Wahid, A., Rao, A., Rasul, E. (1997). Identification of salt tolerance traits in

sugarcane lines. *Field Crops Res.* 1997, 54, 9–17.

Wattana, P., Thitisaksakul, M. (2008). Effects of salinity stress on growth and carbohydrate metabolism in three rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity tolerance. *Indian J. Exp. Biol.* 2008, 46, 736–742.

Yunita, R., Hartati, S. R., Suhesti, S. & Syafaruddin (2020). Response of bululawang sugarcane variety to salt stress. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing. 418: 012060. DOI: 10.1088/1755-1315/418/1/012060

Zhao, D., Zhu, K., Momotaz, A., Gao, X. (2020). Sugarcane Plant Growth and Physiological Responses to Soil Salinity during Tillering and Stalk Elongation. *Agriculture* 2020, 10, 608. <https://doi.org/10.3390/agriculture10120608>.