

A cauliflower-sweet corn intercropping system in high-temperature conditions

Sistema de cultivo intercalado de coliflor y maíz dulce en condiciones de temperatura elevada

Susi Kresnatita^{1,2*}; Ariffin²; Didik Hariyono²; Sitawati²

¹University of Palangka Raya. Jalan Yos Sudarso, Palangka Raya, Central Kalimantan, 74874, INDONESIA.

²University of Brawijaya. Jalan Veteran, Malang, East Java, 65145, INDONESIA.

*Corresponding author: susikresnatita@yahoo.co.id, phone. 815 55 87 3161.

Abstract

The cauliflower (*Brassica oleracea* var *botrytis* L.) has received increased interest due to its high price and high demand. The study aimed to assess the effect of planting time and plant spacing on the growth and yield of cauliflower plants intercropped with sweet corn under high-temperature conditions in Central Kalimantan, Indonesia. The main plot consisted of three different sweet corn planting times: four weeks before cauliflower planting, two weeks before cauliflower planting and simultaneous planting with cauliflower. In the sub-plots three different plant spacing distances were used for sweet corn: J1 = 60 cm, J2 = 30 cm and J3 = 20 cm. Variables analyzed in this study were air temperature, leaf area, plant dry weight, curd weight, curd diameter and curd yield. Results showed that planting sweet corn two weeks before transplanting the cauliflower and the J1 distance gave an air temperature, in the cauliflower plant canopy, suitable for leaf area growth and an increase in both plant dry weight and cauliflower curd yield (4.18 and 5.07 t·ha⁻¹).

Keywords: *Brassica oleracea*, Central Kalimantan, leaf area growth, plant spacing, planting time.

Resumen

El cultivo de coliflor (*Brassica oleracea* var *botrytis* L.) ha despertado gran interés debido a su alto precio y gran demanda. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del momento de la siembra y el espacio entre plantas sobre el crecimiento y el rendimiento de plantas de coliflor, en un sistema intercalado con maíz dulce bajo condiciones de temperatura elevada en Kalimantan Central, Indonesia. Esta investigación se realizó entre mayo y septiembre de 2016, para lo cual se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas. La parcela principal constó de tres diferentes tiempos de sembrado de maíz dulce: cuatro semanas previo al trasplante de coliflor, dos semanas previo al trasplante de coliflor y siembra simultánea con la coliflor. En las sub-parcelas se utilizaron tres distancias diferentes de sembrado del maíz dulce: J1 = 60 cm, J2 = 30 cm y J3 = 20 cm. Las variables analizadas en este estudio fueron temperatura del aire, área foliar, peso seco de la planta, peso de pella, diámetro de pella y rendimiento. Los resultados mostraron que la siembra del maíz dulce dos semanas antes del trasplante de la coliflor y la distancia J1 arrojaron una temperatura del aire, en el dosel de las plantas de coliflor, adecuada para el crecimiento del área foliar y el aumento tanto del peso seco de la planta como del rendimiento de la pella de la coliflor (4.18 y 5.07 t·ha⁻¹).

Palabras clave: *Brassica oleracea*, Kalimantan Central, crecimiento del área foliar, espacio entre plantas, momento de siembra.



Introduction

The cauliflower (*Brassica oleracea* var *botrytis* L.) is a vegetable that has good potential for being developed in Central Kalimantan because of its high price and high demand. Initially, the cauliflower was known as a cold-climate (sub-tropical) vegetable, but biotechnological advances have enabled the production of cauliflower varieties that can grow and produce flowers in the lowlands, 5 to 200 masl. Newly developed cauliflower varieties are also resistant to high temperatures; for example, Widiatningrum and Pukan (2010) report varieties able to grow and bloom at temperatures up to 30 °C.

Central Kalimantan is one of the Indonesian provinces located in an equatorial area; its elevation in the swamp area ranges from 0 to 50 masl and in the hills from 51 to 100 masl. Data from 2016 revealed that the Central Borneo region has average solar radiation of 55.79 % with temperatures described as quite hot. Daytime temperatures can reach 35.06 °C, while the average temperature is 27.40 °C (Badan Pusat Statistik [BPS], 2017). Environmental factors in tropical lowland regions (elevation and temperature) do not favor the growth of cauliflower plants, which limits their cultivation (Widiatningrum & Pukan, 2010). Nuryadin, Nugraha, and Sumekar (2016) state that temperatures of 29 °C inhibit the growth and development of cauliflower plants.

Cauliflower plants require more specific environmental conditions than other cabbage types; its cultivation in an unsuitable environment requires climate modification to meet the requirements of the different stages of plant growth (Elahi et al., 2015). The intercropping system is a cheap and simple alternative that helps to reduce the ambient temperature. This type of system can be used to generate temperate microclimates, such as those that exist in the tropics, by protecting crops with low growth habits, such as cauliflower, with taller plants (Belel, Halim, Rafii, & Saud, 2014).

The combination of planting time and spacing in an intercropping system is intended to suppress the competition between plants for growth factors, especially during the critical period for the plant. The success of an intercropping system is strongly influenced by planting time, which significantly affects yield (Purnamasari, Maghfoer, & Suminarti, 2014). Plant spacing maximizes complementarity and minimizes competition because each plant has sufficient growing space. The objective of this research was to evaluate the effect of planting time and plant spacing on the growth and yield of cauliflower plants in an intercropping system with sweet

Introducción

La coliflor (*Brassica oleracea* var *botrytis* L.) es una hortaliza que tiene potencial de desarrollo en Kalimantan Central debido a su alto precio y gran demanda. Inicialmente, la coliflor era conocida como una hortaliza de clima frío (sub-tropical), pero los avances biotecnológicos han permitido la producción de variedades de coliflor que pueden crecer y producir flores en planicies, en alturas de entre 5 y 200 msnm. Las variedades de coliflor desarrolladas recientemente también son resistentes a temperaturas altas; por ejemplo, Widiatningrum y Pukan (2010) reportan variedades capaces de crecer y florecer a temperaturas de hasta 30 °C.

Kalimantan Central es una de las provincias de Indonesia situada en una zona ecuatorial; su elevación en el área de la ciénaga va de 0 a 50 msnm, y en las colinas, de 51 a 100 msnm. Datos de 2016 señalan que la región de Borneo Central tiene una radiación solar media de 55.79 %, con temperaturas que se describen como bastante elevadas. Durante el día la temperatura puede alcanzar los 35.06 °C, con una media de 27.40 °C (Badan Pusat Statistik [BPS], 2017). Los factores ambientales en las regiones tropicales de las planicies (elevación y temperatura) no favorecen el crecimiento de las plantas de coliflor, lo que limitante su cultivo (Widiatningrum & Pukan, 2010). Nuryadin, Nugraha, y Sumekar (2016) mencionan que temperaturas de 29 °C inhiben el crecimiento y desarrollo de las plantas de coliflor.

Las plantas de coliflor requieren condiciones ambientales más específicas que otros tipos de coles; su cultivo en un medioambiente inadecuado requiere modificaciones del clima para alcanzar los requerimientos de las diferentes etapas de crecimiento de la planta (Elahi et al., 2015). El sistema de cultivo intercalado es una alternativa barata y sencilla que ayuda a reducir la temperatura ambiental. Este tipo de sistema puede utilizarse para generar microclimas templados, como los que existen en los trópicos, al proteger los cultivos con hábitos de crecimiento bajo, como la coliflor, con plantas más altas (Belel, Halim, Rafii & Saud, 2014).

La combinación del momento de la siembra y el espaciado en un sistema de cultivo intercalado tiene por objeto eliminar la competencia entre las plantas durante su crecimiento, especialmente en el período crítico para la planta. El éxito de un sistema de cultivo intercalado está fuertemente relacionado con el momento de la siembra, lo cual afecta significativamente el rendimiento (Purnamasari, Maghfoer, & Suminarti, 2014). El espaciado entre las plantas maximiza la complementariedad y minimiza la competencia debido a que cada planta tiene suficiente espacio para

corn under high-temperature conditions in Central Kalimantan, Indonesia.

Materials and methods

Study area location and materials

The study was conducted on peatlands in Kalampangan, Palangka Raya City, Indonesia, located at an elevation of 35 masl with an average temperature of 27-32 °C. The materials used in this study were corn seeds cv. Bonanza (PT East West Seed Indonesia, Purwakarta, Indonesia), cauliflower seeds cv. PM 126 (PT East West Seed Indonesia, Purwakarta, Indonesia), chicken manure compost, inorganic fertilizers (urea, SP-36, and KCl) and ash.

Experimental design

The study was performed using a split-plot design with three replicates. The main plot corresponded to the sweet corn planting time; W1 = four weeks prior to cauliflower transplantation; W2 = two weeks prior to cauliflower transplantation and W3 = simultaneous planting with cauliflower. The sub-plot was the spacing between sweet corn plants: J1 = 60 cm, J2 = 30 cm and J3 = 20 cm.

Field experiment

To condition the soil, 10 t·ha⁻¹ of chicken manure compost and 10 t·ha⁻¹ of ash were added after soil tillage; that is, two weeks before planting. Cauliflower was planted 60 cm x 60 cm apart in a 3.0 x 5.4 m experimental plot. The spacing between sweet corn rows was 120 cm, and plant spacing in the rows was according to each treatment. The cauliflower plants were fertilized with inorganic fertilizer consisting of 200 kg·ha⁻¹ of urea (46:0:0), 250 kg·ha⁻¹ of SP36 (0:36:0), and 150 kg·ha⁻¹ of KCl (0:62:0). SP-36 fertilizer and KCl were applied simultaneously at seven days after planting (dap), and urea was applied at 7 and 21 dap. The sweet corn was fertilized with 200 kg·ha⁻¹ of urea, 100 kg·ha⁻¹ of SP-36 and 100 kg·ha⁻¹ of KCl. SP-36 and KCl were applied at 7 dap, while urea was applied at 7, 28 and 49 dap (66.67 kg·ha⁻¹ each).

Variables evaluated

Cauliflower growth was determined at four time-points: at 10, 20, 30 and 40 dap, in terms of leaf area (dm²) and plant dry weight (g). At harvest, the variables evaluated were curd weight (g), curd yield per hectare (t·ha⁻¹) and curd diameter (cm). Temperatures (°C) in the cauliflower canopy were recorded each week between 14 and 49 dap as supporting data. The data obtained were subjected to an analysis of variance

su crecimiento. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del momento de la siembra y el espacio entre plantas sobre el crecimiento y el rendimiento de plantas de coliflor, en un sistema intercalado con maíz dulce bajo condiciones de temperatura elevada en Kalimantan Central, Indonesia.

Materiales y métodos

Localización área de estudio y materiales

El experimento se realizó en turberas ubicadas en la Ciudad de Kalampangan, Palangka Raya, Indonesia, situadas a 35 msnm y con temperatura media entre 27 y 32 °C. Los materiales utilizados fueron semillas de maíz cv. Bonanza (PT East West Seed Indonesia, Purwakarta, Indonesia), semillas de coliflor cv. PM 126 (PT East West Seed Indonesia, Purwakarta, Indonesia), compost de estiércol de pollo, fertilizantes inorgánicos (urea, SP-36 y KCl) y ceniza.

Diseño experimental

El estudio se realizó bajo un diseño de parcelas divididas con tres repeticiones. La parcela principal correspondió con el momento de la siembra del maíz dulce: W1 = cuatro semanas previo al trasplante de la coliflor, W2 = dos semanas previo al trasplante de la coliflor y W3 = siembra simultánea con la coliflor. Por su parte, la sub-parcela fue el espacio entre plantas del maíz dulce: J1 = 60 cm, J2 = 30 cm y J3 = 20 cm.

Experimento en campo

Para acondicionar el suelo se adicionaron 10 t·ha⁻¹ de compost de estiércol de pollo y 10 t·ha⁻¹ de ceniza después del laboreo del suelo; es decir, dos semanas antes de la siembra. La coliflor se plantó a una distancia de 60 x 60 cm en una parcela experimental de 3.0 x 5.4 m. La distancia del maíz dulce entre las hileras fue de 120 cm, y sobre las hileras fue de acuerdo con cada tratamiento. Las plantas de coliflor fueron fertilizadas con abono inorgánico compuesto por 200 kg·ha⁻¹ de urea (46:0:0), 250 kg·ha⁻¹ de SP-36 (0:36:0) y 150 kg·ha⁻¹ KCl (0:62:0). SP-36S y KCl se aplicaron simultáneamente a los siete días después de la siembra (dds), y la urea se aplicó a los 7 y 21 dds. El maíz dulce se fertilizó con 200 kg·ha⁻¹ de urea, 100 kg·ha⁻¹ de SP-36 y 100 kg·ha⁻¹ de KCl. El SP-36 y el KCl se aplicaron a los 7 dds, mientras que la urea se aplicó a los 7, 28 y 49 dds (66.67 kg·ha⁻¹ en cada una).

Variables evaluadas

El crecimiento de la coliflor se determinó en cuatro ocasiones: a los 10, 20, 30 y 40 dds, a partir del área foliar (dm²) y el peso seco de las plantas (g). En la

in the DSAASTAT program (EXCEL®, VBA add-in), and when the effect of the treatments was observed, a comparison of means was conducted using the least significant difference test (LSD, $P \leq 0.05$). Additionally, a regression analysis was performed in Excel®.

Results

As shown in Table 1 and 2, the highest values for cauliflower leaf area and dry weight were obtained with sweet corn that was planted two weeks before the cauliflower (W2), although in the case of leaf area, this treatment did not differ statistically from W3 at 30 and 40 dap. This may be because the intensity of sunlight was sufficient for optimal photosynthesis.

Figure 1 shows that leaf area is strongly related to the dry weight of cauliflower plants ($R^2 = 96$ and 97%). Based on the results of the regression curves, it was observed that the highest dry weight of cauliflower plants per unit of leaf area was found with the W2 treatment, followed by W3. The ability of cauliflower to produce large leaves was lower with the W1 treatment, which influenced dry weight. Leaf area is smaller probably because there was less photosynthesis.

As a result of the above, in Table 3 it can be seen that the curd yield per hectare in cauliflower planted four weeks after sweet corn (W1) had the lowest value ($2.61 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) compared to other times, as well as the lowest temperature (Table 4). The W2 planting time had

cosecha, las variables evaluadas fueron peso de la pella (g), rendimiento de la pella por hectárea ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$) y diámetro de la pella (cm). Las temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) en el dosel de la coliflor se registraron cada semana entre los 14 y los 49 dds, como datos de apoyo. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza en el programa DSAASTAT (EXCEL®, complemento VBA), y cuando se observó efecto de los tratamientos se realizó una comparación de medias mediante la prueba de diferencia mínima significativa (DMS, $P \leq 0.05$). Adicionalmente, se realizó un análisis de regresión en el programa Excel®.

Resultados

Como se muestra en los Cuadros 1 y 2, los valores más altos del área foliar y el peso seco de la coliflor se obtuvieron cuando el maíz dulce se sembró dos semanas antes que la coliflor (W2), aunque en el caso del área foliar, este tratamiento no difirió estadísticamente del W3 a los 30 y 40 dds. Lo anterior puede deberse a que la intensidad de la luz solar fue suficiente para una fotosíntesis óptima.

La Figura 1 muestra que el área foliar está fuertemente relacionada con el peso seco de las plantas de coliflor ($R^2 = 96$ y 97%). A partir de los resultados de las curvas de regresión, se observó que el mayor peso seco de las plantas de coliflor por unidad de área foliar se encontró con el tratamiento W2, seguido del W3. La capacidad de la coliflor para producir hojas grandes fue menor

Table 1. Means comparison of leaf area of cauliflower plants treated with different transplant times and spacing between sweet corn plants.

Cuadro 1. Comparación de medias del área foliar de plantas de coliflor tratadas con diferentes momentos de trasplante y espacio entre plantas de maíz dulce.

Treatment/Tratamiento	Days after planting/Días después de la siembra			
	10	20	30	40
Planting time of SC¹/Momento de siembra de MD¹				
W1 (four weeks before CF)/W1 (cuatro semanas previo a la CF)	1.42	4.40 a ^z	32.18 a	61.02 a
W2 (two weeks before CF)/W2 (dos semanas previo a la CF)	1.53	5.81 b	34.77 b	67.94 b
W3 (simultaneously with CF)/W3 (simultáneamente con la CF)	1.45	4.88 a	33.11 ab	64.12 ab
LSD/DMS	ns	0.88	1.7	4.98
Plant spacing of SC/Espacio entre plantas de MD				
J1 (60 cm)	1.56 b	6.00 b	34.99 b	70.21 b
J2 (30 cm)	1.49 b	5.45 b	34.19 b	70.47 b
J3 (20 cm)	0.066 a	3.63 a	30.88 a	52.41 a
LSD/DMS	0.07	0.57	1.21	6.67

¹SC = sweet corn; CF = cauliflower; LSD = least significant difference; ns = not significant. ^zMeans with the same letter within each column do not differ statistically ($P \leq 0.05$).

¹MD = maíz dulce; CF = coliflor; DMS = diferencia mínima significativa; ns = no significativo. ^zMedias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$).

Table 2. Means comparison of dry weight of cauliflower plants treated with different transplant times and spacing between sweet corn plants.

Cuadro 2. Comparación de medias del peso seco de plantas de coliflor tratadas con diferentes momentos de trasplante y espacio entre plantas de maíz dulce.

Treatment/Tratamiento	Days after planting/Días después de la siembra			
	10	20	30	40
Planting time of SC¹/Momento de siembra de MD¹				
W1 (four weeks before CF)/W1 (cuatro semanas previo a la CF)	1.11	3.71 a ^z	10.01 a	32.62 a
W2 (two weeks before CF)/W2 (dos semanas previo a la CF)	1.17	4.54 c	17.16 c	44.06 c
W3 (simultaneously with CF)/W3 (simultáneamente con la CF)	1.15	3.99 b	14.99 b	39.66 b
LSD/DMS	ns	0.16	1.33	2.11
Plant spacing of SC/Espacio entre plantas de MD				
J1 (60 cm)	1.22 b	4.86 b	17.24 c	44.55 c
J2 (30 cm)	1.13 a	4.40 b	14.47 b	40.60 b
J3 (20 cm)	1.08 a	2.99 a	10.44 a	31.20 a
LSD/DMS	0.09	0.69	1.7	1.82

¹SC = sweet corn; CF = cauliflower; LSD = least significant difference; ns = not significant. ^zMeans with the same letter within each column do not differ statistically ($P \leq 0.05$).

¹MD = maíz dulce; CF = coliflor; DMS = diferencia mínima significativa; ns = no significativo. ^zMedias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$).

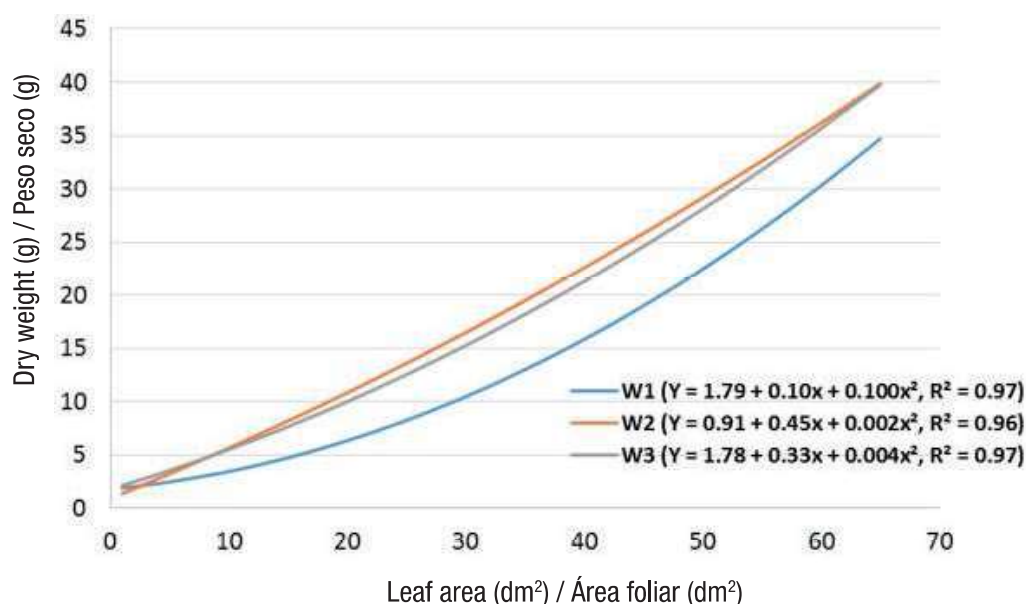


Figure 1. Relationship between leaf area and dry weight of cauliflower plants as a function of sweet corn transplanting time. W1 = four weeks prior to cauliflower transplantation; W2 = two weeks prior to cauliflower transplantation and W3 = simultaneous planting with cauliflower.

Figura 1. Relación entre área foliar y peso seco de plantas de coliflor en función del momento de trasplante del maíz dulce. W1 = cuatro semanas previo al trasplante de la coliflor, W2 = dos semanas previo al trasplante de la coliflor y W3 = siembra simultánea con la coliflor.

Table 3. Yield of cauliflower plants treated with different planting times and sweet corn spacing.**Cuadro 3. Rendimiento de paltas de coliflor tratadas con diferentes momentos de trasplante y espacio entre plantas de maíz dulce.**

Treatment/Tratamiento	Curd weight (g)/ Peso de pella (g)	Curd yield (t·ha ⁻¹)/ Rendimiento de pella (t·ha ⁻¹)	Curd diameter (cm)/ Diámetro de pella (cm)
Planting time of SC¹/Momento de siembra de MD¹			
W1 (four weeks before CF)/ W1 (cuatro semanas previo a la CF)	117.61 a ^z	2.61 a	8.61 a
W2 (two weeks before CF)/W2 (dos semanas previo a la CF)	188.15 c	4.18 c	9.73 c
W3 (simultaneously with CF)/W3 (simultáneamente con la CF)	156.09 b	3.47 b	9.06 b
LSD/DMS	ns	0.45	0.53
Plant spacing of SC/Espacio entre plantas de MD			
J1 (60 cm)	228.19 c	5.07 c	11.7 c
J2 (30 cm)	165.83 b	3.69 b	9.73 b
J3 (20 cm)	67.83 a	1.51 a	4.60 a
LSD/DMS	12.57	0.53	0.49

¹SC = sweet corn; CF = cauliflower; LSD = least significant difference; ns = not significant. ²Means with the same letter within each column do not differ statistically ($P \leq 0.05$).

¹MD = maíz dulce; CF = coliflor; DMS = diferencia mínima significativa; ns = no significativo. ²Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$).

Table 4. Air temperature in the canopy of cauliflower crops treated with different planting times and plant spacing in the sweet corn.**Cuadro 4. Temperatura del aire en el dosel de los cultivos de coliflor tratados con diferentes momentos de trasplante y espacio entre plantas de maíz dulce.**

Treatment/Tratamiento	Days after planting/Días después de la siembra					
	14	21	28	35	42	49
Planting time of SC¹/Momento de siembra de MD¹						
W1 (four weeks before CF)/W1 (cuatro semanas previo a la CF)	26.9	26.2 a ^z	25.9 a	25.5 a	24.4 a	24.1 a
W2 (two weeks before CF)/W2 (dos semanas previo a la CF)	27.8	27.1 ab	26.5 ab	25.9 b	25.3 b	24.7 b
W3 (simultaneously with CF)/W3 (simultáneamente con la CF)	28.1	27.6 b	27.4 b	26.5 c	26.3 c	25.1 b
LSD/DMS	ns	1.1	1	0.42	0.9	0.5
Plant spacing of SC/Espacio entre plantas de MD						
J1 (60 cm)	28.2	27.5 b	27.0 b	26.8 c	26.2 c	25.2 c
J2 (30 cm)	27.3	26.9 ab	26.6 ab	25.9 b	25.4 b	24.6 b
J3 (20 cm)	27.3	26.5 a	26.2 a	25.2 a	24.5 a	24.1 a
LSD/DMS	ns	0.7	0.5	0.7	0.5	0.4

¹SC = sweet corn; CF = cauliflower; LSD = least significant difference; ns = not significant. ²Means with the same letter within each column do not differ statistically ($P \leq 0.05$).

¹MD = maíz dulce; CF = coliflor; DMS = diferencia mínima significativa; ns = no significativo. ²Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$).

the highest yield ($4.18 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) as well as an intermediate temperature (between 25.3 and $25.90 \text{ }^{\circ}\text{C}$) compared to the rest of the treatments (Table 4).

Discussion

Leaf area and dry weight

The results of the analysis of the cauliflower-sweet corn intercropping system showed no interaction between planting time and plant spacing of sweet corn regarding the leaf area and dry weight of cauliflower plants (Table 5). The significant effect occurred in each treatment separately (Tables 1 and 2). The planting time of sweet corn had a significant effect on cauliflower leaf area and dry weight at 20 to 40 dap, while the plant spacing of sweet corn had a significant effect during the entire observation period (10 to 40 dap). Planting time is an essential factor in crop cultivation that will affect subsequent growth rates and crop yields (Nulhakim & Hatta, 2008). Plant spacing in intercropping systems is

con el tratamiento W1, lo cual influyó en el peso seco. El área foliar es menor debido, probablemente, a que el proceso de fotosíntesis fue menor.

Como resultado de lo anterior, en el Cuadro 3 se puede observar que el rendimiento de pella en la coliflor plantada cuatro semanas después del maíz dulce (W1) presentó el valor más bajo ($2.61 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), en comparación con otros momentos, así como la menor temperatura (Cuadro 4). El momento de siembra W2 fue el que presentó el mayor rendimiento ($4.18 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), además de una temperatura intermedia (entre 25.3 y $25.90 \text{ }^{\circ}\text{C}$) en comparación con el resto de los tratamientos (Cuadro 4).

Discusión

Área foliar y peso seco

Los resultados del análisis del sistema intercalado coliflor-maíz dulce no mostraron interacción entre el momento de la siembra y la distancia entre plantas

Table 5. Significance of the interaction between the two factors studied (planting time and sweet corn plant spacing) and the variables evaluated in cauliflower plants.

Cuadro 5. Significancia de la interacción entre los dos factores estudiados (momento de siembra y espacio entre plantas de maíz dulce) y las variables evaluadas en plantas de coliflor.

Variables	F-value
Leaf area 10 dap ¹ /Área foliar 10 dds ¹	2.554
Leaf area 20 dap/Área foliar 20 dds	1.167
Leaf area 30 dap/Área foliar 30 dds	0.544
Leaf area 40 dap/Área foliar 40 dds	0.220
Dry weight 10 dap/Peso seco 10 dds	2.554
Dry weight 20 dap/Peso seco 20 dds	0.780
Dry weight 30 dap/Peso seco 30 dds	0.771
Dry weight 40 dap/Peso seco 40 dds	0.788
Curd weight/Peso de la pella	0.830
Curd yield/Rendimiento de la pella	0.830
Curd diameter/Diámetro de la pella	0.924
Air temperature 14 dap/Temperatura del aire 14 dds	0.485
Air temperature 21 dap/Temperatura del aire 21 dds	0.048
Air temperature 28 dap/Temperatura del aire 28 dds	0.120
Air temperature 35 dap/Temperatura del aire 35 dds	0.041
Air temperature 42 dap/Temperatura del aire 42 dds	0.779
Air temperature 49 dap/Temperatura del aire 49 dds	0.615

¹dap = days after planting; $F_{\text{table}} 5\% = 3.26$; $F_{\text{table}} 1\% = 5.41$.

¹dds = días después de la siembra; $F_{\text{tabla}} 5\% = 3.26$; $F_{\text{tabla}} 1\% = 5.41$.

important because appropriate spacing arrangements will optimize resource utilization, such as total light interception, and nutrient and water uptake by both types of plants (Gebru, 2015).

Kamara et al. (2017) note that intercropping systems have the positive effect of blocking excessive sunlight. In this case, the shade of the sweet corn plants had a positive effect on the cauliflower, as the temperature around the cauliflower canopy was reduced to about 26.5-28 °C, which is suitable for the development of leaf area and increases the dry weight of cauliflower plants. Sufficient sunlight and a suitable temperature in a hot area could increase the success of cauliflower cultivation according to the growth stage of the plants.

The W1 treatment resulted in lower leaf growth and dry weight in cauliflower plants. This was because the sweet corn leaves eclipsed the cauliflower plants, so the intensity of sunlight received by them was low, as well as the temperature (from 27.6 to 25.9 °C, between 7 and 28 dap, respectively). The lack of sunlight directly decreases canopy temperature and lowers nutrient and water uptake, inhibiting cauliflower growth. In addition, low temperatures during the initial phase of cauliflower growth slow the plant's growth and development (Gebru, 2015).

The factors that influence the success of intercropping are plant spacing and plant population (Ofori & Gamedoagbao, 2005). Plant biomass decreases with increasing crop density in the intercropping system (Sutharsan & Srikrishnah, 2015). The lowest value of leaf area and dry weight of cauliflower was recorded with the J3 treatment, which represents the shortest distance. With a broader spacing of sweet corn plants, the leaf area and dry weight of the cauliflower plant also increased, although there were no significant statistical differences between treatments J1 and J2 (Table 1).

Relationship between leaf area and dry weight

Intercropping cultivation of high and low plants can reduce the intensity of sunlight and air temperature while increasing the relative humidity of the canopy (Zafarani, 2015). The W2 treatment resulted in a temperature between 26.5 and 28.0 °C, which was suitable for the growth of cauliflower plants. This is reflected in the leaf area and dry weight values obtained with this treatment, which were higher than in W1. Leaf area plays an important role because the formation of plant biomass is determined by the interception of sunlight by the leaves and its effectiveness, in which light interception is used to increase the dry weight of the plant (Belel et al., 2014).

de maíz dulce con respecto a la superficie foliar y el peso seco de las plantas de coliflor (Cuadro 5). El efecto significativo se produjo en cada tratamiento por separado (Cuadros 1 y 2). La fecha de siembra del maíz dulce tuvo un efecto significativo tanto en el área foliar, como en el peso seco de la coliflor entre los 20 y 40, mientras que la distancia entre plantas de maíz dulce fue significativa en todo el período evaluado (10 a 40 dds). La fecha de siembra es un factor esencial en los cultivos, ya que afecta la tasa de crecimiento y el rendimiento de los cultivos posteriores (Nulhakim & Hatta, 2008). Por su parte, el espacio entre plantas en los sistemas de cultivo intercalado es importante debido a que los arreglos adecuados de espaciado optimizan el uso de los recursos, como la captación de luz, y la absorción de nutrientes y agua por ambos tipos de plantas (Gebru, 2015).

Kamara et al. (2017) mencionan que en los sistemas de cultivo intercalado se tiene un efecto positivo al bloquear la luz solar excesiva. En este caso, la sombra de las plantas de maíz dulce tuvo un efecto positivo en la coliflor, ya que la temperatura alrededor del dosel de la coliflor se redujo a cerca de 26.5 y 28 °C, lo cual es adecuado para el desarrollo del área foliar y el aumento del peso seco de las plantas de coliflor. La luz solar suficiente y la temperatura adecuada en una zona calurosa podrían aumentar el éxito del cultivo de la coliflor en función de la fase de crecimiento de las plantas.

El tratamiento W1 resultó en el menor crecimiento foliar y menor peso seco en las plantas de coliflor. Lo anterior debido a que las hojas de maíz dulce eclipsaron a las plantas de coliflor, por lo que la intensidad de la luz solar recibida por éstas fue baja, así como la temperatura (de 27.6 a 25.9 °C, entre los 7 y los 28 dds, respectivamente). La falta de luz solar disminuye directamente la temperatura del dosel, así como la absorción de nutrientes y agua, lo que inhibe el crecimiento de la coliflor. Además, las bajas temperaturas durante la fase inicial del crecimiento de la coliflor ralentizan el crecimiento y desarrollo de la planta (Gebru, 2015).

Los factores que influyen en el éxito de los cultivos intercalados son el espacio entre las plantas y su densidad de población (Ofori & Gamedoagbao, 2005). La biomasa vegetal disminuye conforme aumenta la densidad del cultivo en el sistema intercalado (Sutharsan & Srikrishnah, 2015). El valor más bajo de área foliar y de peso seco de coliflor se registró con el tratamiento J3, el cual representa la menor distancia. Con un espacio más amplio entre las plantas de maíz dulce, el área foliar y el peso seco de la planta de coliflor también aumentaron, aunque no hubo diferencias

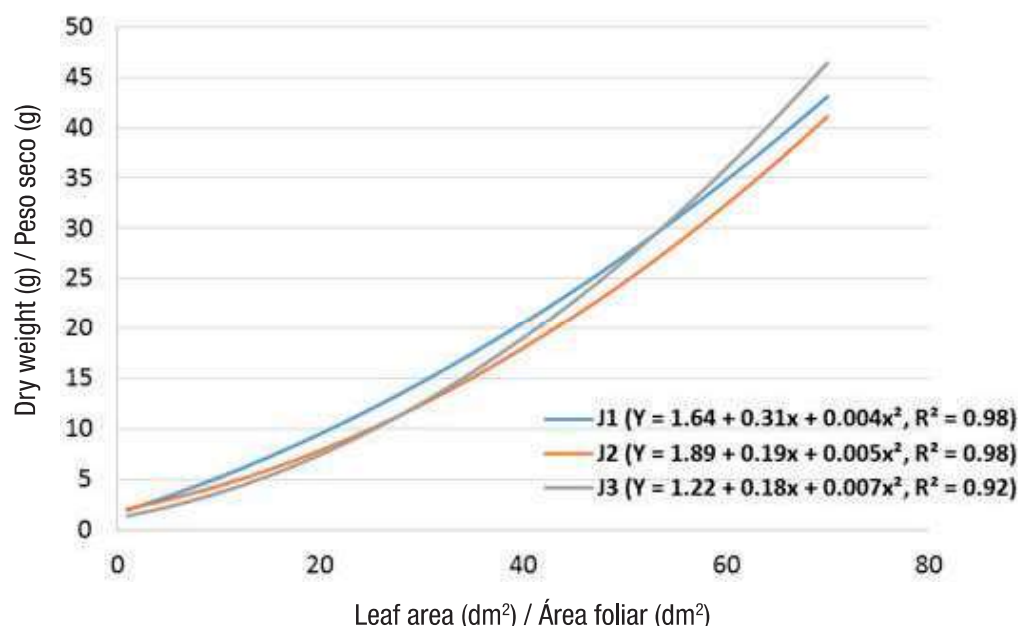


Figure 2. Relationship between leaf area and dry weight in cauliflower plants as a function of sweet corn plant spacing. J1 = 60 cm, J2 = 30 cm and J3 = 20 cm.

Figura 2. Relación entre área foliar y peso seco en plantas de coliflor en función de la distancia entre plantas de maíz dulce. J1 = 60 cm, J2 = 30 cm y J3 = 20 cm.

Efforts to increase the success rate when planting in an intercropping system involve adjusting the appropriate spacing between component plants. This research study found that sweet corn plant spacing of 60 cm (J1) and 30 cm (J2) is the most suitable planting distance for the growth of cauliflower plants. The results of regression analysis showed that the increase in dry weight per unit of leaf area with treatments J1 and J2 was greater than with J3 until the end of vegetative growth (Figure 2). Good spatial arrangement in an intercropping system can decrease crop competition and thus improve crop growth (Sutharsan & Srikrishnah, 2015).

Cauliflower yield

Cauliflower plants that grow in hot areas require special treatment to stimulate flowering. The transition from the vegetative phase to the generative phase in the cauliflower plant is a complicated morphogenetic process. To produce an edible flower, the cauliflower plant needs low temperatures; in addition, the induction of flowering and therefore yield are affected by light, temperature, water availability, nutrients and chemicals, such as hormones and growth regulators (Cebula, Kalisz, & Kunicki, 2005; Kałużewicz et al., 2012). Therefore, it is important to adjust the timing of sweet corn planting to have adequate sunlight and temperature levels when the vegetative growth and generative stage of cauliflower plants occur.

estadísticas significativas entre los tratamientos J1 y J2 (Cuadro 1).

Relación entre área foliar y peso seco

El sistema de cultivo intercalado de plantas altas y bajas puede reducir la intensidad de la luz solar y la temperatura del aire al tiempo que aumenta la humedad relativa del dosel (Zafaraniéh, 2015). El tratamiento W2 dio como resultado una temperatura de entre 26.5 y 28.0 °C, la cual fue adecuada para el crecimiento de las plantas de coliflor. Esto se refleja en los valores de área foliar y peso seco con este tratamiento, los cuales fueron superiores a los de W1. El área foliar juega un papel importante debido a que la formación de biomasa vegetal está relacionada con la captación de luz solar por las hojas y con la efectividad de este proceso; además, la captación de luz se utiliza para aumentar el peso seco de la planta (Belel et al., 2014).

Los esfuerzos para elevar la tasa de éxito cuando se emplea un sistema de cultivo intercalado implican ajustar el espaciado adecuado entre las plantas que lo conforman. En este trabajo, se encontró que las distancias entre plantas de maíz dulce de 60 cm (J1) y 30 cm (J2) son las más adecuadas para el crecimiento de las plantas de coliflor. Los resultados del análisis de regresión mostraron que el incremento en el peso seco por unidad de área foliar con los tratamientos J1 y J2 fue mayor que con J3 hasta el final del crecimiento

The results of the analysis showed that there was no significant interaction between planting times and distances between sweet corn plants and cauliflower yield. However, the treatments separately affected the yield components of the cauliflower plant: curd weight, curd yield and curd diameter. W1 treatments had the lowest curd weight (117.61 g) and smallest curd diameter (8.61 cm) (Table 3); this was due to excessive shading in cauliflower plants from the onset of growth. The high shade levels blocked the sunlight and caused lower temperatures in the canopy; this affected the rate of photosynthesis, which also reduces the photosynthate that translocated to the curd.

The success of cauliflower production depends on the climate, especially temperature, and this relationship is very intensive and complex (Farzana, Muhammad-Solaiman, & Amin, 2016). Extremely high or low temperatures are less suitable for curd formation in a lowland environment because the curd will be less compact or disconnected. Cauliflower planted in high temperatures produces small and low-quality curds; in addition, if heat-resistant cauliflower varieties enter the flowering phase at temperatures that are too low and shade levels too high, the resulting curd will be small and have low quality (Ajithkumar, Karthika, & Rao, 2014; Thakur, 2014).

Figure 3 shows that leaf area had an effect of 78 % ($R^2 = 0.78$) on curd weight, which means that 78 % of the curd weight was affected by the leaf area, while other

vegetativo (Figura 2). Una buena disposición espacial en un sistema de cultivo intercalado puede disminuir la competencia entre los cultivos y, por lo tanto, mejorar el crecimiento de los mismos (Sutharsan & Srikrishnah, 2015).

Rendimiento de la coliflor

Las plantas de coliflor que crecen en zonas calurosas requieren un tratamiento especial para estimular su floración. La transición de la fase vegetativa a la fase generativa en las plantas de coliflor es un proceso morfogénico complicado. Para producir una flor comestible, la planta necesita una temperatura baja; además, la inducción de la floración, y por ende el rendimiento, se ven afectados por la luz, la temperatura, la disponibilidad de agua, los nutrientes y los productos químicos, como las hormonas y los reguladores del crecimiento (Cebula, Kalisz, & Kunicki, 2005; Kałużewicz et al., 2012). Por ello, es importante ajustar el momento de la siembra del maíz dulce para tener los requerimientos de luz solar y de temperatura adecuados cuando ocurran el crecimiento vegetativo y la etapa generativa de las plantas de coliflor.

Los resultados del análisis mostraron que no hubo interacción significativa entre los momentos de siembra y las distancias entre plantas de maíz dulce con el rendimiento de la coliflor. No obstante, los tratamientos afectaron por separado a los componentes de rendimiento de la planta de coliflor: peso de

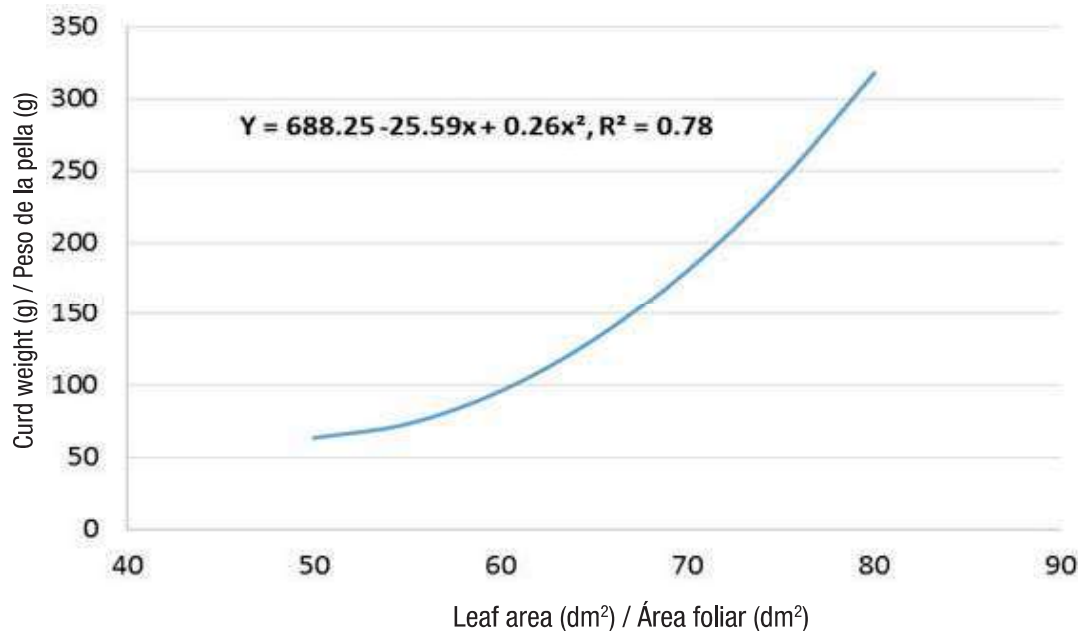


Figure 3. Relationship between leaf area and cauliflower curd weight.

Figura 3. Relación entre área foliar y peso de la pella de coliflor.

factors influence 22 %. The W2 treatment presented the highest curd yield ($4.18 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), curd diameter (9.73 cm) and curd weight (188.15 g) (Table 3). This is due to the fact that under this treatment the appropriate temperature was produced (Table 4) for the flowering process of lowland cauliflower growing in the tropics of Central Kalimantan. Having the light and temperature levels required at each cauliflower plant growth stage increases the success of planting in hot areas.

Appropriate crop density is vital in intercropping systems to balance the temperature of the canopy, which can increase leaf area and light absorption and thus improve yield (Zafarani, 2015). The results showed that closer spacing of sweet corn plants resulted in low curd weight and low yield, and that increasing spacing between plants from 20 cm (J3) to 60 cm (J1) also increased curd weight and yield (Table 3). The highest cauliflower curd yield was obtained with the J1 treatment ($5.07 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), while the lowest yield was obtained by J3 ($1.51 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). The plant spacing arrangement is intended to allow each plant to evenly obtain available resources, such as light, water and nutrients, and thereby reduce the level of competition among plants. Suitable spacing for intercropped plants has been reported to increase crop yield (Cebula et al., 2005).

The highest curd diameter and weight were obtained with the J1 treatment, with values of 11.7 cm and 228.19 g, respectively. Figure 4 shows the relationship

between curd weight and diameter. The W1 treatment presented the lowest curd weight (117.61 g) and curd diameter (8.61 cm) (Cuadro 3); this was due to the excess of shading in the cauliflower plants from the beginning of growth. The high levels of shade blocked the solar light and caused lower temperatures in the canopy, which affected the rate of photosynthesis, reducing at the same time the photosynthates that are translocated to the curd.

The success in the production of cauliflower depends on the climate, especially on the temperature, and this relationship is very intense and complex (Farzana, Muhammad-Solaiman, & Amin, 2016). The extremely high or low temperatures are less suitable for the formation of the curd in a flat environment, as the curd will be less compact or disconnected. The cauliflower planted at high temperatures produces small and low quality curds; likewise, if varieties resistant to heat enter the flowering stage at very low temperatures and high levels of shading, the resulting curd will be small and of low quality (Ajithkumar, Karthika & Rao, 2014; Thakur, 2014).

Figure 3 shows that the leaf area had an effect of 78 % ($R^2 = 0.78$) on the curd weight; that is, 78 % of the curd weight was affected by the leaf area, while other factors influence 22 %. The W2 treatment presented the highest curd yield ($4.18 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), curd diameter (9.73 cm) and curd weight (188.15 g) (Cuadro 3). The previous was due to

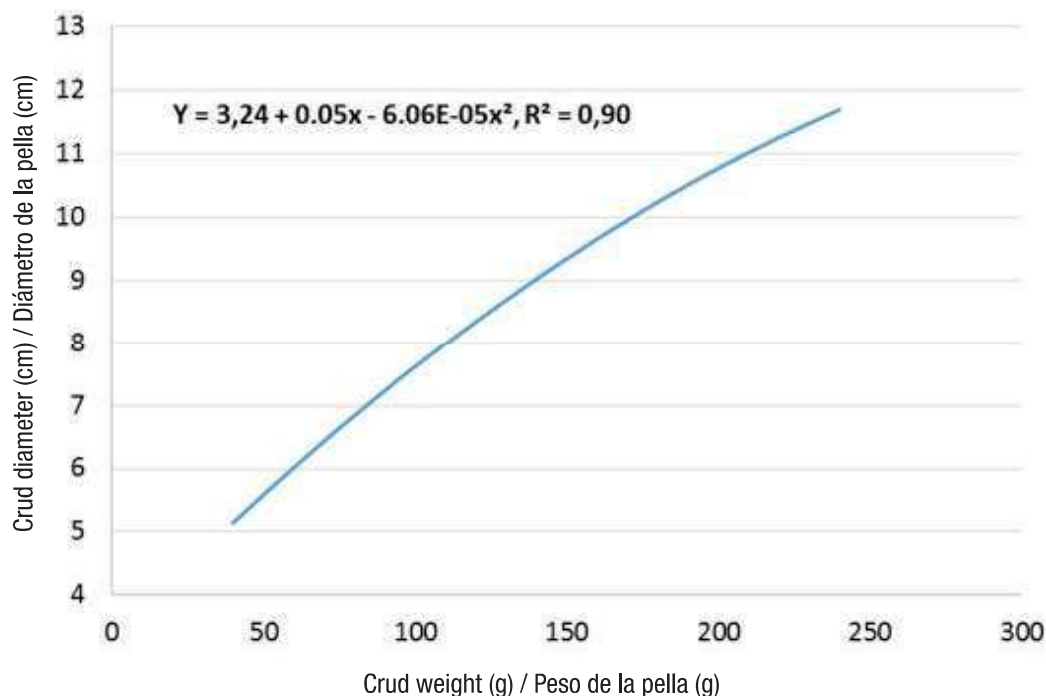


Figure 4. Relationship between cauliflower curd weight and diameter.

Figura 4. Relación entre peso y diámetro de la pella de coliflor.

between curd diameter and curd weight, where the effect is 90 % ($R^2 = 0.90$), which means that the magnitude of the curd diameter is 90 % influenced by the weight per curd while other factors cause the other 10 %. The level of competition for resources, such as sunlight, nutrients and moisture, can be minimized to form plant organs and leaf area used for photosynthesis. This leads to more significant assimilate translocation from source to sink, resulting in improved crop yields (Hadidi, Sharaiha, & Debei, 2011).

The setting of the spacing in an intercropping system is closely related to the leaf area produced by the plant, where close spacing will produce a smaller leaf area. Treatment J3 caused high competition among plants, as well as reducing sunlight intensity and temperature. Those conditions affected the growth process, so the cauliflower produced small and lightweight curds that were not compact. As seen in Figure 3, leaf area and curd weight are related; that is, a larger leaf area increases the photosynthesis process, which increases curd weight.

Conclusions

The optimal planting time and spacing between sweet corn plants in an intercropping system with cauliflower reduces the air temperature of the cauliflower canopy. Planting sweet corn two weeks before planting cauliflower, with 60-cm spacing, is more suitable for increasing leaf area and dry weight of cauliflower plants. In addition, under these conditions, a curd yield of 5.07 and 4.18 t·ha⁻¹ can be obtained in the lowlands of Central Kalimantan.

Acknowledgements

The authors would like to thank the Ministry of Research, Technology and Higher Education of the Republic of Indonesia and the Postgraduate Doctoral Program of Brawijaya University.

End of English version

References / Referencias

- Ajithkumar, B., Karthika, V. P., & Rao, V. U. (2014). *Crop weather relationship in cauliflower (Brassica oleracea var. Botrytis L.) in the Central zone of Kerala*. Kerala: Kerala Agricultural University Press. Retrieved from <http://www.cropweatheroutlook.in/crida/amis/Trissur-Crop%20Weather%20Relationships-Cauliflower.pdf>
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2017). *Kalimantan tengah dalam angka*. Retrieved from <https://kalteng.bps.go.id/>

que bajo este tratamiento se produjo la temperatura adecuada (Cuadro 4) para el proceso de floración de la coliflor de planicies que crecen en los trópicos de Kalimantan Central. La suficiente luz y temperatura requeridas en cada etapa de crecimiento de la planta de coliflor aumentan el éxito de la plantación en zonas calurosas.

Una densidad de cultivo adecuada es vital en los sistemas intercalados para equilibrar la temperatura del dosel, lo cual puede incrementar el área foliar y la captación de luz solar, lo que se refleja en el rendimiento (Zafarani, 2015). Los resultados mostraron que un espacio entre plantas de maíz dulce más estrecho resultó en un bajo peso de la pella y un bajo rendimiento, y al incrementar la distancia entre plantas, de 20 cm (J3) a 60 cm (J1), también aumentó el peso de la pella y el rendimiento (Cuadro 3). El mayor rendimiento de pella de coliflor se obtuvo con el tratamiento J1 (5.07 t·ha⁻¹), mientras que el menor rendimiento se obtuvo con J3 (1.51 t·ha⁻¹). La disposición del espacio entre plantas tiene por objeto permitir que cada planta obtenga de manera uniforme los recursos disponibles, como luz, agua y nutrientes, y de esta manera reducir el nivel de competencia entre las plantas. Se ha reportado que el espaciamiento adecuado en plantas intercaladas aumenta el rendimiento del cultivo (Cebula et al., 2005).

El mayor diámetro y peso de pella se obtuvieron con el tratamiento J1, con valores de 11.7 cm y 228.19 g, respectivamente. La Figura 4 muestra la relación entre el diámetro de la pella y su peso, donde el efecto es de 90 % ($R^2 = 0.90$), lo que significa el diámetro de la pella está influenciado en 90 % por el peso de la pella, mientras que otros factores causan solo el otro 10 %. El nivel de competencia por recursos, como luz solar, nutrientes y humedad, puede minimizarse para formar órganos vegetales y área foliar utilizada para la fotosíntesis. Esto conduce a una mayor asimilación de la translocación de la fuente al sumidero, lo que resulta en la mejora de los rendimientos de los cultivos (Hadidi, Sharaiha, & Debei, 2011).

El espaciado en un sistema de cultivo intercalado está estrechamente relacionado con el área foliar producida por la planta, donde el espaciado reducido producirá un área foliar más pequeña. El tratamiento J3 provocó una alta competencia entre las plantas; además, redujo la intensidad de la luz solar y la temperatura. Estas condiciones afectaron el proceso de crecimiento, por lo que la coliflor produjo pellas pequeñas y ligeras, que no eran compactas. Como se vio en la Figura 3, el área foliar y el peso de la pella están relacionados; es decir, una mayor superficie foliar incrementa el proceso de fotosíntesis, lo que aumenta el peso de la pella.

- Belel, M. D., Halim, R. A., Rafii, M. Y., & Saud, H. M. (2014). Intercropping of corn with some selected legumes for improved forage production: a review. *Journal of Agricultural Science*, 6(3), 48-62. doi: 10.5539/jas.v6n3p48
- Cebula, S., Kalisz, A., & Kunicki, E. (2005). The course of growth and yielding of white and green cauliflower cultivated in two terms for autumn production. *Folia Horticulturae*, 17(1), 23-35. Retrieved from <http://www.ptno.ogr.ar.krakow.pl/Wydawn/FoliaHorticulturae/Spisy/FH2005/PDF17012005/fh1701p03.pdf>
- Elahi, E., Wali, A., Ayub, G., Ahmed, S., Huma, Z., & Ahmed, N. (2015). Response of cauliflower (*Brassica oleracea* L. botrytis) cultivars to phosphorus levels. *Pure and Applied Biology*, 4(2), 187-194. doi: 10.19045/bspab.2015.42007
- Farzana, L., Muhammad-Solaiman, A. H., & Amin, M. R. (2016). Potentiality of producing summer cauliflower as influenced by organic manures and spacing. *Asian Journal of Medical and Biological Research*, 2(2), 304-317. doi: 10.3329/ajmbr.v2i2.29075
- Gebru, H. (2015). A review on the comparative advantage of intercropping systems. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 5(7), 1-14. Retrieved from <https://www.iiste.org/Journals/index.php/JBAH/article/view/22307>
- Hadidi, N., Sharaiha, R., & Debei, H. A. (2011). Effect of intercropping on the performance of some summer vegetable crops grown under different row arrangements. *Scientific Papers Journal Agronomy Series*, 54(2), 11-17. Retrieved from http://www.uaiasi.ro/revagrois/PDF/2011-2/paper/pagini_11-17_Hadidi.pdf
- Kałużewicz, A., Krzesiński, W., Knaflowski, M., Lisiecka, J., Spizewski, T., & Frąszczak, B. (2012). Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) head initiation under field conditions. *Acta Agrobotica*, 65(2), 93-98. doi: 10.5586/aa.2012.062
- Kamara, A. Y., Tofa, A. I., Ademulegun, T., Solomon, R., Shehu, H., Kamai, N., & Lucky, O. (2017). Maize-Soybean intercropping for sustainable intensification of cereal-legume cropping systems in Northern Nigeria. *Experimental Agriculture*, 55(1), 1-15. doi: 10.1017/S0014479717000564
- Karistsapol, N., Santipracha, Q., & Sompong, T. C. (2013). Effect of shading and variety on the growth and yield of broccoli. *International Journal of Plant, Animal, And Environmental Sciences*, 3(2), 111-115. Retrieved from http://www.ijpaes.com/admin/php/uploads/321_pdf.pdf
- Nulhakim, L., & Hatta, M. (2008). Effect of ground nut varieties and sweet corn planting time through intercropping system on growth and yield of the two plants. *Journal Floratek*, 3(1), 19-25. Retrieved from <http://jurnal.unsyiah.ac.id/floratek/article/view/109>
- Nuryadin, I., Nugraha, D. R., & Sumekar, Y. (2016). Growth and yield of cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) cultivar bareta 50 on the combined inorganic and organic fertilizer. *Jurnal Ilmu Pertanian Dan Peternakan*, 4(2), 259-268. doi: 10.1016/S0022-5193(03)00028-6
- Ofori, K., & Gamedoagbao, D. K. (2005). Yield of scarlet eggplant (*Solanum aethiopicum* L.) as influenced by planting date of companion cowpea. *Scientia Horticulturae*, 105(3), 305-312. doi: 10.1016/j.scienta.2005.02.003

Conclusiones

El momento óptimo de siembra y la distancia entre plantas de maíz dulce en el sistema de cultivo intercalado con coliflor reduce la temperatura del aire del dosel de la coliflor. La siembra de maíz dulce dos semanas antes del trasplante de coliflor, con un espacio entre plantas de 60 cm, es más adecuada para incrementar el área foliar y el peso seco de las plantas de coliflor. Además, bajo estas condiciones, se puede obtener un rendimiento de pella de 4.18 t·ha⁻¹ y 5.07 en las planicies de Kalimantan Central.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento al Ministerio de Investigación, Tecnología y Educación Superior de la República de Indonesia, y al Programa de Posgrado Doctoral de la Universidad de Brawijaya.

Fin de la versión en español

- Purnamasari, R. T., Maghfoer, D., & Suminarti, N. E. (2014). The effect of planting time and density of corn (*Zea mays* L.) on the growth and yield of taro (*Colocasia esculenta* L.). *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 7(7), 41-45. doi: 10.9790/2380-07744145
- Sutharsan, S., & Srikrishnah, S. (2015). Effect of different spatial arrangements on the growth and yield of maize (*Zea mays* L.) and groundnut (*Arachis hypogaea* L.) intercrop in the sandy regosol of Eastern region of Sri Lanka. *Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences*, 3(2), 16-19. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/293683252_Effect_of_different_spatial_arrangements_on_the_growth_and_yield_of_Maize_Zea_mays_L_and_Groundnut_Arachis_hypogaea_L_intercrop_in_the_Sandy_Regosol_of_Eastern_region_of_Sri_Lanka
- Thakur, B. S. (2014). Studies on year round production of cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) under mid hills of Himachal Pradesh. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 84(9), 1149-1153. doi: 10.15740/HAS/TAJH/9.2/319-323
- Widiatningrum, T., & Pukan, K. K. (2010). Pertumbuhan dan Produksi kubis bunga (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) dengan sistem pertanian organik di dataran rendah. *Biosaintifika*, 2(2), 115-121. doi: 10.15294/biosaintifika.v2i2.1159
- Zafarani, M. (2015). Investigating light absorption and some canopy properties in monocultures and intercropping culture of safflower and chickpea. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 3(4), 1182-1187. Retrieved from <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20153142234>