

Aspectos de la biología floral en papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo condiciones de invernadero

Aspects of floral biology in potato (*Solanum tuberosum* L.) under greenhouse conditions

N. Meza, B. Daboín y H. Coraspe

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Trujillo.

Resumen

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), es de gran importancia en la región andina venezolana. Los modelos evolutivos sobre la asignación de recursos en plantas predicen que el aumento en la autofertilización podría favorecer una disminución en el tamaño de la flor, como resultado de una asignación reducida a la función masculina y a las estructuras de atracción. Para incrementar la información sobre la biología floral de dos variedades de papa, se establecieron dos tratamientos conformados por las variedades Dorinia y Marilinia en los invernaderos del Campo Experimental La Cristalina, en el estado Trujillo, bajo un diseño completamente aleatorizado, se evaluaron la intensidad de la floración y la biología floral. Las relaciones de biomasa entre las funciones florales mostraron mayor asignación a la función masculina con respecto a la femenina. El período de floración fue a los 60 días después de la siembra.

Palabras clave: biomasa, biología floral, *Solanum tuberosum*.

Abstract

The potato crop is very important in the Venezuelan Andes region. Developmental models for resource allocation in plants predict that increasing the self-fertilization might favor a decrease in grain size, as a result of a reduced allocation function and structures of male attraction. To get more information on the floral biology of two potato, two treatments were established with the varieties Dorinia and Marilinia at the Experimental Field La Cristalina, Trujillo state, under a randomized split plot design, evaluating the flowering density and the floral biology. Biomass relationships between functions showed a higher floral male allocation function regarding the female. The blooming period was 60 days after sowing.

Key words: biomass, floral biology, *Solanum tuberosum*.

Introducción

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) es de gran importancia dentro de los sistemas agrícolas de Venezuela principalmente en la región andina, donde existen condiciones agroecológicas propicias para su desarrollo (Estrada, 2000). Las flores forman inflorescencias cimosas localizadas en los extremos de las ramas, con una corola campanulada de cinco lóbulos, cinco estambres soldados al tubo de la corola emergiendo hacia el pistilo único el cual tiene estigma y ovario bilobulares. El color de la corola puede ser rojo, blanco o morado o uno de los muchos matices que pueden formar la mezcla de los tres. Dentro de una misma especie puede haber variedades de flores blancas, rojas o moradas, señalándose que el color es un carácter varietal, no específico. La abundancia o escasez de flores es un carácter específico, pero entre variedades de una misma especie, puede haber notables diferencias.

La papa es una planta considerada predominantemente autógama, de polinización directa, donde el porcentaje de polinización cruzada es muy bajo (García y Salas, 2005). La mayoría de las especies del género *Solanum* tienen flores hermafroditas; no obstante, se puede encontrar gran diversidad de formas sexuales que incluyen especies andromonoicas, androdioicas y dioicas (Anderson y Symon, 1989), las cuales pueden ser polinizadas por abejas (Buchmann, 1983). En la especie *Solanum gardneri* se producen flores con diferentes longitudes de estilo, lo que permite distinguir entre flores con estilo largo que sobrepasa las anteras

Introduction

The potato crop (*Solanum tuberosum*) is very important for the Venezuelan agricultural systems, mainly in the Andean region where there are agroecological conditions for its development (Estrada, 2000). The flowers create cyme inflorescences located in the extremes of the branches, with a five-lobule belled corolla, five stamens at the tube of the corolla emerging towards the only pistil which has a stigma and bilobular ovary.

The color of the corolla might be red, white or purple, or one of the different colors formed by the mixture of those three. In the same specie there might be varieties of white, red or purple flowers, mentioning that the color is a non-specific variety. The abundance or lack of flowers is a specific trait, but there might be important differences among varieties of a same species. Potato is a plant mainly considered as self-pollinating with direct pollination, where the crossed pollination is very low (García and Salas, 2005). Most of the species of *Solanum* genre have hermaphrodite flowers; nevertheless, there might be a big sexual diversity that includes andromonoic, androdioecious and dioecious species (Anderson and Symon, 1989), which might be pollinated by bees (Buchmann, 1983).

Solanum gardneri specie produces flowers with different style longitudes, which allows distinguishing among flowers with long style that exceeds the anthers and flowers with short style. The presence of different floral types is common in other genre

y flores con estilo corto nunca más allá de las mismas. La presencia de diferentes tipos florales es común en otras especies del género (Coleman y Coleman, 1982; Bezerra y Machado, 2003) y podría ser considerada dentro del contexto de la andromonoecia, si las flores con estilo corto se comportaran como flores funcionalmente masculinas.

Los modelos evolutivos sobre la asignación de recursos en plantas predicen que el aumento en la autofertilización podría favorecer una disminución en el tamaño de la flor, lo cual resulta de una asignación reducida a la función masculina y a las estructuras de atracción (Charlesworth y Charlesworth, 1987). El presente estudio aportó información sobre la biología floral de dos variedades de papa *Solanum tuberosum* a fin de contribuir al conocimiento reproductivo del género *Solanum* el cual ha sido poco estudiado.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en los invernaderos del Campo Experimental La Cristalina, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), ubicado a 2800 msnm, estado Trujillo-Venezuela, se estableció bajo un diseño completamente al azar, con dos tratamientos representados por las variedades de papa Dorinia y Marilinia. Las variables evaluadas fueron las siguientes:

Biomasa floral: la biomasa seca, considerada como la acumulación de materia seca, se utilizó como un estimado de las diferentes partes florales puesto que es un buen indica-

species (Coleman and Coleman, 1982; Bezerra and Machado, 2003) and might be considered on the andromonoecia context if the flowers with short style would behave as functionally masculine flowers.

The evolutive models on the assignation of plant resources predict that the increment in the self-fertilization might favor a reduction in the flower size, which results from a reduced assignation to the masculine function and the attraction structures (Charlesworth and Charlesworth, 1987). The current research provided information about the floral biology of two potato varieties *Solanum tuberosum*, with the aim of contributing to the reproductive knowledge of *Solanum* genre, which has not been too studied.

Materials and methods

The research was carried out at the greenhouse of the Experimental Field La Cristalina, National Institute of Agricultural Research (INIA), located at 2800 masl, Trujillo state, Venezuela; established on a completely randomized design with two treatments represented by the potato variety Dorinia and Marilinia. The evaluated variables were:

Floral biomass: the dry biomass, considered as the accumulation of dry matter, was used as an estimate of the different floral parts, since it is a good indicator of the energy distribution in calories (Abrahamson and Caswell, 1982). For this, 10 flowers in anthesis of each variety were used. The different whorls of these flowers were separated and

dor de la distribución de energía en calorías (Abrahamson y Caswell, 1982). Para esto se utilizaron 10 flores en antesis de cada variedad. Los distintos verticilos de estas flores fueron separados y secados a 40°C hasta alcanzar biomasa constante, posteriormente, pesados en una balanza analítica. Las medidas de biomasa en mg, se utilizaron para estimar la asignación relativa al androceo (estambres), gineceo (pistilo) y atracción (corola). Además, se calcularon las siguientes relaciones: biomasa de androceo/biomasa de gineceo (relación entre la función masculina y la femenina), biomasa de androceo/biomasa total de la flor (función masculina), biomasa de gineceo/biomasa total de la flor (función femenina), biomasa de corola/biomasa total de la flor (función de atracción) y el número de flores por inflorescencia.

Intensidad de floración: para comparar la intensidad de floración y el momento reproductivo de la floración en las dos variedades, se marcaron los tallos con signos evidentes de desarrollo reproductivo, es decir, cuando ocurrió la paralización del crecimiento vegetativo y la yema apical se transformo en floral.

Morfología floral: se determinó usando como referencia a Weberling (1989), las características evaluadas fueron: color de las flores, longitud del pedúnculo, pedicelo y raquis y la disposición de las flores en la inflorescencia. La duración de la antesis se hizo a través de observaciones periódicas en un mínimo de 10 flores, y una vez ocurrida la antesis en cada flor de la inflorescencia se midieron las siguientes dimensiones flora-

dried at 40°C until reaching constant biomass, later, were weighted in an analytical balance. The biomass measures in mg were used to estimate the relative assignation to the androceous (stamens), gineceo (pistil) and attraction (corolla). Additionally, the following relations were calculated; androceous biomass/gineceo biomass (relation between the masculine and feminine function), androceous biomass/total biomass of the flower (masculine function), gineceo biomass/total biomass of the flower (feminine function), corolla biomass/total biomass of the flower (attraction function) and number of flowers per inflorescence.

Flowering intensity: to compare the flowering intensity and the reproductive moment of the flowering in the two varieties, the stems with evident development reproductive signs were marked, that is, when the stoppage of the vegetative growing occurred and the apical bud transformed into floral.

Floral morphology: it determined using Weberling (1989) as a references, the evaluated characteristics were: color of the flowers, longitude of the peduncle, pedicle and rachis, and the availability of the flowers in the inflorescence. The duration of the anthesis was done after periodical observations in a minimum of 10 flowers, and once the anthesis happened on each flower of the inflorescence; the following floral dimensions were measured: length and width of the calyx, corolla, gineceo and androceous, and these were measured with a vernier.

The average values of the evaluated variables were compared

les: largo y ancho del cáliz, corola gineceo y androceo, esto se efectuó utilizando un vernier.

Los valores promedios de las variables evaluadas fueron comparadas entre las variedades, mediante un análisis de varianza de una vía (ANOVA) a un nivel de significancia de $P < 0,05$; utilizando el programa INFOSTAT para Windows, versión 4.1.

Resultados y discusión

Biomasa floral

La asignación de biomasa floral a cada verticilo se muestra en el cuadro 1. Los resultados mostraron que en ambas variedades hubo mayor asignación de biomasa a la corola y al androceo, y que la asignación al gineceo fue menor. (cuadro 1). Las relaciones de biomasa entre las funciones florales presentaron mayor asignación a la función masculina con respecto a la femenina en ambas variedades. (cuadro 2). Hokche y Ramírez (2006), encontraron resultados similares al evaluar la biología reproductiva y asignación de biomasa floral en *S. gardneri*. En ambas variedades se observó una alta inversión en atracción y en relación a la función masculina, la variedad Dorinia presento mayor asignación de biomasa.

among the varieties with a variance analysis (ANOVA) at a significance level of $P < 0.05$, using INFOSTAT for Windows, 4.1.

Results and discussion

Floral biomass

The assignation of the floral biomass of each whorl is presented on table 1. The results show that there was higher assignation of the biomass to the corolla and the androceous in both variables, and the assignation to the gineceo was lower (table 1). The biomass relation among the floral functions had more assignations to the masculine function regarding the feminine in both variables (table 2). Hokche and Ramírez (2006), found similar results when evaluating the reproductive biology and the assignation of the floral biomass in *S. garneri*. In both variables, a high inversion in attraction was observed, and regarding masculine function, the Dorinia variety presented higher assignation of the biomass.

Flowering intensity

The beginning of flowering occurred 55 days after sowing in both varieties. The period with higher flowering intensity happened at 60 days and characterized by having

Cuadro 1. Asignación de la biomasa floral (mg) en dos variedades de papa.

Table 1. Assignation of the floral biomass (mg) in two potato varieties.

Variedades	Corola (mg)	Androceo (mg)	Gineceo (mg)	Total (mg)
Dorinia	15,00	46,80	2,80	33,00
Marilinia	16,00	13,00	5,00	48,00

Cuadro 2. Relaciones de biomasa entre funciones florales en dos variedades de papa.

Table 2. Biomass relations among floral functions in two potato varieties.

Variedades	Androceo/gineceo	Androceo/total	Gineceo/total	Corola/total
Dorinia	16,71 ^a	1,42 ^a	0,08 ^b	0,45 ^a
Marilinia	2,60 ^b	0,27 ^b	0,10 ^a	0,33 ^a
Significancia	*	*	*	ns

Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Intensidad de floración

El inicio de la floración ocurrió a los 55 días después de la siembra en ambas variedades. El período de mayor intensidad de floración ocurrió a los 60 días y se caracterizó por mostrar cerca de 90% de las plantas estudiadas en etapa reproductiva, presentando varias inflorescencias por individuo, inflorescencias con muchas flores y botones florales. Bajo las condiciones de Cuba el inicio de la floración en clones de papa ocurre entre 28 y 35 días (Isaac *et al.*, 2010)

Morfología floral

Las inflorescencias de las variedades estudiadas están formadas por unidades cimosas organizadas en un eje de crecimiento determinado. Las cimas mostraron el mayor número de flores en la región apical del eje y el menor hacia la región basal. La floración en cada cima y/o en cada rama comenzó del ápice hacia la base, encontrándose flores abiertas a diferentes niveles de la inflorescencia, así como botones en pre antesis y en formación. Las inflorescencias fueron laterales y/o terminales y el color de la flor fue blanco. El número de flores por

almost 90% of the studied plants in reproductive phase, presenting some inflorescences by individual, inflorescences with several flowers and flower buds. On Cuba conditions, the flowering beginning in potato clones occurs from 28 to 35 days (Isaac *et al.*, 2010).

Floral morphology

Inflorescences of the studied varieties are formed by pinnacle units organized in a determined growing axis. Pennacles showed the highest number of flowers in the apex region of the axis and the lowest basal region. Flowering on each branch started from the apex to the base, finding opened flowers at different inflorescence levels, as well as buds in pre-anthesis and forming. Inflorescences were lateral and/or terminal and the color was always white.

The number of flowers per inflorescences varied from 4 to 12 flowers, this was considered as a varietal trait. The peduncle longitude, pedicel and the rachis were similar in both varieties (table 3). Salomón *et al.*, (2012), when evaluating different genotypes of potato observed that in

inflorescencias fue variable desde 4 a 12 flores, esto fue considerado un carácter varietal. La longitud del pedúnculo, pedicelo y ráquis fueron similares en ambas variedades (cuadro 3). Salomón *et al.*, (2012), al evaluar varios genotipos de papa observó que en el genotipo Lajera; 2-130-98 y 9-80-98 se produjeron 19 flores en promedio por planta, resultados superiores a los encontrados en esta investigación, este fenómeno puede ser debido a los factores genéticos y ambientales que intervienen en el proceso de desarrollo de flores en los distintos genotipos de papa (Singh *et al.*, 1994). En la inflorescencia las flores permanecieron abiertas por un periodo de 4 días, completándose el desarrollo de la inflorescencia en 20 días aproximadamente.

La flor en las dos variedades de papa fue completa, hermafrodita. El cáliz observado presentó entre 5 a 6 sépalos, gamosépalos muy pubescentes, con dimensiones de 1,2 y 0,02 cm en Dorinia y 1,3 y 0,01 en la variedad Marilinia (cuadro 4). La corola fue gamopétala, zigomorfa, campanulada, formada por 5 o 6 péta-

genotype Lajera 2-130-98 and 9-80-98 produced averagely 19 flowers per plant, superior results to the one found on this research, this phenomenon might be due to genetic and environmental factors that intervene in the development process of flowers in the different genotypes of potato (Singh *et al.*, 1994). In the inflorescence, the flowers remained open for 4 days, completing the development of the inflorescence in 20 days, approximately.

The flower in both varieties of potato was complete, and hermaphrodite. The calyx observed presented from 5 to 6 sepals, very pubescent sepals with dimensions from 1.2 to 0.02 cm in Dorinia and 1.3 to 0.01 in the variety Marilinia (table 4). Corolla was gamopetalous, zigomorphic, belled, and formed by 5 to 6 white petals with diameters from 3.24 to 3.26 cm for the variables under research (table 4). In the corolla, a secondary corolla was observed with silver color. The union of petals gives the corolla a star shape.

Gineceo presented a superior ovary with dimensions of 1.14 and 0.05

Cuadro 3. Número de flores, longitud del pedúnculo, pedicelo y raquis de las inflorescencias de las variedades de papa Dorinia y Marilinia.

Table 3. Number of flowers, longitude of the penduncle, pedicel and rachis of the inflorescences of pottrato varieties Dorinia and Marilinia.

Variedad	flores	Long pedúnculo (cm)	Long pedicelo (cm)	Long ráquis (cm)
Dorinia	4- 12	4,3	3,2	4,7
Marilinia	4- 12	5,2	2,2	3,10

Cuadro 4. Longitudes del cáliz, corola, gineceo y el androceo en las dos variedades bajo estudio.

Table 4. Longitudes of the calyx, corolla, gineceo and androceous in both varieties under research.

Variedad	Cáliz largo y ancho (cm)	Corola diámetro (cm).	Gineceo largo y ancho (cm)	Androceo largo y ancho (cm)
Dorinia	1,2 y 0,02	3,24	1,14 y 0,05	0,07 y 0,02
Marilinia	1,3 y 0,01	3,26	1,16 y 0,05	0,06 y 0,03

los de color blanco, con diámetros de 3,24 y 3,26 cm para las variedades bajo estudio (cuadro 4). En la corola se observó una corolita secundaria y su tonalidad fue plateada. La unión de los pétalos le da a la corola una forma de estrella.

El gineceo presentó ovario superior, con dimensiones de 1,14 y 0,05 cm de largo para la variedad Dorinia y 1,16 y 0,05 cm para la variedad Marilinia (cuadro 4). El estigma sobresalió de la corola y fue de color verde. La protrusión de los estigmas por arriba de las anteras se observó en la mayoría de las inflorescencias, aunque también se observaron estigmas de la misma longitud de las anteras, tanto en Dorinia como en Marilinia. La protrusión del estilo por fuera de la columna de las anteras ocurrió antes de la apertura de la flor. La receptividad del estigma fue de un día aproximadamente. El androceo formado por 5 o 6 estambres de color amarillo-naranja, insertados en la parte media de la corola, las anteras fueron basifijas y de forma lanceolada con una longitud de 0,07 y 0,06 cm, estos se unieron formando un disco alrededor del estilo. Los estambres fueron

cm of length for the Dorinia variety, and 1.16 and 0.05 cm for Marilinia variety (table 4). The stigma exceeded the corolla and was green. The protrusion of stigmas over the anthers was observed in most of the inflorescences, and stigmas of the same longitude were also observed in anthers, in both Dorinia and Marilinia. The protrusion outside the columns of anthers occurred before the flower aperture. The receptivity of the stigma was of one day approximately. The androceous formed by 5 to 6 yellow-orange stamens inserted in the medium area of the corolla, the anthers were fixed and had a lanceolate shape with a longitude of 0.07 and 0.06 cm, these joined forming a disc around the style. The stamens were oppositipetalous, homodynamous and dialystemon.

Conclusions

The corolla and androceous in both varieties represented the highest assignation of the biomass, indicating that there is an unbalance among the floral whorls favoring the allogamy conditions.

opositipétalos, homodínamos y dialistémonos.

Conclusiones

En ambas variedades la corola y el androceo representaron la mayor asignación de biomasa, indicando que hay un desbalance entre los verticilos florales favoreciendo la condición de alogamía

El período de mayor intensidad floral ocurrió a los 60 días y la antesis floral duró 4 días.

Las variedades Dorinia y Marilinia pueden utilizarse como progenitores femeninos por producir gran cantidad de flores, mayor cantidad de polen y mayor atracción de las plantas por los polinizadores.

La flor en las dos variedades de papa fue completa y hermafrodita

Literatura citada

- Anderson, G.J. y D.E. Symon. 1989. Functional dioecy and andromonoecy in *Solanum*. *Evolution* 43: 204-219
- Abrahamson, W.G. y H. Caswell. 1982. On the comparative allocation of biomass, energy and nutrients in plants. *Ecology* 63: 982-991.
- Bezerra, E.L. de e I.C. Machado. 2003. Biología floral e sistema de polinização de *Solanum stramonifolium* Jacq. (Solanaceae) en remanescente de Mata Atlântica, Pernambuco. *Acta Bot. Bras.* 17(2): 247-257.
- Buchmann, S.L. 1983. Buzz pollination in Angiosperms. En: *Handbook of experimental pollination biology*. Jones, C.E. and R.J. Little (Eds.), pp. 73-113. New York.
- Charlesworth, D. y B. Charlesworth. 1987. The effect of investment in attractive structures on allocation to male and female functions in plants. *Evolution* 41: 948-968.

The period with higher floral intensity occurred at 60 days, and the floral anthesis lasted 4 days.

Dorinia and Marilinia varieties can be used as feminine progenitors by producing big quantities of flowers, higher quantity of pollen and higher attraction of plants by the pollinators.

The flower in both varieties of potato was complete and hermaphrodite.

End of english version

- Coleman, J.R. y M.A. Coleman. 1982. Reproductive biology of an andromonoecious *Solanum* (*S. palinacanthum* Dunal). *Biotropica* 14: 69-75.
- Estrada, N. 2000. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. Centro de Información para el desarrollo CID/ CIP. La Paz, Bolivia. 372 p.
- García, R y J. Salas, 2005. Aspectos generales del cultivo de papa. pp 18–29. En *Producción de semilla de papa en Venezuela*. 1° edición. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Aragua Venezuela. 300p
- Hokche, O y N. Ramírez. 2006. Biología reproductiva y asignación de biomasa floral en *Solanum gardneri* Sendth. (Solanaceae): una especie andromonoica. *Acta Bot. Venez.* 29 (1):69-88.
- Isaac, E.; J. González-Olmedo; M. Rivas y A. Moreno. 2010. *Evaluación de genotipos de papa (Solanum tuberosum L.) para caracteres reproductivos y agronómicos*. *Cultivos Tropicales* 31 (2):74-76.
- Singh, D. N.; A. Parida. y A. Sahu . 1994. Evaluation of different seed size and seed rate in potato under coastal plains of Orissa. *J. Indian potato Assoc.*, 1994, vol. 21, p. 40-242.

- Salomón J., J. Castillo, A. Estévez, J. Arzuaga, U. Ortiz, W. Torres, A. Caballero, E. Vásquez. 2012. Estudio de la floración y producción de semilla botánica de polinización libre en genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Cuba. Cultivos Tropicales 33(2): 77-81.
- Weberling, F. 1989. Morphology of flowers and inflorescences. Cambridge University Press. Cambridge. 290p