

Fenología de los estados vegetativos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) en base al tiempo térmico

Phenology of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) vegetative stages based on thermal time

Ángela María Burgos ¹
Juan Prause ²

Juan Alberto Argüello ³
Pedro Jorge Cenóz ¹

Originales: Recepción: 12/10/2011 - Aceptación: 06/09/2012

RESUMEN

La mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) constituye la cuarta fuente mundial de calorías en la alimentación humana, es apta para la nutrición animal y para extracción de biocombustible. Este artículo tiene como objetivo evaluar el comportamiento de un modelo de tiempo térmico (TT) para caracterizar las fases fenológicas (FF) de dos cultivares de mandioca en un ciclo de crecimiento de 280 días, cultivados bajo condiciones de campo en Corrientes, Argentina. Las observaciones se realizaron durante las campañas 2007/2008 y 2008/2009. El cálculo del TT se basó en el método residual, la temperatura base fue 16°C. Entre ambos cultivares se observaron diferencias en los grados-día (GD) acumulados para cumplir las FF de expansión de la primera (00-01) y novena hoja (00-02 H9), y en la de engrosamiento de raíces (00-04 ERR), esta última relacionada con el índice de área foliar (IAF). Para completar el ciclo de crecimiento los cultivares Palomita y Amarilla requirieron entre 2027 y 2096 GD, respectivamente. El patrón de crecimiento y desarrollo fenológico de los cultivares de mandioca basado en los GD acumulados, puede utilizarse para caracterizar el progreso del cultivo en el bioambiente de Corrientes.

ABSTRACT

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is the fourth largest source of calories in the human diet, is also suitable for animal feed and biofuel extraction. This article aims to evaluate the performance of a thermal time (TT) model in order to characterize the phenological phases (FF) of two cassava cultivars in a growth cycle of 280 days, grown under field conditions in Corrientes, Argentina. Phenological observations were done during the years 2007/2008 and 2008/2009. The TT calculation was based on the residual method; the base temperature was 16°C. Differences between cultivars were observed in the degree-days (GD) accumulated to comply the expansion of the first (00-01) and ninth leaf (00-02 H9) FF, and in the thickening of roots (00-04 ERR), the latter related to the leaf area index (IAF). To complete the growth cycle the cultivars Palomita and Amarilla required around 2027 and 2096 GD respectively. The growth pattern and phenological development of the cultivars based on the accumulated GD, can be used to characterize the progress of the crop in Corrientes environment.

1 Dpto. de Producción Vegetal. 2 Dpto. de Botánica y Ecología. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Nordeste. Sgto. Cabral 2131. (3400) Corrientes. Argentina. burgosangela@agr.unne.edu.ar
3 Cát. de Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Av. Valparaíso s/n. Ciudad Universitaria. (5000) Córdoba. Argentina.

Palabras clave

Manihot esculenta • raíz amilácea • estados fenológicos • grados días-días calendario

Keywords

Manihot esculenta • starchy root • phenological states • degree days-calendar days

INTRODUCCIÓN

La mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) constituye la cuarta fuente mundial de calorías en la alimentación humana; el órgano de interés comercial por excelencia son sus raíces amiláceas, mientras las hojas concentran altos niveles proteicos aptos para la nutrición animal. Este cultivo tiene importancia en términos de agricultura sustentable con potencial para integrar sistemas productivos de alimentos de baja agresión al medio ambiente en climas tropicales y subtropicales y suelos de baja fertilidad (1). La multiplicación se realiza a través de estacas caulinarias de las que se diferencian algunas raíces reservantes. En condiciones subtropicales, para completar un ciclo de crecimiento, la planta atraviesa cinco fases fisiológicas principales, cuatro activas: brotación de estaca, formación del sistema radical, crecimiento de la parte aérea, engrosamiento de raíces reservantes y una de reposo (1,17). Las bajas temperaturas invernales imperantes en las zonas de producción subtropicales ponen fin al ciclo de crecimiento anual. No pocos autores (1, 4, 9, 14, 17) describen las fases fenológicas de la planta de mandioca en términos de tiempo cronológico o días calendario (DC). Sin embargo, la medición de eventos puede ser mejorada si se expresan las unidades de desarrollo basadas en el "tiempo fisiológico", como la acumulación de temperatura expresada como grados-día (GD), acumulados sobre una temperatura umbral durante un período específico.

Hasta el momento, no se encuentra bibliografía sobre la fenología de mandioca referida en términos de GD, a pesar de tratarse del índice bioclimático más utilizado para caracterizar los materiales vegetales.

Objetivo

- Evaluar el comportamiento de un modelo de suma térmica para caracterizar las fases fenológicas (FF) y la dinámica del desarrollo de dos cultivares de mandioca cultivados en condiciones de campo en el bioambiente del norte de la provincia de Corrientes, Argentina, en un ciclo de cultivo de 280 días.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en el Campo Didáctico y Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste, ubicado al NO de Corrientes, Argentina (27° 28' 27" S, 58° 47' 00" O, 70 m s. n. m). El clima, según Köppen, corresponde a Templados Húmedos (16). El suelo es Udipsammentes álfico, mixto, hipertérmico, de la serie Ensenada Grande (10).

Los experimentos se realizaron sobre dos cultivares de mandioca, localmente denominados Palomita y Amarilla, ambos reconocidos por sus características organolépticas para consumo como hortaliza fresca y para industria. El cv Palomita, de bajo porte, no ramifica, posee lóbulos foliares típicamente rectos o lineales. El cv Amarilla se caracteriza por su gran porte, profusa ramificación, lóbulos foliares de forma elíptico lanceolada y, particularmente, por la pigmentación amarilla de las células del parénquima de almacenamiento de la raíz que estarían asociadas a la presencia de β -carotenos, precursores de la vitamina A (5, 11), que hacen de este un clon de importancia para la agricultura. Las ramas estaqueras fueron extraídas de plantas madres de 8 meses de edad, cultivadas bajo un mismo sistema de manejo. En ambas campañas (2007/2008 y 2008/2009) las estacas de 12-15 cm de longitud (5-7 yemas) se plantaron en septiembre, manualmente (10.000 ha^{-1}) en posición horizontal a 10 cm de profundidad. Las plantas se cosecharon a principios de junio.

El ensayo fue de tipo observacional y descriptivo, cada cultivar estudiado constituyó un tratamiento en sí mismo y contaban con un lote de observación de 80 plantas, distribuidas en 4 franjas de 20 plantas y 20 m lineales cada una. Del total, se observaron y examinaron 10 plantas típicas de cada cultivar, distribuidas en 10 m lineales, en 4 lugares del terreno (15). Los datos meteorológicos (temperatura y precipitaciones) fueron registrados diariamente y cada hora, con una estación meteorológica Pegassus, dispuesta en abrigo en el mismo predio donde se llevaron a cabo los ensayos.

El método de cálculo de tiempo térmico (TT) utilizado responde a la ecuación general del método residual (16). Estudios realizados en Brasil (17) demostraron que en la mandioca la temperatura por debajo de la cual hay ausencia de desarrollo es 16°C , por lo que se la consideró como la temperatura base (T_b). Para el registro de los Días Cronológicos o Calendario (DC) se consideró la sumatoria del número de días requeridos para la ocurrencia de cada uno de los subperíodos fenológicos.

El seguimiento de la fenología se basó en la escala de Noval *et al.* (15) específica para el cultivo de mandioca, sobre la que se realizó una adaptación que consistió en la subdivisión del Estado 04 o Crecimiento de Raíz (CR), en dos subestados: el 01 o Diferenciación (D) y el 02 o Engrosamiento (E) de Raíces Reservantes (RR). La escala considera inicio de la fase fenológica (FF) cuando el fenómeno alcanza no menos del 10% ($10\% \leq 50\%$) de las plantas observadas, plenitud a partir del 50% y final desde 75%. El estudio se efectuó sobre los estados fenológicos vegetativos.

Estado 00: Emisión de Raíces (ER)

Como inicio se tomó la aparición de raicillas en las estacas plantadas, observadas por excavación del suelo a partir del día 5 después de la plantación (DDP) y cada día de por medio, hasta el final de FF.

Estado 01: Formación de Brotes Superficiales (FB)

Como inicio se consideró la aparición de primera hoja expandida sobre la superficie del suelo.

Estado 02: Formación de Hojas (FH)

Se tomó como inicio la aparición de la 2ª hoja expandida sobre la superficie y se observaron las sucesivas impares hasta la 9ª hoja.

Estado 03: Crecimiento del Tallo (CT)

Se tomó como inicio el alargamiento del entrenudo inferior hasta 1 y 2 cm de altura.

Estado 04: Crecimiento de Raíz (CR)

Se subdividió en:

Sub-estado 01: Diferenciación de raíces reservantes (D)

Se inició con la formación de las RR, habiéndose considerado como tales aquellas con diámetro ≥ 5 mm y final cuando todas las plantas habían formado 4 o más RR.

Sub-estado 02: Engrosamiento de raíces reservantes (E)

Se determinó inicio cuando el diámetro de las RR alcanzó el tamaño potencial del cultivar. Se precisó el final cuando más del 50% de las plantas alcanzaron el tamaño potencial (comercial) del cultivar (≥ 5 cm de diámetro).

Estado 07: Madurez Fisiológica del Tubérculo (MF)

Se inició con la senescencia foliar acompañada de agrietamiento del suelo en torno a las plantas.

El recuento de los días cronológicos (DC) y el cálculo del tiempo térmico de las FF que sucedieron a la de ER fueron referidas al momento en que se registró la plenitud de dicha fase (EPR) para cada uno de los cultivares. Se tomó como referencia ese momento fenológico particular de cada cultivar, a los fines de independizarse de la fecha de plantación, la cual resulta arbitraria y no indica directamente la actividad fisiológica de la estaca.

El crecimiento y desarrollo de las plantas de mandioca están dominados por la relación entre el IAF y la producción de biomasa y su distribución, que finalmente determina el rendimiento (6). Por todo ello, se hizo necesario estudiar componentes ecofisiológicos y patrones de partición de biomasa, para integrarlos al desarrollo fenológico. Las variables relativas a la biomasa total (BT) y la partición como biomasa de raíces reservantes (BRR) expresadas en gramos de materia seca por planta (g pl^{-1}), tanto como el área foliar (AF) y el índice de área foliar (IAF), se evaluaron sobre la base de un diseño de bloques completos al azar, de 2 tratamientos (cultivares), con 4 repeticiones cada uno. Cada parcela experimental contaba con una superficie de 76 m^2 y 30 plantas útiles, distribuidas en 5 líneas, de los cuales solo los 3 centrales se utilizaron para realizar las mediciones. De las 30 plantas, se tomaron aleatoriamente grupos de 3 plantas por medición mensual, de las que se consideró el promedio, por lo que los datos se estimaron a partir del promedio de 12 plantas elegidas al azar por cultivar entre los 90 y los 280 DDP. El área foliar (AF) de cada tratamiento (cultivar) fue determinada utilizando el modelo propuesto por Burgos *et al.* (3). Las mediciones del IAF se realizaron en 3 m^2 por cada parcela, con 4 repeticiones, muestreándose un total de 12 m^2 por observación. Cada planta de mandioca muestreada se fraccionaba en órganos aéreos y raíces que se secaban separadamente en estufa a 70°C hasta peso constante a fin de registrar la BT y BRR.

El Índice de Cosecha (IC) se calculó por el peso total de las raíces reservantes (RR) respecto del peso total de la planta muestreada. La radiación interceptada por el cultivo (R_{lc}) se midió mensualmente con ceptómetro (Cavadevices, Buenos Aires, Argentina), con sensores de radiación PAR, con respuesta espectral en la banda comprendida entre los 400 y los 700 nm de longitud de onda, ubicándose en el estrato comprendido entre el suelo y la primera hoja verde. Las lecturas se realizaron entre las 11 y las 13 horas. El porcentaje de R_{lc} se calculó como $[1 - (I_t / I_0)] \times 100$ donde I_t es la radiación fotosintéticamente activa (RFA) medida a nivel de estrato, I₀ es la RFA incidente por encima del cultivo.

Los datos fueron analizados estadísticamente determinando la prueba de normalidad, aplicándose el análisis de la varianza y realizándose la separación de medias con la mínima diferencia significativa y posteriormente Test de Tukey (P = 0,05), a través del software InfoStat (12).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos meteorológicos registrados durante los dos ciclos productivos se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Índices de Sequía de Gausson (IS), precipitaciones (mm) y temperaturas (°C) mensuales promedio durante las campañas 2007/2008 y 2008/2009.

Table 1. Gausson Drought Index (IS), average monthly rainfalls (mm) and temperatures (°C) of cassava crop cycles during 2007/2008 and 2008/2009.

AÑO		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2007	Prec (mm)	174,5	95,5	153,4	117,4	11,2	18,0	4,5	0,3	155,8	134,0	135,9	178,3
	Temp (°C)	26,7	26,9	25,8	23,2	14,2	14,9	11,5	12,8	20,0	23,6	22,4	26,4
	IS	53,4	53,8	51,7	46,3	28,4	29,8	23,4	25,5	40,1	47,4	44,8	52,8
2008	Prec (mm)	55,3	93,9	55,0	48,7	8,0	68,5	2,0	6,4	91,0	270,1	43,7	170,5
	Temp (°C)	27,4	25,8	25,2	20,4	17,6	13,8	20,0	17,5	17,3	22,6	25,1	26,3
	IS	54,8	51,7	50,4	40,8	35,3	27,6	40,0	35,0	34,7	45,3	50,3	52,6
2009	Prec (mm)	13,9	126,5	18,1	26,2	69,0	12,9	45,5					
	Temp (°C)	25,4	26,6	26,6	22,9	19,6	13,3	12,7					
	IS	50,9	53,3	53,3	45,9	39,2	26,6	25,5					

Los patrones de desarrollo fenológico expresados en días cronológicos (DC) y en (TT_{16}) para los cultivares Amarilla y Palomita promediados durante las campañas 2007/2008 y 2008/2009 se presentan en la tabla 2 (pág. 48), a los fines de brindar información representativa para la zona agroecológica de Corrientes (Argentina). Se detallan los momentos de Inicio (I), Plenitud (P) y Final (F) para cada fase y subfase.

Tabla 2. Patrones de desarrollo fenológico de órganos vegetativos de los cultivares de mandioca Amarilla y Palomita en cantidad de días cronológicos y tiempo térmico promedios en grados-día (°C día) durante las campañas 2007/2008 y 2008/2009.

Table 2. Phenological development patterns of vegetative organs of cassava cultivars Amarilla and Palomita in average calendar days and thermal time in degree-days during the crop years 2007/2008 and 2008/2009.

FENOFASE	Días cronológicos (DC)						Tiempo Térmico (TT16)					
	Cv Amarilla			Cv Palomita			Cv Amarilla			Cv Palomita		
	I	P	F	I	P	F	I	P	F	I	P	F
Plantación-00 (*)	8	9	10	10	12	13	12,15	17,1	22,4	22,4	37,5	41,7
00-01	25	26	29	14	30	39	149,6	162,6	187,5	76,5	203,2	247,3
00-02 (Hoja 2)	26	28	30	15	29	39	162,6	178,2	197,0	90,0	193,5	268,7
00-02 (Hoja 3)	27	30	32	18	30	43	171,2	197,0	211,6	113,2	203,2	314,5
00-02 (Hoja 5)	28	32	33	22	31	44	178,2	211,6	221,6	131,1	210,6	323,6
00-02 (Hoja 7)	30	34	35	24	32	47	197,0	229,1	236,5	152,7	217,0	347,7
00-02 (Hoja 9)	32	38	40	29	41	55	211,65	249,6	266,9	193,2	290,4	396,2
00-03 (Tallo 1 cm)	21	28	30	15	30	39	131,7	178,2	215,3	90,0	203,2	268,7
00-03 (Tallo 2 cm)	28	33	35	18	32	36	178,2	221,6	236,5	113,2	217,0	237,7
00-04 (Diferenciación)	70	75	84	62	76	80	535,6	581,6	677	482,2	606,0	650,1
00-04 (Engrosamiento)	70	148	218	62	175	235	535,6	1333,5	1968,9	482,2	1623,4	2035,95
00-07 (Madurez)	...	...	±244	...	±240	...	...	2096,7	...	...	2027,3	...

(*) En días postplantación.

(*) Days after plantation.

El requerimiento térmico para la ocurrencia de la primera fase, ER, registrado desde el día de la plantación de las estacas en el campo (plantación-00) para el cv Amarilla fue 17,1 GD; el cv Palomita requirió 37,5 GD. Estos resultados sugieren que la fase de ER estuvo fuertemente influida por el genotipo (1, 9, 18). En términos de días cronológicos (DC) la ER se inició entre 8 y 10 DDP, coincidiendo con Ternes (17), quien observó que con adecuadas condiciones de temperatura y humedad, la ER ocurre después del séptimo día de plantación.

Con la aparición de la primera hoja expandida sobre superficie del suelo, se inició la FB (Fase 01); para su plenitud se observaron 4 días de diferencia entre cultivares, lo cual también se expresó en términos de requerimientos térmicos (tabla 2, pág. 48) que mostraron la precocidad del cv Amarilla (162,6 GD) respecto del cv Palomita (203,2 GD). Según numerosos investigadores (1, 8, 14, 17), la fase inicial del cultivo de mandioca hasta los 30 DPP, cuando se ubica la FB, estaría influenciada por múltiples factores exógenos (temperatura, disponibilidad hídrica, porcentaje de humedad relativa), pero también por las condiciones de conservación, sanitarias y el estado nutricional del esqueje (1, 13, 18), tanto como el nivel de auxinas endógeno (2), a los que se atribuyeron las variaciones registradas a campo. Las hojas verdaderas se expandieron alrededor de los 30 DDP, momento en el cual la planta comienza a ser autótrofa (1). La aparición sucesiva de las hojas, desde la 2ª a la 9ª, tanto en términos de DC como en GD, fue muy semejante para ambos cultivares, 38 a 41 DC y entre 249,6 y 290,4 GD para Amarilla y Palomita respectivamente (tabla 2, pág. 48).

Simultáneamente con la formación y expansión foliar se produjo el crecimiento longitudinal del tallo principal (CT). Por lo observado, las dos FF relativas a la conformación de los órganos aéreos, FB y CT, resultaron semejantes entre cultivares, con una leve tendencia más exigente de TT por parte del cv Palomita (tabla 2, pág. 48).

Desde el enfoque productivo la evolución de los órganos cosechables constituye el punto de interés prioritario, que para este cultivo es el *Crecimiento de la raíz* (Fase 04), durante la que se determinan los componentes del rendimiento (peso y número de raíces por planta y por hectárea) y que a los fines de este experimento se dividió en las subfases de *Diferenciación* (D) y *Engrosamiento* (E) de raíces reservantes (RR).

Para ambos cultivares la subfase D llegó a la plenitud entre los 75 y 80 días posteriores a la EPR, en coincidencia con los DC reportados por diversos autores (1, 8, 14, 17). En este experimento se pudo determinar que el requerimiento térmico para que se alcance la plenitud de la subfase D fue de 581,6 y 606,6 GD para el cv Amarilla y Palomita respectivamente, lo que se tradujo en solo 1 DC de diferencia entre ambos. Sin embargo, en el cv Palomita, la subfase D se inició 8 DC antes y con menor requerimiento térmico (482,2 GD) que el cv Amarilla (535, 6 GD).

Por otra parte, fue la intensidad de la manifestación del fenómeno lo que resultó de importancia agronómica: mientras la totalidad de las plantas del cv Palomita presentaron raíces visiblemente diferenciadas como reservantes, solo 67 % de las plantas del cv Amarilla presentaron esa condición al momento de alcanzarse la plenitud de la subfase D.

El engrosamiento de las RR, Fase 04-subfase E, se inicia en la fase anterior y se acentúa alrededor de los 150 (17) o entre los 60 y 120 DDP (9). En este ensayo se inició entre los 73-86 DDP por lo que se presentaría dentro de las épocas más tempranas. La plenitud de la fase se observó entre los 148 y 175 días post-EPR para el cv Amarilla y para Palomita respectivamente, lo que se aproxima a lo reportado por Ternes (17).

Para alcanzar la plenitud de la subfase E, el cv Amarilla requirió 300 GD menos que el cv Palomita (tabla 2, pág. 48). La diferencia observada entre ambos cultivares podría ser explicada en relación con las fuentes, dado que el AF del cv Amarilla es 20% superior a la del cv Palomita (3), que en este ensayo se evaluó a través del IAF, significativamente superior en el cv Amarilla (tabla 3), lo que permitió mayor Rlc, lo cual habría permitido generar mayor BT y fotosintatos excedentes que se acumularon y engrosaron más tempranamente las RR, evidenciándose como una BRR significativamente superior a la del cv Palomita. Sin embargo, el IC de ambos cultivares fue estadísticamente similar durante el período comprendido entre los 150 y 280 DDP (tabla 3).

Tabla 3. Evolución del Índice de Área Foliar (IAF), de la Radiación interceptada por el cultivo (%Rlc), de la Biomasa Total (BT) por planta (g pl^{-1}), de Biomasa (g pl^{-1}) particionada a Raíces Reservantes (BRR) y del Índice de cosecha (IC) del cv Amarilla y Palomita durante la estación de crecimiento 2007/2008-2008/2009 en días después de la plantación (DPP).

Table 3. Leaf Area Index (IAF), Percentage of Radiation Intercepted by the crop (Rlc), Total (BT) and Roots Biomass (BRR) per plant (g pl^{-1}) and Harvest Index (IC) evolution of cv Amarilla and cv Palomita during the years 2007/2008-2008/2009 in days after plantation (DPP).

DDP	FV	IAF	Rlc (%)	BT (g pl^{-1})	BRR (g pl^{-1})	IC (%)
150	Amarilla	3,54 b	94,83 b	740 a	259 b	35 a
	Palomita	1,84 a	84,46 a	660 a	198 a	30 a
	%cv	12,06	5,33	12,3	10,1	8
180	Amarilla	5,40 b	98,95 b	1920 b	771 b	40 a
	Palomita	1,26 a	87,74 a	1202 a	427 a	35 a
	%cv	15,01	3,45	14,2	11,8	8,12
240	Amarilla	5,35 b	96,91 b	2512 b	1233 b	49 a
	Palomita	1,40 a	79,89 a	1843 a	825 a	44 a
	%cv	15,7	6,44	12,8	10,7	9,21
280	Amarilla	0,40 a	26,71 a	2728 b	1438 b	52 a
	Palomita	0,48 a	36,8 a	2200 a	1012 a	46 a
	%cv	14,6	6,89	13,3	11,2	9

Medias entre cultivares en cada fecha con igual letra no presentan diferencias por test de Tukey ($\alpha = 0,05\%$).

Average between cultivars in each date with same letter are not different by Tukeys test ($\alpha = 0.05\%$).

Este análisis se ha hecho en función a que el crecimiento de los órganos aéreos de mandioca se realiza simultáneamente con la acumulación de almidón en las raíces durante la mayor parte del ciclo del cultivo por lo que entre tallos, hojas y raíces se establece una competencia directa por los hidratos de carbono (7). De esta manera, la cantidad total absoluta de hidratos de carbono disponibles para el llenado de las raíces se incrementa a medida que el IAF aumenta hasta cierto punto; luego, la cantidad se reduce.

La madurez fisiológica (MF) ocurre generalmente entre el quinto y el octavo mes del ciclo de cultivo, permaneciendo una leve migración de sustancias de reserva hacia las raíces (14). Los registros de este trabajo mostraron que la plenitud de la MF se produjo alrededor de los 8 meses posplantación, que fueron coincidentes con estudios realizados en Brasil en latitudes semejantes (8).

Finalmente, se observó que si bien el IC no mostró diferencias de orden estadístico entre cultivares, la productividad del cv Amarilla fue significativamente superior a la del cv Palomita. Esto se tradujo en rendimientos de 14 y 10 TM de raíces secas ha⁻¹ para el cv Amarilla y Palomita respectivamente, o bien 38,5 y 25,5 TM de raíces frescas.ha⁻¹ a los 280 DDP.

CONCLUSIONES

El comportamiento fenológico de los cultivares de mandioca Amarilla y Palomita es diferente entre ellos en cuanto al tiempo (DC) requerido para la fase de engrosamiento de raíces reservantes (00-04 E).

Se observaron diferencias en lo referente a los GD acumulados para las fases de expansión de la primera (00-01) y novena hoja (00-02 H9), y en la de engrosamiento de raíces (00-04 E), esta última relacionada con el IAF de cada cultivar. Los cultivares Palomita y Amarilla requirieron entre 2027 y 2096 GD respectivamente para completar el ciclo total anual de crecimiento (T_b : 16°C).

Los resultados indican que el patrón de crecimiento y desarrollo fenológico de los cultivares de mandioca estudiados pueden explicarse a través del uso de los GD acumulados desde la emergencia plena de raíces (EPR), constituyendo una buena herramienta para caracterizar el progreso del cultivo en el ámbito de la Provincia de Corrientes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alves, A. A. C. 2002. Cassava Botany and Physiology. In: Cassava: Biology, Production and Utilization. Hillocks, R. J.; Thresh, J. M.; Belloti, A. C. (eds). New York, CABI Publishing. 67-89 p.
2. Burgos, A. M.; Cenóz, P. J.; Prause, J. 2009. Efecto de la aplicación de auxinas sobre el proceso de enraizamiento de estacas de dos cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Revista Científica UDO Agrícola. 9(2): 539-546.
3. Burgos, A. M.; Avanza, M. M.; Balbi, C. N.; Prause, J.; Argüello, J. A. 2010. Modelos para la estimación no destructiva del Área Foliar de dos cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) de Argentina. Agriscientia. Vol. XXVII, 55-61 p.
4. Cadavid López, L. F. 2008. Fertilización del cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical)-CLAYUCA (Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca). Cali, Colombia. 65 p.
5. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 2005. Annual Report. Output 1-45. Genetic Base of Cassava and related *Manihot* species evaluated and available for cassava improvement: higher nutritional quality. Project IP3: improving cassava for the development world.
6. Cock, J. H.; Franklin, D.; Sandoval, G.; Juri, P. 1979. The Ideal Cassava Plant for maximum yield. Crop Sci. 25: 265-272.

7. Cock, J. H.; El-Shrakawy, M. A. 1991. Características fisiológicas para la selección de yuca. En: Mejoramiento genético de la yuca en América Latina. Hershey, CH. (ed). CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) Cali, Colombia. 257-265 p.
8. Conceição, A. J. da. 1981. A mandioca. San Pablo, Nobel. 382 p. En: Agricultura: Tuberosas amiláceas Latino Americanas. Cereda, M. P. (coord). Fundação Cargill. San Paulo, Brasil. 4: 66-82.
9. El-Shrakawy, M. 2003. Cassava biology and physiology. *Plant Mol. Biol.* 53: 621-645.
10. Escobar, E. H.; Ligier, D.; Melgar, M.; Matteio, H.; Vallejos, O. 1994. Mapa de suelos de los Departamentos de Capital, San Cosme e Itatí de la Prov. de Corrientes, Argentina. 129 p. Convenio del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA-ICA) y Provincia de Corrientes-CFI, Argentina.
11. Fregene, M. A.; Thome, J.; Roca, W.; Chavariaga, P.; Escobar, R.; Ceballos, H. 2002. Biotecnología para la yuca. En: La yuca en el Tercer Milenio. Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. Ospina, B.; Ceballos, H. (eds.). CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Cali, Colombia. 21: 377-405.
12. InfoStat. 2002. Versión 1.1. Grupo InfoStat FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
13. López, J. 2002. Semilla vegetativa de yuca. En: La yuca en el Tercer Milenio. Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. Ospina, B.; Ceballos, H. (eds.). CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) Cali, Colombia. 4: 49-75.
14. Montaldo, A. 1991. 2^{da} ed. La yuca o mandioca. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA). San José, Costa Rica. 386 p.
15. Noval, T.; Lopetegui Moreno, C. M.; Solano, O. 1999. Manual de instrucciones para realizar observaciones fenológicas en cultivos. Organización Meteorológica Mundial Comisión Meteorológica Agrícola CMag Informe N° 98. OMM/ DT N° XXXX Ginebra, Suiza. 22-321 p. (<http://www.wamis.org/agm/pubs/CAGM Rep/CAGM98. pdf>) [fecha de consulta: 02/02/07]
16. Pascale, A. J.; Damario, E. A. 2004. Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. 550 p.
17. Ternes, M. 2002. Fisiología da Planta. En: Agricultura: Tuberosas amiláceas Latino Americanas. Cereda, M. P. (coord.). Fundação Cargill. San Paulo, Brasil. 4: 66-82.
18. Velásquez, E. J. 2006. Efecto de la variabilidad en genotipos de Yuca sobre factores vinculados a brotación y crecimiento de Esquejes. *Bioagro*.18(1): 41-48.