

PRODUCTIVE PERFORMANCE OF CARROT AND ROCKET CULTIVARS IN STRIP-INTERCROPPING SYSTEM AND SOLE CROPS

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CULTIVARES DE ZANAHORIA Y ACHICORIA CON UN SISTEMA DE INTERCULTIVO EN SURCOS Y CULTIVOS ÚNICOS

J. Suerda **Silva-de Lima**¹, Francisco **Bezerra-Neto**¹, Maria **Zuleide-de Negreiro**¹,
M. Clarete **Cardoso-Ribeiro**¹, Aurélio P. **Barros-Júnior**²

¹Graduate Program in Plant Science, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN, Brazil. P. O. Box 137. 59625-900, (jailmaagro@gmail.com), (bezerra@ufersa.edu.br), (zuleide@ufersa.edu.br), (clarete@ufersa.edu.br). ²Universidade Federal Rural de Pernambuco/UAS, Serra Talhada -PE, Brazil (aureliojr02@yahoo.com.br).

ABSTRACT

A great challenge for the success of intercropping systems is the ability in determining which species should be used and, especially, the management of the cultivars or varieties to be associated. The objective of the present research was to evaluate the effect of the association of two cultivars of carrot (*Daucus carota* L.) with two cultivars of rocket (*Eruca sativa* M.) in two crops in strip-intercropping system and sole crops on the productive performance of these vegetables. The experimental design was randomized complete blocks in a 2×2+2 factorial with five replications. Treatments were the association of two carrot cultivars (Brasília and Esplanada) with two rocket cultivars (Cultivada and Folha Larga) plus two additional treatments (two carrot cultivars or two rocket cultivars as sole crops in each block). The major results were: the rocket cultivars Cultivada and Folha Larga showed similar ($p>0.05$) productive performances in sole crop and intercropping system. The best performance ($p\leq 0.05$) of the rocket was observed in the second cultivation. The carrot cultivar Brasília showed the best productive performance ($p\leq 0.05$) in both sole crop and intercropping system. The intercropped systems of carrot Brasília + rocket Cultivada and carrot Brasília + rocket Folha Larga were the best association based on agri-economic efficiency.

Key words: *Daucus carota*, *Eruca sativa*, agronomic and economic efficiency.

RESUMEN

Un gran desafío para el éxito de los sistemas de intercultivo es la capacidad de determinar cuáles son las especies que deben utilizarse y, específicamente, el manejo de los cultivares o variedades a asociarse. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la asociación de dos cultivares de zanahoria (*Daucus carota* L.) con dos cultivares de achicoria (*Eruca sativa* M.), en dos cultivos con sistema de intercultivo en surcos y de cultivos únicos, sobre el comportamiento productivo de estas hortalizas. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con un arreglo factorial 2×2+2 con cinco repeticiones. Los tratamientos fueron la asociación de dos cultivares de zanahoria (Brasília y Esplanada) con dos cultivares de achicoria (Cultivada y Fogha Larga) más dos tratamientos adicionales (dos cultivares de zanahoria o dos de achicoria como cultivos únicos en cada bloque). Los resultados principales fueron: los cultivares de achicoria Cultivada y Folha Larga tuvieron comportamientos productivos similares ($p>0.05$) como cultivo único y en sistema de intercultivo. El mejor comportamiento ($p\leq 0.05$) de la achicoria se registró en el segundo cultivo. El cultivo de zanahoria Brasília mostró el mejor comportamiento productivo en cultivo único y en sistema de intercultivo ($p\leq 0.05$). Los sistemas de intercultivo de zanahoria Brasília + achicoria Cultivada y zanahoria Brasília + achicoria Folha Larga fueron la mejor asociación con base en la eficiencia agroeconómica.

Palabras clave: *Daucus carota*, *Eruca sativa*, eficiencia agronómica y económica.

INTRODUCCIÓN

El intercultivo se usa en los sistemas de cultivo en la región semiárida del noreste de Brasil. Además, por razones biológicas, nutricionales,

* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: Marzo, 2009. Aprobado: Octubre, 2009.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 44: 561-574. 2010.

INTRODUCTION

The intercropping is used in the farming systems in the semi-arid region of northeastern Brazil. Besides, due to biological, nutritional, economic and social reasons, it is an alternative for improving food production and income under culture conditions where resources are limited. Although, it is a widely used practice, there are still challenges with regard to the type of crop to be used in intercropping, as well as its management, especially in systems involving vegetables.

In the semi-arid region of the state of Rio Grande do Norte, the production of vegetables is growing and part of this production comes from intercropping systems of carrot (*Daucus carota* L.) and lettuce (*Lactuca sativa* L.), carrot and green coriander (*Coriandrum sativum* L.), and recently carrot and rocket, among other vegetables (Oliveira *et al.*, 2004; Freitas *et al.*, 2009). In these associations the leafy vegetables are grown twice during the cycle of carrot, one simultaneously with carrot and the other in the penultimate week before the harvest of carrot. Research with rocket cultivars in northeastern Brazil is just beginning, both as sole crop and intercropping system. Thus, rocket Cultivada showed the best agronomic performance in the second planting time (June to October) in the spacing of 0.20 m × 0.05 m (Freitas *et al.*, 2009). This crop is rich in vitamin C, potassium, sulfur and iron, besides being anti-inflammatory and detoxifying (Trani and Passos, 1998), whereas carrot contains sodium, calcium, magnesium, potassium, iron, phosphorus, nitrogen, and high levels of carotene.

Since there are new carrot and rocket cultivars for the semi-arid region of northeastern Brazil, it is essential to obtain comparative data on the productivity of materials in intercropping systems. This region is characterized by high temperature (25 °C to 38 °C), high solar radiation (a little over 12 h d⁻¹), relative humidity (RH) around 50 % and rainfall between 400 to 800 mm year. The intercropping system is a technology that could provide an increase in productivity per unit area and a diversified production of food in the same area, generating better temporal distribution of income, an increase of vegetative protection of soil against erosion, and better control of weeds as compared with the sole cropping system, due to a high density of plants per

económicas y sociales, es una alternativa para mejorar la producción de alimentos e ingresos en condiciones de cultivo con recursos limitados. Aunque es una práctica ampliamente usada, todavía hay retos respecto al tipo de cultivo a usar en el intercultivo así como a su manejo, sobre todo en sistemas donde se incluyen hortalizas.

En la región semiárida del estado de Rio Grande do Norte la producción de hortalizas está en crecimiento y parte de esta producción proviene de los sistemas de intercultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.), zanahoria y cilantro verde (*Coriandrum sativum* L.), y recientemente zanahoria y achicoria, entre otros hortalizas (Oliveira *et al.*, 2004; Freitas *et al.*, 2009). En estas asociaciones las hortalizas de hoja se cultivan dos veces durante el ciclo de la zanahoria, una simultáneamente con zanahoria y la otra en la penúltima semana previa a la cosecha de la zanahoria. El estudio con cultivos de achicoria en el noreste de Brasil, como cultivo único y como sistema de intercultivo, aún está en ciernes. Así, la achicoria Cultivada mostró el mejor comportamiento agronómico en el segundo periodo de plantación (junio a octubre) con un espaciado de 0.20 m × 0.05 m (Freitas *et al.*, 2009). Este cultivo es rico en vitamina C, potasio, sulfuro y hierro, además de ser un anti-inflamatorio y desintoxicante (Trani and Passos, 1998), mientras que la zanahoria contiene sodio, calcio, magnesio, potasio, hierro, fósforo, nitrógeno y altos niveles de caroteno.

Dado que en la región semiárida del noreste de Brasil hay nuevos cultivares de zanahoria y achicoria, es esencial obtener datos comparativos de la productividad de materiales en los sistemas de intercultivo. Esta región se caracteriza por altas temperaturas (25 °C a 38 °C), alta radiación solar (poco más de 12 h d⁻¹), humedad relativa (RH) cercana a 50 % y precipitación media anual de 400 a 800 mm. El sistema de intercultivo es una tecnología que podría propiciar un aumento en la productividad por unidad de área y una producción diversificada de alimento en la misma zona, generando así una mejor distribución temporal de los ingresos, un aumento en la protección vegetativa del suelo contra la erosión, y mejor control de malezas comparado con el sistema de cultivo único, debido a la alta densidad de plantas por unidad de área (Heredia Zarate *et al.*, 2003), reducción del riesgo de la pérdida total del cultivo y mejor uso de la mano de obra familiar y recursos del medio.

unit area (Heredia Zarate *et al.*, 2003), reduction of risk of total crop losses and better use of family labor and resources of the environment.

Between intercropping systems of carrot and lettuce under high temperature and high solar radiation, there were no significant differences, and lettuce in sole crop (Negreiros *et al.*, 2002). Oliveira *et al.* (2004) evaluated the association of lettuce cultivars of the crisp leaf (Elba, Lucy Brown, Tainá and Verônica) and looseleaf group (Babá de Verão, Maravilha das Quatro Estações, Elisa and Carolina) with carrot cultivars (Alvorada and Brasília), in two crops in alternate strips (two strips of carrot and two strips of lettuce, with four rows of each), and their findings were: 1) no significant interaction between the cultivars of vegetables in the two seasons of cultivation; 2) the intercropping systems of Alvorada carrot and Lucy Brown lettuce and Brasília carrot and Maravilha das Quatro Estações lettuce were better with LER (land equivalent ratio) of 2.16 and 2.15 and return rates of 2.05 and 2.33.

The objective of our study was to evaluate the effect of the association of two cultivars of carrot with two cultivars of rocket in two crops in strip-intercropping system and sole crops on the productive performance of these vegetables, as well as to look for cultivars association that provide good interspecific combining ability and better yield and agri-economic efficiency.

MATERIALS AND METHODS

This study was conducted in the vegetable garden of the Plant Sciences Department of the Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), in Mossoró, RN, from June to October 2006, at 5° 11' S, 37° 20' W and 18 m of altitude. The climate of the region according to Thornthwaite, is semi-arid and according to Köppen is Bsw^h, dry and very hot, with a dry season (June to January) and a rainfall season (February to May). During this research the mean daytime temperature was 28.2 °C, daily sunshine 12 h and 50 % RH. The soil was classified as a Eutrophic Yellow-Red Ultisols (EMBRAPA, 1999). Samples were taken in the experimental area and mixed in order to obtain a composite sample, which was analyzed at the Chemistry and Fertility of Soils Laboratory of the UFERSA: pH (soil:water ratio 1:2.5) 7.90 (alkaline soil); Ca 5.80 cmol_c dm⁻³; Mg 1.00 cmol_c dm⁻³; K 0.40 cmol_c dm⁻³; Na 2.06 cmol_c dm⁻³; Al 0.00 cmol_c dm⁻³; P 18.4 mg dm⁻³ and N 6 g kg⁻¹. Therefore, the soil has a medium fertility with low level of P and N.

Entre los sistemas de intercultivo de zanahoria y lechuga bajo temperaturas elevadas y alta radiación solar, no hubo diferencias significativas (Negreiros *et al.*, 2002). Oliveira *et al.* (2004) evaluaron la asociación de los cultivares de lechuga de hoja rizada (Elba, Lucy Brown, Tainá y Verônica) y de hoja suelta (Babá de Veão, Maravilha das Quatro Estações, Elisa y Carolina), con cultivares de zanahoria (Alvorada y Brasília), en dos cultivos en surcos alternos (dos surcos de zanahoria y dos surcos de lechuga, con cuatro filas de cada una), y encontraron lo siguiente: 1) no hubo interacción significativa entre los cultivares de hortalizas en las dos temporadas de cultivo; 2) los sistemas de intercultivo de zanahoria Alvorada y lechuga Lucy Brown y zanahoria Brasília y lechuga Maravilha das Quatro Estações fueron mejores con LER (relación equivalente de tierra) de 2.16 y 2.15 y tasas de rendimiento de 2.05 y 2.33.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la asociación de dos cultivares de zanahoria con dos cultivares de achicoria en dos cultivos, en sistema de intercultivo en surco y cultivos únicos en la productividad de estas hortalizas, así como buscar la asociación de cultivares que proporcionen una buena capacidad de combinación interespecífica, mayor rendimiento y eficiencia agroeconómica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en el huerto del Plant Sciences Department de la Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), en Mossoró, RN, de junio a octubre de 2006, a 5° 11' S, 37° 20' O y 18 m de altitud. El clima de la región, según Thornthwaite, es semiárido y, de acuerdo con Köppenes Bsw^h, seco y muy caliente, con una temporada de sequía (junio a enero) y una de lluvia (febrero a mayo). Durante esta investigación la temperatura diurna promedio fue 28.2 °C, 12 h diarias de luz solar día y 50 % HR. El suelo se clasificó como un Ultisol rojo-amarillo eutrófico (EMBRAPA, 1999). Las muestras se tomaron en una zona experimental y se mezclaron para obtener una muestra compuesta que se analizó en el Laboratorio de Química y Fertilidad de Suelos de la UFERSA: pH (relación agua:suelo 1:2.5) 7.90 (suelo alcalino); Ca 5.80 cmol_c dm⁻³; Mg 1.00 cmol_c dm⁻³; K 0.40 cmol_c dm⁻³; Na 2.06 cmol_c dm⁻³; Al 0.00 cmol_c dm⁻³; P 18.4 mg dm⁻³ y N 6 g kg⁻¹. Por tanto, el suelo tiene una fertilidad mediana con bajo contenido de P y N.

El diseño fue de bloques completos al azar con un arreglo factorial 2×2+2 y cinco repeticiones por tratamiento: dos cultivares de zanahoria (Brasília y Esplanada) con dos cultivares de

The experimental design was a complete randomized block with five replicates and a 2×2+2 factorial arrangement of treatments: two carrot cultivars (Brasília and Esplanada) and two rocket cultivars (Cultivada and Folha Larga), plus two additional treatments (two carrot cultivars or two rocket cultivars grown as sole crops in each block).

The characteristics of the carrot cultivars (cv.) are: 1) Brasília, vigorous dark green foliage, good resistance to burn-out leaves, low incidence of green or purple shoulder and roots with dark orange pigmentation, and it is recommended for sowing from October to February in the Center-West, North and Northeast of Brazil (Souza *et al.*, 2002; Teófilo *et al.*, 2009); 2) Esplanada, well adapted to Brazilian soil and climate, high resistance to burn-out leaves, low incidence of flowering in early summer, moderate resistance to gall nematodes, the roots are long, thin and uniform color, characteristics appropriate to the minimum processing (Vieira *et al.*, 2005). The characteristics of the rocket cultivars are: 1) Cultivada, a traditional cultivar with good yield of packets, long and jagged sheets of light green color, height between 25 to 30 cm; 2) Folha Larga, high vigor of plants, early seedlings and production, with excellent market acceptance (Porto, 2008).

The intercropping system was established in growing alternate strips of vegetables (50 % of the area for carrot and 50 % for rocket) where each plot was composed of two strips of four rows of each vegetable, flanked by two rows (side border). In the intercropping system the total plots area was 2.88 m², the harvest area 1.60 m² containing 160 rocket plants in 0.20 m × 0.05 m spacing (two plants per hole) and 80 carrot plants in 0.20 m × 0.05 m spacing (one plant per hole). In sole crop the total plot area was 1.44 m², the harvest area 0.80 m² containing 80 rocket plants in the 0.20 m × 0.05 m spacing (one plant per hole) and 40 carrot plants in the 0.20 m × 0.10 m spacing (one plant per hole).

The population of plants recommended for sole crop in the region is approximately 500 000 plants ha⁻¹ for carrot (Barros Júnior *et al.*, 1995) and 1 000 000 plants ha⁻¹ for rocket (Moura *et al.*, 2008), not considering 30 % of traffic area (corridors and roads). However, for the variables in the crops, corrections were made to 70 % of cultivated area; these same population densities were also used in the intercropping systems.

Soil preparation consisted of harrowing followed by construction of beds. Before the installation of the field experiment, a solarization on the beds with transparent plastic Vulcabrilho Bril Fles (30 μ) was carried out for 56 d, in order to reduce soil phytopathogens which would undermine crops productivity.

In the plots with rocket and carrot in sole crop and intercropped, planting fertilizations were performed with 80 t

achicoria (Cultivada y Fogha Larga) más dos tratamientos adicionales (dos cultivares de zanahoria o dos de achicoria como cultivos únicos en cada bloque).

Las características de los cultivares (cv.) de zanahoria son: 1) Brasília, follaje vigoroso verde oscuro, buena resistencia a la aparición de hojas quemadas, baja incidencia de hombro verde o púrpura y las raíces con una pigmentación naranja oscuro; se recomienda sembrarla de octubre a febrero en las regiones centro-oeste, norte y noreste de Brasil (Souza *et al.*, 2002); 2) Esplanada, se adapta bien al suelo y clima de Brasil, alta resistencia a la aparición de hojas quemadas, baja incidencia de floración en el verano temprano, resistencia moderada a nemátodos de agallas, las raíces son largas, delgadas y de color uniforme, características apropiadas para un procesamiento mínimo (Vieira *et al.*, 2005). Las características de los cultivares de achicoria son: 1) Cultivada, cultivo tradicional con buenos rendimientos de paquetes, hojas largas y dentadas de color verde claro, altura de 25 a 30 cm; 2) Folha Larga, plantas de gran vigor, plántulas tempranas y producción con excelente aceptación de mercado (Porto, 2008).

El sistema de intercultivo se hizo sembrando hortalizas en surcos alternos (50 % del área para zanahoria y 50 % para achicoria) donde cada parcela estaba compuesta de dos surcos de cuatro filas de cada hortaliza, flanqueadas por dos filas (borde externo). En el sistema de intercultivo el área total de las parcelas fue 2.88 m², el área de cosecha 1.60 m² con 160 plantas de achicoria en un espacio de 0.20 m × 0.05 m (dos plantas por agujero) y 80 plantas de zanahoria en un espacio de 0.20 × 0.05 m (una planta por agujero). En cultivo único el área total de la parcela fue 1.44 m², el área de cosecha 0.80 m² con 80 plantas de achicoria en un espacio de 0.20 m × 0.05 m (una planta por agujero) y 40 plantas de zanahoria en un espacio de 0.20 m × 0.10 m (una planta por agujero).

La población de plantas recomendada para cultivo único en la región es aproximadamente 500 000 plantas ha⁻¹ para zanahoria (Barros Júnior *et al.*, 1995) y 1 000 000 plantas ha⁻¹ para achicoria (Moura *et al.*, 2008), sin considerar 30 % del área de tránsito (corredores y caminos). Sin embargo, debido a las variables en los cultivos, se hicieron correcciones a 70 % del área cultivada; en los sistemas de intercultivo se usaron estas mismas densidades de población.

La preparación del suelo consistió de arado seguido de la construcción de camas. Antes de instalar el experimento de campo se efectuó una solarización en las camas con plástico Vulcabrilho Bril Fles transparente (30 μ) por 56 d, para reducir los fitopatógenos del suelo que podrían minar la productividad de los cultivos.

En las parcelas con achicoria y zanahoria en cultivo único y en intercultivo, las fertilizaciones de los cultivos se hicieron con 80 t ha⁻¹ de estiércol bovino, 30 kg ha⁻¹ N (urea), 60 kg

ha⁻¹ cattle manure, 30 kg ha⁻¹ N (urea), 60 kg ha⁻¹ P₂O₅ (single superphosphate) and 30 kg ha⁻¹ K₂O (potassium chloride), according to soil analysis and recommendations (IPA, 1998). This high amount of manure was used as a source of N and P because these nutrients are low in soil and following recommendation by Alvares Venegas *et al.* (1999). Besides, this high amount of manure provides greater holding capacity of soil water, especially in this sandy soil.

The carrot and the rocket were direct and simultaneously sown on July 17, 2006. In the plots with rocket and carrot three to five seeds per hole were sown and 8 d after emergence the thinning of the rocket was performed; two seedlings per hole were left in the intercropping plots and one seedling in the sole crop plots. Thinning in carrot, the main crop, was carried out 25 d after sowing (das), leaving one plant per hole in the two cropping systems. The second sowing of the rocket was on September 27, that is, 73 d after the carrot sowing. This cultivation practice is common in the association of carrot and leafy vegetables in order to optimize space between strips of carrot rows, to increase the use efficiency of the area. In addition, the producer during the carrot cycle may dispose twice of rocket production and thus to increase income.

In the plots with rocket in sole crop fertilization with 40 kg ha⁻¹ N (urea) was carried out 15 das. Also, 25 and 30 d after rocket sowing, both cropping systems received foliar fertilization: 30 mL 20 L⁻¹ water, and 14 % N, 4 % P₂O₅, 6 % K₂O, 0.8 % S, 1.5 % Mg, 2 % Zn, 1.5 % Mn, 0.1 % B and 0.05 % Mo. Plots with carrot in sole crop and intercropped were fertilized with 40 kg ha⁻¹ N 25 and 45 das. Together with the first N fertilization, 30 kg ha⁻¹ K₂O was applied to the crops.

During the experiment, three hand weedings and two irrigations were applied daily by a micro-sprinkler system with a water sheet of about 8 mm h⁻¹. Two sprays were performed with *Azadiracta indica* A. Juss syrup, to combat aphids in the rocket (40 g dried neem leaves L⁻¹ water). The rocket was harvested on 20 August and 27 October 2006, about 30 das; carrot was harvested on 14 October 2006, at 89 das.

Variables evaluated in the carrot were: plant height, number of stems per plant, shoot and root dry matter mass, total and commercial productivity of roots (free of cracks, bifurcations, nematodes and mechanical damage). Productivity (%) of roots was classified according to its length and diameter as: long, lengths from 17 to 25 cm and diameter < 5 cm; medium, length from 12 to 17 cm and diameter > 2.5 cm; short, length 5 to 12 cm and diameter < 5 > 1 cm; scrap, roots not included in the previous interval (Vieira *et al.*, 1997). The variables evaluated in the rocket were plant height, number of leaves per plant, yield of green mass and shoot dry matter mass.

Indexes for agronomic and economic efficiency of the intercropped systems between carrot and rocket cultivars were:

ha⁻¹ P₂O₅ (superfosfato simple) y 30 kg ha⁻¹ KCl (cloruro de potasio), de acuerdo con los análisis de suelo y recomendaciones (IPA, 1998). Esta elevada cantidad de estiércol se usó como fuente de N y P debido al bajo contenido de estos nutrientes en el suelo y según las recomendaciones de Alvares Venegas *et al.* (1999). Además, esta alta cantidad de estiércol proporciona una mayor capacidad de retención de agua del suelo, sobre todo en este suelo arenoso.

La zanahoria y la achicoria se sembraron directa y simultáneamente el 17 de julio de 2006. En las parcelas de achicoria y zanahoria se sembraron tres a cinco semillas por agujero y 8 d después de la emergencia se efectuó el raleo de la achicoria; en las parcelas de intercultivo se dejaron dos brotes por agujero y uno solo en las de cultivo único. El raleo de zanahoria, el cultivo principal, se efectuó 25 d después de la cosecha (das), dejando una planta por agujero en los dos sistemas de cultivo. La segunda siembra de achicoria se hizo el 27 de septiembre, es decir, 73 d después de sembrar la de zanahoria. Esta práctica de cultivo es común al asociar zanahoria y hortalizas de hoja para optimizar el espacio entre los surcos de las filas de zanahoria, e incrementar la eficiencia de uso del área. Además, el productor puede disponer dos veces de la producción de achicoria durante el ciclo de la zanahoria y así aumentar sus ingresos.

En las parcelas con achicoria en cultivo único la fertilización con 40 kg ha⁻¹ N (urea) se efectuó 15 das. Asimismo, 25 y 30 d después de sembrar achicoria, los dos sistemas recibieron fertilización foliar: 30 mL 20 L⁻¹ agua, y 14 % N, 4 % P₂O₅, 6 % K₂O, 0.8 % S, 1.5 % Mg, 2 % Zn, 1.5 % Mn, 0.1 % B y 0.05 % Mo. Las parcelas con zanahoria en cultivo único y en intercultivo se fertilizaron con 40 kg ha⁻¹ N 25 y 45 das. Junto con la primera fertilización de N se aplicaron 30 kg ha⁻¹ K₂O a los cultivos.

Durante el experimento, se hicieron tres deshierbes manuales y se aplicaron dos riegos por microaspersión al día con un abanico de agua de aproximadamente 8 mm h⁻¹. Se roció jarabe de *Azadiracta indica* A. Juss dos veces para combatir a los áfidos de la achicoria (40 g hojas secas de nim, L⁻¹ agua). La achicoria se cosechó el 20 de agosto y el 27 de octubre de 2006, unos 30 das; la zanahoria se cosechó el 14 de octubre de 2006, a 89 das.

Las variables evaluadas en la zanahoria fueron: altura de la planta; número de tallos por planta; masa de la materia seca de brotes y raíces; productividad total y comercial de las raíces (libres de roturas, bifurcaciones, nemátodos y daño mecánico). La productividad de las raíces fue clasificada (%) según su longitud y diámetro como: larga, longitud de 17 a 25 cm y diámetro < 5 cm; mediana, longitud de 12 a 17 cm y diámetro > 2.5 cm; corta, longitud de 5 a 12 cm y diámetro > 1 cm; desperdicios, raíces no consideradas en las medidas anteriores (Vieira *et al.*, 1997). Las variables evaluadas en la achicoria fueron: altura de la planta, número de hojas por planta, rendimiento de masa verde y masa de la materia seca de los brotes.

- 1) Land equivalent ratio (LER) to evaluate advantage in intercropping experiments (Willey and Osiru, 1972); it is the relative land area under sole crop conditions required to provide the yield reached in intercropping (Willey, 1979) and indicates the biological efficiency of intercropping for using the resources of the environment as compared to sole crop (Mead and Willey, 1980). It is calculated as follows: $LER = LER_c + LER_r$, where LER_c and LER_r represent LER of carrot and rocket in our study. If $LER > 1$ the intercropping favors growth and yield of component crops; if $LER < 1$ the intercropping negatively affects the growth and yield of crops grown in the association (Caballero *et al.*, 1995).
- 2) Gross income (GI) is the value of combined yields in each intercrop system, irrespective of production costs (PC); $GI = Y_{cr} P_c + Y_{rc} P_r$, where Y_{cr} and Y_{rc} are the yields $t ha^{-1}$ of carrot and rocket as intercrops, and P_c and P_r are prices of 1 k of carrot and rocket (R\$ 1.20 and R\$ 4.90; 1 US\$ = 1.77 R\$) in December 2007, in Mossoró-RN, paid to farmers.
- 3) Net income (NI) was calculated as follows: $NI = GI - PC$, where PC is the summation of all expenses (inputs and labors) in each intercrop system.

A univariate variance analysis for a randomized complete block experiment with a 2x2x2 factorial arrangement of treatments was performed to evaluate the variables for carrot (Lentner and Bishop, 1986) (Table 1). A combined analysis of this same factorial in two crops (Table 2) was performed to evaluate the rocket variables. The treatment-factors means were compared using the Tukey test ($p \leq 0.05$). All the analysis were performed using SAS (Cody and Smith, 2004).

RESULTS AND DISCUSSION

Carrot crop

A significant difference ($p \leq 0.05$) was found between carrot cultivars for plant height, number of stems per plant, total and commercial productivity of roots and percentage of the carrot roots long and medium, short and scrap (Table 3). The average Brasília carrot was higher than that of the Esplanada in plant height, number of stems per plant, total and commercial productivity of roots and in the percentage of the short roots of carrot; while the average of the Esplanada surpassed that of the Brasília in the percentage of long, medium and scrap carrot roots (Table 4).

There was no significant difference ($p > 0.05$) between Cultivada and Folha Larga rocket, which means that the pressures of competition exerted

Table 1. ANOVA table for carrot variables.

Cuadro 1. Cuadro ANDEVA para las variables de zanahoria.

SV	DF
Blocks	4
Carrot (C)	1
Rocket (R)	1
C x R	1
Between sole crops (S)	1
Sole crop (S) vs intercropping (I)	1
Error	20
Total	29

F values are shown in Table 3 ♦ Los valores de F se muestran en el Cuadro 3.

SV= sources of variation ♦ SV= fuentes de variación.

Table 2. ANOVA table for rocket variables.

Cuadro 2. Cuadro ANDEVA para las variables de achicoria.

SV	DF
Blocks within crops	8
Carrot (C)	1
Rocket (R)	1
Crops (G)	1
C x G	1
C x R	1
R x G	1
C x R x G	1
Sole crop (S) vs intercropping (I)	1
S x I x G	1
Between sole crops (S)	1
G x S	1
Error	40
Total	59

F values are shown in Table 5 ♦ Los valores de F se muestran en el Cuadro 5.

SV= sources of variation ♦ SV= fuentes de variación.

Los índices de eficiencia agronómica y económica de los sistemas de intercultivo entre cultivares de zanahoria y de achicoria fueron:

- 1) Relación equivalente de tierra (LER) para evaluar ventajas en experimentos de intercultivo (Willey y Osiru, 1972); es el área relativa de un cultivo único requerido para proporcionar el rendimiento obtenido con intercultivos (Willey, 1979) e indica la eficiencia biológica del intercultivo para usar los recursos del ambiente en comparación con el cultivo único (Mead y Willey, 1980). Se calcula así: $LER = LER_c + LER_r$ donde LER_c y LER_r representan la LER de la zanahoria y la achi-

Table 3. F values for plant height (PH), number of stems per plant (NSP), dry matter (DM) mass of shoot (DMMS), DM mass of roots (DMMR), total productivity of roots (TPR), commercial productivity of roots (CPR), long and medium roots (LMR) %, short roots (SR) % and scrap roots (ScR) % for carrot and rocket cultivars, and between sole crops and intercropping (factorial) vs sole crop.

Cuadro 3. Valores de F para altura de planta (PH), número de tallos por planta (NSP), masa de materia seca (DM) del brote (DMMS), masa de materia seca (DM) de las raíces (DMMR), productividad total de las raíces (TPR), productividad comercial de las raíces (CPR), % de raíces largas y medianas (LMT), % de raíces cortas (SR) y % de raíces desperdicios (ScR) de cultivares de los zanahoria y achicoria y entre cultivos únicos y (factorial) intercultivo vs cultivo único.

SV	DF	Variables								
		PH (cm)	NSP	DMMS (t ha ⁻¹)	DMMR (t ha ⁻¹)	TPR (t ha ⁻¹)	CPR (t ha ⁻¹)	LMR (%)	SR (%)	ScR (%)
Blocks	4	7.22 [‡]	3.58 [‡]	4.88 [‡]	0.30	11.21 [‡]	4.41 [‡]	1.59	3.91 [‡]	0.63
Carrot (C)	1	4.25 [‡]	7.55 [‡]	0.25	0.79	21.32 [‡]	14.76 [‡]	7.64 [‡]	69.24 [‡]	6.47 [‡]
Rocket (R)	1	0.91	2.39	0.19	0.26	0.98	0.33	0.12	0.11	0.02
C × R	1	3.97	1.89	4.03	0.53	2.11	0.07	0.26	3.51	0.47
Between sole crops (S)	1	0.02	0.03	1.48	0.59	55.05 [‡]	46.82 [‡]	2.11	6.92 [‡]	10.26 [‡]
Sole crop (S) vs intercropping (I)	1	0.01	3.36	7.57 [‡]	13.20 [‡]	220.47 [‡]	47.84 [‡]	1.65	10.45 [‡]	0.60
Error	20	26.65	27.14	0.78	0.33	5.19	10.51	97.10	38.32	91.26
Total	29									

[‡]p ≤ 0.05; [‡]p ≤ 0.01 (F test).

SV= sources of variation ♦ SV= fuentes de variación.

by these rocket cultivars were not strong enough to differentiate them, because the carrot and the rocket have distinct growth habits and development. This result differs from that obtained by Grangeiro *et al.* (2007), who indicate that crop cycle and the similarity of the plant appear to have been crucial to yielding lower beet (*Beta vulgaris*) productivity in the intercropping system. Although, the rocket had a short cycle with initial rapid growth, it mainly promoted greater interspecific competition for light when beet and rocket were sown simultaneously.

Significant interaction between carrot and rocket cultivars was not observed (p > 0.05) for carrot variables. However, there was a significant difference (p ≤ 0.05) between the cultivars of carrots in single crop, total and commercial productivity and in the percentages of short and scrap roots of carrot. Brasília outperforming the Esplanada in the three first variables, and the Esplanada outperforming the Brasília in scrap roots (Table 4).

Significant differences (p ≤ 0.05) between the sole crop and intercropping system of carrot and rocket were found for dry matter mass of shoot and roots, total and commercial productivity and short roots

coria en este estudio. Si LER > 1, el intercultivo favorece el crecimiento y rendimiento de los cultivos que lo componen; si LER < 1 el intercultivo afecta negativamente el crecimiento y rendimiento de los cultivos plantados conjuntamente (Caballero *et al.*, 1995).

- Ingreso bruto (GI) es el valor de los rendimientos combinados en cada sistema de intercultivo, independiente de los costos de producción (PC); $GI = Y_{cr} P_c + Y_{rc} P_r$, donde Y_{cr} y Y_{rc} son los rendimientos t ha⁻¹ de zanahoria y achicoria como intercultivos, y P_c y P_r son los precios de 1 k de zanahoria y achicoria (R\$ 1.20 y R\$ 4.90; 1 US\$ = 1.77 R\$) en diciembre de 2007, en Mossoró-RN, que les pagaron a los campesinos.
- El ingreso neto (NI) se calculó así: $NI = GI - PC$, donde PC es la suma de todos los gastos (inversión y mano de obra) en cada sistema de intercultivo.

Se realizó un análisis de varianza univariado para un experimento de bloques completos al azar con un arreglo factorial 2x2+2 (Lentner y Bishop, 1986) (Cuadro 1). Se hizo un análisis combinado de este mismo diseño factorial en dos cultivos para evaluar las variables de achicoria (Cuadro 2). Las medias de los factores-tratamiento se compararon con la prueba de Tukey (p ≤ 0.05). Todos los análisis se hicieron con SAS (Cody y Smith, 2004).

Table 4. Mean values of plant height (PH), number of stems per plant (NSP), dry matter (DM) mass of shoot (DMMS), DM mass of roots (DMMR), total productivity of roots (TPR), commercial productivity of roots (CPR), long and medium roots (LMR) %, short roots (SR) % and carrot scrap roots (ScR) % for carrot and rocket cultivars, between sole crops and intercropping *vs* sole crop).

Cuadro 4. Valores promedio de la altura de la planta (PH), número de tallos por planta (NSP), masa de materia seca (DM) del brote (DMMS), masa de materia seca de las raíces (DMMR), productividad total de las raíces (TPR), productividad comercial de las raíces (CPR), % de raíces largas y medianas (LMR), % de raíces cortas (SR) y % de raíces desperdicios (ScR) de los cultivares de zanahoria y achicoria, entre cultivos únicos e intercultivo *vs* cultivo único.

Treatment-Factors	Variables								
	PH (cm)	NSP (t ha ⁻¹)	DMMS (t ha ⁻¹)	DMMR (t ha ⁻¹)	TPR (t ha ⁻¹)	CPR (%)	LMR (%)	SR (%)	ScR (%)
Carrot cultivars in intercropping system									
Brasília	60.00 a [†]	47.80 a	3.95 a	3.17 a	25.05 a	18.78 a	44.67 b	30.71 a	24.61 b
Esplanada	55.24 a	41.40 b	3.75 a	2.94 a	18.94 b	12.30 b	56.85 a	7.67 b	35.47 a
Rocket cultivars in intercropping system									
Cultivada	56.52 a	42.80 a	3.76 a	3.00 a	22.20 a	15.58 a	50.00 a	19.65 a	30.35 a
Folha Larga	58.72 a	46.40 a	3.94 a	3.12 a	23.21 a	16.41 a	51.52 a	18.74 a	29.73 a
Carrot cultivars in sole crop									
Brasília	57.60 a	48.00 a	4.45 a	4.00 a	41.14 a	31.69 a	60.19 a	16.59 a	23.22 b
Esplanada	57.16 a	48.60 a	5.13 a	3.72 a	30.46 b	17.66 b	51.13 a	6.29 b	42.57 a
CV(%)	8.97	11.37	21.19	17.21	8.41	17.16	18.81	37.27	30.83
Intercropping vs sole crop									
Intercrop	57.60 a	44.60 a	3.85 b	3.05 b	22.00 b	15.54 b	50.76 a	19.19 a	30.04 a
Sole crop	57.30 a	48.30 a	4.79 a	3.86 a	35.80 a	24.68 a	55.66 a	11.44 b	32.89 a

[†] Means with different letters in a column are significantly different ($p \leq 0.05$) ♦ Medias con letras diferentes en una columna son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

(Table 3), with the sole cropping system outperformed the intercropping system 19.62 %, 20.98 %, 38.54 % and 37.03 %; in carrot short roots %, the intercropping system outperformed (40.38 %) sole crop (Table 4) . The reductions in carrot variables, in intercropping, were probably due to the higher density of plants within the line of planting.

The average of total carrot productivity was 22.00 and 35.80 t ha⁻¹, in both intercropping system and sole crop (Table 4), which are close to the average in the Northeast region (25 t ha⁻¹) according to Vilela *et al.* (1997). About 70 % of the carrot roots showed good quality and were within the commercial pattern, which agrees with Caetano *et al.* (1999), who report about 73 % commercial standard for intercropping systems of carrot and lettuce in alternate rows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cultivo de zanahoria

Hubo una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los cultivares de zanahoria en altura de la planta, número de tallos por planta, productividad comercial y total de las raíces, y porcentaje de raíces largas y medianas, cortas y desperdicios de la zanahoria (Cuadro 3). El promedio de la zanahoria Brasília fue mayor que el de Esplanada en altura de planta, número de tallos por planta, productividad comercial y total de raíces y porcentaje de raíces cortas de zanahoria; mientras que el promedio del Esplanada rebasó el de Brasília respecto al porcentaje de raíces de zanahoria largas, medianas y las desperdicio (Cuadro 4).

Rocket culture

No significant difference was observed between the carrot cv., rocket cv. and crops of rocket on plant height (Table 5), neither between sole crop and intercropping system and between rocket cv. in sole crop. These data agree with those obtained by Negreiros *et al.* (2002), who found a similar plant height of lettuce in both systems, when considering the intercropping of carrot with lettuce in alternate rows.

For the plant height there were no significant interactions ($p > 0.05$) between cultivars of carrot and rocket. However, a significant interaction ($p \leq 0.05$) was recorded between the rocket crops and carrot cv in the number of leaves per plant, yield of green matter mass and dry matter mass yield of the rocket shoot (Table 5). Partitioning the interaction of carrot cv. within rocket crops, higher average values were found in Esplanada in the second rocket crop (Table 6). Besides, there was a significant difference between the average values of the rocket crops within the Esplanada carrot cultivar with the highest value in the second crop; but no significant difference was found between rocket crops within the Brasília carrot (Table 6). The differences in performance of carrot

No hubo diferencia significativa ($p > 0.05$) entre la achicoria Cultivada y la Folha Larga, lo que indica que las presiones de competencia ejercidas por estos cultivares de achicoria no fueron lo suficientemente fuertes como para diferenciarlas, debido a que la zanahoria y la achicoria tienen distintos hábitos de crecimiento y desarrollo. Este resultado difiere del obtenido por Grangeiro *et al.* (2007), quienes indican que el ciclo de cultivo y la semejanza de la planta parecen ser fundamentales para que el rendimiento de la productividad del betabel (*Beta vulgaris*) fuera menor en el sistema de intercultivo. Aunque la achicoria tuvo un ciclo corto con crecimiento inicial rápido, estimuló principalmente una mayor competencia interespecífica por la luz cuando el betabel y la achicoria se sembraron simultáneamente.

No hubo interacción significativa entre los cultivares de zanahoria y los de achicoria ($p > 0.05$) para las variables de zanahoria. Sin embargo, hubo una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los cultivares de zanahoria en cultivo único, productividad total y comercial, y en los porcentajes de las raíces cortas y desperdicios de zanahoria; Brasília fue superior al Esplanada en las tres primeras variables, mientras que Esplanada superó al Brasília en las raíces de desperdicios (Cuadro 4).

Table 5. F values for plant height (PH), number of leaves per plant (NLP), green matter mass yield (GMMY) and dry matter mass yield of rocket shoot (DMMYS), in two crops for carrot and rocket cultivars intercropped, rocket cultivars in sole crop and sole vs intercropping systems.

Cuadro 5. Valores de F de la altura de la planta (PH), número de hojas por planta (NLP), rendimiento de la masa de materia verde (GMMY) y rendimiento de la masa de materia seca del brote de achicoria (DMMYS) en dos cultivos de cultivares zanahoria y achicoria intercultivados, cultivares de achicoria en cultivo único y en intercultivo vs sistemas de intercultivo.

SV	DF	PH	NLP	GMMY	DMMYS
Blocks (Crops)	8	0.51	0.87	0.76	1.11
Carrot (C)	1	1.75	5.30 [†]	0.24	6.39 [†]
Rocket (R)	1	1.37	0.23	0.11	0.02
Crops (G)	1	0.10	7.43 [†]	8.26 [†]	0.02
G × C	1	2.08	8.32 [†]	4.33 [†]	7.27 [†]
C × R	1	0.33	0.09	0.42	0.29
G × R	1	2.03	0.32	0.56	0.02
G × C × R	1	0.09	0.68	0.36	3.02
Sole crop (S) vs intercropping (I)	1	0.36	1.70	2.63	3.29
S × I × G	1	0.14	4.90 [†]	45.12 [†]	3.19
Between sole crops (S)	1	0.09	2.32	0.70	1.67
G × S	1	0.02	0.31	1.23	2.07
Error	40				
Total	59				

[†] $p \leq 0.05$ (F test).

SV= sources of variation ♦ SV= fuentes de variación.

cultivars might be explained by high temperature and ample light, and the differentiated adaptability of these genotypes to intercropping with the rocket. Between the rocket cultivars in intercropping and sole crop there was no significant difference in the number of leaves per plant, yield of green matter mass and dry matter mass of the rocket shoot. However, significant differences between sole crop and intercropping system were recorded in the number of leaves per plant and in the yield of green matter mass of the rocket, with the sole crop stand outperforming the intercropping system (Table 6). Management of production factors such as

El cultivo único y el sistema de intercultivo de zanahoria y achicoria mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la masa de materia seca de tallos y raíces, productividad total y comercial, y raíces cortas (Cuadro 3), donde el cultivo único superó al sistema de intercultivo en 19.62 %, 20.98 % y 37.03 %; el sistema de intercultivo superó al cultivo único en 40.38 % raíces cortas de zanahoria (Cuadro 4). Las reducciones en las variables de zanahoria en intercultivo se debieron quizá a la mayor densidad de plantas dentro de la línea de plantación.

La productividad total promedio de zanahoria fue 22.00 y 35.80 t ha⁻¹, tanto en el sistema de intercultivo

Table 6. Mean values of plant height (PH), number of leaves per plant (NLP), green matter mass yield (GMMY) and dry matter mass yield of rocket shoot (DMMYS), in two crops in function of carrot cultivars and rocket cultivars intercropped, rocket cultivars in sole crop and sole crop vs intercropping systems.

Cuadro 6. Valores promedio de altura de la planta (PH), número de hojas por planta (NLP), rendimiento de la masa de materia verde (GMMY) y rendimiento de la masa de materia seca del brote de achicoria (DMMYS) en dos cultivos en función de cultivares de zanahoria y cultivares de achicoria intercultivados, cultivares de achicoria en cultivo único y en cultivo único vs sistemas de intercultivo.

Treatment-Factors	PH (cm)	NLP	GMMY (t ha ⁻¹)	DMMYS (t ha ⁻¹)			
Rocket cultivars in intercropping system							
Cultivada	22.36 a [†]	9.58 a	5.10 a	2.18 a			
Folha Larga	23.92 a	9.83 a	5.30 a	2.21 a			
Carrot cultivars in intercropping system							
		1° Crop	2° Crop	1° Crop	2° Crop	1° Crop	2° Crop
Brasília	22.26 a	9.10aA	9.21bA	5.12aA	4.98bA	2.11aA	1.93bA
Esplanada	24.03 a	8.83aB	11.66aA	4.12aB	6.58aA	2.08aB	2.67aA
Rocket crops							
1° Crop	22.83 a	9.73 b	5.68 b	2.32 a			
2° Crop	23.17 a	10.58 a	7.14 a	2.30 a			
Rocket cultivars in sole crop							
Cultivada	22.85 a	10.82 a	8.34 a	2.29 a			
Folha Larga	22.56 a	10.40 a	9.31 a	2.55 a			
Intercropping vs sole crop							
Intercrop	23.14 a	9.70 b	5.20 b	2.20 a			
Sole crop	22.70 a	10.61 a	8.82 a	2.42 a			
CV(%)	18.36	14.96	30.71	19.88			

[†] Means with different small letters in a column and capital letters in a row are significantly different ($p \leq 0.05$) ♦ Medias con letras minúsculas en una columna y letras mayúsculas en una hilera son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).
CV: coefficient of variation ♦ CV= coeficiente de variación.

population arrangement, times of establishment of component crops in intercropping, among others, may minimize the competition and maximize the temporal or spatial complementarity of the crops. According to Trenbath (1976), the dry matter production of the plant depends on the efficiency of the interception of photosynthetic active radiation.

No significant interaction was found between carrot and rocket cultivars neither between these rocket cultivars, in sole crop and in intercropping system, for green and dry matter masses accumulated from two rocket crops (Table 7). However, there were significant differences between carrot cultivars and between sole *versus* intercropping, with the Esplanada cultivar outperforming the Brasília cultivar in dry matter mass of the rocket shoot. A similar response between these cultivars was observed in the yield of rocket green mass.

The intercropping system outperformed the sole crop on the yield of rocket green mass, while the sole crop outperformed the intercropping in the rocket shoot dry matter mass (Table 8). This result was due to the higher moisture content in the rocket as a result

como en cultivo único (Cuadro 4), los cuales se acercan al promedio de la región Noreste (25 t ha⁻¹) según Vilela *et al.* (1997). Alrededor de 70 % de las raíces de zanahoria mostraron buena calidad y estaban dentro del patrón comercial, lo cual concuerda con Caetano *et al.* (1999), quienes reportan un 73 % de estándar comercial en los sistemas de intercultivo de zanahoria y lechuga en filas alternas.

Cultivo de achicoria

No se observó diferencia significativa entre cv. de zanahoria, cv. de achicoria y cultivos de achicoria en altura de la planta (Cuadro 5), ni entre cultivo único y sistema de intercultivo y entre achicoria cv. en cultivo único. Estos datos concuerdan con los obtenidos por Negreiros *et al.* (2002) quienes, considerando el intercultivo con lechuga en filas alternas, encontraron una altura similar de la planta de lechuga en ambos sistemas.

No hubo interacciones significativas en la altura de la planta ($p > 0.05$) entre cultivares de zanahoria y achicoria. Sin embargo, hubo una interacción significativa ($p \leq 0.05$) entre los cultivos de achicoria y los cv. de zanahoria en el número de hojas por planta, rendimiento de masa de materia verde y masa de materia seca de los tallos de achicoria (Cuadro 5). Al dividir la interacción de zanahoria cv. dentro de los cultivos de achicoria, se encontraron valores más altos en Esplanada en el segundo cultivo de achicoria (Cuadro 6). Además hubo una diferencia significativa entre los valores promedio de los cultivos de achicoria dentro de la zanahoria Esplanada, con el valor más alto en el segundo cultivo; pero no hubo diferencia significativa entre los cultivos de achicoria dentro de la zanahoria Brasília (Cuadro 6). Las diferencias en la productividad de los cultivares de zanahoria pueden explicarse por la alta temperatura y la luz abundante, así como la adaptabilidad diferenciada de estos genotipos al intercultivo con la achicoria. Entre los cultivares de achicoria en intercultivo y en cultivo no único hubo diferencia significativa en el número de hojas por planta, rendimiento de masa de materia verde y masa de materia seca del brote de achicoria. Sin embargo, hubo diferencias significativas entre cultivo único y sistema de intercultivo en número de hojas por planta y en el rendimiento de masa de materia verde de la achicoria, donde el cultivo único superó al sistema de intercultivo (Cuadro 6). El manejo

Table 7. F values for green matter mass yield (GMMY) and dry matter mass yield of rocket shoot (DMMYS), in two crops in function of carrot cultivars and rocket cultivars intercropped, rocket cultivars in sole crop and sole *vs* intercropping systems.

Cuadro 7. Valores de F para el rendimiento de la masa de la materia verde (GMMY) y el rendimiento de la masa de la materia seca del brote de achicoria (DMMYS) en dos cultivos en función de los cultivares de zanahoria y de achicoria intercultivados, cultivares de achicoria en cultivo único y cultivo único *vs* sistemas de intercultivo.

SV	DF	GMMY	DMMYS
Blocks	4	0.54	0.52
Carrot (C)	1	0.04	8.27 [‡]
Rocket (R)	1	0.09	0.03
C × R	1	0.36	0.38
Sole crop (S) <i>vs</i>			
Intercropping (I)	1	38.28 [‡]	4.28 [†]
Between sole crops (S)	1	1.04	2.14
Error	20	9.13	0.31
Total	29		

[†] $p \leq 0.05$; [‡] $p \leq 0.01$ (F test).

SV= sources of variation ♦ SV= fuentes de variación.

from a micro climate formed by the intercropping system between the rocket and carrot. Furthermore, the lowest value for the rocket dry matter mass came from water withdrawal during the drying process.

The indexes of agronomic and economic efficiency of the intercropping systems of carrot and rocket cultivars (Table 9) showed an gain of the intercropped systems (LER values >1). The highest agronomic and economic indexes were observed in the intercropped systems containing carrot cultivar Brasília plus the rocket cultivars Cultivada or Folha Larga. The analysis of these results shows the monetary advantage of LER, indicating that the agronomic superiority in the studied systems resulted in economic advantages.

CONCLUSIONS

There was a significant interaction between rocket crops and carrot cultivars on the productive performance of the rocket. This variable was largest in the second crop and in the Esplanada carrot cultivar. Regardless of the rocket crops, the Cultivada and Folha Larga cv. showed similar productive performances in sole crop and intercropping system. The best performance of the rocket was observed in the second crop. The highest yield of rocket green mass was recorded in the intercropping system and the rocket dry matter mass in sole crop. The Brasília carrot showed the best productive performance in sole crop and intercropping system. Carrot commercial roots were similar in the both systems. The intercropped systems of carrot Brasília + rocket Cultivada and carrot Brasília + rocket Folha Larga showed the best association, based on agronomic and economic efficiency.

Table 8. Accumulated mean values of green matter mass yield (GMMY) and dry matter mass yield of rocket shoot (DMMYS), from two crops in function of intercropped carrot cultivars and rocket cultivars, rocket cultivars in sole crop, and sole and intercropping systems.

Cuadro 8. Valores promedio acumulados del rendimiento de la masa de materia verde (GMMY) y rendimiento de la masa de la materia seca del brote de la achicoria (DMMYS), de dos cultivos en función de los cultivares de zanahoria intercultivados y cultivares de achicoria, cultivares de achicoria en cultivo único, y cultivos únicos y sistemas de intercultivo.

Treatment-Factors	Evaluated characteristics	
	GMMY (t ha ⁻¹)	DMMYS (t ha ⁻¹)
	Carrot cultivars in intercropping system	
Brasília	10.11 a [†]	4.03 b
Esplanada	10.71 a	4.75 a
	Rocket cultivars in intercropping system	
Cultivada	10.21 a	4.37 a
Folha Larga	10.61 a	4.41 a
	Rocket cultivars in sole crop	
Cultivada	16.67 a	4.58 a
Folha Larga	18.62 a	5.10 a
	Intercropping vs sole crop	
Intercrop	19.23 a	4.38 b
Sole crop	17.65 b	4.84 a

[†] Means with different letters in a column are significantly different (p≤0.05) ♦ Medias con letras diferentes en columnas son significativamente diferentes (p≤0.05).

de los factores de producción como la disposición de la población y los periodos de establecimiento de los cultivos incluidos en el intercultivo, entre otros, pueden minimizar la competencia y maximizar la com-

Table 9. The indexes of agronomic and economic efficiency of the intercropped systems between carrot cultivars and rocket cultivars.

Cuadro 9. Índices de eficiencia agronómica y económica de los sistemas de intercultivo entre cultivares de zanahoria y cultivares de achicoria.

Intercropped systems between carrot cultivars and rocket cultivars	LER	Gross income R\$ ha ⁻¹	Net income R\$ ha ⁻¹
Brasília + Cultivada	1.45	79 887.40	63 420.03
Brasília + Folha Larga	1.21	89 403.28	72 875.31
Esplanada + Cultivada	1.29	82 022.81	65 479.69
Esplanada + Folha Larga	1.18	79 108.08	62 504.36

(1 US\$=1.77R\$).

LITERATURE CITED

- Alvarez Venegas, V. H., R. F. Novais, N. F. Barros, R. B. Cantarutti, e A. S. Lopes. 1999. Interpretação dos resultados das análises de solos. *In*: Ribeiro, A. C., P. T. G. Guimarães, e V. H. Alvarez Venegas. Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. UFV, Viçosa, MG. 359 p.
- Barros Júnior, A. P., F. Bezerra Neto, E. O. Silva, M. Z. Negreiros, E. Q. Oliveira, L. M. Silveira, J. S. S. Lima, e K. K. C. Freitas. 2005. Qualidade de raízes de cenoura em sistemas consorciados com alface sob diferentes densidades populacionais. *Hortic. Bras.* 23: 290-293.
- Caballero R, E. L. Goicoechea, and P. J. Hermaiz. 1995. Forage yields and quality of common vetch and oat sown at varying seeding ratios and seeding rates of common vetch. *Crop Res.* 41: 135-140.
- Caetano, L. C. S., J. M. Ferreira, e M. L. Araújo. 1999. Produtividade de cenoura e alface em sistemas de consorciação. *Hortic. Bras.* 17: 143-146.
- Cody, R. P., and J. K. Smith. 2004. *Applied Statistics and the SAS Programming Language*. 5th ed. New Jersey: Prentice Hall. 529 p.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 1999. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Embrapa Produção de Informação, Brasília. 412 p.
- Ferreira, D. F. 2000. Sistema SISVAR para análises estatísticas: Manual de orientação. Universidade Federal de Lavras/ Departamento de Ciências Exatas. Lavras. 37 p.
- Freitas, K. K. C., F. Bezerra Neto, L. C. Grangeiro, J. S. S. Lima, e K. H. S. Moura. 2009. Desempenho agrônomo de rúcula sob diferentes espaçamentos e épocas de plantio. *Rev. Ciênc. Agron.* 40: 449.
- Grangeiro, L. C., F. Bezerra Neto, M. Z. Negreiros, A. B. Cecílio Filho, A. V. C. Caldas, e N. L. Costa. 2007. Produtividade da beterraba e rúcula em função da época de plantio em monocultivo e consórcio. *Hortic. Bras.* 25: 577-581.
- Heredia Zarate, N. A., M. C. Vieira, M. Weismann, e A. L. F. Lourenção. 2003. Produção e renda bruta de cebolinha e de salsa em cultivo solteiro e consorciado. *Hortic. Bras.* 21: 574-577.
- IPA (Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária). 1998. Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco - 2ª aproximação. 2 ed. Rev. IPA. Recife. 198 p.
- Lentner, M., and T. Bishop. 1986. *Experimental Design and Analysis*. Valley Book Company, Blacksburg, VA. 565 p.
- Mead R, and R. W. Willey 1980. The concept of a land equivalent ratio and advantages in yields for intercropping. *Expl. Agric.* 16: 217-228.
- Moura, K. K. C. F., F. Bezerra Neto, F. S. T. Pontes, J. S. S. Lima, e K. H. S. Moura. 2008. Avaliação econômica de rúcula sob diferentes espaçamentos de plantio. *Rev. Caatinga* 21: 113-118.
- Negreiros, M. Z., F. Bezerra Neto, V. C. N. Porto, e R. H. S. Santos. 2002. Cultivares de alface em sistema solteiro e consorciado com cenoura em Mossoró. *Hortic. Bras.* 20: 162-166.
- Oliveira, E. Q., F. Bezerra Neto, M. Z. Negreiros, A. P. Barros Junior, K. K. C. Freitas, L. M. Silveira, e J. S. S. Lima. 2004. Desempenho agroeconômico do bicultivo de alface em complementariedade temporal o espacial de los cultivos. Según Trenbath (1976), la producción de materia seca de la planta depende de la eficiencia de intercepción de la radiación fotosintéticamente activa.
- No hubo interacción significativa entre los cultivares de zanahoria y achicoria, ni entre estos cultivares de achicoria en cultivo único y en sistema de intercultivo, respecto a masa verde y materia seca acumuladas de dos cultivos de achicoria (Cuadro 7). Sin embargo, existieron diferencias significativas entre los cultivares de zanahoria y entre cultivo único *vs* intercultivo, donde el cultivar Esplanada superó al cultivar Brasília en la masa de materia seca del brote de achicoria. Se observó una respuesta similar entre estos cultivares en el rendimiento de la masa de materia verde de achicoria.
- El sistema de intercultivo superó al cultivo único en el rendimiento de la masa de materia verde de achicoria, mientras que el cultivo único superó al intercultivo en el rendimiento de la masa de materia seca del brote de achicoria (Cuadro 8). Este resultado se debió al alto contenido de humedad en la achicoria como resultado de un micro clima formado por el sistema de intercultivo entre achicoria y zanahoria. Además, el valor más bajo de la masa de materia seca de la achicoria se debió al retiro de agua durante el proceso de secado.
- Los índices de eficiencia agronómica y económica de los sistemas de intercultivo de los cultivares de zanahoria y achicoria (Cuadro 9) mostraron un aumento de los sistemas intercultivo (LER valores >1). Los mayores índices agronómicos y económicos se observaron en los sistemas intercultivo integrados por el cultivar de zanahoria Brasília más los cultivares de achicoria Cultivada o Folha Larga. El análisis de estos resultados muestra una ventaja monetaria de LER, lo que indica que la superioridad de los sistemas estudiados generó ventajas económicas.

CONCLUSIONES

Hubo una interacción significativa entre los cultivos de achicoria y los cv. de zanahoria en el comportamiento productivo de la achicoria. Esta variable fue mayor en el segundo cultivo y en el cv. de zanahoria Esplanada. Independientemente de los cultivos de achicoria, los cv. de Cultivada y Folha Larga mostraron comportamientos productivos similares en cultivo único y en sistema de intercultivo. El mejor comportamiento de la achicoria se observó en el segun-

- sistema solteiro e consorciado com cenoura. *Hortic. Bras.* 22: 712-717.
- Oliveira, E. Q., F. Bezerra Neto, M. Z. Negreiros, e A. P. Barros Junior. 2004. Cultivo consorciado com hortaliças no Brasil. *Hortic. Bras.* 22: 1. (Contra-capá).
- Porto, V. C. N. 2008. Bicultivo de alface, cenoura e rúcula consorciadas com cenoura em faixas. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Mossoró. 97 p.
- Souza, R. J., A. Q. Machado, L. D. Gonçalves, J. E. Yuri, J. H. Mota, e G. M. Resende. Cultura da cenoura. 2002. Editora UFLA, Lavras. (Textos Acadêmicos, 22). 68 p.
- Teófilo, T. M. S., F. C. L. Freitas, M. Z. Negreiros, W. A. R. Lopes, e S. S. V. S. Vieira. 2009. Crescimento de cultivares de cenoura nas condições de Mossoró RN. *Rev. Caatiga* 22: 168-174.
- Trani, P. E., e F. A. Passos. 1998. Rúcula (pinchão *Eruca sativa* (Mill.) Thell). In: Fahl, J. I., M. B. P. Camargo, M. A. Pizzinatto, J. A. Betti, A. M. T. Melo, I. C. Demaria, e A. M. C. Furlani. Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. 6 ed. Instituto Agronômico, Campinas. (Boletim Técnico, 200). pp: 241-242.
- Trenbath, B. R. 1976. Plant interactions in mixed crops communities. In: Papendick, R. I., P. A. Sanchez, and G. B. Triplett (eds). Multiple Cropping. American Society of Agronomy, Madison. pp: 129-160.
- Vieira, J. V., H. B. S. V. Pessoa, e N. Makishima. 1997. Cultivo da cenoura (*Daucus carota* L.). Embrapa Hortaliças, Brasília. (Instruções Técnicas, 13). 19 p.
- Vieira, J. V., J. B. C. Silva, J. M. Charchar, F. V. Resende, M. E. N. Fonseca, A. M. Carvalho, e C. M. M. Machado. 2005.

do cultivo. El mayor rendimiento de masa verde de achicoria se registró en el sistema de intercultivo y la materia seca de achicoria en el cultivo único. El cultivar Brasília mostró el mejor comportamiento productivo en cultivo único y en intercultivo. Las raíces comerciales de zanahoria fueron similares en ambos sistemas de cultivo. Los sistemas de intercultivo de zanahoria Brasília + achicoria Cultivada + achicoria Folha Larga mostraron la mejor asociación, con base en la eficiencia agronómica y económica.

—Fin de la versión en Español—

-----*-----

- Esplanada: Cultivar de cenoura de verão para processamento. Embrapa Hortaliças, Brasília. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 07). 10 p.
- Vilela, N. J., J. B. Morelli, e N. Makishima. 1997. Impactos socioeconômicos da pesquisa de cenoura no Brasil:1977-1996. EMBRAPA/CNPH, Brasília. (Embrapa Hortaliças. Documentos 11). 20 p.
- Willey, R. W. 1979. Intercropping – Its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. *Field Crop Abstr.* 32: 1-13.
- Willey, R.W., and D. J. O. Osiru. 1972. Studies on mixtures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to plant population. *J. Agric. Sci.* 79: 519-529.