

## Factors affecting agricultural characteristics of *Camelina sativa* (L.) Crantz under dry-summer subtropical and warm temperate climates

Factores que afectan las características agrícolas de *Camelina sativa* (L.) Crantz en climas subtropicales secos y templados cálidos en verano

Fatores que afetam as características agrícolas de *Camelina sativa* (L.) Crantz em climas subtropicais secos e temperados quentes no verão

Dilek Başalma<sup>1\*</sup>, Mehtap Gürsoy<sup>2</sup> and Farzad Nofouzi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Ankara University, 06110, Dışkapı, Ankara, Turkey. Emails: dlkbasalma@gmail.com, farzad\_nofouzi@yahoo.com. <sup>2</sup>Güzelyurt Vocational School of Higher Education, Aksaray University, Güzelyurt, Turkey Mehtap Gürsoy. Email: mehtapgrsoy@gmail.com.

### Abstract

*Camelina sativa* is one of the alternative plants that can be used to meet exponential growing vegetable oil deficit in Turkey. The purpose of this study was to establish factors affecting crop yield and yield components of the *C. sativa* using eight genotypes at Ankara (Csa type of climate) and Haymana location (Csb type of climate), Turkey which were separated by a distance of 110 km during 2014. The results of the study showed a significant interaction between *C. sativa* genotypes and locations for all studied variables. The maximum length of plants was established as 60.95 cm using the line Number 402; the maximum seed yield was determined as 1549.0 kg ha<sup>-1</sup> using the CS-CR1670 population; and the maximum crude oil percentage was established as 51.25% using the CR-476/65 population at Ankara location. Whereas, at the Haymana location, the maximum plant height of 56.57 cm was noted using the CS-CR1676 population; the maximum seed yield was determined as 1481.0 kg ha<sup>-1</sup> using the CS-163-2073-72 population; and the maximum crude oil percentage was established as 51.42% using the CS-163-2073-72 population in terms of plant height, seed

Recibido el 04-05-2017 • Aceptado el 04-06-2018

\*Corresponding author. Email: dlkbasalma@gmail.com, farzad\_nofouzi@yahoo.com

yield and crude oil percentage: CR-476/65, CS-163-2073-72, CS-CR1670 and CS-CR1676, Giessen No.3 and NE2006-1 were the best genotypes. Comparing the two locations, maximum seed yield was noted at Ankara location. It was concluded that both locations with Csa and Csb types of climates were appropriate climates for the cultivation of *C. sativa* under Anatolian conditions.

**Key words:** *Camelina sativa*, location, seed yield, oil yield.

### Resumen

*Camelina sativa* es una planta alternativa que podría utilizarse para satisfacer el creciente déficit de aceite vegetal en Turquía. Se evaluaron los factores que afectaron el rendimiento de los cultivos y los componentes de rendimiento de *C. sativa* utilizando ocho genotipos en Ankara (tipo de clima Csa) y Haymana (tipo de clima Csb), Turquía, separados por una distancia de 110 Km, durante 2014. Los resultados del estudio mostraron una interacción significativa entre los genotipos y localizaciones de *C. sativa* para todas las variables estudiadas. La longitud máxima de las plantas se estableció como 60,95 cm usando la línea Número 402; el rendimiento máximo de las semillas se determinó como 1549,0 kg ha<sup>-1</sup> usando la población CS-CR1670; el porcentaje máximo de aceite se estableció como 51,25% utilizando la población CR-476/65 en Ankara. Considerando que, en la ubicación de Haymana, se observó la altura máxima de la planta de 56,57 cm usando la población CS-CR1676; el rendimiento máximo de las semillas se determinó como 1481,0 kg ha<sup>-1</sup> utilizando la población CS-163-2073-72; el porcentaje máximo de aceite se estableció como 51,42% usando la población CS-163-2073-72 en términos de altura de la planta, rendimiento de semilla y porcentaje de aceite: CR-476/65, CS-163-2073-72, CS-CR1670 y CS-CR1676, Giessen No.3 y NE2006-1 fueron los mejores genotipos. Al comparar los dos lugares, el rendimiento máximo de semillas se observó en Ankara. Se concluyó que ambos lugares con tipos de climas Csa y Csb fueron climas apropiados para el cultivo de *C. sativa* bajo condiciones de Anatolia.

**Palabras clave:** *Camelina sativa*, ubicación, rendimiento de la semilla, rendimiento de aceite.

### Resumo

*Camelina sativa* é uma planta alternativa que poderia ser usada para satisfazer o crescente déficit de óleo vegetal na Turquia. Foram avaliadas fatores que afetam as componentes de produção e de rendimento de culturas de *C. sativa* usando oito genótipos em Ancara (tipo de clima Csa) e Haymana (tipo de clima Csb), Turquia, separados por uma distância de 110 km, durante 2014. Os resultados do estudo mostraram uma interação significativa entre os genótipos e a localização de *C. sativa* para todas as variáveis estudadas. O comprimento máximo das plantas foi estabelecido em 60,95 cm usando a linha número 402; o

rendimiento máximo das sementes foi determinado em 1549,0 kg·ha<sup>-1</sup>, utilizando a população CS-CR1670; a percentagem máxima de óleo foi estabelecida como 51,25% usando a população CR-476/65 em Ancara. Considerando que, no local de Haymana, a altura máxima da planta de 56,57 cm foi observada usando a população CS-CR1676; o rendimento máximo das sementes foi determinado em 1481,0 kg·ha<sup>-1</sup>, utilizando a população CS-163-2073-72; a percentagem máxima de óleo foi definido como 51,42% utilizando a população CS-163-2073-72 em termos de altura da planta, o rendimento de sementes e teor de óleo: CR-476/65, CS-163-2073-72, CS-CR1670 e CS-CR1676, Giessen No.3 e NE2006-1 foram os melhores génotipos. Quando comparados os dois locais, o rendimento máximo de sementes foi observado em Ancara. Concluiu-se que ambos os locais com climas de Csa e Csb eram climas adequados para o cultivo de *C. sativa* em condições anatólias.

**Palavras-chave:** *Camelina sativa*, localização, rendimento de sementes, rendimento de óleo.

## Introduction

The genus *Camelina*, family Brassicaceae, consists of 11 *Camelina* species (Warwick and Al-Shehbaz, 2006). The most important among them *C. sativa* (false flax) is easily accessible under Mediterranean conditions and is widely grown for their oil in many countries of the world.

The vegetable oil industry in Turkey is capable of producing 5 million tons of oil seed, 1.5 million tons of refined oil and 1 million ton of olive oil, the financial volume of which translates to 4 billion USD. However, the oilseed production is not up to mark and the present ratio of oil capacity utilization is less than 50% (Uyanık and Kara, 2011). As the present oilseed production is unable to meet the existing demand, 6.24 million tons, therefore, this deficit is met by importing a large quantity of oilseeds and derivatives from abroad. During 2014, 4,286 million USD (Anonymous, 2015a) were spent for these. If the

## Introducción

El género *Camelina*, familia Brassicaceae, está constituida por 11 especies de *Camelina* (Warwick y Al-Shehbaz, 2006). La más importante entre ellas es *C. sativa* (linaza), la cual es de fácil acceso bajo condiciones mediterráneas y se cosecha en muchas regiones del mundo para ser usada como aceite.

La industria del aceite vegetal en Turquía es capaz de producir 5 millones de toneladas de aceite vegetal, 1,5 millones de toneladas de aceite refinado y 1 millón de toneladas de aceite de oliva, traducido a 4 mil millones de dólares americanos. Sin embargo, la producción de semillas oleaginosas no se aprovecha del todo y la actual relación del beneficio del aceite es inferior al 50% (Uyanık y Kara, 2011). Debido a que la actual producción de semillas oleaginosas no puede satisfacer la demanda existente, que es de 6.240.000 toneladas, este déficit se cumple importando una gran cantidad de semillas oleaginosas y sus

amount required for the bio diesel production is added to this oil deficit, the gap in oil deficit extend even further. Therefore, it is imperative that the oil crops adaptable to different ecologies are identified and the studies are conducted for developing suitable production methods (Tunçtürk et al., 2005).

It is believed that *Camelina* species has its origin in the North Europe extending to Southeastern Asia. *Camelia sativa* (L.) Crantz, was first cultivated in 1930s in France, Belgium, Holland and Russia, and then 20 years later (in the 1950s) in Poland and Sweden and later (in the 1960s) in the Soviet Union (Zubr, 1997) as an oil crop. There are various agronomic studies conducted on the *C. sativa* plant in both Europe and North America (Zimmermann and Kuechler, 1961; Plessers et al., 1962; Robinson and Nelson, 1975; Marquard and Kuhlmann, 1986; Losak et al., 2010). The *C. sativa* breeding studies were launched in Germany during 1980s by gathering local genetic material for production of agronomically improved populations and lines (Seehuber, 1984; Seehuber et al., 1987; Seehuber and Dambroth, 1987).

*Camelina sativa* is also cultivated in the USA for the purpose of producing jet fuel. *Camelina sativa* is grows as annual or biennial plant as bush and could be found at Istanbul and Thracian part of Turkey under natural conditions (Vollmann et al., 2007; McVay, 2008; Anonymous, 2017a; Tubives, 2017). There is need to grow and propagate it to marginal lands of Turkey that can grow under

derivados. Durante el 2014, 4.286.000 USD (Anonymous, 2015a) se usaron para estas importaciones. Si la cantidad requerida para la producción de biodiesel se añade a este déficit de aceite, la brecha en el déficit de aceite se extiende aún más. Por lo tanto, es necesario que se identifiquen los cultivos oleaginosos adaptables a los diferentes ambientes y se realicen los estudios para desarrollar métodos adecuados de producción (Tunçtürk et al., 2005).

Es conocido que la especie *Camelina* tiene su origen en Europa del Norte y se extiende al Sudeste Asiático. *Camelia sativa* (L.) Crantz, fue cultivada por primera vez en 1930 en Francia, Bélgica, Holanda y Rusia y luego 20 años más tarde (en la década de los 50) en Polonia y Suecia y más tarde (en los años 60) en la Unión Soviética (Zubr, 1997) como un cultivo oleaginoso. Existen diversos estudios agronómicos realizados en la planta de *C. sativa* tanto en Europa como en Norteamérica (Zimmermann y Kuechler, 1961; Plessers et al., 1962; Robinson y Nelson, 1975; Marquard y Kuhlmann, 1986; Losak et al., 2010). Los estudios de reproducción de *C. sativa* se iniciaron en Alemania durante los años 80 mediante la recolección de material genético local para la producción de poblaciones y variedades mejoradas agronómicamente (Seehuber, 1984; Seehuber et al., 1987; Seehuber y Dambroth, 1987).

*Camelina sativa* también se cultiva en los Estados Unidos con el fin de producir combustible para aviones. *Camelina sativa* se cultiva

restricted conditions keeping up high oil return with stability (French *et al.*, 2009; Dobre and Jurcone, 2011). *Camelina* meal and crude glycerin as feed supplements is also used for developing replacement beef heifers and chicken (Hurtaud and Peyraud, 2007; Aziza *et al.*, 2010; Moriel *et al.*, 2011).

It is gaining popularity as a biofuel feedstock plant because high polyunsaturated unsaturated fats (54.3%) and oil contents (28-40%), (Moser and Vaughn, 2010), and very short developing season (Moser and Vaughn, 2010; Obour *et al.*, 2015). It is crop of marginal lands. It is well known that percentage of the unsaturated fatty acids of *C. sativa* oil (such as oleic, linoleic, among others) is higher compared to the percentage of the unsaturated fatty acids common to other vegetable oils (Kurt and Seyis, 2008); therefore, the *C. sativa* could prove worth for production of valuable cooking oil and a good biodiesel raw material at the same time.

Nevertheless mainly nitrogen and sulphur are very important nutrients for *C. sativa* in terms of adequate seed yields and its quality (Losak *et al.*, 2011; Sipalova *et al.*, 2011). *Camelina sativa* is cultivated in hot climates in a vegetation period of 85 to 100 days. It is highly resistant to frost and drought. Therefore, its production needs less input in form of irrigation, fertilization, among others etc. compared to other oil crop plants and can be easily cultivated in areas with less precipitation (Vollman *et al.*, 1996). The essential mechanisms for plant adjustment and adaptation to

como planta anual o bienal en forma de arbusto y se puede encontrar en Estambul y en la parte Tracia de Turquía en condiciones naturales (Vollmann *et al.*, 2007, McVay, 2008; Anonymous, 2017a; Tubives, 2017). Existe la necesidad de propagarla a zonas urbanas de Turquía en donde pueda crecer bajo condiciones restringidas manteniendo un retorno estable y significativo del aceite (French *et al.*, 2009; Dobre y Jurcone, 2011). La harina de *Camelina* y la glicerina cruda también se utilizan como suplementos de la alimentación de las novillas y pollos (Hurtaud y Peyraud, 2007; Aziza *et al.*, 2010; Moriel *et al.*, 2011).

*Camelina* está incrementando su popularidad como una planta de materia prima de biocombustibles, debido a las altas grasas insaturadas y poliinsaturadas (54,3%) y al contenido de aceite (28-40%) (Moser y Vaughn, 2010) y a su temporada de desarrollo que es muy corta (Moser y Vaughn, 2010; Obour *et al.*, 2015). Es un cultivo que se propaga en tierras marginales. Es bien sabido que el porcentaje de los ácidos grasos insaturados del aceite de *C. sativa* (como el oleico, el linoleico, entre otros) es el más alto en comparación con el porcentaje de los ácidos grasos insaturados comunes a otros aceites vegetales (Kurt y Seyis, 2008); por lo tanto, *C. sativa* es excelente opción para la producción de aceite de cocina de calidad y una buena materia prima de biodiesel.

Sin embargo, el nitrógeno y el azufre son nutrientes muy importantes para *C. sativa* en términos de rendimientos adecuados

dry season or drought can be assembled into four classes that incorporate dry season escape, evasion, resilience and recuperation (Fang and Xiong, 2015). The dry season resilience reaction in plants is a very complex reaction likely activated after start of lack of hydration in the soil followed by focused changes in metabolic reactions and gene expression that ultimately lead to the formation of cells and plant tissues (Golldack *et al.*, 2014).

Efforts have been made within the scope of a project to improve the quality of the *C. sativa* sowing at Tokat, Samsun and Amasya in Turkey under the auspices of Samsun Energy Agricultural Research Center; subject to their success, the *C. sativa* plant is planned to be cultivated in the arid lands of the Anatolian Region (Anonymous, 2015b) for further studies.

The purpose of the present study was to compare various *C. sativa* varieties, lines and populations at Ankara location (Köppen-Geiger classification: Csa) and Haymana location (Köppen-Geiger classification: Csb) separated by 110 km in terms of crop yield productivity and screen prominent *C. sativa* genotypes for the purpose.

## Materials and methods

This study was conducted at the experimental fields of the Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Ankara University. Ankara has a hot mediterranean/dry-summer subtropical climate (Köppen-Geiger classification: Csa).

de la semilla y su calidad (Losak *et al.*, 2011; Sipalova *et al.*, 2011). *Camelina sativa* se cultiva en climas cálidos en un período de vegetación de 85 a 100 días. Es altamente resistente a climas fríos y a la sequía. Por lo tanto, su producción necesita menos irrigación, fertilización, entre otros, comparado con otras plantas de producción de aceite y puede ser cultivada fácilmente en áreas con menos precipitación (Vollman *et al.*, 1996). Los mecanismos esenciales para el ajuste de las plantas y la adaptación a la estación seca o la sequía pueden ser distribuidos en cuatro clases que incorporen la estación seca de escape, evasión, resiliencia y recuperación (Fang y Xiong, 2015). La reacción de resistencia de la estación seca en las plantas es una reacción muy compleja que probablemente se activa después del inicio de la falta de hidratación en el suelo seguida de cambios focalizados en las reacciones metabólicas y la expresión génica, que en última instancia conduce a la formación de células y tejidos de las plantas (Golldack *et al.*, 2014).

Se han realizado esfuerzos en el marco de un proyecto para mejorar la calidad de la siembra de *C. sativa* en Tokat, Samsun y Amasya en Turquía con el apoyo del Centro de Investigación Agrícola de la Energía de Samsun; se espera que la planta de *C. sativa* se cultive en las tierras áridas de la región de Anatolia (Anonymous, 2015b) para llevar a cabo estudios adicionales.

El objetivo de la presente investigación fue comparar diversas variedades de *C. sativa*, líneas y

Summers at Ankara are dry and hot due to the domination of subtropical high pressure systems while winters experience moderate temperatures and changeable, rainy weather due to the polar front (Anonymous, 2017b) and at the experimental fields of the Haymana Agricultural Research and Application Center, Ankara University, Haymana location has a warm and temperate climate. In the winter months, there is much more precipitation than in the summer months. According to Köppen-Geiger, the climate is Csb. Annual average temperature for Haymana location is 10.1 °C. Annual average precipitation: 405 mm (Anonymous, 2017c) during 2014; that are separated by a distance 110 km.

The study made use of two *C. sativa* cultivars, two *C. sativa* lines and four *C. sativa* populations -provided by the Directorate of Thracian Agricultural Research Institute-Edirne (Giessen Nr.3, No.402, CR-476/65, CS-163-2073-72, CS-CR1670, CS-CR1676, CPS-CAM10, NE2006-1, respectively) as shown in the table 1.

The climate data for Ankara location and Haymana location are presented in the table 2 below. The average temperature during the cultivation period (April-August) during 2014 remained as 20.06 °C for Ankara location and 17.70 °C for Haymana location. When compared in terms of total precipitation, the Ankara location received more precipitation (236.70 mm) compared to Haymana location (146.60 mm). In terms of relative humidity, significantly less relative humidity was

poblaciones en la localidad de Ankara (clasificación Köppen-Geiger: Csa) y localización Haymana (clasificación Köppen-Geiger: Csb) separadas por 110 km en términos de la productividad de los rendimientos de los cultivos y los genotipos prominentes de *C. sativa*.

## Materiales y métodos

Este estudio se llevó a cabo en los campos experimentales de la Facultad de Agronomía, Departamento de Cultivos de Campo, Universidad de Ankara. Ankara tiene un clima subtropical del mediterráneo/seco y un verano caliente (clasificación de Köppen-Geiger: Csa). Los veranos en Ankara son secos y calientes debido a la dominación de los sistemas de alta presión subtropicales, mientras que los inviernos experimentan temperaturas moderadas, cambiantes y épocas lluviosas debido al frente polar (Anonymous, 2017b). En los campos experimentales del Centro de Investigación y Aplicación Agrícola Haymana, Universidad de Ankara, la ubicación tiene un clima cálido y templado. En los meses de invierno, hay mucha más precipitación que en los meses de verano. Según Köppen-Geiger, el clima es Csb. La temperatura media anual en Haymana es 10,1 °C. La precipitación media anual: 405 mm (Anonymous, 2017c) durante el 2014; separados por una distancia de 110 km.

En el estudio se usaron dos cultivares de *C. sativa*, dos líneas de *C. sativa* y cuatro poblaciones de *C. sativa* que fueron proporcionadas por la dirección del Instituto de

**Table 1. Details about accession number, names of lines, country of origin and breeding status of *Camelina sativa* material used in the study.****Cuadro 1. Detalles sobre el número de adhesiones, nombres de líneas, país de origen y estado de reproducción del material de *Camelina sativa* utilizado en el estudio.**

PI No	Name of the material	Country of origin	Status
PI 304269	No.402	Sweden	Improved material - line
PI 633192	CR-476/65 (Pernice)	Germany	Modified from wild material - line
PI 633194	Giessen Nr.3	Germany	Cultivar
PI 650142	CS-163-2073-72	Denmark	Harvest - population
PI 650144	CS-CR1670 (Boha)	Denmark	Harvest - population
PI 650150	CS-CR1676 (Hoga)	Denmark	Harvest - population
PI 650153	CPS-CAM10	Former USSR	Harvest - population
PI 650168	NE2006-1	Nebraska, USA	Improved material - cultivar

**Table 2. Meteorological observations taken at Ankara and Haymana location during 2014.****Cuadro 2. Observaciones meteorológicas tomadas en Ankara y Haymana durante 2014.**

Months	Ankara location			Haymana location		
	Average temperature (C)	Total precipitation (mm)	Relative humidity (%)	Average temperature (C)	Total precipitation (mm)	Relative humidity (%)
April	13.3	45.0	53.1	10.6	18.6	65.9
May	16.2	75.8	61.2	14.2	60.2	75.6
June	19.6	60.3	57.2	17.1	50.8	75.0
July	25.5	8.2	40.7	23.1	4.8	48.9
August	25.7	47.4	42.3	23.5	12.2	48.7
Total		236.70			146.60	

\*Source: Turkish Republic General Directorate of Meteorology, Ankara, Turkey.

noted at Ankara location throughout the experimental cultivation period. The difference in relative humidity is striking and significant particularly during the months of April, May and

Investigación Agrícola Tracia-Edirne (Giessen No.402, CR-476/65 CS-163-2073-72, CS-CR1670, CS-CR1676, CPS-CAM10, NE2006-1, respectivamente) como se muestra en el cuadro 1.



June. The soil analysis was performed at the Department of Soil Science and Plant Nutrition of the Ankara University, Turkey as described by Page *et al.* (1986) and Bouyoucos (1951). The report showed that, the soil texture of Ankara location was of loamy clayed with pH of 7.93, electrical conductivity of  $1217 \text{ dS m}^{-1}$ , total nitrogen of 0.102%, extractable phosphorus content of  $7.95 \text{ mg kg}^{-1}$ , the extractable potassium content of  $168.31 \text{ mg kg}^{-1}$  and organic matter of 2.054%.

The report showed that, the soil texture of Haymana location was of sandy clay loam, with pH of 7.34, electrical conductivity of  $0.57 \text{ dS m}^{-1}$ , total nitrogen of 0.90%, extractable phosphorus content of  $8.10 \text{ mg kg}^{-1}$ , the extractable potassium content of  $328 \text{ mg kg}^{-1}$  and organic matter of 1.97%.

The study was conducted in three repetitions using the two factor randomized complete block design. In the study, the locations were placed in the main plots, whereas, eight genotypes (two *C. sativa* varieties (Giessen Nr.3, NE2006-1), two lines (No.402, CR-476/65) and four populations (CS-163-2073-72, CS-CR1670, CS-CR1676, CPS-CAM10) were placed in the sub plots. Each plot made up of 4 rows that had 5 m length with 4 rows of 30 cm row to row distance. The seeds were planted at the rate of  $400 \text{ seeds m}^{-2}$  at both locations. The experiment was sown at Ankara location on 10 April 2014 and at Haymana location on 14 April 2014. Following the sowing, the half of the nitrogenous fertilizer (triple super

La información del clima para Ankara y Haymana se presenta en el cuadro 2. La temperatura media durante el período de cosecha (abril-agosto) durante 2014 fue de  $20,06 \text{ }^{\circ}\text{C}$  para Ankara y  $17,70 \text{ }^{\circ}\text{C}$  para Haymana. Cuando se comparó en términos de precipitación total, Ankara tuvo mayor precipitación ( $236,70 \text{ mm}$ ) en comparación con Haymana ( $146,60 \text{ mm}$ ). En términos de humedad relativa, se observó menos humedad relativa en Ankara durante todo el período de cultivo experimental. La diferencia en la humedad relativa fue significativa particularmente durante los meses de abril, mayo y junio. El análisis de suelo se realizó en el Departamento de Ciencias del Suelo y Nutrición Vegetal de la Universidad de Ankara, Turquía, según lo descrito por Page *et al.* (1986) y Bouyoucos (1951). El informe muestra que la textura del suelo en Ankara era limoso arcilloso con un pH de 7,93, la conductividad eléctrica de  $1217 \text{ dS m}^{-1}$ , el nitrógeno total de 0,102%, el contenido de fósforo extraíble de  $7,95 \text{ mg kg}^{-1}$ , el contenido de potasio extraíble de  $168,31 \text{ mg kg}^{-1}$ , y la materia orgánica con un 2,054%.

El informe demostró que la textura del suelo en Haymana era franco arcillo arenosa, con un pH de 7,34, una conductividad eléctrica de  $0,57 \text{ dS m}^{-1}$ , nitrógeno total de 0,90%, contenido de fósforo extraíble de  $8,10 \text{ mg kg}^{-1}$ , el contenido de potasio extraíble de  $328 \text{ mg kg}^{-1}$  y materia orgánica de 1.97%.

El estudio se realizó con tres repeticiones utilizando el diseño de bloques completamente al azar. En el estudio, las localidades se colocaron en

phosphate and ammonium sulphate) was applied during October, that was adjusted in such a way as to contain ammonium sulphate (in the form of 80 kg ha<sup>-1</sup> pure N) and TSP (triple super phosphate) (in the form of 70 kg ha<sup>-1</sup> pure P). The other half of the fertilizer was applied at the beginning of inflorescence; when experimental fields were weeded by hoeing both at both locations on 5 and 26 May 2014 and 7 and 27 May 2014, respectively. Thinning was done at Ankara location and Haymana location on 2 and 9 June, respectively.

The fields at Ankara and Haymana location were subjected to irrigation on 29 May and 3 June, respectively; by diverting tubewell water stream to the upper ends of the experimental plots; such that water flowed down the slopes of the fields until it reached the other end or border of each plot. The plant height, the number of lateral branches on the main stem, the number of pods on lateral branches, and the number of seeds in pods were measured and analysed on 10 randomly picked plants from each plot. The seed yield ratio was determined by weighing the seeds obtained from the plots followed by determining thousand seed weight values. The raw crude oil percentages were calculated using the Soxhlet device. The values thus determined were used to compute oil yield (kg ha<sup>-1</sup>) and crude oil percentage (%) values.

Analysis of variance were performed based on the data obtained from 10 plants per plot excluding plants sown in border rows by using the MSTAT-C computer software/package. The significance levels of

las parcelas principales, considerando que se sembraron ocho genotipos (dos variedades *C. sativa* (Giessen Nr. 3, NE2006-1), dos líneas (No.402, CR-476/65) y cuatro poblaciones (CS-163-2073-72, CS-CR1670, CS-CR1676, CPS-CAM10) en sub-parcelas. Cada parcela estuvo formada por 4 hileras con una longitud de 5 m y 30 cm de distancia entre hileras. Las semillas fueron plantadas a razón de 400 semillas m<sup>-2</sup> en ambas localidades. El experimento se sembró en la localidad de Ankara el 10 de abril de 2014 y en la localidad de Haymana el 14 de abril de 2014. Después de la siembra, la mitad del fertilizante nitrogenado (super fosfato triple y sulfato de amonio) se aplicó durante octubre, hasta obtener sulfato de amonio (en forma de 80 kg ha<sup>-1</sup> N puro) y TSP (super fosfato triple) (en forma de 70 kg ha<sup>-1</sup> P puro). La otra mitad del fertilizante se aplicó al inicio de la inflorescencia, cuando los campos experimentales fueron desmalezados de forma mecánica en ambos lugares el 5 y 26 de mayo 2014 y 7 y 27 de mayo 2014, respectivamente. El raleo se hizo en Ankara y Haymana el 2 y 9 de junio, respectivamente.

Los campos de Ankara y Haymana fueron sometidos a riego el 29 de mayo y el 3 de junio, respectivamente; desviando la corriente de agua de pozo a los extremos superiores de las parcelas experimentales, de tal manera que el agua fluyera por las laderas de los campos hasta llegar al otro extremo o borde de cada parcela. La altura de la planta, el número de ramas laterales en el tallo principal, el número de vainas en las ramas laterales y el número de semillas en

the differences in applications were assessed by employing the Duncan's multiple range test.

## Results and discussion

The differences among the genotypes in terms of plant height, number of pods in the main stem, seed yield and oil yield were statistically significant ( $P < 0.05$ ) at Ankara; whereas, the differences among the genotypes in terms of number of lateral branches on the main stem, number of seeds in a pod and crude oil percentage were statistically significant at the level of  $P < 0.01$ . At Haymana location; however, differences among the *C. sativa* genotypes were significant ( $P < 0.05$ ) for all variables. The table 3 presents the differences among genotypes for plant height (cm), number of lateral branches of the main stem (quantity), number of pods in the main stem (quantity), thousand seed weight (g), number of seeds in a pod (quantity), seed yield ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), crude oil (%).

The comparison of the *C. sativa* genotypes in the combined variance analysis (table 3); showed that the maximum plant height of 58.12 cm in the CS-CR1676 line, the maximum number of lateral branches of the main stem as 7.467 in the CS-CR1676 line, the maximum number of pods in the main stem as 26.12 in the CS-163-2073-72 line, the maximum thousand seed weight value as 0.8517 g in the NE 2006-1 line, the maximum number of seeds in a pod as 15.00 in the CS-CR1670 line, the maximum seed yield value as  $1498.0 \text{ kg ha}^{-1}$  in the CR-

vainas se midieron y analizaron en 10 plantas seleccionadas al azar en cada parcela. El rendimiento de la semilla se determinó midiendo las semillas obtenidas de las parcelas, seguida de la determinación del peso de las semillas. Los porcentajes de aceite vegetal virgen se calcularon utilizando el dispositivo Soxhlet. Los valores determinados fueron utilizados para calcular el rendimiento del aceite ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y el porcentaje de aceite vegetal virgen (%).

El análisis de varianza se realizó con base a los datos obtenidos de 10 plantas por parcela excluyendo las plantas sembradas en hileras de bordura mediante el uso del software MSTAT-C. Los niveles de significancia de las diferencias en las aplicaciones se evaluaron usando la prueba de rango múltiple de Duncan.

## Resultados y discusión

Las diferencias entre los genotipos en cuanto a la altura de las plantas, el número de vainas en el tallo principal, el rendimiento de las semillas y el rendimiento del aceite fueron estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ) en Ankara; mientras que las diferencias entre los genotipos en cuanto al número de ramas laterales en el tallo principal, el número de semillas en una vaina y el porcentaje de aceite vegetal virgen fueron estadísticamente significativos a  $P < 0,01$ . En Haymana; sin embargo, las diferencias entre los genotipos de *C. sativa* fueron significativas ( $P < 0,05$ ) para todas las variables. El cuadro 3 presenta las diferencias entre los

**Table 3. A comparison among different agronomic characteristics including seed and crude oil yield of different *Camelina sativa* lines used in the study.****Cuadro 3. Comparación de las diferentes características agronómicas, incluyendo la semilla y el rendimiento de aceite vegetal virgen de diferentes líneas de *Camelina sativa* utilizadas en el estudio.**

<i>Camelina sativa</i> genotypes	Plant height (cm)	Number of lateral branches on the main stem	Number of pods in the main stem (quantity)	Thousand seed weight (g)	Number of seeds in a pod (quantity)	Seed yield (kg·ha <sup>-1</sup> )	Crude oil percentage (%)
No.402	55.60 b	5.483 d	22.42 b	0.7350 bc	10.83 e	1260.0 b	42.24 d
CR-476/65	53.03 bcd	6.883 ab	25.33 a	0.8283 ab	10.00 e	1498.0 a	46.62abc
Giessen NR.3	48.53 e	5.383 d	17.05 d	0.7467 bc	12.50 b	1227.0 b	44.14 cd
CS-163-2073-72	55.33 bc	6.650 bc	26.12 a	0.7617 abc	11.00 cde	1320.0 b	47.90 a
CS-CR1670	54.02 bcd	6.667 bc	18.97 cd	0.6850 c	15.00 a	1304.0 b	47.16ab
CS-CR1676	58.12 a	7.467 a	21.18 bc	0.7633 abc	12.00 bcd	1270.0 b	46.84ab
CPS-CAM10	51.48 d	6.067 cd	22.72 b	0.8033 ab	12.17 bc	1324.0 b	45.06 bc
NE2006-1	52.70 cd*	6.267 bc	21.03 bc	0.8517 a	7.833 f	1297.0 b	45.97abc

\*The differences among the letters within the same column are established at  $P > 0.05$ .

476/65 line and the maximum crude oil percentage as 47.90% in the CS-163-2073-72 line. In terms of seed yields, the line CR-476/65 appeared in the foreground, while other tested *C. sativa* varieties and lines were statistically similar and lied in the same group.

The maximum plant height was established as 60.95 cm in the CS-CR1670 population at Ankara location, while the minimum height was established as 38.40 in the Giessen Nr.3 *C. sativa* cultivar at Haymana location (table 4). Katar et al. (2012a) reported that the height of the *C. sativa* plant ranged 47.88 cm during first year of their study and 71.12 cm during second year. Akbulut (2014) established the plant height somewhere between 52.67-63.33

genotipos para la altura de la planta (cm), número de ramas laterales del tallo principal (cantidad), número de vainas en el tallo principal (cantidad), peso de 100 semillas (g), número de semillas en una vaina (cantidad), rendimiento de la semilla (kg·ha<sup>-1</sup>), aceite vegetal virgen (%).

La comparación de los genotipos de *C. sativa* en el análisis de varianza combinada (cuadro 3), mostró la altura máxima de la planta de 58,12 cm en la línea CS-CR1676, el número máximo de ramas laterales del tallo principal de 7,467 en la línea CS-CR1676, el número máximo de vainas en el tallo principal de 26,12 en la línea CS-163-2073-72, el valor máximo del peso de las semillas de 0,8517 g en la línea NE 2006-1, el número máximo de semillas en una

**Table 4. A comparison among different genotypes of *Camelia sativa* in terms of different agronomic variables based on combined variance analysis at Ankara and Haymana location.**

**Cuadro 4. Comparación de diferentes genotipos de *Camelia sativa* en términos de diferentes variables agronómicas basadas en el análisis de varianza combinada en Ankara y en Haymana.**

Properties	Plant height (cm)		Number of lateral branches of the main stem (quantity)		Number of pods in the main stem (quantity)		Thousand seed weight (g)	
	Ankara	Haymana	Ankara	Haymana	Ankara	Haymana	Ankara	Haymana
No.402	60.95a	50.87 ef	7.66 d	3.30fgh	25.67bcd	19.17 fg	0.2237abcd	0.6433 g
CR-476/65	58.00 ab	48.07 f	8.33 cd	5.43 e	29.30ab	21.67 efg	0.8887bedefg	0.9000 a
Giessen NR.3	58.67 ab	38.40 g	8.15cd	2.76gh	22.33 def	11.77 ı	0.9267abcde	0.6767 fg
CS-163-2073-72	58.08ab	52.67 de	9.00bc	4.30 f	29.67 a	22.57 def	0.7895efg	0.8367 abc
CS-CR1670	60.40a	47.70 f	9.77 b	3.66 fg	26.00abcd	11.93 ı	0.8154cdefg	0.6567 fg
CS-CR1676	59.88a	56.57abc	11.67 a	3.26fgh	27.33 abc	15.03hı	0.8562abc	0.6933defg
CPS-CAM10	55.45bcd	47.63 f	9.66 b	2.46 h	26.00abcd	19.43fg	0.9600 ab	0.7467bedefg
NE2006-1	53.88cde*	51.73 de	8.33 cd	4.20 f	24.88cde	18.07gh	0.8152abcdef	0.9133 a
Location averages	58.16	49.21	9.07	3.67	26.40	17.46	0.7844	0.7583

  

Properties	Number of seeds in a pod (quantity)		Seed yield (kg·ha <sup>-1</sup> )		Crude oil percentage (%)		Oil yield (kg·ha <sup>-1</sup> )	
	Ankara	Haymana	Ankara	Haymana	Ankara	Haymana	Ankara	Haymana
No.402	7.66 d	14.00ab	1235.0 cd	1287.0bcd	43.58 defg	40.90 g	614.7 bc	484.8 d
CR-476/65	11.45 c	8.66 d	1549.0 a	1447.0abc	51.25 a	41.98 fg	748.8 a	529.0 cd
Giessen NR.3	11.25 c	14.00ab	1273.0 bcd	1181.0 d	42.49 efg	45.78bedef	625.5bc	569.5bcd
CS-163-2073-72	11.23 c	11.00 c	1160.0 d	1481.0 ab	44.39cdefg	51.42 a	478.3 d	673.4ab
CS-CR1670	15.00 a	15.00 a	1457.0abc	1152.0 d	48.83 ab	45.49bedef	551.2 cd	608.3 bc
CS-CR1676	8.66 d	15.33 a	1327.0abcd	1212.0 d	46.25bcde	47.36 bcd	629.5bc	549.9 cd
CPS-CAM10	12.25bc	12.00 c	1329.0abcd	1321.0abcd	45.34bedef	44.78cdefg	595.7bcd	540.1 cd
NE2006-1	7.66 d*	8.00 d	1293.0 bcd	1303.0 bcd	48.81abc	43.83 defg	529.5 cd	523.5 cd

\*The means showed by different letters in the same column are statistically different at P>0.05 level of significance using Duncans multiple range test.

cm in the study he conducted under the ecological conditions of Ankara location. It is believed that the plant height grew taller than expected due to the high precipitation during the year in which the research was conducted. Tulukçu (2015a) established the plant

vaina 15,00 en la línea CS-CR1670, el valor máximo del rendimiento de la semilla 1498,0 kg·ha<sup>-1</sup> en la línea CR-476/65 y el porcentaje máximo de aceite vegetal virgen 47,90% en la línea CS-163-2073-72. En cuanto a los rendimientos de la semilla, la

height somewhere between 58.3 and 74.0 cm in the study he conducted a study under the ecological conditions of Konya. It is understood that climatic and soil conditions of Ankara location vary from year to year and they effect plant characteristics accordingly. Both Ankara and Haymana location lie in different climatic zones and they affected agronomic characteristics of plants variably. It was found that Ankara location received more precipitation compared to Haymana location, this affected general agronomic characteristics. The findings of this study are in agreement with the previous studies.

While the maximum number of lateral branches attached to the main stem was identified as 11.67 in the CS-CR1676 line at Ankara location, the least number of 2.46 lateral branches were attached to the main stem of CPS-CAM10 line at Haymana location. In general, all *C. sativa* genotypes cultivated at Ankara location produced a higher number of lateral branches on the main stem. Cultivation of *C. sativa* under the ecological conditions of Tokat-Kazova area during both the summer and winter, (Ayışığı, 2015) reported that the number of lateral branches attached to the main stem in the plants cultivated during the winter varied between 6.0-10.7, while the number of lateral branches attached to the main stem cultivated during the summer varied between 4.9-7.2. It is believed that the difference in ecology affected the number of lateral branches attached to the main stem.

While the maximum number of 29.67 pods were identified on the main

línea CR-476/65 apareció en primer plano, mientras que otras variedades y líneas de *C. sativa* probadas fueron estadísticamente similares en el mismo grupo.

La altura máxima de la planta se estableció como 60,95 cm en la población CS-CR1670 en la localidad de Ankara, mientras que la altura mínima se estableció como 38,40 en Giessen Nr. 3 en la localidad de Haymana (cuadro 4). Katar et al. (2012a) reportaron que la altura de la planta de *C. sativa* varió de 47,88 cm durante el primer año de su estudio a 71,12 cm durante el segundo año. Akbulut (2014) estableció la altura de la planta entre 52.67-63.33 cm en el estudio llevado a cabo bajo las condiciones ecológicas de Ankara. Se cree que la altura de la planta fue mayor de lo esperado debido a la alta precipitación durante el año en que se llevó a cabo la investigación. Tulukçu (2015a) encontró que la altura de la planta fue entre 58,3 y 74,0 cm en el estudio que realizó bajo las condiciones ecológicas de Konya. Se piensa que las condiciones climáticas y del suelo en Ankara varían de un año a otro, teniendo efectos en las características de las plantas. Tanto Ankara como Haymana se encuentran en diferentes zonas climáticas que afectan las características agronómicas de las plantas. Se observó que la ubicación de Ankara recibió mayor precipitación en comparación con Haymana, lo cual afectó a las características agronómicas en general. Los hallazgos de este estudio están en concordancia con los estudios mencionados anteriormente.

stem of CS-163-2073-72 at Ankara location, the least number of 11.77 pods were identified in the Giessen Nr.3 *C. sativa* cultivar at Haymana location. The data obtained from Ankara location has edge over the agronomic characteristics noted at Haymana location. The total precipitation and average temperature values at Ankara location were higher than at Haymana location. It is believed that both of these (precipitation and temperature) led to an increase in the number of pods on the main stem. In his study conducted with the aim of identifying the crop yield and yield components of 12 different *C. sativa* genotypes -3 low and 9 high productive crops- at Montana, (Mason and Guillen-Portal, 2010) reported that the average number of pods found in *C. sativa* sativa was 18. Similarly Çoban and Önder (2014) reported a consistant decrease in number of pods of *C. sativa* genotypes with increased row to row distance under the ecological conditions of Konya.

The maximum number of seeds in a pod was identified as 15.33 in the CS-CR1676 at Haymana location, while the least number of 7.66 seeds were identified INCV. No.402 and NE2006-1 at Ankara location. Mason and Guillen-Portal (2010) found that in his study conducted in Montana, 11 of seeds per pod. Akbulut (2014) reported 10.00-13.33 seeds per pod. Having cultivated *C. sativa* by applying different doses of organic fertilizers (Tulukçu, 2015b) found that the number of seeds in a pod varied between 13 and 19. The extractable phosphorus value present in the soil

El número máximo de ramas laterales encontradas en el vástago principal fue de 11,67 en la línea CS-CR1676 en Ankara, mientras que el menor número de 2,46 ramas laterales se unieron al vástago principal en la línea CPS-CAM10 en Haymana. En general, todos los genotipos de *C. sativa* cultivados en Ankara produjeron un mayor número de ramas laterales en el tallo principal. En el cultivo de *C. sativa* bajo las condiciones ambientales del área de Tokat-Kazova durante el verano y el invierno, Ayıışıǵı (2015) señaló que el número de ramas laterales adheridas al tallo principal en las plantas cultivadas durante el invierno varió entre 6,0-10,7, mientras que el número de ramas laterales unidas al tallo principal cultivadas durante el verano varió entre 4,9-7,2. Se sugiere que la diferencia en el ambiente afectó el número de ramas laterales adheridas al tallo principal.

Por otra parte, se observó el número máximo de 29,67 vainas en el vástago principal de CS-163-2073-72 en Ankara, y se encontraron el menor número de vainas 11,77 en Giessen Nr. 3 en Haymana. Los datos obtenidos en Ankara tuvieron ventaja sobre las características agronómicas observadas en Haymana. La precipitación total y los valores medios de la temperatura en Ankara fueron más altos que en Haymana. Se piensa que la precipitación y la temperatura condujeron a un aumento en el número de vainas en el tallo principal. Mason y Guillen-Portal (2010) en su estudio realizado en Montana con el objetivo de identificar

was richer at Ankara location than it is at Haymana location. It is believed that this has an effect on the number of seeds found in pod. Losak *et al.* (2011); Sipalova *et al.* (2011) also confirm the importance of nitrogenous and phosphoric fertilizers.

In terms of, the maximum and the minimum thousand seed weight of 0.9600 g was noted on the CPSCAM10 and population, value was established as 0.2237 g in the No.402 line, respectively. The maximum and minimum thousand seed weight were obtained at Ankara location. Therefore, it was concluded that the differences in climatic and soil conditions did not have significant effect on thousand seed weight. İncekara (1964) reported that *Camelina* thousand seed weight varied between 0.7 and 1.6 g (Katar *et al.*, 2012b), on the other hand, reported that as 0.77 g thousand seed weight during first year of their study and as 1.58 g during second year of their study (Yıldırım, 2015) reported the thousand seed weight in range of 0.82 to 1.06 g. These findings by the aforementioned researchers are higher compared to those noted in this study. The difference could be attributed to the different genotypes used in these studies.

The maximum seed yield of 1549.0 kg·ha<sup>-1</sup> on CR-476/65 at Ankara location, and the minimum seed yield 1152 kg·ha<sup>-1</sup> in the CS-CR1670 was noted at Haymana location. İncekara (1964) reported seed yield in range of 800-1300 kg·ha<sup>-1</sup>. Having studied the seed yield in various different row distances (40, 50 and 60 cm) under the ecological conditions of Erzurum,

el rendimiento de los cultivos y los componentes del rendimiento en 12 genotipos diferentes de *C. Sativa* (3 cultivos de baja producción y 9 de alta producción) reportaron que el número promedio de vainas encontradas en *C. sativa* fue de 18. De igual forma, Çoban y Önder (2014) indicaron una disminución consistente con el número de vainas en los genotipos de *C. sativa* debido a la distancia entre filas y las condiciones ambientales de Konya.

El número máximo de semillas en una vaina fue 15,33 en CS-CR1676 en Haymana, mientras que el menor número fue de 7,66 semillas en INCV. No. 402 y NE2006-1 en Ankara. Mason y Guillen-Portal (2010) encontraron en un estudio realizado en Montana, 11 semillas por vaina. Akbulut (2014) reportó 10,00-13,33 semillas por vaina. Una vez sembrada *C. sativa* aplicando diferentes dosis de abono orgánico (Tulukçu, 2015b) encontró que el número de semillas en una vaina varió entre 13 y 19. El valor de fósforo extraíble presente en el suelo fue más rico en Ankara que en Haymana y se cree que esto tuvo un efecto sobre el número de semillas encontradas en la vaina. Losak *et al.* (2011) y Sipalova *et al.* (2011) también confirmaron la importancia de los fertilizantes nitrogenados y fosfóricos.

En términos del peso máximo y mínimo de 100 semillas de 0,9600 g se observó en CPS-CAM10 un valor de 0,2237 g en la línea 402, respectivamente. En Ankara se obtuvieron el peso máximo y mínimo de la semilla. Por lo tanto, se concluyó que las diferencias en las condiciones climáticas y del suelo no tuvieron un



Kara (1994) identified maximum seed yield in the 60 cm row distance with seed yield of 513 kg ha<sup>-1</sup>. Zubr (1997) reported that the seed yield in the summer cultivation was 2600 kg ha<sup>-1</sup> under Denmark conditions, while the seed yield under winter cultivation was 3300 kg ha<sup>-1</sup>. Higher seed yield at Ankara location could be attributed to higher precipitation and high temperature at Ankara location compared to Haymana location.

While the maximum value in terms of crude oil percentage of 51.42% was of *C. sativa* was noted for CS-163-2073-72, the minimum crude oil percentage of 40.90% was noted for No.402 line at Haymana location. Having conducted their study in Karahoca and Kırıcı, (2005) reported that they established the maximum crude oil percentage of 31% Adana, Turkey (Mediterranean conditions). Çoban and Önder (2014) found the maximum crude oil percentage of 22.14% under ecological conditions of Central Anatolia at Konya. Koç (2014) established the maximum crude oil of 37.55% and the minimum crude oil of 22.72%. The findings obtained in this study were higher compared to those presented by previous researchers. It is therefore understood that both Ankara and Haymana location conditions with Csa and Csb types of climates provide the best climatic and soil conditions for the cultivation of *C. sativa* under climatic conditions of Turkey.

The maximum oil yield of 748.8 kg ha<sup>-1</sup> for CR-476/65 line, and the minimum oil yield of 478.3 kg ha<sup>-1</sup> was obtained for CS-163-2073-72, at

efecto significativo sobre el peso de la semilla. Incekara (1964) informó que el peso de las semillas de *Camelina* varió entre 0,7 y 1,6 g (Katar *et al.*, 2012b). Por otra parte, los autores observaron 0,77 g del peso de 100 semillas durante el primer año de estudio y 1,58 g durante el segundo año de estudio. Yıldırım (2015) mencionó que el peso de 100 semillas varió entre 0,82 y 1,06 g. Estos valores encontrados en estas investigaciones fueron mayores en comparación con los señalados en este estudio. La diferencia se puede atribuir a los diferentes genotipos utilizados en estos estudios.

El rendimiento máximo de la semilla fue de 1549,0 kg ha<sup>-1</sup> en CR-476/65 en Ankara, y el rendimiento mínimo de semilla 1152 kg ha<sup>-1</sup> en el CS-CR1670 se observó en Haymana. Incekara (1964) reportó un rendimiento de la semilla entre 800-1300 kg ha<sup>-1</sup>. Una vez estudiado el rendimiento de la semilla en diferentes distancias de hilera (40, 50 y 60 cm) bajo las condiciones ambientales de Erzurum, Kara (1994) identificó el rendimiento máximo de semilla en la distancia de la hilera de 60 cm con un rendimiento de semilla de 513 kg ha<sup>-1</sup>. Zubr (1997) reportó que el rendimiento de la semilla en verano fue de 2600 kg ha<sup>-1</sup> en Dinamarca, mientras que el rendimiento de semilla en invierno fue de 3300 kg ha<sup>-1</sup>. Un mayor rendimiento de semilla en Ankara podría atribuirse a una mayor precipitación y alta temperatura en comparación con Haymana.

El valor máximo en términos de aceite vegetal virgen 51,42% fue de *C. sativa* para CS-163-2073-72,

Ankara location. It was established that the ecological differences had no effect on the oil yield. Having studied the oil quality in three different row distances (40, 50 and 60 cm) under the ecological conditions of Erzurum (Kara, 1994) established the oil yield of 168 kg ha<sup>-1</sup> in the 60 cm row spacing at Eastern Anatolian conditions at Erzurum. The study suggests that the oil yield improved with the increasing row to row distance. Mason and Guillen-Portal (2010) reported oil yield of 1009.1 kg ha<sup>-1</sup> at Montana. It is believed that the high oil yield under the ecological conditions of Montana may have resulted from the differences in plant cultivars or better ecological conditions for the cultivation of *C. sativa*. Berti et al. (2011) noted that seeding dates of Solis A and Jonson B, influenced *Camelina* seed yield, yield components and oil content under Chilean conditions. Similarly, McVay and Khan (2011) also noted that *Camelina* yield responses differed as affected by different plant populations under dryland conditions.

## Conclusion

*Camelina sativa* could be considered as one of the alternative plants that is capable of meeting our vegetable oil deficit. *Camelina sativa* is highly adaptable to Csa (Ankara location) and Csb (Haymana location) types of climates with economic seed and oil yield under climatic conditions of Turkey using minimum input (such as irrigation, fertilization). Among the *C. sativa* genotypes, the line CR-476/65 was the best in terms

el mínimo de aceite vegetal virgen fue de 40,90% en la línea No. 402 en Haymana. Karahoca y kırıcı (2005) señalaron que establecieron el máximo de aceite vegetal virgen de 31% en Adana, Turquía (en condiciones mediterráneas). Çoban y Önder (2014) encontraron el máximo de aceite vegetal virgen de 22,14% en las condiciones ambientales de Anatolia Centra, Kenia. Koç (2014) estableció el mayor valor de aceite vegetal virgen de 37,55% y el mínimo de aceite vegetal virgen de 22,72%. Los hallazgos obtenidos en este estudio fueron mayores en comparación con los presentados por otros investigadores. Por lo tanto, se entiende que las condiciones en Ankara y Haymana con los tipos de climas Csa y Csb proporcionaron las mejores condiciones climáticas y de suelo para el cultivo de *C. sativa* en Turquía.

El rendimiento máximo de aceite de 748,8 kg ha<sup>-1</sup> se obtuvo en la línea CR-476/65, y el rendimiento mínimo de aceite de 478,3 kg ha<sup>-1</sup> se obtuvo en CS-163-2073-72, en Ankara. Se estableció que las diferencias ambientales no tuvieron ningún efecto sobre el rendimiento del aceite. Una vez estudiada la calidad del aceite en tres distancias diferentes (40, 50 y 60 cm) bajo las condiciones ecológicas de Erzurum (Kara, 1994) se estableció el rendimiento de aceite de 168 kg ha<sup>-1</sup> en el espaciamiento de la distancia de hileras de 60 cm en las condiciones de Anatolia oriental en Erzurum. El estudio sugirió que la producción del aceite mejoró con mayor distancia de las hileras. Mason y Guillen-Portal

of seed yield, and CS-163-2073-72 yielded highest crude oil percentage. However, if the two locations are compared, Ankara location- (with Csa type of climate) could be preferred over Haymana location (with Csb type of climate). This study open ways to the cultivation of *C. sativa* in other arid areas of Turkey with Csa types of climates.

### Acknowledgement

The authors acknowledge the services of Prof. Dr. Khalid Mahmood Khawar, Department of Field Crops of Ankara University with thanks for his contributions towards planning, writing and guidance during conducting of this experiment.

### Literature cited

Akbulut, B. 2014. Ankara Koşullarında Ketencik (*Camelina sativa* L.) Çeşit ve Populasyonlarının Verim ve Verim Ögelerinin Belirlenmesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. 53 p.

Anonymous. 2015a. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Available in: <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>. Date of consultation: April 2017.

Anonymous. 2015b. Available in: [http://www.tarimtv.gov.tr/HD2579\\_ketencikden-jet-yakiti-uretilecek.html](http://www.tarimtv.gov.tr/HD2579_ketencikden-jet-yakiti-uretilecek.html). Date of consultation: April 2017.

Anonymous. 2017a. Başvuru formu (Ketencik (*Camelina sativa* (L.) Crantz)). Available in: <http://www.tarim.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Tescil/Tescil Başvuru Formları/Endüstri Bitkileri/ketencikbşform.doc>. Date of consultation: April 2017.

Anonymous. 2017b. Ankara, climate and temperature. Available in: <http://>

(2010) reportaron un rendimiento de aceite de 1009,1 kg ha<sup>-1</sup> en Montana. Se cree que el alto rendimiento de aceite bajo las condiciones ecológicas de Montana pudieron haber generado diferencias en los cultivares de las plantas o mejores condiciones ecológicas para el cultivo de *C. sativa*. Berti *et al.* (2011) observaron que las fechas de siembra de Solis A y Jonson B, influyeron en el rendimiento de semillas de *Camelina*, en los componentes del rendimiento y en el contenido de aceite bajo las condiciones ambientales de Chile. De igual forma, McVay y Khan (2011) también observaron que las respuestas del rendimiento de *Camelina* difirieron posiblemente debido a diferentes poblaciones de plantas en condiciones de secano.

### Conclusiones

*Camelina sativa* se puede considerar como una planta alternativa capaz de satisfacer el déficit de aceite vegetal. *Camelina sativa* se adapta perfectamente a los tipos de climas de Csa (Ankara) y Csb (Haymana) con un buen rendimiento de semillas y aceite en condiciones climáticas de Turquía, utilizando mínimos recursos como irrigación y fertilización. Entre los genotipos de *C. sativa*, la línea CR-476/65 fue la mejor en términos de rendimiento de semilla, y CS-163-2073-72 tuvo el mayor porcentaje de aceite vegetal virgen. Sin embargo, si se comparan las dos ubicaciones, se podría decir que la ubicación de Ankara (con el tipo de clima Csa) es mejor que Haymana

www.ankara.climatemp.com/. Date of consultation: April 2017.

Anonymous 2017c. Climate-Data.org. İklim: Haymana. Available in: <https://tr.climatedata.org/location/19371/>. Date of consultation: April 2017.

Ayışığı, S. 2015. Bazı Ketencik (*Camelina sativa* L.) Genotiplerinin Tokat-Kazova Şartlarında Verim ve Verimle İlgili Özelliklerinin Belirlenmesi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. 85 p.

Aziza, A.E., N. Quezada and G. Cherian. 2010. Feeding *Camelina sativa* meal to meat-type chickens: Effect on production performance and tissue fatty acid composition. J. Appl. Poult. Res. 19:157-168.

Berti, M.T., R. Wilckens, R. and S. Fischer. 2011. Solis A and Jonson B, seeding date influence on *Camelina* seed yield, yield components and oil content in Chile. Ind. Crops Prod. 34:1358-1365.

Bouyoucos, G.J. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. Agron. J. 43:435-438.

Çoban, F. and M. ve Önder. 2014. Ekim Sıklıklarının Ketencik (*Camelina sativa* L.) Crantz Bitkisinde Önemli Agronomik Özellikler Üzerine Etkileri, Selçuk Tar. Bil. Derg. 1(02):50-55.

Dobre, P. and S. Jurcone. 2011. *Camelina sativa* an oilseed crop with unique agronomic characteristics. Scientific Papers (Bucharest). LIV:425-430.

Fang, Y. and L. Xiong. 2015. General mechanisms of drought response and their application in drought resistance improvement in plants. Cell. Mol. Life Sci. 72(4):673-689.

French, R.A., A.R. Jacobson, B. Kim, S.L. Isley, R.L. Penn and P.C. Baveye. 2009. Influence of ionic strength, pH, and cation valence on aggregation kinetics of titanium dioxide nanoparticles. Environ. Sci. Technol. 43(5):1354-1359.

(con el tipo de clima Csb). Este estudio permite seguir estudiando el cultivo de *C. sativa* en otras zonas áridas de Turquía con tipos de climas Csa.

## Agradecimientos

Los autores agradecen los servicios del Prof. Dr. Khalid Mahmud Khawar, del Departamento de Cultivos de Campo, Universidad de Ankara por sus contribución en la planificación, escritura y orientación durante la realización de este experimento.

*Fin de la versión Español*

---

Golldack, D., C. Li, H. Mohan and N. Probst. 2014. Tolerance to drought and salt stress in plants: unraveling the signaling networks. Front. Plant Sci. 5:151.

Hurtaud, C. and J.L. Peyraud. 2007. Effects of feeding *Camelina* (seeds or meal) on milk fatty acid composition and butter spreadability. J. Dairy Sci. 90:5134-5145.

İncekara, F. 1964. Endüstri Bitkileri ve İslahı. Yağ Bitkileri ve İslahı, Cilt:2. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir. N° 83. 250 p.

Kara, K. 1994. Değişik Sıra Aralık Mesafelerinin Ketenciğin (*Camelina sativa*) Verim ve Verim Unsurları Üzerine Etkileri. Tr. J. Agric. For. 18:59-64.

Karahoca, A. and S. Kırıcı. 2005. Çukurova Koşullarında Ketencik (*Camelina sativa*) 'te Farklı Azot ve Fosfor Gübrelemesinin Tohum Verimi ve Yağ Oranına Etkileri. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Derg. 20(2):47-55.

Katar, D., Y. Arslan, and I. Subaşı. 2012a. Ankara Ekolojik Şartlarında Farklı EkimZamanlarının Ketencik (*Camelina sativa* (L.) Crantz)

Bitkisinin Verim ve Verim Unsurları Üzerine Etkisi. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg. 43(01):23-27.

msuextension.org/publications/AgandNaturalResources/MT200701AG.pdf. Date of consultation: April 2017.

- Katar, D., Y. Arslan and İ. Subaşı. 2012b. Genotypic variations on yield, yield components and oil quality in some *Camelina* (*Camelina sativa* (L.) Crantz) genotypes. Turk. J. Field Cr. 17(02):105-110.
- Koç, N. 2014. Farklı Zamanlarda Ekilen Ketencik (*Camelina sativa* L. Crantz.) in Verim ve Bazı Agronomik Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. 53 p.
- Kurt, O. and F. Seyis. 2008. Alternatif yağ bitkisi: Ketencik (*Camelina sativa* (L.) Crantz). Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Derg. 23(2):116-120.
- Losak, T., J. Vollmann, J. Hlusek, J. Peterka, R. Filipcik and L. Praskova. 2010. Influence of combined nitrogen and sulphur fertilization on false flax (*Camelina sativa* (L.) Crantz.) yield and quality. Acta Aliment. 39(4):431-444.
- Losak, T., J. Hlusek, J. Martinec, J. Vollmann, J. Peterka, R. Filipcik, L. Varga, L. Ducsay and L. Martensson. 2011. Effect of combined nitrogen and sulphur fertilization on yield and qualitative parameters of *Camelina sativa* (L.) Crantz. (false flax). Acta Agric. Scand. Section B: Soil Plant Sci. 61(4):313-321.
- Marquard, R. and H. Kuhlmann. 1986. Investigations of productive capacity and seed quality of Linseed Dodder (*Camelina sativa* Crantz). Fette-Seifen-Anstrichmittel. 88:245-249.
- Mason, H. F. and Guillen-Portal. 2010. Camelina yield and yield components in response to seeding density. ASA, CSSA, SSSA International Annual Meeting, California. 31 Oct. to 4 Nov. 2010. [Conference abstract]. Available in: <http://a-c-s.confex.com/crops/2010am/webprogram/Paper61708.html>. Date of consultation: April 2017).
- McVay, K.A. 2008. *Camelina* production in Montana. 2008. Copyright © 2008 MSU Extension. Available in: <http://msuextension.org/publications/AgandNaturalResources/MT200701AG.pdf>. Date of consultation: April 2017.
- McVay, K.A. and Q.A. Khan. 2011. *Camelina* yield response to different plant populations under dryland conditions. Agron J. 103(4):1265-1269.
- Moriel, P., V. Nayigihugu, B.I. Cappellozza, E.P. Gonçalves, J.M. Krall, T. Foulke, K. Cammack and B.W. Hess. 2011. *Camelina* meal and crude glycerin as feed supplements for developing replacement beef heifers. J. Animal Sci. 89(12):4314-4324.
- Moser, B.R. and S.F. Vaughn. 2010. Evaluation of alkyl esters from *Camelina sativa* oil as biodiesel and as blend components in ultra low-sulfur diesel fuel. Bioresour. Technol. 101(2):646-653.
- Obour, K., Y. Sintim, E. Obeng and D. Jeliakov. 2015. Oilseed camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz): Production systems, prospects and challenges in the USA great plains. Adv. Plants Agric. Res. 2(2):00043.
- Page, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney. 1982. Methods of soil analysis; part 2. Chemical and microbiological properties, 2nd edition. American Soc. of Agronomy Inc. Soil science Society of America Inc. Madison, Wi.
- Plessers, A.G., W.G. McGregor, R.B. Carson and W. Nakoneshny. 1962. Species trials with oil seed plants, II. *Camelina*. Can. J. Plant Sci. 42:452-459.
- Robinson, R.G. and W.W. Nelson. 1975. Vegetable oil replacements for petroleum oil adjuvants herbicide sprays. Econ. Bot. 29:146-151.
- Seehuber, R. 1984. Genotypic variation for yield- and quality-traits in poppy and false flax. Fette-Seifen-Anstrichmittel. 86:177-180.
- Seehuber, R. and M. Dambroth. 1987. Development of basic populations of plant species suitable for the production of fatty acids, especially considering linseed, false flax and poppy. Landbauforsch. Voelkenrode 37:219-223.

- Seehuber, R., J. Vollmann and J. Dambroth. 1987. Application of the single-seed-descent method in false flax to increase the yield level. *Landbauforsch. Voelkenrode* 37(1):32-136.
- Sipalova, M., T. Losak, J. Hlusek, J. Vollmann, J. Hudec, R. Filipcik, M. Macek and S. Kracmar. 2011. Fatty acid composition of *Camelina sativa* as affected by combined nitrogen and sulphur fertilisation. *Afr. J. Agric. Res.* 6(16):3919-3923.
- Tubives. 2017. Türkiye Bitkileri Veri Servisi Turkish Plants Data Service. Available in: Tubives.com. Date of consultation: April 2017.
- Tulukçu, E. 2015a. Bitki Sıklığının Ketencik (*Camelina sativa* L.) Verim Bileşenlerine Etkisi, In:11. Tarla Bitkileri Kongresi 2015 Çanakkale:Turkey. 356 p.
- Tulukçu, E. 2015b. Farklı Dozlardaki Organik Gübrenin Ketencik (*Camelina sativa* L.) Verim Bileşenlerine Etkisi, In: 11. Tarla Bitkileri Kongresi, Çanakkale:Turkey 2015. 355 p.
- Tunçtürk, M., İ. Yılmaz, M. Erman and R. Tunçtürk. 2005. Yazlık Kolza (*Brassica napus* ssp. *oleifera* L.) Çeşitlerinin Van Ekolojik Koşullarında Verim ve Verim Özellikleri Yönünden Karşılaştırılması, *Tarım Bil. Derg.* 11(1):78-85.
- Uyanık, M. and Ş.M. Kara. 2011. Tarımsal Üretim Planlamasında İhmal Edilen Stratejik Bitkiler: Yağlı Tohumlar. p. 27-30. In: Ulusal Ali Numan Kıracı Tarım Kongresi ve Fuarı, Eskişehir (Eds.). Turkey.
- Vollmann, J., T. Moritz, C. Kargl, S. Baumgartner and H. Wagentristl. 2007. Agronomic evaluation of *Camelina* genotypes selected for seed quality characteristics. *Ind. Crops Prod.* 26:270-277.
- Warwick, S.I. and I.A. Al-Shehbaz. 2006. Brassicaceae: chromosome number index and database on CD-Rom. *Plant Syst. Evol.* 259(2):237-248.
- Yıldırım, H. 2015. Azot ve fosfor dozlarının ketencik (*Camelina sativa* (L.) Crantz) bitkisinde bazı verim ve kalite bileşenlerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. 43 p.
- Zimmermann, H.G. and M. Kuechler. 1961. Die ertrage von leindotter und ölleinund untersuchungen über den einfluss der saatstaerke auf den anbauerfolg bei einer landsort und zuchtstaemmendes leindotters (*Camelina sativa* (L.) Cr.). *Albrecht-Thaer-Archiv.* 5:622-636.
- Zubr, J. 1997. Oil-seedcrop: *Camelina sativa*. *Ind. Crops Prod.* 6(2):113-119.