Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2019, 22 (4), 136-144 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Прояви на хетерозис и степени на доминиране в F_1 на някои количествени признаци при хибридите Кн307 и Кн435

Мима Илчовска

Институт по царевицата, 5835 Кнежа, България

Heterosis Events and Degrees of Dominance in F_1 of Some Quantity Traits of Maize Hybrids Kn307 and Kn435

Mima Ilchovska

Maize Research Institute, 5635 Knezha, Bulgaria
E-mail: ilchovska_mima@abv.bg

Original scientific paper

Received: 28.06.2019 *Accepted:* 30.08.2019 *Published:* 07.10.2019

РЕЗЮМЕ

Настоящето проучване е проведено през 2015 г. и 2017 г. в опитното поле на Институт по царевицата Кнежа по възприета за района агротехника. Обект на изследването са два хибрида: Кн 307 и Кн 435 от различни групи на зрялост – FAO 300-399 и FAO 400-499. Хибридите (F_1) заедно с родителските им компоненти (p_1 и p_2) са изпитани в конкурсни сортови опити при условия без напояване в три гъстоти на посева – 4500 p/da, 5500 p/da и 6500 p/da. Анализирани са признаците: височина на растенията, височина на залагане на кочана и брои листа, описващи биометрията на стъблото.

От представените резултати, получени въз основа на данните за проявите на хетерозис и степени на доминиране, за всяка една от годините както и за средните им стойности е установен ясно изразен хетерозис. Наследяването на признаците се дължи на положително свръхдоминиране.

SUMMARY

This study is conducted in 2015 and 2017 in the experimental field of the Maize Institute - Knezha by using an agro technique typical for the region. Subject to the study are two maize hybrids: Kn 307and Kn 435 from different groups of maturity – FAO 300-399 and FAO 400-499. The hybrids (F_1) together with their parental components (p_1 and p_2) are studied in competitive variety trials under conditions without irrigation at three densities of the crop – 4500 pl/da; 5500 pl/da and 6500 pl/da. The following traits are analyzed: height of the plants, upper ear height and number of leaves, describing the stalk biometry.

Presented results, obtained based on the data of manifestation of heterosis and the degrees of dominance of the hybrids, for each of the years as well as their average values demonstrate a pronounced heterosis. The inheritance of traits is due to the positive overdominance.

Годината на проучване и гъстота на посева влияят по-различен начин върху хетерозисните прояви, но не променят основния характер и посоката на наследяване на съответните признаци.

Ключови думи: царевични хибриди от различни групи на зрялост, количествени признаци, хетерозис, степен на доминиране в F_1

The year of study and the density of the crop influence differently heterosis manifestations but do not the change the main character and the direction of inheritance of the respective traits.

Key words: maize hybrids from different groups of maturity, quantity traits, heterosis, degree of dominance in F_1

УВОД

Царевицата е една от културите, при която в най голяма-степен се проявява хетерозисния ефект. Установено е, че той се наблюдава в първо поколение на царевичните хибриди, които по продуктивност в различна степен превъзхождат родителските си форми. В следващите поколения хетерозисния ефект намалява. Във връзка с това хетерозисните прояви при царевицата са обект на различни проучвания както у нас така и в чужбина (Jugenheimer, 1979; Zhuchenko, 1980; Chalyk, 1987; Vulchinkova, 2000; Tollenaar et al., 2004; Petrovska and Genova, 2008, Zamir et al., 2011; Valkova, 2013 и др.).

Всяко едно изследване, насочено към изясняване закономерностите при наследяването на ценни стопански признаци и свойства е нова информация за изясняване характера на теоретичните и приложни аспекти на хетерозиса.

При изучаване закономерностите на наследяване на някои признаци от съществено значение е реакцията на отделните генотипове спрямо условията на средата, както и към прилагането на отделни елементи от технологията на отглеждане.

Целта на настоящето проучване е да се установят проявите на хетерозис и степени на доминиране в F_1 на някои признаци, описващи биометрията на стъблото на два хибрида от различни групи на зрялост.

INTRODUCTION

Maize is one of the cultures in which the heterosis effect is most pronounced. It is found that it is observed in the first generation of maize hybrids which by productivity exceed their parental forms to a different extent.

In the next generations, the heterosis effect diminishes. In this regard, the heterosis manifestations in the maize are subject to different studies both at home and abroad (Jugenheimer, 1979; Zhuchenko, 1980; Chalyk, 1987; Vulchinkova, 2000; Tollenaar et al., 2004; Petrovska and Genova, 2008, Zamir et al., 2011; Valkova, 2013, etc.).

Each study aimed at clarifying the patterns of inheritance of valuable economic traits and characteristics is new information for clarifying the nature of theoretical and applied aspects of the heterosis.

In studying the patterns of inheritance of some traits, of material importance is the response of individual genotypes to the environmental conditions as well as to the application of single elements of cultivation technology.

The purpose of the present study is to identify the manifestations of heterosis and degrees of dominance in F_1 of some traits describing the stem biometrics of two hybrids from different groups of maturity.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Настоящето проучване е извършено през 2015 г. и 2017 г. в опитното поле на Институт по царевицата-Кнежа по възприета за района агротехника. Като обект на изследване са използвани хибридите Кн 307 (група 300-399 по FAO) и Кн 435 (група 400-499 по FAO) от различни групи на зрялост.

Хибридите, заедно с родителските им форми (p_1 и p_2), са изпитани в конкурсни сортови опити по блоков метод в три повторения, с големина на реколтната парцела 10 m^2. Опитите са изведени при условия без напояване в три гъстоти на посева: 4500 р/da, 5500 р/da, и 6500 р/da. Анализирани са признаците: височина на растенията, височина на залагане на кочана и брой листа. Биометричните измервания са извършени на 10 растения от всяко повторение за p_1, p_2, и F_1.

Статистическата обработка на изходните данни за p_1, p_2 и F_1 е извършена по метода на дисперсионния анализ на Shanin (1997). Хетерозисът е определен спрямо средната аритметична от двата родителя (хипотетичен хетерозис) и спрямо по-добрия родител (истински хетерозис) по Omarov (1975). Степените на доминиране в F_1 са изчислени по Romero и Frey (1973).

MATERIAL AND METHODS

This study is conducted in 2015 and 2017 in the experimental field of Maize Institute - Knezha by using an agro technique typical for the region. Hybrids Kn 307 (FAO group 300-399) and Kn 435 (FAO group 400-499) from different groups of maturity are used as a subject of the study.

The hybrids, together with their parental forms (p_1 и p_2), are studied in competitive variety trials by block method in three repetitions, with a plot size of 10 m^2. The trials are performed under conditions without irrigation at three densities of the crop: 4500 pl/da, 5500 pl/da and 6500 pl/da. The following traits are analyzed: height of plants, upper ear height and number of leaves. Biometric measurements were performed on 10 plants of each repetition for p_1, p_2 and F_1.

Statistical processing of the raw data for p_1, p_2 and F_1 is executed by using the method of the analysis of variance of Shanin (1997). The heterosis is determined by the arithmetical mean of both parents (hypothetical heterosis) and the better parent (actual heterosis) by Omarov (1975). The degrees of dominance in F_1 are calculated by Romero and Frey (1973).

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Фенотипното проявление на всеки признак е резултат от взаимодействието на генотипа и средата, в която се развива. Наследяват се не признаците, а генетическата обусловеност на генотипа да реагира на промяната на условията на средата (Zhuchenko, 1980; Hristov,, 1983). В редица проучвания на Hristov et al., 1982; Yordanov, 1995; Petrovska and Genova, 2008; Ilchovska et al., 2019 и др., са установени прояви на хетерозис, свързани с фотосинтетичната дейност на растенията чрез признаци, обект на настоящето проучване.

Данните относно средномесечни-

RESULTS AND DISCUSSION

The phenotypic manifestation of each trait is a result of the interaction of the genotype and the environment where it grows. It is not the traits that are inherited, but the genetic dependency of the genotype to respond to the changing environmental conditions (Zhuchenko, 1980; Hristov, 1983). In number of studies by Hristov et al., 1982; Yordanov, 1995; Petrovska and Genova, 2008; Ilchovska et al., 2019, etc., have been established heterosis manifestations related to the photosynthetic activity of the plants through traits, subject to the present study.

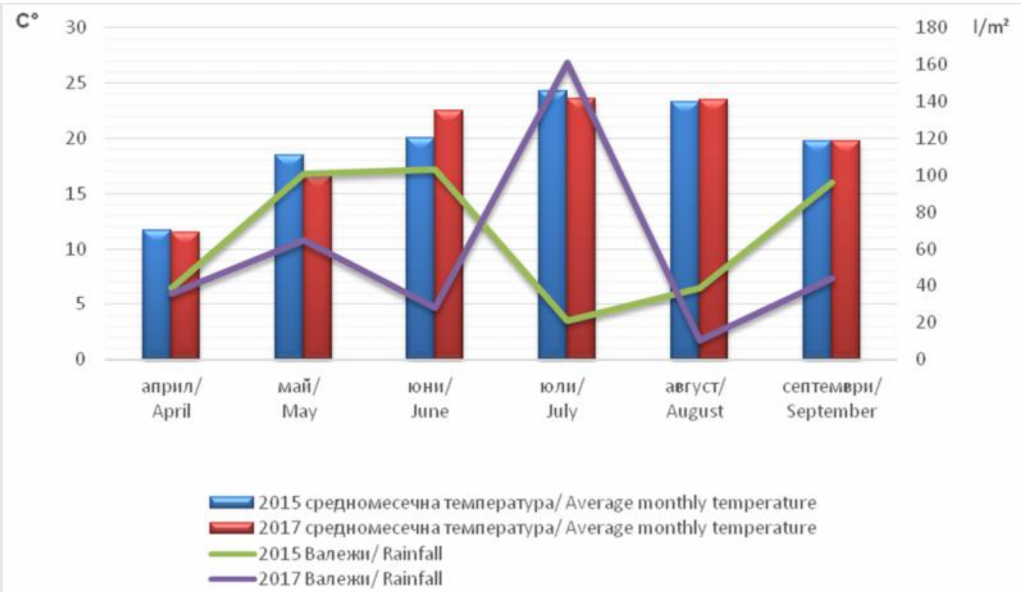
The data about the average

те температури и количеството паднали валежи през вегетационния период на хибридите през годините на проучване са отразени на Фигура 1. По отношение на средномесечните температури не се наблюдава съществена разлика през двете години на проучване. Сумарното количество на падналите валежи през вегетационния период е с близки стойности 397,1 l/m² през 2015 г. и 343 l/m² през 2017 г., но разпределението му по месеци е неравномерно. Това е предпоставка за вариране на стойностите на изследваните признаци в зависимост от конкретната метеорологична обстановка.

monthly temperatures and rainfall amount during the vegetative period of the hybrids in the studied years are shown in Figure 1. In regard to the average monthly temperatures there is no significant difference found in the two years of study.

The total amount of rainfall during the vegetative period is around 397.1 l/m² in 2015 and 343 l/m² in 2017, but its distribution in the months is irregular.

This is a prerequisite for variation in the values of the studied traits depending on the specific meteorological conditions.



Фиг. 1. Сума на валежите и средно-месечните температури през вегетацията на царевицата за годините на изследване

Fig. 1. Sum of rainfall and average monthly temperatures during vegetation of the maize in the years of study

През периода на развитие и формиране на репродуктивните органи на царевицата (април, май и юни) сумата на валежите през 2015 г. е 241,8 l/m² срещу 59,5 l/m² през 2017 г. От друга страна, влагообезпечеността през критичните горещи месеци за царевицата юли и август е по-добра през 2017 г. Количеството на паднали-

In the period of growing and formation of the reproductive organs of the maize (April, May and June), the amount of rainfall in 2015 is 241.8 l/ m² against 59.5 l/ m² in 2017. On the other hand, humidity during the critical hot months for the maize - July and August, is better in 2017. The amount of the rainfall is 160.9 l/m² in July and only 10.5

те валежи е 160,9 l/m^2 за юли и едва 10,5 l/m^2 за август, съответно 20,8 l/m^2 и 38,7 l/m^2 през 2015 г.

Данните относно изследваните биометрични признаци на хибридите Кн 307 и Кн 435 са показани на Таблица 1 и Таблица 2. В тях са представени средните стойности от индивидуалните измервания на признаците на родителските компоненти (p_1, p_2) и хибридните им поколения, както и проявите на хетерозис и степени на доминиране в F_1. Анализирайки данните за отделните признаци се наблюдава различна реакция на хибридите, спрямо условията на отглеждане. Варирането е по-силно под действието на климатичните условия през годините, отколкото под влияние на гъстотата на посева. Средномесечните температури и по-благоприятното разпределение на валежите в началните периоди от развитието на царевицата са причина за малко по-високите стойности на хибридите и родителските им форми през 2015 г. в сравнение с тези на 2017 г.

При всяка една от изследваните линии се наблюдават специфични особености, обусловени от генотипа и респективно съответните признаци. От четирите самоопрашени линии царевица с по-високи стойности и при трите биометрични признака, както по години на отглеждане така и по гъстоти на посева са АС 9434 и К 4652. Сравнителният анализ на изследваните признаци по хибриди показва по-високи стойности при средно ранния хибрид Кн 435.

По отношение проявите на хетерозис се наблюдават добре изразени положителни стойности за хипотетичния и истински хетерозис, засягащ признаците височина на растението и височина на залагане на кочана. Проявите на хетерозис за признака брой листа са също положителни, но по-слабо изразени спрямо останалите два признака и при двата хибрида, което потвърждава по-ранни изследвания (Vulchinkova and Vulchinkov, 2013).

l/m^2 in August, respectively 20.8 l/m^2 and 38.7 l/m^2 in 2015.

The data about the studied biometric characteristics of the hybrids Kn 307 and Kn 435 are shown in Table 1 and Table 2. They present the average values of the individual measurements of the traits of the parental components (p_1, p_2) and their hybrid generations, as well as the manifestations of heterosis and degrees of dominance in F_1. Analyzing the data regarding the individual traits, a different response of the hybrids is observed, depending on the conditions of growth. The variation is stronger under the influence of the climate over the years than of the density of the crop.

The average monthly temperatures and more favorable distribution of rainfall in the initial periods of the growth of the maize are the reason for the slightly higher values of hybrids and their parental forms in 2015 compared to those in 2017.

At every studied line specific characteristics are observed depending on the genotype and the related traits, respectively. Of all four self-pollinated maize lines with higher values for the three biometric traits, both by years of growth and by density of the crops, are AC 9434 and K 4652. The comparative analysis of the studied traits by hybrids shows higher values for the average early hybrid Kn 435.

Regarding the manifestations of heterosis, there are pronounced positive values observed in both hypothetical and actual heterosis affecting the traits of the plant – height and upper ear height. The manifestations of heterosis for the trait number of leaves are also positive, but less pronounced than the other two traits in both hybrids, which confirms earlier studies (Vulchinkova and Vulchinkov, 2013).

Таблица 1. Хетерозис и степени на доминиране в F_1 на биометрични признаци на царевичен хибрид Кн 307 за 2015 г., 2017 г.

Table 1. Heterosis and degrees of dominance in F_1 of biometric traits of maize hybrid Kn 307 for 2015, 2017

Признаци/Traits Гъстоти на посева / Density of the crop	P_1	P_2	F_1	Хетерозис / Heterosis, %		Доминиране в hp_1 Dominance in hp_1	P_1	P_2	F_1	Хетерозис / Heterosis, %		Доминиране в hp_1 Dominance in hp_1
				Хипотетичен,% Hypothetical,%	Истински,% Actual, %					Хипотетичен, % Hypothetical,%	Истински,% Actual, %	
Височина на растенията / Height of the plants, cm												
2015							2017					
4500 р/да 4500 pl/da	200,0	179,2	259,2	36,7	29,6	6,7	202,2	163,9	228,9	25,1	13,2	2,4
5500 р/да 5500 pl/da	208,3	194,2	262,5	30,5	26,0	8,6	198,4	160,6	222,2	23,8	12,0	2,2
6500 р/да 6500 pl/da	219,2	190,0	259,2	26,7	18,2	3,7	197,2	157,0	223,3	25,9	13,2	2,3
Средно/Mean	**209,2**	**187,8**	**260,3**	**31,3**	**24,6**	**6,3**	**199,3**	**160,5**	**224,8**	**24,9**	**12,8**	**2,3**
Височина на залагане на кочана / Upper ear height, cm												
4500 р/да 4500 pl/da	78,4	71,7	95,8	27,7	22,2	6,1	74,4	61,7	85,0	25,0	14,2	2,7
5500 р/да 5500 pl/da	85,0	70,0	95,0	22,6	11,8	2,3	73,9	55,6	84,5	30,6	14,3	2,1
6500 р/да 6500 pl/da	82,5	70,0	97,5	27,9	18,2	3,4	72,8	53,9	81,1	28,1	11,4	1,9
Средно/Mean	**82,0**	**70,6**	**96,1**	**26,1**	**17,4**	**3,9**	**73,7**	**57,1**	**83,5**	**27,9**	**13,3**	**2,2**
Брой листа / Number of leaves												
4500 р/да 4500 pl/da	12,7	11,7	13,5	10,6	6,3	2,6	11,3	10,9	12,1	9,0	7,1	5,0
5500 р/да 5500 pl/da	12,9	12,0	13,4	8,1	3,9	2,0	11,5	10,7	12,0	8,1	4,3	2,2
6500 р/да 6500 pl/da	12,3	11,0	12,8	10,3	4,1	1,7	11,4	10,5	11,8	7,8	3,5	1,9
Средно/Mean	**12,6**	**11,6**	**13,1**	**9,7**	**4,8**	**2,1**	**11,2**	**10,7**	**12,0**	**8,3**	**4,9**	**3,0**

Таблица 2. Хетерозис и степени на доминиране в F_1 на биометрични признаци на царевичен хибрид Кн 435 за 2015 г., 2017 г.

Table 2. Heterosis and degrees of dominance in F_1 of biometrical traits of the maize hybrid Kn 435 for 2015, 2017

Признаци/Traits Гъстота на посева/ Density of the crop	P_1	P_2	F_1	Хетерозис / Heterosis, %		Доминиране в hp_1 Dominance in hp_1	P_1	P_2	F_1	Хетерозис / Heterosis, %		Доминиране в hp_1 Dominance in hp_1
				Хипотетичен,% Hypothetical,%	Истински,% Actual, %					Хипотетичен,% Hypothetical,%	Истински,% Actual, %	
Височина на растенията / Height of the plant, cm												
2015							2017					
4500 р/да 4500pl/da	192,5	223,8	248,3	19,3	10,9	2,6	168,9	215,6	242,2	26,0	12,3	2,1
5500 р/да 5500pl/da	186,5	213,4	251,1	25,6	17,7	3,8	166,1	211,7	247,2	30,9	16,8	2,5
6500 р/да 6500pl/da	189,2	217,5	258,3	27,0	18,7	3,9	165,6	213,9	247,2	30,3	15,7	2,4
Средно/ Mean	**189,4**	**218,2**	**252,6**	**24,0**	**15,8**	**3,4**	**166,9**	**213,7**	**245,5**	**29,1**	**14,9**	**2,3**
Височина на залагане на кочана / Upper ear height, cm												
4500 р/да 4500pl/da	70,0	92,5	99,1	21,9	7,1	1,6	63,9	79,5	93,9	31,0	18,1	2,8
5500 р/да 5500pl/da	77,5	93,8	126,7	47,9	35,1	5,0	61,1	81,7	100,6	40,9	23,1	2,8
6500 р/да 6500pl/da	76,7	93,3	126,7	49,0	35,8	4,9	59,5	81,1	97,8	39,1	20,6	2,6
Средно/ Mean	**74,7**	**93,2**	**117,5**	**39,6**	**26,0**	**3,8**	**61,5**	**80,8**	**97,4**	**37,0**	**20,6**	**2,7**
Брой листа / Number of leaves												
4500 р/да 4500pl/da	11,5	12,8	13,0	7,0	1,6	1,3	11,5	12,3	12,8	7,6	4,1	2,2
5500 р/да 5500pl/da	12,7	13,0	13,7	6,6	5,4	5,7	10,7	11,8	12,0	6,7	1,7	1,4
6500 р/да 6500pl/da	12,0	13,1	13,3	6,0	1,5	1,4	11,3	12,0	12,5	7,3	4,2	2,4
Средно/ Mean	**12,1**	**13,0**	**13,3**	**6,5**	**2,8**	**2,8**	**11,5**	**12,6**	**13,5**	**7,2**	**3,3**	**2,0**

С най-високи средни стойности на хипотетичен и истински хетерозис за признака височината на залагане на кочана се отличава Кн 435 - 39,6% за хипотетичен и 26,0% за истински хетерозис. За признака обща дължина на кочана по-високи стойности се наблюдават при хибрид Кн 307 - 31,3% хипотетичен и 24,6% истински.

Варирането на хетерозиса на проучените признаци, описващи биометрията на стъблото се влияе в по-голяма степен от годината на отглеждане в сравнение с гъстотата на посева, но те не променят неговата същност.

Стойностите на степените на доминиране в F_1 при всички признаци на хибридите са по-високи от 1 (hp>1), което означава наличие на свръхдоминиране при наследяването им.

Резултатите, представени в това изследване показват, че за оценката на проявите на хетерозис и степени на доминиране на определен признак влияние оказват както различните генотипове, така и взаимодействието генотип среда.

With the highest average values of hypothetical and actual heterosis for the trait upper ear height is characterized the hybrid Kn 435 – 39.6% – for hypothetical and 26.0% – for actual heterosis. If it refers to the trait overall length of the cob, higher values are observed for the hybrid Kn 307 – 31.3% hypothetical and 24.6% – actual heterosis.

The variation in the heterosis of the studied traits, describing the biometry of the stem, is influenced more by the year of growth than the density of the crop, but they do not change its nature.

The values of the degrees of dominance in F_1 for all traits of the hybrids are higher than 1 (hp> 1), which means that there is an over-dominance in their inheritance.

The results presented in this study indicate that the evaluation of heterosis manifestation and degrees of dominance for each specific trait is influenced by both the different genotypes and the interaction between genotype and environment.

ИЗВОДИ

През годините на изследване наследяването на признаците: височина на растенията, височина на залагане на горния кочан и брои листа на хибридите Кн 307 и Кн 435 от различни групи на зрялост, проявяват ясно изразен положителен хипотетичен и истински хетерозис.

Степените на доминиране в F_1 поколение показват, че хетерозисният ефект се дължи на положително свръхдоминиране (hp>1).

Промяната в условията на средата на отглеждане на хибридите води до вариране на стойностите на хетерозиса, но не променя характера на наследяване.

CONCLUSIONS

During the years of study inheritance of the traits: height of the plans, upper ear height and number of leaves of the hybrids Kn 307 and Kn 435 from different groups of maturity, demonstrate pronounced positive hypothetical and actual heterosis.

The degrees of dominance in F_1 generation indicate that the heterosis effect is due to positive overdominance (hp> 1).

The change of the environmental conditions of the growth of the hybrids results in variation of the values of heterosis but does not change the inheritance pattern.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Chalyk, S. G.**, 1987. On Some Regularities of the Manifestation of Heterosis of Corn Hybrids. *Agricultural Biology*, 5, 30-33 (Ru).
2. **Hristov, K.**, 1983. Genetic Basics of the Selection and the Seed Production of Maize. Dissertation, Knezha, Bulgaria (Bg).
3. **Hristov, K., P. Hristova and I. Genova**, 1982. Inheritance of Quantitative Traits in Maize and Variability of the Genetic Parameters. I. Height of Plants. *Genetics and Selection*, 15 (1), 58-65 (Bg).
4. **Ilchovska, M., N. Petrovska and V. Valkova**, 2019. Heterosis and Degrees of Dominance by the Trait Total Leaf Area of Maize Hybrids at Different Groups of Ripeness. *Field Crop Studies*, XII (1), 69-76 (Bg).
5. **Jugenheimer, P. W.**, 1979. Corn: Improvement, Seed Production and Uses. Moscow, Colossus Publishing house (Ru).
6. **Omarov, D.S.**, 1975. To the Method of Accounting and Evaluation of Heterosis in Plants. *Agricultural Biology*, 1, 123-127 (Ru).
7. **Petrovska, N. and I. Genova**, 2008. Heterosis and Degrees of Dominance for Grain Yield and the Elements of the Yield for Mid-late Maize Hybrids. In: International Scientific Conference, 5-6 June 2008, Stara Zagora, Bulgaria (Bg).
8. **Romero, G. E. and K. J. Frey**, 1973. Inheritance of semi-dwarfness in several wheat crosses. *Crop Science*, 13, 334-337.
9. **Shanin, Y.**, 1977. Methods of the Field Experiment. Bulgarian Academy of Science, Sofia (Bg).
10. **Tollenaar, M. A., A. Ahmadzadeh and E. A. Lee**, 2004. Physiological Basis of Heterosis for Grain Yield in Maize. *Crop Science*, 44, 2086-2094.
11. **Valkova, V.**, 2013. Heterosis Manifestation of the Grain Yield and the Elements of the Crops for Maize Hybrids from Different Groups of Maturity. *Plant Science*, 50 (3), 36-40 (Bg).
12. **Vulchinkova, P. and S. Vulchinkov**, 2013. Heterosis and Degrees of Dominance in F_1 of Traits, Characterizing New Maize Hybrids. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 16 (5), 1263-1275.
13. **Vulchinkova, P.**, 2000. Physiological-genetic Studies of Elements of Productivity and Yield in Maize. Dissertation, Knezha, Bulgaria (Bg).
14. **Yordanov, G.**, 1995. Fast Method for Determining of Leaves Area of Maize. *Plant Science*, XXXI (5), 40-41 (Bg).
15. **Zamir, D., Z. Lippman and U. Krieger**, 2011. Induced Heterosis Related Mutation. United States Patent Application 20110247093, Kind Code: A1, http://www.freepatentsonlin.com/y2011/0247093.html.
16. **Zhuchenko, A.**, 1980. Ecological Genetics of Cultivated Plants. Shtinitsa (Ru).

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2019, 22 (4), 145-154 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Влияние на братимостта на растенията при хибриди захарна (сладка) царевица върху някои параметри на кочана

Георги Йорданов

Институт по царевицата, 5835 Кнежа, България

Influence of the Plant Tillers in Hybrids Sugary (Sweet) Corn on Some Parameters of the Cob

Georgi Yordanov

Maize Research Institute, 5835 Knezha, Bulgaria
E-mail: geo.i@dir.bg

Original scientific paper

Received: 16.04.2019 *Accepted:* 30.05.2019 *Published:* 07.10.2019

РЕЗЮМЕ

В статията са представени резултатите от проучване влиянието на присъствието и отсъствието на странични израстъци /братя/ на растенията при някои новосъздадени високопродуктивни хибриди захарна /сладка/ царевица по отношение дължината на кочана, дебелината на кочана и дълбочината на зърното на кочана.

Проучени са 5 ново създадени високо продуктивни хибриди захарна /сладка/ царевица, характеризиращи се с по-ниска степен на поява на странични израстъци в сравнение с повечето срещани сортове от този тип царевица. В резултат от изследването е установено, че при реколтирането на изследваните хибриди растенията със странични израстъци и тези без такива нямат достоверни различия по отношение средната дължината и дебелината на кочана. Макар и недостоверно доказани, при повечето от изследваните хибриди, растенията имащи стра-

SUMMARY

The article presents the results of a study of the impact of the presence and absence of side growths /brothers/ plants in some newly created high-yielding sugar /sweet/ maize hybrids with respect to the length of the cob, the thickness of the cob and the depth of the grain on the cob.

Five newly created high yielding sugar /sweet/ maize hybrids have been explored, characterised by a lower incidence of side growths than most of the varieties of this type of maize. As a result of the study, it was found that when harvesting plants with side growths and those without such, in the case of hybrids examined, there were no credible differences in relation to the average length and thickness of the cob.

But, although improbable proven, in most of the hybrids studied, the plants having side growths have slightly higher values of

нични израстъци са с малко по-високи стойности на дължината и дебелината на кочана,и особено дължината на зърното.

Ключови думи: захарна /сладка/ царевица, братимост на растения, влияние на братята.

УВОД

През последните години у нас все повече се отглеждат специални сортове царевица за директна консумация от хората, по-известни като захарна или сладка царевица (Tosheva, 1997; Glogova, 2010; Yordanov, 2010, 2014). Поради отличните вкусови качества, както и здравословния начин на хранене, който захарната царевица осигурява на хората тя е предпочитана зеленчукова култура (Tracy, 1990).

Характерна особеност на захарната царевица е братенето на нейните растения в различна степен. При някои сортове то е твърде силно и води до силно сгъстяване на посевите. Поради тази причина редица производители считат, че страничните израстъци на стъблата пречат на основното стебло като отнемат значителни количества пластични вещества. За да повишат добивите на стандартни кочани някои от производителите премахват механично страничните израстъци на стъблата надявайки се на по-добра продукция. Тази операция обаче е твърде трудоемка и понижава рентабилността от отглеждането на захарната царевица. Ефективността от самото премахване на страничните израстъци на стъблата е твърде неясна и има както привърженици, така и противници.

Целта на настоящето изследване бе да се установи влиянието на наличието на странични разклонения на растенията и тяхното отсъствие при съвременни, високо продуктивни хибриди захарна царевица върху дължината на кочана, дебелината на кочана и дълбочината на зърното на кочана във връзка с по-ефективното практическото отглеждане на тази култура.

the length and thickness of the cob, and especially the depth of the grain.

Keywords: sugary /sweet/ corn, plant tillers, influence of plant tillers.

INTRODUCTION

In recent years, special maize varieties for direct consumption by people more known as sugar or sweet corn (Tosheva, 1997; Glogova, 2010; Yordanov, 2010, 2014).

Because of its excellent flavour, as well as the healthy eating method it provides to people, sugar corn is a preferred vegetable culture (Tracy, 1990).

A characteristic feature of sugar corn is the presence of side plant branches (brothers) of its plants to varying degrees. In some varieties, it is too strong and leads to strong compaction of the crops. For this reason, a number of producers consider that the stem stalks interfere with the main stem by taking significant amounts of plastics. In order to increase the yields of standard cobs, some of the producers have mechanically removed the lateral growths of the stems, hoping for a better production.

However, this operation is too labour-intensive and reduces the profitability of growing corn. The effectiveness of just removing the lateral growths of the stems is too vague, and it has both supporters and opponents.

The purpose of the present study was to reliably establish the influence of the presence of lateral branches of plants and their absence in modern, high yielding sugar corn hybrids on the length of the cob, the thickness of the cob and the grain depth of the cob in relation to the more effective cultivation of this culture.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

За проучване влиянието на наличието на странични разклонения на растенията и тяхното отсъствие върху дължината на кочана, дебелината на кочана и дълбочината на зърното на кочана бяха използвани 5 нови високо продуктивни хибриди захарна царевица. Хибридите бяха създадени и изпитани за продуктивност и качество на зърното в предходен период от автора и след като показаха добри резултати бяха включени в рандомизирани блокови опити. Опитите са извеждани в три повторения, при условия без напояване и гъстота на посева 41000 растения на хектар. Изследването е проведено през периода 2013-2015 година. Хибридите захарна царевица участвали в изследването са обозначени с условни временни номера К6-1, К6-5, К6-13, П9-1 и П9-9. Самите хибриди не са със силно разклонени стебла – реално имат по 1-2 до 3 странични разклонения с доминиращо централно стебло. За да се осигурят двата вида растения – със и без странични разклонения, на част от растенията в опитните парцели бяха премахнати ръчно всички странични разклонения на стеблата в периода пред изметляване на растенията. Опитите бяха реколтирани при оптимална технологична зрелост на кочаните, характерна за захарната царевица. Измерванията на дължината на кочана, дебелината на кочана и дълбочината на зърното на кочана се осъществяваше на всяко едно отделно растение със или без странични разклонения, след което се осредняваха получените резултати и се изчисляваше вариационния коефициент. Получените средни стойности на съответните измервани показатели се сравняваха за достоверност на разликите. Средната аритметична Хср., вариационния коефициент VC% и достоверността на разликите са изчислявани по общоприетите статистически формули (Zapryanov, 1983).

MATERIAL AND METHODS

To study the influence of the presence of side branches of plants and their absence on the length of the cob, the thickness of the cob and the depth of the grain of the cob, 5 new highly productive hybrids of sugar corn were used. Hybrids were created and tested for grain productivity and quality in a prior period and, after showing good results, were included in randomized block trials to assess the impact of plant branching and their absence on the thickness of the cob and the grain depth of the cob. The trials were conducted under irrigation conditions at a stock density of 41000 plants per hectare. The survey was conducted over the period 2013-2015. Sugar corn hybrids involved in the study are designated with provisional temporary numbers K6-1, K6-5, K6-13, P9-1 and P9-9, because their actual formulas are confidential. The hybrids themselves do not have highly branched stems - they actually have 1 to 2 to 3 lateral branches with a dominant central stem. In order to provide the two types of plants - with and without side branches, part of the plants in the experimental plots were manually removed by all lateral branches of the stalks in the period before the plants were scraped off. The experiments were harvested at the optimum technological maturity of the cobs, characteristic of sugar corn. Measurements of cob length, cob thickness, and cob grain depth were performed on each individual plant with or without lateral branching, after which the results obtained were averaged and the coefficient of variation was calculated.

The average values of the respective measured indicators were compared to the reliability of the differences. The arithmetic mean Xcp, the variation coefficient, VC% and the reliability of the differences were calculated according to the general accepted formulas (Zapryanov, 1983).

Средните аритметични $\bar{x}_1$ и $\bar{x}_2$ изчислявахме по формулата :

$$\bar{x}_1 = \frac{\Sigma x_1}{n} \; ; \; \bar{x}_2 = \frac{\Sigma x_2}{n}$$

Където: x_1 и x_2 – стойности на показателя: x_1 и x_2; n – брой стойности на показателя: x_1 и x_2

Вариационния коефициент VC% изчислявахме по формулата:

$$VC\% = \frac{S.100}{\bar{x}}$$

Където: S – средно квадратно отклонение; $\bar{x}$ – средна аритметична

Достоверността на разликата t изчислявахме по формулата :

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{S\bar{x}_1 - S\bar{x}_2}}$$

Където: $\bar{x}_1$ – средна стойност на първия сравняван показател; $\bar{x}_2$ - средна стойност на втория сравняван показател; S$\bar{x}_1$ и S$\bar{x}_2$ – средни грешки на сравняваните средни аритметични.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

На Таблица 1 са представени резултатите от влиянието на отсъствието или наличието на странични разклонения на растенията върху дължината на кочана при изследваните хибриди захарна царевица. Тя е важен показател при захарната царевица, който има взаимовръзка не само с продуктивността на растенията, а и с получения добив от тях. Дължината на кочана при захарната царевица има значение и за чисто търговския вид на кочаните, което привлича клиентите. По-дългите кочани захарна царевица естествено са по-предпочитани от по-късите и поради чисто количествени причини. От друга страна производи-

The average arithmetic $\bar{x}_1$ and $\bar{x}_2$ we calculated by the formula:

Where: x_1 and x_2 - values of the metric x_1 and x_2; n - number of values of the metric x_1 and x_2

The variation factor vc% was calculated using the formula:

Where: S - mean squared deviation; $\bar{x}$ - arithmetic mean

The credibility of the difference t was calculated using the formula:

Where: $\bar{x}_1$ - the average of the first benchmark; $\bar{x}_2$ - the average value of the second benchmark; S$\bar{x}_1$ and S$\bar{x}_2$ - mean errors of the computed average arithmetic.

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 presents the results of a study of the impact of the absence or presence of side branches of the plants on the length of the cob in the hybrid maize hybrids studied. Cocoon length is an important indicator for sugar corn. It has a relationship not only with the productivity of the plants but also with the yield obtained from them.

The length of the cob with sugar corn is also important for the pure commercial appearance of the cobs. Longer sweet corn cobs are naturally more preferred than shorter and for purely quantitative reasons. On the other hand, manufacturers and retailers are not телите и търговците не са заинтересовани да продават твърде големи кочани захарна царевица, защото те продават кочаните на бройка. Обикновено хибридите захарна царевица с много дълги кочани произвеждат само по един кочан, което намалява общия брой произведени кочани от единица посевна площ. Ето защо за предпочитане е кочаните на захарната царевица да са средно дълги. Дължината на кочана при захарната царевица е генетично предопределена за всеки сорт, но влияние оказва и начина на отглеждане на посева. Особено влияние върху нея има сгъстяването на посева. При висока гъстота кочаните на царевицата стават по-дребни. В тази връзка би могло да се предположи, че растенията с повече странични разклонения биха имали негативно влияние върху дължината на кочана при захарната царевица. В нашия случай дължината на кочана варира от 19,6 до 23,4 cm при различните хибриди. С най-дълги кочани са захарните хибриди царевица К 6 -1su, К 6-13 su и П 9-9 su, а с най-къси – К 6-5su и П 9-1su.

Проучването, което направихме върху изследваните хибриди захарна царевица, Таблица 1 показва, че дължината на кочана при растенията, имащи странични разклонения и тези без такива не се различава съществено. При някои от хибридите дължината на кочана е малко по-голяма при растенията имащи странични разклонения, при други е обратно, но като цяло разликите са несъществени. От направеното проучване може да се направи заключение, че при ново селекционираните хибриди захарна царевица, отличаващи се с по-малък брой странични разклонения на стеблата, дължината на кочана не се влияе съществено от това дали растенията са със или без странични разклонения.

interested in selling too big cobs of sugar corn because they sell the cobbles.

Typically, hybrid corn sugar with very long cobs produces only one cub, which reduces the total number of cocoons produced per unit of area. Therefore, it is preferable that the cobs of the sugar maize be of medium length.

The length of the cob in corn sugar is genetically predestined for each variety, but also influences how the crop is grown. Particular impact on it is the thickening of the crop. At high density corn cobs become smaller.

In this connection, it could be assumed that plants with more side branches would have a negative impact on the length of the cob in sugar maize.

In our case the length of the cob ranges from 19.6 to 23.6 cm in the different hybrids. The longest cobs are sugar hybrids of corn K 6 - 1su, K 6 - 13su and P 9-9su with the shortest cobs - K 6 - 5su and P 9-1su.

The study we conducted on the sugared corn hybrids tested, Table 1 shows that the length of the cobweb in plants having side branches and those without these does not differ significantly.

In some of the hybrids, the length of the hindquarter is slightly larger in the case of plants having side branches, while others are vice versa, but generally the differences are insignificant.

From the study, it can be concluded that in the newly selected sugar maize hybrids, with fewer side branches, the length of the stem is not significantly influenced by whether the plants are with or without side branches.

Таблица 1. Влияние на отсъствие или наличие на странични разклонения на растенията (братя) при хибриди захарна царевица върху дължината на кочана, cm

Table 1. Influence of absence or presence of side plant branches (brothers) of sweet corn hybrids on length of the cob, cm

Хибрид/година Hybrid/Year	Показател Indicator	Дължина на кочана / Cob length, cm				Достоверност на разликата t Reliability of the difference t
		Растения с братя Plants with brothers	разлика ±cm difference ±cm	Растения без братя Plants without brothers	разлика ±cm difference ±cm	
		Дължина на кочана Cob length, cm		Дължина на кочана Cob length, cm		
2013						
К 6 – 1su	$\bar{x}$ VC%	23.4 4.7	-0.2	23.6 2.1	+0.2	Не no
К 6 – 5su	$\bar{x}$ VC%	21.0 5.7	+0.4	19.6 8.7	-0.4	Не no
К 6 – 13su	$\bar{x}$ VC%	23.4 7.3	+1.4	22.0 4.5	-1.4	Не no
2015						
П 9-1su	$\bar{x}$ VC%	21,3 2,3	+0,6	20,7 7,2	-0,6	Не no
П 9-9su	$\bar{x}$ VC%	22,5 2,7	-0,5	23,0 3,5	+0,5	Не no

На Таблица 2 са представени резултатите от проучване влиянието на отсъствието или наличието на странични разклонения на растенията върху дебелината на кочана при изследваните хибриди захарна царевица. Тя също е важен показател при захарната царевица и има взаимовръзка не само с продуктивността на растенията, но и с получения добив от тях. Има още значение и за чисто търговския вид на кочаните, което привлича клиентите. В нашето изследване дебелината на кочана варира от 44,7 до 54,8 mm при различните хибриди. С най-дебели кочани са захарните хибриди царевица К 6 – 13su и К 6 – 1su, а с най-тънки кочани - П 9-1su , К 6 – 5su и П 9-9 su.

По-дебелите кочани захарна царевица естествено са по-предпочитани от по-тънките и поради чисто количествени причини. От друга страна производителите и търговците не са заинтересовани да продават твърде големи кочани захарна царевица, защото те продават кочаните на бройка. Обикновено хибридите захарна царевица с

Table 2 presents the results of a study of the influence of absence or presence of plant branching on the thickness of the cob to the hybrid maize hybrids studied. It ranges from 44.7 to 54.8 mm in the different hybrids. The most fat cobs are the corn K 6 - 13 su and K 6 - 1su maize hybrids and the finest cobs - P 9-1 su, K 6 - 5su and P 9-9 su. Thickness of the cob is also an important indicator for sugar corn. It has a relationship not only with the productivity of the plants but also with the yield obtained from them. Coconut thickness for sugar corn is also important for the pure commercial appearance of cobs, which attracts customers.

The thicker corn cobs are naturally more preferred than the thinner and purely quantitative reasons. On the other hand, manufacturers and retailers are not interested in selling too big cobs of sugar corn because they sell the cobbles.

Typically, hybrid corn kernels with very thick and long cobs produce only one много дебели и дълги кочани произвеждат само по един кочан, което намалява общия брой произведени кочани от единица посевна площ.

Ето защо за предпочитане е кочаните на захарната царевица да са средно дебели. Дебелината на кочана при захарната царевица е генетично предопределена за всеки сорт, но влияние оказва и начина на отглеждане на посева. Особено влияние върху нея има сгъстяването на посева. При висока гъстота кочаните на царевицата стават по-дребни. В тази връзка би могло да се предположи, че растенията с повече странични разклонения биха имали негативно влияние върху дебелината на кочана при захарната царевица.

cub, which reduces the total number of cocoons produced per unit of sowing area.

Therefore, it is preferable that the cobs of sugar corn are medium-thick. The thickness of the cob in corn sugar is genetically predestined for each variety, but also influences how the crop is grown. Particular impact on it is the thickening of the crop.

At high density corn cobs become smaller. In this connection, it could be assumed that plants with more side branches would have a negative impact on the thickness of the cob in sugar corn.

Таблица 2. Влияние на отсъствие или наличие на странични разклонения на растенията при хибриди захарна царевица върху дебелината на кочана, mm
Table 2. Influence of absence or presence of side plant branches (brothers) of sweet corn hybrids on thickness of the cob, mm

Хибрид/година Hybrid/Year	Показател Indicator	Дебелина на кочана / Thickness of the cob, mm				Достоверност на разликата t Reliability of the difference t
		Растения с братя Plants with brothers	разлика ±см difference ±cm	Растения без братя Plants without brothers	разлика ± см difference ±cm	
		Дебелина на кочана Thickness of the cob, mm		Дебелина на кочана Thickness of the cob, mm		
2013						
К 6 – 1	$\bar{x}$ VC%	51,8 5,6	+1,2	50,6 9,7	-1,2	Не no
К 6 – 5	$\bar{x}$ VC%	47,4 4,8	+0,4	47,0 5,1	-0,4	Не no
К 6 – 13	$\bar{x}$ VC%	54,8 2,0	+3,8	51,0 2,3	-3,8	Не no
2015						
П 9-1	$\bar{x}$ VC%	44,7 3,5	-0,2	49,7 1,0	+0,2	Не no
П 9-9	$\bar{x}$ VC%	49,5 3,5	-0,2	49,7 1,0	+0,2	Не no

Проучването, което направихме върху изследваните хибриди захарна царевица, Таблица 2 показва, че дебелината на кочана при растенията имащи странични разклонения и тези без такива не се различава съществено. При някои от хибридите дебелината на

The study we made on the sugared corn hybrids tested, Table 2 shows that the thickness of the cobweb in plants having side branches and those without these does not differ significantly.

In some of the hybrids, the thickness of кочана е малко по-голяма при растенията имащи странични разклонения, при други е обратно, но като цяло разликите са несъществени. От направеното проучване може да се направи заключение, че при ново селекционираните хибриди захарна царевица, отличаващи се с по- малък брой странични разклонения на стеблата, дебелината на кочана не се влияе съществено от това дали растенията са със или без странични разклонения.

На Таблица 3 са представени резултатите от проучване влиянието на отсъствието или наличието на странични разклонения на растенията върху дължината на зърното, (mm) при изследваните хибриди захарна царевица. Тя варира от 12,3 до 13,4 mm при различните хибриди. С най-дълбоко зърно са захарните хибриди царевица К 6 – 1su и К 6 – 5su и П 9-9su, а с най-късо зърно са П 9-1su и К 6 – 5su.

the hindquarter is slightly larger in the case of plants having lateral branches, while others are opposite, but generally the differences are insignificant. From the study, it can be concluded that in newly selected sugar maize hybrids with fewer side branches, the thickness of the stem is not significantly influenced by whether the plants are with or without side branches.

Table 3 presents the results of a study of the influence of the absence or presence of side branches of plants on the grain length, mm in the hybrid maize hybrids studied. It ranges from 12.3 to 13.4 mm in the different hybrids.

The most deep grain is sugar maize hybrids K 6 - 1 su and K 6 - 5su and P 9 - 9 su, and the shortest grains are P 9-1 su and K 6 - 5su.

Таблица 3. Влияние на отсъствието или наличието на странични разклонения на растенията при хибриди захарна царевица върху дължината на зърното, mm

Table 3. Influence of absence or presence of side plantbranches (brothers**) of sweet corn hybrids on** Length of the grain, mm

Хибрид/година Hybrid/Year	Показател Indicator	Дължина на зърното / Length of the grain, mm				Достоверност на разликата t Reliability of the difference t
		Растения с братя Plants with brothers	разлика ±см difference ±cm	Растения без братя Plants without brothers	разлика ±см difference ±cm	
		Дължина на зърното Length of the grain, mm		Дължина на зърното Length of the grain, mm		
2013						
К 6 – 1	$\bar{x}$ VC%	13,4 6,7	+1,0	12,4 4,0	-1,0	Не no
К 6 – 5	$\bar{x}$ VC%	12,8 3,1	+1,0	11,8 6,8	-1,0	Не no
К 6 – 13	$\bar{x}$ VC%	13,0 5,4	+1,0	12,0 5,8	-1,0	Не no
2015						
П 9-1	$\bar{x}$ VC%	12,3 9,7	+0,5	11,8 4,2	-0,5	Не no
П 9-9	$\bar{x}$ VC%	13,0 6,1	+1,0	12,0 1,0	-1,0	Не no

Дължината на зърното при захарната царевица е важна преди всичко при сортовете отглеждани за консервиране. По-дългото зърно дава възможност да се получи по-висок рандеман от всеки един обработен кочан захарна царевица.

В резултат от проучването, представено на Таблица 2 се установи, че дължината на зърното при растенията имащи странични разклонения е по-голяма с около 1mm в сравнение с дължината на зърното при растенията без странични разклонения. Тази разлика макар, че не е статистически доказана, но е тенденция която се наблюдава при всички варианти използвани в настоящето изследване. От направеното проучване може да се направи заключение, че при ново селекционираните хибриди захарна царевица, отличаващи се с по-малък брой странични разклонения на стеблата, дължината на зърното не се влияе съществено от това дали растенията са със или без странични разклонения. Налице е дори трайна зависимост при която дължината на зърното е по-голяма при растенията със странични разклонения на стеблата.

The length of the grain in sugar maize is important, above all, for varieties grown for preservation. The longer grain gives the opportunity to obtain a higher yield from each processed cocoon of sweet corn.

As a result of the study presented in Table 2, it was found that the length of the grain in plants having lateral branches was greater by about 1 mm compared to the length of the grain in plants without side branches.

This difference, though not statistically proven, is a trend observed in all the variants used in this study.

From the study, it can be concluded that with the newly selected sugar maize hybrids, with fewer side branches, the length of the grain is not significantly affected by whether the plants are with or without side branches.

There is even a lasting dependency in which the grain length is greater in plants with lateral branches of the stems.

ИЗВОДИ

Дължината и дебелината на кочана при изследваните хибриди захарна /сладка/ царевица не се влияе съществено от наличието или отсъствието на странични разклонения на растенията.

Дължината на зърното при всички изследвани хибриди захарна /сладка/ царевица е по-голяма с около 1mm при растенията, имащи странични израстъци, което е тенденция, макар тази разлика да не е достоверно доказана.

CONCLUSIONS

The length and thickness of the cob in the sugared /sweet/ corn hybrids tested is not significantly affected by the presence or absence of side branches of the plants.

The grain length for all sugars /sweet/ maize hybrids is greater by about 1 mm in plants having side shoots, which tends to be, although this difference is not reliably proven.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Glogova, L.**, 2010. Characterization of Khan-Zaharna Hybrid 1. Agricultural University of Plovdiv. Science, LV (3), 163-168(Bg).
2. **Yordanov G.**, 2010. Knezha 2 su – new Bulgarian Hybrid Sugar Corn. Grow. Science, 47 (6), 512-514 (Bg).
3. **Yordanov. G.**, 2014. Sugar Corn - Knezha 3 su – New Bulgarian Hybrid for Humanitarian Purposes. Sat. Jubilee Science Conference 90 Years Institute of Maize - "Selective Genetic and Technological Innovations in Cultivation of Cultivated Plants" September 10-11, 2014, SAA-Sofia, pp. 65-71 (Bg).
4. **Tosheva, T.**, 1997. Sugar and Popcorn Corn. Issue PSSA, CA, Sofia, pp. 1-10 (Bg).
5. **Zapryanov, H.**, 1983. Practice Guide for Experimental Practice. Semizeat, Sofia, pp. 30 (Bg).
6. **Tracy, W. F.**, 1990. Potential of Field Corn Germplasm for the Improvement of Sweet Corn. *Crop Sci.*, 30: 1041-1045.

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2019, 22 (4), 155-170 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Западен царевичен коренов червей (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) – опасен неприятел по царевица

Недялка Палагачева

Аграрен университет, 4000 Пловдив, България

Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) - a Dangerous Pest of Maize

Nedyalka Palagacheva

Agricultural university, 4000 Plovdiv, Bulgaria
E-mail: palagacheva@abv.bg

Original scientific paper

Received: 28.05.2019 *Accepted:* 30.07.2019 *Published:* 07.10.2019

РЕЗЮМЕ

В нашата страна царевицата е традиционна култура и осигурява основната част от концентрираният фураж и силаж за животновъдството. За условията на Северна България тя е най-широко застъпената култура и заема голяма част от площите в земеделските стопанства. Много често, тя се отглежда на една и съща площ, което води до масово намножаване на икономически важни болести и неприятели, в това число и западен царевичен коренов червей – *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte, който в отделни години е в състояние да нанесе значителни повреди.

Diabrotica virgifera virgifera Le Conte е широко разпространен вид. През XX век се превръща в основен вредител по царевицата в Северна Америка. В Европа е интродуциран в периода 1980-2000 г.

У нас западният царевичен коренов червей за пръв път е установен през 1998 г., като навлиза в Северозападна България от Сърбия. Постепенно той се разпространява в области в Западна и Централна България. Неприя-

SUMMARY

In our country, corn is a traditional crop and provides the bulk of concentrated feed and silage for animal husbandry. For the conditions of Northern Bulgaria it is the most widely represented crop and occupies a large part of the area on agricultural holdings. Very often, it is grown on the same area, leading to a mass multiplication of economically important diseases and pests, including the western corn rootworm - *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte, which in some years is capable of causing significant damage .

Diabrotica virgifera virgifera Le Conte is a widespread species. In the twentieth century, it became a major pest of corn in North America. It was introduced in Europe between 1980 and 2000.

In Bulgaria, the western corn rootworm was first established in 1998, entering north-western Bulgaria from Serbia. It is gradually spreading to areas in western and central Bulgaria.

телят все още не е разпространен масово на територията на страната и това налага предприемането на редица мерки за ограничаване и унищожаване на възникналите огнища.

Някои особености от биологията на вида са причина той да се превърне в опасен неприятел: при храненето си причинява директна повреда, възрастните насекоми имат способност да се разпространяват чрез активен полет, бързо са размножават при благоприятни условия и има широка екологична пластичност.

Ключови думи: царевица, *Diabrotica virgifera virgifera,* контрол

The pest is not yet widespread on the territory of the country and this requires a number of measures to be taken to limit and destroy the outbreaks that have occurred.

Some peculiarities of the biology of the species cause it to become a dangerous pest: in feeding causes direct damage, adult insects have the ability to spread through active flight, are quickly propagated under favourable conditions and has wide ecological plasticity.

Key words: maize, *Diabrotica virgifera virgifera,* control

УВОД

С увеличаване на площите с царевица в нашата страна се осигуряват благоприятни условия за развитието и намножаването на редица неприятели. Един от тях е западният царевичен коренов червей (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte).

Той произхожда от Мексико, Централна Америка (Krysan and Smith, 1987). За пръв път през 1909 г. са открити повреди от този неприятел по царевицата в САЩ. През периода 1950-1970 г. *Diabrotica virgifera* се разпространява масово и през XX век се превръща в икономически важен неприятел по царевицата в Северна Америка (Krysan and Miller, 1986; Tallamy et al., 2005; Souza, 2019).

В Европа *Diabrotica virgifera virgifera* е открит край летището на Белград през 1992 г. (Baća, 1994). До 1997 г. този неприятел масово се е разпространил в Сърбия, откъдето навлиза в редица европейски страни.

Според Levine and Oloumi-Sadeghi, (1991) *D.virgifera* е най-сериозния неприятел по царевицата в Северните централни щати на САЩ. Разходите за борба срещу този неприятел и загубите от продукцията в САЩ надвишават един милион долара годишно (Krysan and Miller, 1986;

INTRODUCTION

With the increase of areas with maize in our country favorable conditions are provided for the development and multiplication of a number of pests. One of them is the western corn rootworm (*Diabrotica vergifera vergifera* Le Conte).

Diabrotica virgifera virgifera Le Conte come from Mexico, Central America (Krysan and Smith, 1987). For the first time in 1909, damage was found from maize in the United States. During the period 1950-1970, *Diabrotica virgifera* was widely distributed and in the twentieth century, it became economically important pest maize in North America (Krysan and Miller, 1986; Tallamy et al., 2005; Souza, 2019).

In Europe *Diabrotica virgifera virgifera* is discovered in the Surcin region, near Belgrade Airport in 1992 (Baća, 1994). By 1997, this species had become widespread in Serbia, from here it enters a number of European countries.

According to Levine and Oloumi-Sadeghi, (1991) *D.virgifera* is the most serious pest in maize in North Central United States. The cost of controlling this pest and US production losses exceed one million dollar per year (Krysan and Miller, 1986; Metcalf, 1986).

Metcalf, 1986). Колкото повече този вид се разпространява в Европа, толкова повредите ще бъдат по-големи.

У нас *Diabrotica virgifera* е регистриран за пръв път през 1998 г. в западната част на страната в райони по границата ни със Сърбия и р.Дунав - Видинска област (с. Орсоя), след това в Монтанска област (гр. Брегово, с. Арчар). В последствие този вид разширява ариала си на разпространеие и се среща в много области като Враца, Перник, Плевен, София, Велико Търново и Кюстендил. Благоевград, Русе, Пловдив, Пазарджик, Силистра, Хасково.

ГОСТОПРИЕМНИЦИ

Основен гостоприемник на западния царевичен коренов червей *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte е царевицата (*Zea mays* L.).

Други растителни видове от сем. *Poaceae* могат също да служат за изхранване на ларвите, докато възрастните се хранят върху растения от семейства *Asteraceae, Fabaceae, Compositaceae, Leguminaceae* и *Cucurbitaceae* с изключение на соргото. При храненето на ларвите със сорго се отделя улеановодородна киселина, която е токсична за тях.

Възрастните индивиди се привличат от растения-гостоприемници принадлежащи към сем.*Cucurbitaceae*, дължащо се на веществото кукурбитацин (Ferguson et al., 1983).

БИОЛОГИЯ

Западният царевичен коренов червей е моноволтинен вид и зимува като яйце в почвата. Женските снасят яйцата в основата на царевичните растения на дълбочина 35 cm (Baća, 1994). Видът предпочита да снася яйцата си в посеви от царевица и в по-слаба степен в площи засети с други култури като соя или зърнено-житни култури (Kiss et al., 2005). Според Stavisky and Davis, (1997) снесените яйца издържат на температура до

The more this species spread to Europe, the greater the damage.

In Bulgaria *Diabrotica virgifera* is registered for the first time in 1998 in the Western part of the country in areas along our border with Serbia and the Danube River - Vidin Region (village Orsoya), then in Montana Region (town Bregovo, village Archar). In consequence this species extends the spread of ariel and meets in many regions: Vratsa, Pernik, Pleven, Sofia, Veliko Tarnovo and Kyustendil. Blagoevgrad, Rousse, Plovdiv, Pazardzhik, Silistra, Haskovo.

HOSTS-PLANTS

The main host of the western corn rootworm *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte is maize (*Zea mays* L.).

Other plant species of the family *Poaceae* can also serve to feed for the larvae, while the adults are fed on plants of the families *Asteraceae, Fabaceae, Compositaceae, Leguminaceae* and *Cucurbitaceae* with the exception of sorghum. When eating sorghum larvae separates hydrochloric acid, which is toxic to them.

Adult individuals are attracted to species from the family *Cucurbitaceae*, due to the substance cucurbitacin (Ferguson et al., 1983).

BIOLOGY

The western corn rootworm is a monovoltine species and it is wintering as egg in the soil. The females lay the eggs at the base of the corn plants 35 cm deep (Baća, 1994). The species prefers to lay his eggs in maize and to a lesser extent in areas sown with other crops such as soybeans or cereals (Kiss et al., 2005). According to Stavisky and Davis, (1997) laid eggs withstand temperatures up to minus 10 °C.

минус 10°C. През май, когато температурата на почвата достигне 11°C се излюпват ларвите и започват усилено да се хранят. Развитието им продължава 3-4 седмици. Ларвите се развиват в почвата, като пик в числеността им се наблюдава през май-юни. Младите ларви се хранят с тънките коренчета, по-късно те се вгризват в по-дебелите корени, правят в тях ходове и могат да проникнат в стъблото. Те мигрират на дълбочина до 1 m в търсене на подходяща храна. Голяма част от тях загиват, ако почвата е тежка, сбита и преовлажнена. Какавидният стадий протича в почвата на дълбочина 20 cm и продължава 2-3 дни. Възрастните се появяват в началото на юни и се срещат до края на октомври. Масовата им поява съвпада с цъфтежа на царевицата. След 10-14 дни бръмбарите започват да снасят яйца. Плодовитостта на една женска достига до 1000 яйца. За излюпването на яйцата са необходими температури от 12,8°C или 300-400 градусо/дни. Какавидният стадий е кратък. Бръмбарите се появяват от края на юни и се срещат до края на октомври. Те са активни до застудяване на времето. Имагинирането протича в землиста камерка. Мъжките индивиди се появяват по-рано от женските. Възрастните се активизират при температура 23-27°C (Van Woerkom et al., 1980). Имагиниралите възрастни се хранят с листата, със свилата на кочана, със зърната на царевицата и с полена по време на масовия цъфтеж. След загрубяване на царевицата, те преминават по люцерна и други култури. Средната продължителност на живот на възрастните е 50 дни (Kulman and Petty,1973).

ПОВРЕДИ

Вредят възрастните и ларвите. Възрастните индивиди се хранят със свилата на кочана, която прегризват и тя изглежда като отрязана с ножица, а ларвите повреждат корените на растенията. Първоначално ларви се хранят с

In May, when the soil temperature reaches 11°C the larvae hatch and they start eating hard. Their development lasts 3-4 weeks. Larvae are developing in the soil, with a peak in numbers occurring in May-June.

Young larvae feed on thin roots, later they get stuck in the thicker roots, make moves in them and can penetrate the stem. They migrate to a depth of up to 1 m in search of suitable food. Large part of them die if the soil is heavy, concise and moistened. The pupa takes place in the soil, often near a surface depth of 20 cm and lasts 2-3 days.

Adults appear in early June and meet by the end of October. Their mass appearance coincides with the flowering of maize. After 10-14 days, the beetles begin to lay their eggs.

The fertility of one female reaches 1000 eggs. Eggs hatching requires temperatures of 12,8 °C, 300-400 degrees/day. The stage appearance is short. Beetles appear at the end of June and meet by the end of October. They are active until the cold of the weather

The imagination takes place in an earthy chamber. Male individuals appear earlier than female individuals. Adults activated at 23-27 °C (Van Woerkom et al., 1980). Imaginary adults feed on leaves, with a twist of a cob, with the corn kernels, with pollen during mass flowering. After maize is coarse, they pass on alfalfa and other crops. The average duration of the life of adults is 50 days (Kuhman and Petty, 1973).

DAMAGE

Damage adults and larvae. Adults feed with a twist of a cob, they bite it and it looks like cut with scissors. The larvae damage the roots of the plants.

Initially, young larvae feed on young, the младите, сочни корени на растенията, по-късно възрастните ларви се изхранват с дебелите корени, като пробиват кортикалния паренхим на корените и правят отвори в проводящата тъкан. Също така повреждат и въздушните корени, които царевицата образува над почвената повърхност. Те се вгризват в тях, тунелират ги и ги прегризват. При дъждовно и ветровито време растенията падат на земята. В резултат на нанесената повреда силата на задържане на растението в почвата намалява и растенията полягат. Повредите с икономически загуби за културата се нанася от ларвите.

В допълнение на това бръмбарите и ларвите са носители на редица гъбни, бактериални и вирусни заболявания по царевица. Повредените растения не са в състояние активно да абсорбират вода и хранителни вещества от почвата, поради което се забавя растежа и растенията полягат. При по-силно нападение, способността на растенията да се задържат към почвата намалява. Според Chaing (1973), достатъчни са 29 ларви в корените, за да загине цялото растение.

МОНИТОРИНГ И КОНТРОЛ

За ограничаване разпространението и намножаването на този неприятел се извършват редица превантивни мерки като:

● *Сеитбообращение.* То е ефикасен метод за контрол на *Diabrotica virgifera virgifera*, тъй като яйцата се намират главно в корените на царевицата, за да завършат своето развитие (Ostlie and Noetzel, 1987; Levine and Oloumi-Sadeghi, 1991).

Според Kiss et al., (2005), всички култури включително и зеленчуковите, могат да се използват за предшественик на царевицата в сеитбооръщинията. Много растения от сем. *Poaceae* служат за вторичен хранителен гостоприемник на западния коренов царевичен червей (Branson and Ortman, 1967; 1970; Moeser, 2003) и възрастните се

succulent roots of the plants, later, adult larvae feed on the thick roots by breaking through the cortical parenchyma of the roots and open holes in conductive tissue.

Also damage and the air roots, which the corn forms above the soil surface. They cut into them, they tunnel and bite them. In the rain and the windy weather the plants fall to the ground.

As a result of the damage caused the plant's retention force in the soil decreases and the plants lie down. Larval economic damage to the maize is caused by the larvae.

In addition to this beetles and larvae are carriers of a variety of fungal, bacterial and viral diseases in maize. Damaged plants are unable to actively absorb water and nutrients from the soil, therefore, slows down the growth and plants lie down. In a more violent attack, the plant's ability to hold on to the soil decreases. According to Chaing (1973), 29 larvae in roots are sufficient, to kill the plant.

MONITORING AND CONTROL

To limit distribution and the multiplication of it seems implement a number of preventive measures such as:

• *Crop rotations*. It is an effective method of controlling *Diabrotica virgifera virgifera*, as eggs are found mainly in the roots of maize to complete their development (Ostlie and Noetzel, 1987; Levine and Oloumi-Sadeghi, 1991).

According to Kiss et al., (2005), all crops, including vegetables, can be used as a precursor to maize in crop rotation.

Many plants of the family *Poaceae* serve as a secondary nutrient for the host the western corn rootworm (Branson and Ortman, 1967; 1970; Moeser, 2003) and adults feed on their pollen (Moeser and хранят с техния полен (Moeser and Hibbard, 2005).

Монокултурното отглеждане на царевицата и липсата на пространствена изолация са предпоставка за появата и намножаването на западния царевичен коренов червей. Това налага в сеитбооборота да се включват детелина, соя, сорго, овес, суданка, слънчоглед и други култури (Chaing, 1973).

Според Shaw et al., (1978) яйчната продукция на женските намалява, ако царевицата се отглежда след предшественик соя или ако се отглеждат кулиси от соя.

Ротацията на културите подтиска развитието на популациите на вида и намалява разпространението на неприятеля. Младите ларви умират за кратко време в райони без храна.

• *Механичния състав на почвата.* Почвите с добра аерация, богати на хранителни вещества, добра влагоемност, с кисела реакция близо до неутралната са подходящи за излюпване на яйцата на западния царевичен коренов червей. Механичният състав на почвата оказва влияние върху растежа и развитието на ларвите. Тежките и сбити почви предизвикват наранявания по тях.

● *Обработка на почвата.* Голяма част от яйцата са повреждат, когато след прибиране на продукцията се извършват обработки на почвения слой на дълбочина 20-25 cm.

● *Сеитба и прибиране на реколтата.* При оптимални дати на сеитба се образува мощна коренова система. В полетата с по-голяма гъстота на растенията нападението от ларвите е в значително по-висока степен.

• *Оптимално торене.* Завишените количества азотни торове удължават вегетацията на растението. При такива посеви нападенията са с 44% по-високи отколкото при оптималното торене (Spike and Tollefson, 1989). Балансираното торене с азотни, фосфорни и калиеви торове повишават устойчивостта

Hibbard, 2005).

The monocultural cultivation of maize and lack of spatial isolation is a prerequisite for emergence and the multiplication of the western corn rootworm. This requires that the crop rotation include clover, soybeans, sorghum, oats, sudan grass, sunflowers and other crops (Chaing, 1973).

According to Shaw et al., (1978) the egg production of females decreases, if the maize is grown after soybean precursor or if soybean scenery is grown.

Crop rotation inhibits the development of populations of type and reduces the spread of the pest. Young larvae die for short time in areas without food.

• *The mechanical composition of the soil.* Soils with good aeration, rich in nutrients, good moisture, with acid reaction or near neutral are suitable for hatching western corn rootworm eggs.

Mechanical composition of soil has an impact on growth and the development of the larvae. Heavy and compacted soils cause injury to them.

• *Processing on the soil.* Much of the eggs are damaged, when after the harvest plowing was carried out and cultivation on the soil layer at a depth of 20-25 cm.

• *Sowing and harvesting.* With optimal sowing dates, a powerful root system is formed. In fields with a higher plant density, larval attack is significantly higher.

• *Optimal fertilization*. Increased amounts of nitrogen fertilizers prolong the vegetation of the plant. With such crops the attack is 44% higher than with optimal fertilization (Spike and Tollefson, 1989). Balanced fertilization with nitrogen phosphorus and potassium fertilizers increase the plant's resistance to this на растението към този неприятел.

• Унищожаване на самосевите от царевица веднага след прибиране на реколтата е решаващ фактор за намаляване плътността на неприятеля.

• *Използване на устойчиви сортове.* За устойчиви се считат генотипове, които съдържат дълги и гъсто разположени трихоми. Когато неприятелят се изхранва с царевица съдържаща дълги и гъсти трихоми, попадайки в организма на насекомото, те предизвикват разкъсване на хранопровода и запушване на дихателната система.

• *Третиране с инсектициди (срещу ларви и възрастни).* Химичният контрол срещу ларвите се прилага по два начина – чрез внасяне на инсектициди в почвата по време на сеитбата и чрез третиране на растенията по време на вегетацията след първото култивиране. При първия начин се защитава по-голяма площ 15 cm около кореновата система на растението, в резултат на това повредите по нея са незначителни. При втория начин се използват течни формулации. Многократното използване на едни и същи инсектициди в едни и същи площи влияят върху популациите на почвените микроорганизми, които спомагат за разграждане на внесените инсектициди и предотвратяват натрупването на пестициди в почвата.

Higgins et al. (1988) посочват, че наличие на 8-10 възрастни при 10% появила се свила по кочана при царевица за зърнопроизводство е необходимо да се внесат инсектициди. Докато при царевицата за семепроизводство инсектициди се използват при 5 възрастни и при 10% поява на свилата.

За борба срещу възрастните могат да се използват хранителни примамки с атрактант кукурбитацин, също така и инсектициди на база: хлорпирифос и др. (Anomin, 1995).

Според Lance and Sutter, (1990); Metcalf et al., (1987) растенията от сем. *Cucurbitaceae* привличат възрастните и

host.

• *Destruction of self* - sowing by maize immediately after harvest is a decisive factor in reducing the density of the pest.

• *Use of resistant varieties.* Genotypes are considered to be resistant, which contain long and densely located trichomes. When the enemy feeds on corn containing long and dense trichomes getting into the insect's organism causes tearing of the esophagus and obstruction of the respiratory system.

• *Insecticide treatment (against larvae and adults).* Chemical control against the larvae is applied in two ways - by introducing insecticides into the soil during sowing and by treating the plants during the growing season after the first cultivation. In the first way, by introducing insecticides into the soil, a larger area of 15 cm around the root system of the plant is protected, as a result its damage is negligible.

The second method uses liquid formulations. Repeated use of the same insecticides in the same area affects the populations of soil microorganisms, which help break down the imported insecticides and prevent pesticides from accumulating in the soil.

Higgins et al. (1988) indicate that the presence of 8-10 adults with 10% of coccygeal cereals in maize for maize production requires the introduction of insecticides. While in maize for seed production insecticides are used in 5 adults at 10% the appearance of silk.

For control adult baits can be used with lure with attractan cucurbitacin, as well as insecticides based on: chlorpyrifos and others (Anomin, 1995).

According to a number of authors (Lance and Sutter, 1990; Metcalf et al., 1987), plants from the family предотвратяват тяхното разпространение. Поради тази причина те са една от основните съставки в гранулираните хранителни примамки за възрастните форми.

При организиране навременна борба срещу възрастните значително са намалява тяхната плътност и намножаване, в резултат на което намаляват загубите и се опазва реколтата.

• *Използване на биоагенти*

Ентомопатогенни нематоди имат голям потенциал като биологични агенти за контрол на *D. virgifera virgifera* (Cabanillas et al., 2005). Нематодата *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar дава добри резултати. Търговският продукт DIANEM ® в Австрия съдържащ нематоци е използван през 2014 г. Ентомопатогените гъби *Beauveria bassiana* и *Metarhizium anisopliae* също атакуват *D.virgifera virgifera* (Toepfer and Kuhlmann, 2004; Pilz et al., 2009; Rudeen et al., 2013). В търговската мрежа *M.anisopliae* щам BIPESCO5/F52 е продуктът *Gran Met*, който е включен в Приложение 1 на Директива 91/414/ЕИО срещу *D.virgifera virgifera* (Pilz et al., 2009).

Mulock and Chandler, (2001) изследват влиянието на ентомопатогенната гъба *Beauveria bassiana* върху репродуктивния потенциал на женските индивиди на западния царевичен коренов червей и жизнеността на яйцата. Те третретират със суспенция от *Beauveria bassiana* (5x10 (7) conidia/ml) имагиниралите женски индивиди, наблюдават яйцеснасянето и процента на излюпените ларви за период от 6 седмици. От направените експерименти те установяват, че третираните женски индивиди 10 дни след копулация произвеждат средно 30% по-малко яйца през първите две седмици от яйценосния период, в сравнение с нетретираните възрастни. Като цяло възпроизвеждащите способности на възрастните женски е значително по-ниска в сравение с третираните с

Cucurbitaceae attract adults and prevent their spread. For that reason they are one of the main ingredients in granulated food baits for adult forms.

When organizing on time the fight against the elderly is considerable reduces their density and multiplication, reduce losses and protect the crop.

• *Use of bioagents*

Entomopathogenic nematodes have great potential as biological control agents for *D. virgifera virgifera* (Cabanillas et al., 2005). Nematodes *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar produces good results. Nematode applications such as the commercial product DIANEM ®) in Austria in 2014.

The entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* Vuill. and *Metarhizium anisopliae* also attack *D.virgifera* (Toepfer and Kuhlmann, 2004; Pilz et al., 2009; Rudeen et al., 2013).

In the commercially available *M.anisopliae* strain BIPESCO5/F52, the product Gra Met is included in Annex 1 to Directive 91/414/EEC against *D.virgifera* (Pilz et al., 2009).

Mulock and Chandler, (2001) investigate the influence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* on the reproductive potential of female western corn rootworm individuals and the vitality of eggs. They treat with a suspension of *Beauveria bassiana* (5x10 (7) conidia/ml) the imaginated female individuals, observe egg production and the hatching of hatched larvae for a period of 6 weeks.

From the experiments they conducted, they found that that treated female individuals 10 days after copulation produce an average of 30% less eggs in the first two weeks of the egg laying period than untreated adults. Overall, the reproductive capacity of older females is significantly lower than that of *Beauveria*

Beauveria bassiana. Ранното третиране на възрастните 5 дни след това довежда до значително намаляване на яйценосната продукция в сравнение с по-късно третираните 10-15 дни.

Правилното използване на *Beauveria bassiana* причинява 75% смъртност на имагото и значително намалява яйцеснасянето. В борбата със западния царевичен коренов червей могат да се използват и паразитни видове.

В Северна Америка *Celatoria compressa* Wuip. се посочва като паразит по възрастните видове от род *Diabrotica.* Според Zhang et al., (2004) *Celatoria compressa* Wuip.се отнася към тахините, при които яйцето им съдържа напълно развити ларви, които снасят директно в тялото на гостоприемника.

• *Използване на феромонови уловки*

При своите задълбочени проучвания за решаване проблема със западния царевичен коренов червей Toth et al., (2003) разработват уловка със синтетичен полов феромон, за привличане мъжките индивиди. Този вид уловка се използва в много европейски страни за мониторинг на неприятеля. Феромон за *D.virgifera virgifera* е 2R, 8R 8-метил-2-децил пропаноат. Четирите стереоизомери на 8-метил-2-децил пропаноат се тестват за привличане на неприятеля. От тях 2R, 8R – конфигурация е най-привлекателен докато 2R, 8R, 2S, 8R или 2S, 8S изомери са нито атрактивни нито репелентни (Guss et al., 1985).

Тиквовите цветове съдържат 1,2,4-trimethoxygenzene, индол и (E) – cinnamaldehyde (Mentcalf et al., 1987). Други вещества привличащи *D.virgifera virgifera* включват 4-methoxycinnamaldehyde, 4-methosycinnamonitrile, бета-йонон и естрагола. При полски опити фенил алкил амини и фенил алкилови алкохоли със странични вериги 2-въглеродни привличат значително повече възрастни, отколкото фенил алкиламини или фенил алкилови алкохоли с една

bassiana. Early treatment of adults 5 days post-mortem results in a significant decrease in egg production compared with later treatment 10-15 days.

Proper use of *Beauveria bassiana* causes 75% death of the imago and significantly reduces egg production. In the control against western corn rootworm can also be used parasitic species.

In North America, *Celatoria compressa* Wulp. is listed as an adult parasite of the genus *Diabrotica.*

According to Zhang et al., (2004) *Celatoria compressa* refers to the tachins, in which their egg contains fully developed larvae that lay directly in the pest.

• *Use of pheromone traps*

In their indepth studies to address the problem of western corn rootworms, Toth et al., (2003) develop a synthetic sex pheromone trap to attract male individuals. This type of traps is used in many European countries to monitoring this pest.

The pheromone for *D.virgifera virgifera* is 2R, 8R 8-methyl-2-decyl propanoate. The four stereoisomers of 8-methyl-2-decyl propanoate are tested to attract the host. Of these, the 2R, 8R configuration is most attractive while the 2R, 8R, 2S, 8R or 2S, 8S isomers are neither attractive nor repellent (Guss et al., 1985).

Pumpkin flowers contain 1,2,4-trimethoxygenzene, indole and (E) - cinnamaldehyde (Mentcalf et al., 1987). Other substances that attract *D.virgifera virgifera* include 4-methoxycinnamaldehyde, 4-methosycinnamonitrile, beta-ionone and estragole. In field trials, phenyl alkyl amines and phenyl alkyl alcohols with 2-carbon side chains attract significantly more adults than phenyl alkylamines or phenyl alkyl alcohols with 1-side, 3- or 4-

странични вериги, 3- или 4-въглерод. Цинамалдехид е привличала най-много възрастни на *D. virgifera virgifera* от двата пола (Petroski и Hammack, 1998).

Според Witkowski et al., (1975) възрастните насекоми се привличат от светло-зеления цвят, който наподобява свилата на кочана при царевицата. Цветоулавките са с размер 30/10 cm и се разполагат вертикално в площите на височината на растенията. В практиката най-масово се използват тип Pheromon AM, които се подменят на всеки 7 дни.

Kim and Mullin, (2003) предлагат използването на репелентни средства за контрол на *Diabrotica virgifera virgifera.* Пептидиловите протеинизирани средства за борба с ниско молекулярно тегло, включително и леупептин, калпаиново средство и калпепин се считат за потенциални репелентни средства за възрастните индивиди.

• *Прогноза на Diabrotica virgifera virgifera*

За прогноза на ларвите се използват следните показатели: брой полово узрели индивиди, брой снесени яйца през есента, брой презимували яйца през зимата, брой излюпени ларви. За отчитане броя на излюпените ларви се вземат почвени проби от края на юни до средата на юли, с помощта на метален цилиндър с диаметър 10 cm от различни места от площите с царевица на дълбочина 10-20 cm. Пробите могат да включват и част от кореновата система.

Прогнозата при възрастните насекоми се осъществява като се извършва предварителен мониторинг. Във всяко поле се проверяват от 5 до 10 контролни растения по диагоналите на посева или шахматно, като се използват феромонови и фероконови уловки.

carbon chains. Cinnamaldehyde attracted the most adults of *D. virgifera virgifera* of both sexes (Petroski and Hammack, 1998).

According to Witkowski et al., (1975), adult insects are attracted by the light green colour, which resembles the crest of a corn cob. Colors are 30 / 10cm in size and are arranged vertically in the plant height areas. In practice, the most widely used type is Pheromon AM, they are replaced every 7 days.

Kim and Mullin, (2003) propose the use of repellents to contro*l Diabrotica virgifera.* Peptidyl proteinised low molecular weight anti-inflammatory drugs, including leupeptin, calpain, and calpepin, are considered potential repellents for adult.

• *Forecast of Diabrotica virgifera*

For the forecast larvae use some indicators: number of sexually mature individuals, the number of eggs laid in the fall, number of wintering eggs in winter, number of larvae hatched. To measure the number of hatched larvae, soil samples are taken during the period from late June to mid of July using a metal cylinder with a diameter of 10 cm, from each area with maize at a depth of 10-20 cm. Samples may also include part of the root system.

The forecast in adult insects it occurs preliminary monitoring. In each field, 5 to 10 control plants are checked on the diagonals of sowing or chess. Pheromone and ferrocon traps are used.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

За мониторинг на възрастни форми се използват следните методи:

• визуални наблюдения – проведени са на всички засети с царевица площи през периода на изсвиля-

MATERIAL AND METHODS

The following methods are used for monitoring adult forms:

• visual observations - conducted on all maize areas sown during the weeding period. Through them the phase ване. Чрез тях са установени фазата и състоянието на обследваната култура, както и моментите на поява на отделните стадии на неприятеля. Те дават представа и за плътността на вида.

• залагане на феромонови уловки. Те са поставени през месец юли и са свалени след прибиране на реколтата през месец септември.

Феромонови уловки са използвани за установяване началото на поява и проследяване динамика на вида.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

За пръв път у нас *Diabrotic*a *virgifera virgifera* е установен в района на гр. Плевен през 2007 г.

Първите отчитания през 2013 г. са извършени втората десетдневка на юли. При визуалните наблюдения видът е установен в значителна плътност и съставлява 57% от общия брой установени възрастни. При следващите отчитания в края на юли числеността му достигна 31%. През първата половина на месец август неприятелят е констатиран в ниска численост едва 12%. В края на месеца не е регистриран нито един вид. Изключително високите температури през отчетния период в съчетание с продължителни засушавания, доведоха до ранното прибиране на царевицата, с което обясняваме пониската плътност на вида в края на отчетния период Таблица 1.

and with the condition of the culture being examined, as well as the moments of appearance of the individual stages of the pest. They also give an idea of the species' density.

• setting on pheromone traps. They are placed in July and were removed after the harvest in September.

Pheromone traps have been used to detect onset and track species dynamics.

RESULTS AND DISCUSSION

For the first time in Bulgaria *Diabrotica virgifera virgifera* was established in the region of Pleven in 2007.

The first readings in 2013 were made in the second ten days of July. In visual observations, the species was found to be of considerable density and represented 57% of the total number of adults identified. In subsequent reports at the end of July, its number reached 31%.

In the first half of August the pest was found in low numbers of only 12%. No species were registered at the end of the month. Extremely high temperatures during the reporting period, combined with prolonged droughts, led to the early harvest of maize, which explains the lower species density at the end of the reporting period Table 1.

Таблица 1. Установени възрастни индивиди при визуални наблюдения и фероконови уловки в период на изсвиляване през 2013 г. (бр., %)
Table 1. Adult individuals identified in visual observations and ferrocon traps during the 2013 emptying period (nm., %)

Дати на отчитане Date of reporting	Установени възрастни при визуални наблюдения Identified adults in visual observations	Уловени възрастни Caught adults	Уловени възрастни с фероконови уловки Caught adults with ferrocone traps
12.07	45	57	0
30.07	26	31	0
14.08	9	12	0
28.08	0	0	0
Общ брой Total number	80	100	0

През 2013г. в района на гр. Плевен с фероконовите уловки няма уловен нито един екземпляр.

Трябва да отбележим, че през 2014 г. западния царевичен коренов червей беше в по-висока плътност в сравнение с 2013 г.

In 2013 in the region of Pleven no ferrets were caught.

It should be noted that in 2014 the western maize root worm was in higher density than in 2013.

Таблица 2. Установени възрастни индивиди при визуални наблюдения и фероконови уловки в периода на изсвиляване през 2014 г. (бр., %)
Table 2. Adult individuals identified in visual observations and ferrocon traps during the 2014 emptying period (nm., %)

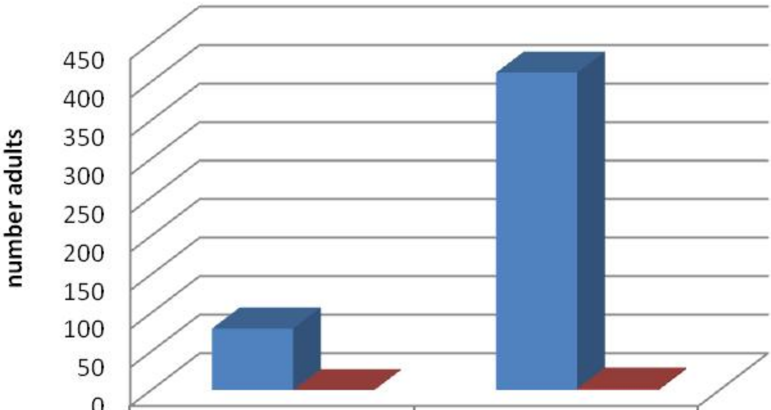
Дати на отчитане Date of reporting	Установени възрастни при визуални наблюдения Identified adults in visual observations	Уловени възрастни Caught adults	Уловени възрастни с фероконови уловки Caught adults with ferrocone traps
16.07	6	2	0
31.07	80	34	2
15.08	183	44	0
25.08	143	20	0
Общ брой Total number	412	100	2

Първите възрастни индивиди при визуалните наблюдения са констатирани в средата на юли в незначителна численост – едва 2%. В резултат на създалите се благоприятни условия на средата видът увеличи плътността си в края на месеца. Пик в намножаването беше установен през втората половина на август и достигна 44%. През последната десетдневка числеността му намаля и те съставляваха 20% от общо установения брой (Таблица 2).

От една страна това може да се обясни с по-високата численост на вида през месец август, а от друга с със значителните площи, които заема царевицата в района на гр. Плевен.

The first adult individuals in visual observations were found in small numbers in mid-July – barely 2%. As a result of the favorable environmental conditions, the species increased its density at the end of the month.

The peak in multiplication was found in the second half of August and reached 44%. Over the last ten days, its numbers have declined and they accounted for 20% of the total number found (Table 2).
On the one hand, this can be explained by the higher number of the species in August and, on the other hand, by the large areas occupied by corn in the area of Pleven.



	2013	2014
Pheromon traps	80	412
Ferrocone traps	0	2

Фиг. 1. Уловени възрастни насекоми с феромонови и фероконови уловки през 2013 и 2014 г.
Fig. 1. Caught adult insects with pheromone and ferrocone traps in 2013 and 2014

За установяване началото на поява и плътността на западния царевичен коренов червей в царевичните полета, се заложеха фуромонови и фроконови уловки. През двете години най-голям брой възрастни насекоми са регистрирани с феромоновите уловки 80 броя през 2013 г. и 412 броя през 2014 г. (Фигура 1).

С фероконовите уловки са регистрирани само два екземпляра.

Наблюдава се значително увеличаване на числеността на западния царевичен коренов червей, което се обяснява с трайното присъствие на царевицата в земеделските площи в района, близостта до международната пътна мрежа и ефикасността на прилаганите санитарни мерки за ограничаване на неговото разпространене.

To determine the onset and density of the western corn rootworm in maize fields, pheromon and ferrocone traps were plotted. In the two years, the largest number of adult insects were recorded with pheromone traps of 80 in 2013 and 412 in 2014 (Figure 1).

Only two specimens were registered with the pheromon traps.

There is a significant increase in the number of western corn rootworms, which is explained by the persistent presence of maize in agricultural areas in the area, the proximity to the international road network, and the efficiency of the sanitary measures implemented to limit its spread.

ИЗВОДИ

Извършването на мониторинг има важно значение за установяване разпространението на *Diabrotica virgifera*. За неговият контрол важно значение имат мероприятията свърза-

CONCLUSIONS

Monitoring is important to determine the spread of *Diabrotica virgifera,* on the basis of which restrictive measures. For its control, activities related to the destruction of existing outbreaks ни с унищожаване на съществуващите огнища и организиране на цял комплекс от фитосанитарни мерки за ограничаване разпространението на неприятеля.

and the organization of a whole complex of phytosanitary measures to limit the spread of the pest are important.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Anomin**, 1995. Corn and Soyean field quode. Integrated pest management. Purdue University.
2. **Baća, F.,** 1994. New member of the harmful entomofauna of Yugoslavia *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (C*oleoptera, Chrysomelidae). Zastita Bilja*, 45(2), 125-131.
3. **Branson, T.F. and E.E. Ortman**, 1967. Host range of larvae of the western corn rootworm. *Journal of Economical Entomology*, 60, 201-203.
4. **Branson, T.F. and E.E. Ortman**, 1970. The host range of larvae of the western corn rootworm: further studies. *Journal of Economical Entomology*, 63, 800-803.
5. **Cabanillas, H.E., R.J. Wright and R.V. Vyas**, 2005. Cereal, fibre, oilseed and medicinal crop applications. In: Grewal PS, Ehlers RU, Shapiro DI, eds. Nematodes as Biocontrol Agents. Wallingford, UK: CABI Publishing, pp. 265-280.
6. **Chaing, H.C.**, 1973. Bionomics of the northern and western corn rootworms. *Ann. Rev. Entomology*, Vol. 18, 47-72.
7. **Fergusan J.E., R.L. Metcalf and A.M. Rhodes**, 1983. Influence of cucurbitacin content in cotyledons of Cucurbitaceae cultivars upon feeding behavior of Diabrotica beetles (*Copeoptera, Chrysomelidae*), *Journal Ecin. Entomology*, 76 (1), 47-51.
8. **Guss P.L., P.E. Sonnet, R.L. Carney, J.H. Tumlinson and P.J. Wilkin,** 1985. Response of northern corn rootworm, Diabrotica barberi Smith and Lawrence, to stereoisomers of 8-methyl-2-decyl propanoate. *Journal of Chemical Ecology*, 11(1), 21-26.
9. **Higgins, R.A., T.J. Gibb and G.E. Wild**, 1988. Corn rootworm management in Kansas field corn. Entomology 128. Cooperative exrention service, Kansas State University, Manhatan.
10. **Kim, J.H. and C.A. Mullen**, 2003. Antifeedant effects of proteinase inhibitors on feeding behaviors of adult western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*). *Journal of Chemical Ecology*, 29 (4), 795-810.
11. **Kiss, J., C.R. Edwards, H.K. Berger, P. Cate, M. Cean, S. Cheek, J. Derron, H. Festic, L. Furlan, J. Igrc-Barcic, I. Ivanova, W. Lammers, V. Omelyuta, G. Princzinger, P. Reynaud, I. Sivcev, P. Sivicek, G. Urek and O. Vahala**, 2005. Monitoring of western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) in Europe 1992-2003. In: Vidal S, Kuhlmann U, Edwards CR, eds. Western Corn Rootworm: Ecology and Management, pp. 29-39.
12. **Kiss, J., J. Komáromi, K. Bayar, C.R. Edwards and I. Hatala-Zsellér**, 2005. Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) and the crop rotation systems in Europe. In: Vidal S, Kuhlmann U, Edwards CR, eds. Western Corn Rootworm: Ecology and Management, pp. 189-220.
13. **Krysan, J.L. and R.F. Smith**, 1987. Systematics of the virgifera species group of *Diabrotica* (*Coleoptera: Chrysomelidae:* Galerucinp). *Entomography*, 5: 375-484.
14. **Krysan, J.L. and T.A. Miller**, 1986. Methods for the study of pest Diabrotica. New York, USA: Springer-Verlag, 260.
15. **Kuhman, D.E. and H.B Petty**, 1973. Biomics of *Diabrotica longicornis* (Say.)

and *Diabrotica virgifera* Le Conte (*Coleoptera:Chrysomelidae*). PhD Thesis, University Illinois, Urbana.
16. **Lance, D.R. and G.R. Sutter**, 1990. Field – cage and laboratory of evalutions of semiochemical-based baits formeging wesrern corn rootworm (*Coleoptera:Chrysomelidae*). *Journal Ecinomical Enromology*, 83 (3), 1085-1090.
17. **Levine, E. and H. Oloumi-Sadeghi**, 1991. Management of diabroticite rootworms in corn. *Annual Review of Entomology*, 36: 229-255.
18. **Metcalf, R.L., J.E. Fergusan, R. Lampman and J.F. Andersen**, 1987. Dry cucurbitacin – containing baits for controlling Diabroticine beetles (*Coleoptera:Chrysomelidae*), *Journal Ecin.Entomology*, Vol. 4, 870-875.
19. **Moeser, J. and B.E. Hibbard**, 2005. A synopsis of the nutritional ecology of larvae and adults of *Diabrotica virgifera virgifera* (LeConte) in the new and old world - nouvelle cuisine for the invasive maize pest Diabrotica virgifera virgifera in Europe? In: Vidal S, Kuhlmann U, Edwards CR, eds. Western Corn Rootworm: Ecology and Management, 41-65.
20. **Moeser, J.**, 2003. Nutritional ecology of the invasive maize pest *Diabrotica v. virgifera* LeConte in Europe. Faculty of Agricultural Sciences. Georg-August-University, Goettingen, Germany, 89.
21. **Mulock, B.S. and L.D. Chandler**, 2001. Effect of Beaveria bassiana on the fecundity of westwrn corn root worm *Diabrotica virgifrta virgifera* (*Coleoptera:Chrysomelidae*). *Biological control*, 22 (1), 16-21.
22. **Petroski R.J. and L. Hammack**, 1998. Structure activity relationships of phenyl alkyl alcohols, phenyl alkyl amines, and cinnamyl alcohol derivatives as attractants for adult corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae: Diabrotica spp.*). *Environmental Entomology*, 27(3), 688-694; 33 ref.
23. **Pilz, C., S. Keller, U. Kuhlmann and S. Toepfer**, 2009. Comparative efficacy assessment of fungi, nematodes and insecticides to control western corn rootworm larvae in maize. *BioContro*l, 54(5), 671-684.
24. **Rudeen M.L., S.T. Jaronski, J.L. Petzold-Maxwell and A.J. Gassmann**, 2013. Entomopathogenic fungi in cornfields and their potential to manage larval western corn rootworm Diabrotica virgifera virgifera. *Journal of Invertebrate Pathology*, 114(3), 329-332.
25. **Shaw, J.T., H. Paullus and W.H. Luckmann**, 1978. Corn rootworm oviposition in soybeans, *Journal Econ. Entomology* Vol.2, 189-191.
26. **Souza, Dariane Sagaseta de Oliveira**, 2019. Characterization of Pyrethroid Resistance in the Western Corn Rootworm *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte. ETD collection for University of Nebraska - Lincoln. AAI13860143. https://digitalcommons.unl.edu/dissertations/AAI13860143.
27. **Spike, B.P. and J.J. Tollefson**, 1989. Relationship of plant phenology to corn yield loss resulting from western corn rootworm (*Coleoptera:Chrysomelidae)* larval injury, nitrogen deficiency and high plant density. *Journal Econ.Entomology*, 82(1), 226-231.
28. **Stavisky, J. and P.M. Davis**, 1997. The effects of corn maturity classon western corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*) phenology. *J. Kans. Entomol. Soc.,* 40: 261-271.
29. **Tallamy DW, BE Hibbard, TL Clark and JJ Gillespie**, 2005. Western corn rootworm, cucurbits and cucurbitacins. In: Vidal S, Kuhlmann U, Edwards CR, eds. Western Corn Rootworm: Ecology and Management, p. 67-93.
30. **Toepfer, S. and U. Kuhlmann**, 2004. IPM strategies for the Western Corn Rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*): current status and potential adoptations to the

European maize productions system. Mitteillungen Deutsche Gesellschaft Allg. Angewandte Entomologie.
31. **Toth M., I. Sivcev, I. Ujvary, I.Tomasek, Z. Imrei, P. Horvarh and I. Szarukan,** 2003. Development of trapping tools for detection and monitoring of *Diabrotica v. virgifera* in Europe. *Acta Phytopatologyca et Entomologica Hungarica*, 38 (3/4), 307-322.
32. **Van Woerkom, G.J., F.T. Turpin and J.R. Barret**, 1980. Influence of constant and chanding temperatures on locomotor activity of adult western corn rootworms (*Diabrotica virgifera*) in the laboratory*. Nvoron. Entomology*, 9 (1), 32-34.
33. **Witkowski, J.F., J.C.Owens and J.J.Tollefson**, 1975. Diel activity and vertical flight distribution of adult western rootworm in Iowa. *Journal Ecology Entomology*, 68 (3), 351-352.
34. **Zhang, F., S. Toefer, K. Riley and U. Kuhman**, 2004. Reproductive biology of *Celatoria compressa* (*Diptera: Tachinidae*), a parasitoid of *Diabrotica virgifera virgifera* (*Coleoptera: Chrysomelidae*). Biocontrol Technology and Science, 14:5-16. *Biocontrol Science and Technology*, 14 (1), 5-16.