Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2018, 21 (1), 91-102
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan
ISSN 1311-0489 (Print)
ISSN 2367-8364 (Online)

Продуктивен потенциал на потомствата на елитни клонове люцерна (*Medicago sativa* L.)

Диана Маринова

Институт по земеделие и семезнание „Образцов чифлик", 7007 Русе, България

Productive potential of the progenies of elite alfalfa clones (*Medicago sativa* L.)

Diana Marinova

Institute of Agriculture and Seed Science "Obraztsov chiflik", 7007, Rousse, Bulgaria
E-mail: diana27hm@abv.bg

Received: 16.04.2018 *Accepted:* 26.04.2018 *Published:* 14.06.2018

РЕЗЮМЕ

Целта на настоящето проучване е да се определи добивът на суха маса при потомствата на осем елитни клонове люцерна – Приста 2, № 5 А5, № 5 А7, № 325, № 8 Ю-1, № 97, № 8 Ю-2 и № 10, с местен произход. Проучването е проведено през периода 2002-2005 г., при неполивни условия, в опитното поле на Института.

Обобщените резултатите показват, значителни различия в общата продуктивност на фураж – от 235,16 kg da^{-1} (средно за елитните потомства) през първата вегетация до 1907,65 kg da^{-1} през третата година. Установява се, че с поредността на вегетациите разликите в добивите на суха маса между проучваните потомства намаляват. С най-висок среден годишен добив за периода на проучване се открояват потомствата № 5 А5, № 5 А7, № 8 Ю-2 и № 8 Ю-1, съответно 1267,73 kg da^{-1}; 1251,24 kg da^{-1}; 1206,36 kg da^{-1} и 1193,54 kg da^{-1}. Елитните потомства са с висок генетичен потенциал и с по-добра комбинативна способност по отношение на признака добив на суха маса и представляват интерес от селекционна гледна точка.

Ключови думи: люцерна, елитни потомства, добив суха маса

SUMMARY

The aim of present study was to determine dry matter yield in progenies of eight elite alfalfa clones – Prista 2, № 5 A5, № 5 A7, № 325, № 8 Y-1, № 97, № 8 Y-2 and № 10, of local origin. The study was carried out without irrigation in the experimental field of the Institute during 2002-2005.

The summarized results showed significant differences in total forage productivity from 235,16 kg da^{-1} (average for elite progenies) during the first growing season to 1907,65 kg da^{-1} in the third year. It was found that the differences between progenies studied concerning dry matter yield were decreasing at each subsequent growing season. For study period the highest mean annual dry matter yield for № 5 A5, № 5 A7, № 8 Y-2 and № 8 Y-1 progenies were found 1267,73 kg da^{-1}; 1251,24 kg da^{-1}; 1206,36 kg da^{-1} и 1193,54 kg da^{-1}, respectively. Regarding dry matter yield the elite progenies were distinguished with high genetic potential and a better combining ability and they are of interest for a breeding.

Key wards: alfalfa, elite progenies, dry matter yield

УВОД

Люцерна (*Medicago sativa* L.) е автотетраплоидна (2n=4x=32), многогодишна, ентомофилно, кръстосаноопрашваща се култура със сложна генетична структура (Brummer, 2004; Robins et al., 2008). Селекцията на люцерна е продължителен процес включващ няколко цикъла на отбор на растения с подобрени качества, за да се създадат значително по-добри сортове (Strbanovic et al., 2017).

Сортовете люцерна са синтетични популации с широка генетична основа, традиционно създадени чрез прилагането на вътрепопулационни методи на отбор, в които избрани родители са кръстосани случайно и техните потомства са получени при няколко поколения на свободно опрашване (Hill and Elgin, 1981; Hill et al., 1988).

Успехът при създаването на сортове люцерна зависи до голяма степен от използваните методи на отбор (Katić et al., 2008). Katić et al. (2011) твърдят, че развитието на селекцията при люцерна е бавно, най-вече поради използването на прости методи за отбор, като масов, индивидуален, фенотипен, периодичен и др. За разработването на синтетични сортове фуражни бобови култури, включително люцерната, са предложени редица системи за отбор: отбор на изходен материал на база оценка на клонове, на half-sib или full-sib потомствата, или самоопрашени потомствата от различни генерации на самоопрашване (Kertikova, 2000; Kertikova, 2008; Annicchiarico et al., 2015).

Според Rotili et al., (1999) на разположение на селекционерите са две селекционни схеми за създаване на нови сортове люцерна, предложени в различни периоди. Представена опростено, първа схема включва следните последователни методически стъпки: *а*) фенотипен анализ на родителските популации; *б*) фенотипен отбор на родителски растения; *в*) синтез на нови популации. Втората схема е подобрена чрез оценяване на генотипната стойност на растението преди синтеза на новата популация. Следователно при втората схема има изпит-

INTRODUCTION

Cultivared alfalfa (*Medicago sativa* L.) is an autotetraploid (2n=4x=32), perennial entomophilic, cross-pollinated legume species with high genetic complexity (Julier et al., 2003; Brummer, 2004; Robins et al 2008). Creation of new alfalfa varieties is a very time-consuming process of selecting plants with improved qualities in several cycles, in order to produce varieties significantly better than others (Strbanovic et al., 2017).

Alfalfa varieties are genetically broad-based synthetic populations traditionally developed using intra-population breeding methodologies, in which selected parents are randomly intermated and their progenies advanced through several generations of open-pollination (Hill and Elgin, 1981; Hill et al., 1988).

The success in developing alfalfa varieties depends the most on the breeding method used (Katić et al., 2008). Katić et al. (2011) argue that the progress of alfalfa breeding is slow, most notably due to the use of the simple methods of selection, such as mass selection, individual selection, phenotypic selection, recurrent selection, and so on. For development of synthetic varieties fodder legumes, including alfalfa, have been suggested a number of selection systems: selection of the initial material based on assessment of the clones, selection of the half-sib or full-sib progenies or selfed progenies of different generations of self-pollination (Kertikova, 2000; Kertikova, 2008; Annicchiarico et al., 2015).

According Rotili et al. (1999) two breeding schemes proposed at different times are at disposal of alfalfa breeders to create new alfalfa varieties. Presented simplified, the first scheme include the following methodical steps: *a*) phenotypic analysis of the parental populations; *b*) phenotypic selection of parental plants; and *c*) synthesis of new populations. The second scheme is improved by assessing the genotype values of the plant prior synthesis of the new population.

ване на потомства от поликрос, топкрос и т.н.

Milić et al. (2011) също смятат, че потомствените тестове предоставят информация за генетичната стойност на родителските компоненти на база стойностите, установени за тяхното потомство и оттук тяхното голямо значение при селекцията на многогодишните фуражни култури.

Woodfield and Brummer (2001), Milić et al. (2010) докладват, че количествени признаци като добив и качество, чието наследяване е сложно изискват селекционни методи, включващи изпитване на потомствата.

Според Riday and Brummer (2005) проучването на потомствата при люцерна играе важна роля при избора на хетерогенни родителски популации. Същите автори отбелязват значението на тези тестове за генетичнатото подобряване, постигнато във всеки цикъл на отбор.

Въпреки, че при селекцията на люцерна се използват различни потомствени тестове, селекционерите обикновено прилагат изпитването на потомства при свободно опрашване (Rumbaugh et al., 1988; Riday and Brummer, 2002; Riday and Brummer, 2006). Според Rowe and Hill (1999), Riday and Brummer (2002), Li and Brummer (2009), Milić et al. (2010) важността на свободното опрашване и кръстосване може да се обясни с натрупването на желани алели в потомствата.

Потомствените тестове при свободно опрашване са особено важни за оценката на родителските популации при селекцията за добив на сухо вещество, защото те правят възможно получаването на по-големи количества семена (Milić et al., 2011).

Целта на настоящето проучване е да се определи добивът на суха маса при потомствата на осем елитни клонове люцерна, създадени в ИЗС „Образцов чифлик” - Русе.

Therefore, there is a progeny test from polycross, topcross, etc. in the second scheme.

Milić et al. (2011) also consider that the progeny tests provide information about the genetic value of the parental components based on the values found in their progeny and hence their great importance in the breeding of perennial forage crops.

Woodfield and Brummer (2001), Milić et al. (2010) report that quantitative traits such as yield and quality which inheritance is complex in nature require breeding procedures that include progeny tests.

According to Riday and Brummer (2005), progeny tests play an important role in the choice of heterotic parental populations of alfalfa. The same authors also note the importance of these tests for the genetic gain obtained in each cycle of selection.

Although a number of different progeny tests are used in alfalfa breeding, alfalfa breeders commonly use tests of open pollination progenies (Rumbaugh et al., 1988; Riday and Brummer, 2002; Riday and Brummer, 2006). According Rowe and Hill (1999), Riday and Brummer (2002), Li and Brummer (2009), Milić et al. (2010) the importance of open pollination in alfalfa and crossing can be explained by the accumulation of desirable alleles in progenies.

The open pollination tests are important for evaluating parental alfalfa populations in breeding for dry matter yield, especially because they make it possible to perform larger seed increases (Milić et al., 2011).

The aim of present study was to determine dry matter yield in eight elite alfalfa progenies created at IASS "Obraztsov chiflik" - Rousse.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

През периода 2002-2005 г., при неполивни условия, в опитното поле на ИЗС „Образцов чифлик", са проучени потомствата на осем елитни клонове люцерна – Приста 2, № 5 А5, № 5 А7, № 325, № 8 Ю-1, № 97, № 8 Ю-2 и № 10, с местен произход, създадени чрез поликрос. Опитът е засят през пролетта на 2002 г. по блоковия метод в четири повторения, с големина на отчетната парцелка 10 m^2.

Добивите (в kg da^{-1}) по подрасти, години и средно за периода на проучването са отчитани във фаза начало на цъфтеж, чрез претегляне на окосената зелена биомаса.

Съдържанието на сухото вещество е определяно чрез изсушаване на средна проба зелена маса (200 g) в сушилна камера при 105°C до постоянно тегло. Данните за добива на зелена маса и съдържанието на сухо вещество са използвани за определяне добива на суха маса в kg da^{-1}. Първата опитна година са направени 2 откоса, а през следващите три години по 4 откоса.

За характеризиране на метеорологичните условия са използвани данни за валежите и средно месечните температури на въздуха от метеорологичната станция на Института.

Данните за добив на суха маса са математически обработени по метода на еднофакторния дисперсионен анализ (ANOVA), а достоверността на разликите е установена чрез множествен анализ по метода на Duncan's multiple range test. Използван е програмният продукт STATGRAPHICS PLUS.

MATERIAL AND METHODS

The experiment was carried out from 2002 to 2005, without irrigation at the experimental field of Institute of Agriculture and Seed Science „Obraztsov chiflik" - Rousse. The progenies of eight elite alfalfa clones – Prista 2, № 5 A5, № 5 A7, № 325, № 8 Y-1, № 97, № 8 Y-2 and № 10 of local origin created by polycross were studied. The experiment was sown in the spring of 2002 in a randomized block design with four replications and harvesting plot size 10 m^2.

The forage yields (kg da^{-1}) were determined by regrowth, years and average for the study period in early flowering stage by weighing the green biomass.

The dry matter content was calculated by drying the green mass sample (200 g) to constant weight in a drying chamber at 105°C. Data for green mass yield and dry matter content to dry matter yield determination (kg da^{-1}) were used. In the first experimental year 2 cuttings were made, and in the next three years 4 cuttings.

For weather characterization the data for precipitations and average monthly air temperatures from meteorological station of the Institute were used.

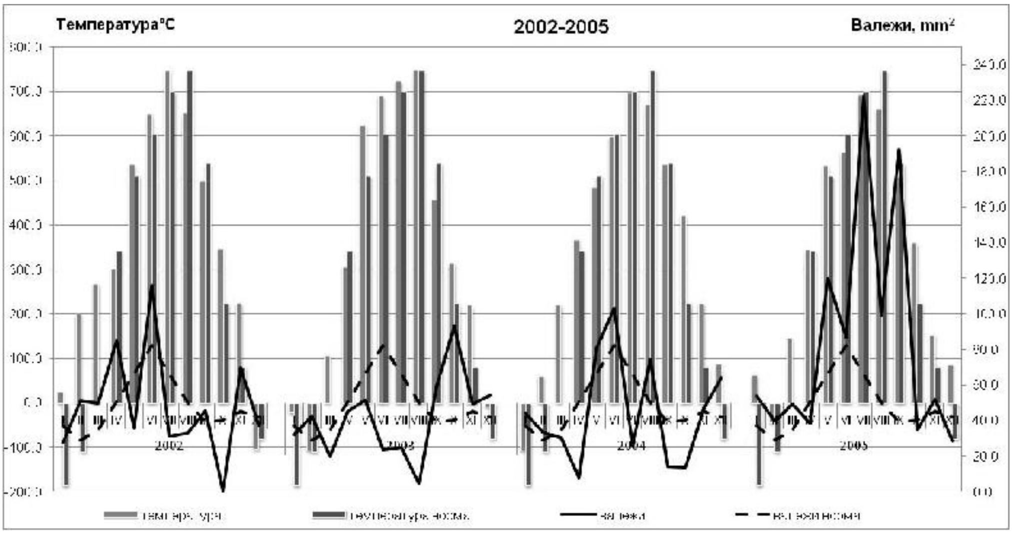
The data for dry matter yield were analysed by the One-way analysis of variance (ANOVA) method. Significance of differences was tested by Duncan's multiple range test (DMRT). The SPSS Statistics 19 software product was used.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

През периода на проучването на елитните потомства (2002-2005 г.), са наблюдавани съществени различия, както в температурните суми, така и в количеството на валежите и тяхното разпределение по месеци, години и спрямо многогодишната норма (Фигура 1).

RESULTS AND DISCUSSION

During the study period of elite progenies (2002-2005) significant differences in both temperature sums and the amount of rainfall and its distribution by months, years and long-term norm were observed (Figure 1).



Фиг.1 Метеорологична характеристика на периода 2002-2005 г.
Fig. 1 Meteorological characteristic of 2002-2005

Количеството на валежите (227,4 mm) през есенно-зимния период (X-III) на 2001-2002 г. в размер 215,5 mm беше близко до нормата – 235,1 mm средно за многогодишния период и създаде добро влагозапасяване. Достатъчната влага и високата температурна сума през март осигуриха, добро поникване и гарниране на елитните потомства. Следващите месеци (май, юни, юли и август) от вегетацията на люцерната се отличаваха с температурни суми над средните за многогодишния период и суми на валежите под средната норма, които бяха неравномерно разпределени. Люцерновите посеви бяха с удължена вегетация и формираха два подраста.

В следващите години на проучването количество на валежите през есенно-зимният период се изравняваше със средната многогодишна норма, а през 2003-2004 превишаваше нормата с 69,5 mm. Доброто влагозапасяване даде добър старт на люцерновите растенията. През 2003 периодът на активна вегетация на люцерната (април-август) се характеризираше с температурни суми над средната многогодишна норма и суми на валежите значително под нормата (с 165,4 mm), което не позволи люцерната да изяви напълно продуктивния си потенциал.

Total rainfall (221,4 mm) for the autumn-winter (October 2001 – March 2002) was close to the long-term norm (235,1 mm) and provided good moisture supply. The sufficient moisture and high temperatures in March ensured good germination and stand density of elite progenies. The following months (May, June, July and August) of alfalfa vegetation were characterized by temperature sums above the average for long-term period and rainfall below the average norm, which were unequally distributed. The vegetation of alfalfa stands were prolonged and two regrowths were formed.

In the coming years of the study, the amount of precipitation in the autumn-winter period was equal to the average the long-term norm and in 2003-2004 exceeded the norm by 69,5 mm. The good moisture supply provided a good start to alfalfa plants. In 2003, the active alfalfa growing season (April-August) was characterized by temperatures above the average long-term norm and rainfall significantly below norm (by 165,4 mm), which did not allow alfalfa to manifest its yield potential.

Количеството на валежите и температурните суми за периода април-август през 2004 г. не се отклоняваха от съответните многогодишни норми. Благоприятните метеорологични условия осигуриха добър растеж и развитие на проучваните елитни потомства във всички подрасти.

Пролетта и лятото на 2005 г. се характеризираха с температурни суми близки до средната многогодишна норма и значителни количества валежи през месеците май и юли, които превишаваха нормата, съответно с 21,2 mm и 156,8 mm. В заключение може да се каже, че метеорологичните условия за периода 2002-2005 г. бяха сравнително благоприятни за изява на продуктивния потенциал на елитните потомства.

Отчетените стойности за продуктивността на фураж, през годината на създаване на посевите показват, че в първи подраст с най-добра фенотипната изява на генетичния потенциал за признака се отличават потомствата на клон № 5 А7 (134, 25 kg da^{-1}), клон № 8 Ю-1 (122, 25 kg da^{-1}) и № 5 А5 (118, 50 kg da^{-1}). Във втори подраст се наблюдават известни отклонения от очертаната тенденция. Стойностите за добив на суха маса са в границата от 101,50 kg da^{-1} за № 10 до 176,00 kg da^{-1} отчетен за потомството на клон № 325 (Таблица 1). Потомствата попадат в отделни статистически групи с доказани разлики в стойностите на признака.

The amount of precipitation and the temperature sums for the period April-August 2004 did not deflect to the long-term norms. The favourable weather conditions ensured good growth and development of the studied elite progenies in all regrowths.

The spring and summer of 2005 were characterized by temperature sums close to the average the long-term norm and significant rainfall in May and July exceeding the norm by 21,2 mm and 156,8 mm, respectively. In conclusion, can be noted the meteorological conditions for the 2002-2005 period were relatively favourable for expression of productive potential of elite progenies.

The reported values for forage productivity in the year of stand establishment showed that in a first regrowth the best phenotypic expression of genetic potential for the trait the progenies of № 5 A7 clone (134, 25 kg da^{-1}) № 8 Y-1 clone (122, 25 kg da^{-1}) and № 5 A5 (118, 50 kg da^{-1}) was distinguished. There were found some deviations from the trend outlined in the second regrowth. The values for dry matter yield were in the range of 101,50 kg da^{-1} for № 10 to 176,00 kg da^{-1} reported for progeny of № 325 clone (Table 1). The progenies fell into different statistical groups with significant differences in the values of the trait.

Таблица 1. Продуктивност на фураж на елитни потомства люцерна през първата вегетация, 2002 г.

Table 1. Forage productivity of alfalfa elite progenies in first growing season, 2002

Елитни потомства Elite progenies	Добив суха маса / Dry matter yield, kg da^{-1}		
	I подраст / regrowth	II подраст / regrowth	Общо / Total
Приста 2 / Prista 2	93,25	118,75	212,00 de
№ 5 А5	118,50	117,50	236,00 bc
№ 5 А7	134,25	124,50	258,75 b
№ 325	106,30	176,00	282,30 a
№ 8 Ю-1 / № 8 Y-1	122,25	119,50	241,75 b
№ 97	105,00	110,75	215,75 cd
№ 8 Ю-2 / № 8 Y-2	110,25	133,00	243,25 b
№ 10	90,00	101,50	191,50 e
Средно / Mean	*109,98*	*125,19*	*235,16*
SE			*21,55*

LSD 99,5% – стойностте в колоните с една и съща буква нямат доказаност на разликите

LSD 99,5% – values in the columns followed by the same letter are not significantly different

От обобщените резултати за първата реколтна годината е видно, че при всички потомства стойностите за добив на суха маса са сравнително близки до средната стойност за годината. Може да се каже също, че изследваните потомства са показали относително висок потенциал за продуктивност на фураж, с изключение на Приста 2 и № 10 формирали по-нисък годишен добив.

През втората вегетация фенотипната изява на признака по откоси е в широки граници. Данните показват, че отчетените стойности при всички потомства намаляват от първи към четвърти подраст (Таблица 2).

The summarized data for the first productive year showed that dry matter yield values in all progenies were relatively close to the mean one for the year. It may be noted that the studied progenies were characterized with relatively high potential for forage productivity, except Prista 2 and № 10 produced lower annual yield.

During the second growing season the phenotypic expression of the trait in regrowths was in a wide range. Data showed that the determined values in all progenies decreased from first to fourth regrowth (Table 2).

Таблица 2. Продуктивност на фураж на елитни потомства люцерна през втората вегетация, 2003 г.
Table 2. Forage productivity of alfalfa elite progenies in second growing season, 2003

Елитни потомства Elite progenies	Добив суха маса / Dry matter yield, kg da^{-1}				
	I подраст I regrowth	II подраст II regrowth	III подраст III regrowth	IV подраст IV regrowth	Общо Total
Приста 2 / Prista 2	369,00	353,30	181,50	71,00	974,80 bc
№ 5 A5	504,00	409,30	163,20	92,80	1169,30 a
№ 5 A7	469,00	345,50	179,80	99,00	1093,30 ab
№ 325	405,00	328,80	152,00	84,80	970,60 bc
№ 8 Ю-1 / № 8 Y-1	425,80	347,30	161,80	88,20	1023,10 abc
№ 97	399,50	332,00	153,50	81,00	966,00 bc
№ 8 Ю-2 / № 8 Y-2	478,80	338,00	158,20	92,50	1067,50 abc
№ 10	396,80	289,80	135,50	75,50	897,60 c
Средно / Mean	*430,99*	*343,00*	*160,69*	*85,60*	*1020,28*
SE					*172,25*

LSD 99,5% – стойностте в колоните с една и съща буква нямат доказаност на разликите
LSD 99,5% – values in the columns followed by the same letter are not significantly different

В първи откос най-висока продуктивност на фураж е установена за потомство № 5 А5, следвано от № 8 Ю-2, формирали добив на суха маса съответно, 504,00 kg da^{-1} и 478,80 kg da^{-1}. В следващите подрасти се наблюдават известни отклонения от тази тенденция и различна по степен изява на признака при потомствата.

Анализът на резултатите показва, че при втори, трети и четвърти откос установените разлики в стойностите между проучваните потомства са в по-тесни граници спрямо тези при първи. С най-висока продуктивност на фу-

In the first regrowth the highest forage productivity for No 5 A5 and No 8 Y-2 progenies were found, which produced a dry matter yield 504,00 kg da^{-1} and 478,80 kg da^{-1}, respectively. In the following regrowths there were some exceptions from this tendency and different degrees of trait expression in progenies.

Analysis of the results showed that in the second, third and fourth cuttings the value differences between the studied progenies were in narrower range compared to those in first regrowth. With the highest forage productivity in second раж през втората вегетация се отличава № 5 А5 (1169,30 kg da^{-1}), следван от № 5 А7 (1093,30 kg da^{-1}). Останалите потомства са формирали годишни добиви на суха маса близки до средната стойност за признака.

Данните за формираните добиви по подрасти през третата реколтна година са аналогични с тези от втората година (Таблица 3).

growing season No 5 A5 (1169,30 kg da^{-1}) was distinguished, followed by No 5 A7 (1093,30 kg da^{-1}). The other progenies produced annual dry matter yields close to the mean values for the trait.

The data for yields produced in regrowths during the third productive year were similar to those in the second (Table 3).

Таблица 3. Продуктивност на фураж на елитните потомства люцерна през третата вегетация, 2004 г.
Table 3. Forage productivity of alfalfa elite progenies in third growing season, 2004

Елитни потомства Elite progenies	Добив суха маса / Dry matter yield, kg da^{-1}				
	I подраст I regrowth	II подраст II regrowth	III подраст III regrowth	IV подраст IV regrowth	Общо Total
Приста 2 / Prista 2	657,50	533,00	389,50	292,3	1872,3 abc
№ 5 А5	671,20	575,30	392,20	321,9	1960,6 ab
№ 5 А7	700,00	607,80	382,80	341,3	2031,9 a
№ 325	656,50	538,50	370,50	318,3	1883,8 abc
№ 8 Ю-1 / № 8 Y-1	661,50	569,30	374,50	340,0	1945,3 ab
№ 97	627,20	561,00	362,50	298,1	1848,8 bc
№ 8 Ю-2 / № 8 Y-2	691,00	578,10	370,50	305,1	1944,7 ab
№ 10	602,80	540,70	359,00	271,3	1773,8 c
Средно / Mean	*658,46*	*562,96*	*375,19*	*311,04*	*1907,65*
SE					*147,64*

LSD 99,5% – стойностте в колоните с една и съща буква нямат доказаност на разликите
LSD 99,5% –values in the columns followed by the same letter are not significantly different

Видно е, че във втори и трети подраст елитните потомствата са с изравнена продуктивност. По-съществени разлики в добивите на суха маса са установени при първи и четвърти откос, съответно от 602,80 kg da^{-1} за № 10 до 700,00 kg da^{-1} за № 5 А7 и от 271,30 kg da^{-1} до 341,30 kg da^{-1} за същите потомства.

Обобщените резултати показват, че потомство № 5 А7 се характеризира с най-добра фенотипна изява на признака в три подраста, формирало доказано по-висок общ добив суха маса (2031,90 kg da^{-1}). С добри продуктивни възможности се отличават птомства № 5 А5, № 8 Ю-1 и № 8 Ю-2.

Данните от последната година на изследването сочат запазване на тенденцията от втора и трета вегетация за намаляване на продуктивността на проучваните елитни потомства във всеки следващ подраст (Таблица 4).

It is obvious that in the second and third regrowths the elite progenies are equally productive. More considerable differences in dry matter yields at first and fourth cuttings were found from 602,80 kg da^{-1} for No 10 to 700,00 kg da^{-1} for No 5 A7 and from 271,30 kg da^{-1} to 341,30 kg da^{-1} for the same progenies, respectively.

The summarized results showed that No 5 A7 progeny was characterized by the best phenotypic expression of the trait in three regrowths, produced a significantly higher total dry mass yield (2031,90 kg da^{-1}). No 5 A5, No 8 Y-1 and No 8 Y-2 progenies whit good productive potential were also determined.

The data in the last year of study showed keeping the tendency of reducing the productivity of the elite progenies studied in each subsequent regrowths in the second and third growing season (Table 4).

Таблица 4. Продуктивност на фураж на елитни потомства люцерна през четвъртата вегетация, 2005 г.
Table 4. Forage productivity of alfalfa elite progenies in fourth growing season, 2005

Елитни потомства Elite progenies	Добив суха маса / Dry matter yield, kg da^{-1}				
	I подраст I regrowth	II подраст II regrowth	III подраст III regrowth	IV подраст IV regrowth	Общо Total
Приста 2 / Prista 2	623,00	392,00	156,00	131,00	1302,00 c
№ 5 А5	689,00	553,00	259,00	204,00	1705,00 a
№ 5 А7	715,00	520,00	236,00	150,00	1621,00 ab
№ 325	690,00	462,00	205,00	145,00	1502,00 ab
№ 8 Ю-1 / № 8 Y-1	668,00	488,00	195,00	213,00	1564,00 ab
№ 97	644,00	490,00	234,00	147,00	1515,00 ab
№ 8 Ю-2 / № 8 Y-2	654,00	518,00	202,00	196,00	1570,00 ab
№ 10	616,00	499,00	246,00	138,00	1499,00 ab
Средно / Mean	662,38	490,25	216,63	165,50	1534,75
SE					182,31

LSD 99,5% – стойностте в колоните с една и съща буква нямат доказаност на разликите
LSD 99,5% – values in the columns followed by the same letter are not significantly different

Отчетените отклонения в стойностите за елитните потомства от средните стойности в отделните подрасти не са съществени. През четвъртата вегетация между потомствата на елитните клонове не са установени достоверни различия, с изключение на потомство Приста 2, формирало доказано по-нисък добив на суха маса (1302,00 kg da^{-1}).

Данните за продуктивния потенциал на потомствата за периода на проучване са представени в таблица 5. Обобщените резултатите сочат, значителни различия в добивите на суха маса – от 235,16 kg da^{-1} (средно за елитните потомства) през първата вегетация до 1907,65 kg da^{-1} през третата (Таблица 5).

Анализът на данните показва също, че с поредността на вегетациите разликите в добивите на суха маса между проучваните потомства намаляват. Отчетените стойности за потомствата на елитните клонове са близки до средната стойност на признака за четиригодишния период (1174,46 kg da^{-1}). Може да се каже, че елитните потомства са с добра фенотипна изява на признака и относително изравнени продуктивни възможности. За четиригодишния период най-висок среден го-

The reported value differences for the elite progenies from the mean values were not significant in all individual regrowths. It was not found statistically significant differences between the progenies of the elite clones during the fourth growing season, except the Prista 2 progeny, produced a significantly lower dry matter yield (1302,00 kg da^{-1}).

The data about a productive potential of progenies for the study period are presented in Table 5. The summarized results indicated significant differences in dry matter yields from 235,16 kg da^{-1} (average for elite progenies) during the first growing season to 1907,65 kg da^{-1} in the third one (Table 5).

Data analysis also showed that regarding dry matter yield the differences between progenies studied were decreasing at each subsequent growing season. For the four-year period the reported values in progenies of elite clones were close to the mean value (1174,46 kg da^{-1}) for the trait. It could be noted that elite progenies were distinguished with good phenotypic expression of the trait and with relatively equal productivity. For the four-year period the highest mean annual dry дишен добив на суха маса е установен за потомствата № 5 А 5, № 5 А 7, № 8 Ю-2 и № 8 Ю-1, съответно 1267,73 kg da^{-1}; 1251,24 kg da^{-1}; 1206,36 kg da^{-1} и 1193,54 kg da^{-1}.

matter yields for № 5 A 5, № 5 A 7, № 8 Y-2 and № 8 Y-1 progenies were found 1267,73 kg da^{-1}; 1251,24 kg da^{-1}; 1206,36 kg da^{-1} и 1193,54 kg da^{-1}, respectively.

Таблица 5. Продуктивност на фураж на елитни потомства люцерна за периода 2002-2005 г

Table 5. Forage productivity of alfalfa elite progenies from 2002 to 2005

Елитни потомства Elite progenies	Добив суха маса / Dry matter yield, kg da^{-1}				
	2002	2003	2004	2005	Средно / Mean
Приста 2 / Prista 2	212,00	974,80	1872,30	1302,00	1090,28 c
№ 5 А5	236,00	1169,30	1960,60	1705,00	1267,73 a
№ 5 А7	258,75	1093,30	2031,90	1621,00	1251,24 a
№ 325	282,30	970,60	1883,80	1502,00	1159,68 bc
№ 8 Ю-1 / № 8 Y-1	241,75	1023,10	1945,30	1564,00	1193,54 ab
№ 97	215,75	966,00	1848,80	1515,00	1136,40 bc
№ 8 Ю-2 / № 8 Y-2	243,25	1067,50	1944,70	1570,00	1206,36 ab
№ 10	191,50	897,60	1773,80	1459,00	1090,48 c
Средно / Mean	235,16	1020,28	1907,65	1534,75	1174,46
SE					99,50

LSD 99,5% – стойностте в колоните с една и съща буква нямат доказаност на разликите

LSD 99,5% – values in the columns followed by the same letter are not significantly different

Според цялостната оценка на данните за продуктивността на фураж, определяща стопанската значимост на културата, потомствата могат да бъдат определини с по-добра комбинативна способност, които успешно да бъдат използвани за създаването на нов кандидат-сорт люцерна.

According to the comprehensive evaluation of data on forage productivity, which determine the economic significance of this crop the progenies could be defined with better combining ability which can be successfully used to developing a new alfalfa candidate variety.

ИЗВОДИ

Обобщените резултатите показват, значителни различия в общата продуктивност на фураж – от 235,16 kg da^{-1} (средно за елитните потомства) през първата вегетация до 1907,65 kg da^{-1} през третата година.

Установява се, че с поредността на вегетациите разликите в добивите на суха маса между проучваните потом -ства намаляват.

С най-висок среден годишен добив за периода на проучване се открояват потомствата № 5 А 5, № 5 А 7, № 8 Ю-2 и № 8 Ю-1, съответно 1267,73 kg da^{-1}; 1251,24 kg da^{-1}; 1206,36 kg da^{-1} и 1193,54 kg da^{-1}.

CONCLUSIONS

The summarized results showed significant differences in total forage productivity from 235,16 kg da^{-1} (average for elite progenies) during the first growing season to 1907,65 kg da^{-1} in the third year.

It was found that the differences between progenies studied concerning dry matter yield were decreasing at each subsequent growing season.

For study period the highest mean annual dry matter yield for № 5 A 5, № 5 A 7, № 8 Y-2 and № 8 Y-1 progenies were found 1267,73 kg da^{-1}; 1251,24 kg da^{-1}; 1206,36 kg da^{-1} и 1193,54 kg da^{-1}, respectively.

Елитните потомства са с висок генетичен потенциал и с по-добра комбинативна способност по отношение на признака добив на суха маса и представляват интерес от селекционна гледна точка.

Regarding dry matter yield the elite progenies were distinguished with high genetic potential and a better combining ability and they are of interest for a breeding.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Annicchiarico, P., B. Barrett, E .Ch. Brummer and B. A. H. Marshall**, 2015. Achievements and Challenges in Improving Temperate Perennial Forage Legumes. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 34, 327-380.

2. **Brummer, E.**, 2004. Applying genomics to alfalfa breeding programs. *Crop Science* 44(6), 1904-1906.

3. **Hill, R. R. Jr. and J. H. Elgin**, 1981. Effect of the number of parents on performance of alfalfa synthetics. *Crop Science*, 21, 298-300.

4. **Hill, R. R. Jr, J. S. Shenk and R. F. Barnes**, 1988. Breeding for yield and quality. In: AA Hanson, DK Barnes, RR Hill Jr (eds.), Alfalfa and alfalfa improvement. ASA–CSSA–SSSA, Madison, Wisconsin, USA, pp. 809-825.

5. **Julier, B., P. Barre, Y. Hebert, T. Huguet and C. Huyghe**, 2003. Methodology of alfalfa breeding: A review of recent achievements. In: Proceegings of 25th Eucarpia Fodder Crops and Amenity grasses section Meeting, *Czech Journal* of *Genetics* and *Plant Breeding*, 39(1), 75-77.

6. **Katić, S., D. Milić, S. Katanski, Đ. Karagić and S. Vasiljević**, 2011. Genetic gain in alfalfa breeding: yield of experimental populations versus released cultivars. *Field and Vegetable Crop Research*, 48(1), 91-98.

7. **Katić, S., S. Vasiljević, Z. Lugić, J. Radović and D. Milić**, 2008. Previous and future directions of perennial legumes selection in Serbia. In: Proceedings of the International Conference: Conventional and molecular breeding of field and vegetable crops. 24-27 November, Novi Sad-Serbia, pp. 557-563.

8. **Kertikova, D.**, 2000. On some aspects in alfalfa breeding. *Rastetievadni nauki*, 37 (8), 608-610 (Bg).

9. **Kertikova, D.**, 2008. The newest achievements in lucerne breeding in Bulgaria. In: Proceedings „Breeding 08", 24-27 November, Novi Sad, Serbia, pp. 509-512.

10**. Li, X. and E. C. Brummer**, 2009. Inbreeding depression for fertility and biomass in advanced generations of inter- and intrasubspecific hybrids of tetraploid alfalfa. *Crop Science*, 49(1), 13-19.

11. **Milić, D., S. Katić, J. Bocanski, D. Karagić, A. Mikić and S. Vasiljević**, 2010. Importance of progeny testing in alfalfa breeding *(Medicago sativa* L*.), Genetika,* 42, (3), 485-492. DOI: 0.2298/GENSR1003485M

12. **Milić, D., S. Vasiljević and A. Mikić**, 2011. Efficacy of progeny tests in alfalfa (*Medicago sativa* L.): Breeding for yield and quality. *Field and Vegetable Crop Research*, 48(1), 327-332. https://www.researchgate.net/publication/273998770

13. **Riday, H. and E. C. Brummer**, 2002. Heterosis of Agronomic Traits in Alfalfa. *Crop Science,* 42(4), 1081-1087.

14. **Riday, H. and E.C. Brummer**, 2005. Heterosis in a broad range of alfalfa germplasm. *Crop Science,* 45(1), 8-17.

15. **Riday, H. and E.C. Brummer**, 2006. Persistence and Yield Stability of Intersubspecific Alfalfa Hybrids. *Crop Science,* 46(3), 1058-1063.

16. **Robins, J. G., J. L. Hansen, D. R. Viands and E. C. Brummer**, 2008. Genetic mapping of persistence in tetraploid alfalfa. *Crop Science,* 48, 1780-1786.

17. **Rotili, P., G. Gnocchi, C. Scotti and L. Zannone**, 1999. Some aspects of breeding methodology in alfalfa.
http://www.naaic.org/TAG/TAGpapers/rotili/rotilipapers.htlm.
18. **Rumbaugh, M. D., J. L. Caddel and D. E. Rowe**, 1988. Breeding and Quantitative Genetics. In: AA Hanson, DK Barnes, RR Hill Jr (eds.), Alfalfa and alfalfa improvement. ASA–CSSA–SSSA, Madison, Wisconsin, USA, pp. 777-808.
19. **Strbanović, R., R. Stanisavljević, L. Ducanović, D. Postić, J. Marcović, V. Gavrilović and N. Dolovac**, 2017. Variability and Correlation of Yield and Forage Quality in Alfalfa Varieties of Different Origin. *Journal of Agricultural Sciences*, 23, 128-137.
20. **Woodfield, D. R. and E. C. Brummer**, 2001. Integrating molecular techniques to maximise the genetic potential of forage legumes. In: G Spangenberg (ed.), Molecular Breeding of Forage Crops. In: Proceedings of 2nd Inernational Symposium, Hamilton, Victoria, Australia, Nov. 19-24, 2000. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 51-65.

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2018, 21 (1), 103-116 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Селекционен прогрес при български царевични хибриди от различни групи по вегетация
I. Добив на зърно

Стефан Вълчинков*, Пенка Вълчинкова

Институт по царевицата, 5835 Кнежа, България

Breeding progress achieved of Bulgarian maize hybrids from different vegetation groups
I. Grain yield

Stefan Vulchinkov*, Penka Vulchinkova

Maize Research Institute, 5835 Knezha, Bulgaria
**E-mail: stefan_vulchinkov@abv.bg*

Received: 13.04.2018 *Accepted:* 27.04.2018 *Published:* 14.06.2018

РЕЗЮМЕ

За период от 15 години (2001-2015), са изпитани различен брой хибриди на ИЦ - Кнежа в екологична мрежа – от 3 до 6 пункта и от 4 групи по ФАО. Обобщените резултати за признака добив на зърно, очертават устойчива тенденция за постигнат селекционен прогрес за този признак, независимо от различния брой хибриди изпитвани всяка година и флуктуацията на агрометеорологичните условия за периода. Добивите по ФАО групи се разпределят (като генерални средни) по следния начин: ФАО 300 – 400 – 7190 kg/ha; ФАО 400 – 500 – 7330 kg/ha; ФАО 500 – 600 – 7165 kg/ha и ФАО над 600 – 7057 kg/ha. Относително най-висок добив има средно-ранната група – 400 – 500 по ФАО, като варирането е най-голямо в късната група. По стойности на индекса за обща адаптация (x_i – b_i), най- добра позиция отново имат средно-ранните хибриди (ФАО 400 – 500).

По групи на зрялост средно годишното увеличение на добива, е 97 kg/ha за ранните хибриди (ФАО 300 – 400), което е най-голямо следвано от средно-

SUMMARY

For fifteen years period (2001-2015) different number of MRI - Knezha hybrids were tested in ecological trials including 3 to 6 locations and 4 FAO groups. Aggregated results for the grain yield describe a substantial tendency of achieved breeding progress for that trade independently from different number of hybrids tested every year and fluctuation of agrometeorological environments for the period. Grain yields by FAO groups are distributed (as general means) as follows: FAO 300 – 400 – 7190 kg/ha^{-1}; FAO 400 – 500 – 7330 kg/ha^{-1}; FAO 500 – 600 – 7165 kg/ha^{-1} and FAO 600^{+} – 7057 kg/ha^{-1}. The middle-early group (FAO 400 – 500) has a relatively highest grain yield, but the late group (ФАО 600^{+}) has the biggest variation. General adaptation index (x_i – b_i) values point out the best position of middle-early hybrids (FAO 400 – 500) again.

By maturity groups average annual increase is 97 kg/ha^{-1} for early hybrids (FAO 300 – 400) which is the highest followed by middle-early ones (FAO 400 – 500) – 67

ранните (ФАО 400 – 500) – 67 kg/ha. При средно-късната група (ФАО 500 – 600), то е най-малко (13 kg/ha), а при късната (ФАО 500 – 600), увеличението е 32 kg/ha средно годишно за периода. За всички групи по вегетация, средно годишното увеличение е 52,3 kg/ha, среден темп за период от 15 години, който може да се отбележи като постигнат селекционен прогрес.

Между добива и вегетационния период (по ФАО групи) зависимостта не се описва линейно, което потвърждава предходни изследвания и доказва възможността за селекция на високодобивни хибриди с по-ранна вегетация.

Ключови думи: добив на зърно, хибриди по ФАО групи, селекционен прогрес

kg/ha^{-1}. At middle-late group (FAO 500 – 600) that increase is the least – 13 kg/ha^{-1}, but at full season one (FAO 600^{+}) it is 32 kg/ha^{-1}, mean per year for the period. For all FAO groups the increasing is 52.3 kg/ha^{-1}, average rate for 15 years period, which could be indicated like achieved breeding progress.

The relation between grain yield and vegetation period (by FAO groups) is not linear which confirms previous investigations and proves the ability for high productivity maize hybrids breeding with earlier maturity.

Key words: grain yield, hybrids by FAO groups, breeding progress

УВОД

От трите най-важни зърнени култури в света – царевица, пшеница и ориз, царевицата има най-голяма глобална продукция. По данни на ФАО през 2016 г. световното производство на царевично зърно, е 1060,1 млн. тона – т.е. над 1 млрд тона (http://www.fao.org/faostat/en/#data, 2016). Царевицата в началото на 21 век се оказа най-произвежданата култура от групата на зърнено-житните, благодарение на постигнатия при нея селекционно-генетичен прогрес, както и прилаганите съвременни агротехнически практики.

От въвеждането на хибридната царевица в САЩ през 30-те години на XX век и нейното интродуциране в Европа и останалия свят след Втората световна война се наблюдава постоянен и устойчив прогрес по отношение на добивите и производството на царевица навсякъде по света (Tomov, 1997).

За период от 20 години (1988-2008) наблюдаваният прогрес на добивите при трите споменати по-горе култури, е следният: 25 kg/ha за година при пшеницата, 38 kg/ha/год. за ориза и 80 kg/ha/год. при царевицата, т.е. за този период найголямото увеличение на добива е при царевицата – 1,6 t/ha средно-сумарно за целия свят (Fischer and Edmeades, 2010).

INTRODUCTION

From the most important cereals crops in the world – maize, wheat and rice, first one has the biggest global production. According FAO data in 2016 the world production of maize grain is 1060.1 million tons – e.g. up to 1 billion tons (http://www.fao.org/faostat/en/#data, 2016). At the beginning of 21st century maize become the most produced crop from the group of cereals thanks to an achieved breeding and genetics progress and applied modern agricultural practices as well.

Since maize hybrids introduction in the USA in 30es and its cultivation in Europe and in the rest of the world after the Second World War an substantial progress was observed regarding maize yields and production everywhere (Tomov, 1997).

For the 20 years period (1988-2008) the following yield progress for the cited up crops was observed: 25 kg/ha per year for wheat; 38 kg/ha per year for rice and 80 kg/ha per year for maize, e.g. for that period the biggest increasing of grain yield belongs to maize – 1.6 t/ha average sum for world wide (Fisher and Edmeades, 2010).

За царевичния пояс на САЩ, изследвания на постигнатия прогрес при тази култура са правени от Duvick (1977; 1992). До 1930 г. прогрес в добивите при използването на свободно опрашени сортове царевица почти не се наблюдава. От 1930 до 1955 след включване на хибридната царевица в производството, наблюдаваното увеличение на добива е 57 kg/ha за година. За периода 1955 – 1982 г. този прогрес е още по-изявен – 144 kg/ha за година. Като цяло за САЩ за период от 50 г. (1960-2010), увеличението на добивите е 114 kg/ha за година, като само за щата Айова – центъра на царевичния пояс, този прогрес е рекорден – 214 kg/ha за година (Fischer and Edmeades, 2010).

Постигнатият прогрес се дължи както на селекцията нови по-продуктивни хибриди, така и на прилаганата агротехника, като съотношението между двете категории се колебае около 50 на 50 (Cordwell 1982, Duvick 2005, Tolenaar and Lee, 2006).

От използваните практики най-голямо значение има увеличената гъстота на посева – за 25 години (1985-2010) тя нараства в царевичния пояс на САЩ с 1000 растения на хектар за година, докато равнището на използваните азотни торове се задържа. С други думи новите високодобивни хибриди са толерантни на по-голяма гъстота и усвояват по-добре азота (Fischer and Edmeades, 2010). Същите автори отбелязват, че след въвеждането на GMO хибриди в края на 90-те години, увеличение на добива само заради тези форми (per se) не се наблюдава, т.е. конвенционалните хибриди и практики дават същия резултат.

Duvick, (2005) посочва основните признаци при царевицата, чието подобрение и промяна води до постигнатия селекционен прогрес за период повече от 70 год. (1930-2002). На първо място добивът при оптимална гъстота постоянно нараства – средно 80 kg/ha за година. Оптималната гъстота на посева също нараства от 30 до 80 хил. растения на ха от началото до края на периода. Биомасата и харвест индекса също

For US corn belt investigations of an achieved progress of this crop are published by Duvick (1977; 1992). Till 1930 an yield progress of cultivated maize open varieties almost is not noticed. From 1930 to 1955, after introducing of maize hybrids into grain production the yield increasing is 57 kg/ha per year. For the period 1955-1982 this progress is more remarkable – 144 kg/ha per year. In general for 50 years period (1960-2010) for the USA the increasing of yield is 114 kg/ha per year. Only for Iowa – the corn belt center that progress has a record – 214 kg/ha per year (Fisher and Edmeades, 2010).

The achieved progress is due to the breeding of new more productive hybrids and to the applied agritechnics as well. The relation between both categories is about 50 to 50 (Cardwell, 1982; Duvick, 2005; Tolenaar and Lee, 2006).

From the applied practices the most important role has the plant density increasing. For 25 years (1985-2010) it is growing up to (in US corn belt) 1000 plants/ha per year, while the level of nitrogen fertilization is kept. In other words new high productivity hybrids are tolerant to higher plant density and utilize better the fertilizers (Fisher and Edmeades, 2010). The same authors have noticed that after GMO maize introducing in the end of 90^{es} the yield increasing only for these forms (per se) is not observed, e.g. the conventional hybrids and practices give the same results.

Duvick (2005) pointed out the main maize traits which improvement and changing lead to the achieved breeding progress for the period more than 70 years (1930-2002). At the first position – grain yield with optimal density continually increased – average with 80 kg/ha per year. The optimal plant density had increased also from 30 to 80 thousand plants per hectare for whole period. The biomass and the harvest index have нарастват като h_i се колебае в границите 50 – 55%. Vulchinkov et al. (1995) също отбелязват този факт. Броят на зърната на m^2 се увеличава, като се наблюдават по-малко безплодни растения, докато теглото на зърното (MVK) почти не нараства. Протеинът в зърното устойчиво намалява, за сметка на увеличаващото се съдържание на скорбяла. Duvick и Gassman (1999) показват, че не е преодоляна отрицателната корелация добив – качество на зърното, а Atlin et al. (2011) потвърждават, че постигнатият прогрес при селекция на царевица с повече протеин (QPM) не е за сметка на добива. Дните до цъфтеж на кочана за различните вегетационни групи не се променят, докато периода на наливане на зърното се удължава, а скоростта на изсъхване на зърното се засилва. Общата височина на растението е без промяна при слаба редукция на височината на залагане на кочана. Подобрена е устойчивостта на прикореново полягане, но този процес не е завършен. Листата над горния кочан (canopy level) се увеличават и са от еректовиден тип, но листно площния индекс (LAI) като цяло не е променен. Т. нар. stay green type на хибридите е увеличен, но това не оказва съществено влияние при терминални засушавания. Размерът на метлицата е многократно намален. Този признак като обект на тандем селекция заедно с висок добив е сравнително лесно ппостижим (Vulchinkov and Vulchinkova, 2011). И накрая интервалът цъфтеж на метлицата – цъфтеж на кочана (ASI) е редуциран почти до нула, т.е. двете съцветия цъфтят едновременно, което е индикатор за стрестолеранс.

Проучвания на селекционния прогрес у нас не са правени или са анализирани наблюдаваните тенденции от друга гледна точка (Vulchinkov et al., 2013). Цел на проучването е да се установи наблюдава ли се постигнат прогрес по отношение на добива при хибриди на Института по царевица-Кнежа от 4 групи по ФАО за период от 15 години.

grown also and high values have been varying between 50-55%. Vulchinkov et al. (1995) have noted that fact too. Number of kernels per m^2 have been increasing, but less barren plants are observed, while MVK almost doesn‘t grow. Grain protein content have decreased stable in return of starch increasing. Duvick and Gassman (1999) have noticed that negative correlation yield-grain quality is not overcome, but Atlin et al. (2011) confirmed that the achieved breeding progress of quality protein maize (QPM) is not connected with higher grain yield. Days to silking for different vegetation groups are not changed, but the period of grain filling have prolonged with faster dry down.

The whole plant height has not changed with a small reduction of ear height. There is a root lodging reduction, but this process is not completely overcome.

Canopy level leaves have increased with much more erect type but leaf area index (LAI) in general is not changed. So called “stay green” type of hybrids is increased, but it doesn‘t real impact on terminal droughts. The tassel size is much reduced. This trait like an object of tandem selection with high yield is rather easy to reach (Vulchinkov and Vulchinkova, 2011). At last the anthesys-silking interval (ASI) is reduced almost to zero, e.g. tassel flowering and silking have a synchron both which is a stress tolerance indicator.

Studies of maize breeding progress in our country are not carried out or the observed trends are analyzed from other point of view (Vulchinkov et al., 2013). The aim of that investigation is to find out any achieved progress observed in relation to hybrids of MRI-Kneja from 4 FAO groups for 15 years period.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Използвани са данни от екологични опити (ECO) на Института по царевицата - Кнежа. Изпитвани са хибриди от 4 групи по ФАО, на различни места в страната за периода 2001-2015 г. Броят на локациите варира от 3 до 6 през годините, включващи неполивни (основно) и поливни условия. Броят на изпитаните хибриди по ФАО групи също варира. Средно за периода в ранната група (300-400 по ФАО), са изпитани 18 хибриди; в средно-ранната група (400-500 по ФАО) – 41 хибриди; в средно-късната група (500-600 по ФАО) – 46 хибриди и в късната група – (над 600 по ФАО) – 36 хибриди. Оценявани са резултатите по ФАО групи за добив на зърно след направена статистическа обработка, Освен средната аритметична и коефициент на вариране (CV, %) по ФАО групи е определен и индекса на обща адаптация (x_i-b_i) по Vulchinkov (1990) и перформанс индекс (P_i) по Lee et al. (2001). Извършен е и корелационен и регресионен анализ на данните, като са изчислени и теоретичните линии на регресия за динамиката на добивите по ФАО групи.

MATERIAL AND METHODS

Data from ecological trials (ECO) of Maize Research Institute-Knezha are used. Hybrids from 4 FAO groups are tested in different locations around the country for 2001-2015 period. Number of locations vary from 3 to 6 in the years, including no irrigated (mainly) and irrigated environments. Number of tested hybrids by FAO groups also vary. In the early group (FAO 300-400) average for the period are tested 18 hybrids; in the semi-early group (FAO 400-500) – 41 hybrids; in the middle-late group (FAO 500-600) – 46 hybrids and in the late group (FAO 600+) – 36 hybrids. The results of grain yield by FAO groups are evaluated after statistical analysis. Beside means and coefficient of variation ($CV_{\%}$), a general adaptation index was determined (x_i-b_i) according Vulchinkov (1990) and also performance index (Pi) by Lee et al. (2001). Correlation and regression analyzes were done of data, and theoretical regression lines of grain yield dynamics by FAO groups were computed.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

През наблюдавания период са изпитани голям брой хибриди, които с малки изключения, най-вече използваните стандарти, не се повтарят. На Таблица 1 в обобщен вид са показани резултатите от екологичните опити на ИЦ - Кнежа (2001-2015 г.) по ФАО групи. Общо за този период в ранната група (ФАО 300-400) са изпитани 281 хибриди; в средно-ранната група (400-500) са изпитани 623; в средно-късната група (500-600) – 694 (най-много), съответно в късната група (над 600) – 544. Общо за целия период от всички групи по вегетация участват 2142 броя хибриди. За това време те са изпитани при много широк кръг от условия на средата – за 15 г. на общо сумирани 54 локации, като комбинацията година – място за всеки отделен случай е уникална.

RESULTS AND DISCUSSION

During the period observed a great number of hybrids were tested. With exceptions of checks used, they don‘t repeat themselves. On Table 1 (like general plan) results of ecological trails of MRI-Kneja (2001-2015) are presented by FAO groups. Generally for that period in the early group (FAO 300-400) 281 hybrids are tested; in semi-early group (FAO 400-500) 623 hybrids are tested; in the middle-late group (FAO 500-600) – 694 (the most) and in the late group – 544. For the whole period and from all FAO groups 2142 hybrids take part in the testing. During that time they are tested at wide range of environments – for 15 years the total sum of locations is 54. The combination year-location for every separate case is unique one.

Таблица 1. Средни стойности за добив зърно (кг/ha) на изпитаните в ЕСО хибриди по ФАО групи за периода 2001-2015
Table 1. Mean values of grain yield (kg/ha) of tested ECO hybrids by FAO groups for period 2001-2015

Години Years	FAO 300-400			FAO 400-500			FAO 500-600			FAO над 600			Средно за годините Mean per years
	Брой локации Number of locations	Брой хибриди Number of hybrids	Среден добив Mean yield (kg/ha)	Брой локации Number of locations	Брой хибриди Number of hybrids	Среден добив Mean yield (kg/ha)	Брой локации Number of locations	Брой хибриди Number of hybrids	Среден добив Mean yield (kg/ha)	Брой локации Number of locations	Брой хибриди Number of hybrids	Среден добив Mean yield (kg/ha)	
2001	6	13	5233,00	6	43	5367,00	6	49	5346,50	6	36	5081,20	5256,93
2002	3	26	7033,50	3	44	7571,60	3	53	7373,20	3	32	6773,10	7187,85
2003	3	17	5063,80	3	42	5573,80	3	46	5822,50	3	40	5415,30	5468,85
2004	4	27	9309,10	4	52	9713,80	4	57	9940,40	4	46	10323,50	9821,70
2005	4	19	9615,50	4	58	9737,60	4	67	9853,60	4	66	9780,60	9746,83
2006	2	19	7927,20	3	40	7712,30	4	42	8298,10	3	36	7707,50	7911,28
2007	3	13	2237,50	3	37	2410,80	3	26	2262,20	3	40	2266,30	2294,20
2008	4	13	7176,40	4	27	7945,40	4	32	7549,00	4	23	7400,00	7517,70
2009	3	12	7811,46	3	25	7308,61	3	46	7549,45	3	45	7702,29	7592,95
2010	2	14	8072,60	2	51	7858,24	2	53	7696,90	2	41	7824,60	7863,09
2011	4	15	8365,69	4	53	8952,96	4	59	7917,88	4	38	8259,40	8373,98
2012	5	23	4996,17	5	42	4694,85	4	50	4774,56	4	34	4350,00	4703,90
2013	3	27	8843,25	3	35	9480,40	3	33	8261,22	3	18	8912,79	8874,41
2014	4	18	9143,88	4	27	8676,94	4	33	8018,92	4	13	7300,84	8285,14
2015	4	25	7032,73	4	47	6948,52	4	48	6822,35	4	36	6769,94	6893,39
$\bar{x}$			7190,79			7330,19			7165,79			7057,82	7186,15
CV,%			28,25			28,16			27,49			29,73	28,10
$\overline{x_i} - b_i$			6,197			6,317			6,193			6,030	
pi			4,70			4,62			4,15			3,72	4,03

За да може да се улови динамиката на добива, резултат от сложни взаимодействия генотип – среда, както и очертаващи се тенденции диску-тираме получените данни по групи на вегетация, като разглеждаме тези ФАО групи като неслучаен фактор при флук-туацията на много случайни фактори, свързани с условията на средата. Данните на Таблица 1 показват следните тенденции за добива на хибридите по ФАО групи. Най-висок добив имат средно-ранните хибриди от група 400-500 по ФАО – 7330 kg/ha средно за периода, следван от ранната група (300-400 по ФАО) – 7190 kg/ha и средно-късната група (500-600 по ФАО) – 7165 kg/ha, което е с много близък резултат до предходната група. С относително най-ниска позиция е късната група (над 600 ФАО) – 7057 kg/ha среден добив за периода. С най-ниско вариране е средно-късната група (CV – 7,49%), следван от двете по-ранни групи 300-400 и 400-500, с близки стойности на CV – 28,25% и 28,16%, съответно. Относително най-високо е варирането в късната група (ФАО над 600), CV=29,73%. Тази група се оказва най-нестабилна по отношение добива за изследвания период. Съдейки по стойностите на индекса за обща адаптация (x_i-b_i) се наблюдава същата картина. Този индекс дава предимство на високодобивните форми с по-добра екологична стабилност (b_i<1,0) – Vulchinkov (1990). Груповият индекс на късните хибриди е най-нисък 6,03, докато при останалите групи той е по-висок, с приблизително еднакви стойности на ранната и средно-късната група, като в най-добра позиция е средно-ранната група (400-500 по ФАО) x_i-b_i=6,317.

Стойностите на перформанс индекс (P_i) също са показани на Таблица 1. Този индекс дава предимство на хибридите с по-висок добив и по-ниска влага в зърното в момента на прибиране. Този признак ще дискутираме по-подробно в отделно проучване, но резултатите от Таблица 1 потвърждават предишно наше изследване (Vulchinkov et al., 2013), че наблюдаваната положителна корелация влага в зърното – дължина на веге-

In order to catch grain yield dynamics, resulting of complicated GxE interactions and emerging trends we discuss data obtained by vegetation groups, regarding these FAO groups like unoccasional factor at fluctuation of many occasional factors connected with environmental conditions.Table 1 data point out following trends for grain yield hybrids by FAO groups. Semi-early hybrids from FAO 400-500 have the highest yield – 7330 kg/ha, followed by early group (FAO 300-400) – 7190 kg/ha and middle-rate one (FAO 500-600) – 7165 kg/ha, which result is closer to previous group. The relatively lowest position has the late group (FAO 600) – 7057 kg/ha mean yield for the period.

The middle-late group (FAO 500-600) has the lowest variation (CV=23.49%), followed by both earlier groups (FAO 300-400 and 400-500) with close values of CV – 28.25% and 28.16% respectively. The variation of late group (FAO 600+) is relatively the highest, CV=29.73%. This groups turns out like most unstable in relation to the investigated yield period. Judging by values of general adaptation index (x_i-b_i) the same situation is observed. This index gives a priority of high yield forms with better ecological stability (b_i<1.0) – Vulchinkov (1990), The group index of late hybrids is the lowest (6.03), while at the rest groups it is higher with relatively equal values for early and middle-late group and with the highest position of semi-early group (FAO 400-500), x_i-bi=6.317.

Performance index (Pi) values are pointed out also on Table 1. This index gives a priority of hybrids with higher yield and lower grain moisture at harvest. This trait will be discussed more detailed in a separate study, but results on Table 1 confirm a previous investigation of ours (Vulchinkov et al., 2013), that the observed positive correlation between grain moisture and vegetation length тацията автоматично води до по-ниски стойности на P_i в по-късните групи. Наблюдаваната тенденция на Таблица 1 е точно такава – най-висока стойност P_i=4,70 има в ранната група, а най-ниска (P_i=3,72) в късната. От гледна точка на стойностите на двата индекса едновременно P_i и x_i-b_i , с най-добра позиция е средно-ранната група (ФАО 400-500), както бе отбелязано и за добив на зърно.

В дясната част на Таблица 1 са показани резултатите от средните добиви от всички групи по вегетация за годините на изследването. Тъй като повечето опити от екологичната мрежа на ИЦ - Кнежа са при неполивни условия, то по средните добиви по години може да се съди за агрометеорологичните условия всяка година от периода на изследване. С най-високи средни добиви са 2004 и 2005 г., като през първата година добивът е най-висок за целия период – 9821,7 kg/ha. През тази година хибридите от късната група (ФАО над 600) са показали и най-високия добив за периода – 10323,5 kg/ha. С други думи реализацията на добивния потенциал при късните хибриди изисква по-добри или поливни условия. През същата 2004 г. добивите нарастват с увеличаване на групите по вегетация, т.е. най-малкият добив е реализиран при най-ранната група.

С най-нисък добив е 2007 г. – 2294,2 kg/ha, като относително най-висок е той в средно-ранната група (400-500 по ФАО). Тази година е най-засушливата за периода.

Генералната средна за добива от всички групи на проучване е 7186,15 kg/ha. От Таблица 1 се вижда, че с най-близка стойност до тази средна е добивът през 2002 г. Добивите имат максимум в група 400-500 по ФАО, като динамиката е същата както на средните по групи за целия период.

На Фигура 1 е показана динамиката на средните добиви по ФАО групи. Тя се описва по-добре като нелинейна регресия. Изчислената корелация между добива и дължината на вегетационния период – срокове на цъфтеж на кочана по ФАО групи е отрицателна,

carries automatically to lowest of Pi in the later groups. The observed trends on Table 1 is just the same – early group has the highest value (Pi=4.73), and the late group has the lowest one (Pi=3.72). From the point of view of both indices simultaneously (Pi and x_i-b_i) the best position has semi-early group (FAO 400-500), just noticed for grain yield also.

In the right part of Table 1 mean yields results from all groups of vegetation for years of the investigations are presented. Because most of ecological trails of MRI-Kneja are carried without irrigation it could be assessed agro-meteorological conditions by years of the investigated period. With highest mean yields are 2004 and 2005, just the first one, is the highest for whole period – 9821.7 kg/ha.

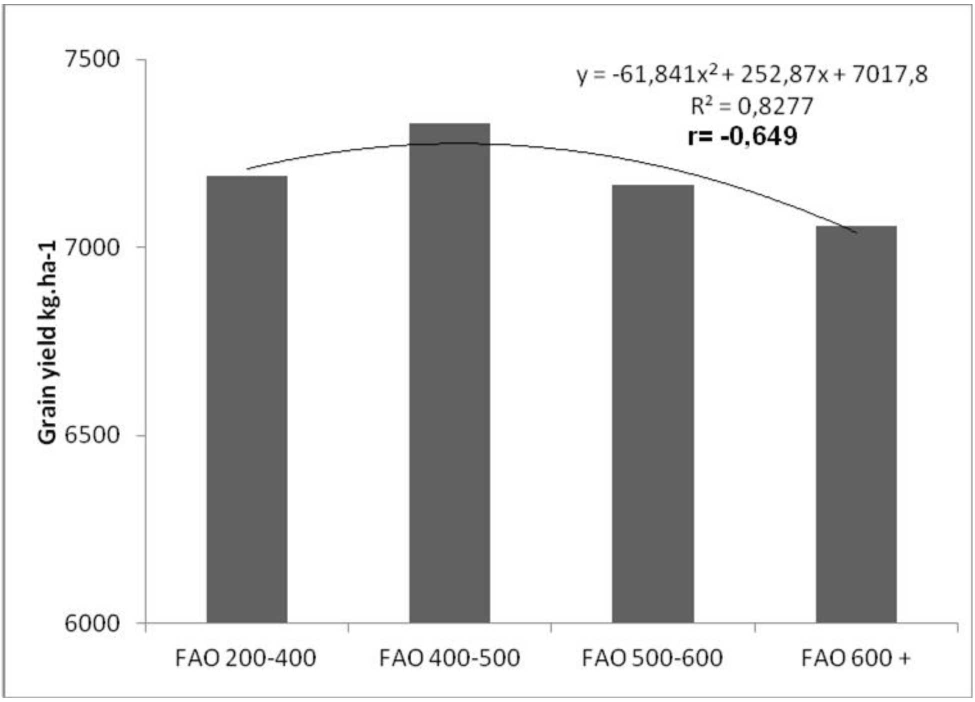
In that year full season (late) hybrids (FAO 600+) present the highest yield for the period – 10323.5 kg/ha. In other words the yield potential realization of late hybrids requires better or irrigated conditions. In the same 2004 yields grow up with vegetation groups increasing, e.g. the lowest yield is realized in the earliest group.

The lowest mean yield has 2007 – 2294.2 kg/ha with relatively highest one for semi-early group (FAO 400-500). That year is the most drought for the period.

The general yield mean from all groups and years investigated is 7186.15 kg/ha. From Table 1 it is seen that the closest value to that mean is the yield of 2002. Than yields have a maximum in FAO group 400-500 with the same dynamics of means by groups for the whole period.

This dynamics of mean yield by FAO groups is presented on Figure 1. It is described better like an unlinear regression. The computed correlation between yield and vegetation length like недостоверна (r=-0,649). Липсата на корелация между тези два признака доказва принципната възможност за селекция на високодобивни хибриди с по-кратка вегетация, показано още от Duvick и Gassman (1999). В предходно наше съобщение (Vulchinkov et al., 2013), бе направено същото заключение при сравнение на опити на ИЦ - Кнежа и ИАСАС, макар че там максимумът на добива се наблюдава в група 500-600 по ФАО.

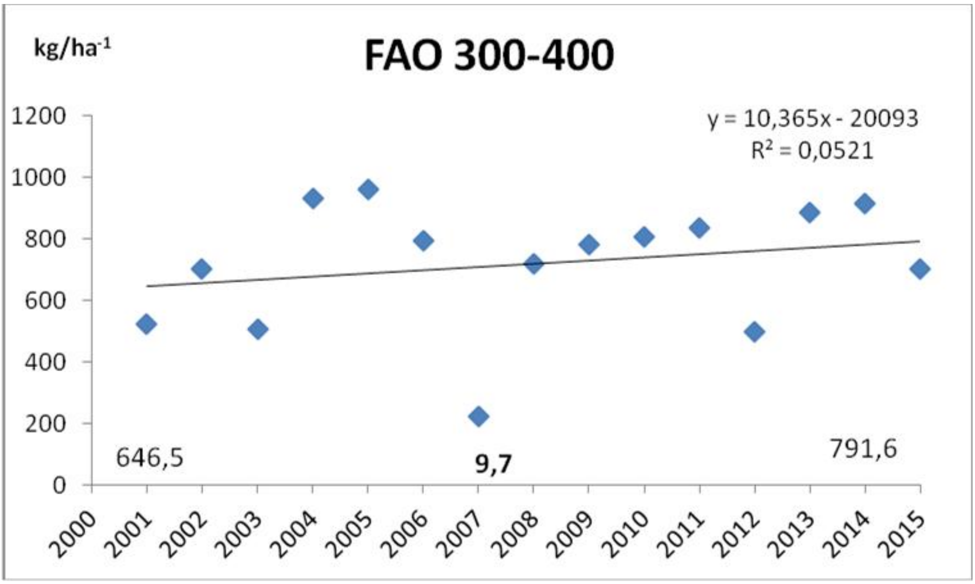
silking days by FAO groups is negative, unsignificant (r= -0.649). Missing of correlation between both traits proves the principal possibility for breeding of high yield hybrids with shorter vegetation, noted also by Duvick and Gassman (1999). In previous publication of ours (Vulchinkov et al., 2013) the same conclusion was done at comparing trials of MRI-Kneja and IASAS, even there the yield maximum was observed in FAO 500-600 group.



Фиг. 1. Динамика на добив зърно по ФАО групи за изследвания период
Fig. 1. Grain yield dynamics by FAO groups for the investigated period

На Фигура 2 е показана динамиката на добива в ранната група (ФАО 300 – 400). Наблюдаваната тенденция, както и при другите групи сочи леко увеличение на добива от първите към последните години на периода. Изчислената линейна регресия показва, че тази тенденция на възход е със стъпка 97 kg/ha за година или 9,7 кг/дка/год., независимо от някои екстремни стойности, като добивът през 2007 г.

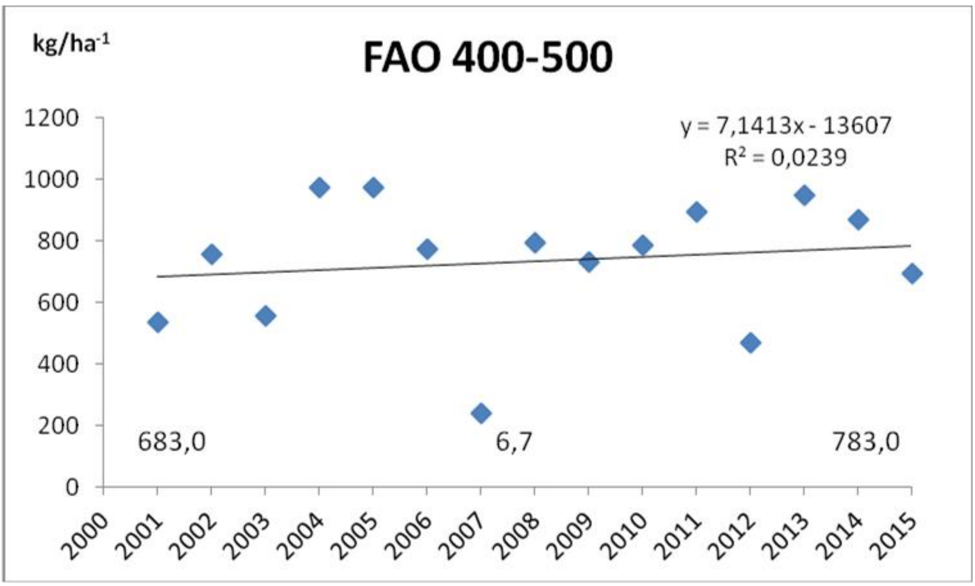
On the Figure 2 dynamics of grain yield in the early group (FAO 300-400) is presented. The observed tendency just like in the other groups points out a small increasing of the yield from the first to the last years of the period. Computed linear regression points out that this tendency of increasing has a rate 97 kg/ha per year or 9.7 kg/da per year, independently from some extreme values, like the yield in 2007.



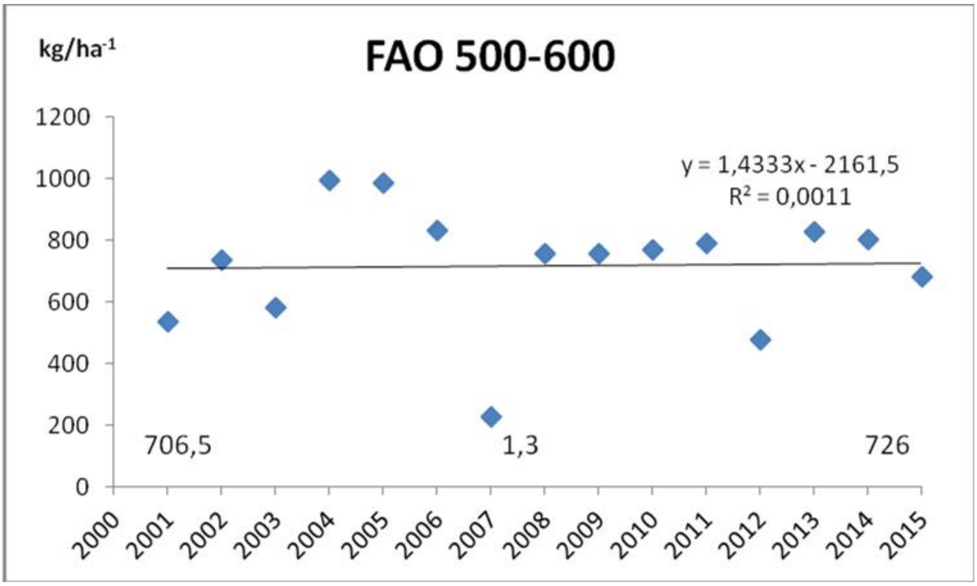
Фиг. 2. Динамика на добива в ранната група
Fig. 2. Grain yield dynamics in the early groups

За останалите групи по същия начин са изчислени теоретичните линии на регресия със съответните уравнения, представени графично (Фигура 3 – Фигура 5).

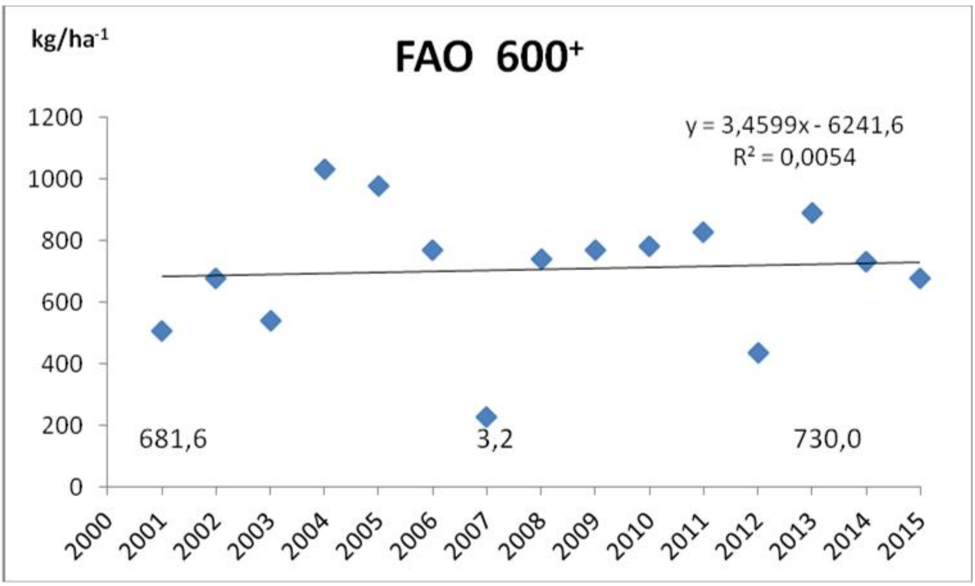
For the other groups in the same way are computed theoretical regression lines with equations respectively, presented graphically (Figure 3 – Figure 5).



Фиг. 3. Динамика на добива в средноранната група
Fig. 3. Grain yield dynamics in the semi late groups



Фиг. 4. Динамика на добива в среднокъсната група
Fig. 4. Grain yield dynamics in the middle late groups



Фиг. 5. Динамика на добива в късната група
Fig. 5 Grain yield dynamics in the late groups

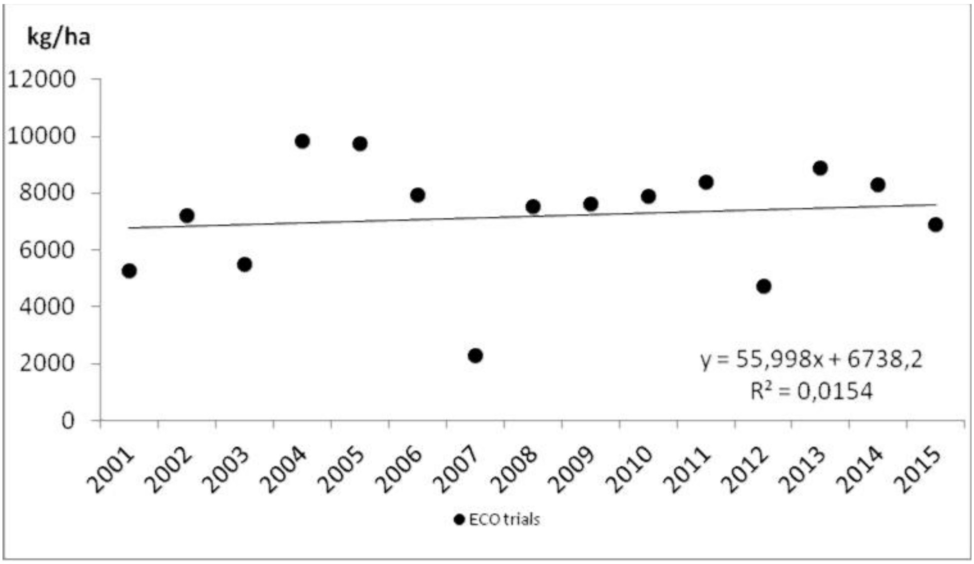
На Фигура 3 увеличението на добива е 67 kg/ha за година при средно-ранните хибриди (ФАО 400). При средно-късните хибриди стъпката е 13 kg/ha за

On Figure 3 the yield increasing is 67 kg/ha per year for semi-early hybrids (FAO 400-500). At middle-late hybrids the rate is 13 kg/ha per year – the smallest from all година – най-малката от всички групи. При късните хибриди увеличението е с 32 kg/ha за година (Фигура 4 и Фигура 5).

Тези увеличения за година са изчислени като разлика от най-висо-ката и най-ниската теоретични стой-ности на добива (съгласно уравнения-та) разделено на 15. При всички групи по ФАО се наблюдава прогрес, като той е най-висок в ранната група (97 kg/ha/год.). По същия начин е изчислен и наблюдавания прогрес в добива при хибридите от всички ФАО групи, който е 52,3 kg/ha за година (Фигура 6).

other groups (Figure 4). For late hybrids the increasing is 32 kg/ha per year (Figure 5).

These increases per years are computed like a difference from the highest and lowest theoretical value of the yield (according equations), divided by 15. The progress is observed for all FAO groups but it is highest in the early one (97 kg/ha per year). In the same way the observed yield progress is computed for hybrids for all groups, which is 52,3 kg/ha per year (Figure 6).



Фиг. 6. Тенденция в добива зърно при царевичнитехибриди от всички групи по ФАО, наблюдавани 2001-2015 г.
Fig 6. Grain yield tendency of maize hybrids for all FAO groups screening (2001-2015)

Ранната и средно-ранната група по ФАО (300-400 и 400-500) се изя-вяват като най-динамични по отноше-ние на постигнатия прогрес, с най-високи стойности на увеличение всяка година. Тези стойности, както и общото увеличение – 784,5 kg/ha, сумарно за периода за всички хибриди се добли-жават до средните стойности на наблюдаван селекционен прогрес в други страни, при които отчетите и сравненията са

Early and semi-early groups (FAO 300-400 and 400-500) are presented like most dynamics in relation of achieved progress, with the highest increasing of values every year. These values and common increase as well – 784.5 kg/ha total sum for all hybrids for the period come to the mean values of observed breeding progress in other countries, which results and comparison are made for longer time period.

ИЗВОДИ

1. При проучените хибриди по ФАО групи не се наблюдава достоверна корелация между добива и вегетационния период, което доказва възможността от селекция на по-ранни и високодобивни хибриди.

2. По индекс на обща адаптация (x_i-b_i) най-добра позиция заемат средноранните хибриди – група 400-500 по ФАО, които имат и най-висок среден добив.

3. За периода на проучване се наблюдава постигнат селекционен прогрес за добив на зърно във всички ФАО групи, най-добре изразен в ранната група (300-400 по ФАО) – 97 kg/ha за година.

4. Средният темп (52,3 kg/ha за година), постигнат при всички групи по вегетация, се доближава до прогреса, наблюдаван и в други страни за по-дълги периоди.

CONCLUSIONS

1. Between grain yield and vegetation period length of studied hybrids by FAO groups a significant correlation is not observed, which proves the possibility of earlier and high yield breeding hybrids.

2. By general adaptation index (x_i-b_i) semi early hybrids (FAO 400-500) present the best position, which have the highest mean yield.

3. For the period of study an achieved grain yield breeding progress is observed for all FAO groups, best expressed in the early group (FAO 300-400) – 97 kg/ha per year.

4. The average rate (52.3 kg/ha per year) achieved for all groups of vegetation comes to the progress observed in other countries for longer periods.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Atlin, G. N., N. Palacios, R. Badu, B. Das, S. Twumasi-Afriyie, D. K. Friesen, H. De Groote, B. Vivek, and K. V. Pixley**, 2011. Quality protein maize: Progress and Prospects in: *Plant Breeding Reviews*, 1, chapter 3 (83-130) ed. Y. Yanick.
2. **Cardwell, V. B.**, 1982. Fifty years of Minnesota corn production: Sources of yield increase. *Agron. J.*, 74: 984-990.
3. **Duvick, D. N**., 1977. Genetic rates of gain in hybrids maize yields during the past 40 years. *Maydica,* XXII, 187-196.
4. **Duvick, D. N.**, 1992. Genetic contribution to advances in yield in U.S. maize. *Maydica*, 37: 69-79.
5. **Duvick, D. N. and K. G. Gassman**, 1999. Post-green revolution trends in yield potential of temperature maize in the north-central United States. *Crop. Sci.*, 39: 1622-1630.
6. **Duvick, D. N**., 2005. The contribution of breeding to yield advances in maize (Zea mays). *Adv. Agronomy*, 86: 83-145.
7. **Fisher, R.A. and G. O. Edmeades**, 2010. Breeding and cereal yield progress. *Crop sci.*, vol. 50, 585-598.
8. **Lee, E. A., B. Good, R. Chakravarty and L. Kannenberg**, 2001. Corn inbred lines CG 60 and CG 62. *Can. J. Plant Sci*, 81: 453-454.
9. **Tollenaar, M. and E. A. Lee**, 2006. Dissection of physiological processes underlying grain yield in maize examining genetic improvement and heterosis. *Maydica*, 51: 399-408.
10. **Tomov, N.**, 1997. The corn. “Prof. Marin Drinov”. Academic publishing house, Sofia (Bg).
11. **Vulchinkov, St.**, 1990. Method of classification of genotypes with relatively high and stable yield. The Agriculture University, Plovdiv, *Scientific works*, XXXV (4), 161-165 (Bg).

12. **Vulchinkov, St., P. Vulchinkova** and **N. Tomov**, 1995. Effect of genotype and environmental conditions on variation in harvest index in maize hybrids. *Plant Sci.,* 32, 104-107 (Bg).
13. **Vulchinkov, St., and P. Vulchinkova**, 2011. Study on heterosis events of number of tassel branches and grain yield at full season maize hybrids. *Journal of Maintain Agricultural on the Balkans*, RIMSA, Troyan, 14(5), 1020-1033.
14. **Vulchinkov, St., D. Iclhovska, B. Pavlovska and K. Ivanova**, 2013. Trends in productive abilities of maize hybrids from different FAO groups. *Bulgarian Journal of Agr. Sci.*, 19(4), 744-749.
15. www.fao.org/faostat /en/# data, 2016.

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2018, 21 (1), 117-127 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Селекционен прогрес при български царевични хибриди от различни групи по вегетация II. Влага в зърното при прибиране

Стефан Вълчинков*, Пенка Вълчинкова

Институт по царевицата, 5835 Кнежа, България

Breeding progress achieved of Bulgarian maize hybrids from different vegetation groups II. Grain moisture at harvest

Stefan Vulchinkov*, Penka Vulchinkova

Maize Research Institute, 5835 Knezha, Bulgaria
**E-mail: stefan_vulchinkov@abv.bg*

Received: 17.04.2018 *Accepted:* 26.04.2018 *Published:* 14.06.2018

РЕЗЮМЕ

Обект на проучване е влагата в зърното на голям брой хибриди на ИЦ - Кнежа от 4 групи по ФАО, изпитвани в екологична мрежа от 3 до 6 пункта за период от 15 години (2001-2015 г.). Въпреки действието на много случайни фактори – различен брой хибриди изпитвани всяка година, голямо разнообразие от агроклиматични условия за периода, се наблюдава тенденция към регрес (намаляване) на стойностите на този признак, който е много важен за селекцията. По ФАО групи средните стойности на влагата в зърното нарастват, тъй като има доказана корелация с дължината на вегетационния период. С най-ниско вариране са хибридите от ранната (ФАО 300 – 400) и средно – късната група (ФАО 500 – 600). Вътре във всяка група по вегетация, във всички случаи се наблюдават устойчиво намаляване на влагата, както следва: в група 300 – 400 по ФАО, съгласно теоретичната линия на регресия, стъпката е с 0,26% всяка година за периода на изследването; в група 400 – 500 по ФАО тази стъпка е 0,35% – най-голяма от

SUMMARY

The study object is the grain moisture at harvest of great number of MRI - Knezha maize hybrids, from 4 FAO groups tested in Eco trials – 3 to 6 locations for 15 years period (2001 – 2015). In spite of the influence of many accidental factors impact on the trials – a different number of maize hybrids tested every year and a diversity of environmental conditions – a regress tendency (decreasing) of values at that very important selection trait was observed. By FAO groups mean values of grain moisture increase because of the significant correlation with the vegetation length. The variation of hybrids grain moisture from early (FAO 300 – 400) and middle-early group (FAO 400 – 500) is the least. Within every vegetation group a substantial decrease tendency was observed in all cases as follows: in FAO group 300 – 400 according the theoretical regression line the rate is 0.26% for the studied period; in FAO group 400 – 500 this rate is 0.35% – the biggest one to all other groups. In the всички останали групи. В средно-късната група (ФАО 500 – 600) влагата в зърното намалява с 0,33% всяка година, а в късната (над 600 по ФАО) – с 0,32%.

Стойностите на performance index (P_i) – съотношението добив – влага в зърното при прибиране, са най-високи в ранната и средно – ранна група, като корелацията му с вегетационния период е доказано отрицателна.

За всички хибриди от четирите групи по ФАО за периода на изследване, темпът на намаляване на влагата в зърното е 0,32% всяка година, т.е. за 15 години това намаление сумарно е 4,8%, което може да се смята като постигнат сериозен селекционен прогрес.

Ключови думи: царевични хибриди, ФАО групи, влага в зърното при прибиране.

middle-late one (FAO 500 – 600) grain moisture decreases with 0.33% every year; in the late group (FAO 600^{+}) – with 0.32%.

The performance index values (P_i) like a relation of grain yield to the moisture at harvest are the highest in early and middle-early groups, but it’s correlation with vegetation period length is significant negative.

For all hybrids and FAO groups the rate of grain moisture decreasing is 0.32% per year for the investigated period, e.g. for 15 years this decreasing is 4.8% as an amount. It is noticed like a serious breeding progress.

Key words: maize hybrids, FAO groups, grain moisture at harvest

УВОД

Влагата в зърното на царевицата към момента на прибиране е много важен селекционен, както и стопански признак. Прибирането на зърното от полето с влага 14-15%, какъвто е стандартът в повечето страни, позволява неговото съхранение да се извърши без допълнително изсушаване, което води до икономия на средства.

Характеристика на хибридите във връзка с темпа на изсъхване на зърното и изследвания на физиологията на царевицата във връзка с този проблем са правени от много автори: Troyer and Ambrose (1971), Cross and Kabir (1989), Newton and Eagles (1991), Angelov and Vulchinkov (2009) и др. Накратко тези проучвания водят до следните обобщения – след настъпване на физио-логичната зрялост и поява на черното петно в основата на зърното (влага около 30%) се прекратява постъпването на асимилати от стъблото към кочана, респективно зърното. От този момент темпът на неговото изсъхване зависи както от генотипа, така и от условията на средата. Признаците свързани с генотипа са групата по вегетация, дебелината на перикарпа на зърното, брой и дебелина на обвивните листа на кочана, времето

INTRODUCTION

The maize grain moisture at harvest is very important selection trait and economic one as well. The field grain harvesting with moisture about 14-15% which is the standard for most of countries, permits its storage to be done with out of additional drying and save the costs.

Hybrids characteristics in relation of dry down rate and studies of maize physiology about this problem are made of many authors: Troyer and Ambrose (1971), Cross and Kabir (1989), Newton and Eagles (1991), Angelov and Vulchinkov (2009) and others. In summary these investigations come to the following conclusions – after physiological maturity of maize and “black” layer appearance (moisture about 30%) assimilates movement from the stalk to the cob and grain is terminated.

From that moment the rate of grain dry down depends on the genotype and environmental conditions also. The traits connected with genotype are the vegetation group, depth of grain pericarp, number and depth of husked ear leaves, за тяхното по-бързо съзряване (изсъхване), ъгъл на разположение на кочаните.

По-ранните хибриди имат по-къс срок до физиологична зрялост, като условията на средата при тях са по-благоприятни за по-бърз темп на изсъхване на зърното. Според Nielssen (2000) в царевичния пояс на САЩ за период от 4 години темпът на изсъхване на зърното при нормално суха есен, е от 1.0 до 0.75% на ден за втората половина на септември и от 0.75 до 0.50% на ден за първата половина на октомври. С други думи по-ранните форми с настъпила физиологична зрялост в началото на септември могат да изсъхнат до стандартна влага за 15-20 дни, докато при по-късните този срок се удължава, а при влажна есен темпът в края на октомври се прекратява, т.е. прибирането на по-късни форми изисква допълнително изсушаване на зърното. От друга страна отлагането на жътвата с цел по-добро изсъхване на зърното не винаги води до по-добър резултат, защото се увеличават загубите от пречупени растения и паднали кочани, както и ненавременното освобождаване на площите.

Според De Jader et al. (2004) темпът на изсъхване на зърното е наследяем признак и подлежи на отбор, т.е. може да се включи в селекционна програма. Sala et al. (2006) проучвайки QTL за влага и степени на изсъхване на зърното посочват, че при масов отбор за тези признаци най-удачна селекционна стратегия е съчетаването на молекулярни маркери и фенотипни стойности на признаците.

В еволюционен план, сравнявайки по-стари и по-нови поколения хибриди Cavalieri and Smith (1985) установяват селекционен прогрес по отношение на темповете на изсъхване на зърното на база корелационен анализ между признаците имащи отношение към бързото изсъхване. Подобен извод прави и Duvick (2005), сравнявайки хибриди от различни поколения в една вегетационна група. Прогресът е от 0.6% до 1.0% скорост на изсъхване на зърното на ден отнесено на по-стари поколения хибриди към по-нови

the time for their senescence (drying), ears angle disposition.

Earlier hybrids have a shorter period of physiological maturity as the environments for them are better for faster grain dry down. According Nielsen (2000) in the US corn belt for 4 years period the rate of dry down at normal dry autumn is from 1.0 to 0.75% per day for the second half of September, and for 0.75 to 0.50% per day for the first half of October. In other words earlier forms with a physiological maturity appeared at the beginning of September can dry to the standard grain moisture for 15-20 days, while for the late ones that time is prolonged and in the wet autumn drying down is terminated in the end of October, e.g. the harvesting of full season forms requires additional grain drying. From other side the put harvesting off in order grain dry down to be better not ever gives good results, because loses are increased from broken plants and dropped ears and delay of acreage release as well.

According De Jader et al. (2004) the rate of grain dry down is a heritable trait, e.g. it could be included in a breeding programme. Sala et al. (2006) study QTL for grain moisture and dry down rate and they note that for mass selection of these traits the most suitable breeding strategy is a combination of molecular markers and phenotype traits values.

In evolution plan comparing older and newer hybrids generations in relation to rate of filling and drying of maize grain Cavalieri and Smith (1985) have noticed a breeding progress on the base of correlations between traits having a relation to faster dry down. A similar conclusion makes and Duvick (2005) at comparing hybrids from different generations in the same vegetation group. The progress is from 0.6% to 1.0% grain dry down per day related older to newer при еднакви условия на изпитване.

У нас проучвания на постигнат селекционен прогрес по отношение влагата в зърното при прибиране не са правени. Цел на проучването е наблюдава ли се такъв при хибриди на Института по царевица от 4 групи по ФАО, изпитвани в екологична мрежа за период от 15 години

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Хибриди на ИЦ - Кнежа са изпитвани в екологични опити (ECO) в 4 групи по ФАО за период от 2001-2015 г. Опитите са извеждани на различни места в страната, като броят на локациите варира от 3 до 6, като повечето места са при неполивни условия. Броят на хибридите по ФАО групи също варира като средно за периода те са 18, 41, 46 и 36 започвайки от ранната, средно-ранната, средно-късната и късната група, съответно. Направен е същият статистически анализ на данните по ФАО групи, както в предходно наше съобщение (Vulchinkov and Vulchinkova, 2018). За сравнение е изпол-зван и перформанс индекс (P_i) по Lee et al. (2001). Влагата в зърното при прибиране е определяна електронно на представителна проба от всеки вариант (хибрид) от опитите за целия период на изследване.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Данните за влагата в зърното са обобщени и осреднени за голям брой хибриди по ФАО групи. Броят на общо изпитаните хибриди, както бе посочено и в предходно наше проучване, е 281 хибриди за група 300 – 400 по ФАО, 623 за група 400 – 500 по ФАО, 694 за група 500 – 600 по ФАО и 544 за късната група ФАО над 600. Общият им брой за 15 г. на общо 54 локации е 2142 хибриди, които с малки изключения не се повтарят. Динамиката по изследвания фактор – влагата в зърното при прибиране, е проучвана по ФАО групи, които приемаме като фиксиран фактор при флуктоацията на всички останали фактори, свързани с генотиповете, условията на средата и

hybrids at the same testing conditions.

In our country investigations of achieved breeding progress regarding grain moisture at harvesting are not made. The aim of this study is it observed such progress at hybrids of Maize Research Institute from 4 FAO groups, tested in ecological trials for 15 years period.

MATERIAL AND METHODS

Hybrids of MRI-Knezha are tested in ecological trials (ECO) in 4 FAO groups for the period 2001-2015. The trials are carried out in different places in the country as the number of locations vary from 3 to 6 and most of them are without irrigations. The number of hybrids by FAO groups also vary, like average ones for the period they are 18, 41, 46 and 36 for early to semi-early middle-late and late group, respectively.

The same data statistical analyzes are made just like in a previous study of ours (Vulchinkov and Vulchinkova, 2018). For comparisons a performance index (Pi) proposed by Lee et al. (2001) is applied. The grain moisture at harvest is determined electronically of a representative sample from every variant (hybrid) of trials during whole the period of investigation.

RESULTS AND DISCUSSION

Data for grain moisture are summarized and averaged for great number of hybrids by FAO groups. The number of all tested hybrids, just we pointed in the previous study of ours is 281 for FAO group 300-400, 623 for FAO group 400-500, 694 for FAO group 500-600 and 544 for late group FAO 600+. Their general number for 15 years and 54 locations summarized is 2142 hybrids. They don’t repeat themselves with small exceptions. Dynamics of the investigated factor – grain moisture at harvesting is studied by FAO groups. We accept it like a fixed factor at fluctuations of many other factors connected with genotype, тяхното взаимодействие.

На Таблица 1 са посочени резултатите от изследвания признак за периода по ФАО групи.

Тъй като корелацията влага в зърното – дължина на вегетационния период е положителна, категорично доказана (Jugenheimer, 1979) данните от таблицата само потвърждават наблюдаваната тенденция. Влагата в зърното нараства като средна стойност от по-ранните към по-късните групи, както по години, така и за целия период.

environmental and their interaction.

On Table 1 results of the investigated trait and period by FAO groups are presented.

As the correlation between grain moisture and vegetation period length is positive, definitely proven (Jugenheimer, 1979) data from the table only confirm the observed tendency. The grain moisture increases like mean values from earlier to later groups by years and for the whole period as well.

Таблица 1. Стойности на влагата в зърното при прибиране (%) по ФАО групи за изследвания период
Table 1. Grain moisture values at harvesting (%) by FAO groups for the investigated period

Години Years	FAO 300-400	FAO 400-500	FAO 500-600	FAO 600+	Средно за годината Mean per year	Средно за подпериоди Mean per sub periods
2001	17,8	19,2	19,3	22,3	19,7	
2002	18,1	19,2	20,0	20,0	19,3	
2003	13,4	14,2	16,2	16,4	15,0	18,6
2004	18,3	19,4	19,6	21,8	19,8	
2005	18,0	19,0	19,7	21,1	19,4	
2006	15,4	16,5	18,1	20,7	17,7	
2007	13,5	14,9	18,7	19,5	16,6	
2008	15,6	16,3	18,4	20,9	17,8	17,0
2009	15,5	15,4	17,4	20,7	17,3	
2010	14,4	14,6	16,3	17,8	15,8	
2011	14,3	14,6	16,3	18,5	15,9	
2012	13,7	11,6	14,5	15,6	13,9	
2013	11,9	12,1	11,9	12,9	12,2	14,9
2014	15,1	15,5	16,4	17,8	16,2	
2015	14,4	15,5	16,2	18,3	16,1	
средно по групи Mean by groups	15,29	15,88	17,26	18,95	16,84	
CV,%	12,89	15,55	12,78	13,53	13,05	
Pi	4,70	4,62	4,15	3,72	4,03	
Изсвиляване Silking (days)	61	63	64	67	64	r=-0,94851++

Средните стойности на признака за периода на изследване са: 15.29% за ранната група (ФАО 300 – 40); 15.88% за средно-ранната група (ФАО 400 – 500); 17.26% за средно-късната група (ФАО 500 – 600) и 18.95% за късната група (ФАО над 600).

Разликата между последната (късна) група и ранната е 3.66%.

Average values of the trait for period of investigation are: 15.29% for early group (FAO 300-400); 15.88% for semi-early group (FAO 400-500); 17.26% for middle-late group (FAO 500-600) and 18.95% for late group (FAO 600+).

Difference between the last (late) group and the early one is 3.66%. The

Варирането е най-силно в средно-ранната група (CV=15.55%), относително по-ниско е в ранната и средно-късната група (CV = 12.89% и 12.78%, съответно). В късната група то заема междинна стойност (CV = 13.53%). По-силното вариране в група 400 – 500 по ФАО означава, че не е постигнат достатъчно стабилизиращ отбор за този признак. Генералната средна за целия период на изследване – 15 години и 4 ФАО групи, е 16,84% влага в зърното. Тази стойност е най-близка до средната за 2007 г. В предишното наше изследване бяхме посочили тази година като най-засушливата за периода, с най-нисък добив зърно. Не можем да направим извода, че хибридите тогава са се прибирали с по-малко влага в зърното, макар, че моментът на прибиране се колебае около благоприятния агротехнически срок. С най-ниска влага са прибирани хибридите през 2013 г., а с най-висока влага (19.8%) през 2004 г., която действително бе най-високодобивна за периода. Наблюдава се тенденция обаче от началото до края на периода влагата в зърното да бележи спад. В дясната част на Таблица 1 сме разделили целия период на изследване на три подпериода от по 5 години. Вижда се, че стойностите на трите подпериода сочат също тенденция към намаление на влагата. За първите 5 години (2001-2005) те имат средна стойност 18.6%, за вторите пет (2006-2010) средната влага е 17%, за последните 5 години (2011-2015) влагата е 14.9%. За периода от първите 10 години в отделно наше проучване (Vulchinkov et al., 2013) констатирахме прогрес по отношение намаляване на влагата в зърното при паралелно сравнение на опити на ИЦ - Кнежа (ECO) и опити на ИАСАС (KCO). За 15 г. период, който сега дискутираме, този прогрес също се наблюдава.

Прогресът е изчислен като разлика от най-високата и най-ниската

most variation has the semi-early group (cv=15.55%), it is relatively lower in the early and middle-late group (cv=12.89% and 12.78% espectively). In the late group it is occupied by intermediate value (cv=13.53%). The stronger variation in FAO group 400-500 means that a sufficient stabilized selection is not completed yet for this trait.

The general grain moisture mean for the whole period of study – 15 years and 4 FAO groups is 16.84%. This value is the closest one to the mean for 2007. In the previous study of ours we pointed out that year (like the most drought one for the period) had the lowest grain yield. We can not make a conclusion the hybrids than are harvested with less grain moisture even the moment of harvesting varies about the favourable agrotechnical term. Hybrids are harvested with the lowest grain moisture in 2013, but with the highest one (19.8%) in 2004, which is the most yielded for the period.

However a trend of grain moisture decrease from the beginning to the end of the period is observed. In the right part of Table 1 we had divided the whole study period on three subperiods by 5 years. It is seen the values of these subperiods point out the same tendency for moisture decreasing. For the first 5 years (2001-2005) they have a value of 18.6%, for the second 5 years (2006-2010) the moisture mean is 17%, for the last 5 years (2011-2015) it is 14.9%.

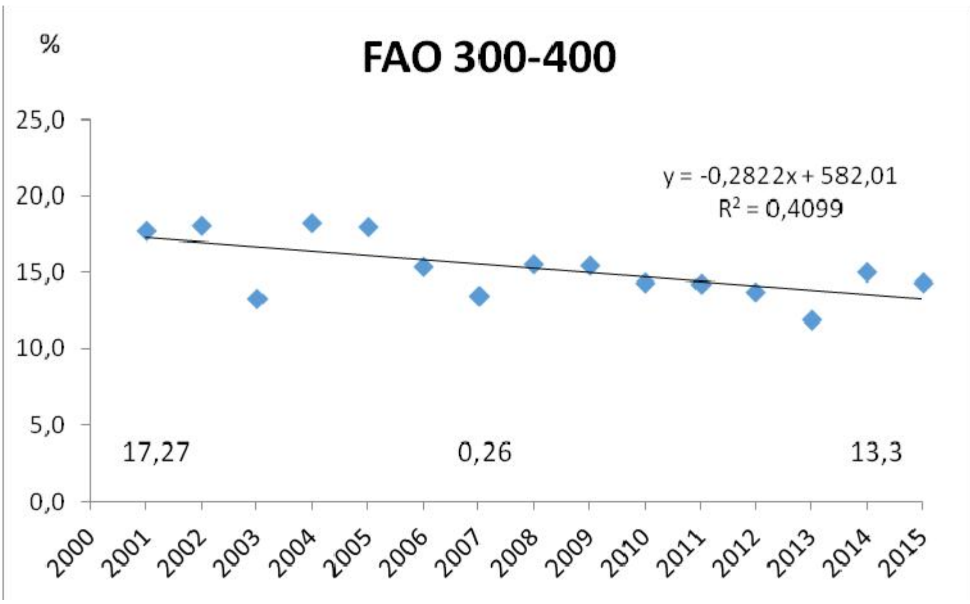
For the period of the first ten years in a separate study of ours (Vulchinkov at al., 2013) we find out a progress in relation of grain moisture decreasing, in parallel compared trials of MRI-Kneja (ECO) and IASAS trials (KCO). For discussed 15 years period this progress is also observed.

This progress is calculated like a difference from the highest and lowest теоретична стойност на признака, съгласно регресионните уравнения по ФАО групи, както и общо за целия период от всички групи разделени на 15 – броя на годините.

По ФАО групи резултатите са следните. На Фигура 1 е показана динамиката на влагата в зърното на хибридите за ранната група (ФАО 300 – 400). Наблюдава се тенденция на намаляване (регрес) на влагата на зърното от началото до края на периода. Изчислената разлика между максималната и минималната теоретична стойност на признака разделена на 15 показва 0.26% намаление на влагата в зърното всяка година. Всъщност наблюдавания регрес може да се счита като прогрес, защото хибриди с по-ниска влага в зърното при прибиране се смятат за селекционно по-ценни. При еднакъв добив такива хибриди имат по-висок перформанс индекс (P_i), който дава предимство на формите с по-висок добив и по-ниска влага в зърното при прибиране.

theoretical values of the trait, according regression equations by FAO groups, and for whole period from all groups, divided by 15 – number of years.

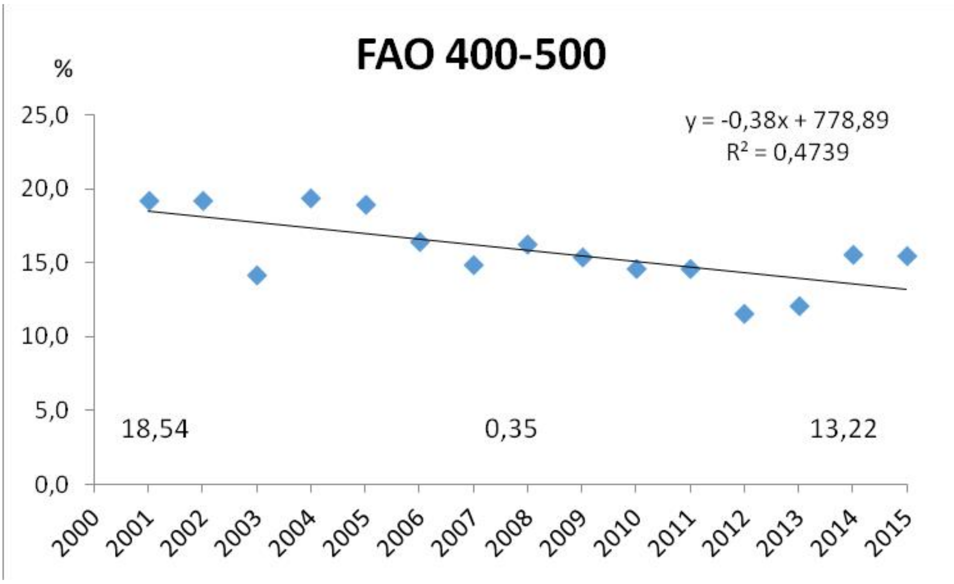
By FAO groups results are followed. On Figure 1 dynamics of grain moisture of early hybrids (FAO 300-400) is presented. A trend of decreasing (regress) of grain moisture from the beginning to the end of period is observed. The calculated difference between maximum and minimum theoretical values of the trait divided by 15 points out 0.26% grain moisture decreasing every year. In fact the observed regress could be supposed like a progress, because hybrids with lower grain moisture at harvesting are more valuable for breeding. At equal grain yield these hybrids possess a higher performance index (Pi), which gives a priority of forms of higher grain yield and lower grain moisture at harvest.



Фиг. 1. Динамика на влагата в зърнотов ранната група
Fig. 1. Moisture dynamics in the early group

За останалите ФАО групи по същия начин е изчислен темпът на намаляване на влагата. На Фигура 2 е представена динамиката на това намаление в група 400 – 500 по ФАО. Влагата за периода намалява със стъпка 0.35% за година, която е най-голяма от всички групи.

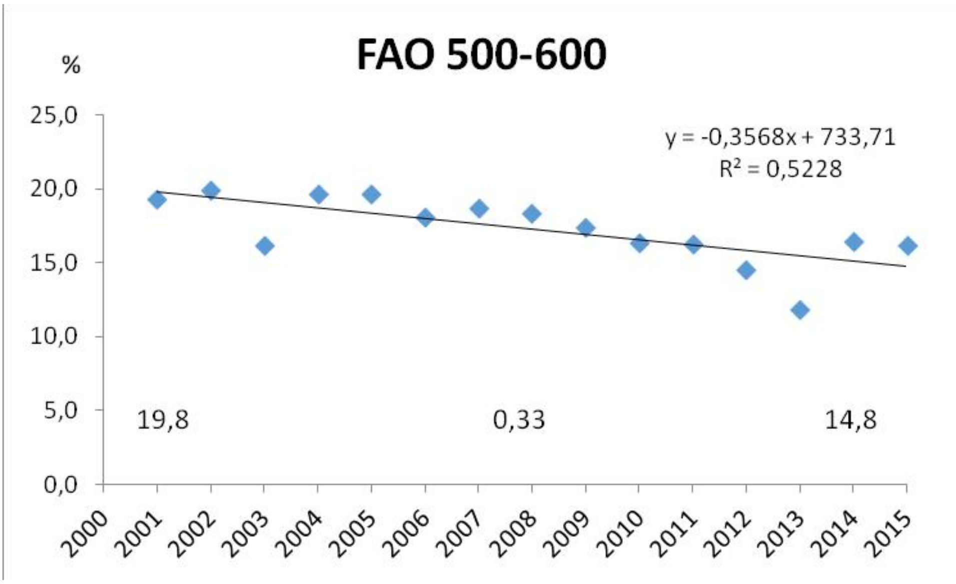
For the rest FAO groups the rate dry down is calculated on the same way. On Figure 2 dynamics of that dry down of FAO group 400-500 is presented. The moisture decreases with a rate of 0.35% per year, which is the highest one for all groups compared.



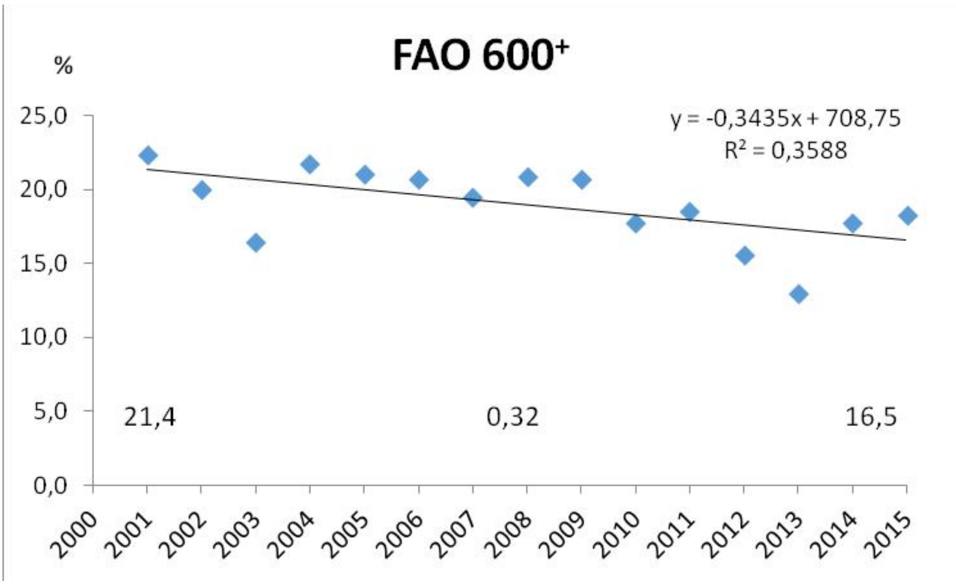
Фиг. 2. Динамика на влагата в зърнотов средноранната група
Fig. 2. Moisture dynamics in the semi-late group

На Фигура 3 представената динамика за средно-късната група (ФАО 500 – 600) е 0.33% намаление на влагата всяка година, а за късната група (ФАО над 600) стъпката е 0.32% всяка година (Фигура 4).

On Figure 3 the presented dynamics for middle-late group (FAO 500-600) is 0.33% dry down every year, for the late group (FAO 600+) the rate is 0.32% per year (Figure 4).



Фиг. 3. Динамика на влагата в зърното в среднокъсната група
Fig. 3. Moisture dynamics in the middle late group

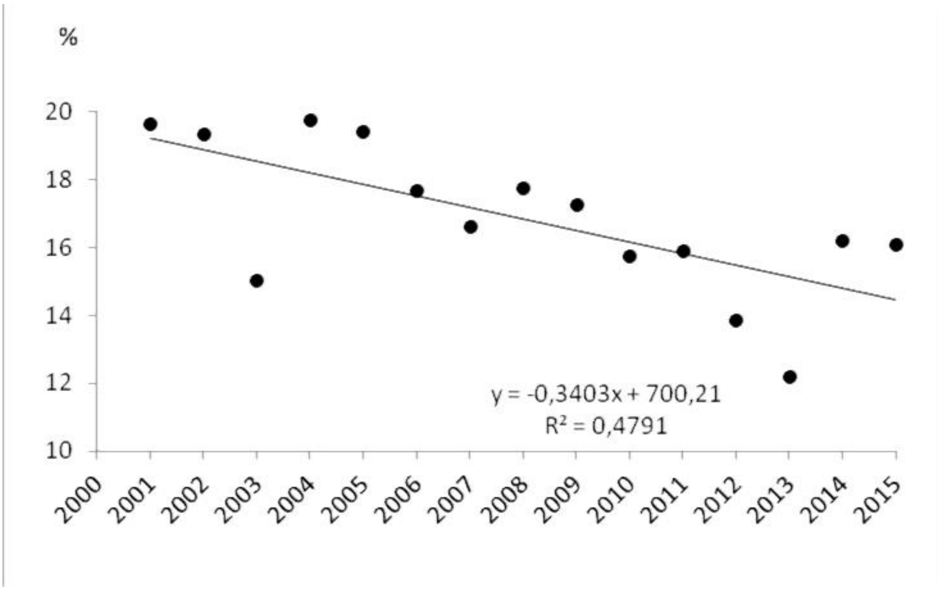


Фиг. 4. Динамика на влагата в зърното в късната група
Fig. 4. Moisture dynamics in the late group

На Фигура 5 в общ вид е представена регресията на влагата в зърното за изпитваните хибриди от всички ФАО групи за периода. Средният темп на намаляване на влагата в зърното е 0.32% за година. С други думи общото или сумарно намаление на

On Figure 5 in a summarized view a regression of grain moisture of tested hybrids from all FAO groups for the period is presented. The average rate of grain dry down is 0.32% per year. In other words the total sum of grain влагата на зърното за изследваните хибриди е 4.8% за период от 15 години, което може да се отчете като постигната сериозен селекционен прогрес относно този признак.

moisture decrease for 15 years investigated hybrids is 4.8%. It could be reported like a serious breeding progress achieved about this trait.



Фиг. 5. Динамика за влагата в зърното за всички ФАО групи за периода 2001-2015 г.
Fig 5. Grain moisture dynamics of maize hybrids for all FAO groups (2001-2015)

На Таблица 1 са представени и стойности на перформанс индекс (P_i) по ФАО групи, които дискутирахме и в предходното проучване. Те намаляват от ранната към късната група, което е логично, като се има предвид нарастването на влагата с дължината на вегетационния период. Корелацията между тези два параметъра е отрицателна, достоверна r=– 0.94^{++} Това създава предпоставка за едновременна (тандем) селекция – висок добив – ниска влага в зърното във всички ФАО групи като шансовете са по-големи в средно-ранната (ФАО 400 – 500) и средно-късната група (ФАО 500 – 600), които бяха вече дискутирани.

On Table 1 performance index (Pi) values are presented also by FAO groups that we have discussed in the previous study. They decrease from the early to the late group, which is logical.

The Pi values and vegetation length negative correlation, is significant (r=-0.94^{++}). This creates a prerequisite of tandem selection – high yield – a low grain moisture in all FAO groups, but the chances are higher in semi early (FAO 400-500) and middle-late group (FAO 500-600), which already had been discussed.

ИЗВОДИ

1. Наблюдава се намаление на влагата в зърното за периода на изследване, с различна степен за всяка ФАО

CONCLUSIONS

1. A grain dry down is observed for the period of investigation with different rate for every FAO group – 0.26% per year for

група: 0.26% за година за група 300 – 400; 0.35% за година за група 400 – 500; 0.33% за група 500 – 600 и 0.32% за група над 600.

2. За всички групи по ФАО темпът на намаление е 0.32% за година или средно 4.8% за период от 15 г. – постигнат селекционен прогрес

3. Отрицателна корелация перформанс индекс (P_i) – вегетационния период създава условия за тандем селекция висок добив – ниска влага в зърното с по-добри шансове в средно-ранната и средно-късната група.

300-400 group; 0.35% per year for 400-500 group; 0.33% per year for 500-600 group and 0.32% per year for 600+ group.

2. For all FAO groups the dry down rate is 0.32% per years or 4.8% total for 15 years period – an achieved breeding progress.

3. The negative correlation between performance index (Pi) and vegetation period length creates conditions for tandem selection – a high yield – a low grain moisture with better chances in semi-early and middle-late groups.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Angelov, K. and St. Vulchinkov, 2009. Study on some economic characteristics of maize hybrids from different vegetation groups. I. Vegetation period and moisture at harvest. *Plant Science*, 46, 402-407 (Bg).

Cavalieri, A. I. and O. S. Smith, 1985. Grain filling and field drying of a set of maize hybrids released from 1930 to 1982. *Crop Sci.*, 25(5), 856-860.

Cross, H. Z. and K. M. Kabir, 1989. Evaluation of field dry-down rates in early maize. *Crop Sci.*, 29, 54-58.

De Jader, B., Z. Roux and H. C. Kühn, 2004. An evaluation of two collections of South African maize (Zea mays L.) germplasm. 2. The genetic basis of dry-down rate. *South African Journal of Plant and Soil*, vol. 21, 120-122.

Duvick, D., 2005. The contribution of breeding to yield advances in maize (Zea mays). *Adv. Agronomy*, 86: 83-145.

Jugenheimer, R. I., 1979. Corn and corn improvement. Moscow, Kolos (Ru).

Lee, E. A., B. Good, R. Chakravarty and L. Kannenberg, 2001. Corn inbred lines CG 60 and CG 62. Can. J. *Plant Sci.*, 81: 453-454.

Newton, S. D., H. A. Eagles, 1991. Development traits affecting time to low ear moisture in maize. *Plant breeding*, 106(1), 58-67.

Nielsen, R. L., 2000. Field dry down of mature corn grain. Purdue univ.

Sala, R. G., F. H. Andrade, E. L. Camadro and J. C. Cerano, 2006. QTL for grain moisture at harvest and field grain drying rate in maize (*Zea mays* L.). *Theoretical and applied genetics*, 112(3), 462-471.

Troyer, A. F. and W. B. Anbrose, 1971. Plant characteristics affecting field rate or ear corn. *Crop Sci.*, 11(4), 529-531.

Vulchinkov, St., D. Ilchovska, B. Pavlovska, K. Ivanova, 2013. Trends in productive abilities of maize hybrids from different FAO groups. *Bulgarian Journal of Agr. Sci*., 19(4), 744-749.

Vulchinkov, St. and P. Vulchinkova, 2018. Breeding progress achieved of Bulgarian maize hybrids form different vegetation groups. I. Grain yield , *Journal of Moutain Agriculture on the Balkans*, 21(1), 103-116.

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2018, 21 (1), 128-136
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan
ISSN 1311-0489 (Print)
ISSN 2367-8364 (Online)

Проучване влиянието на водния стрес при самоопрашени линии и хибриди царевица

Пенка Вълчинкова

Институт по царевицата, 5835 Кнежа, България

Study of the water stress impact on inbred maize lines and hybrids

Penka Vulchinkova

Maize Research Institute, 5835 Knezha, Bulgaria
E-mail: penka_vulchinkova@abv.bg

Received: 12.04.2018 *Accepted:* 04.06.2018 *Published:* 14.06.2018

РЕЗЮМЕ

През 2007-2008 г.са проведени полски експерименти с 10 самоопрашени линии: 2487B, 2378B, 26A, Mo 17RfC, H-108, XM 4527, KC 4647, XM 4418, K 4652, XM 87136 и 7 средно късни и късни царевични хибриди: Кн 509, Кн 517, Кн 546, Кн 619, Кн 620, Кн 621 и Кн М625 при напояване и без напояване (симулиране на воден стрес).

Цел на проучването е да се направи скрининг на толерантността към водния стрес на проучените линии и хибриди при норма и стрес чрез признаци, засягащи водния режим и биометрията на стъблото. Относително по-толерантни към стреса са линиите КС 4647, Н 108 и ХМ 4418 и хибридите Кн 621 и Кн 517, характеризиращи се с нисък воден дефицит и висока относителна тургесцентност на листните тъкани. Относително по-чувствителни към засушаване са самоопрашените линии К 4652, ХМ 4527, ХМ 87136, 2487 и хибридите Кн 509, Кн 620, при които недостигът от вода е много силно изразен, както и влошения тургур на листните тъкани. Самоопрашените линии КС 4647, К 4652, 2378 и хибридите Кн 546, Кн 620 и Кн 517 са относително

SUMMARY

Field trials were carried out in 2007-2008 including 10 inbred maize lines: 2487B, 2378B, 26A, Mo 17RfC, H-108, XM 4527, KC 4647, XM 4418, K 4652, XM 87136 and 7 medium late and late maize hybrids: Kn 509, Kn 517, Kn 546, Kn 619, Kn 620, Kn 621 and Kn M625 under irrigation and without irrigation (water stress simulation).

The objective of the study was to screen water stress tolerance of the investigated lines and hybrids at normal conditions and under stress by traits affecting the water regime and biometry of the stem. Lines KC 4647, H 108 and XM 4418 and the hybrids Kn 621 and Kn 517 were relatively more stress tolerant, as they were characterized by low water deficit and high relative turgidity of leaf tissues. The inbred lines K 4652, XM 4527, XM 87136, 2487 and the hybrids Kn 509, Kn 620 were relatively more susceptible to drought as water deficit was much greatly expressed and the leaf tissues had worse turgor.

The inbred lines KC 4647, K 4652, 2378B and the hybrids Kn 546, Kn 620 and Kn 517 were relatively more stress

по-толерантни към стреса по проучените биометрични признаци: височина на растенията, брой листа, площ на прикочанния лист.

Отбраните сухоустойчиви линии и хибриди царевица могат да се използват за създаването на нов изходен материал за началните селекционни звена.

Ключови думи: хибриди, самоопрашени линии, воден дефицит, относителна тургесцентност, височина на растенията, брой листа, площ на прикочанния лист

tolerant referring the studied biometrical traits: plant height, number of leaves, ear leaf area.

The selected dry-resistant maize lines and hybrids could be used for obtaining new source material in the source selection units.

Key words: maize hybrids, inbred lines, water deficit, relative turgidity, plant height, number of leaves, ear leaf area

УВОД

Въпросът за механизмите на действие на водния стрес върху основните физиологични процеси и тези, обуславящи толерантността към суша, не е решен окончателно и продължава да е предмет на изследване. В природни условия растенията често са подложени на стрес от суша, който обикновено протича при повишени температури и висок интензитет на светлината. Наблюдаваните в последно време екстремални прояви на климата изискват бърз отговор от физиологията и селекцията на растенията за създаване на устойчиви и толерантни към воден стрес генотипове, в т. ч. и царевица (Yordanov et. al., 1984; Yordanov, 1992; Bänzinger et al., 2000; Ziyomo and Bernardo, 2013).

Целта на проучването е да се оцени реакцията на самоопрашени линии и хибриди царевица към воден стрес посредством показатели, засягащи водния режим и биометрията на стъблото при нормални условия и стрес.

INTRODUCTION

The issue of water stress mechanisms of influence on the major physiological processes and those determining the drought tolerance has not been definitely resolved and remains a subject of research. In natural conditions, plants are often subjected to drought stress, which usually occurs at high temperatures and high light intensity. The recent extreme climatic episodes require a quick response from the physiology and plant breeding for obtaining water stress resistant and tolerant genotypes, including maize (Yordanov et al., 1984; Yordanov, 1992; Bänzinger et al., 2000; Ziyomo and Bernardo, 2013).

The aim of the study was to evaluate the response of inbred maize lines and hybrids to water stress by traits affecting the water regime and biometry of the stem at normal conditions and under stress.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Полските експерименти са проведени през 2007-2008 г. по метода на латинския правоъгълник в три повторения, с реколтна парцелка 10 m^2 с 10 самоопрашени линии: 2487B, 2378B, 26A, Mo 17RfC, H-108, XM 4527, KC 4647, XM 4418, K 4652, XM 87136 и 7 средно късни и късни хибриди царевица: Кн 509, Кн 517, Кн 546, Кн

MATERIAL AND METHODS

The field trials were carried out in 2007-2008 by the method of the Latin rectangular in three replicates with crop parcel of 10 m^2 with 10 inbred maize lines: 2487B, 2378B, 26A, Mo 17RfC, H-108, XM 4527, KC 4647, XM 4418, K 4652, XM 87136 and 7 medium late and late maize hybrids: Kn 509, Kn 517, Kn 546, Kn 619, Kn 620, Kn 621 and Kn M625 under

619, Кн 620, Кн 621 и Кн М625, при напояване и без напояване (симулиране на воден стрес). Опитите са изведени по традиционната за района технология с единственото различие между тях, че при условия с напояване водният дефицит се компенсира чрез внасяне на 6 броя поливки през силно засушливата 2007 г. и 3 поливки през по-благоприятната 2008 г. Анализирани са показатели, свързани с водния режим на растенията: налична вода в листните тъкани, вода насищаща тъканите, воден дефицит и относителна тургесцентност по тегловния метод по Bozova et al. (1993).

При линиите за индикаторен лист е използван третият напълно формиран от върха надолу лист по време на изметляване, а при хибридите – прикочанния лист. Биометричните измервания са извършени върху 10 растения във всяко от повторенията съответно за височината на растенията, броя живи фотосинтезиращи листа и площта на прикочанния лист във фаза цъфтеж на метлицата.

irrigation and without irrigation (water stress simulation). The trials were carried out by the traditional technology for the region as the only difference was that under irrigation conditions the water deficit was compensated by 6-fold watering during the very dry year of 2007 and 3-fold watering during the more favourable 2008. The indicators related to the plant water regime: fresh, turgid, absolutely dry mass, available water in leaf tissues, tissue saturating water, water deficit and relative turgidity by the weighting method according Bozova et al. (1993) were analyzed.

In the lines the third fully formed leaf from the top downwards during the silking was used as an indicator leaf, while for the hybrids – the ear leaf. The biometric measurements of plant height, number of live photosynthetic leaves and the ear leaf area during the stage of silking cob were done on 10 plants from each replicate.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Недостатъчната вода в почвата и във въздуха често нарушава съотношението между приетата и транспирирана вода, поради което се нарушава водния баланс на растенията. Това се случва в резултат на по-голяма загуба на вода в процеса на транспирация и по-малко постъпваща вода от корените. Водният дефицит се изразява в проценти от съдържанието на вода до пълното насищане на тъканите и всъщност представлява недостигът на вода до пълното насищане на тъканите.

Реакцията на поносимост на проучените самоопрашени линии към обезводняване в условия без напояване (симулиране на воден стрес) е специфична за отделните генотипове (Таблица 1). Статистическата обработка на изходните данни не показва достоверни различия между вариантите с напояване и без напояване.

RESULTS AND DISCUSSION

The insufficient water in the soil and in the air often affects the ratio of absorbed and transpired water, thus disturbing the water balance of the plants. That happens as a result of the greater loss of water in the process of transpiration and less water coming from the roots. Water deficit is expressed in percentage of the water content to completely saturate the tissues and in fact represents the water shortage to the complete saturation of the tissues.

The tolerance response of the studied inbred lines to dehydration in the conditions without irrigation (water stress simulation) was specific for the individual genotypes (Table 1). There is no significant difference between entries under irrigation and without irrigation.

Таблица 1. Воден дефицит на листни тъкани от самоопрашени линии царевица при напояване и без напояване (симулиране на воден стрес)
Table 1.Water deficit of leaf tissues of maize inbred lines at irrigation and without irrigation (water stress simulation)

Самоопрашени линии Inbred lines		Налична вода в тъканите Available water in tissues (g)	Вода насищаща тъканите Saturating tissues water (g)	Воден дефицит Water deficit (%)	Относителна тургесцентност Relative turgidity (%)
без напояване / without irrigation					
1.	2487B	0,7140	0,7945	10,13	89,87
2.	2378B	0,7080	0,7810	9,34	90,66
3.	26A	0,7490	0,8255	9,26	90,74
4.	Mo 17RfC	0,7770	0,8535	8,96	91,04
5.	H 108	0,6360	0,6920	8,09	91,91
6.	XM 4527	0,7250	0,8130	10,58	89,42
7.	KC 4647	0,8240	0,8925	7,68	92,32
8.	XM 4418	0,7570	0,8300	8,80	91,20
9.	K 4652	0,7280	0,8360	12,92	87,08
10.	XM 87136	0,6560	0,7315	10,33	89,67
с напояване / with irrigation					
1.	2487B	0,6990	0,7700	9,22	90,78
2.	2378B	0,7090	0,7675	7,62	92,38
3.	26A	0,7490	0,8100	7,53	92,47
4.	Mo 17RfC	0,7590	0,8250	8,00	92,00
5.	H 108	0,7270	0,7855	7,45	92,55
6.	XM 4527	0,6860	0,7465	8,04	91,96
7.	KC 4647	0,7650	0,8025	4,67	95,33
8.	XM 4418	0,6720	0,7225	6,98	92,02
9.	K 4652	0,7450	0,8055	7,51	92,49
10.	XM 87136	0,6430	0,7140	9,95	90,05

Известно е, че самоопрашените линии са по-чувствителни към стрес от суша и термичен стрес, особено през експерименталната 2007 г., характеризираща се като силно неблагоприятна в това отношение. Много високите летни температури през критичната фаза (цъфтеж на метлицата), ниската относителна влажност на въздуха и недостатъчното количество паднали валежи наложиха бързо понижаване на почвената влажност под 70% за къси интервали от време (5-7 дни) и съответно увеличаване броя на внесените поливки. През 2008 г. условията за отглеждане относно температурата, относителната влажност и сумата на валежите (308,4 l/m^2) бяха в по-благоприятно съчетание, което доведе до по-добри компенсационни ефекти и намален брой поливки. Резултатите от таблицата сочат, че в условия на воден

It is known that inbred lines are more susceptible to drought stress and heat stress, especially during the experimental 2007, characterized as very unfavorable in this respect. The very high summer temperatures during the critical stage (silking), the low relative air humidity and the insufficient amount of rainfall resulted in the quick reduction of soil moisture below 70% for a short period of time (5-7 days) and respectively increasing the numbers of the watering.

In 2008 the growing conditions concerning temperatures, relative humidity and rainfalls (308.4 l/m^2) were more favorable that led to better compensation effects and reduced number of watering. The results in the table reveal that under the conditions of стрес (без напояване) относителна устойчивост проявяват самоопрашените линии КС 4647 (ВД 7,68%), ХМ 4418 (ВД 8,80%), Н 108 (ВД 8,08%). Те се характеризират с най-нисък воден дефицит на листните тъкани по време на стрес и в потвърждение на това е тяхната висока тургесцентност – съответно ОТ: 92,32%; 91,20%; 91,19%). Най-чувствителна към засушаване според приложения скрининг е линията К 4652, която има най-висок ВД (12,92%) и доста ниска относителна тургесцентност (87,08%). С относителната чувствителност към засушаване са линиите ХМ 4527, ХМ 87136 и 2478В с воден дефицит около 10%. При напояване се наблюдава намаляване на количеството вода, насищаща листните тъкани, понижава се водния дефицит и се подобрява тургура на листата на проучените линии. С добра стрестолерантност при условия с напояване се отличават линиите КС 4647 и ХМ 4418, като показват най-нисък воден дефицит и се проявяват като стабилни по отношение на този признак при промяна на условията на средата. Интересна е реакцията на К 4652, която при стрес е с висока чувствителност, а при подобряване на водния режим повишава толерантността си към стреса с понижаване на водния дефицит. Това е типичен пример за демонстриране относителността на устойчивостта на растенията, т.е. при едни условия организмите са устойчиви, а при други – не. Това означава, че при относителната устойчивост структурните и функционални изменения имат динамичен характер (Udovenko, 1976; Gulyaev, 1995). Почти не променят водния си дефицит линиите 2487 и ХМ 87136 (ВД около 9-10%) като запазват по-висока чувствителност и при напояване. Може да се направи заключението, че независимо от генотипно обусловените реакции при стрес се наблюдава тенденция на повишаване на ВД и понижаване на относителната тургесцентност, докато при напояване е налице обратната зависимост, т.е. растенията изпитват по-малък недостиг на вода и са в по-добро тургурно и физиологично състояние.

В Таблица 2 са представени

water stress (without irrigation), the inbred lines KC 4647 (WD 7.68%), XM 4418 (WD 8.80%), N 108 (WD 8.08%) showed relative resistance. They were characterized by low water deficit of the leaf tissues during stress and their high turgidity confirmed that – respectively 92.32%; 91.20%; 91.19% RT). From the screening it was found that line K 4652 was the most susceptible to drought with WD (12.92%) and quite low relative turgidity (87.08%). Lines XM 4527, XM 87136 and 2478B were relatively susceptible to drought with water deficit about 10%. Under irrigation it was observed a decrease in the amount of water saturating leaf tissues, water deficit reduction and improved turgidity of leaves of the studied lines. Good stress tolerance under irrigation had the lines KC 4647 and XM 4418 as they showed the lowest water deficit and they were stable concerning that trait when changing the environmental conditions. The response of K 4652 was of interest as it had high susceptibility under stress while with the improvement of the water regime increased its stress tolerance with the reduction of the water deficit. That’s a typical example of demonstrating the relative resistance of the plants, i.e. under certain conditions the organisms are resistant, under other conditions – they are not. That means that with the relative resistance the structural and functional changes have dynamic character (Udovenko, 1976; Gulyaev, 1995). Lines 2487 and XM 87136 (WD about 9-10%) almost did not change their water deficit as they kept higher susceptibility under irrigation too. It could be concluded that regardless of the response determined by the genotype under stress it was observed a tendency of increasing the water deficit and reducing the relative turgidity while under irrigation there was the reverse dependence, i.e. plants suffer less water deficit when they are in better turgor and physiological condition.

Table 2 presents the results for the

резултатите относно водния дефицит и относителната тургесцентност на хибриди от средно късната и късна група на зрялост. Подобно на линиите, под стресово въздействие хибридите изпитват силен воден дефицит, най-ясно изразен при Кн 620 (15,98%) и Кн 509 (15,63%). Хибридите Кн 621 и Кн 517 по-слабо се влияят от засушаването (ВД около 13%), които в случая са относително по-толерантни към стреса на фона на останалите. Хибридите, които се отличават с по-голяма адаптивност, при напояване в по-голяма степен понижават водния си дефицит, тъй като протича по-интензивно насищане на листните тъкани с вода и по-бързо и ефективно възстановяване и нормализиране на тургура на растенията. Най-ясно това е подчертано при Кн 619 (ВД – 4,3%), Кн 621 (5,13%), Кн М625 (5,98%) и Кн 509 (5,81%), които се отличават с по-висока относителна тургесцентност.

water deficit and relative turgidity of medium late and late hybrids.

Like the lines under stress impact hybrids had high water deficit, most pronounced in Kn 620 (15.98%) and Kn 509 (15.63%). Hybrids Kn 621 and Kn 517 were less affected by drought (WD about 13%) that were relatively more stress tolerant compared to the others.

The hybrids, distinguished with better adaptability, when irrigated reduce to the greater extent their water deficit as the leaf tissues were saturated with water more intensively and the plants restored back to normal their turgidity quicker and more efficiently. That was most markedly in Kn 619 (WD – 4.3%), Kn 621 (5.13%), Kn M625 (5.98%) and Kn 509 (5.81%) distinguished for their higher relative turgidity.

Таблица 2. Воден дефицит на хибриди царевица при напояване и без напояване
Table 2. Water deficit of maize hybrids at irrigation and without irrigation

Хибриди Hybrids	Налична вода в тъканите Available water in tissues (g)	Вода насищаща тъканите Saturating tissues water (g)	Воден дефицит Water deficit (%)	Относителна тургесцентност Relative turgidity (%)
без напояване / without irrigation				
1. Kn 509	0,6800	0,8060	15,63	84,37
2. Kn 517	0,6460	0,7500	13,87	86,13
3. Kn 546	0,6930	0,8080	14,23	85,77
4. Kn 619	0,7130	0,8320	14,30	85,70
5. Kn 620	0,6755	0,8040	15,98	84,02
6. Kn 621	0,7320	0,8420	13,06	86,94
7. Kn M625	0,7260	0,8540	14,99	85,01
с напояване/with irrigation				
1. Kn 509	0,7980	0,8472	5,81	94,19
2. Kn 517	0,7895	0,8520	7,34	92,66
3. Kn 546	0,8440	0,9200	8,26	91,74
4. Kn 619	0,7350	0,7680	4,30	95,70
5. Kn 620	0,8435	0,9075	7,05	92,94
6. Kn 621	0,8445	0,8902	5,13	94,86
7. Kn M625	0,8095	0,8010	5,98	94,02

Последният хибрид подобно на линията К 4652 про-меня поведението си при

The latter hybrid like K 4652 line changed its behaviour in case of changing the промяна на условията на отглеждане – от чувстви-телен при условия без напояване, той се проявява като много отзивчив при напояване като силно понижава водния си дефицит и се подобрява тургура на листните тъкани.

Височината на растенията, броя на живите фотосинтезиращи листа и листната площ също представляват интерес за проучване при стресови условия. Те са свързани с фотосинте-тичната активност на листния апарат при нормални условия и при воден стрес. Получените данни за посочени-те по-горе признаци са демонстрирани в Таблица 3, от която се вижда, че при воден стрес се намаляват величините на всички проучени признаци.

growing conditions – from susceptible under conditions without irrigation, it became very responsive when irrigated as it greatly reduced its water deficit and the leaf tissue turgidity was improved.

Plant height, the number of live photosynthetic leaves and the leaf area are also of interest to be studied under stress conditions. They are related to the photosynthetic activity of the leaf apparatus under normal conditions and under water stress. The data obtained about the above traits are presented in Table 3, from which it could be seen that the values of all studied traits went down under water stress conditions.

Таблица 3. Биометрични показатели на самоопрашени линии и хибриди царевица при условия с напояване и без напояване
Table 3. Biometric parameters of maize inbred lines and hybrids at irrigation and without irrigation

№	Генотипове Genotype	При напояване / With irrigation			Без напояване / Without irrigation		
	Самоопрашени линии Inbred lines	Височина на растенията Plant high (cm)	Брой листа Number of leaves	Площ на прико-чанния лист Ear leaf area (cm^2)	Височина на растенията Plant high (cm)	Брой листа Number of leaves	Площ на прико-чанния лист Ear leaf area (cm^2)
1.	2487B	143,5	9,8	459,9	107,0	9,4	406,2
2.	2378B	147,3	11,6	500,2	115,0	9,6	481,5
3.	26A	122,8	8,5	407,0	102,0	8,9	395,0
4.	Mo17RfC	181,5	10,5	432,7	140,0	7,2	328,3
5.	H 108	171,6	10,7	444,7	137,0	10,1	401,4
6.	XM 4527	166,5	11,4	450,6	122,4	10,5	425,7
7.	KC 4647	191,2	13,4	427,6	144,4	12,9	402,9
8.	XM 4418	166,7	11,3	440,5	122,3	10,8	382,3
9.	K 4652	170,5	11,9	473,0	124,2	10,5	439,9
10.	XM 87136	166,0	11,4	409,2	132,0	10,7	391,3
	Хибриди / Hybrids						
1.	Kn 509	224,5	14,1	639,5	200,5	13,6	518,6
2.	Kn 517	210,0	12,8	683,7	146,0	11,9	542,8
3.	Kn 546	251,5	14,9	665,8	200,0	13,2	602,7
4.	Kn 619	206,0	13,6	630,3	132,3	12,3	532,7
5.	Kn 620	246,8	14,4	685,8	189,0	11,8	599,3
6.	Kn 621	227,0	14,3	584,1	180,5	13,6	511,4
7.	Kn M625	192,0	12,6	609,2	130,8	10,5	529,7

Самоопрашената линия К 4647 се характеризира с най-голяма височина и брой листа, а линиите 2378B (500,2 cm^2 и

The inbred line KC 4647 was characterized by the greatest height and number of leaves while lines 2378B

481,5 cm^2) и К 4652 (473 cm^2 и 439,9 cm^2) са с най-голяма листна площ при нормални и стресови условия, което подчертава тяхната стабилност при промяна на условията на средата. От друга страна те в най-малка степен са засегнати от неблагоприятното въздействие на водния стрес. Хибридите Кн 546 и Кн 620 са относително устойчиви към водния стрес по проучените признаци, а относно листната площ като такъв се проявява и Кн 517.

ИЗВОДИ

Водният стрес повишава водния дефицит и понижава относителната тургесцентност на листните тъкани на изследваните линии и хибриди царевица.

Относително толерантни към воден стрес са самоопрашените линии: КС 4647, Н 108, ХМ 4418 и хибридите: Кн 621 и Кн 517, които се характеризират с нисък воден дефицит и добро тургурно състояние на листните тъкани. Относително чувствителни към стреса са линиите: К 4652, ХМ 4527, ХМ 87136, 2487 и хибридите: Кн 509, Кн 620, отличаващи се с висок воден дефицит и влошено тургурно състояние на тъканите. Със специфична реакция се отличават линията К 4652 и хибридът Кн 509, които проявяват отзивчивост към подобряване условията на средата.

Самоопрашените линии КС 4647, К 4652, 2378 и хибридите Кн 546, Кн 620 и Кн 517 проявяват относителна устойчивост към водния стрес по признаците височина на растенията, брой листа и площ на прикочанния лист.

Отбраните сухоустойчиви линии и хибриди царевица може да намерят приложение при създаването на нов изходен материал в началните селекционни етапи.

(500.2 cm^2 and 481.5 cm^2) and K 4652 (473 cm^2 and 439.9 cm^2) had the highest leave area under normal and stress conditions that revealed their stability in case of environmental conditions change. On the other hand they were the least affected by the unfavourable effect of water stress. Hybrids Kn 546 and Kn 620 were relatively resistant to water stress concerning the studied traits and for the leaf area Kn 517 also turned out to be resistant.

CONCLUSIONS

Water stress increases water deficit and reduces the relative turgidity of the leaf tissues of the studied maize lines and hybrids.

The inbred lines KC 4647, H 108, XM 4418 and the hybrids Kn 621 and Kn 517 were relatively tolerant to water stress as they were characterized by low water deficit and good turgidity of the leaf tissues. The lines K 4652, XM 4527, XM 87136, 2487 and the hybrids Kn 509, Kn 620 were relatively susceptible to stress as they were distinguished by high water deficit and deteriorated turgidity of the tissues. The line K 4652 and the hybrid Kn 509 had specific reaction as they were responsive to the improvement of the environmental condition.

The inbred lines KC 4647, K 4652, 2378 and the hybrids Kn 546, Kn 620 and Kn 517 were relatively resistant to water stress concerning the traits – plant height, number of leaves and ear leaf area.

The selected dry-resistant maize lines and hybrids could be further used for obtaining new source material in the source selection units.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Bänzinger, M., G. O. Edmeates, D. Beck and M. Bellon**, 2000. Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize”, CIMMYT, Mexico City, Mexico.
2. **Bozova, L., V. Kerin, V. Kolev, D. Mileva and T. Ilieva**, 1993. Practicum of plant physiology. pp. 24 (Bg).

3. **Gulyaev, BI.**, 1995. Physiological characteristics and productivity of different maize genotypes, *Physiology and Biochemistry of plants*, 27, 3 (Ru).
4. **Udovenko, G.**, 1976. Assessments methods of plants resistance to unfavorable environments. Kolos publishing, Leningrad (Ru).
5. **Yordanov, I.**, 1992. Photosynthesis answer of temperature stress and molecular mechanisms of its adaptation. *Plant physiology*, XVIII(4), 63-75 (Bg).
6. **Yordanov, I., S. Dilova and V. Stanev**, 1984. Forming and functional activity of photosynthesis. Sofia, BAS publishing (Bg).
7. **Ziyomo, C. and R. Bernardo**, 2013. Drought tolerance in maize: Indirect selection through secondary traits versus genome wide selection. *Crop. Science*, vol. 53, 1269-1275.

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2018, 21 (1), 137-147 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Изследване влиянието на инокулати от биопрепаратите Voodoo Juice и Tarantula върху фотосинтетичните пигменти и водния режим на два царевични хибрида

Пенка Вълчинкова[1], Валентин Савов[2,3], Константин Чакалов[3], Тодорка Попова[3], Гергана Ангелова[3], Желязко Вълчинков[4]

[1]*Институт по царевица, Кнежа, България*
[2]*Софийски университет „Св. Климент Охридски", София, България*
[3]*Ромб ООД ул. „Абоба" 1, 1606 София, България*
[4]*Институт по фуражните култури, Плевен, България*

Study of inoculants of bioproducts Voodoo Juice and Tarantula influence on the photosynthetic pigments and water regime of two maize hybrids

Penka Vulchinkova[1]*, Valentin Savov[2,3], Konstantin Chakalov[3], Todorka Popova[3], Gergana Angelova[3], Zhelyazko Vulchinkov[4]

[1]*Maize Research Institute, Knezha, Bulgaria*
[2]*Sofia University "St. Kliment Ohridski", Sofia, Bulgaria*
[3]*Romb Ltd., 1 Aboba Str., 1606 Sofia, Bulgaria*
[4]*Institute of Forage Crops, Pleven, Bulgaria*

**E-mail: penka_vulchinkova@abv.bg*

Received: 12.04.2018 *Accepted:* 22.05.2018 *Published:* 14.06.2018

РЕЗЮМЕ

Проучено е влиянието на микробиалните комерсиални препарати *Voodoo Juice* (VJ) и *Tarantula* (TRL), съдържащи щамове ризосферни бактерии с видове *Bacillus* върху пигментното съдържание и водния дефицит на царевичните хибриди Кн 435 и Кн 509. Полските двугодишни опити са проведени в Институт по царевицата - Кнежа, при условия без напояване върху слабо излужен чернозем. Схемата на опита включва 16 варианта в три повторения с големина на опитната парцелка 10 m^2. В опита са включени две контроли и шест варианта на тре-

SUMMARY

The influence of microbial commercial products *Voodoo Juice* (VJ) and *Tarantula* (TRL) containing strains from rhizosphere bacteria *Bacillus sp*. on the pigment content and water deficit of maize hybrids Kn 435 and Kn 509 was investigated. Two-year field experiments without irrigation on leached black soil (chernozem) were carried out in the Maize Research Institute - Knezha. Randomized block design includes 16 entries in 3 replications by 10 m^2. Trials included 2 controls (checks) and 6 variants with bioproducts treatment. The results pointed out specific genotype reactions regarding тиране с биопрепаратите. Резултатите сочат генотипно обусловени реакции относно съдържанието на листни пигменти. По-ясно изразени промени са установени при хибрида Кн 435. При обработване с VJ 10^7 и TRL 10^7 съдържанието на пигментите се повишава с 10,88% и 8,87% сравнено с контролата и с 8,45% и 6,48% към контрола *зеолит* съответно за първия и втория биопрепарат. Хибридът Кн 509 по-слабо се влияе от третирането с тестираните биопродукти, като известен положителен ефект се забелязва само през една от годините на проучване при използването на VJ 10^8, VJ 10^7 и TRL 10^8. Водният дефицит се понижава, подобрява се тургура и толерантността на растителните тъкани към засушаване при употребата на биопрепаратите VJ 10^7, TRL 10^7, а в отделни случаи и на VJ 10^6 и TRL 10^8.

Ключови думи: ризосферни бактерии, фотосинтетични пигменти, воден дефицит, хибриди царевица, биопрепарати

the leaf pigments content. More noticeable changes were observed for Kn 435 hybrid. After treatment with VJ 10^7 and TRL 10^7, the pigment content was increased by 10.88% and 8.87% respectively compared to the control variant, and by 8.45% and 6.48% compared to the zeolite control. The hybrid Kn 509 was less influenced after treating with the same bioproducts. A slight positive effect was observed during one of the years of the investigation.

The water deficit was decreased; the turgidity and draught tolerance of plant tissues were improved after the application of bioproducts VJ 10^7 and TRL 10^7 and in some cases – VJ 10^6 and TRL 10^8.

Key words: Rhizosphere bacteria, photosynthetic pigments, water deficit, maize hybrids, bioproducts

УВОД

Отдавна е известно, че ризосферните микроорганизми играят важна роля в растежа, развитието, храненето, устойчивостта към коренови болести и абиотичен стрес на растенията (Lugtenberg and Kamilova, 2009). Приложението на т. нар. бактериални торове има съществено значение за обогатяването на прикореновия слой на почвата с полезни микроорганизми и за подобряване условията на кореновото хранене. Те се прилагат успешно в биологичното земеделие и имат значителни предимства пред изкуствените синтетични торове като: синтезират физиологично активни биологични вещества, повишават продуктивността на фотосинтезата, подобряват водния режим, действат като антагонисти на фитопатогенни микроорганизми и повишават защитните функции на растенията (Coleman and Crossley, 1995). Счита се, че представителите на род *Bacillus* са перспективни като биоторове в резултат на проведени многогодишни изследвания и тестове на щамове от този род. Устано-

INTRODUCTION

It has long been known that rhizosphere microorganisms play an important role in growth, development, feeding, resistance to root diseases and abiotic stress of plants (Lugtenberg and Kamilova, 2009). Application of the so-called bacterial fertilizers is essential for enriching the root zone with beneficial microorganisms and improving the conditions of root nutrition. They are being successfully used in organic agriculture and have significant advantages over synthetic fertilizers: synthesize physiologically active biological substances, increase the productivity of photosynthesis, improve the water regime, act as antagonists of phytopathogenic microorganisms and enhance the protective functions of plants (Coleman and Crossley, 1995). Members of the genus Bacillus are considered promising biofertilizes based on the results of many years of research and testing of Bacillus strains. It is found that вено е, че тези бактерии проявяват положителен ефект по отношение подобряване на минералното хранене и устойчивостта към стресови и фитопатогенни фактори. Известни са множество проучвания върху повишаване добивите на различни култури растения: зеленчукови (Garsia et al., 2004); царевица и ориз (Liu et al., 2006); соя (Bai et al., 2002) и други след третирането им с щамове от род *Bacillus*.

Цел на настоящето проучване е установяване ефекта от третиране с комбинация от ризосферни бактерии, присъстващи в продуктите *Voodoo Juice* (VJ) и *Tarantula* (TRL) върху фотосинтетичните пигменти и водния дефицит на царевичните хибриди Кн 435 (ФАО 400) и Кн 509 (ФАО 500).

these bacteria show positive effect for improving mineral nutrition and resistance to stress and phytopathogenic factors. There are many studies demonstrating the yield increase of different crops: vegetables (Garsia et al., 2004); maize and rice (Xuming et al., 2006); soy (Bai et al., 2002), etc. after being treated with Bacillus strains.

The aim of this study is to demonstrate the effect of treatment with a combination of rhizosphere bacteria included in the products *Voodoo Juice* (VJ) and *Tarantula* (TRL) on the photosynthetic pigments and water deficit of maize hybrids Kn 435 (FAO 400) and Kn 509 (FAO 500).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

В опитното поле на ИЦ - Кнежа е проведен двугодишен експеримент с царевичните хибриди Кн 435 и Кн 509, представители на средноранната и среднокъсната група на зрелост по ФАО. Опитите са изведени при условия без напояване върху типичен слабо излужен чернозем и фон на торене N_8P_{10}. Схемата на опита включва три повторения и големина на опитната парцелка 10 m^2 за всеки вариант на изпитване. Микробиалните инокулати са с видове *Bacillus sp*. – ризосферни бактерии от комерсиалните препарати *Voodoo Juice* (VJ) и *Tarantula* (TRL). В състава на VJ влиза комбинация от 14 щама, а на TRL 17 щама, които са подробно описани в друга наша методика (Savov et al., 2013). Използван е минерален пълнител микронизиран зеолит, клиноптилолитов тип. Фракция <100 микрона. Инокулацията е преди сеитба с инкрустация на семената с препаратите, съдържащи минералния пълнител и слепващ агент сорбитолов ПАВ.

В състава VJ влиза комбинация от 14 щама а на TRL 17 щама, които са подробно описани в друга наша статия (Savov et al., 2013).

MATERIAL AND METHODS

A two-year experiment is conducted at the test field of the Maize Institute - Knezha with maize hybrids Kn 435 and Kn 509 – representatives of the medium early-maturing and medium late-maturing groups (FAO). The tests are carried out without irrigation on a typical slightly leached black soil (chernozem) and background of fertilization N_8P_{10}. Scheme of experience included three repetitions and size of the experimental plot 10 m^2 for each repetition. The microbial inoculates include *Bacillus sp*.– rhizosphere bacteria from commercial preparations *Voodoo Juice* (VJ) and *Tarantula* (TRL). The combinations of strains in the composition of VJ and TRL are described in details in another publication. Micronized zeolite clinoptilolite type, fraction <100 microns is used as a mineral filler. The inoculation is done before sowing; the seeds are encrusted with the preparations containing the mineral filler and sorbitol surfactant as a binding agent.

In the composition of VJ are entered 14 combinations of strains, in the TRL – 17 ones, which are definitely described in other publication of ours (Savov et al., 2013).

Вариантите на опита са следните: 1) Контрола; 2) Контрола зеолит; 3) Инокулат – VJ 10^8 CFU. g^{-1}; 4) Инокулат – VJ 10^7 CFU. g^{-1}; 5) VJ 10^6 CFU. g^{-1}; 6) Инокулат TRL 10^8 CFU. g^{-1}; 7) Инокулат TRL 10^7 CFU. g^{-1}; 8) Инокулат TRL 10^6 CFU. g^{-1}. Дозата на препарата е 70 g. kg^{-1} семена.

Съдържанието на фотосинтетичните пигменти и водния дефицит на листните тъкани са определени по методиката на Bozova et al. (1993).

За анализ са използвани проби от прикочанния лист на хибридите по време на цъфтежа на метлицата за всеки вариант на изпитване. Пластидните пигменти са определени колометрично чрез екстракция с ацетон, а водния дефицит на листните тъкани – по тегловния метод. Съдържанието на пластидни пигменти е изчислено по следните формули и са превърнати в mg/g:

Хл. „а“ = 10,3 х E663 - 0,918 х E644
Хл. „б“ = 19,7 х E644 – 3,87 х E663
Хл. „а+б“ = 6,4 х E663 + 18,8 х E644
Каротини (К) =4,75 х E440 – 0,226 х (А+Б)

The scheme of the experiment is as follows: 1) Control; 2) Control zeolite; 3) Inoculate – VJ 10^8 CFU. g^{-1}; 4) Inoculate – VJ 10^7 CFU. g^{-1}; 5) VJ 10^6 CFU. g^{-1}; 6) Inoculate TRL 10^8 CFU. g^{-1}; 7) Inoculate TRL 10^7 CFU. g^{-1}; 8) Inoculate TRL 10^6 CFU. g^{-1}. The dose of each preparation is 70 g. kg^{-1} of seeds.

The content of photosynthetic pigments and the water deficit of leaf tissues are determined according to the methods of Bozova et al. (1993).

Samples for analysis are taken from the ear leaves of each variant during the flowering of the tassel. Plastid pigments are determined colourimetrically by extraction with acetone, and water deficit of leaf tissues is determined by weighing.

Plastid pigments content is calculated by following formulae:

Chlorophyll „a“ = 10.3 x E663 – 0.918 x E644
Chlorophyll „b“ = 19.7 x E644 – 3.87 x E663
Chlorophyll „a+b“ = 6.4 x E663 + 18.8 x E644
Carotines = 4.75 x E440 – 0.226 x (a + b)

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

След факторите, влияещи върху фотосинтетичната активност на царевичните растения, съществена роля има съдържанието на пластидни пигменти в асимилиращите органи. Известно е, че пигментното съдържание се влияе от интензивността и спектралния състав на светлинната енергия, топлинния и водния режим, минералното хранене и други външни фактори.

В настоящето проучване вниманието е насочено към установяване на промени в пигментното съдържание в зависимост от различни варианти на третиране на царевичните хибриди с инокулати с видове *Bacillus*, съдържащи ризосферни бактерии от комерсиалните препарати VJ и TRL. Данни за съдържанието на пигменти по години и средно от тях спрямо контролата и контрола зеолит за хибрида Кн 435 са показани в Таблица 1.

RESULTS AND DISCUSSION

The content of plastid pigments in assimilating organs has a significant role among the factors affecting the photosynthetic activity of maize plants. It is known that pigment content is influenced by the intensity and spectral composition of light energy, heat and water regime, mineral nutrition and other external factors.

The present study is focused on determining the changes in pigment content depending on the treatment of maize hybrids with *Bacillus* inoculates containing rhizosphere bacteria from the commercial products *Voodoo Juice* and *Tarantula*. Data about the pigment content for the individual years and the average of them relative to the control and zeolite control for hybrid Kn 435 are shown in Table 1.

Таблица 1. Влияние на ризосферната микрофлора, използвана в проучването върху фотосинтетичните пигменти на царевичния хибрид Кн 435
Table 1. Influence of studied rhizosphere microflora on the photosynthetic pigments of maize hybrid Kn 435

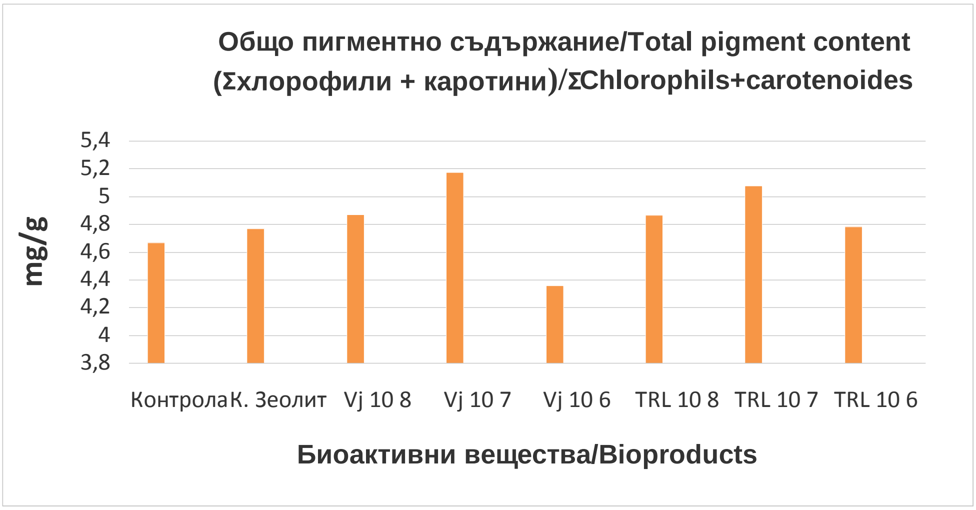
Варианти БАВ Variants BAS	Фотосинтетични пигменти / Photosynthetic pigments (mg/g)			
	хлор. „а“ chl. „a“	хлор. „b“ chl. „b“	Σхлор. „a+b“ Σ chl. „a+b“	каротини carotenes
Контрола 2010 Control 2010	3,42	1,42	4,84	0,299
Контрола 2011 Control 2011	2,47	1,43	3,90	0,292
1. Средно/Average	**2,94**	**1,425**	**4,37**	**0,295**
Kontr. zeolite 2010	3,47	1,36	4,83	0,302
Kontr. zeolite 2011	3,05	1,10	4,15	0,238
2. Средно/Average	**3,26**	**1,23**	**4,49**	**0,280**
Vj 10^8 2010	3,96	1,59	5,55	0,339
Vj 10^8 2011	2,54	1,13	3,67	0,218
3. Средно/Average	**3,24**	**1,36**	**4,60**	**0,278**
Vj 10^7 2010	4,28	1,78	6,06	0,340
Vj 10^7 2011	2,72	1,07	3,79	0,156
4. Средно/Average	**3,50**	**1,425**	**4,925**	**0,248**
Vj 10^6 2010	3,34	1,42	4,76	0,291
Vj 10^6 2011	2,44	1,01	3,45	0,212
5. Средно/Average	**2,89**	**1,215**	**4,105**	**0,251**
TRL 10^8 2010	3,86	1,61	5,47	0,331
TRL 10^8 2011	2,53	1,17	3,70	0,232
6. Средно/Average	**3,19**	**1,39**	**4,58**	**0,281**
TRL 10^7 2010	4,34	1,78	6,12	0,379
TRL 10^7 2011	2,47	1,06	3,53	0,130
7. Средно/Average	**3,40**	**1,42**	**4,82**	**0,254**
TRL 10^6 2010	3,76	1,54	5,30	0,314
TRL 10^6 2011	2,70	1,08	3,78	0,169
8. Средно/Average	**3,23**	**1,31**	**4,54**	**0,241**

През първата година на проучването са отбелязани по-високи стойности на съдържанието на хл. „а”, хл. „б” и каротините. Резултатите относно средното от двете години съдържание сочат, че третирането с VJ 10^7 и TRL 10^7 в най-голяма степен влияе положително върху синтезата на фотосинтетичните пигменти. Тоест превишенията спрямо контролата и контрола зеолит при хл. „а” за VJ 10^7 съответно са: 19,2% и 7,36%, а за сумата от хл. „а” + хл. „б” – 12,70% и 9,68%. Влиянието на обработването с TRL 10^7 съответно води до превишение над контролата и контрола зеолит за хл. „а” с 15,65% и 4,29%; за хл. „а+б” – 10,3%

During the first year of the study the content of chlorophyll "a", chlorophyll "b" and carotenes is higher. The results for the average content of the two years indicate that the treatment with VJ 10^7 и TRL 10^7 has the strongest positive influence on the synthesis of photosynthetic pigments. In other words, the increase above the control and zeolite control in the case of chlorophyll "a" for VJ 10^7 are 19.2% and 7.36% respectively, and 12.70% and 9.68% – for the sum of chlorophyll "a+b". The influence of TRL 10^7 treatment leads to an increase of chlorophyll "a" by 15.65%

и 7,35%. Съдържанието на каротини на хибрида Кн 435 е по-ниско спрямо контролата и контролата зеолит. Още по-ясна представа относно ефекта от третиране с различните концентрации VJ и TRL се получава от общото съдържание на пигментите (зелени + жълти), отразено чрез резултатите, посочени на Фигура 1. Графичното изображение показва гореспоменатата тенденция, според която приложението на VJ 10^7 и TRL 10^7 е най-удачно да се използва поради най-ясно изразения благоприятен ефект върху повишаване общото съдържание на фотосинтетичните пигменти на хибрида Кн 435. Изразено в % спрямо контролата средното общо пигментно съдържание при третиране с VJ 10^7 и TRL 10^7 е по-високо с 10,88% и 8,87%. Спрямо контрола зеолит повишението съответно е: 8,45% и 6,47% за VJ 10^7 и TRL 10^7.

and 4.29% compared to the control and zeolite control respectively, and for the sum of chlorophyll "a + b" – 10.3% and 7.35%. Even clearer picture of the effect of treatment with various concentrations VJ and TRL is obtained from the results about the total content of pigments (green + yellow) shown in Figure 1. The graphic image shows the above mentioned tendency – that the application of VJ 10^7 and TRL 10^7 is the most appropriate to use because of its pronounced positive effect on increasing the total content of photosynthetic pigments of hybrid Kn 435. Expressed in %, the average total pigment content after treatment with VJ 10^7 and TRL 10^7 is 10.88% and 8.87% higher than that of the control. Compared to the zeolite control, the increase is 8.45% and 6.47% for VJ 10^7 and TRL 10^7.



Фиг. 1. Влияние на проучените биоактивни вещества върху общото пигментно съдържание на царевичния хибрид Кнежа 435
Fig. 2. Influence of studied bioactive substances on the total pigment content of maize hybrid Kn 435

В Таблица 2 са представени резултатите относно влиянието на ризосферната микрофлора върху фотосинтетичните пигменти на хибрида Кн 509. При този хибрид се наблюдава специфична реакция, която показва по-ниско пигментно съдържание на вариантите на третиране спрямо двете контроли. Не се забе-

The results about the influence of the rhizosphere microflora on photosynthetic pigments of hybrid Kn 509 are shown in Table 2. A specific reaction is observed for this hybrid, showing a lower pigment content for the BAS-treated variants compared to the two controls. There are no significant лязват съществени различния между двете контроли по отношение на общото пигментно съдържание, изразено средно от двете години. През първата година от проучването са установени по-високи стойности на общото съдържание в случаите на третиране с VJ 10^8 (4,58%), VJ 10^7 (4,01%) и TRL 10^8 (2,00%) спрямо контролата. Отнесено към контролата със зеолит ефект на повишаване на съдържанието на пигмент се установява при прилагане на VJ 10^8 (10,47%), VJ 10^7 (9,87%) и TRL 10^8 (7,73%) през първата година на изследване. Резултатите относно съдържанието на каротини показват по-ниско такова спрямо двете контроли при хибрида Кн 509.

differences between the two controls with respect to the total pigment content, expressed as an average of the two years. In the first year of the study higher values for the total content are determined in the cases of treatment with VJ 10^8 (4.58%), VJ 10^7 (4.01 %) and TRL 10^8 (2.00%) compared to the control.

In comparison with the zeolite control, there is an increase of pigment content after application of VJ 10^8 (10.47%), VJ 10^7 (9.87%) and TRL 10^8 (7.73%) in the first year of study.

Таблица 2. Влияние на ризосферната микрофлора, използвана в проучването върху фотосинтетичните пигменти на царевичния хибрид Кн 509
Table 2. Influence of studied rhizosphere microflora on the photosynthetic pigments of maize hybrid Kn 509

Варианти БАВ Variants BAS	Фотосинтетични пигменти Photosynthetic pigments (mg/g)			
	хлор. „a“ chl. „a“	хлор. „b“ chl. „b“	Σхлор. “a+b“ Σ chl. „a+b“	каротини carotenes
Контрола/Control 2010	3,50	1,18	4,68	0,251
Контрола/Control 2011	3,09	1,25	4,34	0,254
1. Средно/Average	**3,295**	**1,215**	**4,51**	**0,252**
Kontr. zeolite 2010	3,15	1,25	4,40	0,268
Kontr. zeolite 2011	3,17	1,36	4,53	0,265
2. Средно/Average	**3,16**	**1,31**	**4,47**	**0,266**
Vj 10^8 2010	3,48	1,42	4,90	0,257
Vj 10^8 2011	2,30	1,09	3,39	0,179
3. Средно/Average	**2,89**	**1,26**	**4,15**	**0,218**
Vj 10^7 2010	3,46	1,41	4,87	0,259
Vj 10^7 2011	2,23	1,08	3,31	0,180
4. Средно/Average	**2,845**	**1,245**	**4,09**	**0,220**
Vj 10^6 2010	2,97	1,23	4,20	0,216
Vj 10^6 2011	2,98	1,32	4,30	0,249
5. Средно/Average	**2,975**	**1,275**	**4,25**	**0,232**
TRL 10^8 2010	3,36	1,40	4,76	0,269
TRL 10^8 2011	2,78	1,26	4,04	0,216
6. Средно/Average	**3,07**	**1,33**	**4,40**	**0,242**
TRL 10^7 2010	3,04	1,24	4,28	0,245
TRL 10^7 2011	3,23	1,16	4,39	0,218
7. Средно/Average	**3,135**	**1,20**	**4,345**	**0,232**
TRL 10^6 2010	2,86	1,33	4,19	0,220
TRL 10^6 2011	2,41	1,04	3,45	0,192
8. Средно/Average	**2,635**	**1,185**	**3,82**	**0,206**

Данните относно средното от двете години общо пигментно съдържание на хибрида Кн 509 след третирането с биопрепаратите са изобразени на графи-

The data for the average total pigment content of hybrid Kn 509 after treatment with the bio preparations are ката от Фигура 2. Ясно личи, че шестте варианта на изпитване с VJ и TRL са с по-ниско общо пигментно съдържание. Същевременно по-добър ефект на третиране се забелязва при VJ 10^6 от трите използвани концентрации, а за TRL – TRL 10^8.

Може да се направи заключението, че са установени генотипно обусловени реакции по отношение пигментното съдържание на проучените хибриди, като по-ясно изразени положителни промени са отбелязани при средноранния хибрид Кн 435.

depicted on Figure 2. It is obvious that the six variants of treatment with VJ and TRL have lower total pigment content. Between the three applied concentrations of VJ and TRL, the best effect has VJ 10^6 and TRL 10^8.

It can be concluded that the studied hybrids show genotypically determined reactions regarding their pigment content, and the positive changes are more pronounced in the case of the medium early hybrid Kn 435.

Фиг. 2. Влияние на проучените биоактивни вещества върху общото пигментно съдържание на царевичен хибрид Кнежа 509

Fig. 2. Influence of studied bioactive substances on the total pigment content of maize hybrid Kn 509

За изучаване реакцията на хибридите към абиотичен стрес и установяване ефекта от третиране е проучен водния дефицит на листните тъкани на хибридите Кн 435 и Кн 509 по време на критичната към засушаване фаза цъфтеж на метлицата. Резултатите от експеримента са представени в Таблица 3.

The water deficit of leaf tissues of hybrids Kn 435 and Kn 509 has been studied during the tassel flowering phase which is critical regarding drought in order to study the reaction of hybrids to abiotic stress and to determine the effect of treatment with BAS. The results of the experiment are presented in Table 3.

Таблица 3. Влияние на ризосферната микрофлора, използвана в проучването, върху водния дефицит на листни тъкани на царевичните хибриди Кн 435 и Кн 509 (фаза цъфтеж на метлицата)

Table 3. Influence of studied rhizosphere microflora on the water deficit of leaf tissues of maize hybrids Kn 435 and Kn 509 (in the flowering phase of the tassel)

Варианти БАВ / Variants BAS	Кнежа 435 / Knezha 435		Кнежа 509 / Knezha 509	
	Воден дефицит Water deficit (%)	Относителна тургесцентност Relative turgescence (%)	Воден дефицит Water deficit (%)	Относителна тургесцентност Relative turgescence (%)
Control 2010	8,36	91,64	7,78	92,22
Control 2011	8,74	91,26	-	-
1. Средно/Average	**8,55**	**91,45**	**7,78**	**92,22**
Kontr. zeolite 2010	8,96	91,04	7,82	92,18
Kontr. zeolite 2011	5,33	94,47	-	-
2. Средно/Average	**7,14**	**92,75**	**7,82**	**92,18**
Vj 10^8 2010	10,64	89,36	9,37	90,63
Vj 10^8 2011	9,03	90,97	-	-
3. Средно/Average	**9,83**	**90,16**	**9,37**	**90,63**
Vj 10^7 2010	7,82	92,18	7,03	92,97
Vj 10^7 2011	4,20	95,80	-	-
4. Средно/Average	**6,06**	**93,99**	**7,03**	**92,97**
Vj 10^6 2010	6,35	93,65	9,94	90,06
Vj 10^6 2011	6,94	93,06	-	-
5. Средно/Average	**6,65**	**93,35**	**9,94**	**90,06**
TRL 10^8 2010	7,43	92,57	9,28	90,72
TRL 10^8 2011	13,14	86,86	-	-
6. Средно/Average	**10,28**	**89,72**	**9,28**	**90,72**
TRL 10^7 2010	5,76	94,24	8,75	91,25
TRL 10^7 2011	9,71	90,29	-	-
7. Средно/Average	**7,73**	**92,27**	**8,75**	**91,25**
TRL 10^6 2010	8,54	91,41	8,38	91,62
TRL 10^6 2011	7,20	92,80	-	-
8. Средно/Average	**7,87**	**92,12**	**8,38**	**91,62**

Воден дефицит е недостигът на вода до пълно насищане на клетките. Той се изразява в проценти от съдържанието на водата при пълно насищане на листните тъкани. Най-нисък воден дефицит и най-висока относителна тургесцентност на хибрида Кн 435 са отбелязани при третиране с VJ 10^7 (II-ра година – 4,20%) и TRL 10^7 (I-ва година – 5,76%), което предполага, че в тези случаи относителната стрестолерантност към засушаване е по-

Water deficit is the shortage of water until complete saturation of the cells. It is expressed in percentage from the water content during complete saturation of leaf tissues. The lowest water deficit and the highest relative turgescence for hybrid Kn 435 are determined in the cases of treatment with VJ 10^7 (II-nd year – 4.20 %) and TRL 10^7 (I-st year – 5.76 %), which implies that in these cases the relative stress tolerance to drought is higher compared to controls.

висока в сравнение с контролите. С най-нисък воден дефи-цит средно от двете години са VJ 10^7 и TRL 10^7. Прави впечатление, че водният дефицит при използване на VJ 10^6 и TRL 10^6 средно от двете години не се различава съществено от този на гореспоменатите микробиални препарати, но за предпочитане и с по-добър ефект са VJ 10^7 и TRL 10^7. При хибрида Кн 509 е установен по-нисък воден дефицит и по-добър ефект относно повишаване относителната устойчивост към засушаване при третиране също с VJ 10^7 (7,08%) и TRL 10^6 (8,38%).

The lowest water deficit average from the two years is reported when VJ 10^7 and TRL 10^7 are used. It is noteworthy that the water deficit when using VJ 10^6 and TRL 10^6 is not significantly different (average from the two years) from that of the aforementioned microbial preparations, but VJ 10^7 and TRL 10^7 are preferable due to their better effect. For hybrid Kn 509 a lower water deficit and better effect on increasing the relative resistance to drought are also determined after treatment with VJ 10^7 (7.08 %) and TRL 10^6 (8.38%).

ИЗВОДИ

Имайки предвид получените резултати считаме, че установените генотипно обусловени реакции при двата хибрида са:

- Общото пигментно съдържание на хибрида Кн 435 се повишава при третиране с VJ 10^7 и TRL 10^7 спрямо контролата с 10,88% и 8,87%, а спрямо контрола зеолит с 8,45% и 6,48%.
- При хибрида Кн 509 не се наблюдава повишаване на пигментите (средно за периода на изпитване). Известен положителен ефект се забелязва само през първата година на изследване – след третиране VJ 10^8, VJ 10^7 и TRL 10^8.

Водният дефицит се понижава, подобрява се тургура и толерантността към засушаване на растителните тъкани на хибридите при употребата на инокулатите VJ 10^7, TRL 10^7, а в отделни случаи и на VJ 10^6 и TRL 10^8.

CONCLUSIONS

Considering the results obtained, we conclude that both hybrids show genotypically determined reactions:

- The total pigment content of hybrid Kn 435 is increased by treatment with VJ 10^7 and TRL 10^7 by 10.88% and 8.87% compared to the control, and by 8.45% and 6.48% compared to the zeolite control.
- There is no pigment content increase for hybrid Kn 509 (average for the whole study period). A slight positive effect is noticed only during the first year of study – after treatment with VJ 10^8, VJ 10^7 and TRL 10^8.

The water deficit is reduced, the turgor and drought tolerance of plant tissues are increased when using the bio preparations VJ 10^7, TRL 10^7, and in some cases – VJ 10^6 and TRL 10^8.

БЛАГОДАРНОСТИ

Това изследване е осъществено с подкрепата на Advanced Nutrients Ltd, Canada.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research is conducted with the support of Advanced Nutrients Ltd., Canada

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Bai Yuming, Frederic D' Aoust, S. Donald and B. Driscoll**, 2002. Isolation of plant-growth-promoting Bacillus strains from soybean root nodules. *Can. J. Microbiol*, 48(3), 230-238.

2. **Bozova, L., V. Kerin, V. Kolev, D. Mileva and T. Ilieva**, 1993. Practicum of plant physiology, pp. 24 (Bg).

3. **Garsia Lucas, J. A. Probanza, A. Ramos, B. Ruiz Palomino, M. Gutierrez F. J. Manero**, 2004. Effect of inoculation of Bacillus licheniformis on tomato and peper. *Agronomie*, 24(4), 169-176.

4. **Goleman D. C. and D. A. Crossley**, 1995. Fundamentals of soil ecology. *Academic Press*, San Diego.

5. **Lugtenberg, B. and F. Kamilova**, 2009. Plant-Growth Promoting Rhizobacteria. *Annual Review of Microbiology*, vol. 63, 541-556.

6. **Savov, V., S. Bratkova, P. Vulchinkova, K. Chakalov, T. Popova and G. Angelova**, 2013. Investigation of the influence of rhizospheric bacteria Bacillus sp. on the yield and quality of maize hybrids Кп 435 и Кп 509. *Rastenievadni nauki*, 50, 25-30 (Bg).

7. **Xuming Liu, Hongxing Zhao and Sanfeng Chen**, 2006. Colonization of maize and Rice Plants by Strain Bacillus megaterium. *Current Microbiology,* 52(3), 186-190.

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2018, 21 (1), 148-157 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Изменение на добива на енергия и биоенергетическия коефициент при хибриди Кн-307 и Кн-435, в зависимост от условията на отглеждане

Люба Глогова*, Монко Нанков, Пенка Вълчинкова

Институт по царевицата, 5835 Кнежа, България

Change in energy yield and bioenergy coefficient for Kn-307 and Kn-435, depending on growing conditions

Luba Glogova*, Monko Nankov, Penka Vulchinkova

Maize Research Institute, 5835 Knezha, Bulgaria
**E-mail: lubaglogova@abv.bg*

Received: 13.04.2018 *Accepted:* 26.04.2018 *Published:* 09.07.2018

РЕЗЮМЕ

Проучването, е направено през периода 2014-2016 г. в опитното поле на Институт по царевицата - Кнежа. Обект на изследване са хибридите: Кн-307 от група 200-400 по ФАО и гъстота 6500-7000 р/da и Кн-435 от група 400-500 по ФАО и гъстоти 6000-6500 р/da.

Царевицата е отглеждана при контролен вариант без торене (T_0) и две нива на торене: $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ (T_1) и $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ (T_2). Приложена е възприетата за района агротехника.

За хибрид Кн-307 и гъстота 6500 р/da, минералното торене увеличава добива на енергия с 27-26%, съответно за варианти : $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ и $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ и с 33% в резултат на двете дози тор T_1 и T_2 и гъстота 7000 р/da. При двете нива на торене T_1 и T_2 и двете гъстоти 6000-6500 р/da за хибрид Кн-435, добивът на енергия е в повече с 30-33%, в сравнение с контролата T_0. Средно за периода при торене с $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ биоенергетическият коефициент за хибрид Кн-307 се изменя от 3,6 до 4,2. За удвоената доза тор $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$, този

SUMMARY

The study was done in the period 2014-2016 in the experimental field of the Institute of Maize - Knezha. The subject of the study are hybrids: Kn-307 group 200-400 per FAO and a density of 6500-7000 p/da and Kn-435 group 400-500 per FAO and density of 6000-6500 p/da.

The maize was grown under control without fertilization (T_0) and two fertilization levels: $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ (T_1) and $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ (T_2). The agrotechnics adapted for the region was applied.

For Kn-307 hybrid and density of 6500 p/da, mineral fertilization increased the yield of energy by 27-26% for variants T_1 and T_2 and by 33% respectively about two doses of fertilizer T_1 and T_2 and density of 7000 p/da.

At both fertilization levels T_1 and T_2 and the two densities 6000-6500 p/da for the hybrid Kn-435, the yield of energy was 30-33% more than the control (T_0).

Average for period, the fertilization with $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ the bioenergetic coefficient for the hybrid Kn-307 was changed from 3.6 to 4.2. For doubled

показател варира от 1,8 до 2,1. По години биоенергетическият коефициент, е с най-ниска стойност – 0,8 за вариант T_2 и 6500 р/da за първата година и най-висока – 5,6 за T_1 и 7000 р/da за предходната година. За Кн-435 и 6000 р/da, изследваният показател се изменя в диапазон от 4,2 до 2,3 – за единичната T_1 и удвоената доза тор T_2, а за гъстота 6500 р/da, тези стойности са 4,3 и 2,2.

Ключови думи: царевица, хибрид, торене, гъстоти, добив на енергия, биоенергетически коефициент

fertilizer $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ this indicator ranged from 1.8 to 2.1. For years, the bioenergy coefficient was with the lowest value of 0.8 for T_2 variant and 6500 p/da for the first year and the highest of 5.6 for the T_1 and 7000 p/da for the third year. For Kn-435 and 6000 p/da the survey indicator changed from 4.2 to 2.3 for the single T_1 and the double dose of fertilizerT_2, and for the density of 6500 p/da these values were 4.3 and 2.2.

Key words: maize, hybrid, fertilizer, densities, energy yield, bioenergetic coefficient

УВОД

В съвременните условия, когато възникват проблеми, свързани с икономическото използване на енергийните ресурси, се поставя въпроса за енергетическия анализ наред с икономическите и екологически показатели (Bazarov, 1983; Dikanev and Efanov, 2006). Основна задача на енергетическия анализ в земеделието е да се направи оценка на разходите по видове енергия и да се определи техния дял в производството на отделните култури. Разходите за минерално торене (особено азотни), заемат съществена част от общите енергийни разходи и като цяло влияят положително върху растениевъдното производство (Simon, 1980; Dashkova, 1991). В литературата има данни от енергийни анализи за отделни технологични елементи и цели технологии в растениевъдството (Korshunov et al., 1995). Показател за биоенергетическата ефективност, е биоенергетическия коефициент (Segetova, 1983; Glogova and Nankov 2012; Nankov and Glogova, 2012).

Царевицата е основна зърнено-фуражна култура за страната. Към условията на външната среда, тя е взискателна по отношение на топлината и влагата. У нас за голяма част от страната, температурните условия са благоприятни за отглеждането ú, но ограничаващ фактор обикновено са

INTRODUCTION

In the current situation, when problems related to the economic use of energy resources arise, the issue of energy analysis is raised along with the economic and environmental indicators (Bazarov, 1983; Dikanev and Efanov, 2006). The main task of the energy analysis in agriculture is to assess the expenses by type of energy and to determine their share in the production of individual crops.

Mineral fertilization costs (particularly nitrogenous), occupy a substantial part of the total energy costs and generally have a positive effect on plant production (Simon, 1980; Dashkova, 1991). In the literature there are data from energy analyzes for individual technological elements and whole technologies in plant growing (Korshunov et al., 1995). A bioenergy efficiency indicator is the bioenergy ratio (Segetova, 1983; Glogova and Nankov, 2012; Nankov and Glogova, 2012).

Maize is main grain-forage crop for the country. To the conditions of the external environment, it is demanding in terms of heat and moisture. For a large part of the country, the temperature conditions are favourable for it’s cultivation but the limiting factor is usually precipitation, that is why they are crucial валежите, поради което те са от решаващо значение (Zarkov, 2001; Koteva and Varlev, 2003). Царевицата се отличава с много голяма генетично обусловена продуктивност за реализирането на която, влияние оказват районът с характерните почвено-климатични условия и прилаганите агротехнически мероприятия, сред които с доминиращо значение е минералното торене (Toncheva et al., 2008; Nenova, 2010).

Целта на проучването е да се установи изменението на добива на енергия и биоенергетическия коефициент при хибриди Кн-307 и Кн-435, в зависимост от условията на отглеждане.

(Zarkov, 2001; Koteva and Varlev, 2003).

Maize has a very big genetically determined productivity for the implementation. The region characteristic soil and climatic conditions and implement agricultural activities, including dominant importance fertilization influence on its productivity (Toncheva et al., 2008; Nenova, 2010).

The purpose of the study is to establish the change of energy productivity and the biological coefficient in hybrids Kn-307 and Kn-435, dependening on the conditions of growing.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Проучването е направено през периода 2014-2016 г. в опитното поле на Институт по царевицата - Кнежа.

Обект на изследване са хибридите: Кн-307 група 200-400 по ФАО и гъстота 6500-7000 р/da и Кн-435 група 400-500 по ФАО и гъстоти 6000-6500 р/da.

Царевицата е отглеждана при контролен вариант без торене (T_0) и две нива на торене: $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ (T_1) и $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ (T_2). Приложена е възприетата за района агротехника. За определяне на енергийния добив, е използван енергийния еквивалент за 1 kg зърно – 14,6 MJ/kg и енергийни еквиваленти за тора: N – 77 MJ/kg, P – 14 MJ/kg и K – 10 MJ/kg (Primental, 1984). Енергийни разходи за $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ – 794 MJ/da; за $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ – 1588 MJ/da.

MATERIAL AND METHODS

The study was conducted in the period 2014-2016 in the experimental field of Maize Research Institute - Knezha.

The subject of the study is the hybrids Kn-307 group 200-400 FAO and a density of 6500-7000 p/da and Kn-435 group 400-500 by FAO a density of 6000-6500 p/da.

The maize was grown in a control variant without fertilization (T_0) and two fertilizing levels: $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ (T_1) and $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ (T_2). The agrotechnics adopted for the region was applied. For the determination of the energy yield, the energy equivalent for 1 kg grain – 14.6 MJ/kg and energy equivalents for the fertilizer: N – 77 MJ/kg; P – 14 MJ/kg and K – 10 MJ/kg (Pimental, 1984), were used. Energy costs for $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ – 794 MJ/da; for $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ – 1588 MJ/da.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

При естествена запасеност на почвата $N_0P_0K_0$ и гъстота на посева 6500 р/da, добивът на енергия от хибрид Кн-307 се изменя в границите от 9256 MJ/da до 12658 MJ/da, съответно за втората и първата година на опита (Таблица 1). При торене на царевицата с $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ изследваният показател варира по години. Подобно на контролния вариант и тук най-нисък

RESULTS AND DISCUSSION

In case of natural soil supply $N_0P_0K_0$ and seed density 6500 p/da of energy from the hybrid Kn-307 changes within the range of 9256 MJ/da to 12658 MJ/da for the second and the first year of the experiment (Table 1). When fertilizing maize with $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ the studied indicator varies in years. Like the control variant, the lowest score was established in 2015 – 12687 MJ/da, as the difference резултат е установен през 2015 г. – 12687 MJ/da, като разликата между него и този с най-висока стойност е 10%.

between it and the one with the highest value was 10%.

Таблица 1. Добив на енергия, MJ/da
Table 1. Energy yield, MJ/da

Варианти Variants	2014	2015	2016	Средно Average	% към T_0 % to T_0	CV %
Кн-307/6500 p/da Kn-307/6500 p/da						
$N_0P_0K_0$	12658	9256	10147	10687	100	13
$N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$	13928	12687	14016	13544	127	4
$N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$	13958	12921	13607	13495	126	3
Средно/Average	13515	11621	12590			
CV%	4	14	14			
Кн-307/7000 p/da Kn-307/7000 p/da						
$N_0P_0K_0$	11198	9037	9957	10064	100	9
$N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$	13359	12571	14381	13437	133	6
$N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$	13607	13067	13432	13369	133	2
Средно/Average	12721	11558	12590			
CV%	8	15	15			
Кн-435/6000 p/da Kn-435/6000 p/da						
$N_0P_0K_0$	10906	10249	11359	10838	100	4
$N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$	13563	14016	15009	14196	131	4
$N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$	14279	14016	15038	14444	133	3
Средно/Average	12916	12760	13802			
CV%	11	14	12			
Кн-435/6500 p/da Kn-435/6500 p/da						
$N_0P_0K_0$	11651	11330	11169	11383	100	2
$N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$	13534	14775	16133	14814	130	7
$N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$	14133	14936	15651	14907	131	3
Средно/Average	13106	13680	14318			
CV%	7	12	16			

От направените изчисления за средния добив на енергия при това ниво на торене, стойността му е 13547 MJ/da. В сравнение с контролния вариант T_0, тази величина е в повече с 27%. Данните убедително показват, че увеличаването на тоновата норма два пъти – от $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ на $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ не води до същата степен на увеличаване на добива на енергия. Числената стойност на този показател се изменя по години в границите от

From the calculations for the average energy yield at this level of fertilization, its value was 13547 MJ/da. Compared to the control variant T_0, this value was 27% more. The data convincingly show that increasing the fertilizer rate twice – from $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ to $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$, does not lead to the same degree of increase in energy yield. The numeric value of this metric varies from year to year in the range of 12921 MJ/da for 2015 to 13958 MJ/da for 2014. The average of the studied period, 12921 MJ/da за 2015 г. до 13958 MJ/da за 2014 г. Средно за проучвания период спрямо варианта без употреба на минерален тор, добивът на енергия е в повече с 26%. Разликата между двете дози тор е минимална – 1%. Ефектът от същата доза тор T_2 е най-голям – 39% през втората експериментална година. Средно от всички варианти на отглеждане на царевицата с най-голям добив на енергия от 13515 MJ/da, се отличава 2014 г. Средно от трите години на проучването, коефициентът на вариране е с най-голяма стойност при отглеждане на царевицата без торене, съответно CV=13%. За двете нива на торене T_1 и T_2 този показател е CV=4% и CV=3%. Средно от контролния вариант T_0 и двете комбинации тор T_1 и T_2 варирането на добива на енергия, е най-малко CV=4% за 2014 г. За следващите две години този показател се характеризира с еднакви стойности CV=14%.

При отглеждане на царевицата при естествена запасеност на почвата $N_0P_0K_0$ и гъстота 7000 p/da, добивът на енергия при хибрид Кн-307 е най-голям 11198 MJ/da за първата година от проучването и най-малък 9037 MJ/da за втората година. Използването на минерален тор в съотношение $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ оказва различно влияние върху добива на енергия през отделните години. Този показател се изменя в границата от 12571 MJ/da за 2015 г. до 14381 MJ/da за 2016 г. Увеличението на добива на енергия в резултат от единичната доза тор T_1 е 44% за третата година на изследването. Данните в Таблица 1 показват, че действието на удвоената доза тор $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ не се различава съществено от това на единичната торова норма $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$. Торенето с $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ увеличава добива на енергия спрямо контролния вариант, съответно с 21%, 44% и 35%. В сравнение с използването на по-ниската доза тор ефекта от торенето с $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ е 2% и 4% за първата и

compared to the non-fertilizer variant, the energy yield is 26% higher.

The difference between the two fertilizer doses is minimal – 1%. The effect of the same T_2 fertilizer is 39% in the second experimental year. On average all cultivation variants for maize with the highest energy yield of 13515 MJ/da was in 2014. On the average of the three years of the study, the coefficient of variation has the highest value in non-fertilizing maize, respectively CV=13%.

For both fertilization levels T_1 and T_2 this indicator is CV=4% and CV=3%. On average, from the control variant T_0 and the two combinations of fertilizer T_1 and T_2, the variation in energy yield is the least CV=4% for 2014. For the next two years, this indicator is characterized by the same values CV=14%.

When growing maize under natural soil supply $N_0P_0K_0$ and a density of 7000 p/da, yields of energy from the hybrid Kn-307 is the highest 11198 MJ/da for the first year of the study and the smallest 9037 MJ/da for the second year. The use of mineral fertilizer in the $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ proportion has different impacts on energy yield in individual years.

This indicator changes in the range from 12571 MJ/da for 2015 to 14381 MJ/da for the 2016. The increase in energy yield as a result of a single T_1 fertilizer dose is 44% for the third year of the study. The data in Table 1 show that the action of the double dose of fertilizer T_2 does not differ significantly from that of the single fertilizer T_1.

Fertilization with $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ increases the yield of energy compared to the control variant, respectively 21%, 44% and 35%. Compared to the lower fertilizer use, the effect of fertilization with $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ is 2% and 4% for the first and second year of the experiment and втората година от провеждане на опита, а за третата година, разликата от 7% е в полза на единичната торова норма T_1. Средно за периода на изследване, действието и на двете дози тор е 33% в сравнение с варианта без употреба на минерален тор.

Коефициентът на вариране на проучвания показател е с най-голяма стойност през 2015 г. и 2016 г. – CV=15%. Средно за трите години от извеждане на опита за отделните варианти, тази величина има стойности както следва: CV=9% за контролата T_0; CV=6% за торене с $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ и CV=2% за $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$.

Хибрид Кн-435 е отглеждан при гъстоти 6000 p/da и 6500 p/da. При отглеждане на царевицата без употреба на минерален тор, добивът на енергия е по-голям при гъстота на посева 6500 p/da. Разликата по години е 7% и 10% за първите две години на опита, а за третата – 2% в полза на по-малката гъстота. Торенето на царевичните растения с $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ изменя проучвания показател от 13563 MJ/da за 2014 г до 15009 MJ/da. Ефектът от тази торова норма е 37% за втората експериментална година. От посочените данни се вижда, че средно за периода, увеличението в резултат на торенето е 31%. При гъстота 6500 p/da, действието на същата комбинация тор е по-добре изразено. Разликата в сравнение с контролния вариант е в диапазон от 16% до 44%, съответно за първата и третата година на експерименталната работа. Средната стойност от ефекта на тора е почти еднаква с тази при 6000 p/da – 30%.

Данните представени в Таблица 1 убедително показват, че употребата на двете дози тор оказва положително влияние върху добива на енергия. Удвоената торова норма T_2 повишава проучвания показател с 31%, 38% и 32% – за първата, втората и третата година при гъстота 6000 p/da. Този резултат за по-голямата гъстота от

for the third year the difference of 7% is in favour of the single fertilizer T_1. On average for the studied period the action of both doses of fertilizer is 33%, compared to the non-mineral fertilizer.

The coefficient of variation of the studied indicator has the highest value in 2015 and in 2016 – CV=15%. On average for the three years of the experiment for each variant, this quantity has values as follows: CV=9% for control T_0; CV=6% for fertilizing with $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ and CV=2% for $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$.

Hybrid Kn-435 is grown at seed density 6000 p/da and 6500 p/da. When growing maize without the use of mineral fertilizer the energy yield is higher at seed density 6500 p/da. The difference in years is 7% and 10% for the first two years of the experiment and for the third 2% in favour for the lower density. Fertilization of maize plants with $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ changes the studied indicator by 13563 MJ/da for 2014 to 15009 MJ/da. The effect of this fertilizer rate is 37% for the second experimental year. From the mentioned data it can be seen that on average, the increase as a result of the fertilization is 31%. At 6500 p/da density, the action of the same fertilizer combination is better expressed. The difference compared to the control variant ranges from 16 to 44%, respectively for the first and third year of experimental work. The average value of the fertilizer effect is almost the same as the one at 6000 p/da – 30%.

The data presented in the Table 1 convincingly show that the use of both doses of fertilizer has positive effect on the yield of energy. The doubling fertilizer dose T_2 increases the studied indicator by 31%, 38% and 32% for the first, second and third year at a density of 6000 p/da. This result, for the larger density of 6500 p/da, is 21%, 32% and 40%, respectively. On average for the period at both

6500 p/da, съответно е 21%, 32% и 40%. Средно за периода и при двете гъстоти, действието и на двете комбинации тор е почти еднакво – 30-33%.

Средно за периода, коефициентът на вариране е с минимални стойности от CV=2% до CV=7%. По години този показател е със стойности между CV=7% и CV=16%, съответно за първата и третата година.

Стойностите за биоенергетическия коефициент на хибридите Кн-307 и Кн-435 при съответните гъстоти и нива на торене са представени на Таблица 2. За хибрид Кн-307 и гъстота 6500 p/da, този показател варира в границата от 1,6 за 2014 г до 4,9 за 2016 г. Увеличаването на количеството тор води и до по-големи разходи на енергия вложена в тора. В резултат на това се намалява и числената стойност на биоенергетическия коефициент. Най-голямо 53% е намалението му за втората и 45% за третата година. Средно за периода, проучвания коефициент е 3,6 за вариант $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$, а за торене с $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ е 1,8. По години средно от двете дози тор стойността на тази величина е 1,2 за 2014 и 3,5 за 2016 г. Подобна тенденция на изменение на този показател се наблюдава и при гъстота 7000 p/da. Числената му стойност се изменя от 2,7 до 5,6 – а средната за вариант T_1, е 4,2. Отглеждането на царевицата при два пъти по-голямо количество минерален тор $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ отново води до намаляване на биоенергетическия коефициент подобно на този при гъстота 6500 p/da.

densities the action of the fertilizer combinations is almost the same – 30-33%.

On average for period, the variance coefficient for the individual variants has minimum values of CV=2% to CV=7%. By years, this indicator ranges between CV=7% and CV=16%, respectively for the first and the third year.

The values for the bioenergetic coefficient of the hybrids Kn-307 and Kn-435 at the respective densities and fertilization levels are presented in Table 2. For Kn-307 hybrid and 6500 p/da density this indicator ranges from 1.6 for 2014 to 4.9 for 2016. Increasing the quantity of fertilizer also leads to higher energy costs in fertilizer. As a result the numerical value of the bioenergetic coefficient is also reduced. The highest is the reduction for the second – 53% and 45% for the third year.

The average for the period studied coefficient is 3.6 for the variant $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$; and for fertilizing with $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ is 1.8. Yearly, average of both fertilizer doses, the value of this quantity is 1.2 for 2014 and 3.5 for the 2016. A similar tendency of change of this indicator is also observed at a density of 7000 p/da. Its numeric value varies from 2.7 to 5.6 and the average for variant T_1 is 4.2. Cultivating maize at twice the amount of $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ mineral fertilizer again leads to a decrease in the bioenergetic coefficient, similar to the one at density 6500 p/da.

Таблица 2. Биоенергетически коефициент
Table 2. Bioenergetic coefficient

Варианти Variants	2014	2015	2016	Средно Average	CV %
Кн-307/6500 p/da Kn-307/6500 p/da					
$N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ (T_1)	1.6	4.3	4.9	3.6	39.7
$N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ (T_2)	0.8	2.3	2.2	1.8	37.8
Средно/Average	1.2	3.3	3.5		
CV%	42.5	30.3	38.6		
Кн-307/7000 p/da Kn-307/7000 p/da					
$N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ (T_1)	2.7	4.4	5.6	4.2	28.3
$N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ (T_2)	1.5	2.5	2.2	2.1	20.0
Средно/Average	2.1	3.4	3.9		
CV%	28.6	30.0	43.6		
Кн-435/6000 p/da Kn-435/6000 p/da					
$N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ (T_1)	3.3	4.7	4.6	4.2	15.2
$N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ (T_2)	2.1	2.4	2.3	2.3	6.9
Средно/Average	2.7	3.5	3.4		
CV%	22.2	32.9	33.8		
Кн-435/6500 p/da Kn-435/6500 p/da					
$N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ (T_1)	2.4	4.3	6.2	4.3	34.9
$N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ (T_2)	1.6	2.3	2.8	2.2	21.8
Средно/Average	2.0	3.3	4.5		
CV%	20.0	30.0	37.8		

За хиберид Кн-435 и гъстота 6000 p/da биоенергетическият коефициент варира от 3,3 до 4,7 за единичната доза тор (T_1), а за удвоената (T_2) от 2,1 до 2,4. За гъстота 6500 p/da проучваният показател и за двете нива на торене T_1 и T_2 с по-големи стойности се отличава третата година на опита. За единичната доза $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ числената стойност на тази величина е 6,2; за удвоената $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ – тя е 2,8.

Средно за периода стойността на проучвания показател е обратно пропорционална на удвоеното количество тор, съответно 4,2 на 2,3 за гъстота 6000 p/da и 4,3 на 2,2 за 6500 p/da.

Степента на вариране на биоенергетическия коефициент по години

For Kn-435 hybrid and density 6000 p/da bioenergetic coefficient ranges from 3.3 to 4.7 for the single dose of fertilizer (T_1) and for the double (T_2) from 2.1 to 2.4. For a 6500 p/da density the studied indicator for both fertilizer levels T_1 and T_2 with higher values is the third year of the experiment. For the single dose $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ the numerical value of this quantity is 6.2, and for the double $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ is 2.8.

Average for the period the value of the surveyed indicator is inversely proportional to the doubled fertilizer, 4.2 to 2.3 for a density 6000 p/da and 4.3 to 2.2 for 6500 p/da, respectively.

The degree of variation of the bioenergetic coefficient by years and и варианти е в резултат от влиянието на метеорологичните условия, както върху величината на добива, така и върху ефективността на минералното торене. Средно за периода числената стойност на този показател се изменя в диапазон от CV=6,9% до CV=39,7%. Средно от двете нива на торене биоенергетическия коефициент се изменя от CV=20% до CV=42,5% – за първата година, а за втората е между CV=30% и CV=32,9%. За третата година на опита, проучвания коефициент варира между CV=33,8% и CV=43,6%.

variants is a result of the influence of weather conditions on both the yield value and the efficiency of mineral fertilization. On average the numeric value of this indicator varies from CV=6.9 to CV=39.7. On average from the two fertilization levels the bioenergetic coefficient changes from CV=20% to CV=42.5% in the first year and the second is between CV=30% and CV=32.9%. For the third year of the experiment studies coefficient varies between CV=33.8 and CV=43.6.

ИЗВОДИ

За хибрид Кн-307 и гъстота 6500 p/da минералното торене увеличава добива на енергия с 27-26%, съответно за варианти $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ и $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ и с 33% в резултат на двете дози тор T_1 и T_2 и гъстота 7000 p/da.

При двете нива на торене T_1 и T_2 и двете гъстоти 6000-6500 p/da за хибрид Кн-435, добивът на енергия е в повече с 30-33% в сравнение с контролата T_0.

Средно за периода на торене с $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ биоенергетическият коефициент за хибрид Кн-307 се изменя от 3,6 до 4,2. За удвоената доза тор $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ този показател варира от 1,8 до 2,1. По години биоенергетическият коефициент е с най-ниска стойност 0,8 за вариант T_2 и 6500 p/da за първата година и най-висока 5,6 за T_1 и 7000 p/da за третата година.

За Кн-435 и 6000 p/da изследваният показател се изменя в диапазон от 4,2 до 2,3 – за единичната T_1 и удвоената доза тор T_2, а за гъстотата 6500 p/da тези стойности са съответно 4,3 и 2,2.

CONCLUSIONS

For Kn-307 hybrid and density of 6500 p/da mineral fertilization increases the yield of energy by 27-26% for variants T_1 and T_2 and by 33%, respectively as a result of the two doses of fertilizer T_1 and T_2 and density of 7000 p/da

At both fertilization levels T_1 and T_2 and the two densities 6000-6500 p/da for the hybrid Kn-435 the yield of energy is 30-33% more than the control (T_0)

Average for period the fertilization with $N_{8,5}P_{5,4}K_{6,4}$ the bioenergetic coefficient for the hybrid Kn-307 changes from 3.6 to 4.2. For doubled fertilizer $N_{17}P_{10,8}K_{12,8}$ this indicator ranges from 1.8 to 2.1. For years the bioenergy coefficient is with the lowest value of 0.8 for the T_2 variant and 6500 p/da for the first year and the highest of 5.6 for the T_1 and 7000 p/da for the third year.

For Kn-435 and 6000 p/da the surveyed/studied/investigated indicator changes from 4.2 to 2.3 for the single T_1 and the double dose of fertilizer T_2 and for density of 6500 p/da these values are: 4.3 and 2.2, respectively.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Bazarov, E. I.**, 1983. Methodology bioenergy assessment technology production plant. Moscow, pp. 43 (Ru).
2. **Dashkova, N. P.**, 1991. Agriculture, № 7 (Ru).

3. **Dikanev, G. L., and D. V. Efanov**, 2006. Bioenergetic assessment of the efficiency of technological methods for cultivating maize of grain on non-irrigated lands. Volgograd region. Maize and sorghum, № 5, 13-14 (Ru).
4. **Glogova, L. and M. Nankov**, 2012. Bioenergy assessment of hybrid sugary maize depending on fertilization. Plovdiv Ecology and Health, In: Collection of Reports Nine National Scientific and Technical Conference with International Participation. 17 May, pp. 187-191 (Bg).
5. **Korsunov, A. V., A. V. Butov and P. I. Mahner**, 1995, Agriculture, № 2 (Ru).
6. **Koteva, V. and Iv. Varles**, 2003. Risk assessment of droughts in maize growing without watering with different fertilizer norms. *Soil Science Agrochemistry and Ecology*, XXXVIII (4), 60-63 (Bg).
7. **Nankov, M. and L. Glogova**, 2012. Bioenergetic assess of hybrids of pop-corn maize depending on fertilization, Plovdiv Ecology and Health, In: Collection of Reports, Nine National Scientific and Technical Conference with International Participation, May 17, pp. 183-187 (Bg).
8. **Nenova, L.**, 2010. Effect of mineral fertilization on maize yield for grain cultivated in Northeastern Bulgaria. *Plant Science*, 47 (6), 548-552 (Bg).
9. **Pimentel, D.**, 1984. Food and energy resources. Academic Press, London.
10. **Segetova, V.**, 1983. Energy balance in plants (Survey) (Ru).
11. **Simon, I.**, 1980. Energeticke balances ohledem na intenzifikaci nostlinne Vyroby, Histopad.
12. **Toncheva, R., F. Dimitrova, H. Pchelarova**, 2008. Evaluation of the variation in the yields of maize depending on fertilization. *Plant Science*, 45 (6), 523-526 (Bg).
13. **Zarkov, B.**, 2001. Influence of the weather conditions on the yield of maize grain grown in non-irrigated conditions. *Plant Science*, 38 (5-6), 208-212 (Bg)