Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2019, 22 (6), 1-14 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Ретроспекция и перспективи в производството и разпространението на царевица в провинция Хъйлундзян в Китай

Шизен Сонг*, Йордан Цветков, Руи Чан, Хуи Ян, Юмеи Чан

Китайско-руски център за научно и технологично сътрудничество в селското стопанство, Хъйлундзянска Селскостопанска академия, 150086 Харбин, Китайска народна република

Retrospect and Perspective for Corn Production and Breeding Research in Heilongjiang Province of China

Xizhang Song*, Yordan Tsvetkov, Rui Zhang, Hui Jin, Jumei Zhang

Sino-Russian Agricultural Scientific and Technological Cooperation Center, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, 150086, P.R. China
**E-mail: xzsong@hotmail.com*

Review paper

РЕЗЮМЕ

Царевицата е водеща култура в провинция Хъйлундзян, която е най-добрият производител на царевица в Китай. Периодът без замръзване е основното ограничение в производството на царевица в тази област и дава отражение както на производството, така и на селекцията на царевицата. Разгледани са историята и текущата ситуация в производството, сортовете и дейността на компаниите разпространяващи семена и др. Обобщен е напредъкът в иновациите в генплазмата, класификацията на групите генетичен материал и използването на хетерозисен ефект. Повечето от инбредни линии, които се използват широко в Китай, могат да бъдат проследени до няколко генетични групи (SPT, Lancaster, LRC, P и Reid и др.). Стеснената генплазма все още е голям проблем при селекцията на царевицата. Предвиждат се и бъдещи изследвания и производство.

SUMMARY

Corn is a leading crop in Heilongjiang province which is the top corn producer in China. Short frost free period is the key limitation for corn production in this area and result in different conditions in production and breeding research.

The history and current situation in production, variety and seed company operation etc. are reviewed. The progress in germplasm innovation, germplasm group classification and heterosis utilization are summarized.

Most of inbred lines which are widely used in China can be traced back to several germplasm groups (SPT, Lancaster, LRC, P and Reid etc.) and the narrow in germplasm foundation still a big problem in corn breeding. The future for breeding research and production is predicted as well.

Ключови думи: царевица, семепроизводство, селекция, генплазма, хетерозис, ранна пролетна царевица

Съкращения

ПХ: Провинция Хъйлундзян

КТЗ: Кумулативни температурни зони в Провинция Хъйлундзян (зони с температурни суми)

SPT: Tangsipingtou, местна генплазма в Китай

LRC: Luda Red Cob corn, местна генплазма в Китай

SSR, SNP – ДНК-маркери

SNP: маркер на единичен нуклеотиден полиморфизъм

Юан (Rmb): китайска валутна единица

GMO: генно модифициран организъм

УВОД

Царевицата е водеща култура в Китай, която може да бъде широко използвана както за храна за животни и хора, също така и в промишлеността. През 2017 г. площта за сеитба на царевица е 35,5 M/ha, а продукцията на зърно е 216 M t (Zhao et al., 2018a). В Китай, зоните за производство на царевица се делят на пролетна, лятна, пролетно-лятна и (суб) тропическа зона въз основа на сеитбения сезон и климатичните условия. 15 провинции в четирите зони осигуряват до 90% от общото производство на зърно в Китай.

Провинция Хъйлундзян (оттук нататък наричана за кратко ПХ) е разположена в Североизчточен Китай. Тя е най-големият производител в страната със сеитбена площ от 6.44 милиона хектара и производство от 31.3 млн. тона през 2017 (Ma, 2018). Повече от 70% от ранната пролетна царевица се засява в ПХ, другите посеви са разпръснати в няколко провинции в северните и западни части на Китай.

1. ПРОИЗВОДСТВО НА ЦАРЕВИЦА И ИЗПОЛЗВАНЕ НА ХИБРИДИ В ПРОВИНЦИЯ ХЪЙЛУНДЗЯН

1.1 Температурни зони с кумулативно въздействие

Краткият период без слани е най-

Key words: corn, seed production, breeding, germplasm, heterosis, early spring corn

Abbreviations

HLJ: Heilongjiang province

CTZ: Cumulative Temperature Zones used in Heilongjiang province

SPT: Tangsipingtou, local germplasm in China

LRC: Luda Red Cob corn, local germplasm in China

SSR: Simple Sequence Repeat marker

SNP: Single Nucleotide Polymorphism marker

Rmb: Renminbi (Chinese currency)

GMO: Genetically Modified Organism

INTRODUCTION

Corn is a leading crop in China which can be widely used in animal feeding, human food and industry.

In 2017 the corn sowing area is 35.5 M ha and the grain output is 216 M t (Zhao et al., 2018a). In China corn production areas are divided as Spring, Summer, Spring and Summer complex and (sub) tropical zone based on seeding season and climate conditions. 15 provinces in the 4 zones provide up to 90% of total grain output in China.

Heilongjiang province (hereafter as HLJ) is located in northeast of China, it is the top corn producer in China, sowing area and grain output are 6.44 M ha and 31.3 M t respectively in 2017(Ma, 2018).

More than 70% of early spring corn is seeded in HLJ, others sparsely distributed in several provinces in north and west parts of China.

1. CORN PRODUCTION AND HYBRID UTILIZATION IN HEILONGJIANG PROVINCE

1.1 Cumulative Temperature Zones

Short frost free period is the top

голямото препятствие за производството на царевица в ПХ. В продължение на няколко десетилетия се използва система за сортиране, за да се класифицира продължителността на вегетационния сезон за производството на растения. Има 6 температурни зони с кумулативно въздействие (наричани по-долу КТЗ) с интервал 200°C, в които се използва средна дневна температурна сума (≧0°C) през вегетационния период. Тази система е широко приета от земеделските производители, фирмите за семена, селекционерите и правителството за сортово райониране и селекция при всички култури.

Традиционно, основната зона за производство на царевица беше разположена в 1-ва и 2-ра КТЗ (над 2500°C). Третата КТЗ е комплексна зона за производство на царевица и соя. 4-та и 5-та КТЗ бяха преди десетилетия зони със соя и пшеница. Понастоящем царевицата все още е водеща зърнена култура в 1-ва и 2-ра КТЗ. Благодарение на успешните хибриди, адаптирани към зони с ранно узряване, напредъкът в агротехниката и въздействието на глобалното затопляне, царевицата се развива бързо и в 3-та и 5-та КТЗ.

1.2 Разпространение на хибридите

Поради разнообразието в екологичните условия и ориентацията към печалба на фирмите за семепроизводство, ПХ има голямо сортово разнообразие в сравнение с други производствени райони в Китай. Изследванията на хибридите, които са широко култивирани в този регион, показват, че през 2016 г. са засети 369 хибрида. Всеки един от петнадесет вида хибриди са засети на площ повече от 66.6 k ha, което общо обхваща площ от 2.98 M ha, което заема 43.2% от общата площ с царевица през 2015 г. Петте найважни хибрида са DMY1, XY335, SY23, XX1 and DMY3. През 2016 г. 17 хибрида се засяват на повече от 66.6 k ha, с

limitation for corn production in HLJ.

For several decades, a grade system is used to classify the length of growing season for crop production.

There are 6 Cumulative Temperature Zones (hereafter as CTZ) with 200°C interval, which use cumulative daily average temperature (≧0°C) in available growing season. This system is wildly accepted by farmers, seed companies, breeders and government for variety location and selection in all crops.

Traditionally, the main corn production area was located in 1st and 2nd CTZs (2500 °C above). The 3rd CTZ was complex area for corn and soybean production. 4th and 5th CTZs were typical soybean and wheat zones just in 2 decades ago. Currently, corn is still leading the rain fed crop production in CTZ 1&2. Thanks to the successful hybrids adapt to early-maturity zones, the advancement of cultivation techniques, and the effects of global warming, corn has developed rapidly in the 3rd - 5th CTZs.

1.2 Hybrid Distribution

Because of the diversity in ecological conditions and profit orientation of the seed companies, HLJ has a great variety capacity compare other production area in China.

The research on hybrids which were widely cultivated in this region shows that 369 hybrids were grounded in 2016.

Fifteen hybrids each of them seeded more than 66.6 k ha respectively and occupy total area of 2.98 M ha, which took up 43.2% of all corn acreage in 2015.

The top 5 hybrids were DMY1, XY335, SY23, XX1 and DMY3. In 2016, there were 17 hybrids planted more than 66.6 k обща площ на засаждане от 2.57 M ha, което представлява 40.7% от цялата царевична площ. Най-добрите 5 хибрида бяха DMY1 (0.51 M ha), XY335 (0.25 M ha), XX1 (0.24 M ha), DMY3 (0.21 M ha) и LY9 (0.17 M ha) (Jin et al., 2016; Jiang et al. ., 2016).

1.3 Неблагоприятни въздействие при производството на царевица

Освен ограничението оказвано от температурите в ПХ, все още има други фактори, които влияят върху добива. Тъй като фермерите са склонни да използват относително късни сортове и да ги засяват в ранна пролет, за да удължат вегетационния период (обикновено в края на април на юг от провинцията и началото на май на север), толерантността към студ в ранен стадий е доста важна характеристика при избора на подходящ сорт. Освен това, по-малката сума от валежи през пролетта за повече от половината от площите, води до засушаване в стадия на поникване през някои години.

Вредителите и плевелите обикновено не представляват голяма заплаха през повечето години, ако културата се отглежда по обичайния начин. Царевичният пробивач (*Ostrinia furnacalis*) има тенденция да се среща често през последните години и много важна в някои региони, ако метеорологичните условия са благоприятни. Устойчивостта на болести е от решаващо значение за оцеляване на сортовете в тази област. Устойчивостта на листен пригор (*Helminthosporium turcicum* Pass.) и главня (*Sphacelotheca reiliana*) са от голямо значение при регистрирането на нови хибриди в ПХ. Стъбленото гниене (*Fusarium moniliforme* & *Pythium aphanidermatum*) е друго важно заболяване, което причинява значителни загуби в добива при някои специфични хибриди в повечето производствени зони. Гъбите от сем. *Curvularia* (*Curvularia linata* （Wakker.) Boed.) и сиви листни петна (*Cercospora zeae-maydis* Tehon &

ha, with total planting area 2.57 M ha and accounted for 40.7% of all corn area. The top 5 hybrids were DMY1 (0.51 M ha), XY335 (0.25 M ha), XX1 (0.24 M ha), DMY3 (0.21 M ha) and LY9 (0.17 M ha) (Jin et al., 2016; Jiang et al., 2016).

1.3 Stress for Corn Production

Except the limitation of temperature in North), cold tolerance in early stage is a quite important characteristic for choosing a proper variety. Also less rainfall in the spring on more than half of HLJ, there are still other factors that affect the yield in the production.

Since the farmers tend to use relative late varieties and plant them in early spring to prolong the growing season (usually late April in south of the province and early May the area, results in drought in seedling stage in some years.

Pests and weeds usually are not big threat in most of years if the crop is managed normally.

Corn borer (*Ostrinia furnacalis*) tends to take place often in recent years and very serious in some regions if the weather conditions are favorable. Disease resistance is crucial for a variety survival in this area.

The 2 diseases resistance, northern leaf blight (*Helminthosporium turcicum* Pass.) and head Smut (*Sphacelotheca reiliana*) are official restriction for any hybrids to be registered in HLJ. Stalk rot (*Fusarium moniliforme & Pythium aphanidermatum*) is another important disease, it causes yield loss greatly in some specific hybrids in most production area.

Curvularia leaf spot (*Curvularia linata* Wakker.) Boed.) and gray leaf spot (*Cercospora zeae-maydis* Tehon &

Daniels) също увеличават мащаба си в някои региони, в които царевицата се разраства бързо без подходящо сеитбообращение.

1.4 Ръст на добива

През последните 70 години царевичните площи и добивите се увеличават 15 и съответно почти 5 пъти. Подобно на други области за производство на царевица, фермерите в ПХ са свидетели на големи промени в сортовия състав през изминалите години, от сортовете на фермерите до синтетични хибриди, двойни хибриди, от трилинейни и прости хибриди. Сега повече от 90% от сортовете, използвани в този регион, са прости хибриди, а някои са трилинейни хибриди, разпространени в зони за ранни сортове (Jin et al., 2016; Jiang et al., 2016; Wang, 2012).

С напредването на селекцията и агротехниката, както и с увеличаващия се принос на химически вещества, добивът на царевица нараства постепенно през последните 70 години. Добивът се увеличава от по-малко от 1,5 t ha^{-1} през 1950-те години до сега 5 - 6 t ha^{-1} през 2010-те (Wang, 2012). Новосъздадените сортове постигат забележителен напредък в абиотичната и биотичната устойчивост на стрес в сравнение със сортовете, използвани преди десетилетия. Средната гъстота на посева нараства от 30 хиляди растения/ha през 70-те години на миналия век, 40 000 растения ha^{-1} през 90-те години на миналия век до 60 000 растения ha^{-1}, в някои райони със средна до ранна зрялост до 75 000 и до 90 000 растения ha^{-1}.

2 СЕЛЕКЦИОННИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И КОМПАНИИ ЗА СЕМЕНА

Преди края на 80-те години почти всички компании за семена са държавни предприятия и всички изследвания по селекция са извършвани в институти или университети. Създаденият сорт се прехвърляше от института на компанията за семена, която го представяше

Daniels) also increasing seriousness in some regions, in where the corn area grows rapidly and without proper crop rotation.

1.4 Yield Growth

In past 70 years, the corn acreage and yield per area increased 15 and almost 5 times respectively. Like other corn production area, the farmers in HLJ saw the big changes in variety types in the past years, from farmer variety to synthetic, double crosses, three-way crosses and single cross hybrids.

Now more than 90% of the varieties used in this region are single cross hybrids and some are three-way crosses, distributed in super early area (Jin et al., 2016; Jiang et al., 2016; Wang, 2012).

With the advance in hybrid breeding and cultivation techniques, also the increasing chemical input, corn yield grow up gradually in the past 70 years. The yield increases from less than 1.5 t ha^{-1} in 1950s' to currently 5 - 6 t ha^{-1} in 2010s' (Wang, 2012).

The abiotic and biotic stress tolerance for new development varieties make remarkable progress comparatively with the varieties used in decades ago. The average population density increases from 30 thousand plants/ha in 1970s', 40,000 plants ha^{-1} in 1990s' to currently 60,000 plants ha^{-1}, in some middle to early maturity areas to 75,000 and up to 90,000 plants ha^{-1}.

2. BREEDING RESEARCH AND SEED COMPANY

Before the end of 1980s', almost all seed companies were state owned enterprises and all the breeding research carried out by non-profit institutes or universities. The released variety would be transferred from the institute to the company for seed production, и даваше безплатно на селскостопанските производители. С нарастващите финансови затруднения на повечето компании и ниското ниво на обслужване на фермерите, правителството настоя компаниите да се превърнат в частни, като работят по този начин от началото на 90-те години. В същото време някои от програмите за селекция преминават към комерсиални изследвания, както в институтите, така и в компаниите за семена.

Китай се присъедини към Международния съюз за защита на новите растителни сортове (UPOV) на 23 април 1999 г. и в същия ден влезе в сила Регламентът за защита на растителните сортове в Китай. През 2000 г. е приет първият закон за семената в Китай. Преди и след тези събития, местните компании за семена се разрастват бързо както по брой, така и по мащаб на работа. В същото време повечето международни компании за семена заляха Китай.

Според статистически данни за периода от 1980 до 2012 г., повечето сортове са създадени от институти в тази област и Дзилин, южната съседна провинция на ПХ през 80-те години. Някои сортове от местни компании за семена се появяват през 90-те години на миналия век, хибриди от международни компании се появяват в края на 90-те години и преобладават през 2000-те. В официалното изпитване за 2014 г. в ПХ има общо 873 сорта, 118 от тях са от държавни институти, а 755 са предоставени от компании за семена. От 54 сорта, включени в сортовия списък през 2015 г., 12 са представени от институти, 40 са от местни компании, а 2 са разработени от международни компании (Jin et al., 2016; Jiang et al., 2016).

3 ГЕНПЛАЗМА И ХЕТЕРОЗИС

От 80-те години на миналия век, селекционерите и учените в Китай обръщат все повече внимание на групата на генплазмата и на хетерозисния модел

demonstration and sale to farmer by free. With the increasing financial distress for most companies and below desired service to the farmer, the government pushes the companies turn to private running gradually in early 1990s'.

In the same time some of the breeding programs shift to commercial research, either in the institutes and the seed companies.

China joined in the International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV) in April 23rd, 1999 and on the same day China Plant Variety Protection Regulation took effect.

In 2000, the first Seed Act in China was enacted. Before and after these events, the local seed companies grow rapidly both in number and in scale of operation. In the similar time, most international seed companies flooded into China.

According to statistics for variety registered in HLJ during 1980 to 2012, most varieties were released by institutes in this area and Jilin, the south neighbour province of HLJ in 1980s'. Some varieties from local seed companies occurred in 1990s', hybrids from international company appeared in late 1990s'and burst in 2000s'.

In the 1st year official variety test in HLJ, there are totally 873 varieties in 2014. 118 of them were from public institutes and 755 submitted by seed companies. From 54 varieties, registered in the variety list in 2015, 12 are released by institutes, 40 were from local companies and 2 were developed by international companies (Jin et al., 2016; Jiang et al., 2016).

3. GERMPLASM AND HETEROSIS

Since 1980s', the breeders and scientists in China paid attention to germplasm group and heterosis pattern increasingly (Sun et al., 2016). It is

(Sun et al., 2016). Смята се, че хетерозисният ефект е по-нисък при кръстосване на линии от една група, докато високият хетерозис се появява при кръстосване на линии от различни семейства на зародишни плазми. САЩ е първата страна, която използва хетерозис в селекцията на царевица, а също така е пионер и води в изследванията му. Американските селекционери разделят ресурсите в генплазмата на алтернативни хетерозисни групи (мъжки и женски) при създаването на хибриди за търговски цели. Женската (майчината) група съдържа BSSS (обикновено наричан Reid в Китай), а мъжкият (бащин) компонент включва линии с произход различен от BSSS, като Lancaster и Iodent и др. (Mikel and Dudley, 2006; Troyer, 1999; Yang et al., 2011).

3.1 Употреба на генплазма в миналото

В Китай има 5 основни групи от генплазма в края на 70$^{-те}$ до началото на 80$^{-те}$ години, това са Gold Queen, Huobai, SPT, LRC и Lancaster (Wu, 1983). След това първите 2 местни групи намаляват постепенно и линиите от Reid нарастват с години. В края на 80$^{-те}$ години повечето родителски линии за популярни хибриди в Китай водят произхода си от SPT, LRC, Lancaster и Reid (Zeng, 1990). Wang et al. (1998) на базата на сортове, широко култивирани през 1978 до 1994 г., твърдят, че 5 основни хетерозисни групи (9 подгрупи) могат да бъдат разделени на Modified Reid, Lancaster, LRC, SPT и други (Suwan, линии от Synthetics и др.). През този период употребата на Reid нараства, а Lancaster намалява постепенно.

Преди 1980$^{-те}$ години в ПХ инбредните линии, получени от местна генплазма, доминират в родителските линии на ключовите хибриди и заемат 50% за периода. В други линии имат сродство с руски материали, Reid или с Lancaster. Тогава линиите с местен произход намаляват постепенно и не се остава мно-

believed less hybrid vigour for cross by lines inside the same groups, whereas higher heterosis would appear in cross by inbred from different germplasm families.

U.S. is the first country that use heterosis in corn breeding, also pioneered and lead in heterosis groups' research.

U.S. breeders tend to separate their germplasm resource as female and male groups in commercial breeding.

Female group contains BSSS (usually called Reid in China) primarily and male counterpart include lines with non BSSS background, like Lancaster and Iodent etc. (Mikel and Dudley, 2006; Troyer, 1999; Yang et al., 2011).

3.1 Germplasm Utilization in Past

In China, there are 5 major germplasm groups in late 1970s' to early 1980s', they are Gold Queen, Huobai, SPT, LRC and Lancaster (Wu, 1983). After that, the first 2 local groups decrease gradually and lines from Reid grew up by years. In late 1980s', most parent lines for popular hybrids in China had the background of SPT, LRC, Lancaster and Reid (Zeng, 1990). Wang et al. (1998) based on varieties widely cultivated in 1978 to 1994 claim that 5 major heterosis groups (9 subgroups) can be divided as Modified Reid, Lancaster, LRC, SPT and Others (Suwan, lines from Synthetics etc.). During this period, the use of Reid increased and Lancaster reduced gradually.

Before 1980s'in HLJ, inbred lines derived from local germplasm dominated in the parent lines of the key hybrids and took up 50% in that period. Other lines have blood either from some Russian materials, Reid or Lancaster. And then the lines having local background decrease gradually and not too much left in varieties го в сортовете, признати през 2010-те. За разлика от понижаването в други региони на Китай, Lancaster все още играе много важна роля в продължение на няколко десетилетия. Той достига до 40% в известните хибриди през 1990-те и все още се поддържа на относително високо ниво над 20% през 2010-те (Jin et al., 2016; Fan, 2017). През последните 3 десетилетия, когато чуждите хибриди и линии заливат пазара, получаването на линии от чуждестранен хибрид директно или подобряването на чуждестранни линии става все по-популярно. С изключение на почти изчезналата на места генплазма, линиите от оригиналната генплазма в региони с късна зрялост, също намаляват постепенно (Fan, 2017; Jiang et al., 2016; Ma, 2018).

3.2 **Въвеждане на генплазма, интрогресия и изследване на хетерозиса**

През последните 50 години в Китай се случиха няколко важни събития във въвеждането на генплазмата. Линията Mo17 започва да се засява в селекционните полета през 70-те години на миналия век, някои хибриди (P3147, 3383 и т.н.) от САЩ са въведени през 80-те години на миналия век, а хибридите P78599 са въведени в Китай в началото на 90-те. Тези линии и хибриди играят важна роля в селекция на царевицата през последвалите години (Li and Wang, 2010; Wang et al., 2016).

Това бе често срещан начин за получаване на линии директно от търговски хибриди в САЩ през 80-те години. Хибрид Pioneer 3737 допринесе най-много за интрогресията на генплазма с линии от източник Iodent на своите конкуренти. Въз основа на родословните изследвания на защитени с патент и PVP линии от 1980 до 2004 г. в САЩ, Mikel and Dudley (2006) смятат, че линии получени от търговски хибриди и интрогресирани от Argentine Maize Amargo, успешно увеличават многообразието

released in 2010s'. Unlike the decrease in other regions of China, Lancaster still takes a very important role constantly over several decades. It reached up to 40% in popular variety crosses in 1990s' and still maintained in a relative high level of more than 20% in 2010s' (Jin et al., 2016; Fan, 2017).

In recent 3 decades, with the foreign hybrids and inbreds flooding in, derive lines from exotic hybrid directly or improve foreign lines is getting popular.

Except the nearly disappear of local germplasm, lines from original germplasm in late maturity regions drop down gradually as well (Fan, 2017; Jiang et al., 2016; Ma, 2018).

3.2 Germplasm Introduction, Introgression and Heterosis research

Several important germplasm introduction events happened in past 50 years in China. Mo17 started to be planted in some breeder's nurseries in 1970s', some hybrids (P3147, 3383 etc.) from U.S. were introduced in 1980s'and hybrids P78599 entered in China in early 1990s'. These inbreds and hybrids play an important role in the corn breeding research in the following years (Li and Wang, 2010; Wang et al., 2016).

It was a common way to derive lines directly from commercial hybrids in U.S. in 1980s. Pioneer hybrids 3737 made a greatest contribution for the Iodent germplasm introgression to its competitors. Based on the pedigree research for patent and PVP lines from 1980 to 2004 in U.S., Mikel and Dudley (2006) believe the lines derived from commercial hybrids and introgressed by Argentine Maize Amargo backgrounds increase the germplasm diversity successfully.

на генплазмата.

Инбредна линия 78599 произлиза от хибрида Pioneer P78599 в края на 80-те, има тропически произход и сега се е превърнала в голямо семейство в Китай. Това семейство има голяма разлика от първоначалната генплазма, използвана преди. То включва много линии (например Qi319, X178, P178 и др.) разработени от P78599 и други подобни хибриди и е наречен P (или PB) група от някои учени и селекционери. Друга нова група генплазмата (или подгрупа от други изследователи) също е групирана от линии, получени от хибриди в САЩ (P3147 и 3383 и т.н.), включително линии 5003, 7922 и U8112 и др. (Zhao et al, 1999; Gao et al. 2004; Meng, et al., 2006; Li and Wang, 2010; Li, et al., 2019). През новия век повечето линии се получават от чуждестранни хибриди и нова въведена генплазма, чийто произход е различен от сегашния. Например линии Jing 724 и 725 са получени от хибриди X1132X, Zhao et al. (2018b) твърдят, че те представят нов модел на хетерозис и са наречени X (Wang et al., 2016).

Lu et al. (2009) използват 282 линии, а Zhao et al. (2018b) използват 344 линии за изследване на произхода на генплазмата чрез SNP маркери. 6 хетерозисни групи са разделени от Lu, които са SPT, Lancaster, LRC, PA (модифициран Reid), PB (семейство 78599) и BSSS. Zhao класифицира 8 групи: LRC, SPT, Iodent, Lancaster, P, модифицирани Reid, Reid и X (разработени от чуждестранен хибрид X1132X). Liu et al. (2009) използват SSR маркери за изследване на произхода на генплазмата на 820 линии в Китай, установяват, че семействата могат да бъдат разделени на 5 вида според генплазмата (Lancaster, LRC, SPT, Reid и P). Сред 5-те групи има относително по-голямо разнообразие в групите на Lancaster и LRC, следвани от Reid и P, SPT е с по-ограничено разнообразие.

Това е основа за ефективно използване на хетерозисния ефект, ако

Inbred 78599 is a line derived from Pioneer hybrid P78599 in late 1980s', it has tropical background and now has developed to a big family in China. This family has big difference from original germplasm used before. It includes a lot of inbreds (e.g. Qi319, X178, P178 etc.) developed from P78599 and other similar hybrids, and it is named as P (or PB) group by some scientists and breeders. Another new germplasm group (or sub-group by other researchers) is also clustered by lines derived from U.S. hybrids (P3147 and 3383 etc.), including lines 5003, 7922 and U8112 etc. (Zhao et al, 1999; Gao et al. 2004; Meng, et al., 2006; Li and Wang, 2010; Li, et al., 2019). In the new centuries, more lines are derived from exotic hybrids and new introduced germplasm which background is different from the current ones. For example, lines Jing 724 and 725 are from hybrid X1132X, Zhao et al. (2018b) claim they present a new heterosis and named as X (Wang et al., 2016).

Lu et al. (2009) use 282 lines and Zhao et al. (2018b) use 344 lines to investigate the germplasm background by SNP markers. 6 heterosis groups are divided by Lu, which are SPT, Lancaster, LRC, PA (modified Reid), PB (78599 family) and BSSS. Zhao classify 8 groups in the report, which are LRC, SPT, Iodent, Lancaster, P, modified Reid, Reid and X (developed from exotic hybrid X1132X).

Liu et al. (2009) used SSR markers to investigate the germplasm foundation of 820 inbreds in China, they found 5 germplasm families can be divided (Lancaster, LRC, SPT, Reid and P). Among the 5 groups, there is relative higher diversity inside the Lancaster and LRC groups, followed by Reid and P, SPT is lower in the diversity.

It is a foundation to use heterosis efficiently if breeder know the pedigree of селекционерът добре познава педигрето на линиите (Teng et al., 2004; Yang et al., 2011; Yong et al., 2013). С бързия напредък в техниките на молекулярната биология се използват ДНК маркери за да се класифицира хетерозисната група от генплазмата. Повечето доклади стигат до подобно заключение въз основа на различни материали и методи Sun et al., 2007; Song et al., 2011, 2013; Wu et al., 2014; He et al., 2015; Li et al., 2013).

Напоследък популярните модели на хетерозиса, използвани за важни хибриди в регион Хъйлундзян са модифицираните Reid/Lancaster, Lancaster/SPT, Reid/SPT. Тъй като провинция Хъйлундзян се намира в далечен Северен Китай, много добри генплазми от други райони е трудно да бъдат използвани директно в тази област. Повечето елитни инбредни линии за ключови хибриди могат да бъдат проследени до няколко източника (Mo17, K10, DG11, HZ4 и т.н.). Проблемът със стеснената база на генплазмата в тази област е по-сериозен от други части на Китай (Fan, 2017; Jiang et al., 2016; Qi et al., 2016, Shi et al., 2017).

4. ПРОГНОЗА ЗА СЕЛЕКЦИЯТА И ПРОИЗВОДСТВОТО

4.1 Нови изисквания към сорта

Размерът на фермите в Китай обикновено е доста малък. Когато някои земеделски стопани напускат селските райони или преминават към друга професия, земята има тенденция да преминава към квалифицираните земеделски стопани и фермите стават все по-големи. Степента на механизация в производството на царевица нараства заедно с бързия растеж на царевичните площи през последните 15-20 години в ПХ. Въпреки това общата продукция има по-голяма полза от увеличаващата се площ, отколкото от повишаване на добива от единица площ. Въпреки че фермерите в ПХ имат повече възможности за избор на сорт в сравнение с преди 2 десетилетия, те се

inbreds well (Teng et al., 2004; Yang et al., 2011; Yong et al., 2013). With the rapid progress in molecular biology techniques, use DNA markers to classify heterosis group of germplasm is getting popular. Most of reports get the similar conclusion based on different materials and methods Sun et al., 2007; Song et al., 2011, 2013; Wu et al., 2014; He et al., 2015; Li et al., 2013).

Recently, the popular heterosis models used for important hybrids in Heilongjiang region are modified Reid/Lancaster, Lancaster/SPT, Reid/SPT. Since Heilongjiang province locates in far north in China, a lot of good germplasm in other areas are difficult to use in this area directly.

Most elite inbred lines for key hybrids can be traced back to a few resources (Mo17, K10, DG11, HZ4 etc.).

The problem for narrowed germplasm base in this area is more serious than other parts of China (Fan, 2017; Jiang et al., 2016; Qi et al., 2016, Shi et al., 2017).

4. BREEDING AND PRODUCTION FORECAST

4.1 New requirements for variety

The farm size in China is usually quite small. With some farmers leave countryside or move to other occupation, the field tend to flow to the skilled farmers and the farms are getting bigger.

The Mechanization rate in corn production increases along with the rapid growth of corn acreage in past 15-20 years in HLJ.

However, the total output is more benefit from the increasing acreage than unit yield growth.

Though the farmers in HLJ have more choices in varieties than 2 decades ago, they confused on the phenomenon in variety homogeneity. It is difficult to объркват от сортовото еднообразие. Трудно е да се избере сорт, отличаващ се от други сходни на него.

С увеличаването на гъстотата на посева и масовото прилагане на механизацията, новите изисквания за бъдещия сорт стават ясни. Сортът се адаптира към висока гъстота с добра устойчивост на полягане, бързо изсъхване на зърното, голямо тегло на зърното, заедно с предходните изисквания за добив и устойчивост на болести.

4.2 Промени в компаниите за семена

Китай е вторият по големина пазар на царевични семена след САЩ. Размерът на пазара се увеличава бързо през последните 15 години, от 7.94 милиарда RMB през 2004 г. до 26.9 през 2013 г. (Sun, 2014) и достига до 29.7 милиарда RMB през 2016 г. (информация от интернет). През 2015 г. в страната има 4692 компании за семена, включително 356 компании в ПХ. Над 1500 компании за семена печелят основно от царевично семе и над 50% от по-големите предприятия участват в пазара на царевица.

Повечето от компаниите, обикновено малки по размер, силната пазарна конкуренция тласкат притежателя на предприятието да се съсредоточи върху развитието на канала за дистрибуция. Пренебрегването на изследванията по селекция води до по-малък принос в дългосрочен план. Напоследък капиталът извън индустрията се премества към семената и води до сливане и реорганизация на индустрията за семена. Счита се, че пазарният дял на първите 50 компании достига до 60% през 2020 г. от 35.5% през 2015 г.

По-големите компании могат да се противопоставят добре на пазарния риск и са склонни да създадат изследователска система с дългосрочно планиране. Те също така обръщат много внимание на защитата на интелектуалната собственост в сравнение с по-малките. Постоянният и интензивен

choose a variety outstanding to others with similarity.

With the increasing in population density and the mass application of mechanization, the new requirements for the future variety are getting clear. A variety adapt to high population with good lodging resistance, fast kernel dry down, high unit kernel weight are necessary, along with the previous requirements in grain yield and diseases resistance.

4.2 Changes in Seed Company

China is the 2nd largest seed corn market after Unite States. The market size rose quickly in past 15 years, from 7.94 billion RMB in 2004 to 26.9 in 2013 (Sun, 2014) and reach to 29.7 billion RMB in 2016 (web information).

In 2015, there are 4692 seed companies nationwide including 356 companies in HLJ. There are above 1500 seed companies mainly make profit from corn seed and more than 50% of bigger enterprises engage in corn market operation.

Most of the companies, normally small in size, the intense market competition push the enterprise holder focus on distribution channel development. The neglect of breeding leads to less input in the research and lack of middle to long term breeding pipeline. Recently, capital from outside the industry shift to seed territory and lead to the merging and reorganization of seed industry quite often. It is estimated the market share for the top 50 companies would reach to 60% in 2020 from 35.5% in 2015.

The bigger companies can resist market risk well and tend to establish a research system with a long range planning. They also pay much attention to the protection of intellectual property compare to their smaller peers.

The persistent and intensive input in

принос в научните изследвания може да привлече повече елитен персонал; операцията може да бъде по-ефективна в сътрудничество с различни програми и дисциплини. Това ще помогне да се прехвърли селекцията от публичните институти към компаниите и да се възползват накрая стопаните и обществото.

4.3 Изследване и иновации в генплазмата

Стеснената генплазма е общ проблем в световен мащаб, а в Китай е по-сериозен. Smith (2007) използва набор от хибриди Pioneer, които се култивират усилено през периода 1980-2004 г. и установяват, че тяхното родословие може да бъде проследено до 82 -. Друго изследване показва (Li, 2010), че 23 генплазми от 45 източника в САЩ никога не са използвани в Китай в края на 20 век. Някои генплазми (например Iodent) имат много по-ниска категория (Li et al., 2019). Въвеждането на нова генплазма, използването на новия потенциал на настоящите родоначалници и осъществяването на разумен подход към иновациите в генплазмата за да се адаптира към изискванията на производството на царевица би било разумно и предизвикателно.

Да се разреши или не, кога и как да се пусне ГМО е дългогодишна тема както в индустрията, така и в цялото общество в Китай. Спорът е трудно да получи отговор с определен срок. Но се очаква ГМО да се пусне в производството на царевица най-накрая с някои ограничения. Това събитие ще доведе до големи промени в цялата индустрия, свързани с царевицата, и ще предизвика голям шанс и предизвикателство както за семепроизводството, така и програмите по селекция

research can attract elite staff widely; the operation may more efficient in cooperation with different programs and disciplines.

That will help to shift commercial breeding from the public institutes to the companies and benefit the farmers and society finally.

4.3 Germpalsm research and innovation

The narrow in germplasm genetic diversity is a general problem in worldwide and it is more serious in China. Smith (2007) use a set of Pioneer hybrids which are cultivated widely during the period 1980 to 2004 and found their pedigree can be traced back to 82 founders. Another research shows (Li, 2010), there are 23 germplasms out of 45 sources in U.S. never be used in China in the end of 20 century. Some of germplasms (e.g. Iodent) have a much lower rate (Li et al. 2019). Introduce new germplasm, exploit the new potential of current founders and make a reasonable pipeline in germplasm innovation to adapt the requirements of corn production will be meaningful and challenging.

Allow or not, when and how to release GMO is a long-lasting topic both inside industry and whole society in China. The argue is difficult to get an answer with a confirmed schedule. But it is expected GMO will be released in corn production finally with some prerequisite limitations. This event will make big changes in the whole industries related to corn and it will trigger a big chance and challenge both for seed industry and breeding research programs.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Fan, J S.**, 2017. Target and Method of High Quality Maize Germplasm Resources Improvement，Innovation and Utilization. *Heilongjiang Agricultural Science,* (3), 12-14(in Chinese with English abstract).

2. **Gao, X, J H Shen, P Zhao, et al.**, 2004. Analysis of Lvdahonggu Heterozygous Group Selection Line and Its Improvement in the Role of Chinese Maize Breeding and Production. *Seed*, 23(11), 60-63 (in Chinese with English abstract).
3. **He, B S, S T Xu, J J Feng, et al.**, 2015. Analysis of Heterosis Pattern of Shandan 609 Based on SNP Markers. *Crops*, (4), 33-35 (in Chinese with English abstract).
4. **Jiang, B F, Z L Niu, L Qiu, et al.**, 2016. Current Status and Strategy for Maize Breeding in Heilongjiang Province. *China Seed Industry*, (4), 12-16 (in Chinese with English abstract).
5. **Jin, X C, J Q Wang, B F Jiang, et al.**, 2016. Germplasm Resources and Heterosis Utilization of Maize in Heilongjiang Province from 1980 to 2012. *Journal of Agriculture*, 6(9), 8-14 (in Chinese with English abstract).
6. **Li, W C, Z X Liu, Q Sun, et al.**, 2019. Utilization and Continuous Improvement of “PN78599 group×Tangsipingtou Group” Maize Hybrid Model. *Shandong Agricultural Sciences*, 51(06), 31-34 (in Chinese with English abstract).
7. **Li, Y, H N Wang, A T Wang, et al.**, 2013. Classification of 126 Inbred Lines Using SSR Markers. *Crops*, (4), 38-42 (in Chinese with English abstract).
8. **Li, Y and T Y Wang**, 2010. Germplasm Base of Maize Breeding in China and Formation of Foundation Parents. *Journal of Maize Sciences*, 18(5), 1-8 (in Chinese with English abstract).
9. **Liu, Z Z, Wu X, H L Liu, et al.**, 2012. Genetic Diversity and Population Structure of Important Chinese Maize Inbred Lines Revealed by 40 Core Simple Sequence Repeats (SSRs). *Scientia Agricultura Sinica*, 45(11), 2107-2138 (in Chinese with English abstract).
10. **Lu, Y, J Yan, C T Guimaraes, et al.**, 2009. Molecular Characterization of Global Maize Breeding Germplasm Based on Genome-wide Single Nucleotide Polymorphisms. *Theoretical and Applied Genetics*, 120: 93-115.
11. **Ma, B X.,** 2018. Current Situation and Countermeasures of Maize Production in Heilongjiang Province. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, (12), 111-112+117 (in Chinese with English abstract).
12. **Meng, Y J, Gao J J.** 2006. Division and Utilization of Heterosis of Maize in China. *Journal of Maize Sciences*, 14(1), 16-17+32(in Chinese with English abstract).
13. **Mikel, M A and Dudley J W.** 2006. Evolution of North American Dent Corn from Public to Proprietary Germplasm. *Crop Science*, 6(3), 1193-1205.
14. **Shi, Y Q, Y T Nan, G C Wei et al.**, 2017. Breeding and Creative Integration of Early Core Germplasm Maize Inbred Line Suixi709. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, (9), 6-8 (in Chinese with English abstract).
15. **Smith, S**, 2007. Pedigree Background Changes in U.S. Hybrid Maize between 1980 and 2004. *Crop Science*, 47: 1914-1926
16. **Song, W, F G Wang, H L Tian, et al.**, 2013. Identification of Maize Inbred Lines Using Core SNP loci. *Journal of Maize Sciences*, 2 (4), 28-32 (in Chinese with English abstract).
17. **Song, W, J R Zhao, F G Wang, et al.**, 2011. Analysis on Heterosis Pattern of Xundan20 by SSR Markers. *Journal of Maize Sciences*, 19(1), 43-47 (in Chinese with English abstract).
18. **Sun, H Y, M Y Ning, J G Ma et al.**, 2014. Analyze on Market Size and Progress in China Seed Industry. *China Seed*, (12), 21-23 (Ch).
19. **Sun, Q, W C Li, Y L Yu, et al.**, 2016. Pedigree Analysis on Maize Germplasm Origination of Commercial Breeding. *Journal of Maize Sciences*, 24(1), 8-13 (in Chinese with English abstract).

20. **Sun, Y W, M S Li, D G Zhang, et al.**, 2007. Determine Genetic Diversity among 85 Maize Inbred Lines Using SSR Markers. *Journal of Maize Sciences*, 15(6), 19-26 (in Chinese with English abstract).
21. **Teng, W T, J S Cao, Y H Chen et al.**, 2004. Analysis of Maize Heterotic Groups and Patterns during Past decade in China. *Scientia Agricultura Sinica*, 37(12), 1804-1811(in Chinese with English abstract).
22. **Troyer, A F.**, 1999. Background of U.S. Hybrid Corn. *Crop Sci.*, 39: 601-626.
23. **Wang, W.**, 2012. Maize Production Change in Heilongjiang Province and the Related Factors Analysis. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, (7), 28-31 (in Chinese with English abstract).
24. **Wang, Y B, Z H Wang, L X Lu, et al.**, 1998. Studies on Maize Germplasm Base, Division of Heterosis Groups and Utilizing Models of Heterosis in China. *Journal of Maize Science*, 6(1), 9-13 (in Chinese with English abstract).
25. **Wang, Y D, Zhao J R, Feng P Y, et al.**, 2016. Characteristics Related to Easy Seed Production and the Key Technology of High Yield and High Efficiency Seed Production of Commercial Hybrids Jingke968 etc. *Maize Sciences*, 24(2), 11-14 (in Chinese with English abstract).
26. **Wu, J F, W Song, R Wang, et al.**, 2014. Heterotic Grouping of 51 Maize Inbred Lines by SNP Markers. *Journal of Maize Sciences*, 22(5), 29-34 (in Chinese with English abstract).
27. **Wu, J F.**, 1983. A Review on the Germplasm Bases of the Main Corn Hybrids in China. *Scientia Agricultura Sinica*, (2), 1-8 (in Chinese with English abstract).
28. **Yang, P Z, G X Zhong, H Xie, et al.**, 2011. Research on Background and Utilization of Germplasm Resources in Maize. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 27(5), 25-28 (in Chinese with English abstract).
29. **Yong, H J, J J Wang, D G Zhang, et al.**, 2013. Characterization and Potential Utilization of Maize Populations in America Region. *Hereditas*, 35(6), 703-713 (in Chinese with English abstract).
30. **Zeng, S S.**, 1990. The Maize Germplasm Base of Hybrids in China [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 23(4), 1-9 (in Chinese with English abstract).
31. **Zhao, J R, J L Guo， Q Guo, et al.**, 1999. Heterotic Grouping of 25 Maize Inbreds with RAPD Markers. *Acta Agriculturae Boreali - Sinica*, 14(1), 32-37 (in Chinese with English abstract).
32. **Zhao, J R, S Wang, M Li, et al.**, 2018a. Current Status and Perspective of Maize Breeding. *Journal of Plant Genetic Resources*, 19(03), 435-446 (in Chinese with English abstract).
33. **Zhao, J R, C H Li, W Song et al.**, 2018b. Genetic Diversity and Population Structure of Important Chinese Maize Breeding Germplasm Revealed by SNP-Chips. *Scientia Agricultura Sinica*, 51(4), 626-634 (in Chinese with English abstract).

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2019, 22 (6), 15-23 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Проучване върху семепроизводството на средноранния хибрид Кн 461

Валентина Вълкова*, Наталия Петровска

Институт по царевицата, 5835 Кнежа, България

Survey on Seed Production of Medium-early Hybrid Kneja 461

Valentina Valkova*, Natalyia Petrovska

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

Original scientific paper

РЕЗЮМЕ

Бизнесът с царевично зърно в РБ функционира и се развива в динамична среда, съобразена с изискванията на Европейския Съюз и в условията на пазарната икономика. Наблюдава се изключително силна конкуренция на царевичния пазар. В страната се внасят царевични хибриди на 13 броя чуждестранни институти и фирми.

Институт по царевицата - Кнежа е основен център за селекция и семепроизводство на царевица в нашата страна. В своята 95-годишна история Институтът има признати над 100 хибрида от различните групи по зрялост, във всички основни направления – за зърно, силаж, хибриди със специфично детерминирани качества, устойчиви на биотичен и абиотичен стрес, болести и неприятели.

Хибрид Кнежа 461 е признат и утвърден за вписване в списък А на Официалната сортова листа на страната със заповед на МЗХ № РД 12-4/13.06.2017г.

Целта на това изследване е да се проучат агробиологичните и семе-

SUMMARY

In Republic of Bulgaria maize grain business develops in a dynamic environment complied with EC requirements and market economy conditions. Exceptionally strong competition is being monitored on the maize market. In the country are imported maize hybrids produced by 13 foreign research institutes and companies.

Maize Research Institute - town of Knezha is the main center for maize selection and seed production in our country. In its 95 years of existence the Institute has got more than 100 certified hybrids in the different maturity groups, and in all basic directions – for seed, for forage, hybrids with special specified qualities, hybrids sustainable to biotic and abiotic stress, diseases and pests.

Hybrid Kneja 461 is certified and approved for enlistment in the A List in the Official Variety List in RB by Order of Ministry of Agriculture, Food and Forestry № RD 12-4, dated 13th of June, 2017.

This survey target is to study the agrobiologic and seed production производни характеристиките на родителските форми на хибрид Кнежа 461 за нуждите на семепроизводството му.

Ключови думи: царевица, самоопрашена линия, комибинативна способност, биология на цъфтеж, размножителен коефициент

УВОД

Институт по царевицата - гр. Кнежа предлага богато и разнообразно портфолио, съдържащо хибриди царевица от всички групи на зрялост и направления на използване, устойчиви на болести, неприятели и неблагоприятни условия на средата, с което да удовлетвори търсенето на пазара на семена. Опитът на страните със съвременно високо развито земеделие показва, че едно от най-важните условия за успешно и своевременно внедряване в производството, както и пълното реализиране на продуктивните възможности на всеки новосъздаден царевичен хибрид, е нивото на тяхното семепроизводство и качеството на посевния материал (Akhtyrtsev, 2002; Yagdi et al., 2005; Sotchenko et al., 2009a, b; Gorbacheva et al., 2011; Valkova et al.., 2013). За целта е необходима яснота по въпросите свързани с генетичната изравненост и биологията на цъфтежа на родителските линиите, толерантността им към сгъстяване на посева, срокът и схемата на сеитба и др. Пълната агробиологична характеристика на перспективни и с доказани качества линии царевицата има важно значение за селекционния и семепроизводен процес. Познаването на качествата на лините улеснява избора на компоненти при създаването на нови по-високо продуктивни хибриди (Lee at al., 2006; Reid at al., 2013, 2014; Yordanov, 2019).

Целта на това изследване е да се проучат агробиологичните и семепроизводни характеристиките на родителските форми на хибрид Кнежа 461 за нуждите на семепроизводството му.

characteristics of hybrid Kneja 461 parental forms for its seed production needs.

Key words: maize, inbred line, combining ability, inflorescence biology, seed production coefficient

INTRODUCTION

Maize Research Institute - town of Knezha offers an abundant and diverse portfolio comprising maize hybrids from all maturity groups and application directions, sustainable to diseases, pests and unfavourable environmental conditions thus trying to satisfy seed demand on the market. The experience of countries with contemporary, highly developed agriculture shows that one of the most important conditions for successful and timely implementation in production, as well as the total realization of any newly established maize hybrid productive abilities, appears to be their seed production level and the seeding material quality (Akhtyrtsev, 2002; Yagdi et al., 2005; Sotchenko et al., 2009 a, b; Gorbacheva et al., 2011; Valkova et al., 2013). This requires clarification of questions connected with genetic equability and parental lines' inflorescence biology, their tolerance to seeding density, scheme and deadline of seeding etc.

The complete agrobiologic characteristic of perspective and quality-proven maize lines is of essential importance for the breeding and seed production process. Awareness of lines' qualities facilitates the component's selection when new and more productive hybrids are created (Lee at al., 2006; Reid at al., 2013, 2014; Yordanov, 2019).

This survey target is to study the agrobiologic and seed production characteristics of hybrid Kneja 461 parental forms for its seed production needs.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Експерименталната работа е изведена в опитното поле на Институт по царевицата гр. Кнежа през периода 2017-2018 г. В качеството на биологичен материал са използвани самоопрашените линии КС 45 23 и К 46 52.

Майчиният компонент – инбредната линия КС 45 23 е създадена по метода „pedigree selection" от експериментален хибрид в средно ранната група на зрялост. По генетична принадлежност се отнася към SSS (Stiff Stalk Synthetic) хетерозисана група.

Бащината форма - линията К 46 52 се към генетична група Lancaster и е с доказана висока обща и специфична комбинативна способност.

Заложени са два рандомизирани полски опита, по блоковия метод (Shanin, 1977), при условия без напояване, в три повторения, реколтна парцелка от 10 m^2 и две гъстоти на посева (6000 раст/da и 6500 растения/da). За определяне добива на зърно във фаза пълна зрялост от всеки вариант е взета средна проба от 5 kg кочани. Математическата обработка на данните е проведена по метода на еднофакторния дисперсионен анализ (Dimova and Marinkov, 1999). Размножителния коефициент на линиите е определен по Breshkov et al. (1962).

Жизнеността на прашеца през целия ден е определена чрез нанасянето му върху тридневни близалца по часове в 8, 10, 12, 14, 16 h.

В изолацонното поле са заложени по два паралелни опита: първия за определяне пълното съзряване на свилата и последователността, с която протича в пределите на кочана, а втория за проследяване продължителността на жизнеспособност на свилата (Manbaev, 1962).

След прибиране във фаза пълна зрялост на всеки кочан е извършен индивидуален анализ, включващ общ брой на цветчетата на кочана, броя на оплодените цветчета и теглото на зърно-

MATERIAL AND METHODS

In the period 2017-2018 experimental work was carried out in the trial field of Maize Research Institute – town of Knezha. The inbred lines KC 45 23 and K 46 52 were used as biological material.

Maternal component – the inbred line KC 45 23 was established applying "pedigree selection" method from an experimental hybrid from medium early maturity group. Genetically it belongs to SSS (Stiff Stalk Synthetic) heterogeneous group.

Paternal component – K 46 52 line falls into Lancaster genetic group and has a proven high total and specific combinative ability.

Two randomized field trials, pursuant the block method (Shanin, 1977), were set up under non-irrigation conditions, with three replicas, harvest plot of 10 m^2 and two plant densities (6000 plants/da and 6500 plants/da). From both variants was harvested an average sample of 5 kg ears in order to determine the grain yield of total maturity phase. Mathematical data processing was done pursuant the method of single factor disperse analysis - ANOVA (Dimova and Marinkov, 1999). Seed production coefficient of lines was determined pursuant Breshkov et al. (1962) method.

Pollen vitality for the whole day was determined by putting it on three-days stigmas at 8:00 a.m., 10:00 a.m., 12:00 a.m. and 2:00 p.m. and 4:00 p.m.

In the isolation field were set up two parallel trials: the first one was for determination of complete silk maturity and its consistency within the ear, the second one was to monitor the silk vitality duration (Manbaev, 1962).

After the harvest during total/full/ maturity phase each ear was individually analyzed for total ear flowers, the inbred flower number and ear kernals weight.

то от кочана. Степента на на озърняване (%) е направена по Garbur et al. (1980).

The kernel set level (%) was done pursuant Garbur et al. (1980).

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

КС 4523 е от групата на средно ранните линии царевица 400-499 по ФАО. Има добри агробиологични характеристики. Минала е успешно официалния тест за различимост, хомогенност и стабилност на Държавното сортоизпитване на Република България. При естествени условия на отглеждане е устойчива на икономически важни болести и неприятели при царевицата.

Цъфтежът на репродуктивните органи е протерандричен тип, като периодът от поникване до цъфтеж на метлицата е 61-65 дни, а този от поникване до изсвиляване – 63-68. Цъфтежът на метлицата продължава 5-7 дни, а на свилата 6-8 дни. Обикновено жизнеспособността на прашеца е най-висока до 13 h, а след това с повишаване на температурата и намаляване на относителната влажност на въздуха постепенно намалява. Метлицата е изправена, с 5 до 6 на брой първични разклонения и жълти тичинки. Ъгълът между главната ос на метлицата и страничните разклонения е около 40-50° (леко извити). Свилата на кочана е с антоцианово оцветяване.

Общата височина на линията е 160-175 cm. Стъблото е устойчиво на полягане. Броя на листат варира от 10 до 12. Височината на залагане на основния кочан е 75-90 cm. В години с по-благоприятни климатични условия, линията е двукочанна. Дължината на кочана е 13-16 cm. Броят на редовете му е 14-16 (Фигура 1). Зърното е жълто, полутвърдо и заема 75-80% от теглото на кочана. Вретеното е червено. Линията притежава висок потенциал за добив.

RESULTS AND DISCUSSION

KC 4523 belongs to the medium early maize group 400-499 pursuant FAO. It is with good agrobiologic characteristics. It passed successfully the official test for discernibility, homogeneity and stability of State Varietal Testing in R. Bulgaria. When cultivated in natural conditions it is resistant to serious diseases with economical impact and to pests on maize.

Reproductive organs' flowering is from protandric type, the period from germination to tassel inflorescence is 60-65 days, and from germination to silk formation the period is 63-68 days. The tassel florescence continues 5-7 days, and the silk florescence – 6-8 days. Generally the pollen vitality is the highest up to 1:00 p.m., and then it gradually declines due to the increased temperature and the decreased average air humidity.

Tassel is upright with 5-6 pcs. of primary branching and yellow stakes. The angle between tassels' main ax and lateral branching is about 40-50° (slightly curved). The ear silk has slightly anthocyanin colouring.

The total height line is 160-175 cm. The stalk is lodging resistant. The leaves' number varies from 10 to 12. The height of main ear location is 75-90 cm. During years with more favorable conditions the line has two ears characteristic. Ear length is 13-16 cm and its rows' number – 14-16 (Figure 1). Kernel is yellow, semi hard and makes 75-80% of the ear weight. Maize cob is red. This line has high yield potential.

Фиг. 1. Линия КС 4523
Fig. 1. Line KS 4523

Начинът на образуване и развитие на зърната в кочана са различни както за всеки отделен генотип, така и в зависимост от времето на опрашване. При линия КС 45 23 независимо от деня и продължителността на опрашване, оплождането на цветчетата на кочана е по цялата дължина. Значителен процент на оплоденост на свилата се отчита още на третия ден (65,5%). Запазва се възприемчивостта до 9-тия ден (71,3%), след което рязко спада до 3,5% на 11-тия ден. При опрашване на тринадесетдневни свили завръз на семена не е отчетен (Таблица 1).

The ways of kernel formation and development differ for each individual genotype and from the time of pollination, as well. In KC 45 23 inbred line irrespectively of pollination day and its duration, the ear flowers along the whole length are fertilized. Considerable percentage of silk fertilization is recorded as early as the third day (65.5%). Till the ninth day the receptivity is retained (71.3%) and then on the eleventh day it sharply declines to 3.5%. After the pollination of 13-days old silks no kernel formation was recorded (Table 1).

Таблица 1. Възприемчивост на свилата към прашеца, в зависимост от датата на появата й (% озърняване на кочана)
Table 1. Receptivity of the silk to pollen, depending on the date of silking (% kernel in the ear)

Генотипове Genotypes	Дни от появата на свилата / Number days since the silk exsertion											
	3-ти		5-ти		7-ми		9-ти		11-ти		13-ти	
	% озърненост % kernels in the ear	тегло на зърното от кочан grain weight from the cob, (g)	% озърненост % kernels in the ear	тегло на зърното от кочан grain weight from the cob, (g)	% озърненост % kernels in the ear	тегло на зърното от кочан grain weight from the cob, (g)	% озърненост % kernels in the ear	тегло на зърното от кочан grain weight from the cob, (g)	% озърненост % kernels in the ear	тегло на зърното от кочан grain weight from the cob, (g)	% озърненост % kernels in the ear	тегло на зърното от кочан grain weight from the cob, (g)
КС 45 23	65.5	85.8	79.3	100.0	86.7	91.0	71.3	83.2	3.5	5.0	0.0	0.0
К 46 52	75.4	94.0	80.9	98.0	80.8	97.0	75.9	95.0	5.3	7.0	0.0	0.0

Представеният дисперсионен анализ за добив зърно на линия КС 45 23 (Таблица 2) показва, че има достоверна разлика в получения добив от двете гъстоти (P=0,1%). По-висок е той при гъстота 6500 раст/da.

The presented disperse analysis of KC 45 23 line grain yield (Table 1) shows that there is a reliable difference in the harvested yield from both densities (P=0.1%). Yield is higher with density 6500 plants/da.

Таблица 2. Дисперсионен анализ за добив зърно на самоопрашена линия КС 4523
Table 2. ANOVA results for grain yield of inbred line KC 4523

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*F crit*
Повторения / Repetitions	237.42	2			
Гъстоти / Plant density	49340.80	1	49340.80	108.52	98.49
Within	909.33	2	454.66		
Total	50487.55	5			

Икономическата ефективност на семепроизводството на хибридите до голяма степен зависи от продуктивните възможности и размножителния коефициент на майчината форма. В зависимост от условията на отглеждане, размножителният коефициент на линия КС 45 23 варира от 194,9-308,8.

Бащината форма – линия К 46 52 е също от група 400-500 по ФАО. Линията е с доказана висока обща и

The economic seed production efficiency in hybrids depends to a greater extend on productive abilities and seed production coefficient of maternal form. Depending on the growing conditions, the propagation coefficient of KC 45 23 line varies from 194.9 to 308,8.

Paternal form, i.e. K 46 52 also belongs to group 400-500 pursuant to FAO. This line has proven high total and специфична комбинативна способност. Използва се освен като тестер на новостабилизирани линии царевица и като компонент в хибридната селекция. К 46 52 е бащина форма на три търговски хибриди на Институт по царевицата гр. Кнежа – Кнежа 317, Кнежа 435 и Кнежа 461. Цъфтежът на репродуктивните органи е почти едновременен. Периодът от поникване до цъфтеж на метлицата е 62-64 дни, а този от поникване до изсвиляване – 63-65.

Метлицата е изправена. Броят на първичните разклонения са 5-7 и с жълти тичинки. Прашецът запазва жизнеспособността си 16-20 h след отделянето от метлицата. Цъфтежът на метлицата продължава 6-7 дни, а на свилата 7-9 дни. Свилата на кочана е със слабо антоцианово оцветяване.

В зависимост от условията на отглежане, общата височина на линията варира от 195 cm до 235 cm. Стъблото е добре облистено (11-13 бр.) и устойчиво на полягане. Кочанът се залага на 6-7 коляно на височина от 85-115 cm. При висока агротехника или добри климатични условия, линията е двукочанна. Кочанът е цилиндричен с дължина 17-19 cm. Броят на редовете му е 12-14 и 23-27 бр. на зърна в ред. Зърното е жълто, полутвърдо. Рандеманът му е 80-82% от теглото на кочана. Вретеното е червено (Фигура 2).

Характерното за цъфтежа на женския репродуктивен орган при линия К 46 52 е, че появата на свилата ú настъпва по-динамично, а отмирането ú е по-продължително, в сравнение с майчината форма на хибрида. Оплождането на цветчетата на кочана започва от основата към върха. Жизнеността на близълцата ú се запазва до 9-я ден (75,9%), след което намалява до 5,3% на 11-я ден (Таблица 1).

Гъстотата на посева оказва достоверно влияние върху варирането на признака при линия К 46 52. ANOVA показва достоверен варианс (P=5%) за фактора гъстота (Таблица 3).

specific combinative ability. Besides as a tester of the newly stabilized maize lines it is used also as a component in the hybrid breeding. K 46 52 is the paternal form of three commercial hybrids of Maize Research Institute - town of Knezha, namely – Kneja 317, Kneja 435 and Kneja 461. Inflorescence of the reproductive organs is almost simultaneous. The period from tassel germination to its inflorescence is 62-64 days, while the period from germination to silk exsertion is 63-65.

The tassel is upright. The number of primary branching is 5-7 with yellow stakes. The pollen retains its vitality 16-20 hours after it separates from the tassel. Tassel inflorescence continues 6-7 days, the silk inflorescence is 7-9 days. The ear silk has slightly anthocyanin colouring.

Depending on the growing conditions, the total height line varies from 195 cm to 235 cm. The stalk has numerous leaves (11-13 pcs.) and is lodging resistant. Ear is located on 6-7 knee at height of 85-115 cm. When high agricultural equipment is applied or under good weather conditions the line develops two ears. The ear shape is like a cylinder with length of 17-19 cm. There are 12-14 rows in the ear, and 23-27 pcs. of kernels in each row. Kernel is yellow coloured and semi-hard. Its yield is 80-82% of the ear’s weight. The maize cob is red (Figure 2).

Characteristic feature of the female reproductive organ inflorescence in K 46 52 line is that its silk formation is more dynamic, while the silk passing-out is longer than the hybrid maternal form. Fertilization of ear flowers starts from the base to the top. The stigma vitality is preserved till the ninth day (75.9%), then it declines to 5.3% on the eleventh day (Table 1).

Plant density has a reliable impact on the characteristic variation with K 46 52 line. ANOVA shows reliable variance (P=5%) of the density factor (Table 3).

Линията е толерантна на сгъстяване на посева и реализира най-висок добив при по-голямата гъстота - 6500 раст/da. Размножителният коефициент на линията варира от 165,9 до 300, в зависимост от гъстотата на посева и годината на отглеждане.

The line has tolerance to the growing seeding density and gives the highest yield with the higher density – 6500 plants/da. This line seed production coefficient varies from 165.9 to 300 depending on the plant density and the growing year.

Фиг. 2. Линия К 4652
Fig. 2. Line K 4652

Таблица 3. Дисперсионен анализ за добив зърно на самоопрашена линия К4652
Table 3. ANOVA results for grain yield of inbred line K 4652

ANOVA					
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*F crit*
Within	2549.41	2			
Total	59064.53	5	1274.70		

ИЗВОДИ

Въз основа на оценката на линиите, направена в настоящето проучване и във връзка използването им в селекционния и семепроизводен процес са направени следните изводи:

CONCLUSIONS

Based on the estimation of these lines done in this study and in connection with their use in the breeding and seed production process, the following conclusions are made:

Най-висок добив зърно двете линии реализират при гъстота 6500 раст/da.

В години с по-благоприятни климатични условия, жизнеспособността на близълцата на линия КС 45 23 се запазва до 6-8 денонощие след появата им от обвивните листа, а при линия К 46 52 този показател е 7-9 ден.

Поради синхрона в цъфтеж на репродуктивните форми на двете родителски линии, сеитбата на семепроизводните участъци на хибрид Кн 461 трябва да е едновременна.

Both lines give the highest grain yield at plant density 6500 plants/da.

During years with more favorable weather conditions, the stigmas' vitality of KC 45 23 line stays up to 6-8th day after their appearance, while with K 46 52 line this index is 7-9th day.

As the reproduction forms of both parental lines have synergy in flowering, the seeding in seed production plots of hybrid Kneja 461 should be done at the same time.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Akhtyrtsev, M. G.**, 2002. Increasing the Yield of Parent Forms of Corn Hybrids in the Northern Zone of the Krasnodar Territory. *Corn and Sorghum*, 4, 13-16 (Ru).
2. **Breshkov, T., D. Grozev, Kr. Chanev and Khr. Radkov**, 1962. Seed Production of Field Crop. Zemizdat (Bg).
3. **Dimova, D. and E. Marinkov**, 1999. Experimental Work and Biometrics. Academic Publishing House of Agricultural University, Plovdiv (Bg).
4. **Garbur, I., P. Charova and I. Frunze**, 1980. Castration of Maternal Forms of the Hybridization Plot of Maize, Selection, Genetics and a Technology of Cultivation of maize in Moldova, pp. 119-121 (Ru).
5. **Gorbacheva, A., L. Bortnikova, E. Kopalova and A. Chinik**, 2011. Sowing Characters of Seeds of Parent Forms of Corn in Different Conditions of Growing. *Maize and Sorghum*, 1, 13-15 (Ru).
6. **Lee, E., A. Singh, M. Ash and B. Good**, 2006. Use of Sister-line and the Performance of Modified Single Cross Maize Hybrids. *Crop Sci.*, 46, 312-320.
7. **Manbaev, T.**, 1962. The Sequence of Development on the Time of Pollination. News of the Academies of Sciences of the Kazan SSR, ser. Butanics and Soil Science, pp. 55-61 (Ru).
8. **Reid, L. M., C. Voloaca, J. Wu, T. Woldemariam, K. Jindal and X. Zhu**, 2014. La ligne´e autogame de maı¨s CO452. *Can. J. Plant Sci.*, 94: 1523-1527.
9. **Reid, L. M., X. Zhu, C. Voloaca, T. Woldemariam and J. Wu**, 2013. CO448 Corn Inbred Line. *Can. J. Plant Sci.*, 93: 327330.
10. **Shanin, J.**, 1977. Methodology of the Field Experiment. BAS, Sofia (Bg).
11. **Sotchenko, V., A. Gorbacheva, V. Bagrinceva, E. Sotchenko, N. Lavrenchuk, A. Suprunov, V. Malakanova, N. Jukov and L. Smirnova**, 2009a. Instructional Lines on Production Hybrid Seeds of Corn. *Maize and Sorghum*, 2, 2-6 (Ru).
12. **Sotchenko, V., A. Gorbacheva, V. Bagrinceva,E. Sotchenko, N. Lavrenchuk, A. Suprunov, V. Malakanova, N. Jukov and L. Smirnova**, 2009b. Instructional Lines on Production Hybrid Seeds of Corn. *Maize and Sorghum*, 3, 2-5 (Ru).
13. **Valkova, V. and N. Petrovska**, 2013. Characteristics of Late Inbred Lines of Maize XM 99 14. *Science & Technologies*, III(6), 146-150 (Bg).
14. **Yagdi, K., B. Зetin, E. Cifçi and D. Ozsayin**, 2005. Seed Production Economics in Turkey. Agricultural University Plovdiv, *Scientific Works*, L(4), 35-38 (Bg).
15. **Yordanov, G.**, 2019. Corn Self Pollinated Line 1252 G 05. *Field Crop Studies*, XII(1), 85-92 (Bg).

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2019, 22 (6), 24-35 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Високо добивен хибрид царевица Кнежа 561 - нова селекция българска царевица

Георги Йорданов

Институт по царевицата, 5835 Кнежа, България

Highly Harvested Kneja 561 Maize Hybrid - a New Selection of Bulgarian Maize

Georgi Yordanov

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

Original scientific paper

РЕЗЮМЕ

В статията е представено научно съобщение и описание на ново създадения и официално признат Български, високо добивен, средно късен хибрид царевица Кнежа 561, създаден в Института по царевицата - Кнежа. Като резултат на дългогодишна селекционно – генетична работа е създаден и признат нов, високо добивен, средно късен хибрид царевица Кнежа 561. Хибрид Кнежа 561 е конкурентно способен с доказани възможности за много високи добиви, потвърдени официално от изпитвания както в България, така и в Сърбия и Румъния. При неполивни условия, на отделни пунктове, от него реално са получени до 12000 kg/ha стандартно зърно, а при поливни условия – до 14000 kg/ha стандартно зърно.

Ключови думи: царевица (*Zea mays* L.), нов средно късен хибрид Кнежа 561

SUMMARY

The article presents a scientific report and description of the newly created and officially recognized Bulgarian, high-yielding, medium-late Kneja 561 maize hybrid, established at the Knezha Maize Institute. As a result of many years of breeding and genetic work, a new, high-yielding, medium-late Kneja 561 hybrid maize has been created and recognized. The Kneja 561 hybrid is competitive with proven high yield capability, officially confirmed by trials in both Bulgaria and Serbia and Romania. Under non-irrigation conditions, at individual points, up to 12000 kg/ha of standard grain was actually obtained from it, and under irrigation conditions up to 14000 kg/ha of standard grain.

Key words: maize (*Zea mays* L.), a new mid-late Kneja 561 hybrid.

УВОД

Създаването на нови по-високо добивни и конкурентно способни хибриди царевица е крайната цел на научно

INTRODUCTION

Creating new higher yielding and competitive maize hybrids is the ultimate goal of research. And the most extensive изследователска работа. И най-задълбочените изследвания на растенията, използването на различни нови научни методи и техники не биха имали особено значение, ако не водят до създаването на нови по-високо добивни, по-качествени и по-устойчиви сортове от досега съществуващите, ако не водят до реален селекционен прогрес (Yugenheimer, 1979; Russel, 1986; Hallauer,1988; Reid et al., 2013, 2014).

За да се оценят реалните качества на всеки нов сорт, той трябва да бъде изпитван при възможно най-разнообразни еколого геогравски условия, и да бъдат сравнявани продуктивните му или други негови качества с най-добрите стандартни сортове използвани в тези райони. Неспазването на тези основни правила води до заблуждение в оценката на реалните качества на сорта. Рано или по-късно такъв сорт ще бъде отхвърлен от земеделските производители, които са най-точния и обективен критерий за качествата на дадения нов сорт.

Целта на тази публикация е да се представи на научната общност и на земеделските производители новия високодобивен средно късен български хибрид царевица Кнежа 561, като резултат от новата българска селекция на царевица, подробно описвайки го и оценявайки максимално обективно продуктивните му качества за добив на фуражно зърно.

plant research, the use of various new scientific methods and techniques would not be of much importance if they did not lead to the creation of new, high yielding, better quality and more resistant varieties than the existing ones, if they do not lead to real breeding progress (Yugenheimer, 1979; Russel, 1986; Hallauer, 1988; Reid et al., 2013, 2014).

In order to evaluate the real qualities of each new variety, it must be tested under the most varied ecological geographic conditions, and its productive or other qualities compared with the best standard varieties used in those regions.

Failure to comply with these basic rules is misleading in the assessment of the true qualities of the variety.

Sooner or later, such a variety will be rejected by the farmers, who are the most accurate and objective criterion for the quality of the new variety.

The purpose of this publication is to present to the scientific community and farmers the new high-yielding medium-late Bulgarian hybrid corn Kneja 561, as a result of the new Bulgarian selection of maize, detailing it and evaluating its objectively productive qualities for the production of feed grain.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Хибрид царевица Кнежа 561 е средно късен хибрид царевица за зърно, група 500 по ФАО. Има Патентен сертификат регистрационен № 11132 P2 от 12.12.2017г. Създаден е в Института по царевицата - Кнежа от доц. д-р Георги Йорданов. Използван е метода на двулинейната хибридизация между генетично отдалечени селекционни материали за постигане на максимално висок хетерозисен ефект.

Селекционният процес по съз-

MATERIAL AND METHODS

Kneja 561 Hybrid is a medium late grain corn hybrid, FAO 500 group. Has Patent Certificate Registration No. 11132 P2 dated 12/12/2017. It was created at the Maize Research Institute - Knezha by Assoc. Prof. Georgi Yordanov. The method of two-line hybridization between genetically distant selection materials was used to achieve the highest possible heterosis effect.

The selection process for the

даване и начално изпитване на хибрида обхваща периода 2003-2012 г. През 2013г. хибрида е представен за изпитване за Биологични и стопански качества /БСК/ и Различимост, хомогенност и стабилност /РХС/ в държавната агенция на България - ИАСАС.

През 2015 г. хибрид царевица Кнежа 561 беше изпитан при условия без напояване, в рандомизирани блокови опити в три повторения в Р. Сърбия и в Р. Румъния и сравняван с техни високо добивни стандарти царевица.

Изследвани са показателите добив на стандартно зърно от хектар, влага на зърното при реколтиране и перформанс индекс - Pi, като отношение на добива на зърно към влагата на зърното при прибиране. Статистическата обработка на данните извършихме по методика на Shanin (1977). Едновременно с това изпитването на хибрида бе продължено и в ИАСАС и в Института по царевицата в Кнежа. По този начин бе осъществено екологично отдалечено изпитване на четири геогравски отдалечени пункта, което да осигури максимално обективно оценяване на продуктивните качества за добив на фуражно зърно на новия високодобивен български хибрид царевица Кнежа 561.

На Фигура 1 и Фигура 2 са представени визуално хабитуса на растенията, кочани в стандартна технологична зрелост, пререз на кочана и зърно от кочана от новия високодобивен български хибрид царевица Кнежа 561. Както се вижда от фигурата, кочаните са добре оформени, озърнени до върха с тънка какалашка и висок рандеман на зърно – до 90% от теглото на кочана.

creation and initial testing of the hybrid covers the period 2003-2012. In 2013, the hybrid was submitted for testing for Biological and Economic Properties /BEP/ and Diversity, Homogeneity and Stability /DHS/ at the State Agency of Bulgaria - IACAS.

In 2015, the Kneja 561 hybrid maize was tested under irrigation conditions, in randomized block trials in three replicates in the Republic of Serbia and in the Republic of Romania and compared to their high-yielding maize standards.

The indices of standard grain yield per hectare, grain moisture during harvesting and performance index - Pi were investigated as the ratio of grain yield to grain moisture during harvesting.

The statistical processing of the data was performed according to Shanin (1977). At the same time, the hybrid test was continued at both IACAS and the Maize Institute in Kneja.

In this way an ecological remote testing of four geographically remote points was carried out in order to ensure maximum objective assessment of the productive qualities

Figure 1 and Figure 2 show visually the habitat of plants, cobs in standard technological maturity, a cross-section of cobs and cob grains from the new high-yielding Bulgarian corn Kneja 561.

As can be seen from the figure, the cobs are well shaped, gnarled to the top thin turbot and high grain yield - up to 90% of cob weight.

Фиг. 1. Растения от средно късен хибрид царевица Кнежа 561 с оптимална общата листна площ на растенията.
Fig. 1. Plants of medium late hybrid Kneja 561 hybrid with optimal total leaf area of the plants

Фиг. 2. Средно късен хибрид царевица Кнежа 561 (патентен Сертификат Рег.№ 11132 Р2 от 12.12.2017г.)
Fig. 2. Medium late corn hybrid Kneja 561 (Patent Certificate Reg.№ 11132 P2 from 12.12.2017)

По-важните характеристики на хибрид царевица Кнежа 561 са следните:

Група на зрялост – Средно късен хибрид царевица за зърно, група 500 по ФАО. От поникване до пълна зрялост достига за около 120-125 дена.

Растения – Височината на растенията достига около 260-280 cm, здрави, устойчиви на полягане, с добър хабитус и едри листа. Нормално изхранват по 1-1,2 едри кочана заложени на височина 110-120 cm (Фигура 1).

The more important characteristics of the Kneja 561 hybrid corn are the following:

Maturity Group - Medium late hybrid corn for grain, FAO 500 group. From germination to full maturity reaches about 120-125 days.

Plants - The height of the plants reaches about 260-280 cm, strong, stable, with good habit and large leaves. Normally feed on 1- 1.2 large cobs, set at a height of 110-120 cm (Figure 1).

Cobs - The cobs are large, 25-29

Кочани – Кочаните са едри, 25-29 cm дълги, добре оформени с правилни редове и озърнени до горе, с висок рандеман на зърно. Какалашката е тънка с розов цвят (Фигура 2).

Зърно – Зърното е ярко жълто, тип конски зъб, с тегло на 1000 зърна над 400 g, лесно се отделя /рони/ от какалашката. Рандемана на зърното е висок – около и над 88% от теглото на кочана. Бързо изпуска влагата към нормалния срок на жътва.

Продуктивност – Хибрид Кнежа 561 е с доказани възможности за много високи добиви зърно при близка до стандарта влага, потвърдени официално от изпитвания както в България, така и в Сърбия и Румъния през 2015 год. При неполивни условия, на отделни пунктове, от него реално са получени до 12000 kg/ha стандартно зърно, а при поливни условия – до 14000 kg/ha стандартно зърно с влага при реколтиране около 15-16%.

cm long, well shaped with regular rows and flush to the top, with a high grain yield. The stem of the cob is thin with pink colour (Figure 2).

Grain - The grain is a bright yellow, horse-tooth type, weighing 1000 grains over 400 g. The grain yield is high - about and over 88% of the weight of the cob. Quickly releases moisture to normal harvest time.

Productivity - Hybrid Kneja 561 has proven capabilities for very high grain yields at close to standard humidity, officially confirmed by tests in both Bulgaria and Serbia and Romania in 2015. Under non-irrigation conditions, at individual points, it is actually obtained up to 12000 kg/ha standard grain, and under irrigation conditions - up to 14000 kg/ha standard grain with moisture at harvest about 15-16%.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

В Института по царевицата - Кнежа има дългогодишни традиции по създаването на нови, конкурентноспособни и високо продуктивни хибриди царевица от различни групи на зрелост и с различни направления на използване – за фуражно зърно, за подобрено качество на зърното, за консервиране и храна на хората – захарна царевица и царевица за пуканки (Tomov, 1997; Hristov and Hristova, 1999 Vulchinkov et al.,2003 ; Genov and Genova, 2005; Yordanov, 2005, 2010, 2013, 2014; Glogova, 2010; Valkova and Petrovska, 2018 и др.).

В резултат от изпитването на продуктивните възможности на хибрид царевица Кнежа 561 в Предварителни и Конкурсни сортови опити бе установено, че хибрида дава високи и устойчиви добиви на зърно превишаващи тези на повечето от използваните хибриди царевица за стандарти (Таблица 1).

RESULTS AND DISCUSSION

The Kneja Corn Institute has a long tradition of creating new, competitive and high-yielding hybrids of maize from different maturity groups and with different uses - for feed grain, for improved grain quality, for preservation and human nutrition - for sugar corn and popcorn maize (Tomov, 1997; Hristov and Hristova, 1999 Vulchinkov et al., 2003; Genov and Genova, 2005; Yordanov, 2005, 2010, 2013, 2014; Glogova, 2010; Valkova and Petrovska, 2018, etc.).

As a result of testing the productive capabilities of Kneja 561 hybrid maize in the Preliminary and Competitive Variety Trials, it was found that the hybrid yielded high and sustainable grain yields in excess of most of the standard maize hybrids used (Table 1).

Таблица 1. Резултати от сравнително изпитване между българския хибрид царевица Кнежа 561 и други високо продуктивни хибриди в условията на Института по царевица - Кнежа, Р. България през 2015г. /без напояване/
Table 1. Results of a comparative test between the Bulgarian Kneja 561 maize hybrid and other highly productive hybrids at the Maize Institute - Kneja, Republic of Bulgaria in 2015 /without irrigation/.

Наименование на Изпитваните хибриди Name of Test hybrids	Добив зърно Kg/ha 14% влага Grain yield kg/ha 14% moisture	% На добивите към стандарта % The yields to the standard	Влага на зърното при прибиране % Grain moisture at harvest %	+- към влагата на стандарта % + - to the humidity of the standard %	Перформанс индекс Pi Performance index Pi
Кнежа 561Kneja 561	12300.0	107.6	14.0	-1.0	8.8
Кн435	10710.0	93.6	12.5	-2.5	8.6
Кн509	10200.0	89.2	14.3	-0.7	7.1
КнМ625	10500.0	91.2	18.3	+3.3	5.7
P9494	11560.0	101.0	14.8	-0.2	7.8
PR35F38 – Стандарт Standard	*11440.0*	*100.0*	*15.0*	*0.0*	7.6

Това ни даде основание да продължи по-нататъшното изпитването на хибрида на следващи, по-високи и екологично отдалечени нива на изпитване.

За тази цел, от хибрид царевица Кнежа 561 бяха изпратени хибридни семена за изпитване в Р. Сърбия и в Р. Румъния, и за сравняване с техни високо добивни стандарти царевица. Опитите са извеждани при условия без напояване по възприетите технология за отглеждане на царевица в тези страни, в рандомизирани блокови опити в три повторения.

На Таблица 2 са представени резултатите от сравнително изпитване между българския хибрид царевица Кнежа 561 и високо продуктивни Румънски хибриди в условията на Фундуля, Р. Румъния през 2015г. /без напояване/. Както се вижда от таблицата, българският хибрид царевица Кнежа 561 се е представил много добре спрямо останалите други румънски хибриди използвани в опита. Със среден добив стандартно зърно от 9422,0 kg/ha той убедително е превишил румънския стандарт царевица с 124,8%, а също и другите използвани в опита хибриди с различни, но също по-високи проценти от тях. Високия добив стандартно зърно получено от хибрида

This has given us reason to continue further testing the hybrid at subsequent, higher and environmentally distant test levels.

To this end, hybrid seeds of Kneja 561 were sent hybrid seeds for testing in the Republic of Serbia and the Republic of Romania, and for comparison with their high-yielding maize standards. The experiments were performed under irrigation conditions using the adopted maize cultivation technology in these countries, in randomized block trials in three replicates.

Table 2 presents the results of a comparative test between the Bulgarian Kneja 561 maize hybrid and the highly productive Romanian hybrids under the conditions of Fundulia, Romania in 2015 /without irrigation/. As can be seen from the table, the Bulgarian Kneja 561 maize hybrid performed very well compared to the other Romanian hybrids used in the experiment. With an average yield of standard grain of 9422.0 kg/ha, it far exceeded the Romanian standard corn by 124.8%, as well as other hybrids used in the experiment with different but also higher percentages of them.

The high yield of the standard grain obtained from the hybrid was combined е съчетан и с ниска влага на зърното при прибиране - 16.1% , която е близка до стандартната влага на зърното за царевицата и тя е била с 2% по-ниска от тази на румънския хибрид - стандарт. Това съчетание на висок добив зърно с ниска влага на зърното е характерна за българският хибрид царевица Кнежа 561 и е особено ценена от земеделските производители. Най-добре тази зависимост се изразява с така наречения „перформанс индекс – Pi”, който е представен в последната графа на таблицата. Както се вижда и по този индекс нашия хибрид е с най-висок показател спрямо останалите хибриди в опита.

В резултат от изпитването на продуктивните възможности на хибрид царевица Кнежа 561 в Р. Румъния можем научно обосновано да направим извода, че той е конкурентно способен и високо добивен хибрид царевица, подходящ за износ на семена в тази страна.

with the low grain moisture of the harvest - 16.1%, which is close to the standard moisture of the grain for maize and it was 2% lower than that of the Romanian hybrid standard. This combination of high grain yield with low grain moisture is characteristic of the Bulgarian Kneja 561 hybrid corn and is especially appreciated by farmers. This dependence is best expressed by the so-called "performance index - Pi", which is presented in the last column of the table. As can be seen from this index, our hybrid has the highest score compared to other hybrids in the experiment.

As a result of testing the productive capabilities of Kneja 561 hybrid maize in Romania, we can scientifically conclude that it is a competitive and high-yielding maize hybrid suitable for exporting seeds to this country.

Таблица 2.Резултати от сравнително изпитване между българския хибрид царевица Кнежа 561 и високо продуктивни Румънски хибриди в условията на Фундуля, Р. Румъния през 2015г. /без напояване/
Table 2. Results of a comparative test between the Bulgarian Kneza 561 maize hybrid and highly productive Romanian hybrids under the conditions of Fundulia, Romania in 2015 /without irrigation/

Наименование на Изпитваните хибриди Name of Test hybrids	Добив зърно kg/ha 14% влага Grain yield kg/ha 14% moisture	% На добивите към стандарта % The yields to the standard	Влага на зърното при прибиране % Grain moisture at harvest %	+- към влагата на стандарта % + - to the humidity of the standard %	Перформанс индекс Pi Performance index Pi
Кнежа 561	**9422.0**	**124.8**	**16.1**	**-2.0**	**5.8**
EX 563	9009.0	119.3	15.8	-2.3	5.7
NP 14-64	8528.0	113.0	16.2	-1.9	5.3
XML 14	7306.0	96.8	19.1	+1.0	3.8
EC 501	6649.0	88.0	17.6	-0.5	3.7
Olt – Стандарт/standard	***7549.0***	***100.0***	***18.1***	***0.0***	***4.2***

На Таблица 3 са представени резултатите от сравнително изпитване между българския хибрид царевица Кнежа 561 и високо продуктивни Сръбски хибриди в условията на Земун поле - Белград, Р. Сърбия през 2015г. /без напояване/. Както се вижда от таблицата, българският хибрид царевица Кнежа 561 се е представил много

Table 3 presents the results of a comparative test between the Bulgarian Kneja 561 maize hybrid and the highly productive Serbian hybrids in Zemun Polje - Belgrade, Serbia in 2015 /without irrigation/. As can be seen from the table, the Bulgarian Kneja 561 maize hybrid performed very well compared to other Serbian hybrids used in the experiment.

добре спрямо останалите други сръбски хибриди използвани в опита. Със среден добив стандартно зърно от 11392.0 kg/ha той убедително е превишил добре известния сръбски стандарт царевица *ZP 666* с 107.7%, а също и другите използвани в опита хибриди с различни, но също по- високи проценти от тях. Високият добив стандартно зърно получено от хибрида е съчетан и с ниска влага на зърното при прибиране - 15.9% , която е близка до стандартната влага на зърното за царевицата и тя е била с 2,8 % по-ниска от тази на сръбския хибрид - стандарт. Това съчетание на висок добив зърно с ниска влага на зърното е характерна за българският хибрид царевица Кнежа 561 и е особено ценена от земеделските производители. Най-добре тази зависимост се изразява с така наречения „перформанс индекс – Pi”, който е представен в последната графа на таблицата. Както се вижда и по този индекс нашия хибрид е с най-висок показател спрямо останалите хибриди в опита.

В резултат от изпитването на продуктивните възможности на хибрид царевица Кнежа 561 в Р. Сърбия можем научно обосновано да направим извода, че той е конкурентно способен и високо добивен хибрид царевица, подходящ за износ на семена в тази страна.

With an average yield of standard grain of 11392.0 kg/ha, it far exceeded the well-known Serbian standard corn ZP 666 by 107.7%, as well as the other hybrids used in the experiment with different but also higher percentages of them.

The high yield of the standard grain obtained from the hybrid was combined with the low grain moisture of the harvest - 15.9%, which is close to the standard moisture of the grain for maize and it was 2.8% lower than that of the Serbian hybrid standard. This combination of high grain yield with low grain moisture is characteristic of the Bulgarian Kneja 561 hybrid corn and is especially appreciated by farmers. This dependence is best expressed by the so-called "performance index - Pi", which is presented in the last column of the table. As can be seen from this index, our hybrid has the highest score compared to other hybrids in the experiment.

As a result of testing the productive capabilities of Kneja 561 hybrid maize in the Republic of Serbia, we can scientifically conclude that it is a competitive and high yielding maize hybrid suitable for exporting seeds to this country.

Таблица 3. Резултати от сравнително изпитване между българския хибрид царевица Кнежа 561 и високо продуктивни Сръбски хибриди в условията на Земун поле – Белград, Р. Сърбия през 2015г. /без напояване/
Table3. Results of a comparative test between the Bulgarian Kneza 561 maize hybrid and highly productive Serbian hybrids in the conditions of Zemun Pole - Belgrade, R. Serbia in 2015 /without irrigation/

Наименование на изпитваните хибриди Name of Test hybrids	Добив зърно kg/ha 14% влага Grain yield kg/ha 14% moisture	% На добивите към стандарта % The yields to the standard	Влага на зърното при прибиране % Grain moisture at harvest %	+- към влагата на стандарта % + - to the humidity of the standard %	Перформанс индекс Pi, % към стандарта Performance index Pi, % to standard
Кнежа 561	**11392.0**	**107.7**	**15.9**	**-2,8**	**126.9**
NS 6030	9602.0	90.8	18.9	+0,2	89.8
B-15	9812.0	92.8	17.1	-1,6	101.3
NP 14-70	9703.0	91.7	16.9	-1,8	101.7
NP 14-64	9632.0	91.1	15.7	-3,0	108.6
***ZP 666 –Стандарт* standard**	***10577.0***	***100,0***	***18.7***	***0,0***	***100.0***

През 2013г., 2014г. и 2015 година хибрид царевица Кнежа 561 беше представен за официално изпитване в ИАСАС за Различимост, хомогенност и стабилност и за изпитване на Биологичните и стопански качества на хибрида. В резултат от изпитването ИАСАС потвърди, че хибрид царевица Кнежа 561 е различим, хомогенен и стабилен, а Биологичните и стопански качества на хибрида превишават тези на използвания стандарт и хибрида може да бъде признат и вписан в списък А на националната сортова листа на България. На Таблица 4 са представени най-високите официални резултати от изпитването на продуктивните възможности на хибрида.

In 2013, 2014 and 2015 Kneja 561 maize hybrid was submitted for official testing at IACAS for Diversity, Homogeneity and Stability and for testing the Biological and Economic Properties of the hybrid. As a result of the test, IASAS confirmed that the Kneja 561 maize hybrid is distinguishable, homogeneous and stable, and the biological and economic qualities of the hybrid exceed those of the standard used and the hybrid can be recognized and listed in List A of the national variety list of Bulgaria.

Table 4 presents the highest official results of the hybrid performance test,

Таблица 4. Официални резултати от изпитване на продуктивните възможности на новия Български високо продуктивен средно късен хибрид царевица за фуражно зърно Кнежа 561 в държавното сортоизпитване на България и от Земун поле, Сърбия (Най-високи резултати)
Table 4. Official results of the testing of the productive capabilities of the new Bulgarian High-Performance Medium-Late Corn Forage Corn Kneja 561 in the State Variety Test of Bulgaria and Zemun Polje, Serbia (Highest Results)

Изпитван Хибрид Tested hybrid	Година на изпита Year on the exam	Място на изпитване Place On testing	Условия на изпитване Conditions on testing	Плучен добив станд. зърно Yield Standard Grain kg/ha	Влага на зърното Moisture on the grain %	Перформанс индекс Performance index Pi
Кнежа 561 Kneja 561	2014	Самоводене, България Samovodene Bulgaria	Поливно Irrigation	13500.0	16.4	8.2
Кнежа 561 Kneja 561	2014	Г. Тошево, България G.Toshevo, Bulgaria	Неполивно not irrigated	10750.0	16.1	6.7
Кнежа 561 Kneja 561	2015	Земун поле Сърбия Zemun Polje, Serbia	Неполивно not irrigated	11390.0	15.9	7.2

След и изпитването на хибрида в ИАСАС, той беше представен за защита на авторското право в Патентно ведомство на Р.България. В резултат от проучването на хибрида за оригиналност той получи официален Патентен сертификат регистрационен № 11132 Р2 от 12.12.2017г. С това приключи научно-изследователската работа по създаване на хибрида.

After the trial of the hybrid in IACAS, it was presented for copyright protection in the Patent Office of the Republic of Bulgaria. As a result of the hybrid originality study, he received an official Patent Certificate of Registration No. 11132 P2 dated 12/12/2017. This ended the research work on the creation of the hybrid.

Следващия етап бе започване на процеса по внедряване в практическото семепроизводство нахибрид царевица Кнежа 561. През 2018г. от хибрида беше заложено за семепроизводство около 7 da площ. Получени бяха високи добиви от семепроизводния посев, а всички семена от него бяха реализирани успешно. През 2019г. от хибрид царевица Кнежа 561 отново беше заложен семепроизводен посев на по-голяма площ – около 30 da. Посева е в добро състояние и предстои неговото реколтиране.

The next stage was the beginning of the process of implementation of the practical maize production of Kneja 561 hybrid maize. In 2018, about 0.7 ha of acreage was sown for seed production.

High yields were obtained from the seed crop, and all seeds from it were successfully sold. In 2019 of Kneja 561 hybrid maize was again planted with a large seed area of about 30 da. The crop is in good condition and is to be harvested.

ИЗВОДИ

1. В резултат от дългогодишна селекционно – генетична работа е създаден и признат нов, високо добивен, конкурентно способен, средно късен хибрид царевица Кнежа 561.

2. Хибрид царевица Кнежа 561 е с научно доказани възможности за много високи добиви, потвърдени официално от изпитвания както в България, така и в Сърбия и Румъния. При неполивни условия, от хибрида реално са получени до 12000 kg/ha стандартно зърно, а при поливни условия – до 14000 kg/ha стандартно зърно с влага при реколтиране около 15 – 16%.

3. Средно късен хибрид царевица Кнежа 561 е подходящ за ефективно отглеждане на фуражно зърно както в Р. България, така и в Р. Румъния и Р. Сърбия.

CONCLUSIONS

1. As a result of many years of breeding and genetic work, a new, high-yielding, competitively-grown, medium-late Kneja 561 maize hybrid was created and recognized.

2. Kneja 561 maize hybrid has scientifically proven capabilities for very high yields, officially confirmed by tests in both Bulgaria and Serbia and Romania. Under non-irrigation conditions, up to 12,000 kg/ha of standard grain were actually obtained from the hybrid, and under irrigation conditions, up to 14000 kg/ha of standard grain with moisture at harvest was around 15-16%.

3. Medium-late Kneja 561 maize hybrid is suitable for efficient cultivation of feed grain in both Bulgaria and Romania and Serbia.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Vulchinkov, St., At. Popov, Pl. Petrov and P. Vulchinkova**, 2003. Maize Hybrid Kneja M 625. In: Proceedings of the Scientific Conference of Sofia University - St. Zagora 2003, Vol. I, Part 2, pp. 70-73 (Bg).
2. **Valkova, V. and N. Petrovska**, 2018. Kneja 560 - A New Mid-late Maize Hybrid. *Agricultural Science and Technology*, 10 (3), 191-194.
3. **Glogova, L.**, 2010. Characteristics of a Kn-sugar Hybrid 1. Agricultural University of Plovdiv. Scientific Papers, Vol. LV, Book 3, pp. 163-168 (Bg).
4. **Genov, M. and I. Genova**, 2005. Kneja 683A - a New Achievement of the Modern Bulgarian Breeding of Maize. *Crop Science*, No 4, 303-307 (Bg).
5. **Yordanov, G.**, 2005. Maize Hybrids with Modified Grain Endosperm. Biological and Economic Qualities. *Crop Science*, No. 4, 308-311 (Bg).

6. **Yordanov, G.**, 2010. Knezha 2 su - a New Bulgarian Corn Hybrid. *Crop Science*, 47, 512-514 (Bg).
7. **Yordanov, G.**, 2013. Manifestations of Heterosis in the Inheritance of Some of the More Important Economic Indicators of Kneja M 625 Hybrid Maize under Contrasting Agroclimatic Conditions. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 16(2), 429-439.
8. **Yordanov, G.**, 2014. Sugar Corn - Kneja 3 su - a New Bulgarian Hybrid for Humanitarian Nutrition Purposes. In: Proceedings - Anniversary Scientific Conference "90 Years Maize Institute "Selection-genetic and technological innovations in cultivation of cultivated plants " September 10-11, 2014 SAS – Sofia, pp. 65-71.
9. **Tomov, N.**, 1997. Maize. Sofia. Academic Publishing House “prof. M. Drinov” (Bg).
10. Shanin, J., 1977. Methods of Field Experiment. Sofia (Bg).
11. **Hristov, K. and P. Hristova**, 1999. Kneja 423-New High-yield Middle-early Hybrid Corn. *Plant-growing Sciences*, XXXVI(10), 614 (Bg).
12. **Yugenheimer, R.**, 1979. Corn: Improving Varieties. Seed Production. Use. Moscow. Colossus, pp. 115-125 (Ru).
13. **Reid, L. M., X. Zhu, C. Voloaca, T. Woldemariam and J. Wu**, 2013. CO448 Corn Inbred Line. *Can. J. Plant Sci.*, 93: 327330.
14. **Reid, L. M., C. Voloaca, J. Wu, T. Woldemariam, K. Jindal and X**. **Zhu**, 2014. La ligne´e autogame de maı¨s CO452. *Can. J. Plant Sci.*, 94: 1523-1527.

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2019, 22 (6), 36-45 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Проучване върху наследяването и зависимостта с добива на зърно на дължината на метлицата и броя на разклоненията на метлицата при високо продуктивни хибриди царевица

Георги Йорданов

Институт по царевицата, 5835 Кнежа, България

Study on Inheritance and Dependence with Grain Yield on the Size and Tassel Branch Numbers in High Yielding Corn Hybrids

Georgi Yordanov

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

Original scientific paper

РЕЗЮМЕ

В статията е представено изследване върху наследяването и зависимостта с добива на зърно на дължината на метлицата и броя на разклоненията на метлицата при високо продуктивни хибриди царевица. В резултат от изследването се правят следните изводи: Броят на разклоненията на метлицата при изследваните хибриди царевица не е основен лимитиращ фактор върху добива на зърно. Може да има високо продуктивни или ниско продуктивни хибриди както с малък брой разклонения на метлиците така и с голям брой. Въпреки, че броя на разклоненията на метлицата при изследваните хибриди царевица не е основен лимитиращ фактор върху добива на зърно, най-високо добивните изследвани хибриди са с по-малък брой разклонения на метлиците - от 6 до 9 броя, което е показателно и трябва да се има предвид при селекционната работа с царевицата. Дължината на метлицата

SUMMARY

The article presents a study on the inheritance and dependence of grain yield on the length of the broom and the number of branches of the broom in highly productive maize hybrids. As a result of the study, the following conclusions are reached: The number of branches of the butterfly in the maize hybrids studied is not a major limiting factor on grain yield.

There may be high-yielding or low-yielding hybrids, both with a small number of branches and a large number of branches. Although the number of branches of the broom in the studied hybrids of maize is not the main limiting factor on grain yield, the highest yielded hybrids studied have a smaller number of branches of the brooms - from 6 to 9, which is indicative and should is considered in the selection of maize.

The length of the broom in the maize hybrids studied is inherited under positive при изследваните хибриди царевица се наследава при положително свръхдоминиране, но при слаба проява на хетерозис в хибридната генерация. По отношение броя на разклоненията на метлицата при изследваните хибриди царевица не се отчитат прояви на реален хетерозис. Признакът се наследява междинно. Въпреки, че няма хетерозис в общоприетия смисъл, неговото отсъствие може да се приеме като позитивно за селекционния процес когато се цели създаването на хибриди с по-малко разклонения на метлицата.

Ключови думи: царевица (*Zea mays* L.), дължина и брой разклонения метлица, добив зърно

over-dominance but with a slight manifestation of heterosis in the hybrid generation. Regarding the number of branches of the broom in the maize hybrids tested, no manifestations of actual heterosis were reported.

The trait is inherited interim. Although there is no heterosis in the conventional sense, its absence can be considered as positive for the breeding process when aiming at creating hybrids with fewer branches of the tassel.

Key words: corn (*Zea mays* L.), length and number of branches of a broom, grain yield

УВОД

Мъжките съцветия при царевицата или метлиците, както е прието да се казват, са значително по-едри и заемат по-голям процент от общата биомаса на растенията в сравнение с много други растения. За да се развият те отнемат значителна част от произвежданите от растенията пластични вещества. Като анемофилно растение Мъжките съцветия при царевицата отделят изобилни количества прашец, които се разнасят от вятъра. Реално метлиците отделят милиони поленови зърна за да се опрашат не повече от 600-800 женски съцветия. Така едно царевично растение произвежда хиляди пъти повече мъжки поленови зърна от необходимото за оплождане на неговите кочани. Произвеждането на такива големи количества прашец, многократно по-големи от оптималните води до загубата на много пластични вещества, които могат да се насочат от растението към производството на повече зърно от 1 растение. Ето защо ако едно царевично растение може да формира по-малки по размер метлици, с по-малко странични разклонения, би имало повече пластични вещества за развитие на кочаните, при запазени възможности за тяхното успешно

INTRODUCTION

Male inflorescences in maize or tasels, as they may be called, are significantly larger and occupy a larger percentage of the total plant biomass than many other plants. In order to develop, they take a significant part of the plastic produced by plants.

As an anemophilous plant Male inflorescences in maize emit copious amounts of pollen, which are carried away by the wind. In fact, butterflies emit millions of pollen to pollinate no more than 600-800 female inflorescences.

Thus, a corn plant produces thousands of times more male pollen than necessary to fertilize its cobs.

The production of such large quantities of pollen many times the optimal results in the loss of many plastics that can be directed from the plant to the production of more grain than 1 plant.

Therefore, if a maize plant can form smaller tassels, smaller-than-lateral branchlets, there would be more plastic to develop the cobs, with the potential for successful pollination preserved (Vulchinkov and Vulchinkova, 2011; Brewbaker, 2015 опрашване (Vulchinkov and Vulchinkova, 2011; Brewbaker, 2015 и др.).

Целта на изследването бе да се проучи наследяването и зависимостта с добива на зърно на размера (дължината) на метлицата и броя на разклоненията на метлицата при някои високо продуктивни хибриди царевица за да се подпомогне селекционния процес при създаване на нови високо продуктивни хибриди царевица.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Изследването бе проведено в селекционното и опитното поле на Института по царевицата в гр.Кнежа през периода 2017-2018год. Първоначално под изолатор бяха размножени майчините (P1) и бащините (P2) форми на три високо продуктивни царевични хибрида - Кнежа 561, Кнежа 564 и Кнежа 468 и бе получена тяхната първата (F1) хибридна генерация. Така получените филиални генерации на царевичните хибриди бяха засяти и изпитани в рандомизирани полски опити, в три повторения по възприета за района на института агротехника, при условия без напояване и гъстоти на посева 52000 p/ha. Във всяко повторение бяха подбрани типични, с добър хабитус растения, непосредствено след цъфтежа на метлицата на които бяха направени измервания на дължината на метлиците и броя на разклоненията на метлиците (Фигура 1). Успоредно с тези хибриди бяха измерени дължината на метлиците и броя на разклоненията на метлиците на други 55 експериментални хибрида царевица, включени в други рандомизирани полски опити за оценка на продуктивните им качества. След достигане на технологична зрелост хибридите бяха реколтирани и беше измерван техния добив на зърно и влага на зърното. Изпитваните хибриди бяха групирани по размера на добива зърно в четири групи и по брой на разклоненията на метлиците в три групи (Таблица 3). Статистическата обработка на данните извършихме по методика на (Shanin, 1977).

and others).

The purpose of the study was to investigate the inheritance and dependence of grain yield on the size (length) of the broom and the number of branches of the broom on some high-yielding hybrids of maize to aid the breeding process in the creation of new high-performance maize hybrids.

MATERIAL AND METHODS

The study was conducted in the selection and experimental field of the Corn Institute in Knezha during the period 2017-2018. Initially, maternal (P1) and paternal (P2) forms of three highly productive maize hybrids - Kneja 561, Kneja 564 and Kneja 468, were propagated under isolation and their first (F1) hybrid generation was obtained. The Generations of maize hybrids thus obtained were sown and tested in randomized field trials, in three replicates according to the agrotechnical institute adopted for the region, under irrigation conditions and sowing density of 52,000 pl/ha. Typical plants with good habit were selected in each repetition, immediately after flowering of the petiole, and measurements of the length of the petioles and the number of branches of the petioles were made (Figure 1).

In parallel with these hybrids, the length of the butterflies and the number of branches of the butterflies of the other 55 experimental maize hybrids included in other randomized field trials were evaluated to evaluate their productive qualities. After technological maturity, the hybrids were harvested and their grain yield and grain moisture were measured. The hybrids tested were grouped by the grain yield size into four groups and by the number of branches of the brooms in three groups (Table 3). Statistical processing of the data was performed according to (Shanin, 1977).

Фиг. 1. Растения от хибриди царевица с различен брой разклонения на метлицата
Fig. 1. Plants of maize hybrids with different numbers of branches of the tassels

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

За да се осъществи по-ефективна селекция при отбора на изходните форми за създаване на нови високо продуктивни хибриди царевица е необходимо по-задълбочено и всестранно да се изследват наследяването и зависимостите на показателите свързани с добива на зърно при царевицата (Russel, 1986; Hallauer et al., 1988; Hristov and Hristova, 1995; Yordanov, 2006, 2010, 2014; Ivanov, 2013 и др.). В тази връзка са актуални и изследванията във връзка с наследяването и зависимостите на показателите на метлицата с добива на зърно при високо продуктивни хибриди царевица (Vulchinkov and Vulchinkova, 2011; Brewbaker, 2015 и др.), които за да са възможно по-достоверни трябва да са потвърдени от повече независими автори.

На Таблица 1 са представени резултатите от проучване проявите на хетерозис в F1 хибридно поколение и наследяване дължината на метлицата на растенията при 3 високо продуктивни хибрида царевица за зърно, Кнежа 561, Кнежа 564 и Кнежа 468. Както се вижда от представените данни и трите хибрида се отличават със сравнително дълги метлици. С най-дълга метлица – средно 48 см е хибрид Кнежа 468.

По отношение дължината на метлицата на растенията при трите изследвани хибрида царевица се наблюдават слаби прояви на хетерозис спрямо средната от двете родителски форми – хипотетичен хетерозис, в границите от 13.5% до 19.4%. Измерения реален хетерозис, спрямо по-добрата родителска форма е още по-малък – от 5,0% до 13,5%.

Стойностите на доминиране в F1 които са положителни и над единица показват, че в наследяването на признака значение има положителното свръх доминиране на гените.

RESULTS AND DISCUSSION

More effective selection of maize hybrids requires a more thorough and comprehensive study of the inheritance and dependencies of corn yield indicators (Russel, 1986; Hallauer et al., 1988; Hristov and Hristova, 1995; Yordanov, 2006, 2010, 2014; Ivanov, 2013, etc.).

In this regard, studies on the inheritance and dependencies of the broom indicators on grain yield in high-yielding maize hybrids are also relevant (Vulchinkov and Vulchinkova, 2011; Brewbaker, 2015, etc.), which in order to be as reliable as possible be verified by more independent authors.

Table 1 presents the results of a study of heterosis in F1 hybrid generation and inheritance of the length of the plant blade in 3 high yielding corn maize hybrids, Kneja 561, Kneja 564 and Kneja 468. As can be seen from the data presented, all three hybrids distinguished by relatively long brooms.

With the longest broom - an average of 48 cm is a hybrid Kneja 468.

With regard to the length of the plant panicle, the three maize hybrids tested showed slight heterosis compared to the mean of the two parental forms - hypothetical heterosis, ranging from 13.5% to 19.4%. The measured actual heterosis, compared to the better parental form, is even smaller - from 5.0% to 13.5%.

The dominance values in F1, which are positive and above one, indicate that positive over-dominance of genes is important in the inheritance of a trait.

Таблица 1. Прояви на хетерозис и наследяване дължината на метлицата, cm при някои хибриди царевица

Table 1. Manifestations of heterosis and inheritance of the length of the tassels, cm in some maize hybrids

Хибрид Hybrid	Дължина на метлицата Length of the tassels, cm			Измерен хетерозис Measured heterosis,%		Доминиране в F1 Domination in F1	Тип Алелно взаимодействие Type Allelic interaction
	Хибридна Генерация Hybrid generation	Средна стойност Хср. Average value X aver.	Вариационен коеф. variation coeff. VC,%	Хипотетичен Hypothetical	Истински Really		
Кнежа 561 Kneja 561	Майчина линия Female line P1	40.1	8.8	19.4	7.0	1.7	Положително свръх доминиране Positive over-domination
	Хибридна кръстоска Hybrid cross F1	43.0	10.4				
	Бащина линия Male line P2	32.0	6.8				
Кнежа 564 Kneja 564	Майчина линия Female line P1	40.1	8.8	13.5	5.0	1.7	Положително свръх доминиране Positive over-domination
	Хибридна кръстоска Hybrid cross F1	42.0	4.9				
	Бащина линия Male line P2	34.0	10.1				
Кнежа 468 Kneja 468	Майчина линия Female line P1	42.4	10.0	15.7	13.2	7.2	Положително свръх доминиране Positive over-domination
	Хибридна кръстоска Hybrid cross F1	48.0	5.7				
	Бащина линия Male line P2	41.0	2.7				

По отношение на наследяване броя на разклоненията на метлицата, Таблица 2, данните показват, че при този показател не се проявява хетерозис в F1 хибридно поколение. Резултатите са еднопосочни и при трите изследвани хибрида, като измерените стойности за истинският хетерозис са с отрицателни стойности. Имайки предвид споровете дали измервания хетерозис трябва да е само при положително превишаване в F1 спрямо родителските форми, което поддържат една част от изследователите. Или той може да бъде и с отрицателна стойност, когато целим селекция на показател, който от стопанска гледна точка е по-ценен когато е с по-ниски стойности от тези на родителските форми. По отношение броя на разклоненията на метлицата въпреки, че няма хетерозис в

Regarding the inheritance of the number of branches of the broom, Table 2, the data show that this indicator does not show heterosis in F1 hybrid generation. The results are unidirectional for all three hybrids tested, with the measured values for true heterosis being negative.

Given the controversy over whether measured heterosis should only be positive in F1 relative to parental forms, which is supported by some researchers. Or it can be negative when we aim for a selection of an indicator that is economically more valuable when it is lower than that of the parent forms.

With regard to the number of branches of the broom, although there is no heterosis in the conventional sense, its absence общоприетия смисъл, неговото отсъствие може да се приеме като позитивно. Всъщност, от получените резултати за стойностите на доминиране в F1 се вижда, че броя на разклоненията на метлицата се наследява междинно. Тези получени резултати трябва да се вземат предвид при селекционния процес когато се цели създаването на хибриди с по-малко разклонения на метлицата.

can be regarded as positive.

In fact, the results obtained for the values of dominance in F1 show that the number of branches of the broom is inherited interim. These results should be taken into account in the breeding process when aiming to create hybrids with fewer branches of the broom.

Таблица 2. Прояви на хетерозис и наследяване Броя разклонения на метлицата при някои хибриди царевица
Table 2. Manifestations of heterosis and inheritance Number of branches of the tassels in some hybrids of maize

Хибрид Hybrid	Брой разклонения на метлицата Number of branches of the tassels			Измерен хетерозис, % Measured heterosis,%		Доминиране в F1 Domination in F1	Тип Алелно взаимо-действие Type Allelic interaction
	Хибридна Генерация Hybrid generation	Средна стойност Хср. Average value X aver.	Вариа ционен коеф. variation coeff. VC,%	Хипотетичен Hypothetical	Истински Really		
Кнежа 561 Kneja 561	Майчина линия Female line P1	8.8	9.5	3.8	-11.3	0.2	Междинно Intermediate
	Хибридна кръстоска Hybrid cross F1	11.0	9.1				
	Бащина линия Male line P2	12.4	4.4				
Кнежа 564 Kneja 564	Майчина линия Female line P1	8.8	9.5	1.0	-2.2	0.3	Междинно Intermediate
	Хибридна кръстоска Hybrid cross F1	8.6	13.2				
	Бащина линия Male line P2	8.2	10.2				
Кнежа 468 Kneja 468	Майчина линия Female line P1	21.4	11.2	-35.6	-57.0	-0.7	Отрицателно междинно Negative Intermediate
	Хибридна кръстоска Hybrid cross F1	9.2	9.0				
	Бащина линия Male line P2	5.4	21.1				

За да установим по-реално зависимостта между добива на зърно от една страна и броя на разклоненията на метлицата на растенията от друга изследвахме общо 55 нови хибрида царевица с различна продуктивност и различен брой разклонения на метлиците им.

На Таблица 3 са представени резултатите от направените изследвания. Хибридите са групирани в 4 групи според добива на зърно, като във всяка

To more realistically determine the relationship between grain yield on the one hand and the number of branches of the butterfly plants on the other, we examined a total of 55 new corn hybrids with different productivity and different number of branches of their butterflies.

Table 3 presents the results of the studies performed. The hybrids are grouped into 4 groups according to the grain yield, with each group having three група има по три раздела групирани според броя на метлиците на едно растение. Във всяка група и раздел са посочени броя на хибридите със съответните показатели и какъв е техния процент от общия брой хибриди в съответната група.

sections grouped according to the number of butterflies per plant. In each group and section, the number of hybrids with the respective indicators is indicated and what is their percentage of the total number of hybrids in the respective group.

Таблица 3. Зависимости между добива на зърно и броя разклонения на метлицата при 55 изследвани хибриди царевица

Table 3. Dependencies between grain yield and number of branches of the tassels in 55 maize hybrids tested

Групи хибриди по добив зърно, Groups of grain yield hybrids kg/ha	Брой хибриди с 6-9 разкл. на метлици Number of hybrids with 6-19 branches of the tassels	% от общия брой в групата % of the total in the group	Брой хибриди с 10-13 разкл. на метлици Number of hybrids with 10-13 branches of the tassels	% от общия брой в групата % of the total in the group	Брой хибриди с 14-18 разкл. на метлици Number of hybrids with 14-18 branches of the tassels	% от общия брой в групата % of the total in the group	Общ брой хибриди в група Total number of hybrids per group
1 група / group 13000-14000 kg	3	50.0%	2	33.3%	1	16.6%	6
2 група / group 11000-13000 kg	3	27.3%	6	54.5%	2	18.2%	11
3 група / group 9000-11000 kg	6	27.3%	14	63.4%	2	9.1%	22
4 група / group 5000-9000 kg	4	25.0%	11	68.8%	1	6.2%	16
Общо броя Хибриди Total number Hybrids	16		33		6		55

Както се вижда от таблицата, зависимостта на броя на разклоненията на метлицата с добива на зърно е доста сложна и не е еднозначна. Във всяка една изследвана група хибриди по добив имаме хибриди както с малък брой разклонения на метлиците, така и с голям. Това показва, че продуктивността на хибридите зависи преди всичко от тяхната генетично заложена фотосинтетична продуктивност на първо място, а броя на разклоненията на метлиците не е лимитиращ фактор. Може да има високо продуктивни или ниско продуктивни хибриди както с малък брой разклонения на метлиците така и с голям брой. Въпреки този основен извод обаче, анализирайки резултатите от групата на най – високо добивните хибриди от първа група се вижда, че 50% от тях са такива с малък брой разклонения на метлицата – от 6 до 9

As can be seen from the table, the dependence of the number of branches of the broom on grain yield is quite complex and not unambiguous. In each studied group of hybrids of yield we have hybrids with both small number of brooms and large. This shows that the productivity of hybrids depends primarily on their genetically engineered photosynthetic productivity in the first place, and the number of branches of butterflies is not a limiting factor.

There may be high-yielding or low-yielding hybrids, both with a small number of branches and a large number of branches. However, despite this basic conclusion, analyzing the results from the group of the highest yielding hybrids from the first group, it can be seen that 50% of them are with a small number of branches of the broom - from 6 to 9, which is броя, което е показателно и трябва да се има предвид при селекционната работа с царевицата.

indicative and should be for breeding corn.

ИЗВОДИ

1. Броя на разклоненията на метлицата при изследваните хибриди царевица не е основен лимитиращ фактор върху добива на зърно. Може да има високо продуктивни или ниско продуктивни хибриди както с малък брой разклонения на метлиците така и с голям брой. Въпреки, че броя на разклоненията на метлицата при изследваните хибриди царевица не е основен лимитиращ фактор върху добива на зърно, най-високо добивните изследвани хибриди са с по-малък брой разклонения на метлиците - от 6 до 9 броя, което е показателно и трябва да се има предвид при селекционната работа с царевицата.

2. Дължината на метлицата при изследваните хибриди царевица се наследава при положително свръхдоминиране, но при слаба проява на хетерозис в хибридната генерация.

3. По отношение броя на разклоненията на метлицата при изследваните хибриди царевица не се отчитат прояви на реален хетерозис. Признака се наследява междинно.

Въпреки, че няма хетерозис в общоприетия смисъл, неговото отсъствие може да се приеме като позитивно за селекционния процес когато се цели създаването на хибриди с по-малко разклонения на метлицата.

CONCLUSIONS

1. The number of branches of the broom in the maize hybrids studied is not a major limiting factor on grain yield.

There may be high-yielding or low-yielding hybrids, both with a small number of branches and a large number of branches. Although the number of branches of the broom in the studied hybrids of maize is not the main limiting factor on grain yield, the highest yielded hybrids studied have a smaller number of branches of the brooms - from 6 to 9, which is indicative and should is considered in the selection of maize.

2. The length of the broom in the maize hybrids studied is inherited under positive over-dominance but with a slight manifestation of heterosis in the hybrid generation.

3. Regarding the number of branches of the broom in the maize hybrids under study, no actual heterosis was reported. The trait is inherited interim.

Although there is no heterosis in the conventional sense, its absence can be considered as positive for the breeding process when aiming at creating hybrids with fewer branches of the butterfly.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Brewbaker, J. L**., 2015. Diversity and Genetics of Tassel Branch Numbers in Maize. *Crop Science*, 55(1), 65-78.

2. **Hallauer, A. R., Wilbert A. Russell and K. R. Lamkey**, 1988. Corn Breeding. Agronomy Monograph, Corn and Corn Improvement, 18: 463-564 doi:10.2134/agronmonogr18.3ed.c8

3. **Hristov, K. and P. Hristova**, 1995. Heterosis and Gene Effects in the Inheritance of Performance and Yield Elements in Hybrid B-73 x Mo-17. *Plant Science*, XXXII(9-10), 15-18 (Bg).

4. **Ivanov, L.**, 2013. Expression of Heterosis and Degree of Dominance in f1 of Some Quantitative Traits in Two Maize Hybrids, Depending on the Meteorological Conditions. *Banats Journal of Biotechnology*, IV(8), 104-109.

5. **Russel, W. A.**, 1986. Contribution of Breeding to Maize Improvement in United States 1920s.-1980s. Lowa States J.Res.,, 5-34.

6. **Shanin, J.**, 1977. Methods of Field Experiment. Sofia (Bg).

7. **Vulchinkov, S. and P. Vulchinkova**, 2011. Study on Heterosis Events of Number of Tassel Branches and at Full Season Maize Hybrids. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 14(5), 1020-1033).

8. **Yordanov, G.**, 2010. Kneja 2 su - New Bulgarian Hybrid Sugar Corn. *Plant Science*, 47(6), 584-588. (Bg).

9. **Yordanov, G.**, 2006. Kneja 703wx New Corn Hybrid with Modified Grain Endosperm. *Plant Science*, 43(3), 228-230 (Bg).

10. **Yordanov, G.**, 2014. Sugar Corn - Kneja 3 su - New Bulgarian Hybrid for Humanitarian Food Purposes. Collection - Jubilee Scientific Conversation "90 Years Institute of Corn -Selective Genetic and Technological Innovations in Cultivation of Cultural Plants" September 10-11, 2014, SAA-Sofia, pp. 65-71 (Bg).

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2019, 22 (6), 46-52 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Комбинативна способност на средно ранни линии царевица за добив зърно и дължина на кочана

Мима Илчовска

Институт по царевицата, 5835 Кнежа, България

Combining Ability of Medium Early Mutant Maize Lines for Grain Yield and Length of the Ear

Mima Ilchovska

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

Original scientific paper

РЕЗЮМЕ

Оценена е общата и специфична комбинативна способност на средно-ранни мутантни линии царевица за признаците добив зърно и дължина на кочана по математическия модел на Savchenko (1973). Линиите са тестирани в топкросна схема на три тестера. Хибридните им комбинации са изпитани в полски опити по възприета за района агротехника.

В резултат на проведеното проучване са излъчени линии с висока обща комбинативна способност за добив зърно (26-4-2-3-1-1) и дължина на кочана (45-8-1*-1-1-1, 26-3-1-2-1-1), които могат да бъдат използвани като компоненти на нови синтетични популации по съответните признаци. С най-висока специфична комбинативна способност за добив зърно са линиите: 44-1-3-1-1-1, 26-4-2-3-1-1 и 26-3-1-2-1-1, а за дължина на кочана 28-6-1-2*-1-1 и 45-8-1*-1-1-1. Те са подходящи за включване в комбинации за излъчване на високодобивни хибриди и хибриди с дълъг кочан. Линиите с висока обща и специфична

SUMMARY

It is evaluated the general and the specific combining ability of medium early mutant maize lines for grain yield and length of ear by using mathematical method of Savchenko (1973). The lines are tested in top-cross scheme by three testers. Their hybrid combinations are examined at field experiments using accepted for the region agro technique.

As a result of the study are ascertained the lines with a high general combining ability for grain yield (26-4-2-3-1-1) and length of ear (45-8-1*-1-1-1, 26-3-1-2-1-1), which can be used as components of new synthetic populations for their respective characteristics. Having the highest specific combining ability for grain yield are the lines 44-1-3-1-1-1, 26-4-2-3-1-1 and 26-3-1-2-1-1 for length the ear – 28-6-1-2*-1-1 и 45-8-1*-1-1-1.

They are appropriate for being included in combinations for receipt of high yielding hybrids and long-ear hybrids. The lines with high general and specific combining

комбинативна способност по двата признака успешно могат да се използват и в двете селекционни направления.

Ключови думи: обща комбинативна способност, специфична комбинативна способност, средно ранни мутантни линии царевица, добив зърно, дължина на кочана

УВОД

Създаването на нови по-високодобивни хибриди с подобрено качество на царевичното зърно и повишена устойчивост към абиотични и биотични фактори на средата е от съществено значение за развитието на съвременното земеделие. Експерименталният мутагенезис и последващата го мутационна селекция е една от възможностите за обогатяване и получаване на нов генетично разнообразен, изходен материал за селекция. Третирането с мутагени предизвиква мутиране на отделни гени или група от гени, носители на ценни стопански признаци, при което е възможно получаването на сортове и линии с нови качества и свойства (,Blyandur, 1974; Genov, 1988; Hristova, 1988; Hristova and Hristov, 1990; Hristov and Hristova, 1995; Valkova, 2013; Ilchovska, 2013 и др.). Важен показател, определящ използването на мутантните линии в хетерозисната селекция е тяхната комбинативна способност. Оценката и дава възможност за включването им в добре обосновани селекционни програми (Petrovska and Valkova, 2018; Valkova et al., 2019 и др.).

Целта на настоящето проучване е оценка на комбинативната способност за признака добив зърно и дължина на кочана на средно ранни мутантни линии царевица с добри продуктивни възможности, с оглед порационалното им включване в подходящи селекционни програми.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Проучването е проведено през 2017г. в полето на Институт по царевиability for both traits can be successfully used in both breeding directions.

Key words: general combining ability, specific combining ability, medium early mutant maize lines, grain yield, length of the ear

INTRODUCTION

Selection of new hybrids with higher yields, improved quality of the maize grain and increased resistance to abiotic and biotic environmental factors is of vital importance for the development of modern agriculture.

Experimental mutagenesis and subsequent mutant selection are one of the possibilities for enriching and obtaining new genetically diverse selection material. Mutagens treatment causes mutation of individual genes or a group of genes carrying valuable economic traits, whereby obtaining of sorts and lines with new qualities and traits is possible (Blyandur, 1974; Genov, 1988; Hristova, 1988; Hristova and Hristov, 1990; Hristov and Hristova, 1995; Valkova, 2013; Ilchovska, 2013 etc.).

An important trait determining the use of mutant lines in the heterosis selection is their combining ability. Its evaluation enables their including in well-grounded selection programs (Petrovska and Valkova, 2018; Valkova et al., 2019 etc.).

The purpose of this study is to evaluate the combining ability for the traits grain yield and length of the ear of medium early mutant maize lines with good productive capabilities with a view to their more rational including in appropriate breeding programs.

MATERIAL AND METHODS

The study is conducted in 2017 in the field of the Maize Institute, Knezha.

цата гр. Кнежа. За целите на проучването са използвани 6 средно ранни мутантни линии царевица 26-3-1-2-1-1, 26-4-2-3-1-1, 26-6-1-1-1-1, 28-6-1-2*-1-1, 44-1-3-1-1-1 и 45-8-1*-1-1-1, получени чрез химически мутагенезис и последваща го мутационна селекция. Стабилизираните мутантни линии са тестирани на три тестера ХМ 92471, ХМ 4418 и ХМ 4390. Хибридните им комбинации са изпитани в полски опити по метода на латинския правоъгълник, в три повторения с размер на реколтната парцелка 10m^2, без напояване по възприета за района агротехника.

Статистическата обработка на изходните данни е извършена по метода на дисперсионния анализ по Shanin (1977). За оценка на общата и специфична комбинативна способност е приложен математическия модел на Savchenko (1973).

For the purpose of the study are used 6 medium early mutant maize lines 26-3-1-2-1-1, 26-4-2-3-1-1, 26-6-1-1-1-1, 28-6-1-2*-1-1, 44-1-3-1-1-1 and 45-8-1*-1-1-1, obtained by chemical mutagenesis and its subsequent mutant selection. The stabilized mutant lines are tested by three testers XM 92471, XM 4418 and XM 4390. Their hybrid combinations are tested in experimental fields using the method of the Latin Rectangle, in three repetitions with size of the plot of 10m^2, without irrigation, by an agro technique adopted for the region.

The statistical processing of the raw data is performed by using the method of the variance analysis of Shanin (1977). The mathematical model of Savchenko (1973) is applied for evaluation of the general and specific combining ability.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Резултатите от проучването относно добива и дължината на кочана на получените топкросни хибридни комбинации са представени на Таблици 1 и 2. Проведеният дисперсионен анализ на изходните данни от полския опит показва достоверни различия между тях. Средният им добив варира от 752,0 kg/da до 1012,6 kg/da.

RESULTS AND DISCUSSION

The results of the study on the yield and the length of the ear of the obtained top-cross hybrid combinations are presented in Table 1 and 2. Conducted variance analysis of the raw data from the field experiment shows significant differences between them. The average yield varies between 752.0 kg/ha and 1012.6 kg/ha.

Таблица 1. Добив зърно (kg/da) при 14% влага на хибридни комбинации с участието на средно-ранни мутантни линии царевица, 2017г.
Table 1. Grain yield (kg/ha) at 14% moisture of the hybrid combinations with the participation of the medium early mutant maize lines, 2017

Линии тестери/Tester lines Мутантни линии/Mutant lines	ХМ 92471	ХМ 4418	ХМ 4390	Средно за линиите Mean for the lines
26-3-1-2-1-1	**951.7**	808.8	797.1	852.5
26-4-2-3-1-1	**1012.6**	812.4	849.6	891.5
26-6-1-1-1-1	854.1	823.0	835.2	837.4
28-6-1-2*-1-1	943.4	758.7	845.6	849.2
44-1-3-1-1-1	820.6	800.9	947.2	856.2
45-8-1*-1-1-1	858.1	752.0	915.5	841.9
Средно за тестера/Mean for the testers	906.7	792.6	865.0	854.8
$LSD_{5\%}$-24.1 $LSD_{1\%}$-32.4 $LSD_{0.1\%}$-42.7				

Таблица 2. Дължина на кочана на хибридни комбинации с участието на средно-ранни мутантни линии царевица, 2017г.

Table 2. Length of the ear of hybrid combinations with participation of medium early mutant maize lines, 2017

Линии тестери/Tester lines Мутантни линии/Mutant lines	XM 92471	XM 4418	XM 4390	Средно за линиите Mean for the lines
26-3-1-2-1-1	**21.6**	**19.6**	**21.6**	20.9
26-4-2-3-1-1	19.8	19.1	20.1	19.7
26-6-1-1-1-1	18.8	17.0	20.5	18.8
28-6-1-2*-1-1	20.4	19.7	19.6	19.9
44-1-3-1-1-1	20.0	18.2	20.9	19.7
45-8-1*-1-1-1	**20.1**	**20.0**	**22.8**	21.0
Средно за тестера/Mean for the testers	20.1	18.9	20.9	20.0
$LSD_{5\%}$-0.6 $LSD_{1\%}$-0.7 $LSD_{0.1\%}$-1.1				

От таблиците е видно, че по-високодобивни са кръстоските с участието на линия XM 92471 в сравнение с останалите два тестера. С най-високи добиви се отличават вариантите 26-4-2-3-1-1 x XM 92471 и 26-3-1-2-1-1 x XM 92471, чийто стойности са както следва 1012,6 kg/da и 951,7 kg/da. Относно дължината на кочана със сравнително високи стойности са топкросите с участието на тестерите XM 4390 и XM 92471. С най-дълги кочани са вариантите 45-8-1*-1-1-1 x XM 4390, 26-3-1-2-1-1 x XM 92471 и 26-3-1-2-1-1 x XM 4390. Те и всички останали хибридни комбинации с по-високи стойности за признаците добив зърно и дължина на кочана представляват интерес за селекцията, а изпитването им продължава с включване в конкурсни и екологични сортови опити.

Чрез дисперсионен анализ на комбинативната способност за добив зърно и дължина на кочана са установени достоверни различия между линиите, участващи в кръстоските (Fоп. > Fтабл.), което дава възможност анализът за оценката им по комбинативна способност да продължи. Като критерии за тази оценка са използвани параметрите gi, gj за ОКС и σ²si, σ²sj за СКС (Таблица 3).

Сравняването на ефектите ОКС с вариансите на ефектите на СКС дава възможност да се съди за относител-

The tables illustrate that the crosses with the line XM 92471 are higher in yield compared to the ones with the other two testers. The highest yield shows the variants 26-4-2-3-1-1 x XM 92471 and 26-3-1-2-1-1 x XM 92471 whose values are as follows: 1012.6 kg/ha and 951.7 kg/ha. In regard to the length of the ear, relatively high values demonstrate the top-crosses with the testers XM 4390 and XM 92471. The longest ears have the variants 45-8-1*-1-1-1 x XM 4390, 26-3-1-2-1-1 x XM 92471 и 26-3-1-2-1-1 x XM 4390. All of them as well as the other hybrid combinations with higher values for the traits grain yield and length of the ear are of interest for the selection and their testing continues by including them in competitive and ecological variety trials.

By means of the variance analysis of the combining ability of the grain yield and the length of the ear are found significant differences between the lines participating in the crosses (F > Fcrit.), which allows continuing the analysis of their evaluation by combining ability. The parameters gi, gj for GCA and σ²si, σ²sj for SCA are used as criteria for this evaluation (Table 3).

A comparison of the effects of the GCA and the variances of the effects of the SCA allows judging of the relative ната важност на действие на гените. Комбинативната способност е генетически детерминирана като ОКС се обуславя от адитивно действащи гени, а СКС – от гени с доминантен и епистатен ефект (Turbin et al., 1974). Анализът на ефектите на ОКС и вариансите на ефектите на СКС на линиите дава възможност да се направят определени изводи относно селекционната им ценност и направленията на използване.

importance of the genes' action. The combining ability is genetically determined, provided that GCA is determined by additive acting genes and SCA – by genes with dominant and epistatic effect (Turbin et al., 1974). The analysis of the effects of the GCA and the variances of the effects of the SCA of the lines makes possible to draw certain conclusions regarding their selection value and directions of use.

Таблица 3. Ефекти на ОКС (gi, gj) и варианси на ефектите на СКС (σ²si, σ²sj) за признаците добив зърно и дължина на кочана на средно-ранни мутантни линии царевица, 2017г.
Table 3. Effects of the GCA (gi, gj) and variances of the effects of SCA (σ²si, σ²sj) for traits grain yield and length of ear of medium early mutant maize lines, 2017

Мутантни линии Mutant lines	Добив зърно/Grain yield		Дължина на кочана/Length of ear	
	Ефекти на ОКС (gi, gj) GCA effects (gi, gj)	Варианс на ефектите на СКС (σ²si, σ²sj) Variances of SCA effects (σ²si, σ²sj)	Ефекти на ОКС (gi, gj) GCA effects (gi, gj)	Варианс на ефектите на СКС (σ²si, σ²sj) Variances of SCA effects (σ²si, σ²sj)
26-3-1-2-1-1	-2.259	**3439.664**	**0.948**	0.224
26-4-2-3-1-1	**36.719**	**3894.512**	-0.307	0.242
26-6-1-1-1-1	-17.381	1841.050	-1.230	0.579
28-6-1-2*-1-1	-5.593	1389.211	-0.096	**1.216**
44-1-3-1-1-1	1.430	**7116.395**	-0.296	0.135
45-8-1*-1-1-1	-12.915	3030.978	**0.981**	**0.911**
Стандартна грешка Standard error	(gi-gj)±3.4		(gi-gj)±3.4	
Линии тестери Tester lines				
XM 92471	51.941	3796.11	0.131	0.29
XM 4418	-62.181	905.61	-1.057	0.36
XM 4390	10.241	3583.01	0.926	0.68
Стандартна грешка Standard error	(gi-gj)±0.09		(gi-gj)±0.08	

За изследвания период ефектите на ОКС на линиите варират, както следва: от -17,38 до 36,72 за признака добив зърно и от -1,23 до 0,98 за признака дължина на кочана. С най-висока ОКС за добив зърно е линия 26-4-2-3-1-1, а за дължина на кочана са линиите 45-8-1*-1-1-1 и 26-3-1-2-1-1. При тези мутантни линии, преобладаващите генни ефекти са от адитивен тип и това предполага успешна селекционна работа с тях при създаване на високодобивни синтетични популации и синтетици с дълъг кочан. Също така

For the studied period the effects of the GCA of the lines vary as follows: from -17.38 to 36.72 for the trait grain yield and from -1.23 to 0.98 – for length of the ear.

The line 26-4-2-3-1-1 has the highest GCA for the grain yield trait and for length of the ear are the lines 45-8-1*-1-1-1 and 26-3-1-2-1-1. In these mutant lines the dominating gene effects are of additive type and this implies successful selection work with them upon creating high-yield synthetic populations and synthetics with long ear. They can also be used as могат да бъдат използвани и като тестери при анализиращи кръстоски за определяне на ОКС в по-ранни етапи на селекционния процес по съответните признаци.

След анализ на вариансите на ефектите на СКС са излъчени линиите 44-1-3-1-1-1, 26-4-2-3-1-1 и 26-3-1-2-1-1 за признака добив зърно и 28-6-1-2⋆-1-1 и 45-8-1⋆-1-1-1 за признака дължина на кочана, подходящи за пряка хетерозисна селекция и получаване на хибриди с висок добив и дълъг кочан. При кръстоски с други линии те проявяват главно доминантни и епистатни генни ефекти.

От Таблица 3 е видно, че линиите 26-4-2-3-1-1 и 45-8-1⋆-1-1-1 са с висока обща и специфична комбинативна способност, което ги прави еднакво ценни за включване в различни направления на селекция като компоненти на средно ранни синтетици; като тестери на ОКС в ранен етап на отбор и като родителски форми на средно ранни високодобивни хибриди и хибриди с дълъг кочан.

testers for the analyzed crosses in determining the GCA at earlier stages of the selection process for the respective traits.

After the variance analysis of the effects of the SCA are obtained the lines 44-1-3-1-1-1, 26-4-2-3-1-1 and 26-3-1-2-1-1 for the trait grain yield and 28-6-1-2⋆-1-1 and 45-8-1⋆-1-1-1 for the trait length of the ear, which are appropriate for direct heterosis selection and production of hybrids of high yield and long ear. In crosses with other lines they demonstrate primarily dominant and epistatic gene effects.

Table 3 shows that the lines 26-4-2-3-1-1 and 45-8-1⋆-1-1-1 have a high general and specific combining ability which make them equally valuable for being included in different directions of the selection as components for medium early synthetics; as testers of the GCA at an early stage of selection and as parental forms of medium early high-yield hybrids and hybrids with long ear.

ИЗВОДИ

Въз основа на анализа и оценката на мутантните линиите са направени следните по-важни изводи за тяхното приложение:

От топкросна схема с участие на средно ранни мутантни линии с висока ОКС са излъчени: една линия за признака добив зърно (26-4-2-3-1-1) и две за признака дължина на кочана (45-8-1*-1-1-1, 26-3-1-2-1-1), подходящи за създаване на синтетици с висок добив и дълъг кочан. Те могат да бъдат използвани и като тестери при анализ на обща комбинативна способност в по-ранни етапи на селекционния процес.

Висока СКС за добив зърно имат линиите 44-1-3-1-1-1, 26-4-2-3-1-1 и 26-3-1-2-1-1, а за дължина на кочана 28-6-1-2*-1-1 и 45-8-1*-1-1-1. Посочените линии са подходящ изходен материал получаване на високодобивни хибриди

CONCLUSIONS

Based on the analysis and evaluation of the mutant lines, the following important conclusions for their application are made:

From a top-cross scheme with participation of medium early mutant lines with a high GCA are obtained (са излъчени): one line for the trait grain yield (26-4-2-3-1-1) and two – for the train length of the ear (45-8-1*-1-1-1, 26-3-1-2-1-1), being appropriate for the production of synthetics with high yield and long ear. They can also be used as testers upon conducting of analysis of the general combining ability at earlier stages of the selection process.

High SCA for the trait grain yield have the lines 44-1-3-1-1-1 26-4-2-3-1-1, and 26-3-1-2-1-1 and for the length of the ear – 28-6-1-2*-1-1 and 45-8-1*-1-1-1. The aforementioned lines are appropriate raw material for obtaining high-yield и хибриди с дълъг кочан.

Две от спектъра на мутантните линии притежават сравнително висока ОКС и СКС (26-4-2-3-1-1 и 45-8-1*-1-1-1) и могат да бъдат използвани в различни селекционни направления.

hybrids and hybrids with long ear.

Two of the spectrum of the mutant line have relatively high GCA and SCA (26-4-2-3-1-1 и 45-8-1*-1-1-1) and they can be used in different directions of the selection.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Blyandur, OV.,** 1974. Chemical Mutagenesis of Maize Lines. Publishing Shtiintsa, Kishinev.
2. **Genov, M.,** 1988. Genetic Investigation of Diploid and Tetraploid Maize in Regard to the Heterosis and Mutant Variability. Thesis for PhD, Maize Research Institute, Knezha (Bg).
3. **Hristov, K. and P. Hristova,** 1995. Mutation Breeding of Maize - Methods and Achievements. *Plant Science,* 32(1-2), 40-43 (Bg).
4. **Hristova, P.,** 1988. Genetic and Selection Studies in Regard to the Improvement of Some Methods of Heterosis Selection of Medium Late and Late Maize Hybrids. Thesis for PhD, Maize Research Institute, Knezha (Bg).
5. **Hristova, P. and K. Hristov,** 1990. Mutation Breeding in Maize. V. Selection of Mutant Lines with Enhanced Combining Ability. *Genetics and Breeding*, 23(3), 225-231.
6. **Ilchovska, M.,** 2013. Evaluation of the Combining Ability of Grain Yield of Mutant Maize Lines. *Agricultural Science and Technology*, III (6), (228-232.
7. **Morgun, V.,** 1983. Experimental Mutagenesis and Its Application in Maize Breeding. Publishing Naukova, Kiev.
8. **Petrovska, N. and V. Valkova**, 2018. Combining Ability for Grain Yield of Early Maize Lines. *Ecology and Health,* pp. 82-85.
9. **Savchenko, VK.,** 1973. Methods of Genetic Selection and Genetic Experiments. Science and Technic (Ru).
10. **Shanin, Y.,** 1977. Methods of the Field Experiment. Bulgarian Academy of Science, Sofia (Bg).
11. **Turbin NV., LV. Hotayleva and AA. Tarutina**, 1974. Diallel Analysis in Plant Breeding. Science and Technic, Minsk (Ru).
12. **Valkova V.,** 2013.Breeding Evaluation of Newly Stabilized Lines of Maize. *Agricultural Science and Technology,* 5(3), 257-260.
13. **Valkova, V., N. Petrovska and M. Ilchovska,** 2019. Selective Genetic Evaluation of Inbred Lines of Maize, *Field Crop Studies*, XII (1), 35-42.