Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2020, 23 (6), 149-161 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Възможности за използване и приложение на техническото сорго

Пламен Маринов-Серафимов[1]*, Ирена Голубинова[1], Радост Петрова[2], Биляна Харизанова-Петрова[2], Наталия Петровска[3], Валентина Вълкова[3], Елица Благоева[4], Красимир Павловски[3]

[1]Институт по фуражните култури, 5800 Плевен, България
[2]Аграрен университет, 4000 Пловдив, България
[3]Институт по царевицата, 5835 Кнежа, България
[4] Опитна станция по земеделие в Източни Родопи, 6600 Кърджали, България

Possibilities for Use and Application of Broomcorn

Plamen Marinov-Serafimov[1]*, Irena Golubinova[1], Radost Petrova[2], Biliana Harizanova-Petrova[2], Natalia Petrovska[3], Valentina Valkova[3], Elitsa Blagoeva[4], Krassimir Pavlovski[3]

[1]Institute of Forage Crops, 5800 Pleven, Bulgaria
[2]Agrarian University, 4000 Plovdiv, Bulgaria
[3]Institute of Maize, 5835 Knezha, Bulgaria
[4]Experimental station for agriculture in the Eastern Rhodopes, 6600 Kardzhali, Bulgaria
**E-mail: plserafimov@abv.bg*

Review paper

РЕЗЮМЕ

Обект на настоящия обзор са видовете от род *Sorghum* и в частност техническото сорго (*Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]), както и разпространението, отглеждането и използването на културата. Разгледан е въпросът със систематиката, постиженията на народната селекция и насоките в научноизследователската работа за подобряване и създаване на нови сортове при видовете от род *Sorghum* и в частност техническото сорго, през последните десетилетия.

Акцентирано е върху предимствата и потенциални възможности при отглеждане за фураж и семена в условията на често изразени климатични

SUMMARY

The subject of this review are the species of the genus *Sorghum* and in particular the broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]), as well as the distribution, cultivation and use of the crop. Discussed is the question of the systematics, the achievements of the national selection and the directions in the research work for improvement and creation of new varieties in the species of the genus *Sorghum* and in particular the broomcoorn during the last decades.

Emphasis is placed on the advantages and potential opportunities for growing fodder and seeds in climates frequent climatic anomalies. Its аномалии. Дискутирано е многостранното й приложение, като перспективна фуражна и техническа култура в съвременното конвенционално и биологично земеделие.

Ключови думи: род *Sorghum,* техническо сорго, селекция

multifaceted application as a promising fodder and technical culture in modern conventional and organic agriculture is discussed.

Key words: genus *Sorghum*, broomcorn, breeding

Техническото сорго (*Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]) е добре познато и отглеждано растение у нас в минало (Mazdrakov, 1937). Ограничените научни изследвания, липсата на сортове и технологични решения за отглеждане на културата са предпоставки за ограничено разпространение у нас.

Стимулът за екологично производство в съвременното земеделие води до възобновяване на интереса към уникални култури, които не са свързани непременно с производството на храни.

Тенденциите за опазване на възобновяемите ресурси и природосъобразния живот, налагат използването на екологични, естествени и биоразградими продукти (Berenji, 2008).

В наши дни техническото сорго има все повече приложения в индустрията и бита на хората. Растението е добре познато като източник на суровина за изработка на метли и четки за домакинството, но все повече се използва и за декоративни цели (озеленяване, декорация, аранжиране), породено от разнородието във формата на метлиците, оцветяването и големината на семената, както и хабитуса, и братимостта на растенията. В този аспект се пораждат нови насоки и направления на работа в селекцията на културата. Кръстосваемостта и възможностите за хибридизация между видовете от род *Sorghum* са предпоставка за увеличаване разнообразието от форми с различна приложимост.

Техническото сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]) е едногодишно растение от семейство

Broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]) Is a well-known and cultivated plant in our country in the past (Mazdrakov, 1937). Limited scientific research, lack of varieties and technological solutions for cultivation the crop are prerequisites for limited distribution in our country.

The stimulus for ecological production in modern agriculture leads to a renewed interest in unique crops that are not necessarily related to food production.

Trends in the conservation of renewable resources and environmentally friendly living require the use of ecological, natural and biodegradable products (Berenji, 2008).

Nowadays, broomcorn has more and more applications in industry and people’s lives. The plant is well known as a source of raw material for making brooms and brushes for the household, but is increasingly used for decorative purposes (landscaping, decoration, arranging), caused by diversity in the shape of the brooms, color and size of seeds, and habitus, and plant brotherhood. In this aspect, new directions and directions of work in the selection of this crop are emerging. The cross-breeding and the possibilities for hybridization between the species of the genus *Sorghum* are a prerequisite for increasing the variety of forms with different applicability.

Broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]) is an annual plant of the family cereals *Poaceae* (*Gramineae*), житни *Poaceae* (*Gramineae*), подсемейство *Panicoide*, род *Sorghum*, вид *Sorghum bicolor* (L.) Moench – сорго, подвид техническо сорго, ботаническо название което най-често е използвано (Hill, 1937; Wiersema and Dahlberg, 2007).

Редица автори в проучванията си са описвали систематиката, произхода и еволюцията на соргото (de Wet and Harlan, 1971; de Wet and Huckabay, 1967; Harlan, 1975; Snowden, 1936). Dahlberg (2000) прави преглед на съвременната класификация и използвайки интегрирана система описва вариациите при културното сорго.

Според таксономичните класификации към род *Sorghum* принадлежат 25-30 вида, широко разпространени диви и културни форми с разностранно приложение (Dahlberg, 2000). Според морфологичните признаци и характера на използването им, различните форми от този род се групират в четири вариетета – зърнесто сорго (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.), захарна метла (*Sorghum vulgare* var. *saccharatum* L.), техническо сорго (метла) (*Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]), суданка (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) и балур *Sorghum halepense* (L.) Pers. (Berenji and Dahlberg, 2004). Балурът е познат като основен многогодишен плевел, който се възпроизвежда чрез семена и ризоми (Dahlberg et al., 2012).

В научната литература видът се описва и с много синоними: *Sorghum bicolor* var. *technicum* (Körn.) Stapf ex Holland; *Sorghum dochna* var. *technicum* (Körn.) Snowden; *Sorghum technicum* (Körn.) Batt. & Trab.; *Sorghum vulgare* var. *technicum* (Körn.) Jáv. (Marks and Townsend, 1973); *Sorghum bicolor* subsp. *drummondii* (Steud.) de Wet ex Davidse (de Wet, 1978).

В различните държави, техническото сорго (метла) е позната и с редица локални (народни, местни) наименования – метла, сорго, татар, (България); sirak metlaš (Сърбия), мітлá, вíник (Украйна), метла (Македония), broom

subfamily *Panicoide*, genus *Sorghum,* species *Sorghum bicolor* (L.) Moench - sorghum, subspecies broomcorn, the botanical name most commonly used (Hill, 1937; Wiersema and Dahlberg, 2007).

A number of authors in their scientific papers have described the taxonomy, origin, and evolution of sorghum (de Wet and Harlan, 1971; de Wet and Huckabay, 1967; Harlan, 1975; Snowden, 1936). Dahlberg (2000) reviews the current classification and uses an integrated system to describe the variations in cultivated sorghum.

According to taxonomic classifications, the genus *Sorghum* includes 25-30 species, wild and cultivated forms widely distributed with versatile application (Dahlberg, 2000). According to the morphological features and the nature of their use, the different forms of this genus are grouped into four varieties – grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.), sugar broom (*Sorghum vulgare* var. *saccharatum* L.), broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]), Sudangrass (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) and Johnson grass (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) (Berenji and Dahlberg, 2004). Johnson grass is known as a major perennial weed that reproduces by seeds and rhizomes (Dahlberg et al., 2012).

In the scientific literature, the species is described by many synonyms: *Sorghum bicolor* var. *technicum* (Körn.) Staff ex Holland; *Sorghum dochna* var. *technicum* (Körn.) Snowden; *Sorghum technicum* (Körn.) Batt. & Trab.; *Sorghum vulgare* var. *technicum* (Körn.) Jáv. (Marks and Townsend, 1973); *Sorghum bicolor* subsp. *drummondii* (Steud.) de Wet ex Davidse (de Wet, 1978).

In different countries, broomcorn is also known by a number of local (folk, indigenous) names – broomcorn, tatar, sorghum (Bulgaria); sirak metlaš (Serbia), мітлá, вíник (Ukraine), broomcorn (Macedonia), broom corn and broom corn и broom millet (САЩ и Англия), metla (Словакия, Словения, Хърватия), ве́ник, щётка, метла́ (Русия), szczotka, miotła, (Полша) и други (EPPO Global Database, 2016).

В резултат на основното направление на използване – за индустриални цели, народната селекция при техническото сорго (метла) е била насочена в отбор на метлици с дълги разклонения. В близкото минало културата е била използвана и за производство на фураж (Mazdrakov, 1937).

У нас през 30-те и 40-те години на миналия век, когато техническо сорго е отглеждано повсеместно в частните дворове е извършвана и научноекспериментална работа, извеждани са полски опити в някои научни опитни станции и институти в направление продуктивност. Широко разпространени, отглеждани и използвани в региона на град Павликени са били т. н. местни сортове, дело на народната селекция – Михалска подобрена, Павликенска жълта, Горнооряховска нискостъблена и Павликенска червенозърнестта (Mazdrakov, 1937; Terziev et al., 2006). В достъпната литература у нас, няма данни за извършвана целенасочена селекционно-подобрителна работа при вида и няма създаден и регистриран сорт в Националната сортова листа на Република България.

Генплазма от наличните местни сортове отглеждани в Централна Северна България (Mazdrakov, 1934a; 1934b; 1937) не е съхранена в научни учреждения. В различните региони на България обаче е запазено разнообразие от еднородни и добре балансирани популации от техническо сорго (метла).

От средата на миналия век след вноса на първите хибриди сорго за зърно с произход САЩ и бившия СССР, започва да се изпитва добивността и у нас в Института по генетика и селекция на растенията - София, Институт по животновъдство - Стара Загора, Институт по ечемика - Карнобат, Институт по

millet (USA and England), metla (Slovakia, Slovenia, Croatia), ве́ник, щётка, метла́ (Russia), szczotka, miotła, (Poland) and others (EPPO Global Database, 2016).

As a result of the main direction of use – for the manufacture of brooms and brushes for the household, the local selection of broomcorn was focused on the selection of brooms with long branches. In the recent past, the crop was also used for fodder production (Mazdrakov, 1937).

In our country in the 30s and 40s of the last century, when broomcorn was grown everywhere in private yards, scientific and experimental work was carried out and field experiments were carried out in some scientific experimental stations and institutes in the field of productivity. Widespread, grown and used in the region of Pavlikeni were the so-called local varieties, which are the work of folk selection - Mihalska improved, Pavlikenska yellow, Gornooryahovska low-stemmed and Pavlikenska red grain (Mazdrakov, 1937; Terziev et al., 2006). In the available literature in our country, there are no data for purposeful breeding and improvement work on the species and no variety has been created and registered in the National Variety List of the Republic of Bulgaria.

Gene plasm of these local varieties grown in Central Northern Bulgaria (Mazdrakov, 1934a; 1934b; 1937) has not been stored in scientific institutions. However, in the different regions of Bulgaria has saved of homogeneous and well-balanced populations of broomcorn.

From the middle of the last century after the import of the first hybrids of sorghum for grain originating in the USA and the former USSR, the yield in our country began to be tested at the Institute of Genetics and Plant Breeding in Sofia, Institute of Animal Husbandry in Stara Zagora, Institute of Barley in Karnobat, пшеницата и слънчогледа - Генерал Тошево, а на по-късен етап и в опитните станции в Павликени, Лом, Хасково, Търговище, Разград. Извеждани са и опити (1966-1969 г.) за установяване смилаемостта и хранителната стойност, химичния състав на зърно и биомаса в Институт по фуражните култури - Плевен.

През 70$^{-те}$ години на XX век в Институт по фуражните култури - Плевен при видове от род *Sorghum* е извършвана селекционно-подобрителна работа в различни направления при сорго за зърно (*Sorghum bicolor* L.), в резултат на което са регистрирани първите хибриди сорго за зърно „Плевен 71“ и „Плевен 76“ (Kalaydzhiev et al., 1969). Познавайки потенциалните възможности, отделни видове от род *Sorghum*, са изпитвани през 80-90$^{-те}$ години в различни части на страната (Карнобат, Павликени, Плевен, Садово, Средец и Търговище). При соргото за зърно, сорго-суданковите хибриди и суданката е работено в различни направления – изпитване на хибриди и интродуцирани сортове по продуктивност на фураж и семена, разработени са отделни агротехнически звена от технологията на отглеждането (Dechev et al., 1987; Tanchev, 1989; 1996; Tsukov, 1991). Изследван е химичния състав и смилаемостта на фуража от сорго, суданка и техни хибриди, добив, енергийна и протеи-нова хранителност (Krachunov et al*.,* 2002; Krachunov and Ilieva, 2005a; 2005b). Проучвани са отделни агротехнически звена за отглеждане (Tsukov and Kertikov, 1995; Dimitrova and Tsukov, 1996; Dechev et al*.,* 1987), както и възможности за използването им при уплътняване на сеитбообръщенията (Tsochev and Kertikov, 1995).

От 1999 г. в Земеделски институт - Шумен е подновена научно-изследователската работа със сорго (*Sorghum bicolor* L.) и суданка (*Sorghum sudanense* (Piper.) Stapf.) в направле-ние за производство на зърно и зелена маса (Kikindonov et al*.,* 2005; 2008; Slanev,

the Institute of Wheat and Sunflower in General Toshevo, and at a later stage in the experimental stations in Pavlikeni, Lom, Haskovo, Targovishte, Razgrad. Attempts were also made (1966-1969) to establish the digestibility and nutritional value, chemical composition of grain and biomass at the Institute of Forage Crops in Pleven.

In the 70s of the 20th century in the Institute of Forage Crops in Pleven in species of the genus *Sorghum* was carried out selection and improvement work in different directions in sorghum for grain (*Sorghum bicolor* L.) were studied, as a result of which it was registered the first hybrids of sorghum for grain "Pleven 71" and "Pleven 76" (Kalaydzhiev et al., 1969). Knowing the potential opportunities, individual species of the genus *Sorghum* were tested in the 80-90s in different regions (Karnobat, Pavlikeni, Pleven, Sadovo, Sredets and Targovishte). Grain sorghum, sorghum-sudan hybrids and sudangrass have been worked in different directions - testing of hybrids and introduced varieties in terms of fodder and seed productivity, and separate agro-technical units of the cultivation technology have been developed (Dechev et al., 1987; Tanchev, 1989; 1996; Tsukov, 1991). The chemical composition and digestibility of feed from sorghum, sudangrass and their hybrids, yield, energy and protein nutrition were studied (Krachunov et al., 2002; Krachunov and Ilieva, 2005a; 2005b). Separate agro-technical units for cultivation have been studied (Tsukov and Kertikov, 1995; Dimitrova and Tsukov, 1996; Dechev et al., 1987), as well as possibilities for their use in compaction of crop rotations (Tsochev and Kertikov, 1995).

Since 1999, the Agricultural Institute in Shumen has resumed research work with sorghum (*Sorghum bicolor* L.) and sudangrass (*Sorghum sudanense* (Piper.) Stapf.) in the direction of grain and green mass production (Kikindonov et al., 2005; 2008; Slanev, 2006; 2010). Създадени и реги-стрирани в официалната сортова листа на Република България: Първият български сорт суданка – „Ендже 1“ (2009 г.) и два сорта сорго „Максибел“ (2014 г.) и „Максиред“ (2014 г.) (Kikindonov et al., 2004; Kikindonov et al., 2005; Slanev, 2005; Kikindonov and Slanev, 2011).

От 2001 година в Институт по фуражните култури - Плевен се извършват проучвания върху гъстотата на сеитба, норми на торене и др. върху добива на зърно и зелена маса при сортове и хибриди сорго за зърно, суданка и соргосуданкови хибриди (Krachunov et al., 2002; Kertikov and Lingorski, 2007; Golubinova et al., 2017a).

Извършва се и селекционно-подобрителна работа при суданка и сорго в различни направления: цитологични проучвания за определяне радиочувствителността на различни сортове суданка към въздействието на широк диапазон от дози γ-лъчи (Golubinova and Gecheff, 2011; Golubinova and Gecheff, 2012*);* проучване на възможностите за обогатяване на изходното генетично разнообразие при суданка (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.) чрез изпол-зване на γ-лъчи (физичен мутагенез) съвместно с Институт по физиология на растенията и генетика – София (Golubinova, 2012a); установени са оптималните дози за индуциране на стопански полезни мутации при различни сортове суданка при лабораторни, оранжерийни и полски условия (Golubinova, 2012a, 2012b, Golubinova and Marinov-Serafimov, 2015; Golubinova and Marinov-Serafimov, 2015; Golubinova and Marinov-Serafimov, 2019c); създадено е разнообразие от форми и линии суданка, сорго за зърно и техническо сорго (метла), чрез различни селекционни методи (хибридизация, физичен и химичен мутагенез), като са оценени по комплекс от количествени и качествени признаци (Golubinova et al., 2015a; Golubinova et al., 2015b; Golubinova et al., 2017; Golubinova and

2006; 2010). Are created and registered in the official variety list of the Republic of Bulgaria: The first Bulgarian variety of sudangrass - "Enge 1" (2009) and two varieties of sorghum "Maxibel" (2014) and "Maxired" (2014) (Kikindonov et al., 2004; Kikindonov et al., 2005; Slanev, 2005; Kikindonov and Slanev, 2011).

Since 2001, the Institute of Forage Crops in Pleven has been conducting research on sowing density, fertilization rates, etc. on grain and green mass yield in sorghum varieties and hybrids for grain, sudangrass and sorghum hybrid hybrids (Krachunov et al., 2002; Kertikov and Lingorski, 2007; Golubinova et al., 2017a).

Breeding and improvement work is also performed in sudangrass and sorghum in different directions: cytological studies to determine the radiosensitivity of different sudangrass varieties to the effects of a wide range of doses of γ-rays (Golubinova and Gecheff, 2011; Golubinova and Gecheff, 2012); Study of the possibilities for enrichment of the initial genetic diversity in sudangrass (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.) by using γ-rays (physical mutagenesis) together with the Institute of Plant Physiology and Genetics in Sofia (Golubinova, 2012a); the optimal doses for induction of economically useful mutations in different varieties of Sudan in laboratory, greenhouse and field conditions have been established (Golubinova, 2012a; 2012b; Golubinova and Marinov-Serafimov, 2015; Golubinova and Marinov-Serafimov, 2015; Golubinova and Marinov-Serafimov, 2019c). A variety of forms and lines of sudangrass, grain sorghum and broomcorn have been created through various breeding methods (hybridization, physical and chemical mutagenesis), evaluated by a complex of quantitative and qualitative characteristics (Golubinova and Alexiev, 2007; Golubinova et al., 2015a; Golubinova et al., 2015b; Golubinova et al., 2017; Golubinova and Marinov-

Marinov-Serafimov, 2016; Golubinova et al., 2016a; Golubinova et al., 2016b; Golubinova and Marinov-Serafimov, 2017a; 2017b).

От 2017 година в Институт по фуражни култури - Плевен, започва целенасочена работа по събиране, оценка и съхранение на генетичното разнообразие при техническо сорго (метла). Създадената е работна колекция и е изпитана продуктивността (фураж и семена) на местни популации техническо сорго (метла) *Sorghum vulgare* var. *technicum* (Körn.) в различни локации на страната (Плевен, Павликени, Пловдив, Кнежа и Кърджали).

Във връзка с преодоляване на естествения покой на семената са проучени оптималните срокове на сеитба и възможностите за предсеитбено третиране с растежни регулатори (Golubinova and Marinov-Serafimov, 2019a; Marinov-Serafimov and Golubinova, 2019b; Golubinova et al., 2020). Проучено е натрупването на циангликозиди в надземната биомаса (подобно на видовете от род *Sorghum)* и влиянието на метеорологичните фактори върху покълването и началното развитие на растенията (Golubinova and Marinov-Serafimov, 2019b; Golubinova, 2020; Marinov-Serafimov et al., 2018a; Marinov-Serafimov and Golubinova, 2019a). Определена е селективността и дозите на приложение на различни групи хербициди (почвено и вегетационно) при *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] и някои видове от род *Sorghum* като средство за борба срещу едно-семеделни и двусемеделни плевели (Marinov-Serafimov and Golubinova, 2015a; 2015b; Marinov-Serafimov et al., 2016; Marinov-Serafimov et al., 2018c; Marinov-Serafimov and Golubinova, 2019c; Marinov-Serafimov and Golubinova, 2020). Проучен е и алелопатичният потенциал на видовете от род *Sorghum* и в частност при техническото сорго, като възможност за използване в селекционните програми за подобряване конкурентноспособността срещу плевелите

Serafimov, 2016; Golubinova et al., 2016a; Golubinova et al., 2016b; Golubinova and Marinov-Serafimov, 2017a; 2017b).

Since 2017 at the Institute of Forage Crops in Pleven, began targeted work on the collection, evaluation and preservation of genetic diversity in broomcorn. A working collection was created and the productivity (fodder and seeds) of local populations of broomcorn (*Sorghum vulgar*e var. *technicum* [Körn.]) was tested in different locations of the country (Pleven, Pavlikeni, Plovdiv, Knezha and Kardzhali).

In connection with overcoming the natural dormancy of the seeds, the optimal sowing dates and the possibilities for presowing treatment with growth regulators were studied (Golubinova and Marinov-Serafimov, 2019a; Marinov-Serafimov and Golubinova, 2019b; Golubinova et al., 2020). The accumulation of cyanglycosides in aboveground biomass (similar to species of the genus *Sorghum*) and the influence of meteorological factors on the germination and initial development of plants were studied (Golubinova and Marinov-Serafimov, 2019b; Golubinova, 2020; Marinov-Serafimov et al., 2018; Marinov-Serafimov and Golubinova, 2019a). The selectivity and doses of application of different groups of herbicides (soil and vegetation) in *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] and some species of the genus *Sorghum* as a means of combating monocotyledonous and dicotyledonous weeds (Marinov-Serafimov and Golubinova, 2015a; 2015b; Marinov-Serafimov et al., 2016; Marinov-Serafimov et al., 2018c; Marinov-Serafimov and Golubinova, 2019c; Marinov-Serafimov and Golubinova, 2020). The allelopathic potential of the species of the genus *Sorghum* and in particular of the broomcorn was also studied, as an opportunity for use in breeding programs as for improving the competitiveness against weeds (Marinov-Serafimov et al., (Marinov-Serafimov et al., 2013; Golubinova and Ilieva, 2014; Marinov-Serafimov et al., 2016; Marinov-Serafimov et al., 2018b; Nikolov et al., 2019).

Сега в Институт по растителни и генетични ресурси в Садово към националната колекция от зародишна плазма на *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] се съхраняват предимно интродуцирани сортове и няколко местни образци. Това е основателна причина да се вземат мерки за събиране и запазване на ценния генетичен резерв от местни популации, които са формирани на широка генетична основа, притежават висока екологична пластичност, определящи селекционната им ценност (Elangovan et al., 2015).

Познаването на многостранното приложение (за фураж, технически и индустриални цели) и алелопатичен потенциал дава основание техническото сорго да се разглежда, като обещаваща култура при изграждане на балансирани сеитбообръщения в конвенционалното и биологично земеделие и като алтернатива за регулиране заплевеляването при биологичното производство. По този начин ще се постигне редуциране на вложенията на хербициди, което е предпоставка за получаване на екологично чист фураж.

В съвременните дебати за проблема с алтернативни източници на фураж през летните месеци, в частност житни култури, все повече се търсят възможности за намаляване и ограничаване на вложенията за производство на фураж и семена и получаване на високи и стабилни добиви.

Техническото сорго може да се разглежда като перспективна житна култура, с потенциални възможности и предимства при отглеждане в условия на екстремни засушавания.

Засиленото търсене на пазара на екологични и природни продукти през последната декада на XX и началото на XXI век е предпоставка за възобновяване интереса към екологич-

2013; Golubinova and Ilieva, 2014; Marinov-Serafimov et al., 2016; Marinov-Serafimov et al., 2018b; Nikolov et al., 2019).

Currently at the Institute of Plant and Genetic Resources in Sadovo to the national collection of germplasm of *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] are preserved mainly introduced varieties and several local accessions.

This is a good reason to take measures to collect and preserve the valuable genetic reserve of local populations, which are formed on a broad genetic basis, have high ecological plasticity, determining their selection value (Elangovan et al., 2015).

The knowledge of multilateral application (for fodder, technical and industrial purposes) and the allelopathic potential give grounds to consider broomcorn as a promising crop in building balanced crop rotations in conventional and organic farming and to find application as an alternative to regulate the degree of weeding in organic production. In this way, a reduction in the use of herbicides will be achieved, which is a prerequisite for obtaining ecologically clean fodder.

In the current debate on the problem of alternative sources of feed during the summer months, in particular cereals, opportunities are increasingly sought after to reduce and limit investment in feed and seed production and obtain high and stable yields.

Broomcorn can be considered as a promissing cereal crop, with potential opportunities and advantages when grown in conditions of extreme droughts.

The increased demand on the market of ecological and natural products during the last decade of the 20th and the beginning of the 21st century is a prerequisite for renewed interest in ни и биоразградими продукти в домакинството и бита, което налага увеличаване на производствените площи на *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] (Berenji and Kisgeci, 1996, Mahmood, 2014).

ecological and biodegradable products in the household and household, which requires an increase in *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] (Berenji and Kisgeci, 1996, Mahmood, 2014).

ИЗВОДИ

С астоящият обзор се акцентира върху предимствата, анализират се възможностите за отглеждане на техническото сорго (*Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]) за технически и фуражни цели, като се излагат възможностите и се потвърждава потенциала на културата за многостранно приложение и отглеждане за фураж и семена в условията на често изразени климатични аномалии.

Липсата на регистриран сорт у нас, спорадичните проучвания по отглеждането и подобряването на вида и оскъдната литература вероятно допринасят за непознаване възможностите на културата. Публикуваните резултати от проучвания са валидни за определени сортове и образци за условията при които са проведени. Това потвърждава необходимостта от събиране, съхраняване и запазване на местните популации, провеждане на насочена селекционно-подобрителна работа и задълбочаване на технологичните проучвания, което е предпоставка за създаване на обещаващ изходен материал за селекцията.

CONCLUSIONS

This review focuses on the benefits, analyzes the possibilities for growing broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]) for technical and fodder purposes, demonstrates the possibilities and confirms the potential of culture for its multilateralism application and cultivation for fodder and seeds in the conditions of frequently expressed climatic anomalies.

The lack of a registered variety in our country, sporadic studies on the cultivation and improvement of the species and the scarce literature probably contribute to the ignorance of the possibilities of the culture. The published results of studies are valid for certain varieties and accessions for the conditions under which they were conducted. This confirms the need to collect, storage and preserves local populations, conduct targeted selection and improvement work and deepen technological research, which is a prerequisite for creating a promising source material for selection.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Berenji, J. and J. Kisgeci**, 1996. Broomcorn-classical Example of Industrial Use of Sorghum. In: 1st European Seminar on *Sorghum* for Energy and Industry, Toulouse, France, pp. 43-48.
2. **Berenji, J.**, 2008. Scopaeologija – Prošlost, Sadašnjost i Budućnost Metli. In: Zbornik Radova XV Međunarodni Kongres Poljoprivrednih Muzeja (CIMA XV), . Novi Sad–Kulpin, pp. 40-46
3. **Berenjiq, J. and J. Dahlberg**, 2004. Perspectives of *Sorghum* in Europe. *Joournal Agronomy Crop Science,* 1905, 332-338.
4. **Dahlberg, J.**, 2000. Classification and Characterization of *Sorghum*. In: Smith WA, Frederiksen RA eds. *Sorghum*: Origin, History, Technology, and Production. John Wiley & Sons Inc, New York, pp. 99-130.
5. **Dahlberg, J., J. Berenji, V. Sikora and D. Latković**, 2012. Assessing Sorghum

[*Sorghum bicolor* (L) Moench] Germplasm for New Traits: Food, Fuels & Unique Uses. *Maydica,* 56 (2), 85-92.
6. **Dechev, I., Z. Tsukov, B. Gramatikov, D. Tanchev and S. Ivanov**, 1987. Technology for Growing *Sorghum* for Grain and Silage. National Agrarian - Industrial Union. Sofia (Bg).
7. **de Wet, J. and J. Harlan**, 1971. The Origin and Domestication of *Sorghum bicolor*. *Economic Botany,* 25, 128-135.
8. **de Wet, J. and J. Huckabay**, 1967. The Origin of *Sorghum bicolor*. II. *Distribution and Domestication. Evolution*, 21, 787-802.
9. **de Wet, J.**, 1978. Systematics and Evolution of *Sorghum* Sect. *Sorghum* (Gramineae). *American journal of botany,* 65 (4), 477-484.
10. **Dimitrova, Ts. and Z. Tsukov**, 1996. Research on Weeds and Their Control in Sorghum for Fodder, Early Hybrid "Super sile 20". Bulletin of the Union of Scientists - Ruse, Series "Agricultural and Veterinary Sciences", 5, 57-60 (Bg).
11. **Elangovan, M., P. Shrotria, K. Raghavendra Rao, R. Khulbe, P. Babu**, 2015. Collection, GIS Mapping and Conservation of Broomcorn Sorghum from Uttarakhand. *International Journal of Advanced Research,* 3 (8), 57-69.
12. **EPPO,** Global Database, 2016. https://gd.eppo.int/
13. **Golubinova, I. and K. Gecheff**, 2011. M1 Cytogenetic and Physiological Effects of Gamma-Rays in Sudan Grass (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 17 (4), 417-423.
14. **Golubinova, I. and K. Gechev**, 2012. Study on the Mutagenic Efficacy and Mutagenic Efficacy of Gamma-Rays in Sudan Grass (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.). *Agricultural Science*, 45 (1), 42-51 (Bg).
15. **Golubinova, I.**, 2012a. Study of the Possibilities for Enrichment of Genetic Diversity in Sudan Grass (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.) by Induction of Mutations with Gamma Rays. Dissertation, Pleven, Bulgaria.
16. **Golubinova, I.**, 2012b. Radiosensitivity in Sudan Grass (*Sorghum sudanens*e (Piper) Stapf.) I. Under Laboratory Conditions. *Agricultural Sciences*, 4 (10), 53-58.
17. **Golubinova, I. and A. Ilieva**, 2014. Allelopathic Effect of Water Extracts of *Sorghum halepense* (L.) Pers., *Convolvulus arvensis* L. and *Cirsium arvense* Scop. on the Early Seedling Growth of Some Legumes Crops. *Pesticidi i fitomedicina*, 29 (1), 35-43.
18. **Golubinova, I. and Pl. Marinov-Serafimov**, 2015. Radiosensitivity in Sudan Grass (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.). II In Greenhouse Conditions. Bulletin of the Union of Scientists in Bulgaria - Ruse, Volume 7, Agricultural and Veterinary Sciences, pp. 181-187 (Bg).
19. **Golubinova, I., Pl. Marinov-Serafimov and A. Ilieva**, 2015a. Characteristics of Mutant Forms of Sudan Grass (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.). *Plant Science*, 52 (5), 66-71 (Bg).
20. **Golubinova, I., Pl. Marinov-Serafimov and A. Ilieva**, 2015b. Characteristics of Mutant Sorghum Lines for Grain (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Plant Science,* 52 (6), 21-27 (Bg).
21. **Golubinova, I. and Pl. Marinov-Serafimov**, 2016. Accumulation of Cyanogenic Glycosides in Sudann Grass (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.) Depending on Weather Conditions. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans,* 19 (4), 70-83.
22. **Golubinova, I., Pl. Marinov-Serafimov and A. Ilieva**, 2016a. Cyanogenic Glycosides Content According to the Growth Rate of Sudan Grass (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.). *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans,* 19 (5), 85-99.
23. **Golubinova, I., J. Naidenova, St. Enchev, Tsv. Kikindonov, A. Ilieva and Pl. Marinov-Serafimov**, 2016b. Biochemical Evaluation of Feed Quality in Mutant Forms

of Sudan Grass (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.). *Plant Sciences*, 53 (5-6), 76-84 (Bg).
24. **Golubinova, I. and Pl. Marinov-Serafimov**, 2017a. Comparative Biological and Economic Characteristics of Perspective Forms Sudan Grass (*Sorghum vulgare* var. *sudanense* (Piper) Stapf) I. For Seeds. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans,* 20 (2), 128-138.
25. **Golubinova, I. and Pl. Marinov-Serafimov**, 2017b. Comparative Biological and Economic Characteristics of Perspective Forms Sudan Grass (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.) II. For Forage. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans,* 20 (5), 123-135.
26. **Golubinova, I., P. Ivanova, Pl. Marinov-Serafimov, S. Enchev, A Ilieva**, 2017. Comparative Morphological and Biochemical Characteristics of Seeds of *Sorghum* Species. *Bulgarian Journal of Crop Science,* 54 (5), 21-29 (Bg).
27. **Golubinova, I. and Pl. Marinov-Serafimov**, 2019a. The Effect of Lactisem on the Germination and the Initial Development of *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] Accessions. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans,* 22 (6), 176-186.
28. **Golubinova, I. and Pl. Marinov-Serafimov**, 2019b. Influence of Meteorological Conditions on the Accumulation of Cyanogenic Glycosides in a Broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]). *Field Crop Studies,* XII (3), 71-82
29. **Golubinova, I. and Pl. Marinov-Serafimov**, 2019c. Radiosensitivity in Sudan Grass (*Sorghum sudanense* (Piper.) Stapf) III. In Field Conditions. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 22 (3), 102-114.
30. **Golubinova, I., B. Nikolov, Sl. Petrova, I. Velcheva, E. Valcheva and Pl. Marinov-Serafimov**, 2020. Effect of Cycocel 750 SL on Germination and Initial Development of Some *Sorghum* Species. *Ekologia Balkanica*, 12 (1), 11-19.
31. **Golubinova, I.**, 2020. Effects of Drought Stress in Genotypes *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] by Using Sucrose in Laboratory Condition. *Bulgarian Journal of Agricultural Science,* 26 (1), 61-69.
32. **Harlan, J.**, 1975. Crops and Man. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.
33. **Hill, A. F.**, 1937. The Nomenclature of the Cultivated Sorghums. *Botanical Museum Leaflets, Harvard University*, 4 (10), 173-180.
34. **Kalaydzhiev, Iv., R. Shentov and S. Ivanov**, 1969. *Sorghum*. Zemizdat, Sofia, 199 p. (Bg).
35. **Kertikov, T., and V. Lingorski**, 2007. Determination of Productive Capacities of Some Hybrids of Grain Sorghum (*Sorghum vulgare* var. *ensorghum* P.). *Journal of Mountain Agriculture on the Bolkans,* 10 (1), 159-161.
36. **Kikindonov, Tsv., S. Krastev and K. Slanev**, 2004. Testing of Varieties, Hybrids and Individual Crosses of *Sorghum* for Grain. *Plant Sciences,* 42 (3), 212-217 (Bg).
37. **Kikindonov Tsv., S. Krastev and K. Slanev**, 2005. Influence of Sowing Density on Grain Yield from *Sorghum*. In: Anniversary Scientific Session with International Participation. IASS "Obraztsov Chiflik" - Ruse, June 7-8, 2005 (Bg).
38. **Kikindonov, Ts., K. Slanev and G. Kikindonov**, 2008. Productivity of *Sorghum* Origins for Green Mass. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans,* 11 (3), 503-511.
39. **Kikindonov, Ts. and K. Slanev**, 2011. Productivity of the New Sudan Grass Variety Endje -1. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 3 (14), 564-575.
40. **Krachunov, I., T. Zhelyazkov, M. Trifonova and A. Ilieva**, 2002. Zootechnical Characteristics of Sorghum (*Sorghum bisolor* Moench) and Sudan Grass (*Sorghum sudanense* Stapf). I. Changes in Morphological Structure and Chemical Composition. In: Proceedings of the Jubilee Scientific Session "110 Years of Aviation in Bulgaria", vol. 1, pp. 535-542 (Bg).

41. **Krachunov, I. and A. Ilieva**, 2005a. Course of Changes in the Chemical Composition and Digestibility of Feed from Sorghum-Sudan Hybrids for Green Fodder and Grazing. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans,* 8 (1), 50-60.
42. **Krachunov, I. and A. Ilieva**, 2005b. Changes in the Quality of Sudan Grass Feed (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) I. Composition and Digestibility. *Animal Science,* 42 (2), 21-27 (Bg).
43. **Mazdrakov, P.**, 1934a. The Broomcorn in Veliko Tarnovo. State Agricultural Experimental Field Pavlikeni. Bonyu Nenkov Printing House, Tryavna (Bg).
44. **Mazdrakov, P.**, 1934b. Report of the State Agricultural Experimental Field in Pavlikeni for the Period 1931-1933. Ministry of National Economy, Directorate of Agriculture. Bonyu Nenkov Printing House, Tryavna (Bg).
45. **Mazdrakov, P.**, 1937. Cereals, Observations and Experiments on the State Experimental Field - Pavlikeni 1931-1936. Bonyu Nenkov Printing House, Tryavna (Bg).
46. **Mahmood, A.**, 2014. Performance of *Sorghum* (*Sorghum bicolor* L. Moench) as an Energy Crop for Biogas Production. Dissertation, Giessen, Germany. https://core.ac.uk/download/pdf/56349234.pdf
47. **Marinov-Serafimov, Pl., Ts. Dimitrova and I. Golubinova**, 2013. Allelopathy - Element of an Overall Strategy for Weed Control. *Acta Agriculturae Serbica,* 18 (35), 23-37.
48. **Marinov-Serafimov, Pl. and I. Golubinova**, 2015a. SudanGrass Susceptibility to Some Herbicides: I. Selectivity. *Plant Science,* 52 (6), 3-12 (Bg).
49. **Marinov-Serafimov, Pl. and I. Golubinova**, 2015b. Sudan Grass Susceptibility to Certain Herbicides: II. Productivity. *Plant Science,* 52 (6), 13-20 (Bg).
50. **Marinov-Serafimov, Pl., I. Golubinova and A. Ilieva**, 2016. A Study of Suitability of Some Conventional Chemical Preservatives and Natural Antimicrobial Compounds in Allelopathic Research. *Pesticidi i fitomedicina,* 30(4), 233-241.
51. **Marinov-Serafimov, Pl., I. Golubinova and St. Enchev**, 2018a. Reaction of *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] in the Early Growth Stages of Development in Drought and Water Deficiency in Laboratory Conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science,* 24 (Suppl. 2), 90-97.
52. **Marinov-Serafimov, Pl., I. Golubinova and Sht. Kalinova**, 2018b. Allelopathic Effects at Together Germination of Seeds *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] and *Sinapis alba* L. *Bulgarian Journal of Agricultural Science,* 24 (5), 830-835.
53. **Marinov-Serafimov, Pl., I. Golubinova and R. Todorova**, 2018c. Influence of Herbicides for Soil Application on Seed Germination and Initial Development of the Genotypes *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans,* 21 (5),118-135.
54. **Marinov-Serafimov, Pl. and I. Golubinova**, 2019a. Influence of the Temperature Stress on Seed Germinationand Initial Development of Broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]) Accessions. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans,* 22 (6), 187-199.
55. **Marinov-Serafimov, Pl. and I. Golubinova**, 2019b. Effect of Modus Evo on the Germination Capacity of the Seeds and Initial Development from *Sorghum bicolor* (L.) Moench and *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] Accessions. *Field Crop Studies*, XII (3), 59-70.
56. **Marinov-Serafimov, Pl. and I. Golubinova**, 2019c. Effect of Herbicides for Foliar Application on Survival and Recovery Ability of *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans,* 22 (1),108-129.
57. **Marinov-Serafimov, Pl. and I. Golubinova**, 2020. Influence of Some Herbicides on the Seed Productivity of *Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.]. In: Scientific

Conference with International Participation "Ecology and Agrotechnologies - Basic Science and Practical Implementation" October 27-28, 2020. Proceedings, pp. 232-241 (Bg).
58. **Marks, C. F., J. L., Townshend**, 1973. Multiplication of the Root Lesion Nematode *Pratylynchus penetrans* Under Orchard Cover Crops. *Canadian Journal of Plant Science*, 53, 187-188.
59. **Nikolov, B., Sl. Petrova, E. Valcheva, I. Golubinova and Pl. Marinov-Serafimov**, 2019. Allelopatic Effect of Five Weed Species on Seed Germination of *Sorghum* Crops. In: Proceedings of the X International Scientific Agricultural Symposium “Agrosym 2019”, Jahorina, 3-6 October 2019, Bosnia and Herzegovina. pp. 670-675.
60. **Slanev, K.**, 2005. Variability of Some Traits in *Sorghum*. *Plant Science,* 42 (3), 218-221 (Bg).
61. **Slanev, K.**, 2006. Study of Initial Forms and Sorghum Hybrids. Dissertation, Shumen, Bulgaria.
62. **Slanev, K.*,*** 2010. *Sorghum* - an Effective Crop in Drought. http://agro.bg/topical/article19175.html (Bg).
63. **Snowden, J.**, 1936. The Cultivated Races of *Sorghum*. Adlard and Son Ltd London.
64. **Tanchev, D.**, 1989. Comparative Testing of Sorghum Hybrids for Silage. *Plant Science*, XXVI (3), 51-54 (Bg).
65. **Tanchev, D.**, 1996. Results of a Study of Sorghum Hybrids for Green Mass. *Plant Science,* XXXIII (3), 36-38 (Bg).
66. **Terziev, J., Hr. Yancheva, Iv. Yanchev, T. Georgieva, B. Yankov, R. Ivanova, Iv. Dimitrov, and T. Kolev**, 2006. Plant Breeding, First Edition, Academic Publishing House of the Agricultural University - Plovdiv (Bg).
67. **Tsochev, I. and T. Kertikov**, 1995. Economic Benefit from Compaction of Irrigated Areas with Post-Harvest Crops for Fodder Production. *Economics and Management of Agriculture,* 5, 33-35 (Bg).
68. **Tsukov, Z.**, 1991. Testing of Sorghum Hybrids for Green Mass and Silage. *Plant Science,* XXVIII (3-6), 36-38 (Bg).
69. **Tsukov, Z. and T. Kertikov**, 1995. Establishment of Appropriate Ratios and Phases of Harvesting in Mixed Crops of Corn and *Sorghum*. *Plant Science,* XXXII (9-10), 167-125.
70. **Wiersema, J. H. and J. Dahlberg**, 2007. The Nomenclature of *Sorghum bicolor* (L.) Moench (*Gramineae*). *Taxon,* 56(3), 941-946.

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2020, 23 (6), 162-175 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Продуктивност на зелена маса и стабилност на сортове грах при биологично производство

Наталия Георгиева

Институт по Фуражни Култури, 5800 Плевен, България

Green mass productivity and stability in pea cultivars under organic production

Natalia Georgieva

Institute of Forage Crops, 5800 Pleven, Bulgaria
E-mail: imnatalia@abv.bg

Original scientific paper

РЕЗЮМЕ

За оптимизиране системата на биологично земеделие е необходима разнообразна гама от продуктивни, стабилни и добре адаптирани сортове при различните култури. Настоящото проучване има за цел оценка на проявите на сортове фуражен грах (Глянс, Свит, Камертон, Модус, Плевен 4) по отношение на основни характеристики (морфологични параметри, продуктивност на зелена маса, стабилност, биохимичен състав) в условия на биологично производство. Експерименталната дейност е осъществена през периода 2012-2014 г., в съответствие с биологичните стандарти. Използван е рандомизиран блоков метод. Дисперсионният анализ на данните доказва влиянието на факторите сорт и среда, както и на тяхното взаимодействие, върху фобива фураж. Сравнителната оценка показва, че българският сорт Плевен 4 се отличава с комплекс от характеристики, определящи го като най-подходящ за условия на биологично производство: по-голяма листна площ и биомаса/растение, висока продуктивност (17.1 t зелена маса ha^{-1}), стабил-

SUMMARY

To optimize the organic farming system, a diverse range of productive, stable and well-adapted cultivars in different crops is needed. The present study aimed to assess the performances of pea forage cultivars (Glyans, Svit, Kamerton, Modus, Pleven 4) in terms of main characteristics (morphological parameters, green mass productivity, stability, biochemical composition) in organic production conditions.

The experimental activity was carried out during the period 2012-2014, in accordance with the organic standards. It was used a randomized block method. The dispersion analysis proved the influence of the factors "cultivar" and "environment", as well as their interaction on the forage yield. The comparative assessment showed that the Bulgarian cultivar Pleven 4 was distinguished by a complex of characteristics (greater leaf area and biomass/plant, high productivity /17.1 t green mass ha^{-1}/, stability /bi = 1.06/, adaptability /A = 15.9/, biochemical composition of forage /198.55 g kg^{-1} DM crude protein) determinant it as the most

ност (bi = 1.06), адаптивност (A = 15.9) и качество на фуража (198.55 g kg^{-1} DM суров протеин). Добри прояви и близки стойности по посочените параметри демонстрира и украинският сорт Камертон. Промените в основни почвени параметри (съдържание на минерален азот, фосфор и калий) след реколтиране на фуражния грах показват по-високи стойности при Глянс, Свит и Плевен 4. Същите могат да се използват за подобряване на почвеното плодородие при биологично производство.

Ключови думи: биологично земеделие, биологични прояви, сортове, грах

suitable for organic production conditions. The Ukrainian cultivar Kamerton also demonstrated good performances and similar values regarding these parameters. Changes in main soil parameters (mineral nitrogen, phosphorus, and potassium content) after forage pea harvesting showed higher values in Glyans, Svit and Pleven 4, which confirms the direct dependence cultivar-soil parameters established in previous studies. These cultivars can be used to improve soil fertility in organic production.

Key words: organic farming, biological performances, cultivars, pea

УВОД

Директива 2092/91 на ЕС определя биологичното земеделие като най-взискателната система на производство. То поддържа и подобрява почвеното плодородие (Hepperly et al., 2006), намалява негативния ефект на земеделието върху климатичните промени (Pimentel et al., 2005, Niggli et al., 2009), осигурява баланс на екосистемите (Mäder et al., 2002) и производство на здравословни и качествени хранителни продукти (Badgley et al., 2007). По данни на Международната федерация на движенията за биологично земеделие (IFOAM, 2019) площите с биологично земеделие в света през 2019 г. са почти 70 милиона хектара, което представлява 1.4% от общата обработваема площ. Австралия разполага с най-големи площи (35.6 милиона хектара), следвана от Европа (14.6 милиона хектара) и Латинска Америка (8 милиона хектара). Органичната зона във всички континенти нараства. Страните с най-голям органичен дял от общата им земеделска земя са Лихтенщайн (37.9%), Самоа (37.6%) и Австрия (24%).

Един от основните проблеми при биологичното производство е ниската продуктивност. Според Gopinath et al. (2009), липсата на систематични изследвания и на пакет от практики за

INTRODUCTION

The European Union regulation No. 2092/91 defines organic farming as the most demanding production system. It maintains and improves soil fertility (Hepperly et al., 2006), reduces the negative impact of agriculture on climate change (Pimentel et al., 2005, Niggli et al., 2009), guarantees ecosystems balance (Mäder et al., 2002), and produces healthy and quality foods (Badgley et al., 2007). According to the International Federation of Organic Farming Movements (IFOAM, 2019), the organic farming area in the world in 2019 is almost 70 million hectares, representing 1.4% of the total arable land.

Australia has the largest area (35.6 million hectares), followed by Europe (14.6 million hectares) and Latin America (8 million hectares). The organic area increases in all continents. The countries with the highest organic share of their total agricultural land are Liechtenstein (37.9%), Samoa (37.6%) and Austria (24%).

One of the main problems in organic production is low productivity.

According to Gopinath et al. (2009), the lack of systematic researches and a различни култури ограничава реализирането на високи добиви при това производство. Идентифицирането на подходящи сортове култури, които отговарят в най-голяма степен на биологичното управление, е ключът към постигане на по-висока продуктивност. Авторите препоръчват тестване на „конвенционални” сортове и определяне пригодността им за условия на биологично отглеждане. Torricelli (2006) също отбелязва, че за оптимизиране системата на биологично земеделие е необходима разнообразна гама от добре адаптирани сортове. При много видове, особено фуражните култури, не е установено дали съвременните сортове могат да се адаптират към биологични условия, така че са необходими скринингови изследвания за определяне на най-подходящите. Земеделските производители на биологична продукция също трябва да направят правилен сортов избор на фуражни култури, тъй като все още няма подходящи селекционни програми за тези видове.

С настоящото проучване се цели да се направи оценка на проявите на сортове грах по отношение на основни характеристики (морфологични параметри, продуктивност на зелена маса, стабилност, биохимичен състав) в условия на биологично производство.

package of practices for different crops limit the realization of high yields in this production. Identifying suitable crop cultivars that are responsive to a great extent to organic management is the key to achieve higher productivity.

The authors recommend testing "conventional" varieties and determining their suitability for organic growing conditions. Torricelli (2006) also notes that for optimizing the organic farming system is required a diverse range of well-adapted varieties.

In many species, especially forage crops, it has not been established whether modern varieties can adapt to organic conditions, so screening studies are needed to define the most appropriate ones.

Organic farmers also have to make the right varietal choice of forage crops, as there are no suitable breeding programs for these species yet.

This study aimed to assess the performances of pea cultivars in terms of main characteristics (morphological parameters, green mass productivity, stability, biochemical composition) in organic production conditions.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Експерименталната дейност е осъществена в Институт по фуражните култури (Плевен) през периода 2012-2014 г. Почвеният тип е слабо излужен чернозем. Проучени са биологичните прояви на един български (Плевен 4) и четири интродуцирани сортове (Глянс, Свит, Камертон, Модус, с произход Украйна) грах (*Pisum sativum* L.) в условия на биологично производство. Използван е рандомизиран блоков метод, в три повторения. Сеитбата е извършена ръчно, с норма от 120 семена m^{-2}. В съответствие с биологичните стандарти (Наредба 1/07.02.2013 г.), не са изпол-

MATERIAL AND METHODS

The experimental activity was carried out at the Institute of Forage Crops (Pleven) during the period 2012-2014. The soil type was slightly leached chernozem. The biological performances of one Bulgarian (Pleven 4) and four introduced cultivars (Glyans, Svit, Kamerton, Modus, originating in Ukraine) of peas (*Pisum sativum* L.) under organic production were studied. A randomized block method, in three replications, was used. The sowing was done manually, with a rate of 120 seeds m^{-2}. In accordance with the organic standards (Regulation No 1/07.02.2013), no chemical fertilizers and звани химически торове и средства за растителна защита. Във фаза BBCH 65 (Meier, 2003) са взети почвени монолити (20/30/40 cm) (Beck et al., 1993), като са отчетени тегло свежа коренова и надземна биомаса растение$^{-1}$.

Грахът е реколтиран в същата фенологична фаза. Определени са добив фураж (t ha^{-1} зелена маса) и някои свързани с качеството параметри – размер на листна площ (Sinyakova and Ivanova, 1981), съдържание на суров протеин, калций и фосфор (OMA, 1990).

След реколтиране на растенията, от всяка парцела рандомизирано са взети почвени проби на дълбочина 30 cm (Minta and Tsige, 2014). Почвените проби от всяка парцела в един блок се смесват като се взема една средна проба (500 g), която са анализира за: pH (Totev et al., 1987), минерален азот (Cornfield, 1966), фосфор (по метода Egner-Riehm), и калий (с пламъчен фотометър, Robert et al. (2002).

Екологичната стабилност на сортовете е оценена чрез регресионен анализ (Eberhart and Russell, 1966), при който са изчислени регресионния коефициент (bi) и варианса на отклонение от регресия (Si^2di). Влиянието на условията на средата върху формирането на добива е изразено най-добре с коефициента bi. Параметър Si^2di показва в каква степен съответстват емпиричните и теоретичните значения на признака, разположени на линията на регресия. За оценка на адаптивността е калкулиран индексът на обща адаптивност (A) (Valchinkov, 1990). Математическата обработка на данните е направена с помощта на софтуерен продукт Statgraphics Plus.

plant protection products were used. At the phenological stage BBCH 65 (Meier, 2003), soil monoliths (20/30/40 cm) were taken (Beck et al., 1993), and the fresh weight of root and aboveground biomass per plant was recorded.

The pea was harvested at the same stage. Forage yield (t ha^{-1} green mass) and some quality parameters – leaf area (Sinyakova and Ivanova, 1981), crude protein, calcium and phosphorus content (OMA, 1990) were determined.

After harvesting soil samples from each plot were collected randomly at a depth of 0-30 cm (Minta and Tsige, 2014). Then soil samples from each plot in a block were mixed thoroughly and subsample (500 g) was taken. These samples were analyzed for selected chemical properties: soil pH (Totev et al., 1987), mineral nitrogen (Cornfield, 1966), phosphorus (by the Egner−Riehm method) and potassium (using a flame photometer by Robert et al. (2002).

The ecological stability of pea cultivars was estimated through the application of regression analysis (Eberhart and Russell, 1966), in which the regression coefficient (bi) and the variance of deviation from regression (Si^2di) were calculated. The impact of environmental conditions on the yield formation was expressed with the coefficient of regression bi. It characterizes the varietal reaction to the environmental changes and shows its stability. The parameter Si^2di reveals to what degree matches the empirical and theoretical meanings of the trait, located on the regression line. The index of total adaptation (A) was calculated to assess the varietal adaptability (Valchinkov, 1990). Mathematical data processing was done by the Software Statgraphics Plus.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Като бобова култура, продуктивността на граха се определя в значителна степен от метеорологичните условия през съответния експериментален период. Средно за периода 2012-2014

RESULTS AND DISCUSSION

As a legume crop, pea productivity is largely determined by the weather conditions during the relevant experimental period. For the period 2012-2014, the average daily temperature and г., средноденонощна температура и количеството валежи през вегетацията (март-май) са 13.3 °С и 197.6 mm, съответно. В сравнение със стойностите за предходен 20-годишен период (12.6° С и 150.6 mm), вегетационният период може да се характеризира като по-топъл и по-слабо обезпечен с валежи.

Според редица автори (Konvalina et al., 2009; Uhr and Grigorov, 2015; Uhr et al., 2017) изборът на сорт е критичният фактор за една ефективна система на биологично производство. В сравнение с „конвенционалните” сортове, „биологичните” трябва да притежават следните основни характеристики: по-добър потенциал за извличане и използване на хранителни вещества; по-голяма конкурентна способност срещу плевели; повишена стабилност на добива и устойчивост към вредители (Wolf et al., 2008). Първите две характеристики се определят от някои параметри, «работещи заедно»: по-голямата листна площ на растенията, акумулиране на повече вегетативни тъкани и обща биомаса (надземна и коренова) (Uhr and Grigorov, 2015). В настоящия експеримент се установяват съществени различия между сортовете по отношение на количеството формирана биомаса (Таблица 1). Сорт Плевен 4 се отличава с доказано по-високо тегло надземна маса (24.1 % спрямо средната стойност за проучваните сортове), следван от Камертон (9.4%). Същите сортове се характеризират и с по-голям размер на листната площ (3.31 и 3.20 m^2 за m^2 почвена повърхност), което има важно значение както за създаване на плътна растителна покривка, подтискаща развитието на плевелите, така и за качеството на фуража.

the amount of rainfall during the growing season (March-May) were 13.3 ° C and 197.6 mm, respectively. Compared to the values of the previous 20-year period (12.6 °C and 150.6 mm), the growing season can be characterized as warmer and less secured by rainfall.

According to a number of authors (Konvalina et al., 2009; Uhr and Grigorov, 2015; Uhr et al., 2017), the crucial factor for an efficient organic production system is the varietal choice. Compared to "conventional" cultivars, "organic" ones should have the following main characteristics: better potential for uptake, and use of nutrients; greater competitiveness against weeds; increased yield stability, and resistance to pests (Wolf et al., 2008).

The first two characteristics are determined by some parameters, working together: the larger leaf area of the plants, the accumulation of more vegetative tissues and total biomass (aboveground and root).

In the present experiment, considerable differences among the cultivars were found in terms of the quantity of biomass formed (g $plant^{-1}$) (Table 1). Pleven 4 was distinguished by significantly higher weight of aboveground mass (24.1% to the average value for the studied cultivars), followed by Kamerton (by 9.4%). The same cultivars were also characterized by a larger leaf area (3.31 and 3.20 m^2 per m^2 soil surface), which is important both for establishing dense plant cover that suppresses weed development and for the fodder quality.

Таблица 1. Морфологични параметри при сортове грах в условия на биологично производство
Table 1. Morphological parameters in pea cultivars under organic production conditions

Сортове Cultivars	Надземна маса Aboveground mass g plant^{-1}	Коренова маса Root mass g plant^{-1}	Листна площ на m^{-2} Leaf area m^{-2}
Glyans	14.468a	0.655ab	2.50a
Svit	15.168a	0.599a	2.61b
Kamerton	18.723b	0.731c	3.20d
Modus	15.951a	0.672bc	2.83c
Pleven 4	21.232c	0.809d	3.31e
LSD $_{(0.05)}$	2.03	0.069	0.078
Environment (E)	*	*	*
Cultivar (C)	*	*	*
C×Y	*	*	*

* $p \leq 0.05$

В почви, чието съдържание на азот е по-ниско, растежът на корените има по-важно значение от растежа на надземната маса. За по-ефективно усвояване на хранителните вещества, една добре развита коренова система е много важен фактор (Lammerts van Bueren et al., 2002). Тенденцията, установена по отношение тегло на кореновата маса, следва тенденцията в теглото на надземната маса. Сортът, чиято коренова маса достоверно се различава от теглото на останалите сортове е Плевен 4 (превишение от 16.7% над средната стойността за групата), следван от Камертон (5.5%). Статистическата обработка на данните показва доказано влияние на проучваните фактори (среда, сорт) и тяхното взаимодействие върху разглежданите морфологични параметри.

В сравнение с конвенционалното производство, условията на средата при биологичното земеделие са много по-разнообразни, поради което видовете и сортовете трябва да са по-адаптивни и стабилни (Bozhanova and Dechev, 2014). Най-висок добив зелена маса, средно за тригодишния период на проучване, демонстрира сорт Плевен 4, 17.1 t зелена маса ha^{-1}, или 26.9% над средната стойност за групата (Таблица 2). Сравнително висока продуктивност проявява и сорт Камертон, при който

In soils with lower nitrogen content, root growth is more important than the aboveground mass growth. For more efficient absorption of nutrients, the well-developed root system is a very important factor (Lammerts van Bueren et al., 2002). The tendency found concerning the root mass weight followed the trend in the aboveground mass weight. The cultivar, whose root mass was significantly different from that of the rest cultivars, was Pleven 4 (an excess of 16.7% above the average value for the group), followed by Kamerton (excess of 5.5%). Statistical data processing showed significant influence of the studied factors (environment, cultivar) and their interaction on the morphological parameters concerned.

Compared to conventional production, environmental conditions in organic farming are much more diverse, and therefore species and varieties need to be more adaptable and stable (Bozhanova and Dechev, 2014). The highest green mass yield, on average, for the three-year study period, was demonstrated by Pleven 4, 17.1 t green mass ha^{-1}, or 26.9% above the average for the group (Table 2). Also, Kamerton exhibited relatively high productivity, with an excess of 7.6%. The other cultivars were less productive as the amount of превишението е с 7.6%. Останалите сортове са по-нископродуктивни, като количеството формирана маса варира от 11.0 до 14.5 t ha^{-1}. В подобен експеримент, проведен в Индия (района на Hawalbagh), Gopinath et al. (2009) тестват и определят три генотипа грах (Azad graa 1, Vivek Matar 8 и Vivek Matar 9) от вида *P. sativum* като високопродуктивни и подходящи за биологично отглеждане. Обобщавайки резултатите от проучване в Латвия (Талсински регион), Agafonova et al. (2011) посочват Zaiga и Almara като сортове с най-добри прояви при биологично производство. За условията на Южна България, района на Пловдив, Kalapchieva et al. (2010) сравнява четири генотипа градински грах, от които Пулпудева и Вятова отговарят в най-голяма степен на приложени различни варианти на биологична система на отглеждане. Сходни проучвания са осъществени и при други фуражни култури: ръж и тритикале (Bozhanova et al., 2014), люцерна (Torricelli, 2006), овес (Spasova et al., 2018) и др.

formed mass varied from 11.0 to 14.5 t ha^{-1}. In a similar experiment conducted in India (Hawalbagh area), Gopinath et al. (2009) tested and identified three pea genotypes (Azad graa 1, Vivek Matar 8 and Vivek Matar 9) of *P. sativum* species as highly productive and suitable for organic cultivation. Summarizing the results of a study in Latvia (Talsinsky region), Agafonova et al. (2011) pointed out Zaiga and Almara as the best-performing varieties in organic production. For the conditions of southern Bulgaria, the Plovdiv region, Kalapchieva et al. (2010) compared four genotypes of garden peas, of which Pulpudeva and Vyatova responded to the greatest extent to different variants applied of organic growing system. For the conditions of southern Bulgaria, the Plovdiv region, Kalapchieva et al. (2010) compared four genotypes of garden peas, of which Pulpudeva and Vyatova responded to the greatest extent to different variants of organic growing system. Similar researches have been conducted in other forage crops: rye and triticale (Bozhanova et al., 2014), alfalfa (Torricelli, 2006), oats (Spasova et al., 2018), and others.

Таблица 2. Продуктивност, екологична стабилност и адаптивност на сортове грах в условия на биологично производство
Table 2. Productivity, ecological stability and adaptability of pea cultivars under organic production conditions

Сортове Cultivars	Продуктивност фураж Forage productivity t green mass ha^{-1}	Параметри на стабилност Stability parameters		Индекс на обща адаптивност Index of total adaptation
		bi	Si^2di	
Glyans	11.0a	0.98	3.13	10.0
Svit	12.1b	0.87	8.04	11.2
Kamerton	14.5c	1.02	0.38	13.5
Modus	12.7b	0.96	-0.03	11.7
Pleven 4	17.1d	1.06	0.30	15.9
LSD $_{(0.05)}$	0.74	-	-	-

Представеният в Таблица 3 анализ на варианса по отношение на добива фураж показва най-силно влияние на факторът „среда"– 59.4% от общото вариране, което се дължи на различията в метеорологичните условия през трите експериментални години. Влиянието на сорта е по-слабо

The analysis of variance, presented in Table 3, regarding forage yield showed the strongest influence of the factor environment – 59.4% of the total variation, which is due to differences in meteorological conditions over the three experimental years. The impact of the cultivar was less pronounced, but with изразено, но с достатъчно висока стойност (36.1%), а най-слабо е влиянието на взаимодействието среда × сорт. Действието на факторите и тяхното взаимодействие е значимо при ниво $p \leq 0.05$. Въз основа на доказаното взаимодействие е оценена стабилността и адаптивността на проучваните сортове (Таблица 2). С коефициент на регресия близък до 1, Камертон и Плевен 4 могат да се определят като екологично най-стабилни. В допълнение на посоченото, са стойностите на средното квадратно отклонение Si^2di, които показват по-голяма стабилност при Плевен 4. Глянс, Свит и Модус имат стойности на bi по-ниски от 1, които ги характеризират като стабилни, но същите са нископродуктивни. Те могат да се определят като подходящи за отглеждане при по-неблагоприятни условия на средата, когато биха формирали по-стабилни добиви. Според Allard and Bradshaw (1964), образци, които се характеризират с по-висока фенотипна стабилност на добива, имат по-слабо изразено взаимодействие генотип-среда, по-добра обща приспособимост и относително постоянство в проявата на техните генетични особености.

sufficiently high value (36.1%), and the weakest was the influence of the interaction environment × cultivar.

The effect of the factors and their interaction was significant at $p \leq 0.05$ level. Based on the significant interaction, the stability and adaptability of the studied cultivars were estimated (Table 2).

With the regression coefficient close to 1, Kamerton and Pleven 4 can be defined as ecologically the most stable. In addition to the pointed out, the values of the mean squared deviation Si^2di indicated a greater stability in Pleven 4. Glyans, Svit and Modus had bi-values lower than 1, which characterize them as stable, but they were low-productive. They can be determined as suitable for growing under less favorable environmental conditions when they would form more stable yields. According to Allard and Bradshaw (1964), accessions which are characterized by higher phenotypic stability of the yield have less pronounced interaction genotype-environment, better total adaptability, and relative persistence in the manifestation of their genetic characteristics.

Таблица 3. Анализ на варианса по отношение продуктивност зелена маса при сортове грах в условия на биологично производство
Table 3. Analysis of variance regarding green mass productivity of pea cultivars under organic production conditions

Причини за вариране Causes of variation	Степени на свобода Degrees of freedom	Среден квадрат Mean square	Сума на квадрати Sum of squares	Доказаност Significance	F-ratio
Общо/Total	44	-	1190.63		
Фактор А - среда Factor A - environment	2	353.53	707.05	*	1057.76
Фактор Б - сорт Factor B - cultivar	4	107.55	430.19	*	321.78
A × B	8	5.42	43.37	*	16.22
Грешка/Error	30	0.33	10.03		

*$p \leq 0.05$

Сортовете, обект на настоящото изследване, се различават значително по своята пластичност. Според индекса на обща адаптивност, те могат да се

The cultivars, that are the subject of this study, differed considerably in their plasticity. According to the index of total adaptability, they can be arranged in the подредят в следния низходящ ред: Плевен 4 > Камертон > Модус > Свит > Глянс.

В научната литература въпросът за качеството на културите, и в частност на бобовите, при органично отглеждане е дискусионен (Hornick, 2005; Spasova et al., 2010; Gerdzhikova et al., 2012; Księżak and Bojarszczuk, 2019). Някои автори установят повишение в качествените параметри, други – понижение, а трети липса на промени в сравнение с конвенционалното производство. Съдържанието на протеин в надземната и кореновата маса на тестваните сортове е средно 182.61 и 169.72 g kg^{-1} DM, съответно (Фигура 1). По-съществени разлики спрямо средните стойности за групата се наблюдават при Плевен 4, като превишението е с 8.7 (за надземна маса) и 6.4% (за коренова маса). При останалите образци количеството на протеина е близко или по-ниско от посочените средни стойности. От значение при биологичното производство е както съдържанието на СП в надземната маса, определящо в голяма степен качеството на фуража, така и натрупването му в кореновата система на растенията, т.като впоследствие то се подлага на минерализация и способства за повишаване на почвеното плодородие. По отношение количеството на калций и фосфор, разликите между сортовете са незначителни, като средните стойности са 12.65 и 3.78 (за надземна маса), и 12.12 и 3.88 g kg^{-1} DM (за коренова маса).

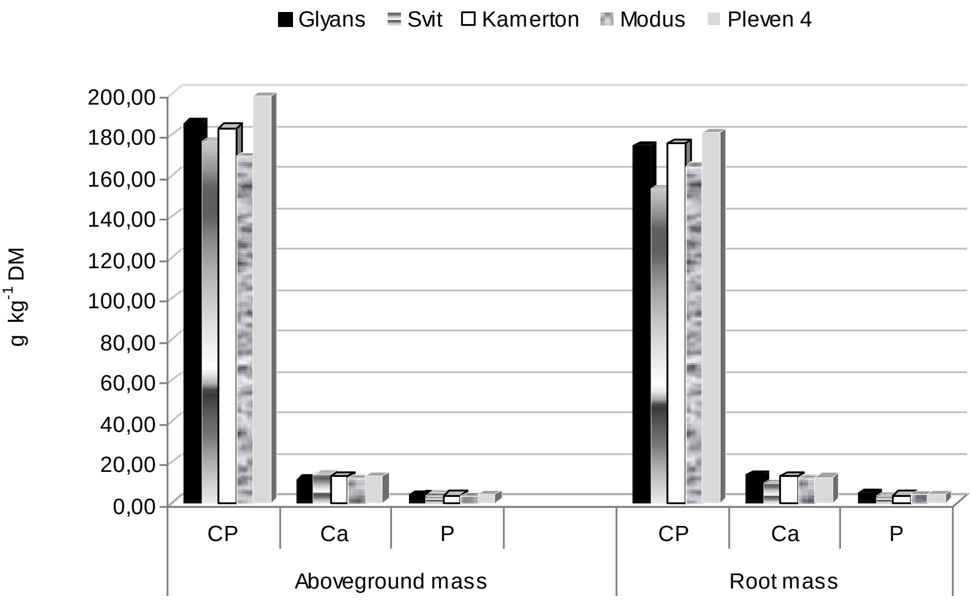
following descending order: Pleven 4 > Kamerton > Modus > Svit > Glyans.

In the scientific literature, the issue of crop quality, and in particular of legumes, in organic farming is debatable (Hornick, 2005; Spasova et al., 2010; Gerdzhikova et al., 2012; Księżak and Bojarszczuk, 2019). Some authors found an increase in quality parameters, others a decrease, and some found no change compared to conventional production.

The protein content of the aboveground and root mass of the tested cultivars averaged 182.61 and 169.72 g kg^{-1} DM, respectively (Figure 1). More essential differences compared to the group averages were observed in Pleven 4 as the excess was by 8.7 (for above ground mass) and 6.4% (for root mass).

In the remaining cultivars, the protein content was closer or lower than the indicated values. Important for organic production is both the content of CP in the above ground mass, which determines to a large extent the forage quality, as well as its accumulation in the root system of the plants, as it subsequently undergoes mineralization and enhanced soil fertility.

Regarding the calcium and phosphorus content, the differences between the cultivars were negligible, with averages of 12.65 and 3.78 (for above ground mass), and 12.12 and 3.88 g kg-1 DM (for root mass).



Фиг. 1. Биохимичен състав на сортове грах в в условия на биологично производство
Fig. 1. Biochemical composition of pea cultivars in organic production conditions

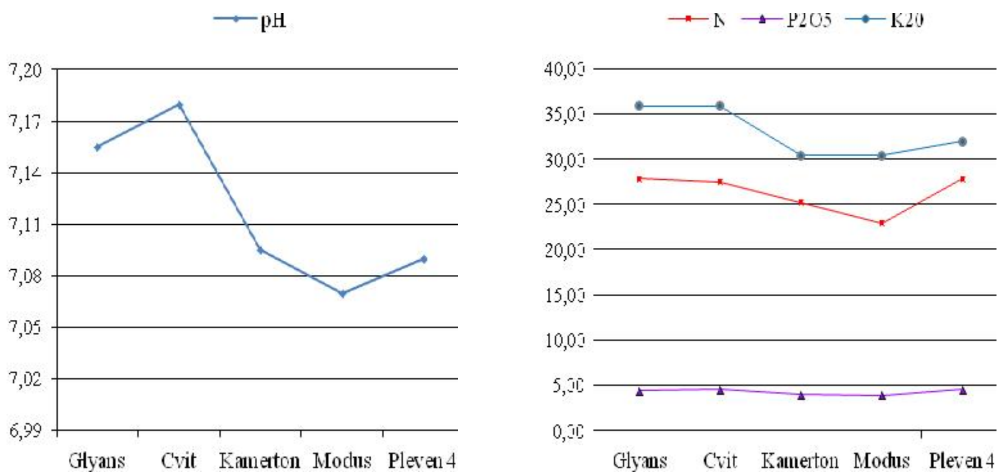
Бобовите култури, особено грахът, играят важна роля в подобряване на хранителния режим на почвата при органична система на производство (Lesznyák et al., 2008). Промените в почвените параметри след реколтиране на граховите растения по отношение съдържание на минерален азот и калий показват по-високи стойности при Глянс, Свит и Плевен 4 (средно с 15.2 и 13.8% съответно) в сравнение с Камертон и Модус (Фигура 2). По отношение съдържанието на фосфор, варирането между сортовете е слабо изразено като по-високи стойности демонстрират отново Глянс, Свит и Плевен 4. Най-ниски са стойностите на всички почвените параметри след реколтиране на сорт Модус. Като цяло реакцията на почвата е неутрална и промените под влияние на различните биологично отглеждани сортове са незначителни. Получените данни

Legumes, especially pea, play an important role in the enhancement of available nutrients of soil in the organic cropping system (Lesznyák et al., 2008).

Changes in soil parameters after pea harvesting in terms of nitrogen and phosphorus content showed higher values in Glyans, Svit and Pleven 4 (on average by 15.2 and 13.8% respectively) compared with Kamerton and Modus (Figure 2). In terms of potassium content, variation between cultivars was weakly pronounced as higher values demonstrated again Glyans, Svit and Pleven 4. The lowest values of all soil parameters after harvesting were those of cultivar Modus.

In general, the soil reaction was neutral, and the changes under the influence of the different organically grown cultivars were negligible. The obtained data подкрепят проучванията на Lesznyák et al. (2008) и Bilalis (2015), според които свойствата на почвата са положително повлияни при биологично отглеждане на грах, но този ефект е в пряка корелация с различните сортове. Bilalis (2015) установява разлики между сортовете по отношение съдържание на общ азот в почвата и препоръчва отглеждането на сортовете Onward, Andros и Amorgos. В настоящият експе-римент, Глянс, Свит и Плевен 4 осигуряват по-високо съдържание на азот и фосфор в почвата, с което създават условия за повишаване на почвеното плодородие при биологично производство.

confirmed the studies of Lesznyák et al. (2008) and Bilalis (2015), according to which soil properties were positively affected by organic pea cultivation, but this effect was directly correlated with different pea varieties. Bilalis (2015) observed differences among the cultivars in regard to the percentage of total soil nitrogen, and recommended the cultivation of cultivars Onward, Andros and Amorgos. In the present research, Glyans, Svit and Pleven 4 provided higher content of nitrogen and phosphorus in the soil, creating in this way conditions for the improvement of soil fertility in organic farming.



Фиг. 2. Химични свойства на почвата след реколтиране на сортове грах при биологично земеделие – минерален N (mg/1000 g soil), P_2O_5 (mg/100 g soil), K_2O (mg/100 g soil) and pH

Fig. 2. Soil chemical properties after harvesting of pea cultivars in organic farming – mineral N (mg/1000 g soil), P_2O_5 (mg/100 g soil), K_2O (mg/100 g soil) and pH

ИЗВОДИ

Сравнителната оценка на пет сорта фуражен грах показва, че българският сорт Плевен 4 се отличава с комплекс от характеристики (по-голяма листна площ и биомаса/растение, висока продуктивност /17.1 t зелена маса ha^{-1}/, стабилност /bi = 1.06/, адаптивност /A = 15.9/, биохимичен

CONCLUSIONS

The comparative assessment of five cultivars of forage peas showed that the Bulgarian cultivar Pleven 4 was distinguished by a complex of characteristics (greater leaf area and biomass/plant, high productivity /17.1 t green mass ha^{-1}/, stability /bi = 1.06/, adaptability /A = 15.9/, biochemical състав на фуража /198.55 g kg^{-1} DM суров протеин/), определящи го като най-подходящ за условия на биологично производство. Добри прояви и близки стойности по посочените параметри демонстрира и украинският сорт Камертон.

Дисперсионният анализ на данните доказва влиянието на факторите сорт и среда, както и на тяхното взаимодействие, върху добива фураж.

Промените в основни почвени параметри (съдържание на минерален азот, фосфор и калий) след реколтиране на фуражния грах показват по-високи стойности при Глянс, Свит и Плевен 4, което потвърждава установената в предходни проучвания пряка зависимост сорт-почвени параметри. Тези сортове могат да се използват за подобряване на почвеното плодородие при биологично производство.

composition of forage /198.55 g kg^{-1} DM crude protein) determinant it as the most suitable for organic production conditions. The Ukrainian cultivar Kamerton also demonstrated good performances and similar values regarding these parameters.

The analysis of variance proved the influence of the factors "cultivar" and "environment", as well as their interaction on the forage yield.

Changes in main soil parameters (mineral nitrogen, phosphorus, and potassium content) after forage pea harvesting showed higher values in Glyans, Svit and Pleven 4, which confirms the direct dependence cultivar-soil parameters established in previous studies. These cultivars can be used to improve soil fertility in organic production.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Agafonova, L., J. Vigovskis and A. Švarta**, 2011. Yields and Quality of Peas Varieties in Latvian Agroclimatic Conditions for Organic Farming. In: Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference, Rēzeknes Augstskola, Rēzekne Izdevniecība, pp. 287-289.
2. **Allard, R.W. and A.D. Bradshaw**, 1964. Implications of Genotype-Environmental Interaction in Applied Plant Breeding. *Crop Science*, 4: 503-507.
3. **Badgley, C., J. Moghtader, E. Quintero, E. Zakem, M.J. Chappell, K. Aviles-Vazquez, A. Samulon and I. Perfecto**, 2007. Organic Agriculture and the Global Food Supply. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22 (2), 86-108.
4. **Beck, D.P., L.A. Materon and F. Afandi**, 1993. Practical Rhizobium - Legume Technology Manual. ICARDA, Aleppo, Syria.
5. **Bilalis, D.**, 2015. Effect of Organic and Mineral Fertilization on Root Growth and Mycorrhizal Colonization of Pea Crops (*Pisum sativum* L.). *Bulletin UASVM Horticulture*, 72 (2), 288-294.
6. **Bozhanova, V. and D. Dechev**, 2009. Problems and Prospects Related to Organic Cultivation of Cereal Species. *Selskostopanska nauka*, 1: 322-327 (Bg).
7. **Bozhanova, V., V. Koteva, T. Savova, M. Marcheva, G. Panayotova, S. Nedyalkova, G. Rachovska, K. Kostov and G. Mihova**, 2014. Choice of Appropriate Cereals Varieties and Seed Production for the Needs of Organic Farming in Bulgaria - Problems and Answers. In: Proceedings of National Conference “Biological plant science, animal science and foods”, Troyan, Bulgaria, pp. 68-77.
8. **Cornfield, A.H.**, 1966. A Qualitative Method of Assessing the Available Nitrogen, Potassium and Phosphorus in the Soil. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 17 (7), 321-323.
9. **Eberhart, S.A. and W.A. Russell**, 1966. Stability Parameters for Comparing Varieties. *Crop Science*, 6: 36-40.

10. **Gerdzhikova, M., M. Videva, D. Pavlov and A. Dobreva**, 2012. Chemical Composition, Nutritive Value, Energy Yield and Feed Units of the Winter Pea Grain Grown after Different Predecessors Using Conventional and Organic Production. *Agricultural Science and Technology*, 4 (3), 271-276.
11. **Gopinath, K. A., S. Saha, B.L. Mina, H. Pande, N. Kumar, Srivastva, K. Anil and H.S. Gupta**, 2009. Yield Potential of Garden Pea (*Pisum sativum* L.) Varieties, and Soil Properties under Organic and Integrated Nutrient Management Systems. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 55 (2), 157-167.
12. **Hepperly, P.R., D. Douds and R. Seidel**, 2006. The Rodale Institute Farming Systems Trial 1981 to 2005: long-term analysis of organic and conventional maize and soybean cropping systems. Long-term Field Experiments in Organic Farming. International Society of Organic Agriculture Research (ISOFAR), Berlin, 15-31.
13. **Hornick, S.**, 2005. Nutritional Quality of Crops as Affected by Management Practices. http://www.infrc.or.jp/knf/PDF%20KNF%20Conf%20Data/C3-3-070.pdf
14. IFOAM, 2019. The World of Organic Agriculture 2019. https://www.ifoam.bio/en/news/2019/02/13/world-organic-agriculture-2019
15. **Kalapchieva, S., S. Masheva and V. Yankova**. 2010. Characterizing of the Agrobiological Response of Garden Pea in Organic Production. Agricultural University-Plovdiv, *Scientific Works*, LV (1), 87-92.
16. **Konvalina, P., Z. Stehno and J. Moudry**, 2009. The Critical Point of Conventionally Bred Soft Wheat Varieties in Organic Farming Systems. *Agronomy Research*, 7 (2), 801-810.
17. **Księżak, J. and J. Bojarszczuk**, 2019. The Productivity of Selected Species and Cultivars of Legumes Grown for Seeds in Organic Production System. In: Legume Crops - Characterization and Breeding for Improved Food Security, Mohamed Ahmed El-Esawi, IntechOpen.
18. **Lammerts van Bueren, E. T., P.C. Struik and E. Jacobsen**, 2002. Ecological Concepts in Organic Farming and Their Consequences for an Organic Crop Ideotype. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 5 (1): 1-26.
19. **Lesznyák, M., É.H. Borbély and J. Csajbók,** 2008. The Role of Nutrient-Water-Supply and the Cultivation in the Yield of Pea (*Pisum sativum* L.). *Cereal Research Communications*, 36 (5), 1079-1082.
20. **Mäder, P., A. Fliessbach, D. Dubois, L. Gunst, P. Fried and U. Niggli**, 2002. Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science*, 296 (5573), 1694-1697.
21. **Meier, U.**, 2003. Phenological Growth Stages. Mono- and Dicotyledonous Plants. In: Phenology: An Integrative Environmental Science. Tasks for Vegetation Science. Kluwer Academic Publishers, London, UK, pp. 269-283.
22. **Minta, M. and A. Tsige**, 2014. Effect of Rhizobium Inoculation on Herbage Yield, Quality and Nitrogen Fixation of Annual Forage Legumes on Nitisols in Central Highlands of Ethiopia. *Acta Advances in agricultural Sciences*, 2 (10), 29-48.
23. **Niggli, U., A. Fliebach, P. Hepperly and N. Scialabba**, 2009. Low Greenhouse Gas Agriculture: Mitigation and Adaptation Potential of Sustainable Farming Systems. *Ökologie & Landbau*, 141, 32-33.
24. OMA, 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 15th Edition.
25. **Robert, J., J.R. Okalebo, K.W. Gathua and L.W. Paul**, 2002. Laboratory Method of Plant Analysis: A working manual. Nairobi, Kenya, pp. 20-70.
26. **Pimentel, D., P. Hepperly, J. Hanson, D. Douds and R. Seidel**, 2005, Environmental, Energetic, and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems. *Bioscience*, 55 (7), 573-582.

27. **Sinyakova, L.A. and A.I. Ivanova**, 1981. Methodological Guidelines for Determining the Indicators of Photosynthetic and Root Activity of Plants. Pushkin Press, Leningrad (Ru).
28. **Spasova, D., S. Mitrev, A. Stoilova and D. Spasov**, 2010. Content of Raw Proteins in oat Depending on the Growing System in Strumica Region, Macedonia. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 16 (6), 673-677.
29. **Spasova, D., B. Atanasova, D. Valcheva, D. Spasov, M. Ilievski and A. Burovska**, 2018. Productive Features of Oat Varieties grown in Organic Production in the Region of Strumica. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24 (3), 398-403.
30. **Torricelli, R**., 2006. Evaluation of Lucerne Varieties for Organic Agriculture. In: Proceedings of XXVI meeting of the EUCARPIA fodder crops and amenity grasses, Perugia, Italy, pp.141-144.
31. **Totev, T., P. Gribachev, H. Nechev and N. Artinova**, 1987. Handbook on Soil Science. Zemizdat, Sofia (Bg).
32. **Uhr, Z. and Gr. Ivanov**, 2015. Opportunities for Increased Yields in Conditions of Biological Farming Systems in Wheat. *New Knowledge Journal of Science*, 4 (4), 35-41.
33. **Uhr, Z., G. Ivanov and G. Rachovska**, 2017. Suitability of Wheat Varieties for Organic Farming Systems. *Bulgarian Journal of Crop Science,* 54 (1), 3-14.
34. **Valchinkov, S.**, 1990. Method of Classifying Genotypes with Relatively High and Stable Yields. *Scientific works of University of Agriculture*, XXXV (4), 161-165.
35. **Wolfe, M.S., J.P. Baresel, D. Desclaux, I. Goldringer, S. Hoad, G. Kovacs, F. Löschenberger, T. Miedaner, H. Østergård and E.T. Lammerts van Bueren**, 2008. Developments in Breeding Cereals for Organic Agriculture. *Euphytica*, 163 (3), 323-346.

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2020, 23 (6), 176-186 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Степен на нападение на експериментални царевични генплазми от обикновена главня *Ustilago maydis (Bescman)*

Илиана Иванова*, Любомир Иванов, Гергана Иванова-Ковачева

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

Degree of Attack of Experimental Maize Geneplasms from *Ustilago maydis (Bescman)*

Iliana Ivanova*, Lyubomir Ivanov, Gergana Ivanova-Kovacheva

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

Original scientific paper

РЕЗЮМЕ

Проучването е проведено в Института по земеделие и семезнание „Образцов чифлик" - Русе през периода 2017-2019 г.

Обект на изследване са 30 генплазми от предварителен сортов опит от селекционната програма на института. Целта е да се установи степента на нападение от обикновена главня, с причинител базидиомицетната гъба *Ustilago maydis (Bescman)* при изкуствен инфекционен фон.

Ustilago maydis (Bescman) е често срещано заболяване по царевицата. По всички надземни органи на растението се образуват тумори от главнива маса, изпълнени с хламидоспори на патогена. Засегнатите растения имат забавен растеж и икономическите загуби са големи, тъй като зърното не може да се използва за семепроизводство и за фураж в животновъдството.

Фитопатологичната оценка за нападението от *Ustilago maydis* е извършена по Snetselaar (1993). Анализът на получените резултати показва, че от разглежданите 30 генплазми 16 проя-

SUMMARY

The study was conducted at the Institute of Agriculture and Seed Science "Institute of Agriculture and Seed Science "Obraztsov Chiflik" - Ruse in the period 2017-2019.

The object of study is 30 general plasmas from preliminary varietal experience from the selection program of the institute. The aim is to determine the degree of infestation by the common fungus, caused by the basidiomycete fungus *Ustilago maydis (Bescman)* in an artificial infectious background.

Ustilago maydis (Bescman) is a common disease of maize. Tumours of the main body filled with hlamydospores of the pathogen form on all aboveground organs of the plant. The affected plants have slow growth and the economic losses are large, as the grain cannot be used for seed production and fodder in animal husbandry.

The phytopathological evaluation of the attack by *Ustilago maydis* was performed according to Snetselaar (1993). The analysis of the obtained results shows that out of the 30 gene

вяват реакция на устойчивост Resistant. Това са генплазмите: St. 20, Eks.1, Eks.4, Eks.6, Eks.9, Eks.10, Eks. 12, Eks.16, Eks.17, Eks.19, Eks.20, Eks.21, Eks.23, St.26, St.28 и St.13. Те могат да бъдат използвани като източници на устойчивост към обикновена главня (*Ustilago maydis Bescman)* в бъдещия селекционен процес. 14 от генплазмите са развили туморни образования по кочана и са реагирали като чувствителни (Eks. 2, Eks. 3, Eks.5, Eks.8, Eks.11, Eks. 14, Eks.15, Eks.18, Eks.22, Eks.24, Eks.25, Eks. 27, Eks.29, St.7)

Ключови думи: генплазми, царевица, *Ustilago maydis (Bescman)*

plasmas under consideration, 16 show resistance. These are the general plasmas: St. 20, Eks.1, Eks.4, Eks.6, Eks.9, Eks.10, Eks. 12, Eks.16, Eks.17, Eks.19, Eks.20, Eks.21, Eks.23, St. 26, St.28., St.13. They can be used as sources of resistance to *Ustilago maydis* in the future selection process. 14 of the general plasmas developed tumour formations on the cob and reacted as sensitive (Eks. 2, Eks. 3, Eks.5, Eks.8, Eks.11, Eks. 14, Eks.15, Eks.18, Eks.22, Eks.24, Eks.25, Eks. 27, Eks.29, St.7).

Key words: Geneplasms, Maize, *Ustilago maydis (Bescman)*

УВОД

Създаването на царевични генплазми, устойчиви на икономически важни за страната болести е уникално направление в научно-изследователския процес и в растениевъдството. Всяка селекционна програма на културните растения има за цел създаването на сортове или хибриди с висока продуктивност и адаптивност към почвено-климатичните условия на страната и устойчивост на икономически важни болести.

Загубите в производството на царевица под влияние на различни патогени се изразяват в редуциране на добива и влошаване качеството на продукцията (Payak et al., 1985; Hristova and Momchilova, 2002; Wang, et al., 2014).

В България селекцията на царевицата по устойчивост към болести се е водила от Ivanova (1985; 1988), Momchilova and Popov (1995); Hristova et al. (1997); Hristova and Momchilova (2002); Momchilova (2002); Mitev et al. (2005). Те са тествали устойчивостта на около 1500 местни и синтетични популации, сортове, самоопрашени линии и хибриди царевица. Устойчивостта на болести води до намаляване на загубите от получените добиви и до понижаване заразата от патогени в посевите (Kuznetcova, 2006; Popova and Dimova, 2009).

INTRODUCTION

The creation of maize geneplasms, resistant to economically important for the country diseases is a unique direction in the research process and in plant growing. Each selection program of cultivated plants aims to create varieties or hybrids with high productivity and adaptability to soil and climatic conditions of the country and resistance to economically important diseases.

Losses in maize production under the influence of various pathogens are expressed in reduced yields and deterioration of production quality (Payak et al., 1985; Hristova and Momchilova, 2002; Wang, et al., 2014).

In Bulgaria, the selection of maize for disease resistance was led by Ivanova (1985; 1988), Momchilova and Popov (1995); Momchilova (2002), Hristova et al. (1997); Hristova and Momchilova (2002); Mitev et al. (2005). They tested the resistance of about 1,500 native and synthetic populations, varieties, self-pollinated lines and maize hybrids. Disease resistance leads to a reduction in losses from yields and to a reduction in pathogen infestation in crops (Kuznetcova, 2006; Popova and Dimova, 2009).

Икономически важно заболяване в България и в много части на света, където се отглежда царевица е обикновената царевична главня с причинител базидиомицетната гъба *Ustilago maydis* (Snetselaar et al., 1993; 1994; Robin, 2010; Tanaka**,** 2014). Типични симптоми на заболяването са образуване на сиво-белезникави тумори с различна форма и размери по всички надземни органи на растението (Banuett, 1995; Brefort, 2009; Robin, 2010; Matei, 2018). Заразените растения са със забавен растеж (Martinez et al., 2002; Robin, 2010) и добива намалява средно до 60% (Ivashchenko, 2011). В резултат на това, създаването на устойчиви генотипове от съществуващите генплазми е фактор за по-висока производителност (Mir et al., 2015) на новите хибриди (Popova and Dimova, 2009).

Целта на проучването е да се установи степента на нападение на 30 царевични генплазми от обикновена главня (*Ustilago maydis Bescman)* при изкуствено създаден инфекционен фон в условия, благоприятстващи развитието на патогена, с оглед използването им в селекцията.

An economically important disease in Bulgaria and in many parts of the world where corn is grown is the common corn borer caused by the basidiomycete fungus *Ustilago maydis* (Snetselaar, 1993, 1994; Robin, 2010; Tanaka, 2014;).

Typical symptoms of the disease are the formation of grayish-white tumours of various shapes and sizes on all aboveground organs of the plant (Banuett, 1995; Brefort, 2009; Robin, 2010; Matei, 2018). Infected plants have slow growth (Martinez et al., 2002; Robin, 2010) and the yield decreases on average to 60% (Ivashchenko, 2011). As a result, the creation of stable genotypes from existing geneplasms is a factor for higher productivity (Mir et al., 2015) of new hybrids (Popova and Dimova, 2009).

The aim of the study was to determine the degree of infestation of 30 maize genplasmas of the common head (*Ustilago maydis Bescman*) in an artificially created infectious background in conditions conducive to the development of the pathogen, with a view to their use in selection.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Проучването е проведено в Опитното поле и лабораторията по фитопатология на Института по земеделие и семезнание „Образцов чифлик” - Русе през периода 2017-2019 г.

Полският опит е изведен на инфекциозен фон при неполивни условия. Включени са 30 царевични генплазми от предварителен сортов опит. Опитът е заложен по блоковия метод (Shanin, 1977), в 3 повторения с големина на реколтната парцелка 10 m^2, при гъстота 5500 растения/da.

Идентифицирането на причинителя, базидиомицетната гъба Ustilago maydis в лабораторни условия е извършено като от всеки тумор 10 mg споров материал се поставя в епендорфска

MATERIAL AND METHODS

The study was conducted in the Experimental Field and the Laboratory of phytopathology of the Institute of Agriculture and Seed Science "Obraztsov Chiflik" - Ruse in the period 2017-2019.

The field experiment was performed on an infectious background under non-irrigated conditions. 30 maize geneplasms from preliminary varietal experience were included. The experiment is based on the block method (Shanin, 1977) in 3 replications with a plot size of 10 m^2, at a density of 5500 plants/da.

Identification of the causative agent, the basidiomycete fungus Ustilago maydis Bescman under laboratory conditions was performed by placing 10 mg of spore material from each tumour in епруветка, съдържаща 10 ml дестилирана вода и 2 µL Tween 20. След което спорите се диспергират в разтвора. Всяка епруветка се разрежда последователно от 10^{-1} до 10^{-10} и материалът се поставя в петриево блюдо с тънък слой PDA-хранителна среда. На повърхността му се поставят хламидоспорите. Петриевите блюда се покриват с капачетата и се поставят в термостат при температура 20°C за три дни – 72 часа.

След 48 часа инкубация се наблюдават колонии и памучен мицел, Колониите са разработени върху PDA среда, допълнена с 5% активен въглен на прах (PDA + AC) (Martínez et al., 1997; Sabbagh et al., 2010).

За създаване на инфекциозен фон на полето са използвани туморни образувания, изпълнени с хламидоспори, събрани от естествени популации на главнята (*Ustilago maydis*) в района на Русенска област. Инфекциозният фон на полето е създаден чрез разпръскване на тумори от главнята (*Ustilago maydis*) в опита и изкуствено заразяване на растенията. Изкуственото заразяване е извършено с хламидоспори двукратно през вегетацията във фаза 6-8 лист и втори път във фенофаза изметляване при температура 22°C, влажност 20-25% и фотопериод 12 часа.

Фитопатологичната оценка на царевичните генплазми е направена през месец юли-август във фаза изметляване и млечно-восъчна зрялост на царевицата, чрез изброяване на главнивите растения по следната скала:

1. Липсват болни растения-устойчивост (R)
2. 0,1-5,0% растения с тумори-умерена устойчивост (MR)
3. 5,1-10% растения с тумори – умерена чувствителност (MS)
4. над 10 %болни растения – чувствителност (S)

На всяко от тях е поставен съответен бал в зависимост от степента на повреда от 0 до 5, по 5 степенната

an ependorf test tube containing 10 ml of distilled water and 2 µL of Tween 20. The spores were then dispersed in solution. Each test tube was diluted sequentially from 10^{-1} to 10^{-10} and the material was placed in a petri dish with a thin layer of PDA nutrient medium. Hlamydospores are placed on its surface. The petri dishes are covered with lids and placed in a thermostat at a temperature of 20°C for three days 72 hours.

After 48 hours of incubation, colonies and cotton mycelium were observed. The colonies were developed on PDA nutrient medium supplemented with 5% activated carbon powder (PDA + AC) (Martínez et al., 1997; Sabbagh et al., 2010).

Tumour formations filled with chlamydospores collected from natural populations of *Ustilago maydis Bescman* in the Ruse region were used to create an infectious background in the field. The infectious background of the field was created by the dispersal of tumours from the head (*Ustilago maydis*) in the experiment and artificial infection of plants. The artificial infestation was carried out with hlamydospores twice during the vegetation in phase 6-8 leaves and the second time in the phenophase sweeping at a temperature of 22°C, humidity 20-25% and a photoperiod of 12 hours.

Phytopathological assessment of maize geneplasms was made in July-August in the phase of sweeping and milk-wax maturity of maize, by listing the main plants on the following scale:

1. There are no diseased plants – resistance (R)
2. 0.1-5.0% of plants with tumours – moderate resistance (MR)
3. 5.1-10% plants with tumours – moderate (MS);
4. over 10% of diseased plants – sensitivity (S)

Each of them is given a corresponding score depending on the degree of damage from 0 to 5, on a 5-point scale скала по Popov (1982). От всеки номер са изброявани болните и здрави растения. Индексът на нападение е изчислен по формулата на Mc Kinney, по Josifovits (1956). За характеризиране на метеорологичните условия са използвани данни за валежите и средно месечните температури на въздуха от метеорологичната станция на Института.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

През тригодишния период на изследването метеорологичните условия бяха благоприятни за растежа и развитието на царевицата. Въпреки, че инокулумът е изкуствено разпръснат на царевичните полета, степента на заразяване с (*Ustilago maydis*) и развитието на болестта зависят и от климатичните фактори на средата – валежи и температура.

Данните за трите години, посочени на климатограмата на Фигура 1 показват, че през месец юни 2017 г. валежите са с 63.6 mm под нормата, а среднодневните температури с 3°C над нормата. През месец юли среднодневните температури са по-високи от нормата с 4.7°C, а валежите са 0.9 mm. Падналите валежи през месец август, в комбинация с изкуствено създадения инфекционен фон оказаха благоприятно влияние върху развитието на главнята.

Метеорологичните условия през май 2018г. се характеризираха с относително сухо време и температури над нормата за този период. Температурата е с максимални стойности от порядъка от 28°C до 32°C. Падналите валежи през май 37,1 mm са близки до средната норма за месеца 51,6 mm. През месец юни валежите бяха с 34.9 mm над нормата, а среднодневните температури близки до нормата. Месец юли се характеризира със среднодневни температури 22.2°C и валежи, превишаващи нормата с 95.0 mm. Тези условия се оказаха благоприятни за развитие на главнята при царевичните генплазми.

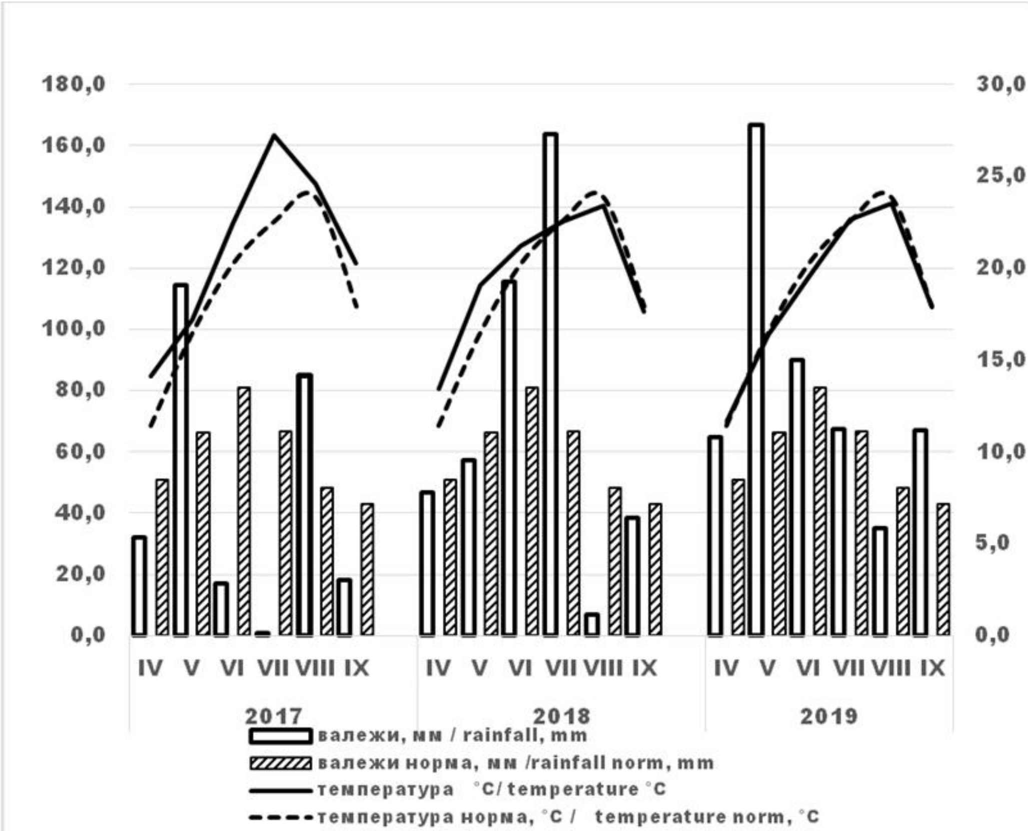
according to Popov (1982). From each number are listed sick and healthy plants. The attack index is calculated according to the formula of Mc Kinney, according to Josifovits (1956), Data on precipitation and average monthly air temperatures from the meteorological station of the Institute were used to characterize the meteorological conditions.

RESULTS AND DISCUSSION

During the three-year study period, the weather conditions were favourable for the growth and development of maize. Although the inoculum is artificially scattered in maize fields, the degree of infection with (*Ustilago maydis Bescman*) and the development of the disease also depend on the climatic factors of the environment – precipitation and temperature.

The data for the three years indicated on the climatogram in Figure 1 show that in June 2017 the precipitation was 63.6 mm below the norm and the average daily temperatures were 3°C above the norm. In July the average daily temperatures are higher than the norm by 4.7°C and the precipitation is only 0.9 mm. The rainfall in August, in combination with the artificially created infectious background, had a favourable effect on the development of the mainland.

The meteorological conditions in May 2018 were characterized by relatively dry weather and temperatures above the norm for this period. The temperature has maximum values in the range of 28°C to 32°C. The precipitation in May 37.1 mm is close to the average for the month 51.6 mm. In June the precipitation was 34.9 mm above the norm and the average daily temperatures were close to the norm. The month of July is characterized by average daily temperatures of 22.2°C and precipitation exceeding the norm by 95.0 mm. These conditions proved to be favourable for the development of the main in maize geneplasms.



Фиг. 1. Климатограма за 2017-2019 г.
Fig. 1. Climatogram for 2017-2019
Precipitation, mm
Precipitation norm
Temperature
Temperature norm

През 2019г. месец май се характеризираше с валежи, които бяха със 100 mm над нормата. Честите валежи през месеците на активна вегетация на царевицата – май, юни и юли, създадоха условия за развитие на патогена. През тези месеци се наблюдават температурни стойности в границите от 22-26°C, благоприятни за развитие на *Ustilago maydis* и за покълването на телиоспорите.

Анализът на резултатите за тригодишния период на експеримента показва, че в резултат на метеорологичните условия и изкуствената зараза през всяка година се наблюдава развитието на главнята. От Таблица 1 е

In 2019 May was characterized by precipitation that was 100 mm above normal. Frequent rainfall during the months of active vegetation of corn – May, June and July, created conditions for the development of the pathogen. During these months, temperature values in the range of 22-26°C are observed, favourable for the development of *Ustilago maydis (Bescman*) and for the germination of teliospores.

The analysis of the results for the three-year period of the experiment shows that as a result of the meteorological conditions and the artificial infection in each year the development of the main is observed. From Table 1 shows that the видно, че индексът на нападение или развитието на болестта е най-висок и със стойност 9,8% през 2019г. в сравнение с 2017 и 2018 г., което се обяснява с комбинацията на климатичните условия и създадения инфекционен фон през годината.

При извършената фитопатологична оценка по общоприета за страната скала, се установи, че основните симптоми, получени при изкуствено инокулиране на растенията от 7 до 14-дни са хлоротични лезии върху листните обвивки и зърната на кочана. При хлоротичните лезии клетките бяха свити и с неправилна форма и се наблюдаваха хифите на патогена. По-късно започна образуването на туморите по кочана (Фигура 2).

index of attack or development of the disease is the highest and with a value of 9.8% in 2019, compared to 2017 and 2018, which is explained by the combination of climatic conditions and the created infectious background during the year.

During the phytopathological assessment performed on a scale accepted for the country, it was found that the main symptoms obtained by artificial inoculation of plants from 7 to 14 days are chlorotic lesions on the leaf sheaths and cobs of the cob. In chlorotic lesions, the cells were shrunken and irregularly shaped and hyphae of the pathogen were observed. Later, the formation of tumours on the cob began (Figure 2).

Фиг. 2. Тумори на *Ust. Maydis* (Bescman)
Fig. 2. Tumours of *Ust. maydis* (Bescman)

След изчисляване индекса на нападение (%) на всяка генплазма е поставен бал от 1-4, определящ степента на нападение и съответната категория, в която попада. Резултатите, получени от направената фитопатологична оценка на експерименталните генплазми, са отразени в Таблица 1.

В Таблица1 с бал 1 са отбелязани здрави растения, без симптоми на главнята (R). С бал 4 над 10 % болни растения – чувствителност (S).

After calculating the attack index (%) of each geneplasm, a score of 1-4 is set, determining the degree of attack and the corresponding category in which it falls. The results obtained from the phytopathological evaluation of the experimental geneplasms are reflected in Table 1.

In Table 1 with score 1 are marked healthy plants without symptoms of the main R. With score 4 over 10% of diseased plants – sensitivity S.

Таблица 1. Характеристика на експериментални царевични генплазми от колекцията на Институт по земеделие и семезнание „Образцов чифлик" - Русе в зависимост от степента на нападение от *Ustilago maydis (Bescman)*

Table 1. Characteristics of experimental maize genplasms from the collection of the Institute of Agriculture and Seed Science "Obraztsov Chiflik" - Ruse depending on the degree of attack by *Ustilago maydis (Bescman)*

N	Генплазма Genplasm	*Ustilago maydis*					
		Б а л / S c o r e					Характеристика Characteristics
		Инд. напа дение % 2017 Index of attack	Инд. напа дение % 2018 Index of attack	Инд. напа дение% 2019 Index of attack	Инд. напа дение % 2017-2019 Index of attack	Ср. бал за 2017-2019 Average score for 2017-2019	
1	St. 20	0	0	0	0	1	Устойчив/ Resistant
2	Екс. 1 - I	0	5	5	5	1	Устойчив/ Resistant
3	Екс.2 - I	10	10	10	10	4	Чувствителен/ Sensitive
4	Екс.3-I	1	10	10	7	4	Чувствителен/ Sensitive
5	Екс.4- I	0	0	0	0	1	Устойчив/ Resistant
6	Екс.5-I	15	10	10	11,66	4	Чувствителен/ Sensitive
7	Екс.6- I	1	0	0	0	1	Устойчив/ Resistant
8	St.7	5	5	10	6,66	4	Чувствителен/ Sensitive
9	Екс.8- I	10	15	25	16,66	4	Чувствителен/ Sensitive
10	Екс.9- I	0	0	0	0	1	Устойчив/ Resistant
11	Екс.10- I	0	0	0	0	1	Устойчив/ Resistant
12	Екс.11- I	5	10	10	8,33	4	Чувствителен/ Sensitive
13	Екс.12- I	0	0	0	0	1	Устойчив/ Resistant
14	St.13	0	0	5	1,66	1	Устойчив/ Resistant
15	Екс.14- I	10	15	5	10	4	Чувствителен/ Sensitive
16	Екс.15- I	15	15	15	15	4	Чувствителен/ Sensitive
17	Екс.16- I	0	0	0	0	1	Устойчив/ Resistant
18	Екс.17- I	0	0	0	0	1	Устойчив / Resistant
19	Екс.18- I	10	0	10	6,66	4	Чувствителен/ Sensitive
20	Екс.19- I	0	0	0	0	1	Устойчив/ Resistant
21	Екс.20- I	0	0	0	0	1	Устойчив/ Resistant
22	Екс.21- I	0	0	0	0	1	Устойчив/ Resistant
23	Екс.22- I	10	10	10	10	4	Чувствителен/ Sensitive
24	Екс.23- I	1	2	0	1	1	Устойчив/ Resistant
25	Екс.24- I	10	15	15	13,3	4	Чувствителен/ Sensitive
26	Екс.25- I	10	15	10	13,3	4	Чувствителен/ Sensitive
27	St.26	0	0	1	0	1	Устойчив/ Resistant
28	Екс.27- I	15	15	10	13,3	4	Чувствителен/ Sensitive
29	Екс.28- I	0	0	0	0	1	Устойчив/ Resistant
30	Екс.29- I	15	10	5	10	4	Чувствителен/ Sensitive
	Средно	9	9,1	9,8	9,4	-	
	Мин.	0	0	0	0	1	
	Макс.	15	15	25	16,6	4	

Легенда: С бал 1 са отбелязани здрави растения, без симптоми на главнята R
С бал 4 над 10 % болни растения - чувствителност S.
Legend: Healthy plants without symptoms of the main R are marked with score 1,
With a score of 4 over 10% of diseased plants - sensitivity S.

Междинни форми не бяха открити т.е. растения с бал 2 от 0,1 до 5,0% засегнати растения/растения с тумори – умерена устойчивост (MR) и растения с бал 3 от 5,1 до 10% засегнати растения с тумори – умерена чувствителност (MS).

Анализът на получените резултати при проучваните 30 експериментални генплазми показва, че този признак остава постоянен през годините на експеримента като 16 от тях не са развили тумори и попадат в категория устойчиви. Това са: St. 20, Eks.1, Eks.4, Eks.6, Eks.9, Eks.10, Eks. 12, Eks.16, Eks.17, Eks.19, Eks.20, Eks.21, Eks.23, St. 26, St.28., St.13. Те могат да бъдат използвани като източници на устойчивост към обикновена главня (*Ustilago maydis (Bescman)*) в бъдещия селекционен процес.

14 генплазми са развили различни по форма и големина сивобелезникави тумори, изпълнени с хламидоспори и са реагирали като чувствителни. Eks. 2, Eks. 3, Eks.5, Eks.8, Eks.11, Eks. 14, Eks.15, Eks.18, Eks.22, Eks.24, Eks.25, Eks. 27, Eks.29, St.7. При тях семената не могат да се използват като посевен материал за следваща сеитба и трябва да бъдат отстранени от селекционният процес. С тези генплазми следва да се работи в посока на рисковете от евентуални загуби, причинявани от заболяването.

Причините за това се дължат на това, че от генетична гледна точка всяка генплазма представлява сложен хетерозиготен материал и от друга страна, благоприятният климат на района създаващ условия за запазване и развитие на патогена. В процеса на отбора трябва да се елиминират генплазмите, проявяващи чувствителност към фитопатогена *Ustilago maydis.*

ИЗВОДИ

Проведените проучвания върху *Ustilago maydis (Bescman)* са основание да бъдат направени следните изводи:

No intermediate forms were found, ie. plants with a score of 2 from 0.1 to 5.0% of affected plants/plants with tumours – moderate resistance MR and plants with a score of 3 from 5.1 to 10% of affected plants with tumours – moderate sensitivity MS.

The analysis of the obtained results in the studied 30 experimental geneplasms shows that this feature remains constant during the years of the experiment as 16 of them have not developed tumours and fall into the category of resistant. These are: St. 20, Eks.1, Eks.4, Eks.6, Eks.9, Eks.10, Eks. 12, Eks.16, Eks.17, Eks.19, Eks.20, Eks.21, Eks.23, St. 26, St.28, St.13. They can be used as sources of resistance to *Ustilago maydis* in the future selection process.

Fourteen of geneplasmas developed different in shape and size grayish-white tumours filled with chlamydospores and reacted as sensitive. Eks. 2, Eks. 3, Eks.5, Eks.8, Eks.11, Eks. 14, Eks.15, Eks.18, Eks.22, Eks.24, Eks.25, Eks. 27, Eks.29, St.7.

In them, the seeds cannot be used as sowing material for the next sowing and must be removed from the selection process. These genes should be used to address the risks of possible disease losses.

The reasons for this are due to the fact that from a genetic point of view each geneplasm is a complex heterozygous material and on the other hand, the favourable climate of the region creating conditions for preservation and development of the pathogen. Geneplasms susceptible to the phytopathogen *Ustilago maydis* (*Bescman)* must be eliminated during the selection process.

CONCLUSIONS

The studies performed on *Ustilago maydis (Bescman)* are the basis for the following conclusions:

От проучваните 30 перспективни генплазми 16 на брой проявяват устойчивост към *Ustilago maydis (Bescman).* Това са: St. 20, Eks. 12, Eks.10, Eks.23, Eks.16, Eks.2, Eks.3, Eks.4, Eks.6, Ekc.9, Eks.13, Eks.17, Eks.19, Eks.20, Eks.2, Eks. 6. Те могат да бъдат използвани като източници на устойчивост в селекцията за създаване на устойчиви към обикновена главня самоопрашени линии и хибриди царевица.

14 от генплазмите са реагирали като чувствителни. Това са Eks .15, Eks. 11, Eks.8, Eks.24, Eks.1, Eks.5, St.7, Eks. 14, Eks.18, Eks.22, Eks.25, Eks. 27, Eks. 29 и Eks.30 и в процеса на отбора би следвало постепенно да се елиминират.

Така направената фитопатологична характеристика може да послужи за обогатяване на сортимента от източници на устойчивост спрямо обикновена главня.

Sixteen of the 30 promising genes studied, were resistant to *Ustilago maydis* (Bescman). These are: St. 20, Eks.1, Eks.4, Eks.6, Eks.9, Eks.10, Eks. 12, Eks.16, Eks.17, Eks.19, Eks.20, Eks.21, Eks.23, St. 26, St.28, St.13. They can be used as sources of resistance in selection to create resistant to the common main self-pollinated lines and hybrids of maize.

Fourteen of the gene plasmas reacted as sensitive. These are Eks.15, Eks.11, Eks.8, Eks.24, Eks.1, Eks.5, St.7, Eks.14, Eks .18, Eks.22, Eks.25, Eks. 27, Eks.29 и Eks.30 and in the process of the team should be gradually eliminated.

The phytopathological characteristic made in this way can be used to enrich the assortment of sources of resistance to ordinary principal.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Banuett, F.**, 1995. Genetics of *Ustilago maydis*, a Fungal Pathogen that Induces Tumors in Maize. Annual Review of Genetics. vol. 29, 179-208
2. **Brefort, Th., G. Doehlemann, Art. Mendoza-Mendoza, St. Reissmann, Ar. Djamei and R. Kahmann**, 2009. *Ustilago maydis* as a Pathogen. *Annual Review of Phytopathology*, 47: 423-445.
3. **Hristova, G., S. Mitev, P. Mitev, P. Momchilova**, 1997. Heterosis and Dominance in Protein and Tryptophan Content and Endosperm Transparency in High-lysine Maize with Modified Endosperm. *Plant Science*, XXXIV (9-10), 21-24 (Bg).
4. **Hristova, G., P. Momchilova**, 2002. Resistance to Common Head of Exotic High-lysine Corn. In: Jubilee scientific session – DZI - G. Toshevo. *Selection and Agrotechnics of Field Crops,* pp. 760-764.
5. **Ivanova, I.**, 1985. Influence of Leaf Blight (*H. turcicum pss.)* on Some Physiological Processes and Productivity of Maize, Intensification and Improvement of the Quality of Selection and Technology of Maize. Sofia, pp. 359-372 (Bg).
6. **Ivanova, I.**, 1988. Ecological, Biological and Selection-Genetic Studies on Leaf Blight in Maize (*N. turcicum Pass*.). Candidate's dissertation, Knezha, Bulgaria, pp. 5.
7. **Ivashtenko, V. G.**, 2011. Bubble Head of Corn Etiology, Pathogenesis of the Disease and the Problem of Stability. Bulletin of plant protection, pp. 4-14.
8. **Josifovits, M.**, 1956. Poljoprivredna fitopatologija. Belgrad, pp. 1-5 (Sr).
9. **Kuznetsova, T.**, 2006. Selection of Barley for Disease Resistance in the North Caucasus, Abstract, Krasnodar, 5.
10. **Matei, Al.**, 2018. How to Make a Tumour: Cell Type Specific Dissection of Ustilagomaydis-induced Tumour Development in Maize Leaves. *New Phytologist.,* 217: 1681-1695.
11. **Martínez, A.D., C. León, G. Elizarraraz**, 1997. Monomorphic Nonpathogenic Mutants of *Ustilago maydis*. *Phytopathology,* 87: 259-265.

12. **Mitev, P., G. Hristova, I. Ivanova**, 2003. Study of the Attack of Leaf Diseases on Maize Lines in Subtropical Conditions. *Notices of the Union of Scientists-Ruse*, item 4, series 3, 17-21.
13. **Mir, S., M. Ahmad, G. A. Parray**, 2015. Screening of Maize Inbred Lines under Artificial Epiphytotic Conditions for Turcicum Leaf Blight (*Excerohilum turcicum*). *African Journal of Microbiology Research*, *9*(7), 481-483.
14. **Momchilova, P., A. Popov**, 1995. Resistance of Maize Hybrids and Lines to the Disease Flower Head, Manifestations of Heterosis and Inheritance. Scientific papers Jubilee scientific conference with international participation - 90 years Institute "Obr.chiflik" (1905- 1995), June 27-28, vol. 1, 134-139
15. **Payak, M. and R. Shama**, 1985. Maize Diseases and Approaches to Management in India. *Trop. Pest Manage*, 31, 302-310.
16. **Popov, A.**, 1982. Dependence between the Resistance of Corn to Root and Stem Rot and the Sugar Content in the Stem. Papers of the Second National Symposium on Plant Immunity, Plovdiv, vol. 1, 251-258.
17. **Popova, T., D. Dimova**, 2009. Reaction of winter fodder barley assortment to brown powdery mildew. *Plant Science*. 46(2), 140-143 (Bg
18. **Robin, H., G. Doehlemann, R. Wahl, J. Hofmann, Al. Schmiedl, R. Kahmann,** 2010. *Ustilago maydis* Infection Strongly Alters Organic Nitrogen Allocation in Maize and Stimulates Productivity of Systemic Source Leaves. *Plant Physiology*. 152, 293–308.
19. **Sabbagh, S.K, M. Naudan, C. Rioux**, 2010. Solopathogenic Strain Formation Strongly Differs among *Ustilaginaceae Species*. *FEMS Microbiology Letters*, 305: 121-127.
20. **Shanin, J.I.**, 1977. Methodology of the Field Experiment. Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, pp. 65-73 (Bg).
21. **Snetselaar, K.M, C.W Mims**, 1993. Infection of Maize Stigmas by *Ustilago maydis*: Light and Electron Microscopy. *Phytopathology,* 83*:* 843-850*.*
22. **Snetselaar, K.M, C.W Mims***,* 1994*.* Light and Electron Microscopy of *Ustilago maydis* Hyphae in Maize. *Mycol Res,* 98*:* 347-355*.*
23. **Tanaka, Sh., Th. Brefort, N. Neidig, Ar. Djamei, J. Kahnt**, 2014. A Secreted *Ustilago maydis* Effector Promotes Virulence by Targeting Anthocyanin Biosynthesis in Maize. *Microbiology and Infectious Disease Plant Biology*, pp. 12-18.
24. **Wang, X., Y. Zhang, X. Li**, 2014. Evaluation of Maize Inbred Lines Currently Used in Chinese Breeding Programs for Resistance to Six Foliar Diseases. *Crop Journal*, 2(4), 213-222.

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2020, 23 (6), 187-201 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Влияние на торенето върху продуктивността и някои агрохимични показатели на сортове ечемик

Недялка Йорданова

Аграрен университет, катедра Агрохимия и Почвознание, 4000 Пловдив, България

Influence of the Fertilization on the Productivity and Some Agrochemical Indicators of Barley Varieties

Nedialka Yordanova

Agricultural University, Department of Agrochemistry and Soil Science, 4000 Plovdiv, Bulgaria
E-mail: yordanova.ne@abv.bg

Original scientific paper

РЕЗЮМЕ

През периода 2017-2019 г. в условията на полски торов опит в района на град Плевен е проучено влиянието на торенето върху важни агрохимични показатели и добивите от три сорта зимен ечемик: Емон, Ахил и Кубер. Изследвано е влиянието на фактора азотно торене, което е извършено еднократно като ранно пролетно подхранване на фон есенно торене с $P_{10}K_6$. Ечемикът е отглеждан след предшественик царевица съгласно възприетата за страната технология. Установено е, че във фаза цъфтеж сухата биомаса на вегетативните части е с по-високи стойности, сравнена с тази на развиващия се клас. Средно за експерименталния период, сорт Ахил формира най-голямо количество обща биомаса при торова норма N_{12} (522.5 kg/da). Включването на торенето в отглеждането на ечемика повлиява положително натрупването на обща биомаса (от 7 до 15 kg/da). Увеличаването на азотната торова норма съществено повишава стойностите на показателя, с 30 kg/da (N_9) и 50

SUMMARY

During the period 2017-2019 in the conditions of field fertilization experiment in the region of Pleven was studied the influence of fertilization on important agro-chemical indicators and the yields of three varieties of winter barley: Emon, Ahil and Kuber. The influence of the nitrogen fertilization factor in the following variants was studied: The nitrogen fertilizer was applied once (early spring feeding) on the back-ground of autumn fertilization with $P_{10}K_6$. Barley was grown after its predecessor maize according to the technology adopted for the country. It was found that in the flowering stage the dry biomass of the vegetative parts was with higher values compared to that of the developing class. On average for the experimental period, the Ahil variety formed the largest amount of total biomass at a fertilizer rate of N_{12} – 522.5 kg/da. The inclusion of fertilization in the cultivation of barley had a positive effect on the accumulation of total biomass in the range of 7-15 kg/da. Increasing the nitrogen fertilizer rate to N_9 and N_{12}

kg/da (N_{12}). Концентрацията на основните макроелементи в растителната маса нараства с повишаване на торовата норма. Сравнявайки изследваните сортове помежду им, е установено, че с по-висока концентрация на азот, фосфор и калий в зърното и сламата се отличават сортовете Ахил и Кубер, спрямо сорт Емон. Нарастването на азотната торова норма води до увеличаване на износа на азот, фосфор и калий с ечемичното зърно и значително по-слабо влияе върху износа на хранителни елементи с ечемичната слама. Разликите в изнесените количества азот при торови норми N_9 и N_{12} са незначителни. Продуктивността на ечемичните сортове доказано нараства с повишаване на азотната торова норма. Реализираният по-висок добив при торова норма N_6, спрямо неторения вариант, е в границите на 130-140 kg/da и 220-250 kg/da при нива на торене N_9 и N_{12}. За периода на изследване сортовете Ахил и Кубер формират по-високи добиви на зърно и слама, сравнени със сорт Емон при всички нива на азотно торене.

Ключови думи: ечемик, торене, суха биомаса, продуктивност

significantly increased the values of the indicator by 30-50 kg/da, respectively. The concentration of the main macronutrients in the plant mass increaseed with increasing fertilizer rate. Comparing the studied varieties with each other, it was found that with higher concentrations of nitrogen, phosphorus and potassium in the grain and straw were distinguished varieties Ahil and Kuber, compared to the variety Emon. The increase in the nitrogen fertilizer rate leads to an increase in the uptake of nitrogen, phosphorus and potassium with the barley grain and had a significantly smaller effect on the uptake of nutrients with the barley straw. The differences in the nitrogen uptake at fertilizer rates N_9 and N_{12} were insignificant. The productivity of barley varieties has been proven to increase with increasing nitrogen fertilizer rate. The realized higher yield at fertilizer rate N_6, compared to the non-fertilized variant, was in the range of 130-140 kg/da and 220-250 kg/da at fertilization rates N_9 and N_{12}. During the study period, the Ahil and Kuber varieties formed higher grain and straw yields compared to the Emon variety at all levels of nitrogen fertilization.

Key words: barley, dry biomass, fertilization, productivity

УВОД

Ечемикът е култура с редица агротехнически предимства, спрямо останалите зимни житни култури. Краткият му вегетационен период дава възможност за по-ранно прибиране на продукцията и създава условия за отглеждане на втори култури, с което се уплътняват сеитбообращенията и по-рационално се използва земята. Редовната употреба на ечемичено зърно благоприятства прочистването на организма от токсини. Зърната и кълновете са диетични и са здравословна добавка към храненето. Въпреки ползите от тази култура, през последните години, площите и добивите от ечемик в страната ни намаляват. Проучването на отзивчивостта на сортовете ечемик към

INTRODUCTION

Barley is a crop with a number of agronomic advantages compared to other winter cereals. Its short vegetation period allows for earlier harvesting and creation of conditions for growing secondary crops, which uses crop rotation and more rational use of the land.

Regular use of barley grain promotes cleansing of the body of toxins. The corn and the germs are dietary and healthy food supplements. Despite the benefits of this crop, in recent years, the areas and yields of barley in our country have decreased.

The study of the responsiveness of barley varieties to the diet under specific soil and хранителния режим при конкретни почвено-климатични условия и качествена агротехника е актуален проблем и изследването би довело до получаване на по-високи и стабилни добиви и евентуално до увеличаване на площите с тази култура. Най-значимо въздействие върху продуктивността на полските култури (царевица, ечемик, рапица) има торенето с азот и фосфор (Ivanov and Dimitrov, 2018). Основните хранителни елементи, определящи количеството и качеството на растителната продукция са азотът, фосфорът и калият. Те засягат пряко или косвено донорно-акцепторните отношения. Азотът оказва влияние върху развитието и поддържането на листната площ, ефективността на фотосинтезата (Arduini et al., 2006) и разпределението на суха маса към репродуктивните органи (Vouillot and Devienne-Barret, 1999; Prystupa et al., 2004). Фосфорът влияе върху броя на зърната и добива зърно (Elliot et al., 1997). Във фаза пълна зрялост повече от 80% от азота и фосфора се локализират в зърното и по-малко от 20% от калия. От 51% до 89% от фосфора в зърното произхожда от флаговия лист. При недостиг на фосфор флаговият лист изсъхва бързо и спира да фотосинтезира, когато зърната са натрупали едва 60% от потенциалната си суха маса (Gonzalez and Trejo-Tellez, 2007). Сухата маса на вегетативните части при ечемика обикновено намалява след цъфтежа (Austin et al., 1980). Наливането на зърното се извършва за сметка на асимилати, натрупани преди цъфтежа и временно съхранени в листата, стъблата и класовете (Austin et al., 1980; Van Sanford and MacKown, 1987). Според някои автори (Spiertz and Ellen, 1978; Bell and Incoll, 1990) натрупаната биомаса до цъфтеж остава без промяна за около три седмици след цъфтежа, въпреки че зърното продължава да акумулира сухо вещество. В случая увеличаването на теглото му се дължи предимно на акумулиране на водораз-

climatic conditions and quality agricultural techniques is a current problem and its study would lead to higher and stable yields and possibly to an increase in the area with this crop.

The most significant impact on the productivity of field crops (maize, barley, rapeseed) has fertilization with nitrogen and phosphorus (Ivanov and Dimitrov, 2018). The main nutrients that determine the quantity and quality of the plant production are nitrogen, phosphorus and potassium. They directly or indirectly affect donor-acceptor relations. Nitrogen affects the development and maintenance of the leaf area, the efficiency of photosynthesis (Arduini et al., 2006) and the distribution of dry mass to the reproductive organs (Vouillot and Devienne-Barret, 1999; Prystupa et al., 2004). Phosphorus affects the number of grains and grain yield (Elliot et al., 1997).

In the full maturity stage, more than 80% of nitrogen and phosphorus are localized in the grain and less than 20% of potassium. From 51% to 89% of the phosphorus in the grain comes from the flag leaf. In the deficiency of phosphorus, the flag leaf dries quickly and stops photosynthesizing when the grains have accumulated only 60% of their potential dry mass (Gonzalez and Trejo-Tellez, 2007). The dry mass of the vegetative parts in barley usually decreases after flowering (Austin et al., 1980). Grain growth occurs at the expense of assimilates accumulated before flowering and temporarily stored in leaves, stems and spikes (Austin et al., 1980; Van Sanford & MacKown, 1987). According to some authors (Spiertz and Ellen, 1978; Bell and Incoll, 1990), the accumulated biomass until flowering remains unchanged for about three weeks after flowering, although the grain continues to accumulate dry substance. In this case, the increase in weight is mainly due to the accumulation of water-soluble carbohydrates (Bonnett творими въглехидрати (Bonnett and Incoll, 1992). Установено е, че по-висока продуктивност на зимен ечемик се реализира при оптимално съчетаване на агротехническите фактори – обработка на почвата, торене, растително защитни мероприятия (Bazitov et al., 2011).

Целта на изследването е да се проучи влиянието на торенето върху износа, разхода на хранителни вещества и продуктивността при сортове зимен ечемик.

and Incoll, 1992). It was found that higher productivity of winter barley was realized with an optimal combination of agrotechnical factors – tillage, fertilization, plant protection measures and others (Bazitov et al., 2011).

The aim of the study was to investigate the effect of the fertilization on the uptake and expense of the nutrients and the productivity of winter barley varieties.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Изпитвани са три сорт зимен ечемик: Емон, Ахил и Кубер, като е проучено влиянието на фактора азотно торене при следните варианти: 1. Контрола; 2. $N_6P_{10}K_6$; 3. $N_9P_{10}K_6$ и 4. $N_{12}P_{10}K_6$ kg/da активно вещество. Опитът е заложен в 4 повторения с големина на реколтната парцела 20 m^2. Почвата в опитния участък е алувиално-ливадна, характеризираща се със средно развит хумусен хоризонт, много ниска запасеност с минерален азот (36.2 mg/kg почва), слабо запасена с подвижен фосфор (5.7 mg/100 g почва) и добре запасена с усвоим калий (41.5 mg/100 g почва). Според Valcheva et al. (2015) повечето почви съдържат значителни количества органичен азот, но много голяма част от него се явява химически и/или физически свързан и устойчив на разлагане. Само малка част от този азот е по-активна и играе роля като източник на субстрат за азотната минерализация.

Реакцията на почвата е слабо кисела (pH = 6.5).

Използваните методи за почвен анализ включват:

- ✓ Минерален азот (амониев+нитратен) в извлек с 1% KCl;
- ✓ Подвижни фосфати по Егнер-Риййм;
- ✓ Усвоим калий в извлек с 2N HCl;
- ✓ Реакция на почвата (pH) – потенциометрично във воден извлек.

MATERIAL AND METHODS

Three varieties of winter barley were studied: Emon, Ahil and Kuber, and the influence of the nitrogen fertilization factor was investigated in the following variants: 1. Control; 2. $N_6P_{10}K_6$; 3. $N_9P_{10}K_6$ and 4. $N_{12}P_{10}K_6$ kg/da active substance. The experiment was set in 4 repetitions with plot size of 20 m^2. Soil in the experimental plot is Eutric Fluvisols, characterized by a moderately developed humus horizon, very low stocked of mineral nitrogen (36.2 mg/kg soil), poorly stocked with mobile phosphorus (5.7 mg/100 g soil) and well stocked with absorbable potassium (41.5 mg/100 g soil). According to Valcheva et al. (2015) most soils contain significant amounts of organic nitrogen, but a very large part of it is chemically and/or physically bound and resistant to decomposition. Only a small part of this nitrogen is more active and plays a role as a source of substrate for nitrogen mineralization.

The reaction of soil is slightly acidic (pH = 6.5).

The methods used for soil analysis include:

- ✓ Mineral nitrogen (ammonium + nitrate) in extract with 1% KCl;
- ✓ Mobile phosphates according to Egner-Reim;
- ✓ Absorbable potassium in the extract with 2N HCl;
- ✓ Soil reaction (pH) – potentiometrically in water extract.

Растителни анализи:

Във фаза цъфтеж на ечемика са взети метровки от растителни проби – надземната част на растенията. Същите са разделени на листно-стъблена маса и цъфтящ клас. След изсушаване и смилане, растителните проби са анализирани за съдържание на азот, фосфор и калий. Във физиологична зрялост са взети метровки от надземната част на растенията. Същите са претеглени, изсушени до постоянно тегло, след което са разделени на зърно и слама. Аликвотна част от сухите растителни проби е минерализирана с концентрирана H_2SO_4 при катализатор H_2O_2 и е определено общото количество на азота (чрез дестилация в апарат на Парнас-Вагнер); общ фосфор (колориметрично на спектрофотометър, модел Camspec M105) и общ калий (на пламъков фотометър, модел PFP-7).

Растителните анализи включват следните показатели на изследване:

- ✓ натрупана суха надземна биомаса (kg/da) във фаза цъфтеж;
- ✓ съдържание (%) на азот, фосфор и калий в надземните части на растенията във фазите цъфтеж и физиологична зрялост;
- ✓ износ (kg/da) и разход (kg/100 kg зърно) на N, P и K;
- ✓ добиви на основна и допълнителна продукция (kg/da).

Математическата обработка на данните е направена на SPSS програма.

Plant analyses:

Meters were taken from plant samples in the flowering stage of barley – the aboveground part of the plants. They were divided into leaf-stem mass and flowering class. After drying and grinding, the plant samples were analyzed for nitrogen, phosphorus and potassium content. At physiological maturity, meters were taken from the aboveground part of the plants. They were weighed, dried to a constant weight and then divided into grain and straw. An aliquot part of the dry plant samples was mineralized with concentrated H_2SO_4 under an H_2O_2 catalyst and the total amount of nitrogen was determined (by distillation in a Parnassus-Wagner apparatus); total phosphorus (colorimetric on a spectrophotometer, model Camspec M105) and total potassium (on a flame photometer, model PFP-7).

Plant analyses include the following test indicators:

- ✓ accumulated dry aboveground biomass (kg/da) in the flowering stage;
- ✓ content (%) of nitrogen, phosphorus and potassium in the aboveground parts of the plants in the stages of flowering and maturity;
- ✓ uptake (kg/da) and expense (kg/100 kg of grain) of N, P and K;
- ✓ yields of main and additional production (kg/da).

Mathematical data processing is done on SPSS program.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Акумулиране на суха биомаса

Във фаза цъфтеж (Таблица 1) сухата биомаса на вегетативните части е по-висока, в сравнение със същата на развиващия се клас. Средно за експерименталния период, сорт Ахил формира най-голямо количество обща биомаса при торова норма N_{12} (522.5 kg/da), следван от сорт Кубер (509.6 kg/da). Сорт Емон е с най висики стойности на показателя (487.5 kg/da) при торова норма N_9. Независимо от торе-

RESULTS AND DISCUSSION

Accumulation of dry biomass

In the flowering stage (Table 1) the dry biomass of the vegetative parts was higher than that of the developing class. On average for the experimental period, the Ahil variety formed the largest amount of total biomass at fertilizer rate N_{12} – 522.5 kg/da, followed by the varieties Kuber – 509.6 kg/da and Emon – 487.5 kg/da. Despite fertilization, the share of the growing class of the dry mass was higher in the varieties Ahil and Kuber, нето, делът на растящия клас от сухата маса е с по-високи стойности при сортовете Ахил и Кубер, сравнени със сорт Емон. Включването на торенето повлиява положително натрупването на обща биомаса при сортовете Емон (с 7.3 kg/da), Кубер (с 11.3 kg/da) и Ахил (15.2 kg/da). Увеличаването на азотната торова норма до N_9 и N_{12} съществено повишава количеството на формираната биомаса със стойности от порядъка на 27-28 kg/da за сорт Емон, 33-38 kg/da за сорт Кубер и 49-53 kg/da за сорт Ахил. С най-голям дял на класа (31.0%) от общата суха маса се характеризира сорт Ахил при торене с N_{12}. Без торене процентът на класа от общата биомаса е с приблизително еднакви стойности при изпитваните генотипи.

compared to the variety Emon. The inclusion of fertilization had a positive effect on the accumulation of total biomass by 7.3 kg/da in the cultivar Emon, by 11.3 kg/da in the cultivar Kuber and by 15.2 kg/da in cultivar Ahil. Increasing the nitrogen fertilizer rate to N_9 and N_{12} significantly increased the amount of formed biomass with values in the range of 27-28 kg/da for the variety Emon, 33-38 kg/da for the variety Kuber and 49-53 kg/da for the variety Ahil. The Ahil variety is characterized by the largest share of the class of the total dry mass when fertilized with N_{12} – 31.0%. Without fertilization, the percentage of the total biomass class had approximately the same values for the tested genotypes.

Таблица 1. Суха надземна биомаса (kg/da) и дял на цъфтящия клас от биомасата на ечемика в цъфтеж средно за периода на изследване
Table 1. Dry aboveground biomass (kg/da) and share of the flowering class of barley biomass in flowering average for the study period

Сорт Variety	Азотна норма Nitrogen rate	Растящ клас Growing class	Листа и стъбла Leaves and stems	Обща биомаса Total biomass	Клас / Биомаса Class / Biomass	% на класа от общата биомаса % of the total biomass class
Емон Emon	N_0	105.6	338.2	443.8	0.238	23.8
	N_6	112.9	341.5	454.4	0.248	24.8
	N_9	132.4	355.1	487.5	0.272	27.2
	N_{12}	133.5	349.7	483.2	0.276	27.6
Ахил Ahil	N_0	109.3	341.1	450.4	0.243	24.3
	N_6	124.5	355.3	479.8	0.259	25.9
	N_9	158.7	362.6	521.3	0.304	30.4
	N_{12}	162.0	360.5	522.5	0.310	31.0
Кубер Kuber	N_0	111.6	340.3	451.9	0.247	24.7
	N_6	122.9	349.0	471.9	0.260	26.0
	N_9	149.5	357.8	507.3	0.295	29.5
	N_{12}	144.2	365.4	509.6	0.283	28.3

Съдържание на азот, фосфор и калий в растителната биомаса

Във фаза цъфтеж съдържанието на азот и фосфор е по-високо в развиващия се клас, отколкото в листностъблената маса при всички изпитвани сортове (за всички нива на азотно хранене), докато при калия съдържанието е по-високо във вегетативната маса (Таблица 2). Увеличаването на азотната торова норма води до повишаване концентрацията на основните макро-

Content of nitrogen, phosphorus and potassium in plant biomass

In flowering stage, the content of nitrogen and phosphorus was higher in the developing class than in the leaf-stem mass in all tested varieties (for all levels of nitrogen nutrition), while in potassium the content was higher in the vegetative mass (Table 2). The increase of the nitrogen fertilizer rate leads to an increase of the concentration of the main macronutrients in the plant biomass. In the varieties Ahil елементи в растителната биомаса. При сортовете Ахил (1.95%) и Емон (1.69%), количеството на азота в растящия клас е най-високо във вариантите с торова норма N_9. Сорт Кубер регистрира максимална стойност (1.88%) на елемента при торова норма N12. По отношение на количеството фосфор в растящия клас, съществени разлики между сортовете не са установени. Аналогични са и резултатите относно количеството на калий в развиващия се клас, въпреки тенденцията за по-високи стойности на показателя при сортовете Ахил и Кубер, спрямо сорт Емон. Най-нисък процент на калий в растящия клас (без торене), е отчетен при сорт Емон (0,87%) и по-висок при сортовете Ахил и Кубер, със стойности съответно – 1.03% и 0.96%. Съдържанието на азот, фосфор и калий в листно-стъблената маса (независимо от торенето) е по-високо при сортовете Ахил и Кубер, сравнено с това на сорт Емон. Количеството на макроелементите в надземните части на ечемика е без съществени разлики при торене с N_9 и N_{12}.

(1.95%) and Emon (1.69%), the amount of nitrogen in the growing class was the highest in the variants with fertilizer rate N_9. Variety Kuber registered a maximum value (1.88%) of the element at fertilizer rate N_{12}. Regarding the amount of phosphorus in the growing class, no significant differences between the varieties were found. The results regarding the amount of potassium in the developing class were similar, despite the tendency for higher values of the indicator in the varieties Ahil and Kuber, compared to the variety Emon. The lowest percentage of potassium in the growing class, without fertilization, was reported for the variety Emon (0.87%) and higher for the varieties Ahil and Kuber, with values of 1.03% and 0.96%, respectively. The content of nitrogen, phosphorus and potassium in the leaf-stem mass (regardless of fertilization) was higher in the varieties Ahil and Kuber, compared to the variety Emon. The amount of macronutrients in the aboveground parts of barley was without significant differences in fertilization with N_9 и $N_{12.}$

Таблица 2. Съдържание на азот, фосфор и калий (%) във фаза цъфтеж средно за периода на изследване
Table 2. Nitrogen, phosphorus and potassium content (%) in the flowering stage average for the study period

Сорт Variety	Азотна норма Nitrogen rate	Растящ клас / Growing class			Листа и стъбла / Leaves and stems		
		N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Емон Emon	N_0	1.36	0.52	0.87	0.93	0.31	2.12
	N_6	1.48	0.68	1.11	1.05	0.44	2.39
	N_9	1.69	0.77	1.15	1.21	0.53	2.57
	N_{12}	1.65	0.77	1.19	1.34	0.61	2.41
Ахил Ahil	N_0	1.43	0.61	1.03	1.10	0.33	2.28
	N_6	1.56	0.73	1.14	1.23	0.48	2.41
	N_9	1.95	0.81	1.24	1.33	0.55	2.62
	N_{12}	1.82	0.89	1.31	1.38	0.52	2.59
Кубер Kuber	N_0	1.39	0.59	0.96	1.07	0.30	2.26
	N_6	1.57	0.70	1.15	1.22	0.45	2.44
	N_9	1.73	0.78	1.29	1.34	0.49	2.76
	N_{12}	1.88	0.82	1.35	1.31	0.51	2.65

Концентрацията на азот и фосфор в ечемичното зърно е с по-високи стойности, спрямо тази в сламата, докато количеството на калия е по-високо в ечемичната слама, сравне-

The concentration of nitrogen and phosphorus in barley grain was higher than that of straw, while the amount of potassium was higher in barley straw than in grain (Table 3). In the variant without но с това в зърното (Таблица 3). При варианта без торене изпитваните генотипи се характеризират с близки стойности на процента азот в зърното. Увеличаването на торовата норма води до повишаване на концентрацията на елемента в зърното. Резултатите от анализа показват, че съществени различия в количеството азот в ечемичното зърно при торови норми N_9 и N_{12} не са установени. Относно процента на фосфор и калий в зърното, резултатите са подобни с тези при азота. Сравнявайки изследваните сортове е установено, че сортовете Ахил и Кубер са с по-висока концентрация на фосфор и калий в зърното спрямо сорт Емон. По отношение на съдържанието на макроелементи в ечемичната слама, тенденцията е аналогична.

fertilization, the tested genotypes were characterized by close values of the percentage of nitrogen in the grain. Increasing the fertilizer rate leads to an increase in the concentration of the element in the grain. The results of the analysis show that significant differences in the amount of nitrogen in the barley grain at fertilizer rates N_9 and N_{12} were not found. Regarding the percentage of phosphorus and potassium in the grain, the results were similar to those for nitrogen. Comparing the studied varieties, it was found that the varieties Ahil and Kuber had a higher concentration of phosphorus and potassium in the grain compared to the variety Emon. Regarding the content of macronutrients in barley straw, the trend was similar.

Таблица 3. Съдържание на азот, фосфор и калий (%) във фаза зрялост средно за периода на изследване

Table 3. Nitrogen, phosphorus and potassium content (%) in the maturity stage average for the study period

Сорт Variety	Азотна норма Nitrogen rate	Зърно / Grain			Слама / Straw		
		N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Емон Emon	N_0	1.95	0.49	1.05	0.98	0.28	1.23
	N_6	2.11	0.67	1.24	1.05	0.32	1.49
	N_9	2.30	0.77	1.48	1.33	0.47	1.62
	N_{12}	2.29	0.81	1.56	1.28	0.55	1.69
Ахил Ahil	N_0	2.07	0.59	1.19	1.13	0.20	1.30
	N_6	2.32	0.73	1.37	1.20	0.32	1.58
	N_9	2.68	0.89	1.62	1.41	0.61	1.79
	N_{12}	2.55	0.83	1.66	1.45	0.68	1.77
Кубер Kuber	N_0	2.03	0.52	1.12	1.04	0.25	1.34
	N_6	2.39	0.67	1.31	1.36	0.35	1.51
	N_9	2.54	0.93	1.67	1.40	0.59	1.76
	N_{12}	2.60	0.85	1.74	1.48	0.63	1.82

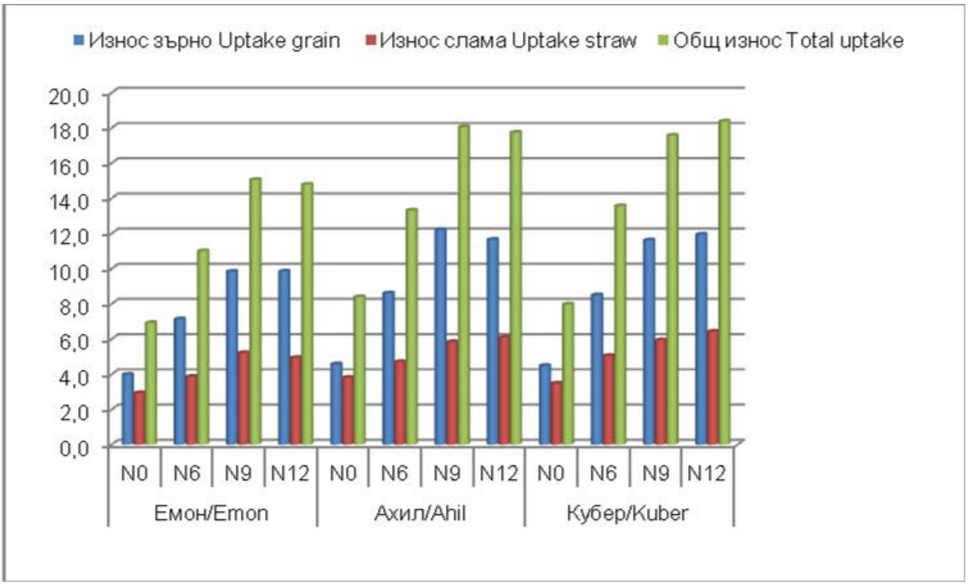
Износ и разход на азот, фосфор и калий с растителната биомаса

Количеството на изнесените от ечемика макроелементи варира в зависимост от концентрацията на азот, фосфор и калий в растителната биомаса и от формираното сухо вещество (Фигури 1, 2 и 3). Съдържанието на макроелементи в растителната маса и натрупването на сухо вещество се

Uptake and expense of nitrogen, phosphorus and potassium with plant biomass

The macronutrients uptake from barley vary depending on the concentration of nitrogen, phosphorus and potassium in the plant biomass and on the dry matter formed (Figures 1, 2 and 3). The content of macronutrients in the plant mass and the accumulation of dry matter повлиява от генотипа, климатичните условия, торенето и фазата на развитие на културата. Варирането на единия показател (в резултат на изброените фактори) не винаги е успоредно с варирането на другия. Средно за експерименталния период е установено, че нарастването на азотната торова норма води до увеличаване на износа на азот с растителната маса (Фигура 1).

are influenced by the genotype, climatic conditions, fertilization and the stage of the crop growth. The variation of one indicator, as a result of the listed factors, was not always parallel to the variation of the other. On average for the experimental period, it was found that the increase in the nitrogen fertilizer rate leads to an increase in nitrogen uptake with the plant mass (Figure 1).

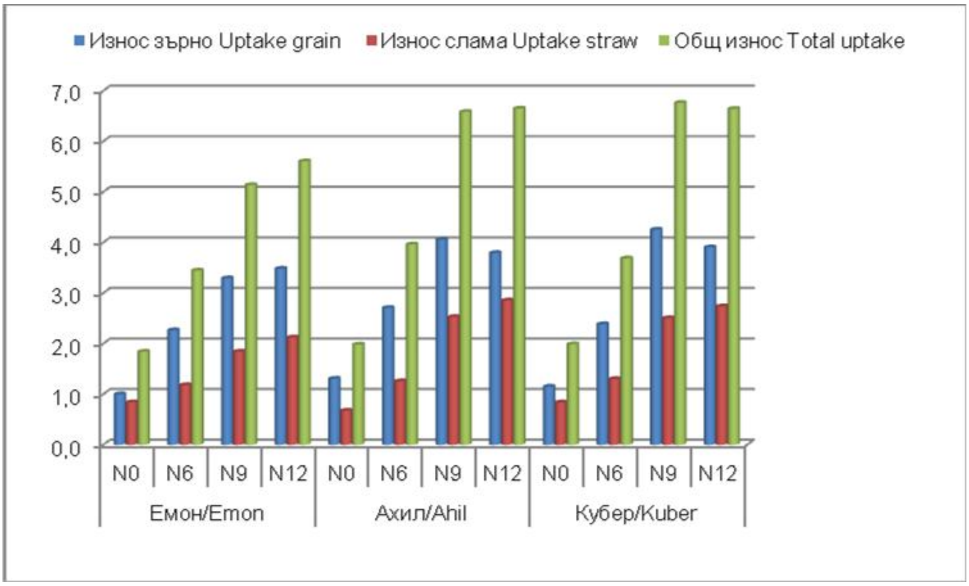


Фиг. 1. Износ на азот със зърното и сламата (kg/da)
Fig. 1. Nitrogen uptake with grain and straw (kg/da)

По-големи количества азот със зърното и със сламата (при всички нива на торене), изнасят сортовете Ахил и Кубер, сравнени със сорт Емон. Най-голямо количество азот със зърното изнася сорт Ахил при торене с N_9 (12.2 kg/da). Разликите в изнесените количества азот при торови норми N_9 и N_{12} са незначителни за изследваните сортове. Общият износ на азот при контролния вариант е 6.9; 8.0 и 8.4 kg/da за сортовете, както следват: Емон, Кубер и Ахил. Повишаването на торовата норма до N_6 води до нарастване на износа на азот с 4.1 kg/da при сорт Емон, с 4.9 kg/da при сорт Ахил и с 5.6 kg/da при сорт Кубер. Торенето с N_9 и N_{12} увеличава изнесените количества

Larger amounts of nitrogen with grain and straw, at all levels of fertilization, were uptake by the varieties Ahil and Kuber, compared to the variety Emon. The largest amount of nitrogen with the grain was uptake by the Ahil variety when fertilized with N_9 (12.2 kg/da). The differences in the uptake quantities of nitrogen at fertilizer rates N_9 и N_{12} were insignificant for the studied varieties. The total nitrogen uptake in the control variant was 6.9; 8.0 и 8.4 kg/da for the varieties as follows: Emon, Kuber and Ahil. Increasing the fertilizer rate to N_6 leads to an increase in nitrogen uptake by 4.1 kg/da in Emon variety, by 4.9 kg/da in Ahil variety and by 5.6 kg/da in Kuber variety. Fertilization with N_9 and N_{12} increases the азот с растителната биомаса от 8 до 12 kg/da, спрямо неторения вариант. Азотното торене повлиява положително и износа на фосфор със зърното, който варира от 1.0 kg/da (за неторения вариант) до 4.0 kg/da (за по-високите нива на азотно хранене) – Фигура 2. За разлика от фосфора изнесен с ечемичното зърно, увеличаването на азотната торова норма повлиява по-слабо износа му със сламата. Общият износ на фосфор е с най-високи стойности (6.8 kg/da) за сорт Кубер при торене с N_9.

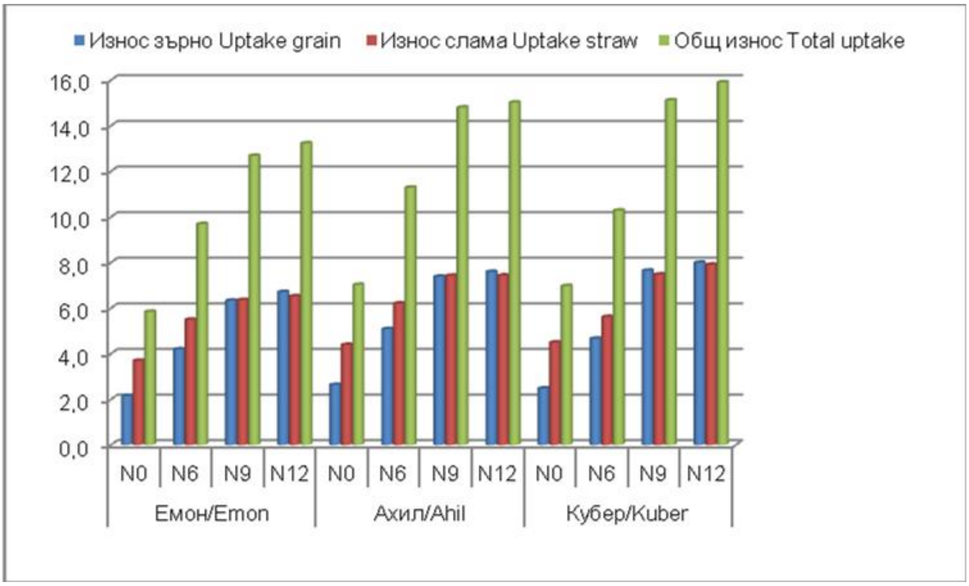
uptake amounts of nitrogen with plant biomass in the range of 8-12 kg/da, compared to the control variant. Nitrogen fertilization also had a positive effect on phosphorus uptake with the grain, which varies from 1.0 kg/da (for the control variant) to 4.0 kg/da for the higher rates of nitrogen nutrition (Figure 2). Unlike phosphorus uptake with barley grain, the increase in the nitrogen fertilizer rate had a lesser effect on its straw uptake. The total uptake of phosphorus had the highest values (6.8 kg/da) for variety Kuber when fertilizing with N_9.



Фиг. 2. Износ на фосфор със зърното и сламата (kg/da)
Fig. 2. Phosphorus uptake with grain and straw (kg/da)

Без прилагане на торене изпитваните сортове реализират износ на калий със зърното от 2.0 до 2.5 kg/da (Фигура 3). Включването на торенето повишава стойностите на показателя с 2.0-2.5 kg/da при отделните сортове, а храненето с N_9 и N_{12}, съответно с около 5.0 kg/da. Аналогични резултати са резултатите отчетени при износа на калий в сламата.

Without fertilization, the tested varieties uptake potassium with the grain from 2.0 to 2.5 kg/da (Figure 3). The inclusion of fertilization increases the values of the indicator by 2.0-2.5 kg/da for individual varieties, and feeding with N_9 and N_{12}, respectively by about 5.0 kg/da. Similar results were the results reported for the uptake of potassium in the straw.



Фиг. 3. Износ на калий със зърното и сламата (kg/da)
Fig. 3. Potassium uptake with grain and straw (kg/da)

Разходът на азот, фосфор и калий зависи от съдържанието на макроелементите във формираната растителна биомаса и реализирания добив на зърно (Таблица 4). Сравнявайки реакцията на изпитваните сортове по този показател е установено, че няма съществени разлики в стойностите между изпитваните генотипи при различните нива на азотно торене.

The expense of nitrogen, phosphorus and potassium depends on the content of macronutrients in the formed plant biomass and the realized grain yield (Table 4). Comparing the reaction of the tested varieties on this indicator, it was found that there were no significant differences in the values between the tested genotypes at the different levels of nitrogen fertilization.

Таблица 4. Разход на азот, фосфор и калий (kg/da) с растителната биомаса средно за периода на изследване
Table 4. Expense of nitrogen, phosphorus and potassium (kg/da) with plant biomass on average for the study period

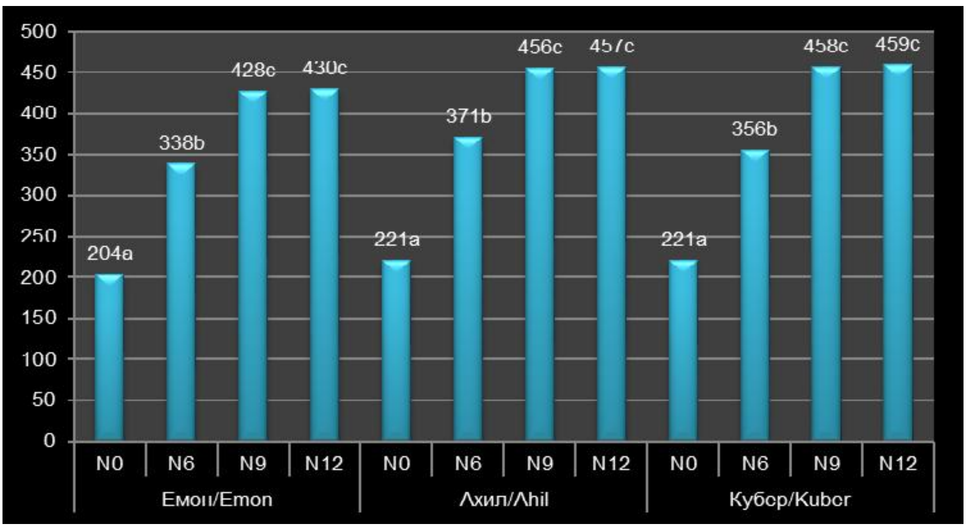
Сорт / Variety	Азотна норма / Nitrogen rate	N	P_2O_5	K_2O
Емон Emon	N_0	3.4	0.9	2.9
	N_6	3.3	1.0	2.9
	N_9	3.5	1.2	3.0
	N_{12}	3.4	1.3	3.1
Ахил Ahil	N_0	3.8	0.9	3.2
	N_6	3.6	1.1	3.0
	N_9	4.0	1.4	3.2
	N_{12}	3.9	1.5	3.3
Кубер Kuber	N_0	3.6	0.9	3.2
	N_6	3.8	1.0	2.9
	N_9	3.8	1.5	3.3
	N_{12}	4.0	1.4	3.5

Продуктивност на изпитваните сортове ечемик

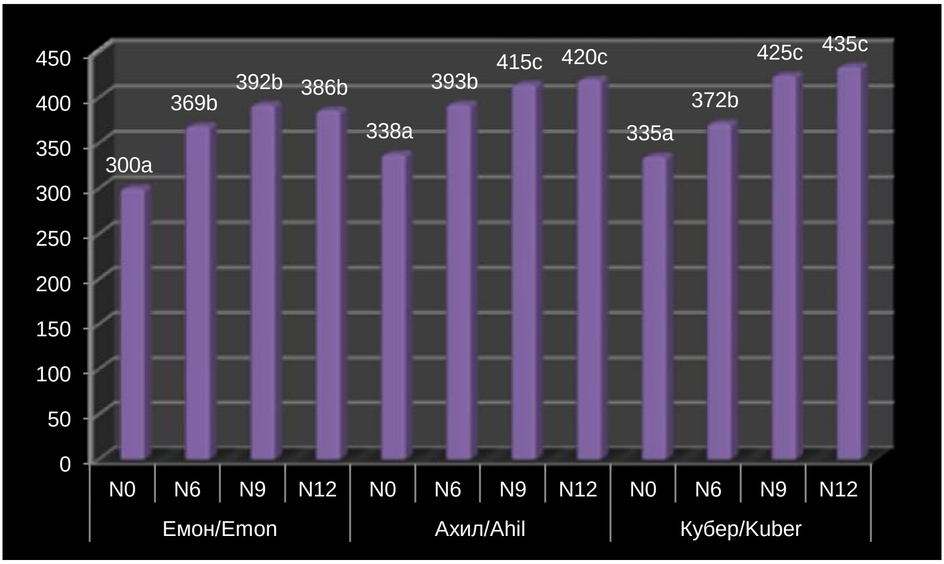
За тригодишния период на изследване е установено, че продуктивността на ечемичните сортове доказано нараства с увеличаване на азотната торова норма (Фигури 4 и 5). Реализираният по-висок добив зърно при торова норма N_6, спрямо неторения вариант, е в границите на 130-140 kg/da и 220-250 kg/da за нива на торене N_9 и N_{12}. Сортовете Ахил и Кубер формират по-високи добиви на зърно и слама, сравнени с тези на сорт Емон (при всички нива на азотно торене) и се характеризират с приблизително еднаква продуктивност. Средните добиви на зърно за контролния вариант са 204-221 kg/da, за торова норма N_6 – 338-371 kg/da, за N_9 – 428-458 kg/da и за N_{12} – 430-459 kg/da. Не са установени значими разлики в добива на зърно между трето и четвърто ниво на азотно торене. За целия експериментален период най-голямо количество слама формира сорт Кубер – 435 kg/da при торова норма N_{12}, а най-малко – сорт Емон – 300 kg/da (контролен вариант).

Productivity of the tested varieties of barley

For the three-year study period, it was found that the productivity of barley varieties has been shown to increase with increasing nitrogen fertilizer rate (Figures 4 and 5). The realized higher grain yield at fertilizer rate N_6, compared to the control variant, was in the range of 130-140 kg/da and 220-250 kg/da for fertilization rates N_9 and N_{12}. The varieties Ahil and Kuber formed higher grain and straw yields compared to those of the variety Emon (at all rates of nitrogen fertilization) and were characterized by approximately the same productivity. The average grain yields for the control variant were 204-221 kg/da, for fertilizer rate N_6 – 338-371 kg/da, for N_9 – 428-458 kg/da and for N_{12} – 430-459 kg/da. No significant differences in grain yield were found between the third and fourth levels of nitrogen fertilization. For the entire experimental period, the largest amount of straw formed the variety Kuber – 435 kg/da at fertilizer rate N_{12}, and the least – variety Emon – 300 kg/da (in the control variant).



Фиг. 4. Добив зърното (kg/da) средно за експерименталния период (LSD<0.05)
Fig. 4. Grain yield (kg/da) on average for the experimental period



Фиг. 5. Добив слама (kg/da) средно за експерименталния период (LSD<0.05)
Fig. 5. Straw yield (kg/da) on average for the experimental period

ИЗВОДИ

1. Във фаза цъфтеж сухата биомаса на вегетативните части е с по-високи стойности, сравнена с тази на развиващия се клас. Средно за експерименталния период, сорт Ахил формира най-голямо количество обща биомаса (522.5 kg/da) при торова норма N_{12}.

2. Включването на торенето в отглеждането на ечемика повлиява положително натрупването на обща биомаса – в границите на 7-15 kg/da. Увеличаването на азотната торова норма (N_9 и N_{12}) съществено повишава стойностите на показателя, съответно с 30-50 kg/da.

3. Увеличаването на азотната торова норма води до повишаване на концентрацията на основните макроелементи в растителната биомаса. С по-висока концентрация на азот, фосфор и калий в зърното се отличават сортовете Ахил и Кубер, спрямо сорт Емон (при всички нива на торене). По отношение съдържанието на макроелементи в ечемичната слама, резултатите са аналогични.

4. Нарастването на азотната

CONCLUSIONS

1. In the flowering stage, the dry biomass of the vegetative parts had higher values than that of the developing class. On average for the experimental period, Ahil variety formed the largest amount of total biomass (522.5 kg/da) at fertilizer rate N_{12}.

2. The inclusion of fertilization in the cultivation of barley had a positive effect on the accumulation of total biomass – in the range of 7-15 kg/da. Increasing the nitrogen fertilizer rate to (N_9 and N_{12}) significantly increased the values of the indicator, respectively by 30-50 kg/da.

3. The increase of the nitrogen fertilizer rate leads to an increase of the concentration of the main macronutrients in the plant biomass. The varieties Ahil and Kuber were distinguished by a higher concentration of nitrogen, phosphorus and potassium in the grain, compared to the variety Emon (at all levels of fertilization). Regarding the content of macronutrients in barley straw, the results were similar.

4. The increase in the nitrogen

торова норма води до увеличаване на износа на азот, фосфор и калий с ечемичното зърно и значително по-слабо влияе върху износа на хранителни елементи с ечемичната слама. По-големи количества азот със зърното и със сламата(при всички нива на торене) изнасят сортовете Ахил и Кубер, сравнени със сорт Емон. Разликите в изнесените количества азот при торови норми N_9 и N_{12} са незначителни.

5. Продуктивността на ечемичните сортове доказано нараства с повишаване на азотната торова норма. Реализираният по-висок добив зърно при торова норма N_6, спрямо неторения вариант е 130-140 kg/da и 220-250 kg/da при нива на торене N_9 и N_{12}. За периода на изследване сортовете Ахил и Кубер формират по-високи добиви на зърно и слама, сравнен с този на сорт Емон (при всички нива на азотно торене). Не са установени съществени разлики в добива на зърно при по-високите нива на азотно торене.

fertilizer rate leads to an increase in the uptake of nitrogen, phosphorus and potassium with the barley grain and had a significantly smaller effect on the uptake of nutrients with the barley straw. Larger amounts of nitrogen with grain and straw, at all levels of fertilization, were uptake by the varieties Ahil and Kuber, compared to the variety Emon. The differences in the exported quantities of nitrogen at fertilizer rates N_9 and N_{12} were insignificant.

5. The productivity of barley varieties has been proven to increase with increasing nitrogen fertilizer rate. The realized higher grain yield at fertilizer rate N_6, compared to the control variant was 130-140 kg/da and 220-250 kg/da at fertilization rates N_9 and N_{12}. During the study period, Ahil and Kuber varieties formed higher grain and straw yields compared to the Emon variety (at all levels of nitrogen fertilization). No significant differences in grain yield were found at the higher levels of nitrogen fertilization.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Arduini, I., A. Masoni, L. Ercoli and M. Mariotti**, 2006. Grain Yield, and Dry Matter and Nitrogen Accumulation and Remobilization in Durum Wheat As Affected by Variety and Seeding Rate. *European Journal of Agronomy*, 25, 309-318.
2. **Austin, R. B., C. L. Morgan, M. A. Ford and R. D. Blackwell**, 1980. Contribution to Grain Yield from Pre-anthesis Assimilation in Tall and Dwarf Barley Phenotypes in Two Contrasting Seasons. *Ann. Bot.*, 45, 309-319.
3. **Bazitov, R., V. Bazitov and M. Mihailova**, 2011. Content of Crude Protein, KEM and KER in the Grain of Forage Barley under the Influence of Systems for Tillage and Mineral Fertilization. *International Scientific On-line Journal "Science and Technology", Union of Scientists, Stara Zagora*, 1 (6), 185-189 (Bg).
4. **Bell, C. and L. D. Incoll**, 1990. The Redistribution of Assimilate in Field-grown Winter Wheat. *Journal of Experimental Botany*, 41, 949-960.
5. **Bonnett, G. D. and L. D. Incoll**, 1992. The Potential Pre-anthesis and Post-anthesis Contributions of Stem Internodes to Grain Yield in Crops of Winter Barley. *Annals of Botany*, 69, 219-225.
6. **Elliot, D. E., D. J. Reuter, G. D. Reddy and R. J. Abbot**, 1997. Phosphorus Nutrition of Springwheat (*Triticum aestivum* L.). 1. Effects of Phosphorus Supply on Plant Symptoms, Yield, Components of Yield, and Plant Phosphorus Uptake. *Aust. Journal Agriculture Research*, 48, 855-867.
7. **Gonzalez, G. and L. Trejo-Tellez**, 2007. Nutricion de Cultivos. Mundi Prensa, Mexico, pp. 237-285.

8. **Ivanov, M. and I. Dimitrov**, 2018. Influence of Some Agro-technical Factors on the Productivity of Triple Crop Rotation in the Agro-ecological Conditions of the Upper Thracian lowland. *Bulgarian Journal of Crop Science,* 55 (4), 14-23 (Bg).
9. **Prystupa, P., R. Savin and G. Slafer**, 2004. Grain Number and Its Relationship with Dry Matter, N and P in the Spikes at Heading in Response to N×P Fertilization in Barley. *Field Crops Research*, 90 (2-3), 245-254.
10. Spiertz, J. and J. Ellen, 1978. Effects of Nitrogen on Crop Development and Grain Growth of Winter Wheat in Relation to Assimilation and Utilization of Assimilates and Nutrients. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 25, 210-231.
11. **Valcheva, V., K. Trendafilov and M. Almaliev**, 2015. Nitrogen Mineralization Potential of Alluvial-meadow Soil after Long-term Fertilization. *Agricultural Science and Technology*, 7 (4), 476-480 (Bg).
12. **Van Sanford, D. and C. MacKown**, 1987. Cultivar Differences in Nitrogen Remobilization During Grain Fill in Soft Red Winter Wheat. *Crop Science*, 27, 295-300.
13. Vouillot, M. O. and F. Devienne-Barret, 1999. Accumulation and Remobilization of Nitrogen in a Vegetative Winter Wheat Crop during or Following Nitrogen Deficiency. *Ann. Bot*., 83, 569-575.