Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2020, 23 (5), 75-88 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Проучване продуктивността и стабилността на добива на сортове обикновена пшеница

Антония Стоянова*, Митко Георгиев, Станислава Атанасова, Ферихан Емурлова, Роксана Минева

Аграрен факултет, Тракийски университет, 6000 Стара Загора, България

Study of Productivity and Stability of Yield of Common Wheat Varieties

Antoniya Stoyanova*, Mitko Georgiev, Stanislava Atanasova, Ferihan Emurlova, Roksana Mineva

Faculty of Agriculture, Trakya University, 6000 Stara Zagora, Bulgaria
**E-mail: toni_1219@abv.bg*

Original scientific paper

РЕЗЮМЕ

Създаването и внедряването на сортове обикновена пшеница с висок генетичен потенциал за продуктивност и качество на зърното, е свързано с проучване на екологичната пластичност на отделните сортове през годините с различно напрежение на метеорологичните фактори. Целта на настоящата разработка е да се направи оценка на продуктивността на седем сорта обикновена пшеница и да се определят технологично най-ценните от тях по отношение стабилността на добивите. Експерименталното полско изследване е проведено в учебно-опитното поле на катедра Растениевъдство, Аграрен факултет към Тракийски университет - Стара Загора, през периода 2017-2019 г. Обект на проучването са следните сортове обикновена пшеница:„Ingenio“, „Dalara“, „Moyson“, „Falado“, „Gabrio“, „Pibrac“ и „Factor“. Чрез дисперсионния анализ е установена и оценена взаимовръзката между изследваните фактори и влиянието върху проучваните ва-

SUMMARY

The creation and introduction of common wheat varieties with high genetic potential for productivity and grain quality is related to the study of the ecological plasticity of individual varieties over the years with different stress of meteorological factors. The aim of the present study is to evaluate the productivity of seven varieties of common wheat and to determine the most technologically valuable of them in terms of yield stability. The experimental field study was conducted in the experimental field of the Department of Plant Breeding, Faculty of Agriculture at the Trakia University - Stara Zagora, in the period 2017-2019. The object of the study are the following varieties of common wheat: "Ingenio", "Dalara", "Moyson", "Falado", "Gabrio", "Pibrac" and "Factor". The relationship between the studied factors and the influence on the studied variants was established and evaluated through the analysis of variance. The variants of stability (σi2 and Si2 according to Shukla),

рианти. Изчислени са вариансите на стабилност (σi^2 и Si^2 по Shukla), ековаленса (W_i по Wricke) и критерия за стабилност (YS_i на Kang). Сортовете „Falado“ (7104,9 kg/ha) и „Gabrio“ (7014,3 kg/ha) се отличават с най-висока продуктивност. Екологичната пластичност и генотипът на сортовете осигуряват превишение на показателя съответно с 44,7 и 42,9% спрямо сорт „Factor“. Обобщаващият критерий за стабилност YS_i на Kang, отчитайки едновременно стабилността и стойността на добива, дава отрицателна оценки за сортовете: „Factor“ (-10), „Pibrac“ (-9) и „Moyson“ (-1). Висока комплексна оценка за технологична стабилност на добивите получават сортовете: „Dalara“ (8+), „Falado“ (2+) и „Gabrio“ (1+).
Ключови думи: обикновена пшеница, сортове, продуктивност, стабилност

ecovalence (Wi according to Wricke) and stability criterion (YSi according to Kang) were calculated. The varieties ’Falado’ (7104.9 kg/ha) and ’Gabrio’ (7014.3 kg/ha) have the highest productivity.

The ecological plasticity and the genotype of the varieties provide an excess of the indicator by 44.7 and 42.9%, respectively, compared to the "Factor" variety. Kang’s generalized stability criterion YSi, taking into account both stability and yield value, gives negative ratings for the varieties: "Factor" (-10), "Pibrac" (-9) and "Moyson" (-1). The varieties Dalara (8+), Falado (2+) and Gabrio (1+) receive a high complex assessment of technological stability of yields.

Key words: common wheat, varieties, productivity, stability

УВОД

Пшеницата играе важна роля в икономиката и живота на хората, което предполага и големият интерес на селекционери и производители. Основните фактори които влияят пригодността на даден район за получаване на високи и стабилни добиви от обикновена мека пшеница са топлината, влагата и типа на почвата. Получаването на оптимални добиви зависи не само внедряването на нови високопродуктивни сортове, но и от определянето на най-подходящата сортова структура за всеки район, и микрорайон на страната. В тази връзка е наложително по-задълбочено проучване на зависимостта между сорта и специфичните метеорологични условия на даден район (Penchev and Stoeva, 2004; Habibi et al., 2011; Kucek et al., 2019).

Съвременните общи програми за селекция на пшеница са насочени предимно към създаване на високодобивни, висококачествени и с добра стабилност сортове. В резултат на промените в съвременния климат, селекцията при

INTRODUCTION

Wheat plays an important role in the economy and people’s lives, which implies the great interest of breeders and producers. The main factors that affect the suitability of an area to obtain high and stable yields of common soft wheat are heat, moisture and soil type.

Obtaining optimal yields depends not only on the introduction of new high-yielding varieties, but also on determining the most appropriate varietal structure for each region and neighbourhood of the country. In this regard, a more in-depth study of the relationship between the variety and the specific meteorological conditions of a given area is imperative (Penchev and Stoeva, 2004; Habibi et al., 2011; Kucek et al., 2019).

Modern general wheat selection programs are aimed primarily at creating high-yielding, high-quality and well-stable varieties. As a result of changes in the modern climate, the selection of wheat requires the creation of new varieties with пшеницата налага създаване на нови сортове с висока студо и сухоустойчивост.

Освен по устойчивостта на студ и суша, сортовете пшеница се "надпреварват" и по пластичност. Успешното презимуване на зимните житни култури има решаващо значение за получаването на стабилни добиви, сочи кластерен анализ на добивите на двадесет сорта зимна пшеница (Dochev et al., 2009).

Топлинният стрес е важно производствено ограничение на пшеницата (*Triticum aestivum* L.), засягащо много растителни биологични дейности в клетъчната мембрана, според (Ibrahim and Quick, 2001). Авторите определят генетичния контрол на толерантността към топлина чрез диалелен анализ на избраната пшенична зародишна плазма. Нарастващото търсене на високо и хомогенно технологично качество на обикновената пшеница (*Triticum aestivum* L.) посочва необходимостта от повишаване съдържанието на протеини и глутен, подобряване здравината и стабилност на тестото (Blandino et al., 2016).

Продуктивният потенциал на пшеницата е свързан с повишената толерантност културата към абиотичния стрес (Tsenov et al., 2009). Добивите, както и структурните им елементи се повлияват силно от условията на годината и пластичността на сорта (Georgieva et al., 2004). В условията на Горнотракийската низина, късното поникване на пшеницата води до образуването на по-малък брой класоносни стъбла.

Според Ivanova and Tsenov, (2009), метеорологичните условия са основен агротехнически фактор за формиране на биологичните и стопански признаци при четиринадесет сорта зимна обикновена пшеница а нормата на минерално торене влияе основно величината – добив зърно. С идентифицирането на стабилността и адаптивността на осемнадесет пшеничени генотипа, се установява характера на взаимодействието между генотип-среда (Ayalneh et al.,

high cold and drought resistance.

In addition to resistance to cold and drought, wheat varieties "compete" in plasticity. Successful overwintering of winter cereals is crucial for stable yields, according to a cluster analysis of the yields of twenty winter wheat varieties (Dochev et al., 2009).

Heat stress is an important production restriction of wheat (*Triticum aestivum* L.), affecting many plant biological activities in the cell membrane, according to (Ibrahim and Quick, 2001). The authors determine the genetic control of heat tolerance by diallel analysis of the selected wheat germ plasma. The growing demand for high and homogeneous technological quality of common wheat (*Triticum aestivum* L.) indicates the need to increase the protein and gluten content, improve the strength and stability of the dough (Blandino et al., 2016).

The productive potential of wheat is associated with increased crop tolerance to abiotic stress (Tsenov et al., 2009). Yields as well as their structural elements are strongly influenced by the conditions of the year and the plasticity of the variety (Georgieva et al., 2004). In the conditions of the Upper Thracian lowland, the late germination of wheat leads to the formation of a smaller number of spikelets.

According to Ivanova and Tsenov, (2009), meteorological conditions are a major agrotechnical factor for the formation of biological and economic traits in fourteen varieties of winter common wheat and the rate of mineral fertilization mainly affects the size - grain yield. With the identification of stability and adaptability genotype, the nature of the interaction between genotype-environment is established (Ayalneh et al., 2012). Production results can be improved with

2012). Производствените резултати могат да бъдат подобрявани с научна информация, генерирана от научни експерименти. Оценена е и стабилността на генотипите в условията на конвенционално и биологично производство (Kaut et al., 2009; Ivanov et al., 2018).

Mohammadi et al., (2009) оценяват стабилността на производителността чрез статистиката на добива на Кан (YSi) и два нови метода на статистиката на регресия при добивите (Ybi) и статистиката на разстоянието при добивите (Ydi). Авторите изследват интеграцията на добива и стабилността на тестовите генотипи в непредсказуема среда, чрез тест на двадесет генотипа, на четири места, за три години, чрез GGE (генотип и екологичен генотип) на биплот.

Brancourt-Hulmel and Lecomte, (2003) обясняват взаимодействието на генотип × околната среда в много заобикаляща среда на зимна пшеница (*Triticum aestivum* L.) при променливи условия на околната среда, за да оценят чувствителността на генотипа към средата и да сравнят резултатите от биадитивната факторна регресия (BIAREG), класическата основна добавка ефект и модела на мултипликативно взаимодействие (AMMI). Анализът на данните им включва тринайсет линии, отглеждани във Франция в условията на четиринайсет среди (комбинации от две години, четири локации и две обработки). Измерва се добивът на зърното и датата на залагане, а средата се характеризира с климатични данни (воден дефицит, радиация, температура над 25 °C) и други. Влиянието на средата е оценено чрез стабилността на добивите и от други изследователи (Gordana et al., 2014; Döringa et al., 2015).

Изменението на климата е глобален проблем за културите, ето защо екологичната пластичност на различните сортове и линии е обект на редица изследвания. По данни на Chloupek et al. (2004), през последните петдесет

scientific information generated by scientific experiments. The stability of genotypes in the conditions of conventional and organic production was also assessed (Kaut et al., 2009; Ivanov et al., 2018).

Mohammadi et al., (2009) assessed productivity stability through Cannes yield statistics (YSi) and two new methods of yield regression statistics (Ybi) and distance statistics (Ydi).

The authors investigated the integration of yield and stability of test genotypes in an unpredictable environment, by testing twenty genotypes, in four places, for three years, by GGE (genotype and ecological genotype) of a biplot.

Brancourt-Hulmel and Lecomte, (2003) explain the interaction of genotype × environment in the very environment of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under changing environmental conditions to assess the sensitivity of the genotype to the environment and to compare the results of biodiversity factor regression (BIAREG), the classic main effect supplement and the multiplicative interaction model (AMMI). The analysis of their data includes thirteen lines grown in France in fourteen environments (combinations of two years, four locations and two treatments). The grain yield and the date of laying are measured, and the environment is characterized by climatic data (water deficit, radiation, temperature above 25 °C) and others. The influence of the environment has been assessed by the stability of yields by other researchers (Gordana et al., 2014; Döringa et al., 2015).

Climate change is a global problem for crops, which is why the ecological plasticity of different varieties and lines is the subject of a number of studies. According to Chloupek et al. (2004), over the last fifty years, the average air години, средната температура на въздуха се повишава средно с 0,021 °C (годишно), като за последните десет години повишението е с 0,087 °C (годишно). Тези климатични промени бяха благоприятни за някои култури (пшеница, ечемик, рапица, захарно цвекло, ръж, царевица и бобови култури), които повишават добивите си в по-топли години, придружени от повече часове слънчева светлина.

Правилната сортова структура в зависимост от конкретните агроекологични условия на района може да повиши значително добивите и качеството на продукцията (Ilieva, 2011).

При съвременните пазарни условия повишаването на добива и подобряването на качеството на зърното от обикновената пшеница придобиват все по-голямо значение. Това налага внедряване на сортове с висока продуктивност и адаптивност към условията на средата. Необходимо е да се проучат продуктивните възможности на всеки сорт в различни агроекологични райони. Всеки един елемент от технологията за отглеждане на житните култура е обект на изследване на редица изследователи (Sevov and Delibaltova, 2013; Kuneva et al., 2014; Barakova et al., 2018; Delchev and Angelova, 2019). Обогатяването на почвата с хранителни елементи, коригиращото листно подхранване, влажност на почвата, обработка и борбата със заплевеляването са проучвани с цел анализ на влиянието им върху структурните елементи на добива и продуктивността на културата.

Целта на настоящата разработка е да се направи оценка на продуктивността на седем сорта обикновена пшеница и да се определят технологично най-ценните сортове по отношение стабилността на добивите.

temperature has increased by an average of 0.021 °C (per year), and for the last ten years the increase has been by 0.087 °C (per year). These climate changes have been favourable for some crops (wheat, barley, rapeseed, sugar beet, rye, corn and legumes), which increase their yields in warmer years, accompanied by more hours of sunlight.

The correct varietal structure depending on the specific agro-ecological conditions of the region can significantly increase the yields and the quality of the production (Ilieva, 2011).

In today's market conditions, increasing the yield and improving the quality of common wheat grain is becoming increasingly important.

This requires the introduction of varieties with high productivity and adaptability to environmental conditions. It is necessary to study the productive potential of each variety in different agro-ecological areas.

Each element of the technology for growing cereals is the subject of research by a number of researchers (Sevov and Delibaltova, 2013; Kuneva et al., 2014; Barakova et al., 2018; Delchev and Angelova, 2019). Nutrient enrichment, corrective foliar feeding, soil moisture, tillage and weed control have been studied to analyze their impact on the structural elements of yield and crop productivity.

The aim of the present study is to evaluate the productivity of seven varieties of common wheat and to determine the most technologically valuable varieties in terms of yield stability.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Експерименталното полско изследване е проведено в учебно-опитното поле на катедра Растениевъдство, Аграрен

MATERIAL AND METHODS

The experimental field study was conducted in the experimental field of the Department of Plant Breeding, Faculty of факултет към Тракийски университет - Стара Загора, през периода 2017-2019 г. Обект на проучването са седем сорта обикновена пшеница (‚Ingenio“, Dalara“, „Moyson“, „Falado“, „Gabrio, „Pibrac“ и „Factor“.

Създаването и внедряването на сортове обикновена пшеница с висок генетичен потенциал за продуктивност и качество на зърното, е свързано с проучване на екологичната пластичност при отделните сортове, през години с различно напрежение на метеорологичните фактори. За сравнение с внедрените сортове е използван сорт Factor“ (българска селекция).

Полският опит с обикновена пшеница е изведен по методика, типична за района. Изследването беше заложено по метода на дробните парцелки. Големината на опитната парцелка е 10 m^2.

Почвата в опитното поле се характеризира като типично ливадно-канелена. Мощността на хумусния хоризонт при този почвен вид варира в широки граници от 30 cm до 75 cm. В случая мощността е ясно изразена и е в границите – 0-50 cm. Според механичния състав, почвеният тип е песъкливо-глинест.

Сеитбата на пшеницата в годините на полско изследване, е извършвана в оптималните за района срокове. По време на вегетацията проведохме еднократно подхранване с амониева селитра. Количеството на внесения азотосъдържащ тор беше в доза N_{140}. По отношение на съдържанието на хумус и хранителни вещества почвата се характеризира като подходяща за отглеждане на пшеница.

Запасеността с хумус е 3,93%, а с минерален азот – 40,8 mg/1000 g почва. Амонячният азот е 0,45 mg/1000 g почва, а нитратният – 40,33 mg/1000 g почва. Почвата е слабо запасена с подвижен фосфор (3,27 mg/1000 g). Съдържанието на подвижен калий е 3,2 mg/1000 g почва, което я характери-

Agriculture at the Thracian University - Stara Zagora, in the period 2017-2019. The object of the study are seven varieties of common wheat (Ingenio, Dalara, Moyson). "Falado", "Gabrio", "Pibrac" and "Factor".

The creation and introduction of varieties of common wheat with high genetic potential for productivity and grain quality is associated with the study of ecological plasticity of individual varieties, over the years with different stress of meteorological factors. The Factor variety (Bulgarian selection) was used for comparison with the introduced varieties.

The field experiment with common wheat was carried out according to a methodology typical for the region. The study was based on the method of fractional plots. The size of the experimental plot is 10 m^2.

The soil in the experimental field is characterized as typically meadow-cinnamon. The thickness of the humus horizon in this soil species varies widely from 30 cm to 75 cm. In this case, the power is clearly expressed and is in the range – 0-50 cm. According to the mechanical composition, the soil type is sandy-clayey.

The sowing of wheat in the years of field research was carried out in the optimal time for the region. During the vegetation we carried out a single feeding with ammonium nitrate.

The amount of nitrogen fertilizer applied was N_{140}. In terms of humus and nutrient content, the soil is characterized as suitable for growing wheat.

The stock with humus is 3.93%, and with mineral nitrogen - 40.8 mg/1000 g of soil. Ammonia nitrogen is 0.45 mg/1000 g of soil and nitrate is 40.33 mg/1000 g of soil. The soil is poorly stocked with mobile phosphorus (3.27 mg/1000 g). The content of mobile potassium is 3.2 mg/1000 g of soil, which зира, като много добре запасена с този елемент.

Приложен е дисперсионен анализ за статистическата обработка на данни.Установена и оценена е взаимовръзката между изследваните фактори и влиянието върху проучваните варианти. Изчислени са вариансите на стабилност ($σi^2$ и Si^2 по Shukla), ековаленса (W_i по Wricke) и критерия за стабилност (YS_i на Kang).

Агрометеорологични условия

Периодът на проучването се характеризира с голямо напрежение на метеорологичните фактори. Температурите запаси са високи през годините на изследването (Фигура 1). Сумарните температури за трите стопански години са съответно 3916 ^oC, 4143 ^oC и 4089 ^oC при средно за дългогодишен период (2006-2019) 3861 ^oC. През втората стопанска година превишението на сумарните температури спрямо дългогодишния период е с 7,3%. Първата и третата година също се характеризират с по-високи температурни суми съответно с 1,4% и 5,9%. Не са измерени критично ниски температури през периода на опита. Регистрирани са отрицателни температури в първата десетдневка на януари за 2016/2017 г. (-5,4 ^oC). През 2017/2018 и 2018/2019 г. отчетените десетдневни температурни суми са със средни стойности. През последните две години от полското проучване, средно дневните температури са с по-високи стойности и не застрашават нормалното презимуване на културата.

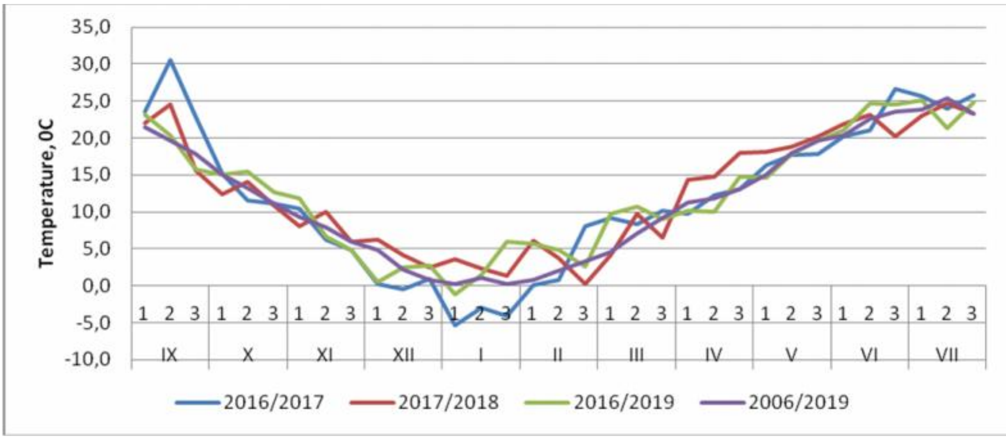
characterizes it as very well stocked with this element.

A variance analysis for the statistical data processing is applied. The interrelation between the studied factors and the influence on the studied variants is established and evaluated. The variants of stability (σi2 and Si2 according to Shukla), ecovalence (Wi according to Wricke) and stability criterion (YSi according to Kang) were calculated.

Agrometeorological conditions

The study period is characterized by high stress of meteorological factors. Stock temperatures are high over the years of the study (Figure 1). The total temperatures for the three economic years are 3916 ^oC, 4143 ^oC and 4089^oC respectively at a long-term average (2006-2019) 3861 ^oC. In the second economic year the excess of the total temperatures compared to the long-term period is by 7.3%. The first and third years are also characterized by higher temperature sums by 1.4% and 5.9%, respectively. No critically low temperatures were measured during the experimental period.

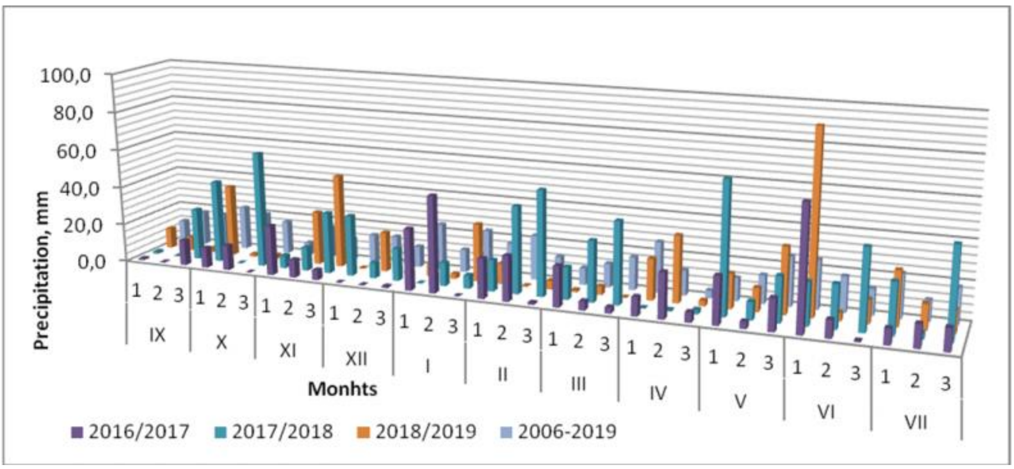
Negative temperatures were registered in the first ten days of January for 2016/2017 (-5.4 ^oC). In 2017/2018 and 2018/2019, the reported ten-day temperature amounts are average. In the last two years of the field study, the average daily temperatures are higher and do not endanger the normal overwintering of the crop.



Фиг. 1. Средноденонощни температури, измерени през периода на полското изследване в района на Стара Загора
Fig. 1. Average daily temperatures measured during the field survey in the region of Stara Zagora

Разпределение на падналите валежи през трите експериментални години, е изключително неравномерно (Фигура 2). Средната годишна норма на валежите за периода 2006-2019 е 535,2 mm, а за периода на вегетация при пшеницата нормата през последните 50 години е 436,76 mm. Размерът на валежите е с 35,4 % по-висок от нормата. Първата година (2016/2017) се характеризира с по-малко количество на регистрираните валежи. Стойностите са с 21,5% по-ниски спрямо нормата.

The distribution of precipitation over the three experimental years is extremely uneven (Figure 2). The average annual precipitation rate for the period 2006-2019 is 535.2 mm, and for the wheat growing season the norm for the last 50 years is 436.76 mm. The amount of precipitation is 35.4% higher than the norm. The first year (2016/2017) is characterized by a smaller amount of registered precipitation. The values are 21.5% lower than the norm.



Фиг. 2. Количество и разпределение на валежите през периода на експеримента, за района на Стара Загора
Fig. 2. Amount and distribution of precipitation during the period of the experiment, for the region of Stara Zagora

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

В Таблица 1 са представени резултати от добива на зърно изследваните сортове обикновена пшеница. Добивите са резултат от влиянието на годината (факторите на климатичния комплекс) и продуктивността на сорта. С най-висока продуктивност се отличават сортовете „Falado“ (8929,93 kg/ha) и „Gabrio“ (8359,63 kg/ha) през трета стопанска година (2018/2019). Сравнени с „Factor“, увеличението на добива е съответно с 91,6% и 79,4%. Средно за периода тенденцията се запазва, като екологичната пластичност и генотипът на двата сорта осигуряват превишение в добива съответно с 44,7 и 42,9% (при P ≤0,1) спрямо сорт „Фактор“ (4909,71). С по-слаба продуктивност се характеризира сорт „Пибрак“, където превишението в стойностите на показателя е с 15,0%. Получените добиви са сумарен ефект от генома на сорта и адаптивността към специфичните климатични условия.

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 presents the results of grain yield of the studied varieties of common wheat. Yields are a result of the influence of the year (factors of the climatic complex) and the productivity of the variety. The varieties "Falado" (8929.93 kg/ha) and "Gabrio" (8359.63 kg/ha) in the third marketing year (2018/2019) have the highest productivity. Compared to Factor, the increase in yield was 91.6% and 79.4%, respectively. On average for the period the trend continues, as the ecological plasticity and the genotype of the two varieties provide an excess in the yield by 44.7 and 42.9%, respectively (at P ≤0.1) compared to the variety “Factor” (4909.71). Pibrak variety is characterized by lower productivity, where the excess in the values of the indicator is by 15.0%. The yields obtained are the total effect of the genome of the variety and the adaptability to the specific climatic conditions.

Таблица 1. Добиви зърно от пшеница, kg/ha (2017-2019)
Table 1. Wheat grain yields, kg/ha (2017-2019)

Varieties	2017	2018	2019	Average (Factor B)
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Ingenio	6022,25	5234,50	6810,13	6021,54
Dalara	6587,00	6004,07	7170,22	6568,86
Moyson	6322,38	4944,75	7699,60	6325,49
Falado	7106,00	5282,35	8929,93	7104,89
Gabrio	7015,75	5671,51	8359,63	7014,28
Pibrac	-	5928,40	5460,28	5694,34
Factor	4909,25	5158,53	4660,10	4909,71
Average (Factor A)	6343,59	5276,81	7012,84	-
LSD	F. A	p≤5%=309,9	p≤1%=412,1	p≤0,1%=536,1
	F. B	p≤5%=473,4	p≤1%=629,6	p≤0,1%=818,9
	A x B	p≤5%=819,9	p≤1%=1090,4	p≤0,1%=1418,3

Анализът на варианса по отношение на добива на зърно (Таблица 2) установява, че влиянието на изпитваните варианти е 85,6% (P ≤0,1) от общото вариране на данните. Сортът оказва най-силно влияние върху добива на зърно – 41,4, причината за което

The analysis of the variance in terms of grain yield (Table 2) found that the influence of the tested variants was 85.6% (P ≤0.1) of the total variation of the data. The variety has the strongest influence on grain yield - 41.4, the reason for which is the ecological plasticity and е екологичната пластичност и генотипа на всеки сорт. Силата на влияние на годините е 28,3%. Висока стойност на този параметър се дължи на разликите в метеорологичните условия през опитните години. Влиянието на двата фактора (година и сорт) е доказано при висока степен на достоверност (P≤0,1). Налице е и взаимодействие на хербицидите с условията на годините (A x B) – 15,9% (P≤0,1%).

genotype of each variety. The strength of the influence of the years is 28.3%. High value of this parameter is due to differences in meteorological conditions during the experimental years. The influence of both factors (year and variety) has been proven with a high degree of reliability (P≤0.1). There is also an interaction of herbicides with the conditions of the years (A x B) - 15.9% (P≤0.1%).

Таблица 2. Дисперсионен анализ за добива зърно от пшеница
Table 2. Dispersion analysis for wheat grain yield

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Influence of the factor, %	Mean squares	Fisher's criterion	Probability level
Total	83	1,5	100	-	-	-
Blocks	3	1750016,0	1,2	583338,7	0,2	
Variants	20	1,3	85,6	6501080,0	0	***
Factor A - Year	2	4,2	28,3	63,9	0	***
Factor B - Varieties	6	6,2	41,4	31,2	0	***
A x B	12	2,4	15,9	2008000,0	0,1	***
Error	60	2,0	13,2	336017,1	-	-

*p≤5 % **p≤1 % ***p≤0,1%

На базата на установеното взаимодействие година x сорт е оценена стабилността на проявите на всеки вариант по отношение добива на зърно от обикновена пшеница (Таблица 3). Изчислени са вариансите на стабилност – σi^2 и Si^2 (по Shukla), ековаленса – W_i (по Wricke) и критерия за стабилност – YS_i (на Kang).

Отклоненията на стабилност на Shukla (σ^{i2} и Si^2) анализират линейните и нелинейни взаимодействия и еднопосочно оценяват стабилността на вариантите. Вариантите, с по-ниски стойности се оценят като по-стабилни, защото взаимодействат по-слабо с условията на средата. Отрицателните стойности на показателите σi^2 и Si^2 се приемат за 0. При достоверно високи стойности на параметрите – σi^2 или Si^2, вариантите се разглеждат като нестабилни. При екоdanвa…

Based on the established year-variety interaction, the stability of the manifestations of each variant with respect to the yield of common wheat grain was assessed (Table 3). The variants of stability – σi^2 and Si^2 (according to Shukla), ecovalence – W_i (according to Wricke) and the criterion for stability – YS_i (according to Kang) are calculated.

The stability deviations of Shukla (σi^2 and Si^2) analyze the linear and nonlinear interactions and unilaterally evaluate the stability of the variants. Variants with lower values are considered more stable because they interact less with environmental conditions. The negative values of the indicators σi^2 and Si^2 are considered to be 0. At reliably high values of the parameters – σi^2 or Si^2, the variants are considered as unstable. In Wricke's W_i ecovalence, the higher the value of the indicator, the more unstable the corresponding variant.

Таблица 3. Параметри на стабилност на някои сортове пшеница за добив зърно по отношение на годините

Table 3. Stability parameters of some wheat varieties for grain yield with respect to years

Varieties	$\bar{x}$	σ_i^2	S_i^2	W_i	YS_i
Ingenio	6022,25	-518406,3	53,8*	530,5	0
Dalara	6587,00	-311457,8	-1,4	296171,2	8+
Moyson	6322,38	1510286,0**	-5,8	2898663,0	-1
Falado	7106,00	5635311,0**	-6,4	8791555,0	2+
Gabrio	7015,75	1291582,0**	-5,2	2586229,0	1+
Pibrac	5694,00	5188631,0**	-0,8	8153440,0	-9
Factor	4909,25	5361271,0**	-1,6	8000069,0	-10
Average	6237,1				-1,2
LSD (p=0,05)	2,5				

Въз основа на варианса на стабилност σi^2 се установява, че сортовете: „Moyson“, „Falado“, „Gabrio“, „Pibrac“ и „Factor“ са нестабилни. Нестабилността е от линеен тип, защото е доказана само при този параметър. Варирането на добивите през отделните години са причина за нестабилността. Сортовете „Dalara“ и „Ingenio“ проявяват по-добра екологична пластичност и съответно висока стабилност по отношение на добивите. Според варианса на стабилност – S_i^2 на Shukla, “Ingenio” се оценява като нестабилен, на базата на линейните взаимодействия. Резултатите за еkovаленса – W_i по Wricke показват, че сорт “Ingenio” проявява най-висока стабилност, дължаща се на незначимите разлики в добивите зърно през експерименталните години. Подобни анализи при 18 генотипа установяват слабо колебание на околната среда (Ayalneh et al., 2012). Останалите варианти регистрират високи стойности на показателя, което определя нестабилност на резултатите, под влияние на околната среда.

Цялостна оценка за ефективността на сортовете може да се направи след анализ на взаимодействието сорт х среда и ниво на адаптивност, което се представлява от величината на добива. Комплексна оценка за технологичната ценност на сортовете дава обобщаващият критерий за стабилност –

Based on the σi^2 stability variant, it was found that the varieties Moyson, Falado, Gabrio, Pibrac and Factor were unstable. The instability is of the linear type because it is proven only at this parameter. The variation of yields in the individual years is the reason for the instability. The ’Dalara’ and ’Ingenio’ varieties show better ecological plasticity and high yield stability, respectively.

According to Shukla’s Si^2 variant of stability, "Ingenio" is rated as unstable based on linear interactions.

The Wricke W_i results show that the Ingenio variety shows the highest stability due to insignificant differences in grain yields during the experimental years.

Similar analyzes in 18 genotypes found little environmental fluctuation (Ayalneh et al., 2012). The other variants register high values of the indicator, which determines the instability of the results under the influence of the environment.

A complete assessment of the efficiency of the varieties can be made after analysis of the interaction variety x environment and level of adaptability, which is represented by the yield.

A comprehensive assessment of the technological value of the varieties is

YS_i на Kang. Той формира оценка за добива и за стабилността на отделните варианти, като се основава на достоверността на разликите в добива и варианса на взаимодействие със средата. Обощаващият критерий отчита стабилността на добива и неговата величина. От представените резултати се вижда, че технологично най-ценен се явява сорт "Dalara" с (8+) YS_i на Kang следван от сортовете Falado" (2+) и „Gabrio" (1+). Негативни оценки получават „Moyson" (-1), „Pibrac" (-9) и „Factor" (-10). Обобщаващият критерий за стабилност (YS_i) посочва сортовете „Pibrac" и „Factor" като най-нестабилни и нископродуктивни през годините на изследване Ниските оценки са в резултат на по-слабата продуктивност и нестабилност на добивите. Получените резултати са статистически доказани с висока степен на достоверност (P ≤0,05).

given by Kang's generalizing criterion for stability – YS_i. It forms an assessment of the yield and the stability of the individual variants, based on the reliability of the differences in the yield and the variant of interaction with the environment. The summary criterion takes into account the stability of the yield and its magnitude. The presented results show that the most technologically valuable variety is "Dalara" with (8+) YSi of Kang, followed by the varieties "Falado" (2+) and "Gabrio" (1+). Moyson (-1), Pibrac (-9) and Factor (-10) received negative ratings. The summary stability criterion (YSi) indicates the Pibrac and Factor varieties as the most volatile and low-yielding over the years of the study. The low scores are due to lower productivity and yield instability. The obtained results are statistically proven with a high degree of reliability (P ≤0.05).

ИЗВОДИ

Сортовете „Falado" (7104,89 kg/ha) и „Gabrio" (7014,28 kg/ha) са с най-висока средна продуктивност на зърно. Екологичната пластичност и генотипът на сортовете осигуряват превишение съответно с 44,7 и 42,9% спрямо сорт „Factor".

Обобщаващият критерий за стабилност – YS_i на Kang, отчитайки едновременно и стабилността и стойността на добив зърно, дава негативни оценки на сортовете „Factor" (-10), „Pibrac" (-9) и „Moyson" (-1). Висока комплексна оценка за технологична стабилност на добивите получават сортовете: „Dalara" (8+), „Falado" (2+) и „Gabrio" (1+).

CONCLUSIONS

The varieties 'Falado' (7104.89 kg/ha) and 'Gabrio' (7014.28 kg / ha) have the highest average grain productivity. The ecological plasticity and the genotype of the varieties provide an excess of 44.7 and 42.9% compared to the "Factor" variety, respectively.

Kang's summary criterion for stability, YS_i, taking into account both the stability and the value of grain yield, gives negative evaluations of the varieties "Factor" (-10), "Pibrac" (-9) and "Moyson" (-1). The varieties Dalara (8+), Falado (2+) and Gabrio (1+) receive a high complex assessment of technological stability of yields.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Ayalneh, T., T. Letta and M. Abinasa**, 2012. Assessment of Stability, Adaptability and Yield Performance of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars in South Eastern Ethiopia. *Plant Breeding and Seed Science*, 67, 3-12.
2. **Blandino, M., F., Marinaccio and A. Reyneri**, 2016. Effect of Late-season Nitrogen Fertilization on Grain Yield and on Flour Rheological Quality and Stability in Common Wheat, under Different Production Situations. *Italian Journal of Agronomy*, vol. 2, 107-113. http://dx.doi.org/10.4081/ija.2016.745

3. **Brancourt-Hulmel, M. and C. Lecomte**, 2003. Effect of Environmental Variates on Genotype × Environment Interaction of Winter Wheat. *Crop Science,* 43(2), 608-617.
4. **Barakova, T., Delchev, G., and N. Valkova**, 2018. Effect of Foliar Antibroadleaf Herbicides on Fat Content in Seeds of Various Cotton (*Gossypium Hirsutum* L.) Cultivars. Preprints 2018080017 (doi: 10.20944/preprints201808.0017.v1).
5. **Chloupek, O., P., Hrstkova and P. Schweigert**, 2004. Yield and Its Stability, Crop Diversity, Adaptability and Response to Climate Change, Weather and Fertilisation over 75 years in the Czech Republic in Comparison to Some European Countries. *Field Crops Research*, 85(2-3), 167-190.
6. **Delchev, Gr. and S. Angelova**, 2019. Productivity and Yield Stability at Late Treatment of Durum Wheat (Triticum durum Desf.) with Antibroadleaved Herbicides. III. Influence at Treatment during 3-rd Stem Node Stage. *Agricultural Science and Technology*, 11(1), 36-40. DOI: 10.15547/ast.2019.01.006.
7. **Dochev, D., T. Petrova and A. Atanasov**, 2009. Cold Resistance of Zoned Varieties of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Studies*, B(1), 45-49.
8. **Döringa T., P., Annicchiarico, S. Clarke, Z., Haigh, H. Jones, H. Pearce, J. Snape, J. Zhan and M. Wolfe**, 2015. Comparative Analysis of Performance and Stability among Composite Cross Populations, Variety Mixtures and Pure Lines of Winter Wheat in Organic and Conventional Cropping Systems. *Field Crops Research,* vol. 183, 235-245.
9. **Georgieva, Hr., D. Tsankova and A. Samodova**, 2004. Biological and Economic Qualities of Some Promising Wheat Varieties. *Field Crops Studies*, vol. I, 51-56.
10. **Gordana R. Branković, D. Dodig, M. Zorić, G. Šurlan-Momirović, V. Dragičević and N. Đurić**, 2014. Effects of Climatic Factors on Grain Vitreousness Stability and Heritability in Durum Wheat. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38: 429-440, doi:10.3906/tar-1308-51.
11. **Habibi, F., H. Normahamadi, H. Heidary, A., Eivazi and E. Majidi**, 2011. Effect of Cold Stress on Cell Membrane Stability, Chlorophyll A and B Contain and Proline Accumulation in Wheat (*Triticum aiestivum* L.) Variety. *African Journal of Agricultural Research*, 6(27), 5854-5859.
12. **Ivanova, A. and N. Tsenov,** 2009. Biological and Economic Characteristics of Common Wheat Varieties according to the Growing Conditions. *Field Crops Studies*, vol. B-1, 173-182.
13. **Ibrahim, A. and J. S. Quick**, 2001. Genetic Control of High Temperature Tolerance in Wheat as Measured by Membrane Thermal Stability. *Crop Science*, 41(5), 1405-1407. https://doi.org/10.2135/cropsci2001.4151405x
14. **Ilieva, D.**, 2011. Comparative Testing of Common Wheat Varieties in the Region of Northeastern Bulgaria. Scientific works of the University of Ruse, vol. 50, series 1.1.
15. **Ivanov, G., Z. Uhr and Gr. Delchev**, 2018. Estimation of Yield and Stability of Varieties of Common Winter Wheat Grown under Organic and Conventional Agriculture. *New knowledge Journal of Science*, 7(2), 265-272.
16. **Kuneva, V., E. Valchinova and M. Sabeva**, 2014. Grouping of Local and Introduced Rye Samples and Their Output Lines on the Basis of Cluster Analysis. *Agricultural Sciences*, 10(24), 5-10.
17. **Kucek, L., N. Santantonio, H. Gauch, J. Dawson, E. Mallory, H. Darby and M. Sorrells**, 2019. Genotype × Environment Interactions and Stability in Organic Wheat. *Crop Science*, 59(1), 25-32.

18. **Kaut, A., H., Mason, A., Navab, J., O'donovan and D. Spaner**, 2009. Performance and Stability of Performance of Spring Wheat Variety Mixtures in Organic and Conventional Management Systems in Western Canada. *Journal of Agricultural Science*, 147, 141-153.
19. **Mohammadi, R., R., Haghparast, A., Amri and C. Salvatore**, 2009. Yield Stability of Rainfed Durum Wheat and GGE Biplot Analysis of Multi-environment Trials. *Crop and Pasture Science,* 61(1), 92-101. https://doi.org/10.1071/CP09151
20. **Penchev, E. and I. Stoeva,** 2004, Evaluation of the Ecological Plasticity and Stability of a Group of Winter Soft Wheat Varieties. *Field Crop Research*, I(1), 30-33.
21. **Sevov A. and V. Delibaltova**, 2013. Effect of biostimulant fertigrain on bread wheat (*Triticum aestivum*) productivity elements and grain yield. *Scientific papers series A. Agronomy*, vol. LVI, 353-356, Bucharest, Romania.
22. **Tsenov, N., K. Kostov, I. Todorov, I. Panayotov, I. Stoeva, D. Atatnasova, I. Mankovski and P. Chamurliiski**, 2009. Problems, achievements and perspectives in the selection of productivity in winter wheat. *Field Crops Studies*, V(2), 261-273.

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2020, 23 (5), 89-107
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan
ISSN 1311-0489 (Print)
ISSN 2367-8364 (Online)

Противоерозионните методи и технологии като фактор за промени във физичните свойства на карбонатен чернозем

Илиана Иванова[1]*, Гергана Кунчева[2]

[1]Институт по земеделие и семезнание „Образцов чифлик", 7007 Русе, България
[2]Институт по почвознание, агртехнологии и защита на растенията „Н. Пушкаров", 1080 София, България

Erosion Control Methods and Technologies as a Factor for Changes the Physical Properties of Calcium Chernozem

Iliana Ivanova[1]*, Gergana Kuncheva[2]

[1]Institute of Agriculture and Seed Science "Obraztsov Chiflik", 7007 Rousse, Bulgaria
[2]Institute of Soil Science, Agrotechnology and Plant Protection "Nikola Pushkarov", 1080 Sofia, Bulgaria
*E-mail: tri_dve@abv.bg

Original scientific paper

РЕЗЮМЕ

През последните години в България усилено се работи по създаване на технологии за контрол и ограничаване на водната ерозия на почвата. Освен върху почвеното плодородие и съдържанието на органично вещество водноерозионните процеси влияят и върху основните физични свойства на почвата. Защитата на земеделските земи от негативното влияние на ерозионните процеси и запазването на физичните свойства и структурата на почвата могат да се осъществят чрез прилагане на противоерозионна агротехника, включваща различни противоерозионни методи и технологии.

В настоящата разработка се разглежда и установява положителното влияние на такава една противоерозионна технология (усъвършенствана-

SUMMARY

In recent years, in Bulgaria, it was working hard for creation of technologies for controlling and limiting soil water erosion. In addition to soil fertility and the content of organic matter, water erosion processes also affect the basic physical properties of the soil.

The protection of agricultural land from the negative impact of erosion processes and the preservation of the physical properties and structure of the soil can be accomplished by the application of erosion control practices, including various erosion control methods and technologies.

The present study examines and establishes the positive impact of such erosion control technology (advanced technology for minimum and unconventional та технология за минимална и нетрадиционна обработка на почвата), прилагана при отглеждане на царевица на наклонени терени, върху някои физични свойства на почвата на карбонатен чернозем. В периода 2017-2019 година са направени анализи на обемната плътност, общата порьозност и твърдостта на почвата, както и на някои ерозионни показатели, при използване на традиционни (конвенционални) технологии и на усъвършенстваната технология за минимална и нетрадиционна обработка на почвата, доказващи нейната почвозащитна ефективност.

В проведения тригодишен научен експеримент установихме, че прилагането на усъвършенстваната технология за минимална и нетрадиционна обработка на почвата води до намаляване на обемната плътност, увеличаване на общата порозност и намаляване на твърдостта на почвата. В крайната фаза, след прибиране, обемната плътност при варианта, отглеждан по тази технология е 1,26 kg/cm^3, а общата порьозност е 53,38%, докато при контролния вариант, отглеждан по наклона на склона, по традиционна технология, тези покзатели са съответно 1,36 kg/cm^3 за обемна плътност и 49,69% за обща порьозност. При прилагането на противоерозионната технология за минимална и нетрадиционна обработка, повърхностният воден отток намалява до 4,75 пъти, а ерозираната почва до 17,15 пъти, в сравнение с контролата, обработена по наклона на склона, като този ефект се запазва през целия период на изследването. Също така добивът на зърно царевица при тази технология, средно за 2017-2019 г. е с 16,07 % (с 1005,0 kg/ha) по-висок от този на контролата, с традиционно отглеждан посев по наклона на склона.

Ключови думи: водна ерозия, противоерозионни методи и технологии, физични свойства на почвата, минимална обработка на почвата, повърхностно мулчиране, вертикално мулчиране

tillage) applied in the maize for grain cultivation on slope lands, on some of the physical properties of soil - calcium chernozem.

In the period 2017-2019, analyzes of the bulk density, the total porosity and the hardness of the soil were implemented, as well as some erosion indicators, in application of traditional (conventional) technologies and the advanced technology for minimum and unconventional tillage, proving its high soil protection effectiveness.

In three-years experiment, we found that the application of advanced technology for minimum and unconventional tillage leads to a decrease in bulk density, increase the total porosity and reduces soil hardness.

In the final phase, after harvesting, the bulk density in the variant grown with this technology is 1.26 kg/cm^3 and the total porosity is 53.38%, while in the control variant grown along the slope, by conventional technology, these indicators are 1.36 kg/cm^3 for bulk density and 49.69% for total porosity, respectively.

When applying the erosion control technology for minimum and unconventional tillage, the surface water runoff is reduced to 4.75 times and the eroded soil to 17.15 times, compared to the control grown along the slope, and this effect is maintained throughout the all period of the study.

Also, the maize grain yield, grown by this technology, is 16.07% (by 1005.0 kg/ha) higher than that of the control, on average for three years period.

Key words: water erosion, erosion methods and technologies, soil physical properties, minimum soil tillage, surface mulching, vertical mulching

УВОД

Запазването на природния баланс зависи от рационалното използване на природните ресурси, в частност на почвата (Enchev, 2012). Защитата на земеделските земи от водна ерозия може да се осъществи с т.н. противоерозионна агротехника, включваща различни методи и технологии: минимална обработка на почвата и някои нетрадиционни обработки като повърхностно и вертикално мулчиране (Dimitrov et al., 2017; Dimitrov et al., 2019).

Дълготрайните изследвания по прилагането на различни агротехнически практики през последните години (Nikolova and Dimitrov, 2014; Dimitrov et al., 2019) доказват важността на подхода при избора на агротехническите мероприятия и това, че обработката на земеделските земи е фактор за преодоляване на негативните промени във физичните свойства на почвата (Mitova et al., 2015; Dimitrov et al., 2016). Тези параметри оказват пряко влияние върху нейното плодородие. Влияние върху физичните свойства и структурата на почвата оказват и специфичните топографски, климатични, почвени и стопански условия на България. Те създават предпоставки за развитие на интензивни деградационни процеси от водна ерозия (Malinov et al., 2014; Ruseva et al., 2015). Тези процеси до голяма степен се засилват и с развитието на човешката дейност (Velizarova and Marinov, 2008). От друга страна, физичните характеристики на почвените типове и прилаганите земеделски практики влияят съществено върху добивния потенциал на земеделските култури (Kolchakov et al., 2019).

Под влияние на водната ерозия се разрушава най-плодородния повърхностен пласт на почвата и се влошават агрохимичните й свойства. Това се отнася преди всичко до съдържанието на хумус в кореннообитаемия слой, което се обуславя основно с намаляването на мощностттта на хумусния хоризонт

INTRODUCTION

The preservation of the natural balance depends on the rational use of natural resources, the soil in particular (Enchev, 2012). The protection of agricultural lands from water erosion can be done with the erosion control agricultural techniques, including various methods and technologies: minimum tillage and some unconventional practices such as surface and vertical mulching (Dimitrov et al., 2017; Dimitrov et al., 2019).

Long-term research on the application of various agro-technical practices in recent years (Nikolova and Dimitrov, 2014; Dimitrov et al., 2019) proves the importance of the approach in choosing agro-technical measures and that the cultivation of agricultural land is a factor in overcoming the negative changes in the physical properties of the soil (Mitova et al., 2015; Dimitrov et al., 2016). These parameters have a direct impact on its fertility. The physical properties and structure of the soil are also influenced by the specific topographic, climatic, soil and economic conditions in Bulgaria.

They create prerequisites for the development of intensive degradation processes by water erosion (Malinov et al., 2014; Ruseva et al., 2015). These processes are greatly enhanced with the development of human activity (Velizarova and Marinov, 2008). On the other hand, the physical characteristics of soil types and applied agricultural practices significantly affect the yield potential of agricultural crops (Kolchakov et al., 2019).

Under the influence of water erosion, the most fertile surface layer of the soil is destroyed and its agrochemical properties deteriorate. It reduces the depth of the root layer, as well as the content of organic matter (Kuncheva, 2016).

The losses are significant and have

(Kuncheva, 2016). Загубите са огромни и имат сериозни последици както за селскостопанското производство, така и за икономиката като цяло. Те са проблем с национална значимост, чието решение не може да бъде постигнато с установените конвенционални технологии и изисква прилагане на мерки за защита на почвата (Dimitrov et al., 2018).

При интензивната система на механична обработка на почвата се извършват голям брой преминавания на селскостопанската техника (10-12 броя годишно), което влошава физичните свойства на почвата, докато при минималната обработка на почвата те се редуцират (Dimitrov et al., 2007; Beloev et al., 2008; Georgieva et al., 2013; Ilieva and Hristova, 2014). Предизвиканите от продължителната обработка проблеми, ускоряващи процесите на дехумификация и деградация при съвременните условия изискват прилагането на мерки, актуални технологични решения и земеделски практики. За рационалното използване и запазване на почвите трябва да се имат предвид факторите, ограничаващи и намаляващи техните агропроизводствени качества и почвеното плодородие (Teoharov et al., 2015, Dimitrov et al., 2019).

Противоерозионните мерки са комплекс от почвозащитни действия, провеждани с помощта на различни противоерозионни операции (обработки), методи и технологии, както и на специални технически средства и съоръжения с минимален натиск върху почвената повърхност. (Dimitrov, 2008; Dimitrov et al., 2014; Dimitrov, 2016). От тях най-голямо значение за защита на земеделските земи от водна ерозия на почвата имат агротехническите. Предимствата им се дължат на лесното осъществяване и реализирането на голям почвозащитен ефект, с ниски капитални вложения. С тяхното прилагане се запазва почвата и се увеличават запасите й от вода, ограничават се и други деградационни процеси, особе-

serious consequences for both agricultural production and the economy as a whole. They are a problem of national importance, the solution of which cannot be achieved with the established conventional technologies and requires the application of soil protection measures (Dimitrov et al., 2018).

In the intensive system of mechanical tillage a large number of passes of agricultural machinery (10-12 times annually) are performed, which deteriorates the physical properties of the soil, while in the minimum tillage they are reduced (Dimitrov et al., 2007; Beloev et al., 2008; Georgieva et al., 2013; Ilieva and Hristova, 2014).

The problems caused by the long tillage are acceleration of the processes of dehumification and degradation in the recent conditions require the application of measures, advanced technological solutions and agricultural practices. For the rational use and preservation of soils, the factors limiting and reducing their productivity and soil fertility should be taken into account (Teoharov et al., 2015, Dimitrov et al., 2019).

Erosion control measures are a set of soil protection operations carried out with the help of various erosion control measures, methods and technologies, as well as special technical devices and equipment with minimal pressure on the soil surface (Dimitrov, 2008; Dimitrov et al., 2014; Dimitrov, 2016). Of these, the most important for the protection of agricultural land from water erosion of the soil are agrotechnical.

Their advantages are due to the easy implementation and realization of a significant soil protection effect, with low capital investments. Their application preserves the soil and increases its water reserves, other degradation processes are limited, especially the compaction and но уплътняването и намаляването на почвеното органично вещество (Dimitrov, 2016).

В нашата страна противоерозионните агротехнически мерки според Dimitrov (2016), Hristov (1982) включват обработки, създаващи условия за увеличаване водопропускливостта на почвата по пътя на ускоряване на водопроницаемостта или чрез удължаване на времето на попиване (Todorov et al., 1982; Onchev et al., 1984). По мнението на Ruseva (2017) те имат за цел осигуряване на защитна растителна покривка върху почвената повърхност в периодите с висока ерозионност на валежите, повишаване на инфилтрационната способност на почвата и запасите от почвено органично вещество.

Щетите от водната ерозия влияят върху добивния потенциал в земеделското производство като увеличават разходите за производство, намаляват добивите от отглежданите земеделски култури и нетния доход (Nekova, 1998).

reduction of soil organic matter (Dimitrov, 2016).

In our country, the erosion control agrotechnical measures according to Dimitrov (2016), Hristov (1982) include operations that create conditions for increasing the water permeability of the soil by accelerating water permeability or by extending the time of absorption (Todorov et al., 1982; Onchev et al., 1984).

According to Ruseva (2017), their aim is to provide a protective plant cover on the soil surface in periods of intensive precipitation, increase the infiltration capacity of the soil and soil organic matter.

Damage by water erosion affects the yield potential in agricultural production by increasing production costs, reducing yields of crops and net income (Nekova, 1998).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Изследването е проведено в периода 2017-2019 година, в опитното поле на Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията „Никола Пушкаров” - София, в землището на с. Тръстеник, област Русе, при опит царевица, на почвен тип средно ерозиран карбонатен чернозем с наклон на терена 5^o (8,7%). Вариантите на опита са следните: f_o – посев царевица, отглеждан по традиционна технология (използваща основна обработка на почвата с обръщане на пласта), прилагана по наклона на склона – контрола; f_1 – посев царевица, отглеждан по традиционна технология, (използваща основна обработка на почвата с обръщане на пласта), прилагана напречно на склона; f_2 – посев царевица, отглеждан по почвозащитна технология (използваща основна обработка на почвата с обръщане на пласта и с осъществяване на повърхностно мулчиране с оборски

MATERIAL AND METHODS

The study was conducted in the period 2017-2019, in the experimental field of the Institute of Soil Science, Agrotechnology and Plant Protection "Nikola Pushkarov" - Sofia, in the village of Trastenik, Rousse region, in the case of corn, on soil type medium eroded calcium chernozem with a slope of 5^o (8.7%).

The variants of the experiment are the following: f_o - conventional tillage along the slope (using basic tillage with inversion of the layer)- control; f_1 - conventional tillage across the slope (using basic tillage with inversion of the layer), applied transversely to the slope; f_2 - conventional tillage with surface mulching (using basic tillage with inversion of the layer and with the implementation of surface mulching with manure), applied transversely to the slope; f_3 - maize sowing grown with advanced soil protection technology for minimum and unconventional tillage (for тор), прилагана напречно на склона; f_3 - посев царевица, отглеждан с усъвършенствана почвозащитна технология за минимална и нетрадиционна обработка (включващи основна обработка на почвата без обръщане на пласта – разрохкване и почвозащитните мерки вертикално мулчиране с оборски тор, прорязване с ходообразуване със сеитбата и окопаването и браздообразуване с прорязване и ходообразуване при загрлянето), прилагана напречно на склона. Опитът е заложен по блоковия метод в четири повторения (Shanin, 1977).

Целта е да се установи влиянието на противоерозионните методи върху физичните свойства на карбонатен чернозем. Анализирани са почвените показатели: обемна плътност (g/cm³), обща порьозност (%) и твърдост при прилагане на традиционни (конвенционални) и почвозащитни технологии (усъвършенствани технологии за минимална и нетрадиционна обработка). Обемната плътност на почвата(g/cm³) е установена по метода на проф. Качински Н.Л. с метален пръстен с режещ ръб и обем 100 cm³, а общата порьозност на почвата (%) е изчислена чрез обемната и относителна плътност. Твърдостта на почвата kg/cm² е измерена с твърдомерът на Качински с падаща тежест. Количеството на повърхностния воден отток (l/ha; m³/ha) е отчетено чрез стационарни отточни площадки. Количеството ерозирана почва (kg/ha) е измерено като от оттокоуловителните съоръжения се вземат средни проби в трилитрови бутилки, след което в лабораторни условия същите се отдекантирват и изсушават до абсолютно сухо състояние. Получените данни от направените измервания са обработени с апарата на математическата статистика.

growing corn for grain, includes basic soil tillage without plowing - loosening and soil protection operations vertical mulching with compost or manure, cutting with making ducts simultaneously with sowing and digging and furrowing along the hilling, applied transversely of the slope).

The experiment is based on the block method in four replications (Shanin, 1977).

The aim is to establish the influence of anti-erosion methods on the physical properties of calcium chernozem. Analyzed soil indicators were: bulk density (g/cm³), total porosity (%) and hardness when applying conventional and soil protection technologies (advanced technologies for minimum and unconventional tillage).

The bulk density of the soil (g/cm³) was determined by the method of Kachinski N.L. with a metal ring with a cutting edge and a volume of 100 cm³, and the total soil porosity (%) is calculated by volume and relative density.

Soil hardness kg/cm² was measured with Kachinski hardness tester with falling weight. The amount of surface water runoff (l/ha; m³/ha) was reported through stationary drainage sites.

The amount of eroded soil (kg/ha) was measured by taking medium samples from the drainage facilities in three-liter bottles, then decanting in laboratory conditions and drying the solid phase.

The data obtained from the measurements are processed with mathematical statistics.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Анализирайки получените резултати от тригодишните изследвания е установено, че агротехническите операции въздействат върху физичната

RESULTS AND DISCUSSION

Analyzing the results of three years of research, it was found that agronomic operations affect the physical characteristics of the soil. The quality of характеристика на почвата. Качеството на обработката се влияе от обемната плътност на почвата, която е най-динамично променящия се физичен показател. Обемната плътност, според Dimitrov (2008; 2016), е комплексен и количествен показател на почвата. С нея са свързани всички водно-физични и физико-механични свойства на почвата, биологичната й активност, и хранителният й режим. Механичната обработка изменя този почвен показател.

Обемната плътност е тясно свързана с порьозността на почвата, в чието изчисляване участва заедно с относителната плътност. В началото на залагане на опита, обемната плътност и обща порьозност при варианти **f_0** и **f_1**, показват почти еднакви стойности (1,33 kg/cm^3 и 1,32 kg/cm^3 при плътността и 50,89% и 51,04% при порьозността), а при **f_2** и **f_3** тези показатели са различни, поради прилагането на противоерозионни технологии с повърхностно мулчиране и на такава за минимални обработки с вертикално мулчиране с оборски тор. По време на максималния растеж на растенията обемната плътност при варианта с традиционна технология на отглеждане по наклона на склона **f_0** е 1,35 kg/cm^3, докато при варианта с усъвършенстваната технология **f_3** намалява до 1,25 kg/cm^3. В крайната фаза, след прибиране, обемната плътност при варианта с приложена технология за минимална и нерадиционна обработка на почвата е 1,26 kg/cm^3, а при контролния вариант, отглеждан по наклона на склона е 1,36 kg/cm^3.

Порьозността е физично свойство на почвата, което има голямо значение за почвеното плодородие. От нея зависят водно-въздушните свойства на почвата и хранителният режим за растенията (Koinov et al., 1980). Тези почвени показатели при проведените изследвания с усъвършенстваните почвозащитни технологии за минимална и нетрадиционна обработка на почвата с използване на оборски тор като мулчи-

tillage is influenced by the bulk density of the soil, which is the most dynamically changing physical indicator.

Volume density, according to Dimitrov (2008; 2016), is a complex and quantitative indicator of soil. All water-physical and physico-mechanical properties of the soil, its biological activity and its diet are connected with it. Machining changes this soil indicator.

The bulk density is closely related to the porosity of the soil, in the calculation of which it participates together with the relative density. At the beginning of the experiment, the bulk density and total porosity in variants f_0 and f_1 show almost the same values (1.33 kg/cm^3 and 1.32 kg/cm^3 at the density and 50.89% and 51.04% at the porosity), and for f_2 and f_3 these indicators are different due to the application of erosion control technologies with surface mulching and one for minimum tillage with vertical mulching with manure. During the maximum growth of the plants, the bulk density in the variant with conventional technology for cultivation along the slope f_0 is 1.35 kg/cm^3, while in the variant with the advanced technology f_3 decreases to 1.25 kg/cm^3.

In the final phase, after harvesting, the bulk density in the variant with applied technology for minimum and unconventional tillage is 1.26 kg/cm^3, and in the control variant, grown along the slope is 1.36 kg/cm^3.

Porosity is a physical property of the soil that is important for soil fertility.

The water-air properties of the soil and the plant nutrition depend on it (Koinov et al., 1980). These soil indicators in the studies conducted with advanced soil protection technologies for minimum and unconventional tillage using manure as mulching material in the cultivation of corn on sloping terrain have different values ращ материал при отглеждане на царевица на наклонени терени са с различни стойности (Таблица 1 и 2). Общата порьозност е най-висока при вариант **f_3**, а най-ниска при вариант **f_0**, при който са приложени традиционни обработки по наклона на склона. При залагане на опита преди сеитба общата порьозност при вариантите **f_0**, **f_1**, **f_2** с традиционни обработки е съответно 50,89%, 51,04% и 53,13%, а тази при вариант **f_3** е 54,49%.

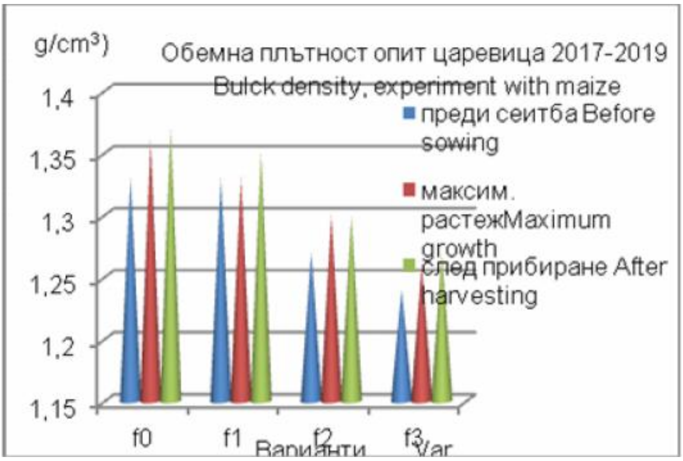
(Table 1 and 2).

The total porosity is the most high in variant f_3, and lowest in variant f_0, in which conventional technology along the slope are applied.

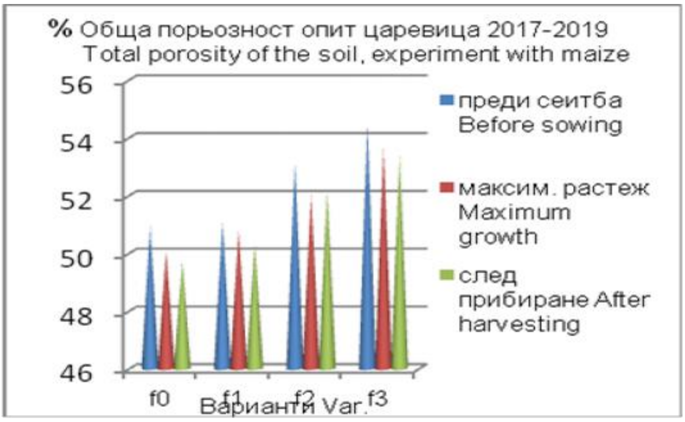
Before sowing, the total porosity in the variants f_0, f_1, f_2 with conventional tillage is 50.89%, 51.04% and 53.13%, respectively, and that in variant f_3 is 54.49%.

Таблица 1. Обемна плътност (g/cm^3), обща порьозност (%) и твърдост на почвата (kg/cm^2) в слоя 0-40 cm, при опит царевица 2017-2019г.
Table 1. Bulck density (g/cm^3), total porosity (%) and soil hardness (kg/cm^2) in the layer 0-40 cm, in the experiment with maize 2017-2019

Год. Year / Вар. Var.	Преди сеитба Before sowing			Максимален растеж Maximum growth			След прибиране на опита After harvesting		
	Обемна плътност Bulck density (g/cm^3)	Обща порьозност Total porosity (%)	Твърдост Hardness (kg/cm^2)	Обемна плътност Bulck density (g/cm^3)	Обща порьозност Total porosity (%)	Твърдост Hardness (kg/cm^2)	Обемна плътност Bulck density (g/cm^3)	Обща порьозност Total porosity (%)	Твърдост Hardness (kg/cm^2)
2017									
f_0	1.33	50.82	14.85	1.38	49.08	25.42	1.46	46.13	34.10
f_1	1.32	51.29	14.41	1.36	49.82	23.20	1.43	47.23	30.25
f_2	1.27	53.14	13.30	1.29	52.40	19.15	1.38	48.71	27.50
f_3	1.22	54.98	12.80	1.26	53.51	17.21	1.32	51.29	24.33
2018									
f_0	1.38	49.08	13.50	1.35	50.18	29.17	1.31	51.66	52.37
f_1	1.38	49.08	12.03	1.32	51.29	27.22	1.30	52.03	48.01
f_2	1.35	50.18	9.87	1.31	51.66	23.35	1.29	52.40	41.70
f_3	1.31	51.66	8.21	1.25	53.87	21.16	1.28	52.77	32.59
2019									
f_0	1.28	52.77	16.72	1.33	50.92	38.11	1.32	51.29	38.01
f_1	1.28	52.77	16.72	1.32	51.29	32.04	1.31	51.66	34.83
f_2	1.19	56.09	15.35	1.30	52.03	25.87	1.21	55.35	26.12
f_3	1.17	56.83	13.02	1.26	53.50	20.31	1.19	56.09	24.12
Average 2017-2019									
f_0	**1.33**	**50.89**	**15.02**	**1.35**	**50.06**	**30.90**	**1.36**	**49.69**	**41.49**
f_1	**1.32 n.s**	**51.04 n.s**	**14.38 n.s**	**1.33 n.s**	**50.80 n.s**	**27.48 n.s**	**1.34 n.s**	**50.30 n.s**	**37.69 n.s**
f_2	**1.27 n.s**	**53.13 n.s**	**12.84 n.s**	**1.30****	**52.03 n.s**	**22.79 n.s**	**1.29 n.s**	**52.15 n.s**	**31.77 n.s**
f_3	**1.23 n.s**	**54.49 n.s**	**11.34 n.s**	**1.25*****	**53.62 n.s**	**19.56***	**1.26 n.s**	**53.38 n.s**	**27.01 n.s**
P≤0.5	0.120	4.460	4.530	0.033	1.248	8.311	0.145	5.473	15.619
P≤0.1	0.176	6.490	6.591	0.049	1.816	12.093	0.211	7.964	22.727
P≤0.01	0.179	6.628	6.731	0.0742	2.729	18.169	0.318	11.965	34.147



Фиг. 1. Обемна плътност, опит царевица 2017-2019г.
Fig. 1. Bulck density, experiment with maize for grain 2017-2019



Фиг. 2. Обща порьозност на почвата, опит царевица 2017-2019г.
Fig. 2. Total porosity of the soil, experiment with maize for grain 2017-2019

При фази максимален растеж и след прибиране на реколтата, този показател при различните варианти показва една и съща тенденция на изменение, като най-ниска е общата порьозност при варианта с прилагането на традиционни технологии по наклона на склона f_0 (50.89% и 50.06%), следван от варианта с традиционни обработки напречно на наклона на склона f_1 (51,04%, 50.80%), вариант $\mathbf{f_2}$ с повърхностно мулчиране с оборски тор (52,03%, 52,15%) и с най-висока обща порьозност на почвата е варианта с минимални обработки и вертикално мулчиране с оборски тор f_3 (53,62% при максимален растеж и 53,38% при прибиране на реколтата).

In the maximum growth stage and after harvest, this indicator in the different variants shows the same trend, with the lowest overall porosity in the variant with the application of conventional technologies on the slope f_0 (50.89% and 50.06%), followed by the variant with conventional tillage across the slope f_1 (51.04%, 50.80%), variant f_2 with surface mulching with manure (52.03%, 52.15%) and with the highest total soil porosity is the variant with minimum tillage and vertical mulching with manure f_3 (53.62% at maximum growth and 53.38% at harvest).

Твърдостта на почвата е способността й да оказва механично съпротивление срещу деформиращото действие на чужди тела. Тя се намира в тясно взаимодействие с други свойства като обемна плътност, влажност, съдържание на органично вещество, съдържание на глина и др. Твърдостта е свързана с обемната плътност и изразява механичното съпротивление на почвата срещу деформиращото действие на земеделските машини, почвообработващите оръдия и проникването на кълновете и корените на растенията. Тя зависи от почвената плътност и влажност, но тази зависимост е различна при отделните типове почви (Todorov et al., 1982).

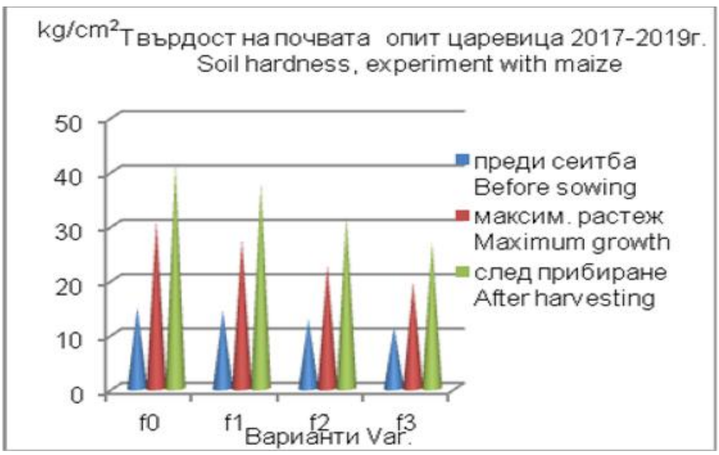
От получените резултати се установява, че при карбонатния чернозем с повишаване на обемната плътност, твърдостта на почвата нараства. В резултат на проведените полски опити с усъвършенствани почвозащитни технологии за минимална и нетрадиционна обработки на почвата е установено още, че противоерозионните методи и технологии, прилагани при отглеждане на пшеница и царевица за зърно на наклонени терени също оказват определено влияние върху почвената твърдост.

Soil hardness is its ability to provide mechanical resistance to the deforming action of foreign bodies.

It is in close interaction with other properties such as bulk density, moisture, organic matter content, clay content, etc.

Hardness is related to bulk density and expresses the mechanical resistance of the soil against the deforming action of agricultural machinery, tillage and the penetration of sprouts and roots of plants. It depends on soil density and moisture, but this dependence is different for different soil types (Todorov et al., 1982).

From the obtained results it is established that with calcium chernozem with increasing bulk density, the hardness of the soil increases. As a result of field experiments with advanced soil protection technologies for minimum and unconventional tillage, it was also found that erosion control methods and technologies used in the cultivation of wheat and corn for grain on sloping terrains also have a certain effect on soil hardness.



Фиг. 3. Твърдост на почвата, опит царевица 2017-2019г.
Fig. 3. Soil hardness, experiment with maize for grain 2017-2019

Резултатите при различните варианти на опита през тригодишния период на изследване са посочени в Таблица 1. Средно за периода на експеримента при варианта без почвозащитни обработки f_0 (контролата), твърдостта на почвата е най-висока във всички фази. В началната фаза стойностите на този показател са с минимални разлики между различните варианти, но контурността и прилагането на почвозащитните обработки водят до по-ниска твърдост при варианти $\mathbf{f_1}$, $\mathbf{f_2}$, $\mathbf{f_3}$ в сравнение с $\mathbf{f_0}$. Преди сеитбата на царевицата твърдостта на почвата е най-ниска, като се увеличава през останалите фази и най-висока в последната фаза, след прибиране на реколтата. Преди сеитба, при варианти $\mathbf{f_0}$, $\mathbf{f_1}$, $\mathbf{f_2}$ средната стойност на твърдостта все още е близка между различните варианти на опита и е съответно 15,02, 14,38, 12,84kg/m^2, а при вариант f_3 с минимални обработки и вертикално мулчиране с оборски тор тя е 11,34 kg/m^2.

Във фаза максимален растеж, средно за периода на изследване, твърдостта на почвата при вариант f_0 (контролата), е по-висока и е 30,90 kg/m^2. При варианта с традиционни обработки напречно на наклона ($\mathbf{f_1}$), при който влиянието на водната ерозия и уплътняването е значително повлияно от промяната на посоката на прилаганите обработки, тя е 27,48 kg/m^2. При вариант f_2 с повърхностно мулчиране с оборски тор, противоерозионния ефект, както и по-високата влажност, оказват влияние върху почвеното уплътняване и твърдостта. Във фаза максимален растеж на царевицата твърдостта при този вариант е 22,79 kg/m^2. Най-ниска е твърдостта на почвата при варианта с минимални обработки и вертикално мулчиране с оборски тор, f_3 съответно 19,56 kg/m^2.

В края на вегетационния период средната твърдост на почвата при вариант $\mathbf{f_3}$, с минимални обработки и вертикално мулчиране с оборски тор е с 65,1 % по-ниска в сравнение с вариант

The results of the different variants of the experiment during the three-years study period are shown in Table. 1. On average for the experiment period in the variant without soil protection f_0 (control), the soil hardness is the highest in all phases. In the initial phase, the values of this indicator have minimal differences between the different variants, but the contour and the application of soil protection operations lead to lower hardness in variants f_1, f_2, f_3 compared to f_0.

Before sowing maize, the hardness of the soil is the lowest, increasing during the other phases and highest in the last phase, after the harvest. Before sowing, in variants f_0, f_1, f_2 the average value of hardness is still close between the different variants of the experiment and is respectively 15.02, 14.38, 12.84 kg/m^2, and in variant f_3 with minimum tillage and vertical mulching with manure it is 11.34 kg/m^2.

In the maximum growth phase, on average for the study period, the soil hardness in variant f_0 (control) is higher and is 30.90 kg/m^2. In the variant with conventional tillage transverse to the slope (f_1), in which the influence of water erosion and compaction is significantly influenced by the change in the direction of the applied operations, it is 27.48 kg/m^2. In variant f_2 with surface mulching with manure, the anti-erosion effects, as well as the higher water holding capacity, affect the soil compaction and hardness. In the maximum growth phase of maize, the hardness in this variant is 22.79 kg/m^2. The lowest soil hardness is in the variant with minimum tillage and vertical mulching with manure, f_3 respectively 19.56 kg/m^2.

At the end of the vegetation period, the average soil hardness in variant f_3, with minimum tillage and vertical mulching with manure is 65.1% lower compared to variant f_0, (control), the values being 27.01

f_0, (контролата), като стойностите са съответно 27,01 kg/m^2 и 41,49 kg/m^2.

Формирането на повърхностен воден отток и развитието на ерозионни процеси е сложно явление от генетично, хидрологично, хидравлично и хидродинамично естество (Stanev, 1979).

В нашия конкретен случай, с помощта на отточни площадки, след всеки паднал и регистриран върху площта на полските опити оттокопричинителен валеж, е определено количеството на повърхностния отток и на изнесената почва. В Таблица 2 са представени резултатите от периода на изследване на изменението на този ерозионен процес под влияние на прилаганите усъвършенствани почвозащитни технологии за минимални и нетрадиционни обработки на почвата при отглеждане на царевица за зърно на наклонени терени.

kg/m^2 and 41.49 kg/m^2.

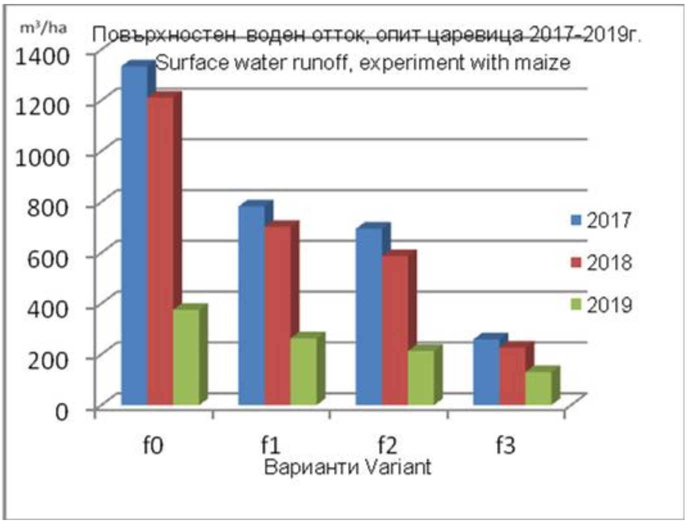
The formation of surface water runoff and the development of erosion processes is a complex phenomenon of genetic, hydrological, hydraulic and hydrodynamic nature (Stanev, 1979).

In our specific case, with the help of drainage sites, after each fall and registered on the area of field experiments runoff, the amount of surface runoff and removed soil is determined. The table 2 presents the results of the study period and change of this erosion process under the influence of the applied advanced soil protection technologies for minimum and unconventional soil tillage in the cultivation of corn for grain on sloping terrains.

Таблица 2. Общо количество на повърхностен отток и ерозирана почва при опит царевица 2017-2019г.
Table 2. Total amount of surface runoff and eroded soil, experiment with maize for grain 2017-2019

Дата Date	Кол. валеж Precipitation l/m^2	Повърхностен отток m^3/ ha Surface runoff				Ерозирана почва kg/ha Eroded soil			
		Вариант / Variant				Вариант / Variant			
		f_0	f_1	f_2	f_3	f_0	f_1	f_2	f_3
06.05.17	20.2	255.582	149.591	133.060	50.269	3116.7	1240.6	1162.8	140.1
27.05.17	13.0	168.435	99.785	88.198	32.618	2017.7	748.2	697.6	89.0
19.06.17	11.0	170.149	95.054	85.230	31.812	2039.6	756.3	705.7	89.7
02.07.17	32.0	261.940	153.979	137.809	51.544	2960.6	1136.9	1059.6	133.4
13.08.17	18.0	220.299	129.462	114.912	41.477	2692.2	1036.7	925.9	119.2
03.09.17	42.0	256.567	153.979	134.841	50.336	2885.9	1118.3	1030.4	130.0
Общо год. Total year	**136.2**	**1332.97**	**781.850**	**694.050**	**258.056**	**15712.7**	**6037.0**	**5582.0**	**701.4**
25.05.18	12.0	106.171	72.171	59.610	35.858	1193.6	634.6	355.3	182.5
16.06.18	14.5	107.286	73.238	60.584	36.036	1207.1	657.5	359.1	185.6
26.06.18	24.0	145.428	103.345	86.104	51.834	1766.8	1016.0	540.9	276.4
28.06.18	12.0	121.338	90.107	70.103	41.894	1474.5	832.9	444.1	230.1
30.06.18	16.0	158.364	112.313	96.623	58.580	1916.3	1135.0	593.1	305.7
19.07.18	15.0	181.304	101.250	82.330	32.991	2197.6	820.0	710.1	91.3
Общо год. Total year	**93.5**	**1210.23**	**701.466**	**586.212**	**226.042**	**15052.9**	**5772.5**	**5093.5**	**647.7**
02.06.19	27.0	141.691	101.767	84.231	50.659	1816.7	1069.3	559.5	285.0
04.06.19	11.0	124.428	89.046	68.462	43.114	1508.5	848.3	452.8	235.8
17.06.19	10.0	108.487	71.661	60.385	36.279	1236.1	661.1	363.6	189.9
Общо год. Total year	**48.0**	**374.606**	**262.474**	**213.078**	**130.052**	**4561.3**	**2578.7**	**1375.9**	**710.7**
Ср. год. Average 2017-2019	**92.566**	**972.602**	**581.93**	**497.78**	**204.71**	**11775.63**	**4796.06**	**4017.13**	**686.6**

Anova test Повърхностен отток / Surface runoff HSD[0.05]=33,34 HSD[0.01]=41,04 P<0,0001
Anova test Ерозирана почва / Eroded soil HSD[0.05]=357,05 HSD[0.01]=439,58 P<0,0001



Фиг. 4. Повърхностен воден отток, опит царевица 2017-2019г.
Fig. 4. Surface water runoff, experiment with maize for grain 2017-2019

От данните в Таблица 2 се вижда, че стойностите на повърхностния воден отток и на ерозираната почва са най-ниски при вариант f_3, при който царевицата се отглежда с помощта на усъвършенствана почвозащитна технология. При този вариант повърхностния воден отток намалява 4.75 пъти (от 972.602 m^3/ha до 204.71 m^3/ha).

По-слаб противоерозионен ефект се наблюдава при варианта f_2 отглеждан по почвозащитна технология с използване на повърхностно мулчиране с оборски тор, напречно на наклона на склона, съответно 497.78 m^3/ha или 1.95 пъти.

Повърхностният воден отток при вариант f_1, отглеждан по традиционна технология, прилагана напречно на наклона на склона намалява 1.67 пъти (581.93 m^3/ha), в сравнение с контролата 972.602 m^3/ha. Стойността на този ерозионен показател е най-висока при варианта f_0 – 972.602 m^3/ha.

Резултатите, получени за количеството ерозирана почва са аналогични. Средногодишните стойности на този показател, са най-ниски при варианта f_3, при който се използва усъвършенстваната почвозащитна технология за минимална обработка на почвата с

From the data in Table 2 it can be seen that the values of the surface water runoff and the eroded soil are the lowest in variant f_3, in which the corn is grown with the help of advanced soil protection technology. In this variant the surface water runoff decreases 4.75 times (from 972.602 m^3/ha to 204.71 m^3/ha).

A weaker anti-erosion effect is observed in variant f_2 grown by soil protection technology using surface mulching with manure, transverse to the slope, respectively 497.78 m^3/ha or 1.95 times.

The surface water runoff in variant f_1, grown by traditional technology applied transversely to the slope, decreased 1.67 times (581.93 m^3/ha), compared to the control 972,602 m^3/ha. The value of this erosion indicator is the highest in the variant f_0 - 972.602 m^3/ha.

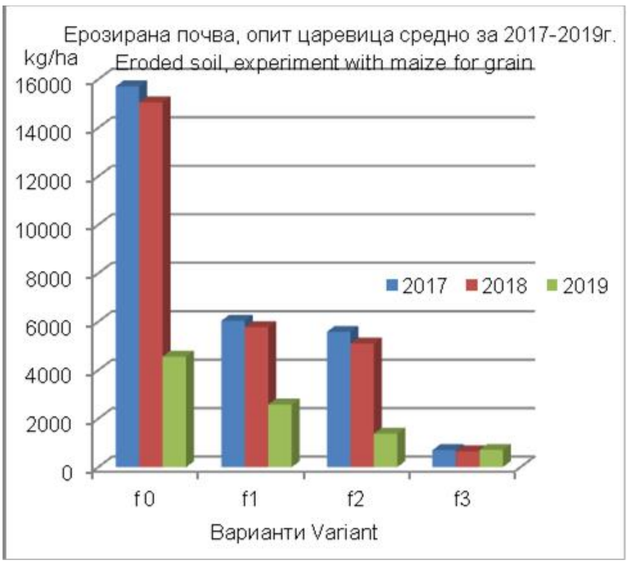
The results obtained for the amount of eroded soil are similar. The average annual values of this indicator are the lowest in variant f_3, which uses the advanced soil protection technology for minimum tillage with vertical mulching.

вертикално мулчиране с оборски тор при отглеждане на царевица за зърно на наклонени терени. При него количество на ерозираната почва през изследвания период е 686,6 kg/ha с параметър за ефективността на противоерозионните мерки (P - фактор) 0,058. Значително по-висока е средногодишната стойност на ерозираната почва при посева царевица, обработван и отглеждан напречно на склона с прилагане на повърхностно мулчиране с оборски тор f_2. Тя е съответно 4017,13 kg/ha, за тригодишния период на изследване, като стойността на P – фактора е средно 0,341. При вариант f_1, обработван по традиционна технология, прилагана напречно на наклона на склона, средногодишното количеството ерозирана почва е 4 796,06 kg/ha, с P фактор – 0,407, а най-високо е то при варианта f_0 – 11 775,6 kg/ha.

The amount of eroded soil during the studied period is 686.6 kg/ha with a parameter for the effectiveness of anti-erosion measures (P - factor) 0.058.

Significantly higher is the average annual value of eroded soil when sowing corn, cultivated and grown transversely on the slope with the application of surface mulching with manure f_2. It is respectively 4017.13 kg/ha, for the three - year study period, with the value of the P - factor averaging 0.341.

In variant f_1, grown by conventional technology, applied transversely to the slope, the average annual amount of eroded soil is 4 796.06 kg/ha, with P factor - 0.407, and the highest is in variant f_0 - 11 775.6 kg/ha.



Фиг. 5. Ерозирана почва, опит царевица 2017-2019г.
Fig. 5. Eroded soil, experiment with maize for grain 2017-2019

Тези резултати потвърждават, че най-високи са оттокоредуциращата и противоерозионна ефективност на усъвършенстваната почвозащитна технология за минимална и нетрадиционна обработка на почвата с прилагане на

These results confirm that the highest are the flow-reducing and anti-erosion efficiency of the advanced soil protection technology for minimum and unconventional tillage with the application of the methods of loosening (as a main методите разрохкване (като основна обработка), вертикално мучлиране с оборски тор, прорязване с ходоообразуване и браздообразуване и прорязване с ходообразуване. От получените резултати за ерозионните изследвания (Таблица 2) се вижда, че стойностите на повърхностния воден отток и на ерозираната почва са най-ниски при варианта f_3. При него повърхностния воден отток намалява до 4,75 пъти, а ерозираната почва до 17,15 пъти, в сравнение с контролата f_0, обработена по наклона на склона, като този ефект се запазва през целия период на изследването. По-слаб противоерозионен ефект се наблюдава при варианта f_2 с прилагане на противоерозионна технология, използваща метода повърхностно мулчиране с оборски тор. При него редуцирането на повърхностния отток е до 1,95 пъти, а при количеството на ерозираната почва то е до 2,93 пъти, в сравнение с контролата.

Приложените технологии за почвообработка в различните варианти на опита и промените във физичните свойства на почвата влияят върху получените добиви зърно. Представените в Таблица 3 резултати от отчетените средни добиви от зърно царевица, за тригодишния период на изследване показват, че добивите при тази земеделска култура са най-високи при вариант f_3 съответно 7 256 kg/ha, при който се използва усъвършенстваната почвозащитната технология за минимална и нетрадиционна обработка на почвата, включваща методите вертикално мулчиране с оборски тор, прорязване с ходообразуване в различни етапи на производствения цикъл и браздообразуване с прорязване и ходообразуване, едновременно с технологичната операция загърляне.

Добивът на зърно царевица средно за 2017-2019 г. е с 16,07 % (с 1005,0 kg/ha) по-висок от този на контролата f_0 с традиционно отглеждан посев по наклона на склона.

tillage), vertical mulching with manure, slits with ducts formation.

From the results obtained for the erosion studies (Table 2) it can be seen that the values of the surface water runoff and the eroded soil are the lowest in the variant f_3.

In this case, the surface water runoff decreased to 4.75 times and the eroded soil to 17.15 times, compared to the control f_0, grown along the slope, and this effect is maintained throughout the study period.

A weaker anti-erosion effect is observed in variant f_2 with the application of erosion control technology using the method of surface mulching with manure.

With it the reduction of the surface runoff is up to 1.95 times, and with the amount of eroded soil it is up to 2.93 times, compared to the control.

The applied technologies for tillage in the different variants of the experiment and the changes in the physical properties of the soil affect the obtained grain yields.

Presented in Table 3 results for the reported average yields of maize for the three-years study period show that the yields of this crop are highest in variant f_3, respectively 7 256 kg/ha, which uses advanced soil protection technology for minimum and unconventional tillage, including methods of vertical mulching with manure, slits with ducts formation in different stages of the production cycle and furrowing with slits with ducts formation, simultaneously with the technological operation of hilling.

The yield of maize for grain on average for 2017-2019 is 16.07% (by 1005.0 kg/ha) higher than that of the control for traditionally grown crops on the slope.

Спрямо контролният вариант f_o, при вариант f_2 (с традиционна система за обработка на почвата напречно на склона и с прилагане на повърхностно мулчиране с оборски тор) добивът е 6869 kg/ha и нарастването на средния добив е по-ниско с 9.88 % (с 618kg/ha), а при вариант f_1 то е с 5,17 % или с 323,3 kg/ha.

Compared to the control variant f_o, in variant f_2 (with conventional tillage system across the slope and with application of surface mulching with manure) the yield is 6869 kg/ha and the increase of the average yield is lower by 9.88% (by 618kg/ha), and in variant f_1 it is 5.17% or 323.3kg/ha.

Таблица 3. Добив на зърно kg/ha за периода 2017-2019г. опит царевица при влажност – 14%

Table 3. Grain yield kg/ha for the period 2017-2019, experiment with maize for grain, at humidity – 14%

Варианти Variant	2017		2018		2019		Добив зърно / Grain yield 2017-2019	
	Добив зърно / Grain yield							
	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
f_0	5723	100	6105	100	6925	100	6251	100
f_1	6041	105.6	6426	105.3	7256	104.8	6574.3	105.17
f_2	6326	110.5	6720	110.1	7561	109.2	6869	109.88
f_3	6677	116.7	7122	116.7	7969	112.1	7256	116.07
GD 5	3.83	1.12	66.9	1.2	72.0	1.0		
GD 1	4.50	1.54	101.4	1.9	109.8	1.5		
GD 0.1	8.09	2.17	162.9	3.0	176.6	2.5		

Разликите между отделните варианти са положителни и добре статистически доказани. Всички тези резултати за средни добиви от царевица при проведените експерименти подчертават предимствата на предлаганите усъвършенствани почвозащитни технологии за минимални и нетрадиционни обработки на почвата при отглеждане на царевица на наклонени терени пред традиционно използваните до сега в нашата страна. Това се дължи на създавания от тях по-висок водозадържащ ефект, по-добрата водоакумулираща способност и по-подходящия въздушен режим за целия период на отглеждане на земеделските култури. Това потвърждава правилността на решението за използване на тези почвозащитни технологии, съчетаващи в себе си взаимно допълващи се почвозащитни методи, за отглеждане на царевица за зърно на наклонени терени. Нещо повече, ефектът от такъв подход е значително по-голям от ефектите на единично прилаганите почвозащитни методи в разглеж-

The differences between the variants are positive and well statistically proven. All these results for average yields of corn in the conducted experiments emphasize the advantages of the offered advanced soil protection technologies for minimum and unconventional tillage in growing corn on sloping terrains over the conventional ones used so far in our country.

This is due to the higher water retention effect created by them, the better water accumulation capacity and the more appropriate air regime for the whole period of growing the agricultural crops.

This confirms the correctness of the decision to use these soil protection technologies, combining complementary soil protection methods, for growing corn for grain on sloping terrain.

Moreover, the effect of such an approach is significantly greater than the effects of single applied soil protection methods in the considered technologies and this даните технологии и това се отнася както за култури със слята повърхност, така и за окопни такива (Dimitrov, 2016).

ИЗВОДИ

Изводите, които могат да се формулират в резултат на получените резултати от проведените изследвания с използване на усъвършенстваните почвозащитни технологии за минимална и нетрадиционна обработка на почвата и системата машини за борба с водната ерозия при отглеждане на царевица за зърно на наклонени терени са:

1. Включените, в усъвършенстваните почвозащитни технологии за минимална и нетрадиционна обработка на почвата, различни взаимно допълващи се почвозащитни агротехнически методи (разрохкване, вертикално мулчиране, прорязване с ходообразуване при сеитба и окопаване, браздообразуване с прорязване и ходообразуване), влияят благоприятно, поддържайки оптимални стойностите на физичните свойства на почвата и съдействат за създаване на по-добри условия за растеж и развитие на царевицата и за повишаване на добива. В максималния растеж на царевицата, обемната плътност при варианта, отглеждан по тази технология е 1,25 g/cm^3, а общата порьозност е 53,62% и 19,56 kg/cm^2 твърдост докато при контролния вариант, отглеждан по наклона на склона, по традиционна технология, тези показатели са съответно 1,35 g/cm^3 за обемна плътност, 49,69% за обща порьозност и 30,90 kg/cm^2 твърдост. Нарастват и средните добиви на зърно царевица, при варианта с приложена почвозащитна система за обработка, спрямо контролата с 16,07%.

2. Почвозащитните технологии за отглеждане на царевица за зърно на наклонени терени, както и системата машини за осъществяването им са рационално и икономически целесъобразно средство от агротехническа, техническа и противоерозионна гледна

applies to both crops with a fused surface and row crops (Dimitrov, 2016).

CONCLUSIONS

The conclusions that can be formulated as a result of the research conducted using advanced soil protection technologies for minimum and unconventional tillage and the system of machines for water erosion control in the cultivation of corn for grain on sloping terrain:

1. The effect of the various complementary soil protection agro-technical methods included in the advanced soil protection technology for minimum and unconventional tillage (loosening, vertical mulching, slits with ducts formation during sowing and hoeing, furrowing with slits with ducts formation) on the physical properties of the soil, contribute to creation of better conditions for growth and development of maize and to increase yields.

In the maximum growth of maize, the bulk density in the variant grown by this technology is 1.25 g/cm^3, and the total porosity is 53.62% and 19.56 kg/cm^2 hardness, while in the control variant grown on the slope, according to traditional technology, these indicators are respectively 1.35 g/cm^3 for bulk density, 49.69% for total porosity and 30.90 kg/cm^2 hardness.

The average yields of corn grain also increased, in the variant with applied soil protection system for cultivation, compared to the control by 16.07%.

2. The soil protection technologies for growing corn for grain on sloping terrains, as well as the system of machines for their implementation are rational and economically expedient means from agrotechnical, technical point of view for protection of the soil from

точка за опазване на почвата от водна ерозия. Те създават условия за значително намаляване на повърхностния воден отток (с 4,75 пъти) и на изнесената почва (с 17,15 пъти), спрямо контролата, обработена по наклона на склона.

water erosion. They create conditions for a significant reduction of surface water runoff (by 4.75 times) and the soil loss (by 17.15 times), compared to the control cultivated along the slope.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Beloev, H., P. Dimitrov, N. Markov and G. Tsankova**, 2008. Technologies for Minimal Tillage of Sloping Lands in the Conditions of Sustainable Agriculture. S., 43 (Bg).
2. **Dimitrov, I., M. Nenov, N. Traikov, R. Toncheva and I. Gerasimova**, 2016. Agrotechnical Impact on the Physical Characteristics of the Soil and Ways to Eliminate the Negative Changes under Non-irrigated Conditions. *Soil Science, Agrochemistry, Ecology*, 50(3-4), 169 (Bg).
3. **Dimitrov, P. D.**, 2008. Anti-erosion Agrotechnical Methods, Technologies and System of Machines for Growing Wheat and Corn for Grain on Sloping Terrains. Habilitation thesis for awarding the scientific title "Senior Research Fellow I degree", IP "N. Pushkarov", S. (Bg).
4. **Dimitrov, P. D.**, 2016. Technologies and System of Machines for Soil Protection Agriculture. Dissertation for obtaining the scientific degree "Doctor of Science", RU "A. Kanchev", Ruse, 375p. (Bg).
5. **Dimitrov, P., H. Beloev, K. Stoyanov, D. Ilieva and G. Georgieva**, 2009. Study of the Efficiency of Technology for Minimal Processing of Corn for Grain on Sloping Lands. International Conference "Tillage and Ecology", pp. 49-55 (Bg).
6. **Dimitrov, P., H. Beloev, S. Ruseva, P. Radulov and D. Dimov**, 2007. Soil Compaction in the Agricultural Lands of Bulgaria and Ways to Limit it. Printing base of A. Kanchev Regional University, Ruse, 54, ISBN 978-954-370-022-6 (Bg).
7. **Dimitrov, P., Hr. Beloev and G. Kuncheva**, 2017. Study of the Soil Protection Efficiency of Certain Minimal and Mulching Tillage Using Manure in Wheat Cultivation on Sloping Terrains. Scientific works of RU, vol. 56, series 1.1., 34-40 (Bg).
8. **Dimitrov, P., Hr. Beloev and G. Kuncheva**, 2019. Efficiency of Advanced Systems for Minimal and Non-traditional Tillage of Sloping Lands. Ruse.
9. **Dimitrov, P., Hr. Beloev, G. Kuncheva and E. Enchev**, 2018. Comparative Research on Advanced Technologies for Minimum and Unconventional Soil Tillage with Application of Different Mulching Materials for Growing Wheat on Sloping Agricultural Lands. *Agricultural, Forest and Transport Machinery and Technologies* (ISSN: 2367–5888), V(1), 28-37 (Bg).
10. **Enchev, E.**, 2012. Analysis of the Possibility for Assessment of the Technical Condition of the Internal Combustion Engine. Scientific papers of the University of Ruse, vol. 51, series 1.1., 236-239 (Bg).
11. **Georgieva, G., P. Dimitrov and S. Ruseva,** 2013. Study of the Efficiency of the Minimum Tillage in Wheat Cultivation on Sloping Terrains. Scientific works of RU, vol. 52, series 1.1., 204-208 (Bg).
12. **Ilieva, D. and E. Hristova**, 2014. Conservation of Soil Fertility-Policies, Programs, Innovations. Scientific works of the University of Ruse, vol. 53, series 1.1., 55-58. (Bg)
13. **Koinov, V., G. Gurov and B. Kalcheva**, 1980. Soil Science. Zemizdat, S. (Bg)
14. **Kolchakov, V., M. Kercheva, M. Banov, V. Krasteva, Eu. Roumenina, P. Dimitrov, G. Jelev, L. Filchev, Em. Dimitrov and Al. Gikov**, 2019. Complex Assessment of Winter Wheat Growing Conditions in Northwestern Bulgaria.

International Soil Congress 17-19 June, Ankara, Turkey, pp. 482 -487. (Bg)
15. **Malinov, Il. D. Nekova, P. Dimirtov, V. Kroumov, Sv. Rousseva, Hr. Djodjov, D. Ilieva and M. Mitova,** 2014. Practices for Limiting Water and Wind Erosion of Soil in the Zone of the Bulgarian Chernozems. *Bulgarian Journal of Soil Science, Agrochemistry and Ecology*, XLVIII(2), 20-24 (Bg).
16. **Mitova, T., Iv. Dimitrov, G. Kostadinov, M. Mihov, D. Nikolova, St. Stratieva, R. Toncheva, R. Kancheva, M. Nenov and I. Gerasimova**, 2015. Soil Tillage for the Chernozem region. Chernozems in Bulgaria - Problems, Assessment, Use and Protection. Scientific works, Institute of Soil Science, Agrotechnology and Plant Protection "N. Pushkarov", pp. 55-64 (Bg).
17. **Nekova, D.P.**, 1998. Soil Protection and Economic Efficiency of Anti-erosion Agriculture with Different Species Structure of the Crop. Dissertation for the presence of educational and scientific degree "Doctor", Institute of Soil Science, Agrotechnology and Plant Protection "N. Pushkarov", Sofia, 35 (Bg).
18. **Nikolova, G. and P. Dimitrov**, 2014. Study of the Changes in the Content of Nutrients and Organic Matter in the Soil during the Cultivation of Corn on Eroded Carbonate Chernozem. Proceedings of the University of Ruse, vol. 53, Series 1.1., 59-64 (Bg).
19. **Onchev, N.G., V.S. Krasteva and A.L. Lazarov**, 1984. Complex Measures to Combat Soil Erosion. Sofia, 10 (Bg).
20. **Ruseva, St., V. Stoynova, L. Lozanova, I. Malinov, E. Tsvetkova, Hr. Dzhodzhov, V. Krumov, M. Mitova and D. Ilieva**, 2015. Erosion Factors and Risk of Water and Wind Soil Erosion in the Area of Bulgarian Chernozems. Chernozems in Bulgaria - Problems, Assessment, Use and Protection. Scientific works. Institute of Soil Science, Agrotechnology and Plant Protection "N. Pushkarov", pp. 95-115 (Bg).
21. **Shanin J.**, 1977. Methodology of the Field Experiment. BAS, Sofia (Bg)
22. **Stanev Iv.**, 1979. Soil Erosion and Its Control. Technique. S., pp. 1-10 (Bg).
23. **Teoharov, M., T. Shishkov, B. Hristov, E. Filcheva, R. Ilieva, Iv. Lyubenova, Iv. Kirilov, G. Dimitrov, V. Krasteva, B. Georgiev, M. Banov, P. Ivanov, M. Hristova and Z. Mitreva**, 2015. Chernozems in Bulgaria - Systematics, Features and Problems. Chernozems in Bulgaria - Problems, Assessment, Use and Protection. Scientific works of the Institute of Soil Science, Agrotechnology and Plant Protection "N. Pushkarov" pp. 20-34 (Bg).
24. **Todorov, F., B. Simeonov, A. Hristov, K. Stoynev and K. Rakov**, 1982. Soil Tillage. Zemizdat, Sofia, pp. 140-194 (Bg).
25. **Velizarova E. and I. Ts. Marinov**, 2008. Functions of Soil as a Component of the Environment and Major Degradation Processes. *Ecology and Future*, 4, 20-31 (Bg).