Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2020, 23 (6), 255-265 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Наноразмерен селен като метод за борба срещу Meloidogyne (Goeldi, 1887)

Хари Самалиев[1]*, Жанна Удалова[2], Любов Пелгунова[2], Олга Байчева[1], Фуад Хасанов[2], Евгени Крисанов[2], Костадин Траянов[1], Светлана Зиновиева[2]

[1]Аграрен Университет, 4000 Пловдив, България.
[2]Институт по Екология и Еволюция, Руска Академия на науките, Ленинский Проспект 33, 119071 Москва, Русия

Selenium – Nanoparticles as a Possible Method for Control to *Meloidogyne* (Goeldi, 1887)

Harry Samaliev[1]*, Zhanna Udalova[2], Lyubov Pelgunova[2], Olga Baycheva[1], Fuat Khasanov[2], Evgenii Krisanov[2], Kostadin Trayanov[1], Svetlana Zinovieva[2]

[1]Agricultural University, 12 Mendeleev Str., Plovdiv 4000, Bulgaria
[2]Severtsov Institute of Ecology and Evolution Russian Academy of Sciences, 33 Leninskil Boulevard, Moscow 119071*, Russia.*
**E-mail: h.y.samaliev@abv.bg*

Original scientific paper

РЕЗЮМЕ

Проведени са изследвания за влиянието на наноразмерен селен при системите: домати (cv. Gamayun) – *Meloidogyne incognita* и домати (cv. Red Cherry) – *Meloidogyne arenaria*. Бяха проследени промените на морфологичните и физиологични характеристики, както и промените в количеството и съдържанието при някои елементи (Mg, P, S, K, Ca, Zn, Fe), които са от особено значение за нормалното развитие на растенията. Беше доказан стимулиращия ефект на наноразмерния селен върху растежа и развитието на растенията. Третирането на заразени с галови нематоди растения с наноразмерен селен повишава активността на протеиназата и по този начин влия положително върху вродения имунитет на

SUMMARY

Influence of selenium nanoparticles on the systems: tomatoes (cv. Gamayun) – *M. incognita* and tomatoes (cv. Red Cherry) – *M. arenaria* was investigated. The changes of morphological and physiological characteristics and content and changes in the quantity of some elements which are of special importance for the normal development of the plants (Mg, P, S, K, Ca, Zn, Fe, and Se) were investigated. The stimulation effect of Se-nanoparticles on the growth and development of infected with root-knot nematodes was proved. Treatment of infected plants with Se-nanoparticles increases the activity of proteinase inhibition and in this way improves the innate plant immunity.

растението. Третирането на заразените с галови нематоди растения (семена и листа) с наноразмерен селен подтиска и нормалното развитие на нематодите.

Ключови думи: Наноразмерен селен, *Meloidogyne*, растение-гостоприемник, стимулатор, растителен имунитет

The treatment of seeds and leaves of the experimental plants with Se-nanoparticles reduces the normal development of the nematodes.

Key words: Se-nanoparticles, *Meloidogyne*, plant, inducer, plant immunity

УВОД

Селенът е микроелемент, който е необходим за нормалното развитие на растенията. Този елемент участва в процесите, свързани с фотосинтезата (Hassanuzzaman et al., 2010). Протективната роля на селена е доказана, когато растенията са под влияние на абиогенни и биогенни стрес фактори. Галовите нематоди от род *Meloidogyne* принаалежат към най-патогенните и вредоносни растителни хелминти паразитиращи в кореноватаи система. До сега не са намерени достатъчно ефикасни методи за борба с тези паразити. Разработват се нови методи за борба, които се основават върху индуцирането на устойчивост на растенията. Индуцирането на вродената устойчивост е един от съвременните и перспективни методи за защита на растенията от галови нематоди. Те включват същите механизми, които са генетично кодирани в растението (Folmdnis, 2014). Растителната устойчивост може да бъде активирана чрез биогенни и абиогенни фактори (елиситори). Те активират метаболизма на растението и по този начин увеличават неговия естествен потенциал. Понастоящем във фокуса на съвременните изследвания е използването на наноразмерни форми на микроелементи (Chalenko et al., 2010). Ефектът на индукция на йоните на тежките елементи са експериментално доказани (Folmanis, 2014). Ниски концентрации от разтвор на наноразмерен селен активират по различен начин естествения имунен потенциал на растенията в сравнение с естествената структура на

INTRODUCTION

Selenium is a microelement which is necessary for the normal development of the plants. Selenium takes part in the processes of photosynthesis (Hassanuzzaman et al., 2010) The positive role of Se has been proved when the plants are under abiogenic and biogenic stress conditions. The root-knot nematodes belonging to *Meloidogyne* are among the most dangerous parasites of the root system. For the time being effective methods for control to *Meloidogyne* has not been found.

Lately new methods based on induction of the plant resistance (IR) were developed. Induction of the innate plant stability is one of the contemporary and perspective methods for protection of the plants to root-knot nematodes. They include the same mechanisms which are genetically encoded into the plants. Induction of the plant resistance can be activated by biogenic and abiogenic factors (elisitors).

They activate metabolic systems of the plants and in this way increase their natural immune potential. Investigations of the opportunity to use nanoscale forms of essential trace elements are in the focus of the specialists (Chalenko et al., 2010). This method includes the same mechanisms which are genetically expressed into the plant genome Induction effect of heavy metal ions are experimentally proved (Folmanis, 2014). Low concentration of Se-nanoparticle solutions activates in different way the natural immune potential in comparison субстанцията. Установено е, че селенът увеличава устойчивостта на растенията към патогенни микроорганизми и насекомни вредители (Wu et al., 2016). Сега в практиката на култивиране на растенията все повече се използват наноразмери от микроелементи. Селенът оказва положително влияние на структурата на клетъчните мембрани. Той също увеличава активността на супероксид дисмутазата (Xue et al., 2001). Третирането със селен усилва антиоксидантния капацитет на стареещи растения и активира растежа чрез увеличаване на натрупването на скорбяла в хлоропластите. В резултат от проведените от нас експерименти и анализ на получените резултати, установихме стимулация в развитието на растенията и отрицателно влияние върху морфологията и физиологията на нематодите. Положителният ефект след третирането със селен беше доказан и чрез намаляване на пораженията на корените (Udalova, 2018). Добавянето на ниски концентрации от селен увеличава и устойчивостта на растенията към високи концентрации на соленост на почвата, засушаване, замърсяване с тежки метали, висока температура стареене и UV радиацията (Gupta and Gupta, 2017). Тези свойства на селена определиха и нашите изследвания на нанороазмерен селен като абиогенен фактор който увеличава естествената устойчивост на растенията към стрес фактори, включително и срещу инвазия с галови нематоди.

Целта на нашите изследвания беше да изследваме ефекта от третиране с наноразмерни разтвори на селен върху факторите, които оказват влияние на вродения имунитет на растенията върху формирането на системата галова нематода – растение. Проведени са експерименти в системите: галова нематода (*Meloifogyne incognita*) – домати (cv. Gamayn) и галова нематода (*Meloidogyne arenaria*) – домати (cv. Red Cherry).

with the natural structure of the substance. Selenium also increases the plant resistance to pathogen micro-organisms and insect pests (Wu et al., 2016). Now in the plant growing practice water nanoparticle solutions of trace elements are more and more in search. Selenium positively influences the structure of the cell membranes.

It also activates superoxide dismutase activity (Xue et al., 2001). Addition of Se strengths the antioxidant capacity in senescing plants and also activates the plant growth by increasing of starch accumulation in chloroplasts.

After our experiments and analyses of the results obtained, we detected the stimulation effect on the plant development and inhibition on the morphological and physiological characteristics of the nematodes and on the degree of infestation of the roots (Udalova et al., 2018).

Application of Se in low concentrations increases the plant stability to high levels of salinity, droughty, heavy metal pollution, high temperature, senescent and UV radiation (Gupta and Gupta, 2017).

These characteristics of selenium determined our investigations of Se nanoparticle solutions as an abiogenic factor which increases the plant stability to stress factors including to *Meloidogyne* invasion.

The aim of our investigations was to study the effect of treatment with Se-nanoparticle solutions on the factors which influence the plant resistance of the host-parasite systems: (M*eloidogyne incognita*-tomato cv. Gamayn and *Meloidogyne arenaria*-tomato cv. Red Cherry).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Изследванията бяха проведени в системите: домати (cv. Gamayun) – *Meloidogyne incognita* и домати (cv. Red Cherry-Bulgaria) – *Meloidogyne arenaria*. Воден колоиден разтвор на наноразмерен селен беше използван в експериментите (Niconov et al., 2009). Размерът на наночастиците от селен беше между 10 и 70 nm. Преди засаждането, семената от домати cv. Gamayun бяха накиснати в разтвор на селен за 2 h и за 2 h и 3 h за семената – cv. Red Cherry. Концентрацията на селен във водния разтвор беше предварително измерена с помощта на спектометър ULTIMA-2 (Horiba Jobin-Yvon, France). През време на вегетацията листата на растенията (сорт Gamayun) бяха третирани с наноразмерен разтвор на селен (2 ml/растение), а листата на домати сорт Red Cherry – с дестилирана вода (2 ml/растение). Семената на контролните растения бяха третирани с вода. На основа от наши предишни изследвания ние избрахме оптимална концентрация на селен от 0.34 и 0.68 µg/ml. Три седмици след поникването растенията бяха заразени с галови нематоди (сорт Gamayun - *M. inncognita* – 3000 ларви 2-ра възраст ($Л_2$) на растение и сорт Red Cherry - *M. arenaria* – 2000 $Л_2$ на растение). Растителните проби за анализ бяха събирани всеки 14 дни след заразяването и третирането с наноразмерния селен. Експериментите бяха осъществени в10 повторения на вариант. Окончателните резултати бяха анализирани 40 дни след заразяването. Основен критерий за резистентността на растенията беше брой гали на 1 g/корен, както и морфологичните и физиологични параметри на нематодите (статусът на нематодната популация – брой на зрелите женски, техният размер и плодовитост). Биологическите маркери на индуцираната резистентност (IR) беше подтискането на протеиназната активност (PIs). Протеиназната активност беше измервана чрез

MATERIAL AND METHODS

Investigations have been carried out in the system tomatoes, cv. Gamayun – *Meloidogyne incognita* and tomatoes cv. Red Cherry-Bulgaria – *Meloidogyne arenaria*. Water colloidal solution of Se - nanoparticles has been used in the experiments. The aqueous colloidal solution of Se was obtained by laser ablation (Niconov et al., 2009). The size of Se-nanoparticle solution was between 10 and 70 nanometers (nm). Before planting the seeds of Gamayun were soaked in Se solution for 2h and for 2h and 3h for the seeds of Red Cherry. The Se concentration of the aqueous solution was measured by ULTIMA-2 spectrometer (Horiba Jobin-Yvon, France). During the vegetation the leaves of the plants (Gamayun) were sprayed with Se-nanoparticles solution (2 ml per plant). Tomatoes Red Cherry developed with no treatment of the leaves. The seeds of the control plants were soaked in water. On the bases of our previous investigations we selected the optimum selenium concentration equal to 0.34 and 0.68 mg/ml. Three weeks after germination the plants were infected with root-knot nematodes (Gamayun - *M. inncognita* – 3000 second stage juveniles (J_2) per plant and Red Cherry - *M. arenaria* – 2000 J_2 per plant). Plant samples for analyses were collected every 14 days after infection and treatment with selenium nanoparticles.

Experiments were performed in ten replicates. The final results were analyzed 40 days after infection. The main criteria of the plant resistance were the number of root galls per 1 cm, as well as the morphological and physiological parameters of the nematodes (the status of the nematode population – number of mature females, their size and fecundity).

The biochemical marker of induction resistance (IR) was the proteinase inhibition (PIs). The activity of PIs was подтискането на амидазната активност на трипсина, съгласно метода Erlanger et al. (1961) Активността на протеиназата е асоциирана с промени в гена (PR6), който кодира протеинадата в растителните тъкани. Продуктът от този ген е патогенно индуциран протеин в защитната система на растението. Анализът на химичните елементи беше извършен с помощта на M4TORNADO (качествен) и S2Pico Fox (количествен). Производител на двата уреда е Германия. Анализът на елементите в системата: домат (cv. Gamayun) – *M. incognita* беше извършен при растения, третирани с концентрация на селен в концентрация 0.5 и 1.0 µg/ml.

evaluated by the suppression of amidase activity of trypsin according to the method of (Erlanger et al., 1961, after Udalova, 2018). The activity of PIs is associated with changes in expression of PR6 gene which encodes PIs in tomato tissues. The product of this gene is pathogen induced protein (PP) of the plant protection system.

The analyses of chemical elements were made by means of M4TORNADO (quality) and S2Pico Fox (quantity). The producer of the two implements is Germany. Analyses of elements was carried out in the system Gamayun – *M. incognita*, treated with selenium at concentration of 0.5 and 1.0 µg/ml.

РЕЗУЛТАТИ

На основа на получените резултати беше доказан стимулиращия ефект на третирането с наноразмерен селен растения и при двата варианта на експеримента (домати cv. Gamayun – *M. incognita* и домати cv. Red Cherry – *Meloidogyne arenaria*, Таблица 1). Значителни различия в височината и теглото на експерименталните растения беше установена при третираните растения в сравнение с контролните (Таблица 1).

RESULTS

Morphological and physiological characteristics

On the base of the results obtained the stimulation effect on the treated plants with selenium nanoparticle solution was proved both for two experiments (Gamayun - *M. incognita* and (Red Cherry – *Meloidogyne arenaria*, Table 1). The length and weight of the treated plants significantly differed compared with the control plants (Table 1).

Table 1. Влияние на третирането на домати (cv. Gamayun и cv. Red Cherry) с наноразмерен селен върху морфологичната характеристика на *M. incognita* and *M. arenaria*

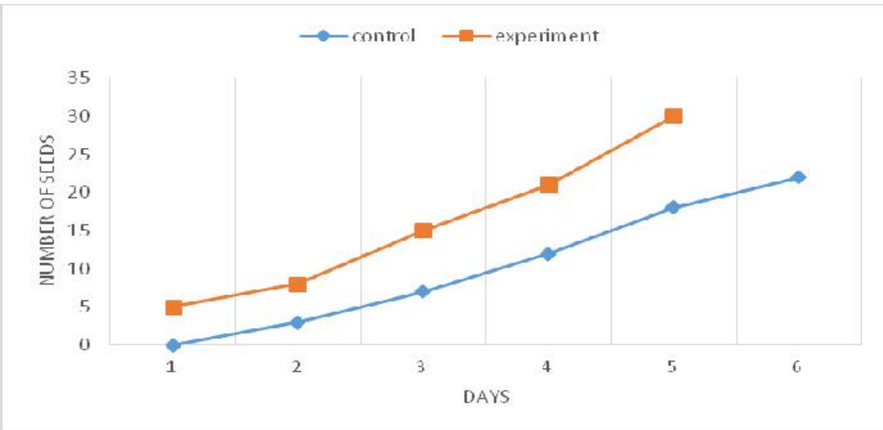
Table 1. Effect of treatment with *Se*-nanoparticles on tomato plant development (cv. Gamayun и cv. Red Cherry) and morphophysiological characteristics of the root-knot nematodes *M. incognita* and *M. arenaria*

Treatment of tomato plants	Number of galls (g/root)	Stem weight (g)	Stem length (cm)	Size of females (mm^2)	Number of eggs in ootheca
Gamayun - M. incognita					
Se (0.34 g/ml)	246 *(80%)	22.7* (174%)	57.7* (120%)	0.34 (97%)	111* (60%)
Se (0.68 g/ml)	224 *(73%)	23.5* (179%)	68.4* (161%)	0.30* (86%)	100* (54%)
Control water	308 (100%)	13.1 (100%)	42.5 (100%)	0.35 (100%)	184 (100%)
LSD p ≤0.05	58	2,7	1,2	0,03	60
Red Cherry - M. arenaria					
Se (0.34 g/ml)	263 (91%)	17.2 (118%)	42.5 111.8%)	0.37* (120%)	190 (91%)
Se (0.68 g/ml)	230* (80.5%)	20, 1* (133%)	47.3 (123.1)	0.35* (113%)	178* (80%)
Control water	280 (100%)	15, 0 (100%)	38.2 (100%)	0.31 (100%)	210 (100%)
LSD p ≤0.05	42	4,2	7,6	0,05	28

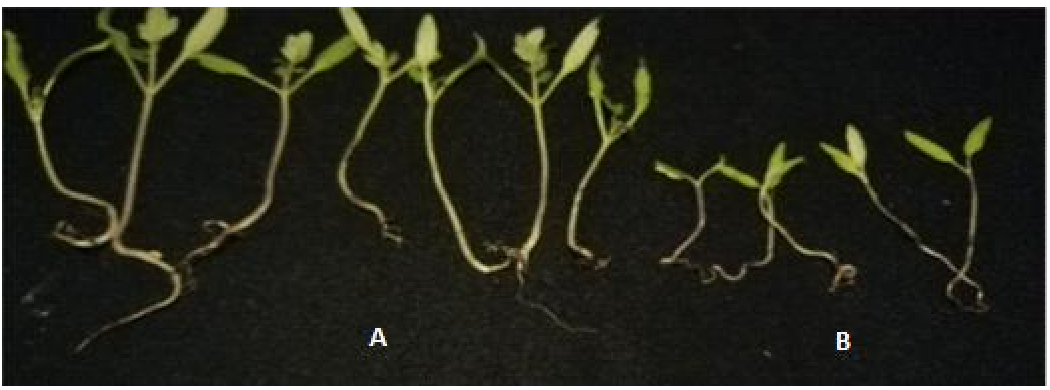
*Significant differences from control at p≤0.05

Беше установен стимулиращ ефект на третирането и при поникването на растенията. Периодът на поникването беше скъсен (5 дни за системата: домати cv. Gamayun – *M. incognita* и домати cv. Red Cherry – *M. arenaria*). За варианта (сорт Red Cherry – *M. arenaria*) положително влияние беше установено при експозиция от 3 h и беше същото както при (сорт Gamayun – *M. incognita*). През първите 15 дни след поникването беше установено неравномерно развитие в дължината на доматените растения (сорт Red Cherry – *M. arenaria*, Фигури 1 и 2.)

The positive influence on the germination of the seeds was observed. The germination period was shortened (5 days for the system Gamayun – *M. incognita* and Red Cherry – *M. arenaria*. Effect of selenium nanoparticle (Red Cherry – *M. arenaria*, 3h treatment) was like the effect on (Gamayun – *M. incognita*). During the first 15 days after germination irregular development of the length of the plants was registered in experiment (Red Cherry – *M. arenaria*, Figures 1 and 2.)



Фиг. 1. Поникване на семената от домати cv. Red cherry (третирани със селен – експеримент, с вода – контрола)
Fig. 1. Germination of the tomato seeds cv. Red cherry (control-treated with water, experiment-treated with Se)



Фиг. 2. Петнадесет дневни доматени растения (cv. Red cherry) от семена третирани със селен (A) и вода (B – контрола)
Fig. 2. Fifteen days tomato plants (cv. Red cherry) from seeds treated with Se-nanoparticles (A) and with water (B)

През следващите 15 дни височината на третираните растения беше относително изравнена без статистически значими различия. Анализът на получените резултати показа, че предпосевното третиране на семената от домати (cv. Gamayun и cv. Red Cherry) намалява пораженията по корените от галови нематоди (брой на галите на g/корен) в сравнение с контролата (Таблица 1). Беше установено също и забавяне в развитието на нематодите. Броят на яйцата при женските екземпляри от третираните растения беше значително по-малък (брой яйца в оотека, Таблица 1).

During the next 15 days leveling of the length of the plants without statistically proved differences was obtained.

The contemporary analyses showed that the preplant treating of the seeds (Gamayun and Red Cherry) reduced the infestation of the roots. The number of the galls was also reduced compared with the control plants (Table 1).

Delay in the development of the nematodes was observed. The fecundity of the female nematodes was significantly lower (the number of eggs in ootheca, Table 1).

Биохимични характеристики

От изследванията на други автори (Ahmad et al., 2016; Wu, 2016) беше установено, че редукцията на плодовитостта на галовите нематоди и забавянето в развитието им е свързано с експресията на PIs. Нашите изследвания показаха значително увеличение на активността на PIs в тъканите на третираните растения (Таблица 2)

Biochemical characteristics

It was previously shown (Wu et al., 2016, Ahmad, et al., 2016) that reduction in the fecundity of the nematodes and their delayed development are associated with expression of PIs. Our investigation showed significant increase in the activity of PIs in the tissues of the treated with selenium plants (Table 2).

Таблица. Влияние на наноразмерния селен на активността на протеиназата в тъканите на доматени растения cv. Gamayun заразени с *Meloidogyne incognita*

Table 2. Effect of Se-nanoparticles on the activity of proteinase inhibitors in the tissues of tomato plants cv. Gamayun infected with *Meloidogyne incognita*

Treatments of plants	Juveniles second stage (J_2)		Roots	
	Healthy plants	Infected plants	Healthy plants	Infected plants
Control	2.07	0.8	0.7	0.88
Se (0.68 µg/ml)	2.12	3.0*	1.2	1.92*
LSD p≤0.05	1.13	1.8	1.06	0.87

*Significant differences at p≤0.05

Биохихимичните маркери за подтискането на протеиназната активност са определени по метода на (Erlanger et al., 1961 /по Udalova, 2018/) Увеличение на PIs активност е тясно свързано с експресията на PR6 ген в корените и листата. Нарастването на тази активност (PIs) е благодарение на нарастването на експресията на PR6 гена и е доказателство за индуцираното влияние на наноразмерния селен.

The biochemical markers of IR are proteinase inhibition (PIs). The activity of PIs was evaluated according to the method of (Erlanger, et al., 1961, after Udalova, 2018) Increase of PIs activity is closely connected with PR6 gene expression in the roots and leaves. The increase in the activity of PIs is due to an increased expression of PR6 gene and indicates the inducing properties of selenium nanoparticles.

Минерален състав на растенията

Резултатите от изследването на минералния състав на растенията са представени на Таблица 3. Някои от изследваните елементи (S, Mg, K, Ca, Fe, Zn) са от решаващо значение за формирането на анатомията на растенията, както и за нормалното протичане на метаболизма на растенията и за синтеза но необходими субстанции в клетъчната плазма (Gorbanov, 2010). Добавянето на селен променя количеството и на други елементи в различна степен (Таблица 3). Тези промени са в рамката на нормалното развитие на растенията в условията на инвазия с *Meloidogyne.*

Mineral content of the plants

The results obtained on the base of analyses of the mineral content of the plants are given in Table 3.

Selenium was not found in both of controls (Control – invaded and nontreated and Control – uninvaded and untreated, Table. 3).

Addition of Se changes the quantity in different way of the other elements investigated (S, Mg, K, Ca, Fe, Zn). These changes are into the framework for the normal development of the plants under *Meloidogyne invasion*.

Таблица 3. Минерален състав на растенията (µg/ml)
Table 3. The mineral content of the elements in the experimental plants (µg/ml)

	Se	P	S	K	Ca	Fe	Zn	Mg
Variants								
Control – non invaded plants								
Leaves	0	1.603±0.125	0.821±0.509	990±164.6	2456±72	454±43	52±3.27	0.019±0.0075
Stems	0	1.143±0.0737	0.54±0.055	2491±447	1629±42.5	589±33	63±5.26	0.03±0.002
Roots	0	2.25±0.156	0.8±0.303	2310±179	2390±84	669±37	81±5.43	0.038±0.012
Control – invaded plants								
Leaves	0	1.463±0.529	0.743±0.390	948±347	1041±206	348±39	34±5.63	0.019±0.0026
Stems	0	0.589±0.337	0.205±0.019	3169±215	878±259	484±14	47±6.79	0.033±0.0042
Roots	0	1.2±0.327	1.8±0.235	3230±534	1010±112	595±35	67±8.22	0.0404±0.0041
Se - 0.5 µg/ml **– non invaded plants**								
Leaves	2.87±0.112	1.03±0.094	0752±0.267	2940±142	4277±216	457±11	55±5.4	0.0133±0.0021
Stems	1.84±0.222	1.5±0.913	0.517±0.098	3669±304	3778±668	532±13	58±6.7	0.043±0.0095
Roots	4.48±0.098	0.5±0.067	0.1±0.087	470±202	640±87	801±34	69±4.5	0.009±0.0013
Se - 0.5 µg/ml **– invaded plants**								
Leaves	2.05±0.066	1.56±0.89	1.19±1.020	1093±63.3	2947±1878	419±16	47±2.74	0.0363±0.0258
Stems	1.86±0.065	2.18±0.72	0.33±0.057	3185±285	2836±1355	525±5.5	52±2.62	0.0313±0.004
Roots	3.46±0.110	2.8±0.54	1.8±0.230	2820±180	3230±1212	690±21	68±5.31	0.061±0.012
Se - 1.0 µg/ml **– non invaded plants**								
Leaves	3.36±0.145	2.31±0.236	0.981±0.723	1215±203	3080±1349	508±28.5	50±5.10	0.038±0.0101
Stems	2.42±0.25	1.03±0.174	0.808±0.145	2977±111	2985±1080	508±14.5	56±3.68	0.047±0.0010
Roots	7.38±0.12	1.5±0.078	1±0.345	1360±245	2020±1112	742±25	61±7.8	0.045±0.0098
Se - 1.0 µg/ml **–invaded plants**								
Leaves	2.98±0.102	1.813±0.031	0.396±0.014	1845±210	2169±1029	394±6.5	47±2.88	0.019±0.0015
Stems	2.21±0.113	1.546±0.173	0.381±0.031	3750±332	2582±317	474±20	58±2.33	0.05±0.002
Roots	6.24±0.265	0.5±0.085	1±0.078	1740±450	4870±1032	721±34	74±4.23	0.015±0.002

Калцият в комбинация с N, P и S участват в синтеза на протеини. Магнезият

Calcium in combination with N, P, and S participate in composition of the proteins.

е основен елемент в молекулата на хлорофила и има основна роля в процеса на фотосинтезата. Количеството на Fe е много ниско но този елемент взема участие в изхранването на растенията и във функционирането на вродената резистентност на растенията към инфекция с различни патогени. Цинкът е много важен елемент, който участва в основни процеси на растителния метаболизъм (фотосинтеза, синтез на хлорофил, протеини, дишане, в процесите на азотния и карбохидратен метаболизъм). Фосфорът е основен елемент в процесите на храненето на растенията и участва в процесите на фотосинтезата и клетъчното деление (Gorbanov, 2010).

Третирането с нано-размерен селен с експериментираните концентрации усилва растителния имунитет и подтиска нормалното развитие на галовите нематоди (Таблици 1, 2 и 3).

Magnesium is a basic element of the chlorophyll molecule and has main role in the photosynthesis. Quantity of Iron in the plants is very low, but this element takes part in the plant nutrition and in innate resistance of the plants to infectious factors.

Zinc is one of the elements which participates in many important processes in the plants – photosynthesis, chlorophyll syntheses, proteins, respiration, nitrogen and carbohydrate metabolism.

Phosphorous is a basic nutritive element for plants and participates in the processes of photosynthesis, breathing and cell division.

The treatment with Se-nanoparticles at the given concentrations increases the plant immunity and inhibits the normal development of the parasites (Tables 1, 2 and 3).

ОБСЪЖДАНЕ

Добавянето на селен в изследваните концентрации води до увеличение на неговото съдържание в растенията (подземни и надземни органи). Промените в количеството на други елементи, изследвани при експерименталните концентрации на Se, влияят положително върху развитието на заразения с *Meloidogyne* гостоприемник и ограничават нормалното развитие на нематодите. Положителната роля на селена е доказана и в процесите, свързани с вродения растителен имунитет. В резултат на получените резултати от морфологичните и биохимични характеристики, както и промени на минералния състав под влияние на селена, водните колоидни разтвори от наноразмерен селен, може да се разглеждат като нов абиогенен индуциращ фактор на резистентността на доматените растения при инвазия с патогени. Получените резултати показват, че съдържанието на PIs много вероятно е една от причините в потискането на жизне-

DISCUSSION

Addition of Se changes the quantity of other elements investigated. Treatment with Se in concentration investigated leads to increase of its amount in the plants (underground and above ground organs). Changes in quantity of other elements investigated at the experimental concentrations of Se influences in a positive way the development of the infected host and restricts the normal development of the nematodes. It was proved the role of Se in the processes connected with innate plant immunity. On the base of the results obtained of morphological and biochemical characteristics and the changes of the mineral content under Se influence, the aqueous colloidal solutions of Se-nanoparticles, can be regarded as a new abiogenic inducer of tomato resistance to infectious factors.

The results obtained suggest that the content of PIs very probably may be one of the causes for the depression of the life ната активност на нематодите. Добавянето на селен намалява синтеза на протеиназите на *Meloidogyne*. Те са включени в различни процеси от развитието на нематодите (хранене, репродукция и ембриогенезис). Нарастването на активността на PIs не само в корените (място на локализация на нематодите) но и в листата. Това доказва системното действие на наноразмерния селен. Промяната в количеството на елементите са в рамките на минералния баланс, необходим за нормалния метаболизъм на растенията. Третирането с наноразмерен селен повишава капацитета на растителния имунитет и на възможността за относително нормално развитие на растенията дори в условията на дадена инвазия.

activity of the nematodes. Addition of Se inhibits the synthesis of the proteinases of *Meloidogyne.* They are involved in different processes connected with the development of nematodes (nutrition, reproduction, and embryo genesis). Increase of the activity of PIs not only in the roots (site of localization of the nematodes) but also in the leaves indicates the systemic action of selenium nanoparticles. Changes in quantity of the elements are into the framework of the mineral balance for the normal plant metabolism.

Treatment with Se-nanoparticles increases the plant immunity and the possibility of the plants to develop even under given infection.

ИЗВОДИ

Използването на някои микроелементи като абиогенни елиситори срещу *Meloidogyne* предоставя възможности за разработване на нови и екологично обосновани методи за борба с инвазионни фактори.

CONCLUSIONS

Using of some microelements as abiogenic elisitors to Meloidogyne invasion gives an opportunity to work-out new and ecological well-founded methods for control to infectious factors.

БЛАГОДАРНОСТИ

Разтворите от наноразмерен селен ни бяха любезно предложени от д-р. G. E. Folmdnis (Институт по металургия и материални изследвания - Руска Академия на Науките).

ACKNOWLEDGEMENTS

The selenium nanoparticle solutions were kindly given from Dr. Gundar E. Folmanis (Institute of Metallurgy and Material Science- Russian Academy of Sciences).

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Ahmad, R., E.A. Waraich, F. Nawaz, M.Y. Ashraf and M. Khalid**, 2016. Selenium (Se) Improves Drought Tolerance in Crop Plants – a Mit or Fact. *Journal Sci. Food Agric.*, 96: 372-380.
2. **Chalenko, G.I., N.G. Gerasimova, N.O. Vasyukova, L. Ozeretskovskaya, L.V. Kovalenko and G.E. Folmanis**, 2010. Nanoselen – Systemic Elicitor of Defence and Growth Reaction of Potato Tubers. In: *AGRO*, Agrorus, XXI, 10-12 (Ru).
3. **Gorbanov, S.**, 2010. Fertilization in Agriculture. Zemizdat, Sofia (Bg).
4. **Gupta, M. and S. Gupta**, 2017. An Overview of Selenium Uptake. Metabolism and Toxicity in Plants. *Font. Plant. Sciences*, 2074.10.3389/fpls/2016/02074.
5. **Folmanis, G.E.**, 2014. Biological Active Colloidal Solutions. Biotechnology, Future Vision, vol. II, March 2014 (Ru).
6. **Hassanuzzaman, M., M. Hossain and M. Fujita**, 2010. Selenium in Higher Plants; Physiological Role, Antioxidant Metabolism and Abiotic Stress Tolerance. *Journal of Plant Science,* 5, 354-375. FOL;10.39223.Jps.354-375.

7. **Nikonov, I.N., L.I., Ivanov L.V. Kovalenko and G.E**. **Folmanis**, 2009. Nanoparticle Selenium and Growth of Important Agricultures. *Perspective Materials*, Agrorus*,* 4.C. 54-57 (Ru).
8. **Udalova, Zh.V., G.E. Folmanis, F.K. Khasanov and S.V. Zinovieva**, 2018. Selinium-nanoparticles - an Inducer of Tomato Resistance to Root-Knot Nematode Meloidogyne incognita (Kofoid et White, 1919) Chitwood, 1949. *Biochemistry, Biophisics and Molecular Biology*, 482: 264-267. Pleiades Publishing, Ltd.
9. **Wu, Z.L., X. Yun, G.S. Banuelos, Z.Q. Lin and Z,L. Zhu**, 2016. Effect of Selenium on Control of Postharvest Gray Mold of Tomato Fruit and the Possible Mechanisms Involved. *Front. Microbiology*, 6: 144.
10. **Xue, J.L., Hartikainen, H. and V. Pironen**, 2001. Antioxidative and Growth-Promoting Effect of Selenium on Senescing Lettuce. *Plant and Soil*, 237: 55-61.

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2020, 23 (6), 266-291 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Влияние на репелентите срещу дивите животни при производството на царевица и картофи в близост до горски масиви

Желю Аврамов

Агрономически факултет, Катедра "Растителна защита", Лесотехнически университет, 1756, София, България

Impact of Wildlife Repellents Used on Corn and Potatoes Grown near Forests

Zhelyu Avramov

Faculty of Agronomy, Department of Plant Protection, University of Forestry, 1756, Sofia, Bulgaria
E-mail: zhavramov@ltu.bg

Original scientific paper

РЕЗЮМЕ

Със своята жизнена дейност полезния дивеч причинява значителни повреди на обкръжаващата го среда, с която е взаимносвързан. За селското стопанство особено важни са повредите, причинявани от полезния дивеч на овощните и зеленчукови градини, на лозята, на царевичните и картофените блокове, а също така и на площите, заети с житни култури. Понастоящем повредите, нанасяни от полезния дивеч в горите и на земеделски култури в близост до горите са всеобщ проблем на горските стопанства и на земеделците. Те се срещат във всички горски, земеделски и ловни стопанства, където обитава дивеч. Със своята жизнена дейност на селското стопанство вредят най-вече дивата свиня, заекът и частично елени и сърни и други горски животни като язовец и птици като гарга, гривяк и сойка. Обект на настоящето проучване е влиянието на репелента Порокол срещу дивите животни при производство на царевица в две после-

SUMMARY

The everyday activities of useful game cause significant damage to the environment they inhabit.

Especially relevant to agriculture is the damage caused by useful game on orchards, vegetable patches and vineyards, as well as corn, potato and cereal fields.

The damage caused by useful game to forests and crops bordering woodland is currently a common problem for forest managers and farmers. They are found in all forest ranges, agricultural holdings and hunting reserves where game live.

The most damage on agriculture is inflicted by the everyday activities of wild boars, rabbits and, to a lesser extent, deer and roes and other forest animals such as badgers and birds such as jackdaws, common wood pigeons and jays.

This study looks at the use of the Porocol game repellent on corn and potatoes

дователни години и при картофи в места, близки до горските масиви. Получените резултати са оптимистични, особено през втората година след анализиране и оптимизиране на опитните постановки от първата година. Доказано беше, че репелента притежават остра трайна миризма, не се влияе от външните атмосферни условия, не вреди на хората и други селскостопански животни и е лесен за приложение. На основата на получените двугодишни резултати и изводите от проучването се препоръчва употребата на репелента Порокол в организирането и провеждане на растително защитни мероприятия при производство на царевица и картофи в полупланинските и планински райони на България.
Ключови думи: репеленти, Порокол, диви животни, приложение при царевица и картофи

grown in places close to forests in two consecutive years. The results are optimistic, especially in the second year, after the first-year experiments were analysed and optimised. It has been shown that the repellent has a pungent, lasting odour, is not affected by weather, does not harm humans and other farm animals, and is easy to apply.

Based on the results obtained in the two-year study and its conclusions, it is recommended to use the Porocol repellent in the organisation and implementation of crop protection measures, specifically in the production of corn and potatoes in Bulgaria's semi-mountainous and mountainous areas.

Key words: repellents, Porocol, wildlife, use in corn and potatoes

УВОД

Дивечът и обкръжаващата го среда са взаимно свързани. Средата осигурява на дивеча убежища и е източник на необходимата му храна. Дивечът от своя страна с храната, която употребява влияе върху средата и най-често причинява значителни щети на селскостопанските култури и на горскодървесната растителност. Щом в гората има по значителни количества дивеч, разходите за създаване на насаждения се увеличават с 200-400%, а на места поради постоянните повреди от дивеча развъждането на някои дървесни видове става невъзможно. За горското стопанство особено голямо значение имат повредите, причинени от благородния елен, елена лопатар, сърната и заека.

Въпросът за повредите на горскодървесната растителност от дивеча съществува още от времето, когато грижата на човека за осигуряване на трайност в ползването от горите довела до създаването на горското стопанство. -

Причините на появяването на повредите все още не са изяснени.

INTRODUCTION

Wild animals and their environment are interconnected. The environment provides shelter for the game and is a source of the food it needs. On the other hand, wild animals, by consuming that food, affect the environment and, more often than not, cause significant damage to crops and forest vegetation. Where forests have large numbers of wild animals, the cost of growing crops on adjacent land increases by 200-400%. Also, growing some tree species becomes unfeasible in certain places due to the constant damage inflicted by wild animals. Damage to forest ranges caused by red deer, fallow deer, roe deer and rabbits is especially significant.

The issue of damage to forest vegetation by game has existed ever since humans began caring for forests to ensure their sustainable use, resulting in the creation of the concept of forest management.

The causes of the damage are still unclear. However, a link has been

Установено е обаче, че съществува връзка между смяната на естествената гора, характеризираща се с разнообразен видов състав, с иглолистни монокултури и появяването на повредите. Смята се, че тази смяна е съществена причина за появяването на повредите, защото с предприетите промени в състава и строежа на горите в Северна Европа са редуцирани тревният и храстовидният етаж, които доставят основната част от храната на дивеча и те се насочват към близки селскостопански масиви.

Постепенно с разрастване на човешката дейност в гората и вследствие на стремежа да се увеличи количеството на дивеча се увеличават и повредите. Повреди от дивеча на горско-дървесната растителност и селскостопанските култури в близкото минало почти не е имало. Това може да се обясни с незначителното количество на дивеча, от една страна, и със слабата експлоатация на горите, от друга. От значение е също така и обстоятелството, че в нашите гори не са извършвани лесокултурни мероприятия в голям мащаб, особено на голи площи, не са провеждани и реконструкции.

Въпреки важното значение, което има за горското стопанство и земеделските производители въпросът за щетите все още не е решен. Освен това те се появяват на места, където по-рано не са били познати. Нещо повече, повредите вземат все по-големи размери във всички райони с интензивно ловно и горско стопанство и близки до тях земеделски площи в България.

За получаване на високи добиви от земеделските култури на места в близост до големи горски масиви от съществено значение е правилното организиране и провеждане на ловно стопанските и растително защитни мероприятия.

В литературата по въпроса за повредите и мерките за ограничаването им като основна задача се поставя запазването на полезния дивеч като обитател на горите и обект за ловното

established between the change from natural forests composed of numerous species to coniferous monocultures and the increase in damage.

This change is believed to be a significant reason for the occurrence of damage, because changes in the composition and structure of forests in Northern Europe have reduced their grass and bush layer, which supplies most of the wild animals' food, forcing them to explore nearby farms.

The damage is gradually increasing as human activities expand throughout the forests and as a result of the desire to increase the number of wild animals. Wild animal damage to forest trees and crops was almost non-existent in the recent past.

This can be explained by the insignificant number of wild animals, on the one hand, and the poor exploitation of forests, on the other. Also important is the fact that no large-scale silvicultural activities have been carried out in our forests, especially in bare areas, with no restorations carried out either.

Despite the importance it has to forestry and farmers, the issue of damage is still unresolved. In addition, damage is now appearing in places where it previously did not occur. Moreover, the damage is increasing in all areas with intensively managed hunting reserves and forest ranges and nearby agricultural land in Bulgaria.

In order to obtain high yields from agricultural crops in places near large forests, it is essential to properly organise and conduct hunting, agricultural and plant protection activities.

Papers on the issue of damage and mitigating measures view the main task as the preservation of useful wild animals as forest dwellers and game.

стопанство. Същевременно се разработват ефикасни мерки за ограничаване на повредите в горите и земеделските площи до един поносим минимум.

Разрешаването на тези въпроси се търси главно в следните направления:

- Регулиране гъстотата на запаса от полезния дивеч с оглед създаване на правилно съотношение между количеството му и естествената му фуражна база.
- Подобряване на фуражната база в гората чрез измерване на състава и формата на насажденията.
- Осъществяване на подходящо подхранване през зимата, което да се постави на научна основа, за да се осигури правилно минерално подхранване.
- Осигуряване на ритмичност в храненето, за да може да се осъществи т. нар. ,,верижно подхранване“.
- Създаване и изпитване на практика на ефикасни предпазни механични, биотехнически и химични средства срещу повредите.

Повреди, причинявани от различните видове дивеч

Повреди от благороден елен. Почти всички представители на ловната фауна вредят на гората, но особено голямо значение имат повредите, причинявани от благородния елен. При нашите условия съществува тясна връзка между развитието на запаса от този вид и появата на повредите. Той се е срещал в изобилие както в планините така и в предпланините и в равнините. За някогашното му разпространение у нас има редица писмени доказателства (Bubenov, 1959; Botev, 1967; Baichev, 1968; Stenin, 1969). Наблюдаваните повреди са прехапване на иглолистните и на широколистните фиданки, белене на кората на дърветата (Bubenik, A. 1960) и изскубване на фиданките. (Ruskov and Petrov, 1963).

Повреди от сърна. Сърната е най-многобройният представител на едрия дивеч в нашата страна. През

At the same time, effective measures are being developed to limit damage to forests and agricultural land to a tolerable minimum.

A solution to these issues is mainly sought in the following areas:

- Control the density of useful wild animal stock in order to create the right ratio between the number of animals and their natural food.
- Improve the food growing in the forest by measuring plant composition and form.
- Provide suitable (evidence-based) supplemental nutrition during the winter. In this regard, provide game with suitable mineral supplements.
- Ensure regular feeding to achieve so-called “chain feeding”.
- Develop and test in practice effective protective mechanical, biotechnical and chemical means against damage.

Damage caused by different types of wild animals

Damage by red deer. Almost all species of game fauna are harmful to the forest, but the damage caused by red deer is especially significant.

In our conditions, there is a close link between the development of the stock of this species and the occurrence of damage. It was found in abundance in the mountains, foothills and plains. There is substantial written evidence of its former distribution in Bulgaria (Bubenov, 1959; Botev, 1967; Baychev, 1968; Stenin, 1969).

The damage observed includes bites on coniferous and deciduous saplings, bark peeling (Bubenik, 1960) and sapling plucking (Ruskov, 1963).

Roe deer damage. The roe deer is the most numerous member of big game in Bulgaria. Over the last few years, its последните няколко години нейното значение за ловния спорт нараства успоредно с разширяването на ареала и в площите на дребнодивечовото ловно стопанство. Доскоро повреди от сърни не са били познати. Повредите от сърните, както и от благородния елен се появяват като резултат от увеличаване на техния запас и от усилената дърводобивна дейност (Dragoev, 1964; Botev, 1968). Откриваните повреди в горските масиви са близки до благородния елен, но съобразени с физиката на сърните. Те са прехапване, изскубване, утъпкване на фиданките, наред с лющене и охлузване на кората на дърветата.

Повреди от заек. Заекът е и ще бъде основен вид дивеч на нашето ловно стопанство, защото намира благоприятни условия за живот в почти всички места с надморска височина около 1000 - 1200 m, има добра размножителна способност и сравнително лесно се приспособява към постоянно изменящите се условия на средата. В основата на съществуващата бонитетна таблица и на инструкцията за бонитиране на местообитанията общия нормален запас от заек у нас е 1500000 броя (Ruskov and Petrov, 1957; Dragoev, 1973; Petrov, 1975; Botev et al., 1985; Milanov, 1993, 1995). Официалните таксации посочват запаси в рамките на 370 до 420 хил. индивида за последните 20 години. Популацията е застрашаваща, а прирастът е 0,68 при нормален около 1, което сочи, че запасите трудно могат да бъдат запазени (Zhelev, 2015). Наблюдаваните повреди са прехапване на фиданките, като наблюденията показват, че зайците не винаги употребяват за храна прехапаните леторасли (Ruskov, 1967) и белене на кората на дърветата (Ruskov, 1957).

Повреди от дива свиня. Дивата свиня заема важно място сред представителите на едрия дивеч. Тя дава ценни трофеи, вкусно месо, а ловът ѝ и изисква мъжество. Всичко това я прави все по-желан обект на лов. Преди

importance to hunting has grown in parallel with the expansion of its range to hunting reserves of small game.

Roe deer damage was unknown until recently. Damage by roe deer and red deer appears to result from an increase in their stock and intensified logging (Dragoev, 1964, Botev, 1968).

The damage found in forests is similar to that by red deer, but in line with roe deer anatomy. It includes sapling biting, plucking and trampling, along with tree bark husking and peeling.

Rabbit damage. Rabbits are and will be the main wild animal species of our hunting reserves, because they find favourable living conditions in almost all places at an altitude of about 1,000-1,200 m, have good reproduction and relatively easily adapt to constantly changing environmental conditions.

Based on the existing rating table and habitat rating instructions, the total normal rabbit stock in Bulgaria is 1,500,000 (Ruskov and Petrov, 1957; Dragoev, 1973; Petrov, 1975; Botev et al., 1985; Milanov, 1993, 1995). Official estimates indicate stocks in the range of 370 to 420 thousand individuals for the last 20 years.

The population is under threat, with a growth of 0.68 (the normal value is around 1), which shows that maintaining stocks would be difficult (Zhelev, 2015). The damage observed includes sapling biting, and observations show that rabbits do not always eat the shoots they have bitten off (Ruskov, 1967) and the tree bark they have peeled off (Ruskov, 1957).

Wild boar damage. The wild boar takes an important place among the members of big game. It brings valuable trophies and delicious meat, and hunting it requires courage. All this makes it an increasingly desirable target of hunters.

около 20 години дивата свиня у нас е имала ограничено разпространение. Срещаше се само в няколко изолирани находища в Рила, Пирин, Лудогорието, Добруджа, Странджа, Родопите и др. В резултат на взетите от длъжностните органи и служби мерки за опазването ѝ, както и извършеното разселване на животни, отгледани в създадените специално за целта свинеферми в ловните стопанства ,,Шерба“, ,,Воден“ и ,,Бяла“, Русенско, запасът на този вид бързо се увеличи. Според официалните данни през 1984 г. у нас има около 33500 броя с тенденция увеличаване.

Успоредно с увеличаването на запасите на дивата свиня се появиха и повредите. Те се срещат навсякъде, където обитават дивите свине, и са с голямо стопанско значение за селското стопанство. Към настоящия момент данни и научни описанията на повредите от дива свиня по земеделските култури са оскъдни или липсват.

Размерът на повредите може да се прецени по протоколите от агроведомствата и частните стопани, съставени по Закона за опазване на селскостопанското имущество от диви животни (State Gazette (SG), 1974).

Фактори от значение за размера на повредите. Много фактори оказват влияние върху размера на повредите, които полезният дивеч причинява на гората. Те имат значение при провеждането на мероприятията за ограничаване на повредите.

Първият фактор в ловно-стопанската наука и практика е гъстота на дивеча. Най-често се употребява понятието средна гъстота. Тя представлява средното число от даден вид дивеч според летния запас на 100 ha от ловната площ. Известни са също така биотично поносима гъстота и стопански поносима гъстота. Под биотично поносима гъстота се разбира онова количество дивеч от даден вид на 100 ha площ, до което дивечовият запас може да достигне, без да настъпят каквито и

About 20 years ago, the wild boar had a limited distribution across Bulgaria. It was only found in a few isolated places in Rila, Pirin, Ludogorie, Dobrudzha, Strandzha, the Rhodopes, etc. As a result of the protective measures taken by the authorities, as well as the resettlement of animals bred in purpose-built farms in the hunting reserves Sherba, Voden and Byala in the Ruse province, the stock of this species increased rapidly. According to official data, in 1984 there were about 33,500 wild boars in Bulgaria, with a trend for the numbers to increase.

Along with the increase in wild boar stocks, damage started to appear. It is found wherever wild boars live and has great economic significance to agriculture.

Data and scientific descriptions of wild boar damage to crops are currently limited or unavailable.

The amount of damage can be assessed on the basis of reports by agricultural departments and private farmers, as prepared in accordance with the Law on protecting agricultural property from game (State Gazette (SG), 1974).

Factors relevant to the amount of damage. Many factors affect the amount of damage useful game cause to the forest. They are important in the implementation of damage mitigation measures.

The first factor in the study of hunting reserves and associated practices is game density. The term used most frequently is average density. It represents the average number of a species of game according to the summer stock per 100 ha of hunting area.

The terms biotically acceptable density and economically acceptable density are also known. Biotically acceptable density means the number of a species of game per 100 ha that the game stock can reach да е било увреждания на телесното му развитие. А стопански поносима гъстота на дивеча е тази, при която повредите, които той причинява, могат да бъдат ограничени с налични средства (Wagenknecht, 1965).

Вторият фактор - естествената фуражна база в гората е една от главните причини за повредите от прехапване и белене е недостатъчното количество качествена естествена храна в сегашните интензивно стопанисвани гори (Koller, 1962).

У нас проучванията върху естествената фуражна база в гората са извършени от Dragoev (1964) за Лудогорието, Kolev (1966) за Чепинския дял на Родопите и Baichev (1968) за района на Североизточна България.

Мероприятията за опазване на ценната горскодървесна растителност от дивечови повреди се групират, като следва: 1) химични средства за ограничаване на повредите; 2) механични средства за ограничаване на повредите; 3) биотехнически мероприятия. За опазване на отделни фиданки от иглолистни, широколистни и овощни дръвчета в практиката особено за някои страни от Западна Европа се използва с успех перфорирана импрегнирана картонена обвивка, която се поставя на връхния леторасъл на овощните дръвчета и фиданки, които трябва да бъдат защитени (Petrov, 1964). Предпазване на връхния леторасъл от прехапване в чужбина (Австрия) се използват полиетиленови „чорапчета“, известни под най-различни наименования. Те представляват цилиндърчета от полиетилен. Поставят се на връхния леторасъл, а долният им край се пристяга с каучукови пръстенчета. Предназначени са за предпазване от прехапване на иглолистни фиданки. За пропъждане на дивеча от зелените площи се използват гончета (кучета) завързани на дълги въжета. На други места се поставят запалени фенери, окачени на дървета в непосредствена близост до културите.

without causing any damage to its physical development. For the density to be economically acceptable, the damage game causes can be limited by available means (Wagenknecht, 1965).

The second factor – the insufficient amount of quality natural food in today's intensively managed forests – is one of the main reasons for damage caused by biting and peeling (Koller, 1962).

In Bulgaria, studies of the natural food supply in the forest were conducted by Dragoev (1964) for Ludogorie, Kolev (1966) for the Chepino part of the Rhodopes and Baichev (1968) for the region of Northeastern Bulgaria.

The measures to protect valuable forest tree vegetation from game damage are grouped as follows: 1) chemical means of damage mitigation; 2) mechanical means of damage mitigation; 3) biotechnical means.

There is a successful practice, especially in some Western European countries, to protect individual saplings of coniferous, deciduous and fruit trees using a perforated impregnated cardboard cover, which is placed on the top shoot of fruit trees and saplings needing protection (Petrov, 1964).

Polyethylene "socks" known by various names are used abroad (Austria) to protect the top shoots from being bitten.

These polyethylene cylinders are placed on the top shoot, with their lower end fastened with rubber rings.

They are designed to prevent coniferous saplings from biting. Beagles (dogs) tied to long ropes are used to drive game away from the green areas.

Elsewhere, lanterns are lit and suspended from trees next to the crops. The success of these methods is always short-lived

Успехът от използването на тези средства винаги е временен (Botev, 1968).

Най-ефикасен начин за опазване на културите на малки площи от повредите от дивеч е използването на плътни огради. Оградата се прави, за да се попречи на животните да влизат в заградените площи. Макар и скъпи съоръжения, оградите като средство за защита от дивечови повреди намират широко приложение във всички страни с интензивно ловно и горско стопанство. Те трябва да се прилагат по-широко и у нас (Petrov et al., 1968).

Освен разгледаните механични средства за борба срещу причиняваните от дивеча повреди в гората са познати т. нар. биотехнически или горскостопански мерки за защита. Въпреки че тези начини са сравнително нови, поради това че са евтини и достатъчно ефикасни, в последно време борбата за ограничаване на повредите, причинявани от дивеча, се насочва именно в това направление. Тези мерки за защита на културите от повредите на дивеча са много и най- разнообразни. От биологична гледна точка в това отношение е важно да се подобри естествената хранителна база за дивеча в гората, за да се осигури необходимата му естествена храна през цялата година.

Химичните средства за борба срещу повредите от дивеча са важно мероприятие от грижите по създаването на горските и земеделски култури и подпомагането на възобновяването на насажденията. За опазване на горскодървесната и селскостопанската растителност от дивечови повреди се употребяват специфични миризливи вещества. Най-напред те са били използвани, като за целта са напоявани парцали и са поставяни в близост до застрашените места. По-късно е бил подобрен съставът на смеските, което е позволило тяхното нанасяне върху растенията. В практиката тези отблъскващи вещества са употребявани като ръчно приготвени смески или под фор-

(Botev, 1968).

The most effective way to protect crops grown in small areas from game damage is to use solid fences. The fence is designed to prevent animals from entering the fenced areas. Although expensive, fences, as a means of protection from game damage, are widely used in all countries with intensive hunting and forestry. They should be used more widely in Bulgaria too (Petrov et al., 1968).

In addition to the mechanical means of preventing damage caused by game in the forest set out above, so-called biotechnical or forest protection measures also exist. Although relatively new, these methods are cheap and sufficiently effective, so the fight to mitigate the damage caused by game has recently focused on them.

These measures to protect crops from game damage are numerous and varied.

From a biological point of view, it is important to improve the natural food supply for game in the forest to ensure it has the food it needs throughout the year.

Chemicals used to combat game damage are an important part of caring for forest and agricultural crops and supporting plant stock regeneration.

Special odorous substances are used to protect forest and agricultural vegetation from game damage.

At first, rags were soaked in them and placed near endangered areas.

Later, the composition of the mixtures was improved, enabling their application on plants.

In practice, these repellents are used as hand-made mixtures or in the form of мата на различни фабрични препарати, известни под наименованието репеленти (Plant Protection Act), 1997).

За разлика от препаратите, използвани за борба срещу насекомите и другите вредители, химичните препарати за борба срещу дивечовите повреди не са предназначени да отровят дивеча, а само да го отблъснат със своята неприятна миризма или вкус. За да изпълнят предназначението си, химичните средства, употребявани в практиката, трябва да отговарят на следните по-важни условия: а) да притежават остра трайна миризма, която да пропъжда дивеча от защитените дървесни видове и селскостопански култури; б) да не се измиват от валежите, за да могат да изпълняват своето предназначение по дълго време (5-7 месеца); в) да не замръзват при ниска температура, тъй като в такъв случай губят своите качества и не оказват никакво въздействие върху дивеча; г) да бъдат безвредни за хората, които работят с тях; д) да не оказват вредно влияние върху фиданките и селскостопанските култури; ж) да не са огнеопасни, тъй като в противен случай ще увеличат горимостта на фиданките и селскостопанските култури и ще нарасне опасността от възникване на пожари; з) употребата им да бъде стопански оправдана - да не бъдат скъпи и с тях да се работи лесно.

Химичните средства, използвани за ограничаване на повредите от дивеча, може да бъдат изработени и в домашна обстановка или в химическите заводи. В зависимост от това, срещу какви повреди се употребяват, те биват препарати срещу прехапване и препарати срещу белене. Всички познати препарати са главно на основата на: а) катранени вещества - каменовъглен и кафявовъглен катран, антрацитно масло, дървен катран от иглолистни и широколистни дървесни видове, карболинеум, асфалт и др.; б) растителни и животински масла и мазнини - палмово

various manufactured agents known as repellents (Plant Protection Act, 1997).

Unlike agents used to control insects and other pests, chemicals used to control game damage are not intended to poison the game, but only to repel it with their unpleasant odour or taste.

In order to fulfil their purpose, the chemicals used in practice must meet the following important conditions:

(a) they must have a pungent, lasting odour that drives game away from protected tree species and crops;

b) they must not to be washed away by precipitation, so they can serve their purpose for a long time (5-7 months); (c) they must not to freeze at low temperatures, because if they do, they will lose their properties and have no effect on game; d) they must be harmless to the people who handle them;

(e) they must not have a detrimental effect on saplings and crops; (g) they must not be flammable, because they would otherwise increase the flammability of saplings and crops and, in turn, increase the risk of fires; h) their use should be economically justified – they must not be expensive and must be easy to handle.

Chemicals used to mitigate game damage can be made both at home or in chemical plants.

Depending on the damage they are intended to prevent, they are anti-bite or anti-peel agents.

All known agents are mainly based on: a) tar substances – hard and brown coal tar, anthracite oil, wood tar of coniferous and deciduous trees, carbolineum, asphalt, etc.;

b) vegetable and animal oils and fats – palm oil, linseed oil, fish oil, bone oil, etc.;

масло, безир, рибено масло, костно масло и др.; в) изкуствени смоли - колофон; г) остатъци и отпадъчни вещества при приготвянето на вазелина, парафина, минералното масло, восъка и др.; д) отпадъчни вещества от преработката на инсектициди, хартия, целулоза; е) органични и неорганични вещества от различен произход - кръв, косми, пясък и др. (Wagenknecht, 1965).

От тези суровини в чужбина се приготвят различни препарати: - Катранени препарати. В суров вид те са предназначени предимно за напръскване на иглолистните фиданки през периода на вегетационния покой. По важни от тях са: Reuston и Orcus (Чехия), Baunetcer и Rutach (Германия), Silvacol и Hurbason (Австрия). Освен това много често се използват катраненото и антрацитното масло в смес с други катранени вещества за фино пръскане, каквото са Fursol (Германия) и Proherba (Австрия). - Мастни препарати. Те също са предназначени за предпазване от прехапване на иглолистни и широколистни фиданки през зимата. От тях са познати Wilderbisalbe, Jager, Coniferol и др. - Препарати на основата на смолите. Поради някои свои качества - трудно разреждане във вода, тежки пари и др.- се използват по време на вегетационния покой, и то само за пръскане. Към тях принадлежат RZ (Чехия), препаратите на фирмата ,,Heldebrand'' (Германия), а също Wipox и Pinostris (Австрия). - По- сложни препарати. Към тази група спадат емулсиите, суспензиите и фините прахове. Всички те са изработени от вещества, които поради неподходящи физико-химични свойства не може да се употребяват в суров вид.

От близкото минало към групата на емулсиите спадат Carnofer (Чехия), препаратите на фирма Stahler (Германия), а също така Dendrocol, Forstan и Monacol (Австрия) и др.. От суспензиите са познати Marsuvin (Чехия), Spange V и SRC (Германия) и др. Към суспензиите се прибавят и веществата

c) artificial resins – rosin; d) residues and waste substances from the preparation of Vaseline, paraffin, mineral oil, wax, etc.;

e) waste substances from the processing of insecticides, paper, cellulose; f) organic and inorganic substances of various origin – blood, hair, sand, etc. (Wagenknecht, 1965).

In other countries, these raw materials are used to prepare various agents: - Tar agents. In raw form, they are intended mainly for spraying coniferous saplings in the period of vegetative dormancy. The most important of these are: Reuston and Orcus (Czech Republic), Baunetcer and Rutach (Germany), and Silvacol and Hurbason (Austria). In addition, tar and anthracite oil are often used in a mixture with other fine tar sprays, such as Fursol (Germany) and Proherba (Austria). - Fat agents. They are also designed to prevent coniferous and deciduous saplings from being bitten in winter. Wilderbisalbe, Jager, Coniferol, etc. are foreign examples of such agents. - Resin-based agents.

Due to some of their properties – difficult to dilute with water, heavy vapours, etc. – they are applied in the period of vegetative dormancy and only by spraying. These include RZ (Czech Republic), Heldebrand agents (Germany) and Wipox and Pinostris (Austria). - More complex agents. This group includes emulsions, suspensions and fine powders. They are all made of substances that, due to their unsuitable physicochemical properties, cannot be used in raw form.

Recent additions to the group of emulsions include Carnofer (Czech Republic), Stahler agents (Germany), Dendrocol, Forstan and Monacol (Austria), etc. Marsuvin (Czech Republic), Spange V and SRC (Germany), etc. are examples of suspensions. Substances such as kaolin, clay, lime, chalk are also като каолин, глина, вар, креда, които, освен че подобряват техните защитни качества, спомагат за прикрепването и засъхването на повечето от тях, а служат и като емулгатори на мастните и катранените примеси. Фините прахове са най-широко застъпени сред репелентите на зимното предпазване от прехапване. Като по-слабо фитотоксични, препаратите от групите на суспензиите и фините прахове намират най-широко приложение в практиката. У нас срещу повредите от зайци са били изпробвани успешно ръчно приготвени смески от рибено масло, животинска кръв, течен сапун, хексахлоран, крезот, формалин, гъсенично лепило, фенол 40%, меркаптан, обущарски пан, фузелово масло и вода в различни комбинации. Приложението на химичните препарати не винаги е достатъчно ефикасно. На места репелентите дават много добри резултати, поради което тяхното използване се препоръчва. У нас са изпробвани препаратите Arboral, Arcotal (Австрия), Apulin, Carnofer, Morsuvin (Чехия), Fekama W - 30M и Fekama W-40M (Германия).

Тези репеленти са проявили добър предпазен ефект на фиданките срещу дивите животни. Намазването на фиданките с различни препарати се извършва с плоски четки. Удобно и бързо се работи с четки за лъскане на обувки, на които се приковават дръжки с дължина около 50 cm. Установено е, че защитните качества на използваните репеленти в различни райони не са еднакви. Причините за това трябва да се търсят не само в наличието на глад при дивеча, но и в индивидуалните му качества - навик, здравословно състояние и т.н., защото поведението на дивеча не се състои само от прости и винаги еднакви реакции на изискванията на средата, а от реакции, обусловени от дадено положение, предизвикано от екологичните условия. Ефектът от действието на различните препарати срещу повредите от дивеча зависи

added to suspensions, which, in addition to improving their protective properties, help most of them adhere and dry.

In addition, they serve as emulsifiers of fatty and tar impurities. Fine powders are the most common type of winter bite repellents.

Being less phytotoxic, agents from the groups of suspensions and fine powders are most widely used in practice. In Bulgaria, hand-made mixtures of fish oil, animal blood, liquid soap, hexachlorane, creosote, formalin, caterpillar glue, phenol 40%, mercaptan, shoe polish, fusel oil and water in various combinations have been successfully tested against rabbit damage.

The use of chemicals is not always effective enough. In some places, repellents produce very good results, which is why their use is recommended. Arboral, Arcotal (Austria), Apulin, Carnofer, Morsuvin (Czech Republic), Fekama W-30M and Fekama W-40M (Germany) have been tested in Bulgaria.

These repellents have been very effective in protecting saplings from game. Saplings are smeared with various agents using flat brushes.

It is convenient and quick to use shoe shine brushes adapted by nailing 50-cm handles to them. It was found that the repellents' protective properties are not the same when used in different areas. This should not only be explained by whether the wild animals were hungry or not, but also by their individual qualities – habits, health, etc. – because their behaviour does not only consist of simple and consistent reactions to environmental requirements, but also of reactions provoked by a certain situation caused by environmental conditions.

The effect of the various agents against game damage also depends on the nature също така от естеството на биотопа и от това, дали на дивеча в замяна на отнетите му фуражни площи се предоставят достатъчно други.

В условията на България са изпробвани няколко типа репеленти на база различни химични активни вещества и протеини (Lecheva, Stoyanov, 2014). Тестваните средства са показа-ли сравнително добри показатели за опазване на земеделските култури пред-назначени за дивечови ниви при ТРИКО ЦЕРТОЗАН, РЕПЕЛОВИТ и ПОРОКОЛ при земна ябълка (*Helianthus tuberosus* L.).

Сведенията и литературните източници, описващи повредите от горски животни в селското стопанство са оскъдни. Единствено Ruskov Русков (1957) изуча-ва и описва повредите от зайците по овощните култури. Дори и на законодателно ниво проблемите със селскостопанските култури и повредите от дивеча не е обстойно засегнат. В настоящия момент Законът за защита на растенията (Обн. ДВ. бр.91 от 10 Октомври 1997г.) не третира този проблем. В исторически аспект проблемите са били разрешавани единствено в Закона за опазване на селскостопанското имущество (в сила от 01.10.1974г., Отразена деноминацията от 05.07.1999 г.) и всеки идентичен казус за нанесени щети по селскостопанските култури е в приоритета и правомощията единствено на действащия Закон за горите (Обн. ДВ. бр.19 от 8 Март 2011г).

Разработването на настоящето проучване за влияние на репелента Порокол върху дивите животни е възможност за обогатяване на познанията и необходимите реакции за противодействие на нанасянето на щети от тях върху производството на царевица и картофи в близост до горски масиви, да се съпоставят и докажат въздействията срещу загубите на селско стопанска продукция в две поредни години в два района на България.

of the habitat and on whether the game is provided with other sufficient forage areas in exchange for those taken away from it.

Several types of repellents based on different chemically active substances and proteins have been tested in Bulgaria (Lecheva, Stoyanov, 2014). The tested agents have been shown to be relatively good at protecting agricultural crops intended for game fields in TRICO CERTOSAN, REPELLOVIT and POROCOL in earth apple (*Helianthus tuberosus L.*).

Information and previous papers describing agricultural damage by forest animals are limited. Only Ruskov 1957 has studied and described the damage caused by rabbits on fruit crops.

Problems with crops and game damage have not even been fully addressed at the legislative level. At present, the Plant Protection Act (published in the SG, issue 91 of 10 October 1997) does not address this problem.

Historically, those problems have only been solved in the Law on protecting agricultural property (in force since 01/10/1974, with only the name changed in 05/07/1999), with any identical case of damage to agricultural crops only covered by the current Forest Act (published in the SG, issue 19 of 8 March 2011).

This study of the impact of the Porocol repellent on wild animals is an opportunity to expand the knowledge of how to counter the damage they cause to corn and potatoes grown near forests by comparing and proving the losses of agricultural production in two consecutive years in two areas of Bulgaria.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Опитните постановки бяха заложени в два района на България, разделени един от друг и разпределени както следва: в района на село Василовци беше заложен опита през 2017 и 2018 за проучване на повредите от диви животни при площ от 16 da с царевица; в района на град Батак беше заложен опита през 2018 година на площ 2,4 da картофи. *Подготовката на почвата* в площите на засяване е стандарта, включваща оран на 10-15 cm, както и фрезоване след освобождаване на площта от предшественика. Тази оран има за задача да запази почвената влажност и да не предизвика развитието на плевелната растителност. Друга извършена дейност е подхранване с тор, което е важно мероприятие при отглеждането на царевица (NPK 2020) и картофи (карбамид). Предварителната профилирана почвена повърхност в нашия случай не беше извършена. При обработката на почвата не са прилагани никакви хербициди. *Семена на опитните земеделски култури*. Царевицата беше любезно предоставена от фирма Семена Pioneer® – София – част от фирма Corteva Agriscience. Семената (ФАО 360) бяха засети през месец май и през двете години на наблюдение по стандартни сеитбени норми от около 8000 бр. на декар с междуредово разстояние от 70 cm и вътрередово разстояние между тях от около 17-20 cm. Картофите за засаждане бяха предоставени от картофопроизводител от Самоков, сорт Пикасо. Клубените бяха засадени в началото на месец май през периода на наблюдение по стандартни сеитбени норми от 4500-5000 клубени на 1 da или 225-250 kg/da с междуредово разстояние 70 cm и вътрередово разстояние 28-31 cm. През ранна вегетация от фаза разтваряне на втори лист до фаза разтваряне на шести лист на културата (BBCH 12-16) беше извършено по едно третиране на площите срещу

MATERIAL AND METHODS

Experiments were conducted in the following two areas of Bulgaria: near Vasilovtsi Village, experiments were conducted in 2017 and 2018 to study game damage in a 1,66 ha cornfield; near Batak Town, an experiment was conducted in 2018 in a 0,24 ha potato field.

The sowing areas were tilled in the standard manner, including ploughing to 10-15 cm and milling after the area was cleared from the preceding crops.

The purpose of the ploughing was to maintain soil moisture and hinder weed growth.

The soil was also fertilised, which is an important part of the cultivation of corn (NPK 2020) and potatoes (urea).

In our case, the soil surface was not profiled in advance. No herbicides were applied in the soil treatment. *Experimental crop seeds.*

The corn was kindly provided by Pioneer Seeds®, Sofia, part of the Corteva Agriscience.Company. The seeds (FAO 360) were sown in May in both years of observation according to standard sowing rates of about 80,000 per ha, with the rows 70 cm apart and the seeds in each row about 17-20 cm apart.

The potatoes, which were of the Picasso variety, were provided by a potato producer from Samokov. The tubers were planted in early May of the two-year observation period according to standard sowing rates of 45,000-50,000 tubers per ha or 2250-2500 kg/ha, with the rows 70 cm apart and the seeds in each row about 28-31 cm apart.

In the early growth stage (from the unfolding of the second leaf to the unfolding of the sixth leaf of the crop (BBCH 12-16), the areas were treated плевели с хербициди при царевицата с Капрено СК (активно вещество: темборотрион 345g/l; тиенкарбазон- метил 68g/l; изоксадифен - етил 134g/l) срещу широколистни и едногодишни житни плевели (просо, зелена кощрява, обикновен щир, бяла куча лобода, фасулче, и още доста други) и при картофите с хербицид Еклипс 70ВГ 25-30 g/da еднократно приложен след фенофаза (след BBCH 10) първите листенца започват да нарастват от клубените (активно вещество: метрибузин) срещу едногодишни житни и широколистни превели като (ветрушка, кокоше просо, кощтрява, бял щир, градински киселец, татул и др.) *Камери за дистанционно наблюдение*. За проследяване на видовия състав и динамиката на набезите на дивите животни използвахме 6 броя дигитални камери (HC-700 M/G), предоставени ни за ползване от ЛД „Василовци" към ЛРД „Сокол" град Сливница и ЛРД град Батак. Всяка камера беше снабдена със SIM карта и SD карта за съхранение и връзка с персонален компютър. Камерите бяха инсталирани на хранилки в близост до земеделските площи за документиране на дивите животни. *Репелент*. За целите на настоящето проучване беше използван репелента ПОРОКОЛ. Изборът ни за неговото приложение беше направен на базата на литературното проучване и описаните с добри резултати в практиката. Той широко е прилаган за защита на пътища от преминаване на дивеч (с приложение 1 колонка на 60 метра и дистанция 15 метра от пътя) и за защита на селскостопански култури (с приложение от 4 до 5 броя колонки на ha и височина на 90 cm). Основен фактор при направения избор е и лесното му инсталиране и сравнително добра защитеност от климатичните фактори; Ефективност: 4-6 месеца. Производител е Witasek PflanzenSchuntz GmbH и любезно предоставена от фирма АлИв Ко Форест в град София.

Опитна постановка и инсталация

with herbicides, specifically the corn with Capreno SC (active substance: tembrotrione 345 g/l; thiencarbazone-methyl 68 g/l; isoxadifen-ethyl 134g/l) for deciduous and annual cereal weeds (millet, green periwinkle, common sagebrush, white pigweed, black bindweed and many others) and the potatoes with Eclipse 70VG 25-30 g/da applied once after the phenophase (after BBCH 10) where the first leafs begin to grow from the tubers (active substance: metribuzin) for annual cereal and deciduous weeds such as (windgrass, cockspur grass, foxtail, common tumbleweed, garden sorrel, thorn apple, etc.) *Remote monitoring cameras.*

To monitor the composition of species and the dynamics of raids by wild animals, we used 6 digital cameras (HC-700 M/G) provided to us by the Vasilovtsi Hunting Club, part of the Sokol Hunting and Fishing Club in Slivnitsa and the Batak Hunting and Fishing Club. Each camera was equipped with a SIM card for communication with a computer and an SD card for data storage. The cameras were installed at feeders near farmland to document wildlife. *Repellent.*

The POROCOL repellent was used for the purposes of this study. We chose to use it on the basis of research of previous studies and the good results achieved in practice. It is widely used to prevent wild animals from crossing roads (with the columns applied every 60 metres at a distance of 15 metres from the road) and to protection agricultural crops (with 4 to 5 columns applied per hectare at a height of 90 cm).

Another main factor in choosing this repellent was its easy installation and relatively good protection from weather; Efficacy: 4-6 months. Manufactured by Witasek PflanzenSchuntz GmbH and kindly provided by AlIv Co Forest in Sofia.

Experiment preparation and

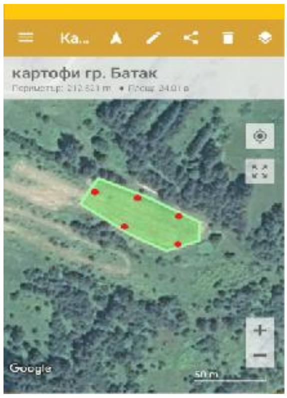
на репелента. Схемата за инсталиране на репелента ПОРОКОЛ беше съобразена с изискванията на фирмата производител. Всички зелени колонки бяха поставени в краищата на земеделските площи през края на месец юни, но в непосредствена близост до гората. Разположението на колонките е представено във Фигура. 1 а) и б). При картофите, които наблюдавахме единствено през 2018 г. беше избрана схема на разположение на колонките през 55 метра (Фигура 1б).

repellent installation. The POROCOL repellent was installed in accordance with the manufacturer's requirements.

All green columns were placed at the ends of the agricultural fields in late June, in the immediate vicinity of the forest.

The columns were arranged as shown in Fig. 1 a) and b). For the potatoes, which we only monitored in 2018, we placed the columns 55 metres apart (Figure 1b).

a)



b)

Фиг. 1. Схема на разположение на колонките а) при царевицата през 2017 (1,6 ha); ●- колонки ПОРОКОЛ с дистанция една от друга 60 m и височина на 90 cm; b) при картофите през 2018 (0,24ha) ● - колонки ПОРОКОЛ с дистанция една от друга 55 m

Fig. 1. Scheme of available columns a) in maize in 2017 (1,6ha); ●- columns POROKOL with a distance of 60 m from each other and a height of 90 cm; b) for potatoes in 2018 (0,24ha). ● - columns POROKOL with distance from each other 55m

Морфологична диагностика. Проследяването на движението и видовия състав на дивите животни беше извършвано дистанционно на базата на постъпващата информация от инсталираните камери в гората, но в близост до земеделските площи. Програмирахме проследяването и заснемането на обектите да се осъществява през вечерните часове (от 18:00 до 08:00), поради по честите набези на дивите животни. Определянето на видовия състав се извършваше въз основата на получените снимки от шестте броя камери. Данните се събираха ежеседмично. Идентификацията на дивите животни

Morphological diagnostics. The movements and composition of game species were monitored remotely using information received from the cameras installed in the forest, but near the agricultural fields. We programmed the cameras to monitor and film the animals in the evening (from 18:00 to 08:00) due to the frequent raids by wild animals in those hours.

The composition of species was determined on the basis of photos taken by the six cameras. The data were collected weekly. We identified the game by comparing them with references and сравнявахме с литературни и други източници. Обследването на засетите земеделски площи извършвахме всяка седмица след констатиране на първа щета от дивите животни чрез метода на маршрутно обследване. Целта на тези наблюдения е чрез използването на конкретни техники и методи да се получи максимално точна информация за оценка състоянието на повредите от животни. Процентното изражение на нанесените щети беше извършвано еднократно в края на вегетацията непосредствено преди прибиране на културите. За база и сравнение използвахме сеитбените норми при царевицата и картофите на декар. Резултатите от обследването за нанесените щети са осреднени.

other sources.

The sown agricultural areas were inspected every week after the first wild animal damage was established by route inspection. The purpose of these observations was to use specific techniques and methods to obtain as accurate information as possible to assess the extent of animal damage.

The damages inflicted were calculated as a percentage once, at the end of vegetation, just before the harvest. As a baseline for comparison, we used standard sowing rates for corn and potatoes per decare. The results of the damage inspections were averaged.

РЕЗУЛТАТИ

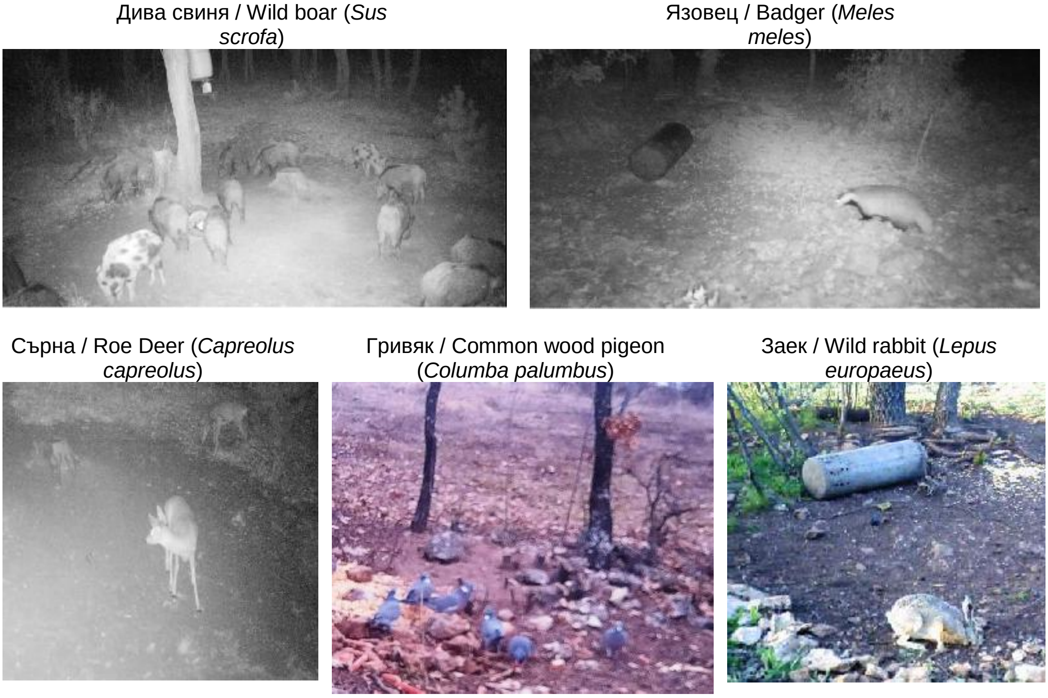
През първата година на настоящето проучване бяха анализирани видовия състав на дивите животни, посещаващи царевицата в района на село Василовци, община Драгоман. Въз основа на получените 3128 броя снимки от камерите определихме видовете и следяхме за динамиката на поява на диви животни в близост до земеделската площ. Наблюденията стартираха от втората половина на месец юни 2017 и продължиха до месец октомври. Най-често срещаните диви животни са дива свиня, язовец, сърна, гривяци и други птици и заек, отразени като първа проява в царевицата в Таблица 1 и Фиггура 2.

RESULTS

The composition of game species visiting the cornfield near Vasilovtsi, Dragoman, were analysed in the first year of this study. Based on the 3,128 photos obtained from the cameras, we determined the species and monitored the dynamics of game appearing near the agricultural area. The observations started in the second half of June 2017 and lasted until October. The most common game was wild boar, badger, roe deer, common wood pigeons and other birds and rabbits, shown as the first attack on corn in Table 1 and Figure 2.

Таблица 1. Видов състав и динамика на посещения в царевицата през първата година
Table 1. Species composition and dynamics of visits to cornfield during the first year

№	Диви животни Wild animals	1st Камера Camera	2nd Камера Camera	3rd Камера Camera	Динамика посещения Dynamics of attendance	Процент от общия брой Percentage of total (%)
1.	**Дива свиня / Wild boar** (*Sus scrofa*)	81	82	49	212	**66,3**
2.	**Язовец / Badger** (*Meles meles*)	20	14	9	43	**13,5**
3.	**Сърна / Roe Deer** (*Capreolus capreolus*)	5	-	17	22	**6,8**
4.	**Гривяк / Common wood pigeon** (*Columba palumbus*)	-	5	30	35	**10,9**
5.	**Заек / wild rabbit** (*Lepus europaeus*)	2	1	5	8	**2,5**
Резултати от общия брой посещения на хранилките в близост до царевицата: Results of the total number of visits to the feeders near the cornfield:					320	100



Фиг. 2. Най-често срещаните диви животни, снимани на фотокапани през 2017
Fig. 2. The most common wild animals photographed on photo traps in 2017

Описание на нанесените щети от диви животни при царевицата 2017. Първите набези на диви животни в царевичния блок бяха открити в началото на месец август 2017 г. или след около 80 дни след сеитба. До този момент не констатирахме изравяне на засятите семена от царевица или изгризване на листа.

Първи симптоми: Във фенофаза на културата цъфтеж на метлицата бяха (BBCH 61-68) забелязани повалени растения в следствие на прегризване в основата или изцяло изтръгнати. От цялата наблюдаваната площ 16 da повредите открихме на три места (около 2000 растения), близки едно до друго. Щетите се ограничаваха в поваляне на растенията, нагризване на стъблото, листата и неоформените кочани (Фигура 3). Констатирано беше повалянето на една колонка с репелента от силен вятър. Общо останалите колонки към края на месец август бяха 5 броя.

Description of damage caused by game to corn in 2017. The first raids on game in the cornfield were discovered in early August 2017 or about 80 days after sowing. We had not detected digging out of sown corn seeds or gnawing of leaves.

First symptoms: In the phenophase of the tuber where the panicle flowers (BBCH 61-68), we observed plants that had fallen due to gnawing at the base or had been completely uprooted. Out of the total 16 decare area under observation, we found damage in three places (approx. 2,000 plants) close to each other. The damage was limited to plant felling and gnawing of stems, leaves and developing cobs (Figure 3). We found that a column of repellent had been knocked down by high winds. The total number of columns at the end of August was 5.

Фиг. 3. Повалени и прегризани растения от царевица през август 2017
Fig. 3. Fallen and gnawed corn plants in August 2017

Втори симптоми: В резултат от извършеното обследване две седмици след констатираните първи набези открихме масово поваляне и стъпкване на растенията в две петна на обща площ от 2700 m^2 (около 21600 броя растения). Голяма част от повалените растения бяха нагризани и кочаните изядени. Фенофазата определихме като развитие на плода (BBCH 71–79). Това засилено присъствие на диви животни го сравнихме с данните от изпратения снимков материал и отчетохме присъствие на голямо стадо диви прасета (сюрия). По всяка вероятност става дума за двукратно посещение на майки с приплоди. Засиленото присъствие провокира бърза реакция към проверка на колонките с репелент Порокол. Констатирано беше отсъствието на две колонки в близост до гората (вероятно откраднати). Открито беше, че дирите на животните идваха и излизаха от царевичния блок точно през местата на липсващите колонки с репелента Порокол. Резултатите от обследванията през месец септември показаха, че набезите на дивите животни в царевицата продължават, а щетите се увеличават прогресивно. Петната вече са слети и средата на блока е напълно стъпкан без здраво растение. Измерената площ с

Second symptoms: During the inspection carried out two weeks after the first raids, we found a huge number of plants had been felled and trampled in two patches of a total area of 2700 m^2 (approx. 21,600 plants). Most of the fallen plants had been gnawed, with the cobs eaten. The phenophase was determined as fruit development (BBCH 71-79).

We compared this increased presence of game with the data from the photos sent by the cameras and noticed a large herd (sounder) of wild boar. In all likelihood, this was a two-time visit by sows with piglets. The increased presence spurred us to quickly check the columns of Porocol repellent.

We saw that two columns near the forest were missing (probably stolen). We found that the animal tracks came and went from the cornfield exactly at the locations of the missing columns of Porocol repellent. The inspections carried out in September showed on-going wildlife raids on the corn, with the damage increasing progressively.

The patches had already merged, with the middle of the field completely trampled and no healthy plants left. The area of нанесените щети само през септември е 8000 m^2. През разрешените ловни излети за дребен пернат дивеч, колегите от ловната дружина Василовци съобщиха за голямо присъствие на диви животни и на гривяци в царевицата. В края на месец септември отчетохме повредени растения на нови петна с обща площ от около 1300 m^2 или загуби на цялата площ от около 76%, изчислена на база оцелели растения (Фигура 4).

damage caused just in September was measured at 8,000 m^2. Following outings for small wildfowl during hunting season, colleagues from the Vasilovtsi Hunting Club reported a large presence of wild animals and common wood pigeons in the corn. In late September, we reported new patches of damaged plants with a total area of around 1,300 m^2 or losses of approx. 76%, calculated on the basis of surviving plants (Figure 4).

Фиг. 4. Повреди в средата на царевичния блок
Fig. 4. Damage in the middle of the cornfield

През месец октомври проведените обследвания показаха увеличаване на щетите с нови 1000 m^2 и сумарно измерените площи с нанесени щети възлизаха на около 14,8 da или щета от 88%, в резултат на което се реши реколтата да не се прибира и площта беше оставена като ДИВЕЧОВА НИВА.

Резултати, получени през втората година на наблюдението

През втората година на настоящата работа беше включено проучването за влияние на репелента Порокол върху набезите на диви животни в картофена нива в района на град Батак, където беше анализиран видовия състав на дивите животни. Наблюденията и анализите на динамиката и посещения на царевичната нива в района на село Василовци, община Драгоман

The inspections carried out in October showed an increase in damage by another 1,000 m^2, with the total areas of damage of about 14.8 decare or 88%, as a result of which we decided not to harvest the area and leave it as a GAME FIELD.

Results obtained in the second year of monitoring

In the second year of this study, we also examined the impact of the Porocol repellent on game raids on potato fields near Batak, where the composition of game species was analysed.

We continued observing and analysing the dynamics of the visits to the cornfields near Vasilovtsi, Dragoman, taking into account the results of the previous year.

продължиха, като се съобразихме с резултатите от предходната година. Поставените колонки от репелента бяха с най-горната граница на препоръчаното от фирмата производител и прибавено още една колонка над тези изисквания. Въз основа на получените 4014 броя снимки от камерите определихме видовете и определяхме за динамиката на поява на диви животни в близост до земеделските площи. Наблюденията стартираха от втората половина на месец май 2018 и продължиха до месец октомври (Таблица 2 и 3). Резултатите показаха, че най-често срещаните в близост до царевицата диви животни са същите както през 2017 година - дива свиня, язовец, сърна, гривяци и други птици и заек, но с променена динамика, отразена в Таблица 2.

The number of repellent columns installed there was at the upper limit recommended by the manufacturer, with another column added in excess of those recommendations. Based on the 4,014 photos obtained from the cameras, we determined the species and dynamics of the game appearing near the agricultural areas. We began the observations in the second half of May 2018 and ended the monitoring in October (Tables 2 and 3).

The results showed that the most common game found near the corn were the same as in 2017: wild boar, badger, roe deer, common wood pigeons and other birds and rabbits. The dynamics, however, were different, as shown in Table 2.

Таблица 2. Видов състав и динамика на посещения в царевицата през втората година
Table 2. Species composition and dynamics of visits to cornfield during the second year

№	Диви животни Wild animals	1st Камера Camera	2nd Камера Camera	3rd Камера Camera	Динамика посещения Dynamics of attendance	Процент от общия брой Percentage of total (%)
1.	**Дива свиня / Wild boar** (*Sus scrofa*)	103	91	47	241	**64,78**
2.	**Язовец / Badger** (*Meles meles*)	15	21	11	47	**12,63**
3.	**Сърна / Roe Deer** (*Capreolus capreolus*)	9	10	11	30	**8,06**
4.	**Гривяк / Common wood pigeon** (*Columba palumbus*)	-	2	38	40	**10,75**
5.	**Заек / wild rabbit** (*Lepus europaeus*)	1	1	12	14	**3,76**
Резултати от общия брой посещения на хранилките в близост до царевицата: Results of the total number of visits to the feeders near the cornfield:					**372**	100

Таблица 3. Видов състав и динамика на посещения в картофите
Table 3. Species composition and dynamics of visits to potatofield

№	Диви животни Wild animals	4th Камера Camera	5th Камера Camera	6th Камера Camera	Динамика посещения Dynamics of attendance	Процент от общия брой Percentage of total (%)
1.	**Дива свиня / Wild boar** (*Sus scrofa*)	189	202	121	512	**87,37**
2.	**Сърна / Roe Deer** (*Capreolus capreolus*)	15	28	23	66	**11,26**
3.	**Благороден елен / Red deer** (*Cervus elaphus*)	5	1	2	8	**1,37**
Резултати от общия брой посещения на хранилките в близост до картофите: Results of the total number of visits to the feeders near the potato field:					586	100

Резултатите от наблюденията в картофената нива през 2018 показаха, че най-често срещаните в близост диви животни са дива свиня, благороден

The results of the observations of the potato field in 2018 showed that the most common game in the vicinity were wild boar, red deer and roe deer (Table 2, елен и сърна (Таблица 3, Фигура 5). Отчетени са снимки на други животни, най-вече хищници, вероятно проследяващи движението на дивите прасета и са част от техния преходен поток.

Figure 5). The photos captured other animals too, mostly predators, probably tracking the movements of the wild boar as part of their transitional flow.

Дива свиня / Wild boar (*Sus scrofa*) | Сърна / Roe Deer (*Capreolus capreolus*) | Благороден елен / Red deer (*Cervus elaphus*)

Фиг. 5. Най-често срещаните диви животни, снимани на фотокапани до картофената нива

Fig. 5. The most common wild animals photographed on photo traps near potato fields

Резултати от нанесените щети от диви животни при царевицата 2018

През първото обследване на царевичния посев във фаза 6-ти – 8-ми лист (BBCH 16-18) не бяха констатирани повреди от диви животни. Нямаше изравяне на засетите семена от царевица или изгризване на листа. Посещението беше съчетано с растително защитно мероприятие срещу житни и широколистни плевели.

Всичките 8 броя колонки от репелента Порокол бяха инспектирани и възстановени, като поставихме една допълнителна в средата, в отговор на резултатите от предходната година. Височината на всички колонки беше намалена на 50 cm, вместо на 90 cm. Резултатите на направените 12 броя обследвания от месец юни до средата на месец септември бяха негативни за повреди по царевичните растения от диви животни (Фигура 6 А).

Results of damage inflicted on corn by wildlife 2018

During the first inspection of the corn crop in the 6-8 leaf phase (BBCH 16-18), no damage by game was found.

There was no digging out of the sown corn seeds or gnawing on the leaves. The visit was combined with the spraying of herbicide for cereal and deciduous weeds.

We inspected and restored all 8 columns of the Porocol repellent, placing an additional one in the middle, in response to the results of the previous year.

The height of all columns was reduced from 90 cm to 50 cm. The results of 12 inspections carried out from June to mid-September were negative for damage to corn plants by game (Figure 6 A).

 A)
 B)

Фиг. 6. Обследвания от месец юни до средата на септември (A) и в края му (B)
Fig. 6. Surveys from June to mid-September (A) and at the end (B)

Първото отчетено поваляне на единични крайни растения беше установено в края на месец септември при 13-то обследвани. Отчетени общо 1560 повалени и нагризани растения и нанесени повреди по кочани в един участък от около 190 m^2 (Фигура 6 B).

Резултатите от второто отчетено посещение на царевицата в средата на месец октомври ($15^{-то}$ обследване) показаха нови щети от набези от прасета на площ от около 350 m^2 и около 2900 броя повредени растения.

В края на месец октомври резултатите от проведените обследвания ($16^{-то}$ и $17^{-то}$) показаха увеличаване на щетите с нови 1000 m^2 и сумарно измерените площи с нанесени щети възлизаха на около 1,54 da или щета от 10% (Фигура 7).

We noticed the first felling of isolated plants growing near the ends of the field during the 13th inspection in late September. A total of 1,560 felled and gnawed plants were identified, with cobs damaged in a section of about 190 m^2 (Figure 6 B).

The results of the second visit to cornfield in mid-October (15th inspection) showed new damage from pig raids on an area of about 350 m^2 and about 2,900 damaged plants.

The results of the inspections (16th and 17th) carried out in late October showed an increase in damage by another 1000 m^2, with the total areas of damages of about 1.54 decares or 10% (Figure 7).

Фиг. 7. Последно обследване на царевицата през 2018 – общ вид
Fig. 7. Last examination of cornfield in the second year – general view

Реколтата от царевица беше прибрана на кочани в началото на месец

The corn crop was harvested in early November, with an average yield of ноември със среден добив от около 500 kg/da.

about 500 kg/decare.

Резултати от нанесените щети от диви животни при картофите 2018

От общо проведените 14 броя обследвания през годината на картофената нива беше констатирано едно посещение от диво животно през месец септември или 4 месеца след инсталиране на колонките Порокол. Повредите обхващаха около 40 m^2 от картофите, но започваха от ливада в непосредствена близост и засягаха обърнати чимове в ливадата, изрити и изядени картофи, което ни насочи към повреда от диво прасе. Резултатите от всички други обследвания бяха негативни. Продукцията беше прибрана в края на месец септември – 5 месеца след инсталирането на колонките с репелента Порокол (Фигура 8).

Results of damage inflicted on potatoes by wildlife 2018

In the total of 14 inspections of the potato field carried out during the year, one visit from a wild animal was found in September or 4 months after the installation of the Porocol columns. The damage covered about 40 m^2 of potatoes, but started from a meadow in the immediate vicinity and consisted of pieces of turf turned upside down in the meadow, as well as dug out and eaten potatoes, which indicated damage by wild boar. The results of all other inspections were negative. The crop was harvested in late September, 5 months after the columns of Porocol repellent were installed (Figure 8).

Сорт .Пикасо
Variety Picasso

Фиг. 8. Обследване на картофената нива в района на Батак
Fig. 8. Survey of potato field in the Batak region

ОБСЪЖДАНЕ

Получените резултати през 2017 година ни дават основание да потвърдим, че установените щети при земеделско производство на царевица в близост до горски масиви е изключително рисков момент.

Най-големи щети на селскостопанските култури и в частност царевица се нанасят от диви прасета, язовец и гривяци.

DISCUSSION

The results obtained in **2017** give us reason to confirm that, taking into account the damage we identified, the production of corn near forests is an extremely risky endeavour.

The greatest damage to crops, in particular corn, is inflicted by wild boar, badgers and common wood pigeons.

Прилагането на специализиран репелент Порокол е удачно при строго спазване на изискванията на фирмата производител и съобразено със спецификата на района от страна на климатични и антропогенни фактори.

Описваните симптоми на нанесени поражения по царевицата, като земеделска култура спомогна за обогатяване на познанията на месните земеделски производители и демонстриране на пътищата за преодоляване на идентични проблеми в дейностите на селското стопанство, развиващо се в райони, граничещи с горски масиви.

През 2018 година нанесените щети на площта от картофи под 1% и при царевицата около 10% са незначителни и отразяват въздействието на репелента Порокол върху дивите животни. Препоръчаната норма е в най-долните граници за единица площ и линейно разположение на колонките Порокол. Съобразявайки се с резултатите от предходната 2017 година при царевицата двете опитни постановки увеличихме съответно с 12,5% приложение при царевица (за площ) и 25% приложение при картофи (линейно - вместо през 60 m сме приложили разположение на колонка през 45 m). Увеличеният процент на колонките в двете площи от 18,75% е с отличен резултат. Ароматът запазва ефекта си при пряка слънчева светлина върху колоните за период от 4-6 месеца, както е посочено от фирмата производител.

The use of Porocol is appropriate provided that the specialised repellent is applied in strict compliance with the manufacturer's requirements and in accordance with the weather and anthropogenic factors prevalent in the area.

The symptoms of damage to corn, as an agricultural crop, helped to expand the knowledge of local farmers and demonstrate ways to overcome similar problems encountered in agricultural activities conducted in areas bordering forests.

In 2018, the damage caused to the potatoes and the corn was respectively below 1% and around 10%, which is insignificant and reflects the effect of the Porocol repellent on wild animals. The recommended amount was at the lowest limits per unit area and linear arrangement of the Paracol columns. Taking into account the results of the previous 2017 for the corn, for the two experiments we increased the amount applied to the corn by 12.5% (per area) and to the potatoes by 25% (linear increase – instead of 60 m, we used columns placed 45 m apart).

The higher percentage of columns in both areas (18.75%) produced excellent results. The odour retains its effect in direct sunlight on the columns for a period of 4-6 months, as indicated by the manufacturer.

ИЗВОДИ

1. Репелентът Порокол (Porocol) има въздействие върху дивите животни.
2. Прилагането на специализиран репелент Порокол е удачно при строго спазване на изискванията на фирмата производител и съобразено със спецификата на района от страна на климатични и антропогенни фактори.
3. Инсталацията на репелента трябва да бъде съобразен с динамиката и вида на дивите животни с цел

CONCLUSIONS

1. The Porocol repellent has an effect on wild animals.
2. The use of Porocol is appropriate provided that the specialised repellent is applied in strict compliance with the manufacturer's requirements and in accordance with the weather and anthropogenic factors prevalent in the area.
3. The repellent must be installed in accordance with the dynamics and species of wild animals, i.e. the height of

промяна на височината на колонките и фитилите.

4. Препоръчително увеличение с 18,75% при инсталиране на репелента Порокол води до много добри резултати при царевица и картофи, отглеждани като земеделски култури.

5. Резултатите от проучването потвърждават, че установените щети при земеделско производство на царевица в близост до горски масиви е изключително рисков момент.

6. Най-често срещаните диви животни, посещаващи земеделските култури са дива свиня (Sus scrofa), сърна (Capreolus capreolus), благороден елен (Cervus elaphus), язовец (Meles meles), заек (Lepus euroraeus), гривяк (Columba palumbus) и други птици и това потвърждава литературните данни.

7. Описваните симптоми на нанесени поражения по царевицата, като земеделска култура спомогна за обогатяване на познанията на месните земеделски производители и демонстриране на пътищата за преодоляване на идентични проблеми в дейностите на селското стопанство, развиващо се в райони, граничещи с горски масиви.

Отчитайки значимостта на проблема за нанесените щети на земеделските култури от диви животни в близост до горски масиви настоящата работа трябва да продължи, за да послужи за изготвяне на препоръки за усъвършенстване на прилаганите до момента ловно стопански и растително защитни мероприятия.

the columns and wicks has to be adjusted accordingly.

4. It is recommended to increase the density by 18.75% when installing the Porocol repellent because doing so produces very good results in corn and potatoes grown as crops.

5. The results of the study confirm that the damage identified means that growing corn near forests is an extremely risky endeavour.

6. The most common wild animals visiting the crops are wild boar (*Sus scrofa*), roe deer (*Capreolus capreolus*), red deer (*Cervus elaphus*), badger (*Meles meles*), rabbit (*Lepus euroraeus*), common wood pigeon (*Columba palumbus*) and other birds. This confirms the data generated in previous studies.

7. The symptoms of damage to corn, as an agricultural crop, helped to expand the knowledge of local farmers and demonstrate ways to overcome similar problems encountered in agricultural activities conducted in areas bordering forests.

Given the importance of the problem of game damage to agricultural crops grown near forests, this research should continue to enable the development recommendations for improving the hunting, agricultural and plant protection measures taken until now.

БЛАГОДАРНОСТИ

Благодаря на земеделските стопани Николай Никифоров, Иван Борисов и Ангел Зайков за помоща при обработката, сейтбата и прибирането на културите и на всички членове от ЛД Василовци и ЛД град Батак за оказаната съпричастност при извеждане на опитните постановки.

ACKNOWLEDGEMENTS

Thanks to the farmers Nikolay Nikiforov, Ivan Borisov and Angel Zaykov for help in the cultivation, sowing and harvesting of the crop and to all members of the hunturs club of Vasilovtsi and huntur club of Batak for their empathy of the experiments.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Baichev, S.**, 1968. The Red Deer in Northeastern Bulgaria and Prospects for Its Resettlement as an Object of International Tourism. Dissertation (PhD thesis), Sofia (Bg).
2. **Botev, N.**, 1967. On Some Problems in Connection with the Stocks of Red Deer and Roe Deer. *Mag. Forestry* (Bg).
3. **Botev, N.**, 1968. An Effective Means of Protecting Forest Crops from Game Damage. *Mag Forestry* (Bg).
4. **Bubenov, A.**, 1959. A New Method of Feeding Deer. *Mag. Rationalization of hunting* (Ru).
5. **Dragoev, P.**, 1964, Studies on Roe Deer in Ludogorie and Its Management. Dissertation (PhD thesis), Sofia (Bg).
6. **Zhelev, Ch.**, 2015. Status and Influence of Some Environmental Factors on the Stocks of the Rabbit (*Lepus capensis* Linnaeus, 1758) in the Plains of Habitats in our Country. Dissertation (PhD thesis), LTU, Sofia (Bg).
7. Forest Act (Promulgated SG No. 19 of March 8, 2011, Effective April 9, 2011 and last amended and supplemented SG No. 79 of September 8, 2020) (Bg).
8. Plant Protection Act (Promulgated SG No. 61 of July 25, 2014, last amended and supplemented, SG No. 65 of July 21, 2020) (Bg).
9. Agricultural Property Protection Act (in force since 01.10.1974, Denomination reflected on 05.07.1999) (Bg).
10. **Kolev, I.**, 1966. Studies on the Distribution and Biology of Deer in the Chepino Region - the Rhodopes. Dissertation PhD, Sofia (Bg).
11. **Lecheva, Iv. and N. Stoyanov**, 2014. Protection of Forest and Agricultural Crops from Game Damage. Bulgarian Bookstores Publishing House. vol. 1, pp. 45-47. Challenges in the Annual Report of BLRS, IBSN 978-954-380-312-52015.
12. **Petrov, P.**, 1964. Protection of Forests and Forest Crops from Game Damage. Sofia (Bg).
13. **Petrov, P., P. Dragoev and I. Kolev**, 1968. The Deer in Bulgaria. Zemizdat, Sofia (Bg).
14. **Ruskov, M.**, 1957. Hunting. Zemizdat, Sofia (Bg).
15. **Ruskov, M.**, 1967. Preservation of Orchards and Nurseries from Rabbits. Zemizdat, Sofia (Bg).
16. **Ruskov, M., P. Petrov and M. Keremidchev**, 1957. Studies on the Damage of Rabbits on the Field Protection Belts and Forest Crops and Measures for Their Prevention. *Scientific works of NIIGGS* (Bg).
17. **Ruskov, M. and P. Petrov**, 1963. Research on Deer Damage in Our Beech Forests and Measures to Prevent It. *Scientific works of UF*, Sofia (Bg).
18. **Stenin, G. L.**, 1976. Game Damage to Young Forest Crops. Zemizdat (Bg).
19. **Bubenik, A.**, 1960. K diskusiu u oricinach obrizu o loupani jeleni zvere. Muslivost, C (Cz).
20. **Koller, O.**, 1962. Wilddiche und Wildschaden. Ostrerreichs. Weid Werk (Ger).
21. **Wagenknecht, Egon**, 1965. Bewirtschaftung unserer Schalenwildbestände. Berlin Dt Landwirtschaftsverlag (Ger).

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2020, 23 (6), 292-304
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan
ISSN 1311-0489 (Print)
ISSN 2367-8364 (Online)

Микробиологични свойства на почви от планински райони

Йонита Перфанова*, Костадинка Недялкова, Радка Донкова

Институт по почвознание,агротехнологии и защита на растенията „Никола Пушкаров“, 1080 София, България

Microbiological Properties of Soils from Mountainous Areas

Jonita Perfanova*, Kostadinka Nedyalkova, Radka Donkova

Institute of Soil Science, Agrotechnologies and Plant Protection “Nikola Poushkarov“, 1080 Sofia, Bulgaria
**E-mail: JPerfanova@gmail.com*

Original scientific paper

РЕЗЮМЕ

Изследвани са микробиологичните показатели на почви, заети с тревна, широколистна и иглолистна растителност от райони в Лозенска, Рила и Малешевска планини. Определени са основните групи почвени микроорганизми, ензимната активност (β-глюкозидаза и фосфатаза) и общата биологична активност на почвата (по отделения въглероден двуокис). Установено е, че във всеки район съчетанието на специфичните почвени характеристики, климатични условия и вида растителност обуславят различия в микробиологичните свойства. Като цяло, в Канелените и в Кафявите горски почви под тревна растителност от трите района се наблюдава по-голямо количество актиномицети в сравнение с тези под иглолистна растителност. Почвите от Лозенска планина се отличават с по-голям брой бактерии усвояващи минерален азот, микроскопични гъби и актиномицети. Количеството на микроорганизмите в повърхностния хоризонт корелира с обемната плътност и с C/N коефи-

SUMMARY

The microbiological indicators of soils occupied by grass, deciduous and coniferous vegetation from regions in Lozenska, Rila and Maleshevska mountains were studied. The main groups of soil microorganisms, the enzymatic activity (β-glucosidase and phosphatase) and the total biological activity of the soil (by the released carbon dioxide) are determined. It was found that in each region the combination of specific soil characteristics, climatic conditions and vegetation type cause differences in microbiological properties. In general, in the Cinnamon and Brown Forest Soils under grass vegetation from the three regions a higher amount of actinomycetes is observed compared to those under coniferous vegetation. The soils of Lozen mountain are characterized by a large number of bacteria digesting mineral nitrogen, fungi and actinomycetes.

The amount of microorganisms in the surface horizon correlates with the bulk density and the C/N coefficient of the soil, циента на почвата, което е най-силно представено в почвите от Рила планина. От изследваните почви с най-добри микробиологични показатели се отличава Канелената горска почва под тревна растителност от Малешевска планина, където са отчетени най-високи количества хетеротрофни и целулозоразлагащи микроорганизми, най-висока ензимна активност и най-висока обща биологична активност.

Ключови думи: планински почви, почвени микроорганизми, ензимна активност, обща биологична активност

which is most strongly represented in the soils of Rila Mountain. Cinnamon forest soil under grass vegetation from Maleshevska Mountain stands out from the studied soils with the best microbiological indicators, where the highest amounts of heterotrophic and cellulose-decomposing microorganisms, the highest enzyme activity and the highest total biological activity were reported.

Key words: mountain soils, soil microorganisms, enzyme activity, general biological activity

УВОД

Микроорганизмите и микробиологичните процеси имат огромна роля за плодородието на почвата и за храненето на растенията. Почвата предоставя условия за развитие на микрофлората, докато тя от своя страна оказва специфично влияние върху нея. При конкретните физикохимични свойства на дадена почва се развиват определено количество и групи микроорганизми и се установява биологично равновесие, характерно за условията и сезона (Perfanova and Donkova, 2017). Ензимната активност на почвата е показател за интензивността на биохимичната трансформация на органичните остатъци, при което се освобождават достъпни за растенията хранителни елементи. Важно значение имат ензимите, катализиращи минерализацията на основните биогенни елементи. Върху ензимната активност оказват влияние свойствата на почвата, растителната покривка, начинът на земеползване, взаимодействията на почвените организми и др. (Nannipieri et al., 2011). При дишането на микроорганизмите се наблюдава разпадане на различни органични вещества до по-прости продукти и отделяне на енергия (Vlahov, 1980). Количествените характеристики на микроорганизмите и продукцията на CO_2 могат да бъдат биологичен индикатор за състоянието на почвата (Hristeva, 2016).

INTRODUCTION

Microorganisms and microbiological processes play a huge role in soil fertility and plant nutrition. The soil provides conditions for the development of the microflora, while it in its turn has a specific influence on it. With the specific physicochemical properties of a given soil, a certain amount and groups of microorganisms develop and a biological equilibrium is established, characteristic ofr the conditions and the season (Perfanova and Donkova, 2017).

The enzymatic activity of the soil is an indicator of the intensity of the biochemical transformation of organic residues, which releases nutrients available to plants. The enzymes that catalyze the mineralization of the main nutrients are important. The enzymatic activity is influenced by the properties of the soil, the vegetation cover, the way of land use, the interactions of the soil organisms, etc. (Nannipieri et al., 2011).

When the breathing of the micro-rganisms was observed decomposition of various organic substances to simpler products and release of energy occured (Vlahov, 1980). Quantitative characteristics of microorganisms and CO_2 production can be a biological indicator of soil condition (Hristeva, 2016).

Канелените и Кафявите горски почви са широко разпространени в планинските райони на нашата страна. Промените във водния, въздушен и хранителен режим на почвите под влияние на почвено-климатичните условия, релефа и растителната покривка се отразяват съществено върху микрофлората – изменя се количеството на отделните групи микроорганизми, динамиката и интензивността на микробиологичните процеси (Perfanova et al., 2015).

Целта на настоящото изследване е да се направи сравнителна характеристика на микробиологичните свойства на кафяви и канелени почви под различна растителност в три планински райони на страната.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

В настоящото проучване са използвани проби от Кафяви горски почви (слабо ерозирани) от землищата на с. Габра (Лозенска планина) и с. Говедарци (Рила планина) и Канелени горски почви (недоразвити, плитки, ерозирани) от землището на с. Игралище (Малешевска планина). По класификацията на IUSS Working Group WRB (2015) тези два типа почви са определени като Cambisols. Във всеки планински район са изследвани почви под тревна растителност, широколистна гора и иглолистна (или смесена) гора. Описание на почвеното различие, растителната покривка, надморската височина и дълбочината на пробовземане, както и на основните почвени характеристики са представени в Таблица 1. Физичните и агрохимични свойства на почвените проби са представени подробно от Kercheva et al. (2019).

Cinnamon and Brown Forest soils are widespread in the mountainous regions of our country. Changes in the water, air and nutrient regime of soils under the influence of soil and climatic conditions, relief and vegetation cover significantly affect the microflora – changes the amount of individual groups of microorganisms, the dynamics and intensity of microbiological processes. (Perfanova et al., 2015).

The aim of the present study is to make a comparative characterization of the microbiological properties of brown and cinnamon soils under different vegetation in three mountainous regions of the country.

MATERIAL AND METHODS

In the present study, samples of Brown Forest soils (slightly eroded) from the lands of the village of Gabra (Lozenska mountain) and the village of Govedartsi (Rila mountain) and Cinnamon forest soils (underdeveloped, shallow, eroded) from the land of the village of Igralishte (Maleshevska mountain) were observed. According to the classification of the IUSS Working Group WRB (2015), these two types of soils are defined as Cambisols. In each mountainous area, soils under grass vegetation, deciduous forest and coniferous (or mixed) forest were studied. A description of the soil difference, vegetation cover, altitude and sampling depth, as well as the main soil characteristics are presented in Table 1. The physical and agrochemical properties of soil samples are presented in detail by Kercheva et al. (2019).

Таблица 1. Характеристика на изследваните почви
Table 1. Characteristics of the studied soils

№ проба sample	Надм. вис. Altitude	Почвен тип / Soil type (WRB (2015))	C %	C:N	pH (H_2O)	Db g/cm^3	Pt % Vol	$W_{2.0}$ % mass	$W_{2.5}$ % mass	$W_{4.2}$ % mass
с. Габра - Лозенска планина / Gabra village - Lozenska mountain										
1	916	Недоразвити канелени горски почви, плитки, слабо и средно ерозирани / Underdeveloped cinnamon forest soils, shallow, low and medium eroded (*Eutric Leptic Cambisols Ochric*)	1,5	11	5,2	1,08	62	35	28	12
2										
3	937	Кафяви горски почви, неерозирани и слабо ерозирани / Brown forest soils, not eroded and slightly eroded (*Dystric Cambisols Ochric*)	2,7	13	3,9	1,02	61	29	24	8
4			0,9	10	3,8	1,38	49	17	15	7
5	920	Кафяви горски почви, плитки, слабо и средно ерозирани Brown forest soils, shallow, low and medium eroded (*Dystric Cambisols Ochric*)	1,5	14	4,0	1,26	53	18	15	7
с. Говедарци – Рила планина / Govedartsi village - Rila mountain										
6	1530	Кафяви горски почви, вторично затревени, неерозирани / Brown forest soils, secondary grassed,not eroded, (*Dystric Cambisols Humic*)	3,3	10	3,8	1,07	58	27	22	10
7	1503	Кафяви горски почви, неерозирани и слабо ерозирани / Brown forest soils, not eroded and slightly eroded (*Dystric Cambisols Humic*)	4,2	16	4,2	0,87	66	44	38	14
8	1579	Кафяви горски почви, неерозирани и слабо ерозирани / Brown forest soils, not eroded and slightly eroded (*Dystric Cambisols Humic*)	4,9	14	3,6	0,60	75	67	59	21
с. Игралище - Малешевска планина / Igralishte village - Maleshevska mountain										
9	869	Недоразвити канелени горски почви, плитки, слабо и средно ерозирани / Underdeveloped cinnamon forest soils, shallow, low and medium eroded (*Eutric Leptic Cambisols Ochric*)	2,9	12	4,6	1,08	59	28	18	6
10	863		0,4	10	4,2	1,44	51	15	7	3
11	-	Недоразвити канелени горски почви, плитки, слабо и средно ерозирани / Underdeveloped cinnamon forest soils, shallow, low and medium eroded (*Eutric Leptic Cambisols Ochric*)	2,5	12	4,2	0,88	66	40	28	6
12	865	Недоразвити канелени горски почви, плитки, слабо и средно ерозирани / Underdeveloped cinnamon forest soils, shallow, low and medium eroded (*Eutric Cambisols Ochric*)	1,7	10	4,2	0,83	68	30	22	7
13	855	Недоразвити канелени горски почви, плитки, слабо и средно ерозирани / Underdeveloped cinnamon forest soils, shallow, low and medium eroded (*Eutric Cambisols Ochric*)	0,3	10	4,5	1,38	50	14	10	5
14	848	Недоразвити канелени горски почви, плитки, слабо и средно ерозирани / Underdeveloped cinnamon forest soils, shallow, low and medium eroded (*Eutric Leptic Cambisols Ochric*)	1,6	21	4,0	1,04	61	19	16	7

Количеството на основните групи почвени микроорганизми е определено по метода на десеткратните разреждания, чрез посяване на почвени суспензии върху селективни агаризирани хранителни среди (Grudeva et al., 2006). Определени са следните физиологични и таксономични групи почвени микроорганизми: хетеротрофни микроорганизми – на месо-пептонен агар (МПА) след тридневна инкубация; микроскопични гъби – върху подкиселена среда на Чапек – след седемдневна инкубация; актиномицети и бактерии усвояващи минерален азот – скорбяло-амонячен агар (САА) – след седемдневна инкубация и целулозоразлагащи микроорганизми – върху среда на Гутчинсон - след четиринадесетдневна инкубация. Определена е активността на ензимите кисела фосфатаза и β-глюкозидаза. Анализите са извършени чрез внасяне на съответен субстрат и отчитане на продукта от ензимната реакция по следните методи: фосфатазна активност – по Tabatabai-Bremner и β-глюкозидаза – по Tabatabai (Alef and Nannipieri, 1995). Продукцията на CO_2 е отчетена по титриметричен метод (Alef, 1995).

Данните са обработени статистически чрез ANOVA (LSD-тест при $p<0.05$). Използван е корелационен анализ при изследване на взаимовръзките между микробиологичните показатели и почвните свойства.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

В почвите от Лозенска планина (с. Габра) най-голямо количество хетеротрофни микроорганизми се наблюдава под тревна растителност. Това показва, че при тази растителност в почвата протичат по-силно процесите на разлагане на трудно минерализиращите се органични вещества – хумусните, в сравнение с широколистната и смесената гора. Подобна тенденция се наблюдава и при Канелените горски почви от Малешевска планина (с. Игралище), където най-голям брой хетеротрофни

The amount of the main groups of soil microorganisms was determined by the method of ten-fold dilutions by sowing soil suspensions on selective agar nutrient media (Grudeva et al., 2006). The following physiological and taxonomic groups of soil microorganisms were determined: heterotrophic microorganisms – on meat-peptone agar (MPA) after three days of incubation; microscopic fungi – on acidified Chapek's medium – after seven days of incubation; actinomycetes and bacteria absorbing mineral nitrogen – starch-ammonia agar (SAA) – after seven days of incubation and cellulose-decomposing microorganisms – on Hutchinson's medium – after fourteen days of incubation. The activity of the enzymes acid phosphatase and β-glucosidase was determined. The analyses were performed by introducing an appropriate substrate and reading the product of the enzymatic reaction by the following methods: phosphatase activity – by Tabatabai-Bremner and β-glucosidase – by Tabatabai (Alef and Nannipieri, 1995). CO_2 production was reported by titrimetric method (Alef, 1995).

Data were statistically processed by ANOVA (LSD test at $p<0.05$). Correlation analysis was used to study the relationships between microbiological parameters and soil properties.

RESULTS AND DISCUSSION

In the soils of Lozenska mountain (Gabra village) the largest amount of heterotrophic microorganisms is observed under grass vegetation. This indicates that with this vegetation in the soil the processes of decomposition of the difficult to mineralize organic substances such as humus, take place more strongly, compared to the deciduous and mixed forest. A similar trend is observed in the cinnamon forest soils of Maleshevska Mountain (Igralishte village), where the largest number of heterotrophic микроорганизми е отчетен в повърхностния слой под тревна растителност, но с увеличаване на дълбочината (10-15 cm) количеството им значително намалява. Вероятно голямата разлика на тази група микроорганизими в двете дълбочини, се дължи на съдържанието на въглерод в почвата, което при дълбочина 0-8 cm е 2,9 %, а при 10-15 cm е 0,4 %. Подобни резултати са получени от Mergel et al. (2001) за азотфиксиращите микроорганизми в кисела горска почва, като най-голям брой е установен в слоя 0-5 cm, а количеството на тези бактерии намалява с увеличаване на дълбочината.

В Кафявите горски почви от Рила планина (с. Говедарци) най-много хетеротрофни микроорганизми са отчетени под тревиста растителност и под бор, докато в почвата под смърч тези микроорганизми липсват. Причина за това може да бъде надморска височина – 1579 m, която е най-висока спрямо всички останали варианти, и най-ниското pH на тази почва – 3,7.

При всички видове растителност в двата типа почви от Лозенска планина се наблюдава най-голямо количество бактерии усвояващи минерален азот, в сравнение с почвите от Рила и Малешевска планини. Подчертано високи стойности са отчетени в повърхностния слой под смесена гора и в слоя 10-20 cm под широколистна гора в Кафявите горски почви от Лозенска планина.

Разпространението на актиномицетите е аналогично с това на бактериите усвояващи минерален азот. Най-голям брой е отчетен в Канелената горска почва от Лозенска планина, при тревна растителност – 26-27 КОЕ 10^3 g/почва. Прави впечатление, че и в трите планински района количеството на актиномицетите е най-голямо в почвите под тревна растителност, в сравнение с тези под горска растителност. Това се дължи най-вероятно на по-високата плътност на корените и по-голямото количество растителна биомаса в

microorganisms is reported in the surface layer under grass vegetation, but with increasing depth (10-15 cm) their number decreases significantly.

Probably the substantial difference of this group of microorganisms in the two depths is due to the carbon content in the soil, which at a depth of 0-8 cm is 2.9%, and at 10-15 cm – 0.4%. Similar results were obtained by Mergel et al. (2001) for nitrogen-fixing microorganisms in acidic forest soil, with the largest number found in the 0-5 cm layer, and the amount of these bacteria decreases with increasing depth.

In the Brown Forest soils of Rila Mountain (Govedartsi village) most heterotrophic microorganisms are reported under grassy vegetation and under pine, while in the soil under spruce these microorganisms are absent. The reason for this may be altitude – 1579 m, which is the highest compared to all other options, as well as the lowest pH of this soil – 3.7.

In all types of vegetation in both types of soils from Lozenska mountain the greatest amount of bacteria absorbing mineral nitrogen is observed, in comparison with the soils from Rila and Maleshevska mountains. Substantially high values were reported in the surface layer under the mixed forest and in the layer 10-20 cm below the deciduous forest in the Brown Forest soils of Lozenska mountain.

The distribution of actinomycetes is similar to that of bacteria that absorb mineral nitrogen. The largest number was reported in the Cinnamon forest soil from Lozenska mountain, with grass vegetation – 26-27 CFU 10^3 g/soil.

It is noteworthy that in all three mountainous regions the amount of actinomycetes is highest in soils under grass vegetation, compared to those under forest vegetation. This is most likely due to the higher root density and the higher amount of plant biomass in the soil, почвата, която се минерализира от микроорганизмите.

В почвите от Лозенска планина е отчетен и най-голям брой микроскопични гъби, докато в почвите от другите два планински района тези микроорганизми са слабо разпространени. По-големият брой бактерии усвояващи минерален азот, микроскопични гъби и актиномицети в почвите от Лозенска планина в сравнение с останалите два района, може да се свърже с по-интензивни процеси на минерализация на органичните вещества в тези почви.

Brant et al. (2006) установяват, че в почви заети с горска растителност продуцираните от корените въглеродни съединения имат определяща роля в структурата на микробиалните съобщества.

В Кафявата горска почва от Рила планина са отчетени най-малък брой целулозоразлагащи микроорганизми, при-чина за това може да бъде високата надморска височина. Броят на тези микроорганизми е най-голям в почвата, заета с тревна растителност от Малешевска планина – 53 КОЕ 10^3 g/почва, където е най-голямо съдържанието на въглерод в почвата – 2,9 %. Установено е, че в растителните остатъци се съдържа 20-30 % целулоза, в разлагането на която доминираща роля имат микроорганизмите и че разграждането на целулозата в почвата и в почвената постилка се осъществява от различни видове гъби и бактерии в зависимост от почвените условия, вида и количеството на растителните остатъци (Štursová et al., 2012) (Таблица 2).

which is mineralized by microorganisms.

The highest number of microscopic fungi was reported in the soils of Lozenska mountain, while in the soils of the other two mountain regions these microorganisms are not widespread. The higher number of bacteria absorbing mineral nitrogen, microscopic fungi and actinomycetes in the soils of Lozenska mountain compared to the other two regions may be associated with more intensive processes of mineralization of organic matter in these soils.

Brant et al. (2006) found that in soils occupied by forest vegetation, root-produced carbon compounds play a decisive role in the structure of microbial communities.

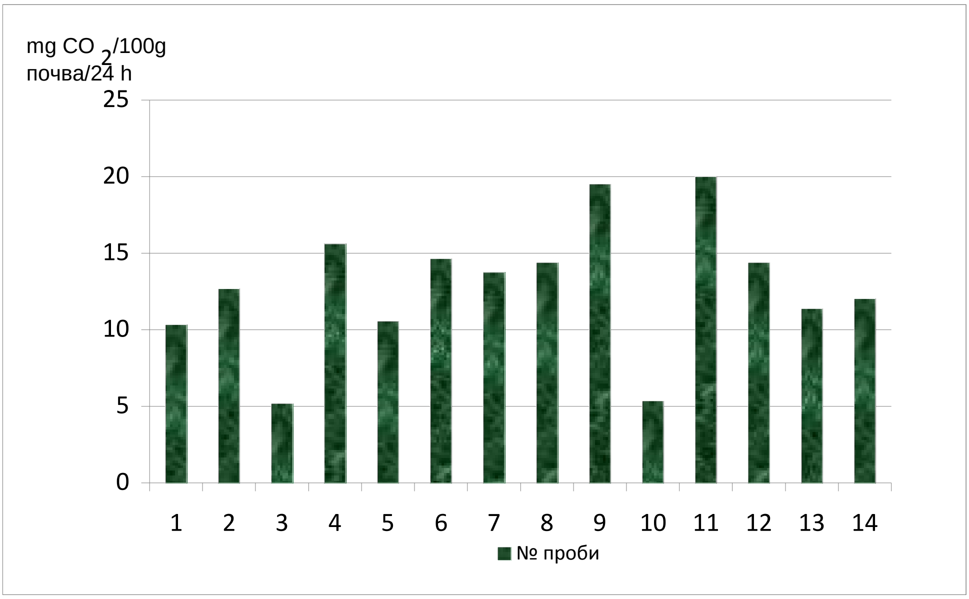
The lowest number of cellulose-decomposing microorganisms has been reported in the Brown Forest Soil of the Rila Mountains, which may be due to the high altitude. The number of these microorganisms is the largest in the soil occupied by grass vegetation from Maleshevska mountain – 53 CFU 10^3 g/soil, where the highest carbon content in the soil is 2.9%. It has been established that plant residues contain 20-30% cellulose, in the decomposition of which microorganisms play a dominant role and that the decomposition of cellulose in the soil and in the soil litter is carried out by different types of fungi and bacteria depending on soil conditions, species and the amount of plant residues (Štursová et al., 2012) (Table 2).

Таблица 2. Разпространение на основни групи почвени микроорганизми в Кафяви горски и Канелени горски почви под различна растителност
Table 2. Distribution of major groups of soil microorganisms in Brown forest and Cinnamon forest soils under different vegetation

№ проба sample	Растителна покривка, дълбочина на почвената проба в cm / Plant cover, the depth of the soil sample in cm	Амонифициращи Микроорганизми Ammonifying microorganisms	Бактерии усвояващи мин. азот / Bacteria absorbing mineral nitrogen	Актино-мицети Actino-mycetes	Микро-скопични гъби Microscopic fungi	Целулозо-разлагащи микроорганизми Cellulose-decomposing microorganisms
		КОЕ 10^3 g/почва / КОЕ 10^3 g/soil				
с. Габра - Лозенска планина / Gabra village - Lozenska mountain						
1	Тревна повърхност, 0-10 Grass vegetation,0-10	$50^{\text{а}}$	$61^{\text{а}}$	$26^{\text{а}}$	$31^{\text{а}}$	$17^{\text{а}}$
2	Тревна повърхност, 10-20 Grass vegetation,10-20	$48^{\text{аб}}$	$61^{\text{аб}}$	$27^{\text{аб}}$	$21^{\text{а}}$	$25^{\text{а}}$
3	Широколистна гора, 10-20 Deciduous forest, 10-20	$41^{\text{абв}}$	$275^{\text{абв}}$	$3^{\text{аб}}$	$13^{\text{а}}$	$9^{\text{а}}$
4	Широколистна гора, 0-5 Deciduous forest, 0-5	$38^{\text{бвг}}$	$80^{\text{абв}}$	$9^{\text{аб}}$	$57^{\text{а}}$	$18^{\text{а}}$
5	Смесена гора, 0-5 Mixed forest, 0-5	$30^{\text{бвг}}$	$126^{\text{бвг}}$	$17^{\text{абв}}$	$30^{\text{а}}$	$25^{\text{аб}}$
с. Говедарци – Рила планина / Govedartsi village - Rila mountain						
6	Тревна повърхност, 4-9 Grass vegetation,4-9	$52^{\text{вг}}$	$24^{\text{бвг}}$	$13^{\text{абв}}$	$2^{\text{а}}$	$7^{\text{аб}}$
7	Масив бял бор, 0-10 Solid white pine, 0-10	$62^{\text{вгд}}$	$25^{\text{бвг}}$	$2^{\text{абвг}}$	$2^{\text{а}}$	$15^{\text{аб}}$
8	Смърч, 0-15 / Spruce, 0-15	$0^{\text{вгд}}$	$44^{\text{где}}$	$2^{\text{абвг}}$	$1^{\text{а}}$	$5^{\text{аб}}$
с. Игралище - Малашевска планина / Igralishte village - Maleshevska mountain						
9	Тревна повърхност, 0-8 Grass vegetation,0-8	$67^{\text{гд}}$	$30^{\text{де}}$	$12^{\text{абвг}}$	$2^{\text{б}}$	$53^{\text{аб}}$
10	Тревна повърхност, 10-15 Grass vegetation,10-15	$7^{\text{гд}}$	$51^{\text{еж}}$	$8^{\text{бвг}}$	$8^{\text{б}}$	$10^{\text{бв}}$
11	Тревна повърхност, 0-10 Grass vegetation,0-10	$94^{\text{д}}$	$31^{\text{еж}}$	$8^{\text{гд}}$	$1^{\text{в}}$	$50^{\text{бв}}$
12	Дъб, 0-10 / Oak, 0-10	$65^{\text{д}}$	$17^{\text{ж}}$	$6^{\text{де}}$	$1^{\text{г}}$	$12^{\text{в}}$
13	Бор, 0-10 / Pine, 0-10	$25^{\text{де}}$	$10^{\text{з}}$	$6^{\text{е}}$	$1^{\text{г}}$	$15^{\text{г}}$
14	Бор, 0-5 / Pine, 0-5	$23^{\text{е}}$	$5^{\text{и}}$	$2^{\text{е}}$	$3^{\text{д}}$	$34^{\text{г}}$

Данните от корелационния анализ показват наличие на взаимовръзки между количеството на микроорганизмите в повърхностните хоризонти и почвените свойства в отделните планински райони (Фигура 1). В района на Лозенска планина е установена положителна корелация на целулозоразлагащите микроорганизми с C/N коефициента (r=0,72) и с обемната плътност на почвата (r=0,61). Бактериите използващи минерален азот имат отрицателна връзка с C/N коефициента (r=–0,68).

The data from the correlation analysis show the presence of correlations between the amount of microorganisms in the surface horizons and the soil properties in the different mountain areas (Figure 1). In the region of Lozenska mountain a positive correlation was found between the cellulose-decomposing microorganisms with the C/N coefficient (r=0.72) and with the volume density of the soil (r=0.61). Bacteria using mineral nitrogen have a negative relationship with the C/N ratio (r=–0.68).



Фиг. 1. Обща биологична активност (продукция на CO_2) при Кафяви горски и Канелени горски почви под различна растителност
Fig. 1. General biological activity (CO_2 production) in brown forest and cinnamon forest soils under different vegetation

В почвите от Рила планина почти всички групи микроорганизми корелират с C/N коефициента и с обемната плътност на почвата. Преобладават високи отрицателни взаимовръзки между C/N съотношението и гъбите (r= 0,98), актиномицетите (r= 0,97) и хетеротрофните микроорганизми (r= –0,57), а връзката с бактериите използващи минерален азот (r=0,72) е положителна. Противоположни са взаимоотношенията с обемната плътност на почвата – висока положителна корелация с гъбите (r= 0,90), актиномицетите (r= 0,82) и хетеротрофните микроорганизми (r= 0,80), и отрицателна с бактериите – минерален азот (r=–0,90).

В почвите от Малешевска планина единствено актиномицетите корелират отрицателно с C/N коефициента (r=-0,57). Връзките с обемната плътност са положителни за гъбите (r=0,94) и бактериите използващи ми-нерален азот (r=0,74), а отрицателни за хетеротрофните микроорганизми (r=–0,65).

Ензимната активност на почвите

In the soils of Rila Mountain almost all groups of microorganisms correlate with the C/N coefficient and with the bulk density of the soil. High negative relationships between the C/N ratio and fungi (r=– 0.98), actinomycetes (r=– 0.97) and heterotrophic microorganisms (r=–0.57) predominate, and the relationship with bacteria using mineral nitrogen (r=0.72) is positive. The relationships with soil bulk density are opposite – high positive correlation with fungi (r=0.90), actinomycetes (r=0.82) and heterotrophic microorganisms (r=0.80), and negative with bacteria using mineral nitrogen (r=–0.90).

In the soils of Maleshevska Mountain only actinomycetes correlate negatively with the C/N coefficient (r=– 0.57). The relationships with bulk density were positive for fungi (r= 0.94) and bacteria using mineral nitrogen (r= 0.74), and negative for heterotrophic micro-organisms (r=–0.65).

The enzymatic activity of the soils is

е най-висока в Канелената горска почва от Малешевска планина, спрямо Канелените и Кафяви горски почви от другите два района, и конкретно при почвата с тревна растителност при дълбочина 0-8 cm. Активността на киселата фосфатаза намалява в подповърхностния слой при тревната растителност и боровата гора в почва от Малешевска планина. При широколистната гора в Кафявата горска почва от Лозенска планина намалява активността и на двата изследвани ензима в подълбокия слой (Таблица 3).

highest in the Cinnamon Forest soil from Maleshevska mountain, compared to the Cinnamon and Brown forest soils from the other two regions, and specifically in the soil with grass vegetation at a depth of 0-8 cm. The activity of acid phosphatase decreases in the subsurface layer of grass vegetation and pine forest in soil from Maleshevska Mountain. In the deciduous forest in the brown forest soil from Lozenska Mountain the activity of both studied enzymes in the deeper layer decreases (Table 3).

Таблица 3. Ензимна активност на Кафяви горски и Канелени горски почви под различна растителност
Table 3. Enzyme activity of Brown forest and Cinnamon forest soils under different vegetation

№ проба sample	Растителна покривка, дълбочина на почвената проба в cm / Plant cover, the depth of the soil sample in cm	β-глюкозитаза β-glucosidase	Кисела фосфатаза Acid phosphatase
		µ-mol NP/g /h	
с. Габра - Лозенска планина / Gabra village - Lozenska mountain			
1	Тревна повърхност, 0-10 Grass vegetation, 0-10	1,22$^{\text{а}}$	2,05$^{\text{а}}$
2	Тревна повърхност, 10-20 Grass vegetation,10-20	0,59$^{\text{б}}$	2,02$^{\text{а}}$
3	Широколистна гора, 10-20 Deciduous forest, 10-20	-	-
4	Широколистна гора, 0-5 Deciduous forest, 0-5	0,90$^{\text{в}}$	2,54$^{\text{б}}$
5	Смесена гора, 0-5 / Mixed forest, 0-5	0,13$^{\text{в}}$	2,57$^{\text{б}}$
с. Говедарци – Рила планина / Govedartsi village - Rila mountain			
6	Тревна повърхност, 4-9 Grass vegetation, 4-9	0,69$^{\text{г}}$	4,92$^{\text{б}}$
7	Масив бял бор, 0-10 / Solid white pine, 0-10	0,67$^{\text{гд}}$	6,41$^{\text{б}}$
8	Смърч, 0-15 / Spruce, 0-15	0,96$^{\text{д}}$	8,15$^{\text{б}}$
с. Игралище - Малашевска планина / Igralishte village - Maleshevska mountain			
9	Тревна повърхност, 0-8 Grass vegetation, 0-8	2,42$^{\text{е}}$	13,14$^{\text{в}}$
10	Тревна повърхност, 10-15 Grass vegetation,10-15	0,22$^{\text{е}}$	1,12$^{\text{г}}$
11	Тревна повърхност, 0-10 Grass vegetation,0-10	1,44$^{\text{ж}}$	10,01$^{\text{д}}$
12	Дъб, 0-10 / Oak, 0-10	1,72$^{\text{з}}$	8,69$^{\text{д}}$
13	Бор, 0-10 / Pine, 0-10	0,27$^{\text{и}}$	0,54$^{\text{е}}$
14	Бор, 0-5 / Pine, 0-5	-	2,12$^{\text{ж}}$

Почвените ензими имат съществена роля в минерализацията на органичните вещества и тяхната активност е важен сензор за прогнозиране на капацитета за снабдяване на растенията с хранителни вещества. Sardans and Peñuelas (2005) установяват понижение на ензимната активност на почва под

Soil enzymes play a significant role in the mineralization of organic matter and their activity is an important sensor for predicting the capacity to supply plants with nutrients. Sardans and Peñuelas (2005) found a decrease in soil enzyme activity under oak forest with a 21% decrease in soil moisture, a 35-83%

дъбова гора при намаляването на почвената влага с 21%, като β-глюкозидазата намалява с 35-83 %, а киселата фосфатаза – с 31-40%. Активността на всички изследвани ензими силно намалява с дълбочината на почвата и е по-голяма през пролетта, отколкото през есента.

Най-високи стойности на общата биологична активност (CO_2 – продукцията) са отчетени в Канелените горски почви от Малешевска планина под тревна растителност на дълбочина 0-10 cm – 20,0 mg CO_2/100 g почва/24 h. При тези проби са отчетени най-високи стойности на активността на двата ензима, а също и най-голямо количество хетеротрофни и целулозоразлагащи микроорганизми. Данните показват, че в почвено-климатичните условия на Канелената горска почва в Малешевска планина, заета с тревна растителност, при дълбочина 0-8 cm и съдържание на въглерод в почвата – 2,9 %, протичат най-интензивни микробиологични процеси. Докато при същата почва, заета с тревна растителност, но при дълбочина 10 – -15 cm и съдържание на въглерод – 0,4 % е отчетена най-ниска продукция на CO_2 – 5,36 mg CO_2/100 g почва/24 h. Нашите данни са сходни с резултатите от изследването на Davidson et al (2006), които установяват, че в повърхностния хоризонт на горски почви се получава 40-48 % от CO_2-продукцията на целия почвен профил.

Chen et al. (2004) установяват различия в броя на бактериите, актиномицетите и гъбите, както и в микробното дишане и ензимната активност в почвения слой 0-10 cm в зависимост от вида на горската растителност и сезона. Най-голям брой бактерии и гъби са отчетени при естествена гора, докато при почвата под китайска ела най-голям е броят на актиномицетите.

decrease in β-glucosidase and a 31-40% decrease in acid phosphatase.

The activity of all studied enzymes strongly decreases with the depth of the soil and is greater in spring than in autumn.

The highest values of the total biological activity (CO_2 – production) were reported in the Cinnamon Forest soils from Maleshevska Mountain under grass vegetation at a depth of 0-10 cm – 20.0 mg CO_2/100 g soil/24 h. These samples showed the highest values of the activity of the two enzymes, as well as the highest amount of heterotrophic and cellulose-decomposting microorganisms.

The data show that in the soil-climatic conditions of the Cinnamon Forest Soil in Maleshevska Mountain, occupied with grass vegetation, at a depth of 0-8 cm and carbon content in the soil - 2.9%, the most intensive microbiological processes take place. While in the same soil, occupied with grass vegetation, but at a depth of 10 – -15 cm and carbon content – 0.4%, the lowest CO_2 production was reported – 5.36 mg CO_2/100 g soil/24 h. Our data are similar to the results of the study by Davidson et al (2006), which found that in the surface horizon of forest soils 40-48% of the CO_2 production of the entire soil profile is obtained.

Chen et al. (2004) found differences in the number of bacteria, actinomycetes and fungi, as well as in microbial respiration and enzyme activity in the soil layer 0-10 cm depending on the type of forest vegetation and the season. The highest number of bacteria and fungi was reported in natural forest, while in the soil under Chinese fir the highest number of actinomycetes.

ИЗВОДИ

Във всеки от изследваните планински райони съчетанието на специ-

CONCLUSIONS

In each of the studied mountain areas the combination of the specific soil фичните почвени свойства, климатични условия и вида растителност обуславят различия в микробиологичните показатели. Като цяло, в Канелените и в кафявите горски почви под тревна растителност от Лозенска, Рила и Малешевска планини се наблюдава по-голямо количество актиномицети в сравнение с тези под иглолистна растителност. В почвите от Лозенска планина е установен по-голям брой бактерии усвояващи минерален азот, микроскопични гъби и актиномицети в сравнение с останалите два района. Количеството на микроорганизмите в повърхностния хоризонт корелира с обемната плътност на почвата и с C/N коефициента, което е най-силно представено в почвите от Рила планина.

Активността на изследваните ензими варира при различните видове растителност във всеки район. Най-високи стойности са отчетени в повърхностния слой на Канелената горска почва под тревна растителност в Малешевска планина, по-ниска е активността в Кафявите горски почви от Рила планина, а най-ниски са стойностите в Канелените почви от Лозенска планина.

От всички изследвани почви с най-добри микробиологични показатели се отличава Канелената горска почва под тревна растителност от Малешевска планина, където са отчетени най-високи количества хетеротрофни и целулозоразлагащи микроорганизми, най-висока ензимна активност и най-висока обща биологична активност (продукция на CO_2).

properties, climatic conditions and the type of vegetation determine the differences in the microbiological indicators. In general, in the Cinnamon and Brown Forest soils under grass vegetation from Lozenska, Rila and Maleshevska mountains a larger amount of actinomycetes is observed in comparison with those under coniferous vegetation. In the soils of Lozenska Mountain a higher number of bacteria assimilating mineral nitrogen, microscopic fungi and actinomycetes was found in comparison with the other two regions. The amount of microorganisms in the surface horizon correlates with the bulk density of the soil and the C/N coefficient, which is most strongly represented in the soils of Rila Mountain.

The activity of the studied enzymes varies with different types of vegetation in each region. The highest values are reported in the surface layer of the Cinnamon forest soil under grass vegetation in Maleshevska Mountain, the activity is lower in the Brown forest soils from Rila mountain, and the lowest values are in the Cinnamon soils from Lozenska mountain.

Of all the studied soils with best microbiological indicators, Cinnamon Forest soil under grass vegetation from Maleshevska mountain stands out, where the highest amounts of heterotrophic and cellulose-decomposing microorganisms, the highest enzyme activity and the highest total biological activity (CO_2 production) are reported.

БЛАГОДАРНОСТИ

Изказваме благодарност към ФНИ - МОН за финансирането на проекта „Топлинни свойства на почви при различни начини на земеползване и мелиорации“ (№ ДН 16/11 от 20.12.2017), във връзка с който са осъществени изследванията в тази публикация.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would kindly like to express gratitude to the Scientific Research Fund at the Ministry of Education for financing the project ‘Thermal Properties of Soils Under Varying Conditions of Land Use and Amelioratio’ (Contract № 16/11 of 20.12.2017), over which the research quoted in this publication has been conducted.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Alef, K.**, 1995. Soil Respiration. In: Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Chapter 5 (Alef, K. and Nannipieri, P., eds). Academic Press, New York, pp. 214-219.
2. **Alef, K. and P. Nannipieri**, 1995. Enzyme Activities. In: Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Chapter 7, (Alef, K. and Nannipieri, P., eds). Academic Press, New York, pp. 311-373.
3. **Brant, J., D. Myrold and E. Sulzman**, 2006. Root Controls on Soil Microbial Community Structure in Forest Soils. *Oecologia*, 148(4), 650-659.
4. **Chen, Guang-Shui, Yang Yu-Sheng, Xie Jin-Sheng, Li Ling and Gao Ren**, 2004. Soil Biological Changes for a Natural Forest and Two Plantations in Subtropical China. *Pedosphere*, 14(3), 297-304.
5. **Davidson, E., E. Savage and E. Trumbore**, 2006. Vertical Partitioning of CO_2 Production within a Temperate Forest Soil. *Global Change Biology*, 12(6), 944-956.
6. **Filcheva, E. and C. Tsadilas**, 2002. Influence of Cliniptilolite and Compost on Soil Properties. *Commun. of Soil Sci. and Plant Analysis*, 33(3-4), 595-607.
7. **Grudeva, V., S. Naumova, B. Gocheva, T. Nedeva and S. Antonova-Nikolova**, 2006. Manual Microbiology. University Publishing House "St. Kl. Ohridski ", Sofia (Bg).
8. **Hristeva, C.**, 2016. Mineralization Processes and Biological Activity in Soils with Monoculture Cultivation of Oriental Tobacco in the Blagoevgrad Region. *Soil Science, Agrochemistry and Ecology*, 50(2), 35-49 (Bg).
9. **IUSS Working Group WRB**, 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.
10. **Kercheva, M., E. Dimitrov, K. Doneva, E. Velizarova, M. Glushkova and T. Shishkov**, 2019. Soil Water Retention Properties of Forest Soils under Different Land Use. *Silva Balcanica* (in press).
11. **Kononova, M.**, 1966. Soil Organic Matter. 2nd ed. Pergammon press, Inc., M. V., pp. 544.
12. **Mergel, A., O. Schmitz, T. Mallmann and H. Bothe**, 2001. Relative Abundance of Denitrifying and Dinitrogen-fixing Bacteria in Layers of a Forest Soil. *FEMS Microbiology Ecology*, 36 (1), June 2001, 33-42.
13. **Nannipieri, L., L. Giagnoni, G. Landi and G. Renella**, 2011. Role of Phosphatase Enzymes in Soil. vol. 26, pp. 215-243.
14. **Perfanova, Y and R. Donkova**, 2017. Microbiological Characteristics. Agroecological Potential of the Land Properties in Oresh and a Scientific Basis for Rational Land Use. ISBN: 978-954-749-112-0. ISBN: 978-954-749-112-0, pp. 79-86.
15. **Perfanova, Y., Hr. Valvhovski and V. Petrova**, 2015. Distribution of Soil Microorganisms in Northern and Southern Bulgaria. In: An electronic collection of scientific papers from an international conference. ISBN: 978-619-90560-0-4, pp. 636.
16. **Sardans, J. and J. Peñuelas**, 2005. Drought Decreases Soil Enzyme Activity in a Mediterranean Quercus Ilex L. Forest. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(3), 455-461.
17. **Štursová, M., L. Žifčáková, M. Leigh, R. Burgess and P. Baldrian**, 2012. Cellulose Utilization in Forest Litter and Soil: Identification of Bacterial and Fungal Decomposers. *Microbiol Ecol*, 80(3), 735-746.
18. **Tabatabai, M. and J. Bremner**, 1969. Use of p-Nitrophenyl Phosphate for Assay of Soil Phosphatase Activity. *Soil Biology and Biochemistry*, 1, 301-307.
19. **Vlahov, S.**, 1980. General Microbiology. Publishing science and art, pp. 251.