Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2018, 21 (1), 204-216 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Промени в свойствата на почвата в резултат от използването на компостни смеси в различно съотношение

Елена Златарева[1], Евлоги Марков[1], Николас Катиджотес[2], Светла Маринова[1]*

[1]*Институт по почвознание, агртехнологии и защита на растенията „Н. Пушкаров“, 1080 София, България*
[2]*Международен Институт по океанология, 50329 Лимасол, Кипър*

Changes in the properties of the soil as a result of using compost mixed in different ratio

Elena Zlatareva[1], Evlogi Markov[1], Nicholas Kathijotes[2], Svetla Marinova[1]*

[1]*Institute of Soil Science, Agrotechnologies and Plant Protection “N. Poushkarov”, 1080 Sofia, Bulgaria,*
[2]*International Ocean Institute, 50329 Limassol, Cyprus*

**E-mail: svetla_mar@mail.bg*

Received: 18.04.2018 *Accepted:* 25.04.2018 *Published:* 20.09.08.2018

РЕЗЮМЕ

Представени са за изследване и оценка 5 природни продукта – вермикулит, глауконит, пепел от слама, биомаса от дървесина и свински тор, с които са изготвени компостни смеси в различно съотношение**.**

Целта на разработката е въз основа на характеристиката и оценката на изготвените компостни смеси от природни продукти да се се изпита въздействието им върху почвените свойства във вегетационни експерименти.

Изведен е вегетационен опит за установяване влиянието на компостни смеси върху почвените промени. Тествани култури са силажна царевица и марули. Опитите са изведени върху Алувиално-ливадна почва *(Aluvial meadow*) от района на Монтана и Излужена смолница (*Haplic Vertiso*l) от района на Софийско.

SUMMARY

Five natural products – vermiculite, glauconite, straw ash, wood biomass and pork fertilizer are presented for the study and evaluation of the compost mixtures in different proportions.

The aim of the study is to assess the impact on soil properties in pot experiments based on the characterization and evaluation of the composite mixtures of natural products.

A vegetation experiment was conducted to determine the impact of compost mixtures on soil changes. Tested crops are silage corn and lettuce. The experiments were carried out on the Aluvial meadow from the Montana region and the HaplicVertisol from the Sofia region.

Химичната и агрохимична характеристика на алувиално-ливадната почва и смолницата след прибиране на културите установява, че най-благоприятно е влиянието на третата и четвърта смес, но при тях се наблюдава силно завишаване количеството на усвоим калий, което създава ограничения при препоръчване на по-големи норми на торене над 7%.

Петте компостни смеси представляват качествен подобрител при използването им в земеделската практика. За да се препоръча определена норма трябва да се имат предвид и икономическите възможности на производителя, наличието на достатъчно количество от изходните компоненти и др.

Ключови думи: вермикулит, глауконит, пепел от слама, биомаса от дървесина, свински тор, компостни смеси

Chemical and agrochemical characterization of Alluvial soil and Smolnitsa on which are derived pot experiments found, that after harvesting the crops most Impact of the third and fourth mixture. In these mixtures show a strong increase the amount of assimilable potassium.This creates limitations on recommending greater rates of fertilization above 7%.

Five compost mixtures are quality enhancer for use in the agricultural practice. To recommend a rule must be considered and economic opportunities of the manufacturer, sufficient amount of source components and others.

Key words: vermiculite, compost mixtures, greensand, ash from straw, wood biomass, pig manure

УВОД

Проблемите свързани с рационалното използване на почвите са особено важни, като се има предвид ограничеността на поземлените ресурси и необходимостта от непрекъснато възстановяване и повишаване на почвеното плодородие.

Съществуват множество природни материали, които представляват интерес за човешката дейност, свързана с използване на техните качества.

Природните ресурси представляват елементи на природната среда, които на определен етап от стопанското развитие се използват като средство за производство в селското стопанство.

Представени са за изследване и оценка няколко природни продукта – вермикулит, глауконит, пепел от слама, биомаса от дървесина и свински тор (Postnikov, 1990; Sutton et al., 1999; Lampkin, 2002; Vasilev, 2009; Nikolova et al., 2010; Yakovleva and Bakalov, 2012; Marinova et al., 2013), с които са изготвени компостни смеси в различно съотношение

INTRODUCTION

The problems, related to the rational utilization of the soils, are very important in connection to the limit of soil resources and the need of continuous of the re-cultivation and increase of the soil fertility.

There are many natural materials, which are very interesting for the human activity, connected with the utilization of their characteristics.

The natural resources are elements of the environment, and this in a certain stage of the economic development can be used as a means for production in the area of the agriculture.

There are presented for study and evaluation some different natural products – as vermiculite, compost mixtures, greensand, ash from straw, wood biomass, pig manure (Postnikov, 1990; Sutton et al., 1999; Lampkin, 2002; Vasilev, 2009; Nikolova et al., 2010; Yakovleva and Bakalov, 2012; Marinova et al., 2013), and with them are prepared composts mixtures in different ratio.

Целта на разработката е въз основа на характеристиката и оценката на изготвените компостни смеси от природни продукти да се изпита въздействието им върху почвените свойства във вегетационни експерименти.

The aim of the study is on the base of the characteristic and the evaluation of the prepared compost mixtures from natural products, to show their impact over the soil properties in pot experiments.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Химичната характеристика на изготвените пет смеси с различно процентно участие на избраните природни продукти установява (Marinova et al., 2017), че съдържанието на органичен въглерод е най-високо при смес 1 и 5. Петте смеси са изготвени в следните съотношения, представени в Таблица 1.

MATERIAL AND METHODS

The chemical characteristic of the prepared five mixtures in different percentage proportions of the selected natural products determines (Marinova et al., 2017) that the content of organic carbon is highest by mixtures 1 and 5. The five mixtures are prepared in the following ratio, Table 1.

Таблица 1. Комбинирани смеси при различни съотношения
Table 1. Composite mixtures at different ratios

Компост Compost №	Вермикулит Vermiculite	Глауконит Greensand	Пепел слама Ash from straw	Дърв.биомаса Wood biomass	Свински тор Pig manure
1.	1	1	1	1	1
2.	1	2	1	1	2
3.	1	1	2	1	2
4.	1	1	1	2	1
5.	1	2	2	1	3

Общите и подвижни форми на азот не се различават съществено, въпреки по-високото участие на свински тор в някои от смесите. Подвижните форми на фосфор са най-високи при 5^{та} смес с по-голямо участие на свински тор. Най-високо съдържание на подвижен калий се наблюдава при четвъртата смес. Не се наблюдава съществено различие в съдържанието на тежки метали при различните смеси, само съдържанието на никел и хром е най-голямо в смес три.

Изхождайки от характеристиката на компостните смеси е заложен и изведен вегетационен опит за установяване влиянието на различните смеси върху свойствата на почвите.

Опитите са изведени върху Алувиално-ливадна почва (*Aluvial meado)* от района на област Монтана и Излужена смолница (*Haplic Vertisol*), Софийско.

By the common and the movable forms of the nitrogen there are no great differences, although, the existing of higher part of the pig manure in some of the mixtures. The movable forms of the phosphorus are on the highest level by the mixture №5 with the higher part of the pig manure. The highest content of movable potassium can be shown by the fourth mixture. It can be shown great difference in the heavy metals content by the different mixtures, but only the content of nickel and chrome is on the top level by the mixture №3.

Going out from the characteristic of the compost mixtures it is made pot experiment for determination of the influence of the different kind of mixtures over the soil characteristics.

The experiments are made over *Alluvium meadow soils* in the region of Montana-town and *Haplic Vertisol soils* in the region of Sofia-city.

Алувиално-ливадната почва е избрана поради това, че тя е лека почва и трудно задържа хранителните елементи и вода, а вермикулитът притежава свойството да набъбва и задържа влагата и способства за подобряване на влагозадържащия капацитет на леките почви (Marinova et al., 2012; Mitova and Marinova, 2012). Излужената смолница е тежка почва и съобразно методиката на изпитване изследванията трябва да бъдат извършени върху леки и тежки почви, каквито са почвите в страната.

Провеждането на вегетационни опити се налага от необходимостта да се експериментират голяма група варианти на изследване и да се намерят най-оптималните. През периода на вегетационните изследвания се установяват най-подходящите екологични и икономически изгодни норми за прилагане в полски условия.

Вегетационните експерименти са изведени при следните варианти: контрола, почва и прибавка на 2, 5, 7 и 11% от различните смеси към теглото на почвата. Тествани култури във вегетационния опит са силажна царевица и марули. Тези култури са избрани за да се обхване по-широк спектър от култури с оглед препоръките за практиката.

Почвите са анализирани по методи, използвани в лабораторията на Института – реакция на средата (pH) – *БДС EN 12176:2000,* общ органичен въглерод – *БДС EN 13137:2005.* общ азот – *БДС ISO 11261:2002,* минерални азотни форми: амониев (NH_4^+-N) и нитратен (NO_3^- N) азот – *БДС ISO 14255:2002,* подвижни форми на фосфор (P) – БДС ISO 11263:2002, подвижен калий (K) – *Определянето се извършва по методика на М. Милчева, която се използва в ИПАЗР"Н.Пушкаров",* общо съдържание на фосфор (P), калий /K), калций (Ca), магнезий (Mg), тежки метали – кадмий (Cd), хром (Cr), никел (Ni), мед (Cu), цинк (Zn), олово (Pb) и др. – БДС EN-13346:2000, *ВМ-1:2007.*

Извършен е и физико-химичен анализ на почвите. Определени са

The Alluvium meadow soil is selected due to this, that it is light soil and it hard holds food elements and water, and the Vermiculite has an ability to swell and hold the moisture and helps for increasing of the moisture-hold capacity of the light soils (Marinova et al., 2012, Mitova and Marinova, 2012).The leached Smolnitsa is a heavy soil and in correspondence to the methods of the evaluation, the study must be made over light and heavy soils, which are the soils in our country.

The conducting of the pot experiments is necessary due to the need to make experiments in different variants of the study and to find the optimal of them. In the period of the pot experiments we have determined the best ecological and economical norms for use in the field conditions.

The pot experiments are made by the following control variants, soil and addition of 2, 5, 7 and 11% of different mixture, added to the weight of the soil. Test crops by the pot experiments are maize silage and lettuce.This crops are selected to cover greater area of crops based on the recommendations of the practice.

The soils are analyzed with the methods, used in the Laboratory of the Institute – re-action of the environment (pH)– BDS *EN 12176:2000,*:common organic carbon – BDS *EN 13137:2005,* common nitrogen – BDS *ISO11261:2002,* mineral nitrogen forms – ammonium (NH_4^+-N) and nitrate (NO_3^--N) nitrogen – BDS *ISO 14255:2002,* movable forms of phosphorus (P) – BDS ISO 11263:2002, movable potassium (K) – the determination is made using the methods of M. Milcheva, which are used in the IPAZR “N. Poushkarov”, common phosphorus content (P), potassium (K), calcium (C), magnesium (Mg), heavy metals – cadmium (Cd), chrome (Cr), nickel (Ni), cooper (Cu), Zinc (Zn), lead (Pb), etc. – BDS EN-13346:2000, *BM-1:2007.*

We have made physical-chemical analyze of the soils. Determined are katyкатионен обменен капацитет ($T_{8,2}$), силно киселинни (T_{CA}), слабо киселинни (T_A) позиции на почвения адсорбент, обща киселинност ($H_{8,2}$), обменна киселинност (Al) и състав на по-важните обменно адсорбирани катиони на почвата (Ganev and Arsova, 1990).

ion exchanged volume ($T_{8,2}$), strong acid ability (T_{CA}), low acid ability (T_A), positions of the soil absorbent, common acid ability ($H_{8,2}$), exchanged acid ability (Al) and content of the more important adsorbed cations of the soil (Ganev and Arsova, 1990).

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

- Химична и агрохимична характеристика на почвите, върху които е проведено изследването.

Данните от агрохимичния анализ на излужената смолница показват, че почвата е добре запасена с подвижен фосфор – 28,3 mg P_2O_5/100g почва, много добре запасена с подвижен калий – 37,8 mg K_2O/100g почва. Общият азот е приблизително 0,2 %, като сумата от минералните фракции на азота е 25,3 mg/kg. Съдържанието на тежки метали в излужената смолница са под пределно допустимите концентрации (ПДК).

Алувиално ливадната почва е слабо кисела с pH във вода 5,8, слабо хумусна и с по-лоши агрохимични свойства от излужената смолница. Тя е слабо запасена с общ азот – около 0,1%, средно запасена с подвижен калий – 15,5 mg K_2O/100g и добре запасена с подвижен фосфор – 21,9 mg/100g. И при тази почва съдържанието на определените тежки метали са под пределно допустимите концентрации (ПДК).

Резултатите от физикохимичната характеристика на двете почви, използвани за вегетационните опити са посочени в Таблица 2.

RESULTS AND DISCUSSION

- Chemical and agro-chemical characteristic of the soil, over which is made the study:

The data from the agro-chemical analyze of leached Smolnitsa show us, that the soil is good reserved with mobile forms phosphorus – 28,3mg P_2O_5/100g soil; very good rich with movable potassium – 37,8mg K_2O/100g soil. The common nitrogen is about 0,2 %, in that case a sum from the mineral fractions of nitrogen is 25,3mg/kg. The heavy metal content in the leached Smolnitsa is under the limited allowed concentrations.

The alluvium meadow soil is low acid with pH in water 5,8; with low humus content and with worse agro-chemical characteristics compared to leached Smolnitsa. It is low reserved with common nitrogen – about 0,1%, middle reserved with movable potassium 15,5 mg K_2O/100g and good reserved with movable phosphorus – 21,9mg/100g. By this kind of soil the content of determined heavy metal is under the limited allowed concentrations.

The results from the physic-chemical characteristic of the both kind of soil, used for the pot experiments, are shown in the Table 2.

Таблица 2. Физикохимични параметри на почвите
Table 2. Physic-chemical parameters of the soils

Почва Soil	pH H_2O	$T_{8,2}$	T_{CA}	T_A	Обм. Exch $H_{8,2}$	Обм. Exch Al+H	Обм. Exch Ca	Обм. Exch Mg	T_{CA}	T_A	Обм. Exch $H_{8,2}$	Обм. Exch Al	Обм. Exch Ca	Обм. Exch Mg	Степен на наситен ост с бази Level of sat. with bases,%
		megv/100g							% от $T_{8,2}$						
Изл. Смолница Leached Smolnitsa	7,0	54,9	51,9	3,0	2,2	0,0	47,0	6,0	94,53	5,46	4,0	0,0	85,6	10,90	96,0
Алув. ливадна Alluv-meadow	5,8	20,3	17,4	2,9	3,0	0,2	15,0	2,1	85,71	14,29	14,78	0,99	73,89	10,34	85,22

Според количествената класификационна система смолницата е излужена, неутрална (pH=7), силно колоидна, минерална, тотално изградена с умерено колоидно изграждане на Ахор., с монтморилонитов състав на глинестите минерали и процес към монтморилонитообразуване. Няма вкисляване (Обм. AL=0), и поради действието на хидролизно алкалната адсорбционна сол (бази Тса), катионният обмен върху корените е от хидролизно алкален тип.

Алувиално ливадната почва е средно кисела, умерено колоидна ($T_{8,2}$ е между 20-30 megv/100g). Според преобладаващата глинеста минерология (Тса=85,71% от $T_{8,2}$) е монтморилонит-иллитова с еволюция към монтморилонит-иллит.

Тук се забелязва изравняване на базичната наситеност със силно киселинния йонообменител на почвения адсорбент и на протонната адсорбция с неговия слабокиселинен йонообменител (Бази = Тса и обм.$H_{8,2}$ =Та).

- Характеристика на почвите след прибиране на тестваните култури

От химичната характеристика на почвените проби от излужената смолница се установи, че с увеличаване нормата на прибавените смеси се увеличава плавно количеството на минералния азот и хумусното съдържание (Таблица 3). При прибавяне на третата смес в норма 11% от теглото на почвата се постига най-високо съдържание на минерален азот – 19 mg/kg почва. С нарастване нормата на използваните смеси, по варианти нараства и усвоимият фосфор. Усвоимият за растенията фосфор при най-високата норма на смес 4 достига до 74,1 mg/100g почва. Степента на запасеност с подвижен калий на изходната излужена смолница е много добра. При внасянето на всички смеси, подвижният калий рязко се повишава спрямо контролния вариант. Най-големи стойности калият има след

Corresponding to the quality qualification, the Smolnitsa is leached, neutral (pH=7), highly colloidal, mineral, total built with middle colloidal structure of Ahor, with mont-morilonit content of clay materials and process of building of mont-morilonit. It is not found acid (exchange Al =0), and based on the action of hydrolyze - alkali adsorption salt (base Tca), the cation exchange over the roots is from hydrolyze-alkaly type.

Alluvium-meadow soil is from middle acid type, slight colloidal ($T_{8,2}$ is between 20-30 megv/100g) Corresponding to the clay mineralogy ($T_{8,2}$ is between 20-30 megv/100g) is mont-morilonit-illit with evolution to montmorilonit-illit.

It can be shown equalization of basic saturation with strong acid ion-exchange of the soil adsorbent and of proton adsorption with its slightly acid ion-exchanger (Bases = Tca and exchanged $H_{8,2}$ =Ta).

- Characteristic of the soil after the harvesting of the tested crop production:

From the chemical characteristic of the soil samples from leached Smolnitsa we have determinate, that with the increasing of the norm of added mixtures, increase slowly the quantity of the mineral nitrogen and the humus content (Table 3). By addition of the third mixture in norm 11% from the weight of the soil it is reached the higher content of mineral nitrogen – 19 mg/kg soil. With the increasing of the norm of the used mixtures, for the different variants increases the quantity of the assimilated phosphorus. The assimilated for the plants phosphorus by the highest norm of the mixture 4 reaches 74,1 mg/100 gram soil. The level of the supply with movable potassium of the normal leached Smolnitsa is very good. By the import of all mixtures, the movable potassium increases strong in comparison with the control variant. The highest values of potassium can be shown after the import внасянето на трета и четвърта смеси с норма 11% - съответно 288,6 и 266,0 mg/100 g почва, което се дължи на по-голямото съдържание на калий в изходните компоненти, образуващи тези смеси. Това може да доведе до депресия в добива, особено при култури, които не обичат калий. Всички изследвани тежки метали са под граничните стойности определени в законодателството и не представляват риск за почвите и растенията.

of the third and the fourth mixtures with norm 11% - respectively 288,6 and 266,0 mg/100 g soil, which is as result of the higher content of the potassium in the output components, used in this mixtures. This can brings to the depression in the crop yield production, which don't like potassium. All studied heavy metals are under the limited values, determined in the legislation and have no risk for the soils and the plants.

Таблица 3. Агрохимична и химична характеристика на излужена смолница в края на опита
Table 3. Agro-chemical and chemical characteristic of leached Smolnitsa at the end of the experiment

№	pH	N	P_2O_5	K_2O	Хумус Hummus	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Mn	Co
	KCl	mg/kg	mg/100g		%	mg/kg						
Контр. Control	6,4	8,6	24,0	37,5	3,22	22,5	53,0	14,5	35,0	20,5	480,0	11,5
Първа смес в съотношение 1:1:1:1:1* / First mixture in a ratio *1:1:1:1:1												
2%	6,6	17,3	27,8	43,6	3,28	22,6	53,5	23,0	37,0	32,0	480,5	18,0
5%	6,7	8,6	36,6	102	2,31	23,0	53,3	23,5	39,5	36,5	485,0	18,0
7%	6,8	9,8	47,3	120,4	3,39	23,0	54,0	23,5	50,5	42,5	485,0	17,5
11%	6,8	11,5	57,1	162,1	3,49	23,5	54,5	24,0	66,0	66,0	485,5	17,5
Втора смес в съотношение 1:2:1:1:2 / Second* mixture in a ratio*1:2:1:1:2												
2%	6,6	16,1	32,7	52,6	2,89	23,0	54,0	23,0	36,0	30,5	470,0	14,0
5%	6,7	16,1	48,2	75,9	4,04	23,5	54,0	23,0	45,5	42,5	485,0	14,0
7%	6,7	12,7	59,8	116,6	3,19	24,0	54,5	23,0	66,0	55,5	485,5	14,5
11%	6,8	13,8	66,1	169,8	4,02	24,0	55,0	19,5	86,0	74,0	500,0	15,0
Трета смес в съотношение 1:1:2:1:2 / Third* mixture in a ratio*1:1:2:1:2												
2%	6,7	11,5	35,0	66,5	2,69	24,0	54,0	16,0	36,5	29,5	483,0	18,0
5%	6,7	13,2	62,6	140,2	3,22	24,5	54,2	17,0	36,5	40,2	485,5	18,2
7%	6,8	18,4	64,6	164,8	2,26	25,0	55,5	20,5	45,5	50,5	485,5	18,2
11%	6,9	19,0	70,7	288,6	4,79	25,5	56,0	23,0	58,0	52,0	490,0	18,5
Четвърта смес в съотношение 1:1:1:2:1 / Fourth* mixture in a ratio*1:1:1:2:1												
2%	6,6	10,9	31,8	59,8	3,09	25,0	53,0	19,0	40,0	45,5	482,0	20,0
5%	6,8	13,2	36,9	124,7	2,67	25,5	55,5	19,5	50,0	45,5	485,5	20,0
7%	6,8	13,8	55,6	154,6	4,85	26,0	56,0	20,0	50,5	48,0	485,5	20,5
11%	7,0	14,4	74,1	266,0	5,57	26,5	56,5	22,0	50,5	50,0	490,5	22,0
Пета смес в съотношение 1:2:2:1:3 / Fifth* mixture in a ratio*1:2:2:1:3												
2%	6,6	16,7	28,7	71,1	3,98	25,0	55,0	20,1	36,5	40,5	540,0	17,0
5%	6,7	13,8	43,4	135,8	2,46	26,5	55,0	20,0	40,5	40,5	549,0	17,5
7%	6,8	12,1	55,9	150,8	3,7	27,0	55,5	22,5	40,5	42,5	550,0	18,0
11%	6,9	8,6	66,9	204,0	4,01	29,5	57,0	24,0	53,5	48,0	570,0	19,0

При излужената смолница, която е с неутрална реакция и с висока степен на наситеност с бази-94,76 % след прибавяне на почвените подобрители се забелязва повишаване на pH с 0,4 до 0,6 пункта спрямо контролата (Таблица 4). Това се дължи на алкалната реакция на средата на всички тествани смеси. Най-видимо е повишението на pH след употребата на петата смес. Слабо ацедоидните позиции (Та) имат тенденция към понижение.

By leached Smolnitsa, witch has a neutral re-action and with high level of saturation with basis – 94,76 % after addition of the soil enhancers it is shown increase of the pH with 0,4 till 0,6 points in comparison to the controlee (Table 4). This is due to the alkali re-action of the environment of all tested mixes. Best shown is the increase of the pH after the use of the fifth mix. The low alkali positions (Ta) have trends for decrease.

Таблица 4. Физикохимични параметри на излужена смолница в края на опита
Table 4. Physic-chemical parameters of the leached Smolnitsa at the end of the experiment

Вариант Variant	pH H_2O	$T_{8,2}$	T_{CA}	T_A	Обм Exch $H_{8,2}$	Обм Exch Al	Обм Exch Ca	Обм Exch Mg	Степен на наситеност с бази Level of sat. with bases, %
		megv/100g							
Контрола Control	7,0	53,4	48,3	5,1	2,8	0,0	46,1	4,2	94,76
Първа смес в съотношение 1:1:1:1:1* / First mixture in a ratio *1:1:1:1:1									
2%	7,0	53,4	48,5	4,9	2,8	0,0	46,2	4,4	94,76
5%	7,15	53,4	48,5	4,9	2,5	0,0	46,2	4,5	95,32
7%	7,25	53,3	48,7	4,6	2,4	0,0	46,5	4,4	95,52
11%	7,35	53,5	49,2	4,3	2,1	0,0	46,6	4,6	96,00
Втора смес в съотношение 1:2:1:1:2 / Second* mixture in a ratio*1:2:1:1:2									
2%	7,05	53,5	48,5	5,0	2,7	0,0	46,3	4,5	94,95
5%	7,10	53,7	49,1	4,6	2,5	0,0	46,3	4,9	95,35
7%	7,25	53,8	49,3	4,5	2,4	0,0	46,3	5,7	95,54
11%	7,35	53,8	50,4	3,4	2,1	0,0	46,5	5,9	96,10
Трета смес в съотношение 1:1:2:1:2 / Third* mixture in a ratio*1:1:2:1:2									
2%	7,05	53,8	48,6	5,2	2,8	0,0	45,9	5,0	94,80
5%	7,10	53,7	48,9	4,8	2,5	0,0	46,2	4,9	95,35
7%	7,25	53,9	49,4	4,5	2,4	0,0	46,5	4,9	95,55
11%	7,50	53,9	49,6	4,3	1,2	0,0	46,5	5,5	97,80
Четвърта смес в съотношение 1:1:1:2:1 / Fourth* mixture in a ratio*1:1:1:2:1									
2%	7,10	53,8	48,7	5,1	2,5	0,0	46,2	4,9	95,40
5%	7,25	53,8	49,2	4,6	2,4	0,0	46,3	4,8	95,50
7%	7,40	53,7	49,5	4,2	2,0	0,0	46,5	4,9	96,30
11%	7,55	53,9	49,9	4,0	0,9	0,0	47,1	5,0	98,20
Пета смес в съотношение 1:2:2:1:3 / Fifth* mixture in a ratio*1:2:2:1:3									
2%	7,25	53,6	49,3	4,3	2,3	0,0	46,6	4,9	95,70
5%	7,40	53,8	49,6	4,2	2,0	0,0	46,8	5,0	96,30
7%	7,40	53,9	49,7	4,2	2,0	0,0	46,8	5,1	96,30
11%	7,55	53,9	49,9	4,0	1,0	0,0	47,5	5,2	98,30

Степента на наситеност с бази се повишава, като тази тенденция е по-забележима при вариантите мелио-

The level of saturation with basis increases and this trend can be better shown by the variants meliorated with рирани със смеси 4 и 5, които са с по-голямо процентно съдържание на дървесна биомаса и оборски тор. Навсякъде се отчитат, сумата от базичните елементи калций и магнезий >Тса. Това означава, че върху колоид-ните повърхности на почвата действа неутрална до слабо кисела буферна система. Поради много голямата колоидност на излужената смолница, тя се явява много силен конкурент на корените на растенията в адсорбционното разпределение на йоните и водата между почвените колоиди и растителната колоидна и водна система.

Агрохимичните анализи на алувиалната почва след прибиране на царевицата показват, че при употребата на всички компостни смеси с увеличаване нормата се увеличава и усвоимият за растенията фосфор и калий (Таблица 5). Най-висока запасеност с усвоим фосфор се постига при третата смес с норма 11% - 82,2 mg P_2O_5/100 g почва, което може да предизвика депресия в добива. Значително нараства и подвижният калий. При употребата на 3, 4 и 5 смеси с норма 11% той нараства 15 пъти спрямо контролния вариант. Съдържанието на калий достига 183 mg K_2O/100 g почва и това показва една прекомерно висока степен на запасеност с този хранителен елемент. Количеството на минералния N плавно се повишава с увеличаване нормата на прибавените смеси. Най-голямо е нарастването на азота след внасянето на четвъртата смес в норма 11% - 17,3 mg/kg. Хумусът следва същата тенденция както хранителните елементи, но тук нарастването е минимално спрямо контролата. Тежките метали в почвата нарастват с увеличаване на процентното съдържание на компостните смеси, но при всички варианти остават под ПДК.

mixes 4 and 5, witch have greater percentage content of wood bio-matter and manure. In all cases we have estimate, that the sum of the basic elements potassium and magnesium is >Tca. This means, that over the colloidal surfaces of the soil acts neutral till low acid buffer system. As a result of the great colloidal form of the leached Smolnitsa, it is very strong concurrent of the roots of the plants by the adsorption distribution of the ions and the water between the soil's colloids and the plants colloid and water system.

The agro-chemical analyses of the Alluvium soils after the harvesting of the maize show, that by the use of all compost mixtures with the increase of the norm, increases the assimilated from the plants phosphorus and potassium /Table 5/.The highest stock up with assimilated phosphorus is reached by the third mix with norm 11% - 82,2 mg P_2O_5/100 g soil, which can have as result depression by the crop yield production. Significantly increases the movable potassium too. By the use of the mixes 3, 4, and 5 with norm 11% the potassium content increases 15 time in comparison to the controlee variant. The potassium content reaches 183 mg K_2O/100 g soil and this shows us, that it is very high level of stock up with this food element. The quantity of the mineral N increases slowly with the increase of the norm of the added mixtures. The highest increase is that of the nitrogen after import of the fourth mixture in norm 11% -1 7,3 mg/kg. The humus follows the same trend like the food elements, but here the increase is minimal in comparison to the controlee. The heavy metals in the soil increase with the increases of the percentage content of the compost mixtures, but by the all variants are under the limited concentrations. .

Таблица 5. Агрохимична и химична характеристика на алувиално ливадна почва в края на опита
Table 5. Agro-chemical and chemical characteristic of Alluvium meadow soil in the end of the experiment

№	pH	N	P_2O_5	K_2O	Хумус Hummus	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Mn	Co
	KCl	mg/kg	mg/100g		%	mg/kg						
Контр. Control	5,6	9,2	24,7	12,2	3,2	38,0	60,0	7,5	44,0	22,0	730,0	14,5
Първа смес в съотношение 1:1:1:1:1* / First mixture in a ratio *1:1:1:1:1												
2%	6,0	7,5	30,8	20,2	3,5	38,5	63,0	8,0	38,0	20,0	665,0	13,0
5%	6,7	11,5	39,1	37,0	3,5	40,0	58,0	8,0	40,0	22,0	665,0	11,5
7%	6,0	8,1	42,1	43,9	3,4	41,0	66,5	8,5	41,0	22,5	715,0	14,0
11%	7,1	8,6	55,5	110,0	4,3	37,5	63,5	8,0	40,5	20,5	515,0	15,0
Втора смес в съотношение 1:2:1:1:2 / Second* mixture in a ratio*1:2:1:1:2												
2%	6,2	9,2	34,1	18,6	3,7	12,0	54,5	8,5	40,0	18,5	540,0	13,5
5%	6,7	10,9	45,6	39,2	3,9	37,5	63,5	8,5	38,5	21,0	595,0	15,0
7%	6,8	11,5	54,9	48,4	4,0	43,0	64,0	15,5	40,0	21,0	885,0	12,0
11%	7,0	10,9	69,8	89,0	4,3	43,5	70,5	11,5	40,5	23,0	760,0	14,0
Трета смес в съотношение 1:1:2:1:2 / Third* mixture in a ratio*1:1:2:1:2												
2%	6,4	12,7	34,0	26,4	3,4	36,0	67,5	3,0	44,5	23,0	790,0	15,5
5%	6,8	13,8	57,1	67,9	3,6	39,0	67,5	6,5	46,5	24,5	790,0	16,0
7%	6,9	14,4	56,8	90,1	3,8	39,0	68,5	7,8	48,0	23,5	615,0	15,5
11%	7,2	14,4	82,2	178,1	4,3	39,5	68,0	5,5	43,5	24,5	610,0	14,5
Четвърта смес в съотношение 1:1:1:2:1 / Fourth* mixture in a ratio*1:1:1:2:1												
2%	6,4	13,2	35,0	27,1	3,4	36,0	62,0	13,5	46,0	23,0	605,0	14,0
5%	6,9	16,7	44,8	52,9	3,7	37,5	68,5	6,5	46,0	23,0	695,0	14,5
7%	6,9	13,2	58,6	98,7	4,2	35,0	66,5	17,5	45,0	22,0	615,0	15,5
11%	7,0	17,3	71,2	179,6	4,0	36,5	66,5	5,0	43,0	23,0	680,0	15,0
Пета смес в съотношение 1:2:2:1:3 / Fifth* mixture in a ratio*1:2:2:1:3												
2%	6,8	8,1	23,3	41,9	3,3	40,0	67,5	9,5	21,0	12,5	630,0	10,5
5%	6,7	12,1	47,7	138,7	3,5	42,5	69,5	10,0	23,5	14,5	575,0	12,0
7%	6,9	15,6	41,6	163,4	3,3	43,5	69,5	7,0	22,0	18,5	595,0	12,0
11%	6,9	14,4	45,7	183,0	3,8	47,0	70,5	2,5	43,5	21,5	835,0	14,5

На Таблица 6 са показани физи-кохимичните параметри на алувиално-ливадна почва в края на опита. За всички смеси по варианти се отчита повишаване на pH и при употребата на 11% от теглото на почвата се постига неутрална реакция на почвата. Обща-та киселинност (H8,2), която обхваща всички адсорбирани катиони с кисели функции намалява спрямо контролата с повишаване на процентното участие на всички смеси. Това се дължи на увеличаване съдържанието на мате-риалите, които имат свойството да

On the Table 6 are shown the physic-chemical parameters of the alluvium meadow soil in the end of the experiment. For all mixtures in variants can be shown increase of the pH and by use of 11 % from the weight of the soil we can reach neutral re-action of the soil. The common acidity (H8,2), which assimilate all adsorption cation with acid functions decreases in comparison to the controlee by increasing of the percentage participation of all mixtures. This is a result of the increase of content of the maters which have the ability to участват в неутрализационни взаимодействия с киселинните системи на почвения адсорбент. Забелязва се, че разликата между бази и Тса по варианти се увеличава в посока бази >Тса, което свидетелства за присъствието на хидролизно-алкални адсорбционни системи. Като хранителен субстрат мелиорираната със компостните смеси почва е достатъчно близка до оптималната за растенията (pH във вода от 6 до 6,8), (бази>Тса) и обм.Н8,2 <Та, което ги определя като твърде плодородни почви.

participate in the neutralization interchange with the acid systems of the soil absorbent. It can be shown, that the difference between basis and Tca in the different variants, increase in the direction of the basis >Tca, which show the existing of hydrolyze-alkali adsorption systems. As a food substrate the meliorated with compost mixtures soil is enough close to the optimal for the plants (pH in water from 6 till 6,8), (basis>Tca) and volume H8,2 <Ta, which determinate them as good fertile soils.

Таблица 6. Физикохимични параметри на алувиално ливадна почва в края на опита
Table 6. Physic-chemical parameters of alluvium meadow soil in the end of the experiment

Вариант Variant	pH H_2O	$T_{8,2}$	T_{CA}	T_A	Обм Exch $H_{8,2}$	Обм Exch Al	Обм Exch Ca	Обм Exch Mg	Степен на наситеност с бази Level of sat. with bases, %
		megv/100g							
Контрола Control	5,85	20,5	16,3	4,2	3,8	0,2	14,0	2,2	81,46
Първа смес в съотношение 1:1:1:1:1* / First mixture in a ratio *1:1:1:1:1									
2%	6,10	20,6	16,6	4,0	3,6	0,0	15,0	2,3	82,53
5%	6,40	20,6	17,1	3,5	2,85	0,0	15,5	2,2	86,17
7%	6,55	20,7	17,2	3,5	2,20	0,0	16,4	2,3	89,37
11%	6,75	21,1	17,8	3,3	1,80	0,0	17,5	2,2	91,47
Втора смес в съотношение 1:2:1:1:2 / Second* mixture in a ratio*1:2:1:1:2									
2%	6,15	21,1	17,3	3,8	3,55	0,0	15,8	2,2	83,18
5%	6,45	21,2	17,6	3,6	2,85	0,0	16,3	2,2	86,56
7%	6,55	21,3	17,7	3,6	2,30	0,0	16,8	2,3	89,20
11%	6,75	21,5	18,0	3,5	1,90	0,0	17,5	2,4	91,20
Трета смес в съотношение 1:1:2:1:2 / Third* mixture in a ratio*1:1:2:1:2									
2%	6,30	20,8	17,1	3,7	3,40	0,0	15,0	2,1	83,66
5%	6,45	20,8	17,1	3,7	2,90	0,0	15,5	2,3	86,06
7%	6,55	21,0	17,4	3,5	2,80	0,0	16,2	2,3	86,70
11%	6,70	21,5	18,1	3,4	2,00	0,0	17,0	2,4	90,70
Четвърта смес в съотношение 1:1:1:2:1 / Fourth* mixture in a ratio*1:1:1:2:1									
2%	6,35	21,5	17,7	3,8	3,40	0,0	16,1	2,2	84,20
5%	6,50	21,6	17,9	3,7	2,80	0,0	16,8	2,4	87,04
7%	6,70	21,8	18,6	3,2	2,20	0,0	17,5	2,3	89,91
11%	6,90	21,6	18,8	2,8	1,45	0,0	18,2	2,4	93,30
Пета смес в съотношение 1:2:2:1:3 / Fifth* mixture in a ratio*1:2:2:1:3									
2%	6,35	21,0	17,3	3,7	3,25	0,0	15,5	2,2	82,40
5%	6,55	21,0	17,4	3,6	2,75	0,0	16,0	2,3	86,90
7%	6,70	21,5	18,2	3,3	2,20	0,0	17,1	2,4	89,77
11%	6,80	21,5	18,6	2,9	1,40	0,0	18,0	2,3	93,50

ИЗВОДИ

1. Химичната характеристика на изготвените 5 компостни смеси с различно процентно участие на отделните компоненти установява, че реакцията на средата е в алкалната област, което се дължи на алкалната реакция на средата на изходните компоненти. Съдържанието на общ азот при 1,2 и 3 смеси е с близки стойности. Четвъртата смес се отличава с най-високо съдържание на общ азот - 0,58%. Сумата от минералните фракции на азота за петте смеси се движи в границите от 163,0 до 241,3 mg/kg. Подвижните форми на фосфор и калий показват високи стойности в резултат от смесването.

2. Химичната и агрохимична характеристика на алувиално-ливадната почва и излужената смолница след прибиране на културите установява:

- С увеличаване нормата на прибавените смеси се увеличава pH, количеството на минералния азот, подвижните форми на P и K и хумусното съдържание.

- Най-благоприятно е влиянието на третата и четвърта смес, но при тях се наблюдава силно завишаване количеството на усвоим калий, което създава ограничения при препоръчване на по-големи норми на торене над 7%. Препоръчително е при смесите да се ограничи внасянето на пепел от слама, тъй като тя съдържа ниско съдържание на азот и органичен въглерод, но много високо съдържание на калий, което дава негативен ефект при участието в компостни смеси и тяхното влияние върху системата "почва-тор-растение".

- Тежките метали в почвите нарастват с увеличаване на процентното съдържание на компостните смеси, но при всички варианти остават под ПДК.

- Степента на наситеност с бази се повишава, като тази тенденция е по-забележима при вариантите мелиорирани със смеси 4 и 5, които са

CONCLUSIONS

1. The chemical characteristic of the prepared 5 compost mixtures with different percentage participation of the every component determinates that the re-action of the environment is in the alkali area, which is a result of the alkali re-action of the environment on the output components. The content of the common nitrogen by the 1, 2 and 3 mixtures has near values. The fourth mixture has the highest content of common nitrogen - 0,58%. The sum of the mineral fractions of the nitrogen for the fifth mixtures is in the limits from 163,0 till 241,3 mg/kg. The movable forms of phosphorus and potassium show high values as a result of the mix.

2. The chemical and agro-chemical characteristic of alluvium meadow soil and of leached Smolnitsa after the harvesting of the crop yield production determinates:

- With the increase of the norm of the added mixtures increases the pH, the quantity of the mineral nitrogen, the movable forms of P and K and the humus content.

- Most favourable is the influence of the third and the fourth mixture, but in those cases can be shown strong overflow of the quantity of the assimilated potassium, which makes some limits by the recommendation of higher norms for fertilization, over 7%. It is recommended by the mixtures to limit the import of the ashes from straw, so that it contains low nitrogen content and organic carbon, but have high content of potassium, which has a negative effect by the participation of the compost mixtures and their influence over the system "soil-fertilizer-plant".

- The heavy metals in the soils increase with the increase of the percentage content of the compost mixtures, but by the all variants are under the limited concentration.

- The level of saturation with basis increase, so that this trend is better shown by the variants meliorated with mixes 4 с по-голямо процентно съдържание на дървесна биомаса и оборски тор.

В заключение считаме, че и петте компостни смеси представляват качествени подобрители на почвата, при използването им в земеделската практика. За да се препоръча определена норма трябва да се имат предвид и икономическите възможности на производителя, наличието на достатъчно количество от изходните компоненти и др.

and 5, which are with the highest content of wood bio-matter and manure.

As conclusion we can say, that the five compost mixtures are quality enhancer of the soil by their use in the agriculture praxis. For the recommendation of determined norm it is necessary to have in mind the economical abilities of the producer, the existence sufficient quantities of the output components and etc.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Ganev, S. and A. Arsova**, 1990. Methods for Determination of Strongly Acidic and Slightly Acid Cation Exchange in the Soil. *Soil Science and Agrochemistry*, 3, 22-33 (Bg).
2. **Lampkin, N.**, 2002. Organic farming. Old Pond Publishing, United Kingdom, pp. 65.
3. **Marinova, S., E. Zlatareva, M. Banov and N. Kathigotes**, 2017. Influence of Compost Mixture on the Lettuce Yield and Quality Formation. 3rd ISAF 2017, 18th to 20th of October, in Ohrid, Republic of Macedonia (in press).
4. **Marinova, S., R. Toncheva, E. Zlatareva and Hr. Pchelarova**, 2012. Characteristic of vermiculite and its influence on the yield of lettuce in pot experiments. In: Proceedings BALWOIS-12, Conf. on Water, Climate and Environment 28.05-2.06. 2012, Ohrid, Makedonia, pp. 7-13.
5. **Marinova, S., E. Zlatareva and V. Petrova**, 2013. Manure is a highly effective means of production in plant production. pp. 39 (Bg).
6. **Mitovova, I. and S. Marinova**, 2012. Influence of enriched vermiculute on yielding and quality in lettuces. *Agrochemistry and ecology*, XI (2), 21-27 (Bg).
7. **Nikolova, S., B. Hristov, N. Dimitrova and A. Zhivkova**. 2010. Methods in **Postnikov, A. V.**, 1990. Use of the Field of Organic Farming, Handbook, pp. 180 (Bg).
zeolite in plant health. *Agrochemistry*, 7, 113-125 (Ru).
9. **Sutton, A. L., D. Jones, B. Joern and D. Huber**, 1999. Animal Manure AS a Plant. pp. 80.
10. **Vasilev, A.**, 2009. Glauconite - an effective natural and mineral potato. *Agraren paper, Ural* № 6/60 /, 35-37 (Ru).
11. **Yakovleva, E. and A. Bakalov**, 2012. Glauconite as a potential new local fertilizer at Kuban region. *Science Magazine KUBGAU*, No 82 (08), UDK 631.812.11 (Ru).

Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2018, 21 (2), 217-235 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Избор на лентови дъждовални машини при напояване на земеделски площи в условия на стръмни терени

Тодор Ташев*, Нели Гаджалска

Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията „Н. Пушкаров“, 1331 София, България

Selection of travelling gun machines for irrigation of agricultural lands under the conditions of slope terrain

Todor Tashev*, Nelly Gadjalska

Institute of Soil Science, Agrotechnologies and Plant Protection “N. Pushkarov”, 1331 Sofia, Bulgaria

**E-mail: todor_pt@yahoo.com*

Received: 16.04.2018 *Accepted:* 10.09.2018 *Published:* 20.09.2018

РЕЗЮМЕ

Предмет на настоящата разработка са проблемите свързани с ерозията на почвата при напояване с лентови дъждовални машини в планински условия. Изследването представя добри практики за намаляване на напоителната ерозия, чрез правилен избор на дъждовалния апарат при лентови машини. Анализът се основава на многогодишни проучвания на ерозионната устойчивост на видовете почви в Р. България и съвременни технически данни за дъждовални апарати използвани с лентови машини. Анализът на изследванията до момента показва, че при еднакви почвено климатични условия основните фактори, от които зависи размера на напоителната ерозия са интензитета и структурата на подавания изкуствен дъжд. Целта е правилното комплексно противоерозийно оразмеряване на параметрите на лентова дъждовална машина, съобразно ерозионната устойчивост на почвите и енергийните им показатели при реали-

SUMMARY

This paper deals with the problems of soil erosion due to travelling gun sprinkler irrigation on the slope terrains. It presents best practice for erosion safe design of sprinklers with travelling gun systems. The analysis is based on multi-year studies on the erosion resistance of soil types in Bulgaria and new technical data for big gun sprinklers. The study and analyses of erosion have shown that the main factors determining the erosion processes under equal soil and climatic conditions are the intensity and structure of the artificial rain and the ground slope.

The goal is to design and evaluate the travelling gun sprinkler system located on slope lands in the erosion safe area of application. This paper deals with the feasibility to choose suitable irrigation equipment for agricultural crops with suitable characteristics of irrigation sprinklers in dependence of the soil resistance and their energy indicators in the realization of ecological irrigation of

зирането на екологосъобразно напояване на полета с повишен наклон.

Ключови думи: напояване, лентови дъждовални машини, ерозия, напоителна ерозия, ерозионна устойчивост, дъждовални апарати, енергийни показатели, стръмни терени

fields with increased slope**.**

Key words: irrigation, travelling gun sprinklers, erosion, water-induced erosion, erosion resistance, gun sprinklers, energy cost, slope terrains

УВОД

Опазването на околната среда в напояваните от фермерите земеделски площи е задължително условие съгласно нормативната база на европейското и българско законодателство. Доброто екологично състояние на основните природни компоненти, на хидромелиоративния ландшафт – водата и почвата са предпоставка за постигане на устойчиво земеделие.

Прилагането на добри практики за напояване, чрез които се осигурява пестеливо и рационално използване на водите, съхраняване на почвеното плодородие, опазване на водите и почвите от замърсяване, ерозия и деградиране, са гаранция за повишаване качеството и добива на получаваната земеделска продукция и получаване на максимален икономически ефект при приемливи разходи за фермерите.

Състоянието на почвите в Р България се характеризира с наличието на голям процент деградирали почви – около 1,5 млн. ha. Водоплощната ерозия засяга над 60% от земеделските земи, в различна степен на проявление, като оценката на средногодишната ерозия възлиза на около 55 млн. t. По данни на МОСВ, площите с висок риск от проява на водоплощна ерозия на почвата са 1,7% от територията на страната (среден интензитет 5 до 10 t/ha/yr); с умерен риск 9.2% (среден интензитет 5 до 10 t/ha/yr) (MoEW, 2013).

Като се има предвид, че голяма част от дъждуваните у нас площи са на наклонени терени, проблемът с недопускане на напоителна ерозия в тях е особено актуален. Появата на напои-

INTRODUCTION

The protection of the environment in the irrigated agricultural areas by farmers is a mandatory condition according to the legal framework of the European and Bulgarian legislation. Good ecological status of the key elements of irrigation landscape, such as water and soil, is a prerequisite for sustainable agriculture.

Applying good irrigation practices ensures an economical and rational water use with protection of soil fertility, of waters and soils from pollution, erosion and degradation, are a guarantee for increasing the quality and yield of the agricultural production and an achievement of maximum economic effect at acceptable costs for the farmers.

The state of the soils in Bulgaria is characterized by the presence of a large percentage of degraded soils – about 1.5 million hectares. Water erosion affects over 60% of agricultural land, to varying degrees of manifestation, as the assessment of the average annual erosion is around 55 million tons. According to data from the Ministry of Environment and Water of Bulgaria (MoEWB), the areas with a high risk of water-induced soil erosion are 1.7% of the country’s territory (average intensity 10 to 20 t/ha/yr.); with a moderate risk of 9.2% (mean intensity 5 to 10 t/ha/yr.) (MoEW, 2013).

Considering that large parts of the irrigated lands in Bulgaria are on sloping terrain, the problem of not allowing irrigation erosion in them is particularly телна ерозия, вследствие на неправилни техники на напояване влошава екологичното състояние на напояваните площите. Този проблем съществува с особена острота във всички страни с развита напоителна мрежа, особено когато поливните площи са на наклонени терени. Напояването чрез дъждуване на наклонени терени често води до ерозия при неспазване на нормативно приетите допустими наклони до 10% при използване на лентовите дъждовални машини. Gadjalska and Slavov (1994) са установили, че за предпазване от иригационна ерозия в зависимост от ерозионната устойчивост на почвата и наклона на терена, лентовите дъждовални инсталации са подходящи за работа при стръмни площи с наклон на терена в границите от 0,04 до 0,09 при почви над 2-3 клас на ерозионна устойчивост.

topical. The result of having irrigation-induced erosion is due to improper irrigation techniques that deteriorates the situation of the environment in the irrigated areas. This problem is particularly pronounced in all countries with developed irrigation network, especially where irrigated areas are on slopes. Sprinkler irrigation on sloping terrains often leads to erosion in case of non-compliance with the normally accepted tolerable gradients up to 10% when using the travelling sprinkler gun machines. Gadjalska and Slavov (1994) found that, in order to prevent irrigation erosion, depending on the soil resistance and slope of the terrain, the travelling gun irrigation machines are suitable for working on slopes terrains ranging from 0.04 to 0.09 in soils over 2nd-3rd grade of erosion resistance.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Изборът на поливна техника и подходяща технология за напояване при поливане на стръмни терени е сложен процес на вземане на решение, при който трябва да се оценят редица фактори, като: теренни, климатични, почвено-мелиоративни условия; вида и специфичните изисквания на отглежданите земеделските култури и особености на технологията по отглеждането им.

С цел въвеждането на добрите практики за напояване на земеделските култури през последните години в България се използва съвременна поливна техника, разработени са подходящи водо- и енергоспестяващи технологии за напояване, режими на напояване и управление на поливния процес. Използването на съвременна техника за напояване при равни и наклонени терени, каквито са лентовите дъждовални машини, се наложи с оглед избягване на вредното влияние на наклона на терена върху равномерността на подаваната поливна норма и предпазване на напояваните площи от иригационна ерозия.

За да се предпази почвата от

MATERIAL AND METHODS

The choice of irrigation equipment and appropriate irrigation technology for watering slope terrain is a complex decision-making process in which a number of factors, such as: terrain, climatic, soil-reclamation conditions, must be assessed; the type and specific requirements of the crops grown and the specifics of the cultivation technology.

In order to introduce the good practices for irrigation of agricultural crops in recent years, modern irrigation equipment has been used in Bulgaria. Water and energy saving technologies for irrigation, new irrigation regimes and irrigation management have been developed. The use of modern equipment for irrigation in flat and sloping terrain such as traveling gun irrigation machines was necessary in order to avoid the harmful influence of the slope of the terrain on the uniformity of the applied irrigation rate and the protection of the irrigated areas from irrigation erosion.

In order to protect soil from erosion

ерозия вследствие дъждуването, е необходимо да се анализират и оценят факторите, които обуславят процеса. Анализът на изследванията до момента показва, че при еднакви почвено климатични условия основните фактори, от които зависи размера на напоителната ерозия са интензитета и структурата на подавания изкуствен дъжд. Наклонът на терена има второстепенно влияние, но при дъждуване на земеделски култури, разположени на стръмни терени, възникват условия за допълнително влошаване състоянието на площите.

Интензитетът на дъжда, който е основен фактор, обуславящ ерозионния процес, е в пряка зависимост от попиващата способност на почвата. Докато при равни терени, ако интензивността на валежа е по-голяма от попиващата способност на почвата се получават локви, то на стръмни терени при подобни условия се наблюдава възникването на капкова ерозия стичане. Това стичане зависи както от средната, така и от моментната интензивност на валежа, която при средноструйните и далекоструйните апарати е значително по-голяма от средната.

Същността на процеса на възникване на капкова ерозия се състои във взаимодействието на дъжда с повърхностния слой почва, при което капките, при удара с повърхността на почвата, отделят и преместват почвените частици, уплътняват повърхностния ѝ слой на дълбочина 2-3 cm, колматират порите, видимо намаляват инфилтрационната ú способност. Описаният процес на разрушаване на почвената структура зависи от едрината на капките и интензитета на изкуствения дъжд. Kostiyakov (1960) доказва, че колкото е по-голям интензитета и едрината на капките, толкова по-силно се разрушава структурата на почвата. До 70% от кинетичната енергия на капките на дъжда при удар с почвата се изразходва за уплътняването ú, което намалява попиващата ú способност и подадената поливна норма се стича по склона.

В борбата с напоителната ерозия, ерозионно-безопасното оразмеряване на поливната техника е от първо-степенно

due to sprinkler irrigation is necessary to analyse and evaluate the factors, which determine the erosions process. The analysis of the research up to date indicates that in terrains with the same soil and climatic conditions the main factors, which determine the amount of irrigation erosion, are the intensity and the structure of the artificial rain. The slope of the terrain is of secondary influence, but irrigating the crops with sprinklers located on steep slopes, raises the conditions for further deterioration of the areas.

The intensity of rain, which is a major factor for the erosion process, is directly dependent on the absorbing capacity of the soil. If the rain intensity is greater than the absorbing capacity of the soil, in flat terrains the appearance of puddles is observed. In slope terrains under the same conditions, infiltration is observed. This infiltration depends as well on the average intensity of the rain as on its momentary intensity, which by the high-pressure sprinklers is higher than the average.

The essence of the droplet erosion process consists in the interaction of the rain with the surface layer of soil, where the droplets, when struck with the surface of the soil, separate and move the soil particles, seal the surface layer to a depth of 2-3 cm, visibly reduce its infiltration capability. The described process of destroying the soil structure depends on the size of the droplets and the intensity of the artificial rain. Kostiyakov (1960) proves that the higher the intensity and the size of the droplets are the more the soil structure is destroyed. Up to 70% of the kinetic energy of the rain drops at impact with the soil is spent on compaction, which reduces its absorbing capacity and the irrigation rate is flowing down the slope.

To achieve an erosion-safe area it is necessary to deal with irrigation-induced erosion by sizing the travelling значение. Съществен критерий в това отношение е интензитетът и структурата на подавания изкуствен дъжд да съответстват на ерозионната устойчивост на почвите и наклона на терена.

Изследвани са различни модификации на лентовите дъждовални машини, определени в зависимост от диаметъра и дължината на тръбопровода. За всеки от разглежданите DN на гъвкавия тръбопровод на машината са изследвани наличните дължини LM. Разглежданите диаметри са DN75, 90, 110, 125 и 140 mm. Дължините LM са съответно 200, 300, 400, 500 и 600 m. За всяка модификация DN са изследвани следните технически параметри:

- Напор на дъждовалния апарат – $H_{ДА}$, m;
- Диаметър на дюзата на дъждовалния апарат – $d_{ДА}$, mm;
- Водно количество (машината) – Q, l/s;
- Напор на хидранта – H_X, m;
- Ширина на поливната ивица – *b*, m;
- Дължина на тръбопровода на машината – L_M, m.

Техническите параметри са взети от каталожни данни на утвърден международен производител. Изчислени са технологичните показатели на машината: площта на поливната площадка f_0, ha, средния интензитет на дъжда $i_{ср}$, mm/h, моментния интензитет i, mm/h необходимата продължителност на поливане $t_п$, h, и коефициентът на полезно използване на времето в денонощието Ψ, които служат за определяне площта на водооборотния участък.

Моментните интензитети на дъждовалните апарати са взети от каталожни данни на производителя SIME, за трите модела използвани апарати при различните модификации лентови дъждовални машини (ЛДМ). Дъждовален апарат (ДА) Synkro се използва за ЛДМ с модификация DN 75 mm, ДА Ranger се използва за ЛДМ с модификации DN 90-110 mm и ДА Explorer се използва за ЛДМ с модификации DN 125-140 mm. Изследван

gun irrigation machine in a correct way. An important criterion in this respect is the rainfall per hour and the structure of the artificial rain drops to be consistent with the soil erosion resistance and slope of the terrain.

Various modifications of the travelling gun sprinkler machines were determined; depending on the PE pipe diameter (DN) and length (L_M). For each of the considered modifications of the machine's flexible PE pipe DN, the available L_M lengths were examined. The PE pipe diameters examined are DN75, 90, 110, 125 and 140 mm. with lengths that are L_M =200, 300, 400, 500 and 600 m, respectively. For each modification of the machine, the following technical parameters were used:

- Pressure head at sprinkler – $H_{ДА}$, m;
- Nozzle sizes – $d_{ДА}$, mm;
- Discharge – Q, l/s;
- Pressure head at hydrant – H_X, m;
- Strip width – *b*, m;
- PE pipe length – L_M, m.

The technical parameters are taken from catalog data of an established international manufacturer and with them the technological parameters were calculated: irrigated area f_0, ha, average application rate $i_{ср}$, mm/h, application rate i, mm/h, duration of application $t_п$, h, 24 hour coefficient Ψ, which serve to determine the area irrigated by one machine.

The application rates of the sprinklers are taken from the manufacturer's SIME data sheet for the three models used on the various modifications of travelling gun machines (TGM). Synchro sprinkler is used for modification DN75 mm, Ranger sprinkler is used for modifications DN90-110 mm and Explorer sprinkler is used for modifications DN125-140 mm. The instantaneous application rate for one е моментният интензитет при един апарат работещ в кръг на 360°. Трябва да се има предвид, че при работа на апарата секторно на 180°, интензитетът ще бъде по-малък, както е при напояване с лентови дъждовални машини.

Енергийните разходи включват: преки енергийни разходи (електроенергия или дизелово гориво); косвени енергийни разходи – инвестиции и експлоатационни разходи за помпен възел (помпен агрегат, двигател и табло за управление) и съпътстващите го тръби и арматури;

По своята същност изследването представлява препоръки за избор на лентова дъждовална машина, според направената оценка на енергийните разходи и правилен избор на дъждовалния апарат и работните му параметри, с цел предотвратяване на иригационната ерозия при различни наклони на терена.

Инвестициите се привеждат към годишни разходи в лева на година [BGN/year], чрез капиталовъзстановителния фактор. Изчисляването на енергийните разходи е извършено за един водооборотен участък, при Burt et al., (2000), различни съчетания на диаметър на дюзата ($d_{ДА}$) и напор на дъждовалния апарат ($H_{ДА}$). Преминаването към приведени разходи на единица площ [BGN/ha.yr] е извършено с отчитане на големината на водооборотния участък, т.е. с отчитане производителността на машината. Преките енергийни разходи са актуализирани с отчитането на инфлацията на електроенергията и дизеловото гориво (Keller and Bliesner, 1990).

Изследването е направено за два варианта на позициониране на машината: по наклона на терена и срещу наклона на терена. Разгледани са пет наклон на терена съответно 2,20 %, 3,50 %, 7,00 %, 10,50 %, 12,00% (Neshkova and Krasteva,1990).

Ограничително условие се явяват произвежданите модификации на машините с наличните диаметър (DN) и дължината на тръбопровода (L_M);

sprinkler with a sector of 360° circle was examined. It should be borne in mind that when operating the sprinkler with a sector of 180 °, the intensity will be less as is the case with travelling gun machines.

Energy costs include direct energy costs (electricity or diesel); indirect energy costs- investments and operating costs of pump and equipment (pump, engine and control panel) and its accompanying pipes and fittings.

In essence, the study is a recommendation to choose the correct modification of travelling gun sprinkler machine by assessing the energy costs and the type of gun sprinkler and its operating parameters in order to prevent irrigation-induced erosion at various terrain slopes.

The annuity for the investment cost (BGN/year) was calculated through the capital refund factor (Burt et al, 2000). The calculation of the energy costs is made for a single irrigated area for different travelling gun machine modifications with a variety of combinations to the nozzle sizes ($d_{ДА}$) and sprinkler pressure head ($H_{ДА}$). The transition to annual costs per unit area (BGN/ha.yr) is made by taking into account the size of the single irrigated area, i.e. taking into account the productivity of the machine. To consider the possibility of changing electricity and diesel fuel price rates different from the general rate of inflation (Keller and Bliesner, 1990) has been implemented.

The study has been done for two machine-positioning options: slope down of the terrain and slope up of the terrain. Five slope variations were chosen: 2,20%, 3,50%, 7,00%, 10,50%, 12,00% (Neshkova and Krasteva, 1990).

Restricted conditions are the produced modifications of the machines with the available PE pipe diameters (DN) and lengths (L_M); sprinkler models Synkro, Ranger, Explorer-SIME; rainfall drop size модела на дъждовалния апарат Synkro, Ranger, Explorer-SIME; едрината на дъжда (*k*); продължителността на поливането в денонощие; произвежданите помпени и моторопомпени агрегати, а също и наличните електродвигатели с технически им характеристики.

Изследването е извършено при нетна напоителна норма *M*= 1200 m^3/ha при две поливки на сезон с нетна поливна норма *m*= 600 m^3/ha, при десетдневен междуполивен период. Приета е продължителност на поливането в денонощие 16 h.

За целите на това изследване е избран случай на помпено водовземане от собствен водоизточник, сондаж. Разгледани са два варианта на помпено оборудване – помпа с електродвигател (ПА-ЕД) и помпа с дизелов двигател (ПА-ДД).

Данните за цените на машините, помпените агрегати, двигатели, табла за управление, тръби и арматури и други елементи на системата са получени от фирми-дистрибутори.

Разходът на електроенергия е изчислен при заложени средни стойности на КПД на електродвигателите марка Grundfos. Разходът на дизелово гориво е определен по налични източници от научни изследвания (Gadjalska et al., 2017; Bozhkov, 2001), каталожни данни и анкети със селскостопански производители.

В предишно изследване на Tashev and Filkov (2017) са определени оптималните дължини на тръбопроводите за различните модификации на лентовите машини, с различни варианти на дюзи и напори на дъждовалния апарат. Като основен критерии за избор на тези модификации са енергийните разходи.

- за модификация DN75 mm - Lм 220 m с дюза DN20 mm и напор на апарата Hда 5,0 bar;
- за модификация DN90 mm - Lм 220 m с дюза DN26 mm и Hда 4,5 bar;
- за модификация DN110 mm - Lм 300 m с дюза DN30 mm и Hда 5,5 bar;
- за модификация DN125 mm - Lм 400 m с дюза DN32 mm и Hда 5,5 bar;
- за модификация DN140 mm - Lм

(k); application time is set to 24 hours; available motor-driven aggregates, as well as available electric motors with their technical characteristics.

The study was carried out at a net irrigation rate of M = 1200 m^3/ha for two irrigations per season with a net water application rate of m = 600 m^3/ha with a 10-day period between irrigations. Water application time of 16 hours was accepted.

For the purposes of this study a case of water pumped water from own underground water source, was chosen. Two variants of pumping equipment are considered - a pump with an electric motor (P-EM) and a pump with a diesel engine (P-DE).

Price data for machines, pump units, engines, control panels, pipes and fittings and other system components are obtained from distributors.

The power consumption is calculated by setting the average efficiency of the Grundfos electric motors. The cost of diesel fuel is determined by available research sources (Gadjalska et al., 2017; Bozhkov, 2001), catalog data and surveys with agricultural producers.

In a previous study (Tashev and Filkov, 2017), the optimum PE pipe lengths are determined for various machine modifications with different combinations of nozzle sizes and sprinkler pressure head. As the criteria for choosing a modification of the machine, the energy costs were the main factor.

- Modification DN75 mm - Lм=220 m, nozzle size DN20 mm, sprinkler pressure head H= 5,0 bar;
- Modification DN90 mm - Lм=220 m, nozzle size DN26 mm, sprinkler pressure head H= 4,5 bar;
- Modification DN110 mm – Lм=300 m, nozzle size DN30 mm, sprinkler pressure head H= 5,5 bar;
- Modification DN125 mm – Lм=400 m, nozzle size DN32 mm, sprinkler pressure head H= 5,5 bar;
- Modification DN140 mm –

300 m с дюза DN36 mm и Нда 6,0 bar

За изброените модификации е извършен анализ на енергийните разходи при направена оценка на влиянието на наклона на терена върху тях.

Ограничителното условие по отношение на едрината на дъжда е *k*= 1700÷2600 – едър до фин дъжд (Lebedev, 1977). Не всички изследвани двойки стойности на напора на апарата и размера на дюзата отговарят на това условие, но оптималното решение е търсено само в посочения интервал на *k*.

Lм=300 m, nozzle size DN36 mm, sprinkler pressure head H= 6,0 bar

For these modifications, an energy cost analysis has been carried out with an impact assessment of the slope over them.

Restricting condition with respect to the size of the rain is k= 1700 ÷ 2600 - coarse to fine rain (Lebedev, 1977). Not all tested pairs of sprinkler pressure head and nozzle sizes meet this condition, but the optimal solution is only sought within the specified k interval.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

В настоящото изследване е разгледано влиянието на наклона на терена върху енергийните разходи на лентовите машини и ерозионната устойчивост на почвите при дъждуване.

За определяне на ерозионната устойчивост на почвите у нас е използвана седем степенна скала по ерозионната устойчивост на почвите дадена от В. Кръстева, която на базата на Q_{kpum}.- ерозионно-безопасен дебит, при който ерозията в края на поливната площадка е в границите на 20-25 kg/dka за една поливка при гравитачно напояване. Класовете земи са степенувани от много ниска (клас 1) до отлична (клас 7) ерозионна устойчивост, като приетият размах на отклонението е ± 2.5 l/min/бразда от Q_{kpum} (Krasteva et al., 1984).

За определяне параметрите на дъждовалната техника в зависимост от ерозионната устойчивост на почвите и наклона на терена са изследвани лентови дъждовални машини с различни модификации при три вида дъждовални апарати.

На Фигура1 е изведена в графичен вид зависимостта между допустимата моментна интензивност на дъжда и класа на ерозионна устойчивост на почвата при съответния наклон на терена.

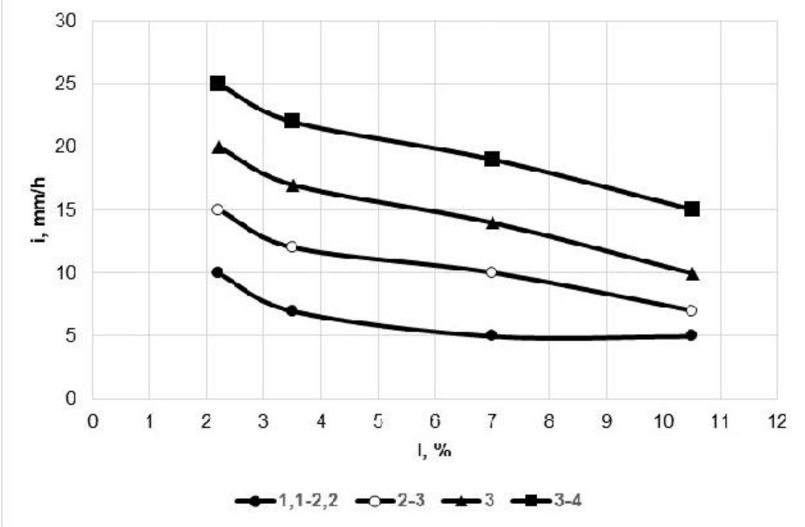
RESULTS AND DISCUSSION

This study examines the influence of the terrain slope on the energy costs of the traveling gun machines and the erosion resistance of the soils during irrigating.

In order to determine the soil erosion resistance, a seven-degree soil erosion resistance scale was used in Bulgaria by V. Krasteva, based on $Q_{critical}$ - erosion-safe flow, where the erosion at the end of the irrigation site is in the range of 20 -25 kg/dka for one furrow irrigation. Classes of land are graded from very low (class 1) to excellent (class 7) erosion resistance, with a tolerance range of ± 2.5 l/min/furrow from $Q_{critical}$ (Krasteva et al., 1984).

In order to determine the parameters of the irrigation technique, depending on the soil erosion resistance and the slope of the terrain, different travelling gun modifications were tested for three types of sprinkler gun.

Figure 1 shows the relationship between the permissible rain intensity and the soil erosion class of resistance at the respective slope of the terrain.

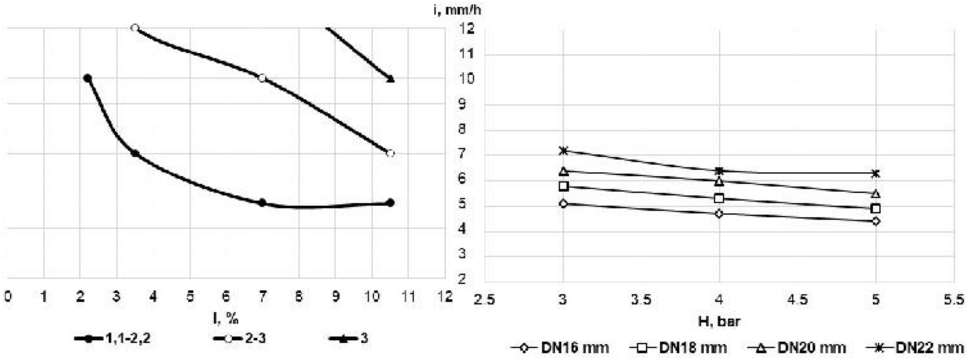


Фиг. 1. Клас ерозионна устойчивост на почвите
Fig. 1. Class of erosion resistance of soils

На Фигура 2 е дадена връзката между техническите параметри на дъждовалния апарат (ДА) Synkro-Sime и класа на ерозионна устойчивост на почвите даден на Фигура 1. Анализът на двете графики показва, че при работа с ДА Synkro-Sime при напори на апарата от 3 до 5 bar, дюзи с DN18, 20 и 22 mm и интензитет над 5 mm/h могат да се използват при почви с клас над 2-3 степен на ерозионна устойчивост. При дюза DN22 mm и напор от 3 bar и наклон на терена по-голям от 10%, допустимият клас на ерозионна устойчивост на почвата е над 3 степен. Дюза с DN16 mm трябва да се използва при почви с клас ерозионна устойчивост от 1,1-2,2 степен при всички напори и само при напор от 3 bar е допустимо прилагането й при почви с ерозионна устойчивост от 2-3 степен. При тази дюза интензитетът е равен на допустимият при наклони под 7%.

The connection between the technical parameters of the Synkro-Sime sprinkler and the erosion resistance class of the soils are given in Figure 2. The analysis of the two graphs shows that when working with Synkro-Sime sprinkler at a pressure of 3 to 5 bar, nozzles with DN18, 20 and 22 mm and intensity above 5 mm/h can be used in soils with a class above 2^{nd} - 3^{rd} degree of erosion resistance.

For nozzles DN22 mm and a head of 3 bar and a terrain slope of more than 10%, the tolerable soil erosion class is above 3^{rd} degrees. Nozzle DN16 mm should be used in soils with an erosion resistance class of 1.1^{st}-2.2^{nd} degrees at all pressures and only at a pressure of 3 bar is acceptable in soil with an erosion resistance of 2^{nd}-3^{rd} degree. With this nozzle, the intensity is equal to the allowable slope of less than 7%.



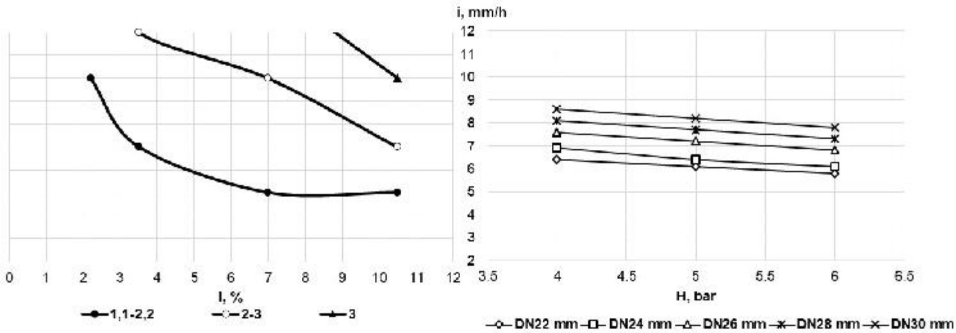
а) **б/b)**

Фиг. 2. а) Клас ерозионна устойчивост на почвите б) Характеристика на дъждовален апарат Synkro-Sime при различни диаметри на дюзите

Fig. 2. a) Class of erosion resistance of soils b) Performance characteristics Synkro-Sime sprinkler with different nozzle diameters

На Фигура 3 е дадена връзката между техническите параметри на ДА Ranger- Sime и класа на ерозионна устойчивост на почвите. Анализът на двете графики показва, че при напор от 4 до 6 bar може да бъде използван апарат с дюзи DN22 mm и DN24 mm при почви с клас на ерозионна устойчивост над 2-3 степен, както и дюза DN26 mm при наклон на терена над 6%. При наклони до 6% същата дюза може да се използва само при почви с клас на ерозионна устойчивост над 3 степен. Останалите дюзи, с които се куплира апарата DN22 mm и DN24 mm могат да се използват само при почви с клас на ерозионна устойчивост над 3 степен, напор на апарата от 4-6 bar и интензитети между 7-10 mm/h при наклон на терена над 8%.

In Figure 3 the relationship between the technical parameters of the Ranger-Sime sprinkler and the erosion resistance class of the soils is given. The analysis of the two graphs shows that at a head of 4 to 6 bar and nozzle DN22 mm and DN24 mm can be used in soil with an erosion resistance class above 2nd-3rd degree, as well as a nozzle DN26 mm with a slope of terrain above 6%. For slopes up to 6%, the same nozzle can only be used in soils with an erosion resistance class above 3rd degree. The remaining nozzles DN22 mm and DN24 mm can be used only in soils with an erosion resistance class above 3 degree, a head of the sprinkler of 4-6 bar and intensities between 7-10 mm/h at a slope of the terrain above 8%.

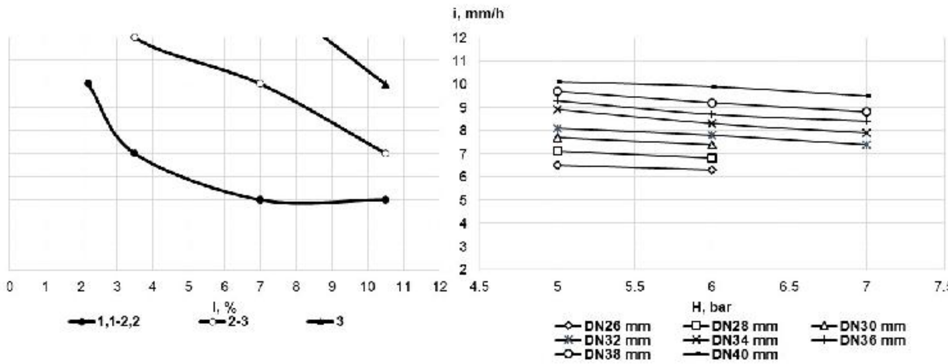


а) **б/b)**

Фиг. 3. а) Клас ерозионна устойчивост на почвите; б) Характеристика на дъждовален апарат Ranger-Sime при различни диаметри на дюзите
Fig. 3. a) Class of erosion resistance of soils; b) Performance characteristics of Ranger-Sime sprinkler with different nozzle diameters

На Фигура 4 е дадена връзката между техническите параметри на ДА Explorer- Sime и класа на ерозионна устойчивост на почвите. Анализът на двете графики показва, че при напор от 4 до 5 bar може да бъде използван апарат с дюзи DN26 mm и DN28 mm при почви с клас на ерозионна устойчивост над 2-3 степен при наклон на терена над 4%. При наклони до 6% същата дюза може да се използва само при почви с клас на ерозионна устойчивост над 3 степен. Останалите дюзи от DN30 mm до DN40 mm могат да се използват само при почви с клас на ерозионна устойчивост над 3 степен и напор на апарата от 5-7 bar и интензитети между 7-10 mm/h при наклон на терена над 7%.

In Figure 4 the relationship between the technical parameters of the Explorer-Sime sprinkler and the class of erosion resistance of the soil is given. The analysis of the two graphs shows that a pressure of 4 to 5 bar can be used with nozzles DN26 mm and DN28 mm in soils with an erosion resistance class above 2^{nd}-3^{rd} degree with a slope above 4%. For slopes up to 6%, the same nozzle can only be used in soils with an erosion resistance class above 3^{rd} degree. The remaining nozzles DN30 to DN40 mm can only be used in soils with an erosion resistance class above 3^{rd} degree and a head of the apparatus of 5-7 bar and intensities between 7-10 mm/h with a slope of the terrain above 7% .



а) б/b)

Фиг. 4. а) Клас ерозионна устойчивост на почвите; б) Характеристика на дъждовален апарат Explorer-Sime при различни диаметри на дюзите

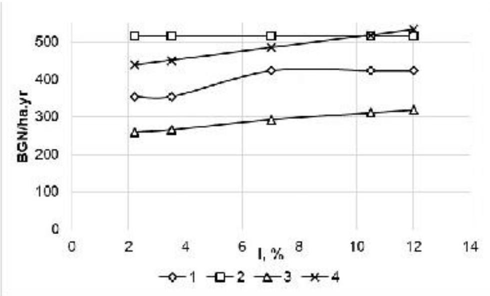
Fig. 4. a) Class of erosion resistance of soils; b) Performance characteristics of Explorer-Sime sprinkler with different nozzle diameters

На Фигури 5-14 са показани преките и косвените енергийни разходи за лентовите дъждовални машини с диаметри от DN75 mm до DN140 mm и дължини от Lм 220 m до Lм 400 m. Разгледани са вариантите на позициониране на машините по наклона и срещу наклона на терена. От графиките се вижда, че е важно да се отчете наклона и позиционирането на машината спрямо него. За гранични наклони на терена са приети 2,2% до 10,5%.

От Фигура 5 се вижда, че за модификация DN75 mm - L_M=220 m разходите за електроенергия при напояване срещу наклона на терена, се увеличават от 259 BGN/ha.yr. до 312 BGN/ha.yr. или с 20%, докато при командно положение на машината и напояване по наклона на терена, разходът за електроенергия намалява също с 20% или от 237 BGN/ha.yr. до 190 BGN/ha.yr. При използването на енергоизточник дизелово гориво, наблюдаваме покачване на разходите от 439 BGN/ha.yr до 519 BGN/ha.yr или с 18% срещу наклона на терена и намаление от 396 BGN/ha.yr до 316 BGN/ha.yr или с 20 % при работа по наклона на терена.

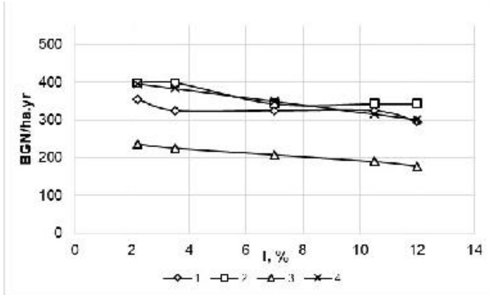
Figures 5-14 show the direct and indirect energy costs for travelling gun irrigation machines with PE pipe diameters ranging from DN75 to DN140 and lengths from L_M=220 m to L_M=400 m. The options of positioning the machine on the terrain slope up and slope down are examined. It is clear from the graphs that it is important to account for the slope and positioning of the machine relative to it. The boundary slopes of the terrain are accepted from 2.2% to 10.5%.

From Figure 5 it is seen that for the modification DN75 mm - Lм= 220 the electricity costs for irrigation against the slope of the terrain increase from 259 BGN/ha.yr. to 312 BGN/ha.yr. or by 20%, while irrigating down the slope of the terrain, the electricity consumption decreases by 20% or by 237 BGN/ha.yr. up to 190 BGN/ha.yr. With the use of diesel fuel, we see an increase in costs from 439 BGN/ha.yr to 519 BGN/ha.yr or by 18% against the slope of the terrain and a decrease from 396 BGN/ha.yr to 316 BGN/ha.yr or with 20% when operating down the slope of the terrain.



Фиг. 5. Енергийни разходи срещу наклона на терена при ЛДМ с DN75 mm и Lм 220 m

Fig. 5. Energy costs, slope up for machine with DN75 mm and Lm 220 m

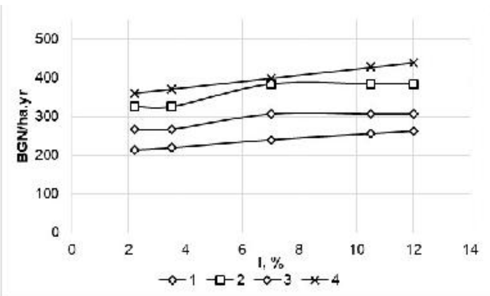


Фиг. 6. Енергийни разходи по наклона на терена при ЛДМ с DN75 mm и Lм 220 m

Fig. 6. Energy costs, slope down for machine with DN75 mm and Lm 220 m

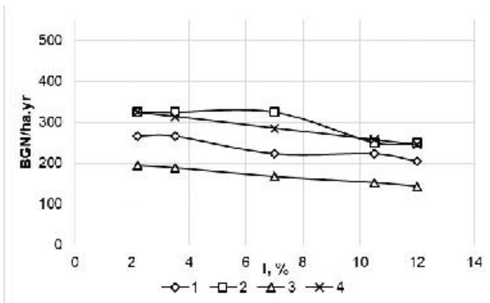
Разходи за: 1- Помпа и електродвигател; 2- Помпа и дизелов двигател; 3-Електроенергия; 4- Дизел

Costs for: 1- Pump with electric engine; 2- Pump with diesel engine; 3-Electricity; 4-Diesel fuel



Фиг. 7. Енергийни разходи срещу наклона на терена при ЛДМ с DN90 mm и Lм 220 m

Fig. 7. Energy costs, slope up for machine with DN90 mm and Lm 220 m

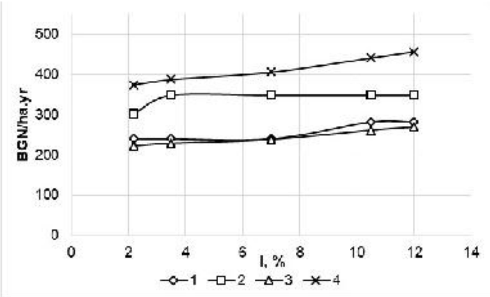


Фиг. 8. Енергийни разходи по наклона на терена при ЛДМ с DN90 mm и Lм 220 m

Fig. 8. Energy costs, slope down for machine with DN90 mm and Lm 220 m

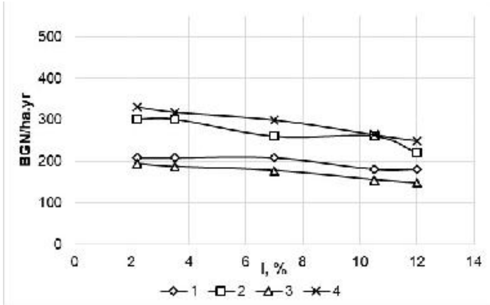
Разходи за: 1- Помпа и електродвигател; 2- Помпа и дизелов двигател; 3-Електроенергия; 4- Дизел

Costs for: 1- Pump with electric engine; 2- Pump with diesel engine; 3-Electricity; 4-Diesel fuel



Фиг. 9. Енергийни разходи срещу наклона на терена при ЛДМ с DN110 mm и Lм 300 m

Fig. 9. Energy costs, slope up for machine with DN110 mm and Lm 300 m

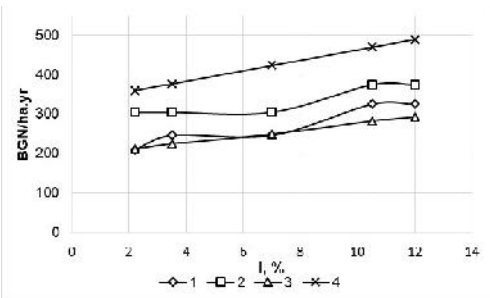


Фиг. 10. Енергийни разходи по наклона на терена при ЛДМ с DN110 mm и Lм 300 m

Fig. 10. Energy costs, slope down for machine with DN110 mm and Lm 300 m

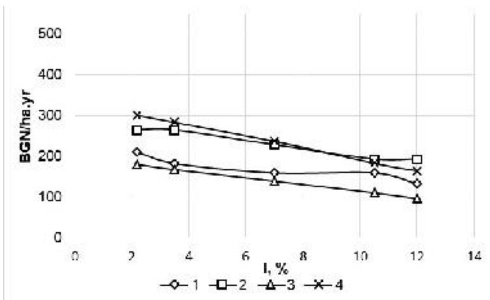
Разходи за: 1- Помпа и електродвигател; 2- Помпа и дизелов двигател; 3- Електроенергия; 4- Дизел

Costs for: 1- Pump with electric engine; 2- Pump with diesel engine; 3-Electricity; 4- Diesel fuel



Фиг. 11. Енергийни разходи срещу наклона на терена при ЛДМ с DN125 mm и Lм 400 m

Fig. 11. Energy costs, slope up for machine with DN125 mm and Lm 400 m

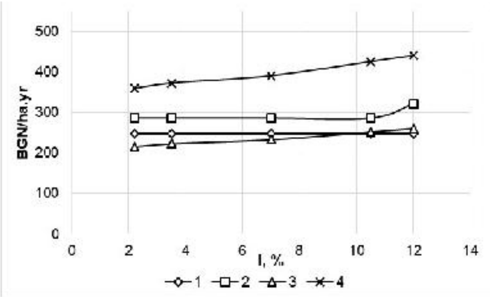


Фиг. 12. Енергийни разходи по наклона на терена при ЛДМ с DN125 mm и Lм 400 m

Fig. 12. Energy costs, slope down for machine with DN125 mm and Lm 400 m

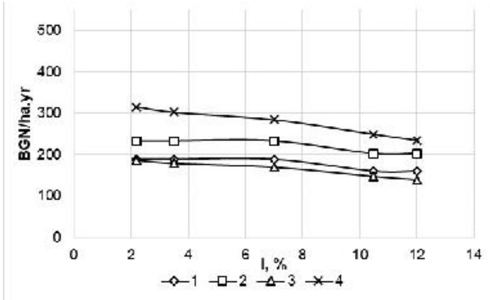
Разходи за: 1- Помпа и електродвигател; 2- Помпа и дизелов двигател; 3- Електроенергия; 4- Дизел

Costs for: 1- Pump with electric engine; 2- Pump with diesel engine; 3-Electricity; 4- Diesel fuel



Фиг. 13. Енергийни разходи срещу наклона на терена при ЛДМ с DN140 mm и Lм 300 m

Fig. 13. Energy costs, slope up for machine with DN140 mm and Lm 300 m



Фиг. 14. Енергийни разходи по наклона на терена при ЛДМ с DN140 mm и Lм 300 m

Fig. 14. Energy costs, slope down for machine with DN140 mm and Lm 300 m

Разходи за: 1- Помпа и електродвигател; 2- Помпа и дизелов двигател; 3-Електроенергия; 4- Дизел

Costs for: 1- Pump with electric engine; 2- Pump with diesel engine; 3-Electricity; 4-Diesel fuel

Капиталовложенията за помпено оборудване – помпа и електродвигател, при работа на машината срещу наклона на терена наблюдаваме, че разходът се увеличава от 355 BGN/ha.yr до 424 BGN/ha.yr или с 19%, а по наклона на терена себестойността на помпения агрегат и електродвигателя намаляват от 355 BGN/ha.yr до 325 BGN/ha.yr или с 8%. При помпено оборудване – помпа и дизелов двигател, при работа срещу наклона, разходът е 517 BGN/ha.yr и не се изменя, а по наклона на терена разходът намаляват от 396 BGN/ha.yr до 316 BGN/ha.yr или с 20%. Аналогични са получените резултатите от изследването и при другите модификации, дадени в Таблица 1.

Увеличението на разхода за помпено оборудване при напояване срещу наклона на терена се дължи на избора на помпата и нейният работен диапазон, когато не успее да покрие необходимия напор избираме следващата помпа с подходяща работна характеристика, в която попада необходимия ни напор. В случая когато разхода за помпено оборудване не се изменя с увеличаването

The cost for pumping equipment (electric pump and engine), when operating the machine against the slope of the terrain, shows that the cost increases from 355 BGN/ha.yr to 424 BGN/ha.yr or with 19%. When operating the machine down the slope of the terrain the cost of the pump and electric motor are reduced from 355 BGN/ha.yr to 325 BGN/ha.yr or by 8%. For pumping equipment – pump and diesel engine, when operating against the slope, the cost is 517 BGN/ha.yr and does not change and when operating down the slope of the terrain the cost decreases from 396 BGN/ha.yr to 316 BGN/ha.yr or with 20%. The results for the other modifications are similar and given in Table 1.

The increasing of the cost of pumping equipment for irrigating against the slope is due to the choice of the pump and its working range, when it cannot cover the required pressure head; we select the next pump with a suitable operating characteristic in which the necessary pressure head is reached. In the case where the pump equipment cost на наклона се дължи на това, че за избраната помпа увеличаването на напора се покрива от нейната работна характеристика и не е необходимо преминаване към друга помпа.

does not change, it is because the selected pump covers the increase of the head on its operating characteristic and there is no need to switch to a different pump model.

Таблица 1. Определяне на енергийните разходи (косвени и преки) при наклон на терена 2,2% и 10,5%

Table 1. Determination of energy cost (pump equipment and energy consumption cost) for slope of 2,2% and 10,5%

		Срещу наклона			По наклона		
		Against the slope			Down the slope		
DN75 mm - $L_м$=220	**Slope:**	**2.20%**	**10.50%**		**2.20%**	**10.50%**	
ПА-ЕД, Electric pump and engine	BGN/ha.yr	355	424	19%	355	325	-8%
ПА-ДД, Pump with diesel engine	BGN/ha.yr	517	517	0%	399	343	-14%
Електроенергия, Electricity	BGN/ha.yr	259	312	20%	237	190	-20%
Дизел, Diesel fuel	BGN/ha.yr	439	519	18%	396	316	-20%
DN90 mm - $L_м$=220							
ПА-ЕД, Electric pump and engine	BGN/ha.yr	267	307	15%	267	223	-16%
ПА-ДД, Pump with diesel engine	BGN/ha.yr	325	384	18%	325	251	-23%
Електроенергия, Electricity	BGN/ha.yr	214	255	19%	195	153	-21%
Дизел, Diesel fuel	BGN/ha.yr	360	427	19%	324	257	-21%
DN110 mm - $L_м$=300							
ПА-ЕД, Electric pump and engine	BGN/ha.yr	240	282	17%	208	181	-13%
ПА-ДД, Pump with diesel engine	BGN/ha.yr	302	348	15%	302	261	-13%
Електроенергия, Electricity	BGN/ha.yr	222	262	18%	194	156	-20%
Дизел, Diesel fuel	BGN/ha.yr	374	441	18%	330	264	-20%
DN125 mm - $L_м$=400							
ПА-ЕД, Electric pump and engine	BGN/ha.yr	210	326	55%	210	159	-24%
ПА-ДД, Pump with diesel engine	BGN/ha.yr	305	375	23%	265	193	-27%
Електроенергия, Electricity	BGN/ha.yr	211	283	34%	180	111	-38%
Дизел, Diesel fuel	BGN/ha.yr	360	470	30%	301	183	-39%
DN140 mm - $L_м$=300							
ПА-ЕД, Electric pump and engine	BGN/ha.yr	249	249	0%	188	160	-15%
ПА-ДД, Pump with diesel engine	BGN/ha.yr	286	286	0%	233	202	-13%
Електроенергия, Electricity	BGN/ha.yr	216	251	16%	186	147	-21%
Дизел, Diesel fuel	BGN/ha.yr	359	425	18%	315	249	-21%

От показаните графики на Фигури 5-14 се вижда, определена зависимост на нарастване на разходите за електроенергия при напояване срещу наклона на терена при модификациите с диаметър от DN75 mm до DN140 mm. Това нарастване е в диапазон от 16 до 20% и само при модификация DN125 mm този процент е 34%, което се дължи на по-голямата дължина на тръбопровода. При модификация DN75 mm дължината

From the graphs shown in Figures 5-14 we can see that there is a certain dependence of the increase in the cost of electricity for irrigation against the slope of the terrain. The increase is in the range of 16 to 20% for modifications with diameter DN75 mm up to DN140 mm and only with modification DN125 mm this percentage is 34% which is caused by the bigger PE pipe length. The length of the PE pipe for modification DN75 is 220 на тръбопровода е 220 m а при DN125 mm е 400 m или почти двойно по-голяма дължина, което води до достигане до по-голяма денивелация на терена и така необходимата геодезична височина за преодоляване нараства и е необходима повече енергия за създаване на необходимия напор.

При работа на машината на командно положение и напояване по наклона на терена, разходът на електроенергия намалява при модификациите с диаметър от DN75 mm до DN140 mm в диапазона от 20 до 21% а при модификация DN125 mm този процент е 38%, което се дължи на по-голямата дължина на тръбопровод, което е предпоставка за по-голяма геодезичната денивелация, която създава по-голям естествен напор и намалява необходимата енергия за създаване на напор.

При използването на енергоизточник дизелово гориво, наблюдаваме също определена зависимост на нарастване на разходите при напояване срещу наклона на терена при модификациите с диаметър от DN75mm до DN140 mm в диапазона от 18-19%. При модификация DN125 mm този процент е 30%, което се дължи както при електроенергията на по-голямата дължина на тръбопровода и по-голямата денивелация.

При работа на машината на командно положение и напояване по наклона на терена, разходът на дизелово гориво намалява при модификациите с диаметър от DN75mm до DN 140 mm в диапазона от 20 до 21% а при модификация DN125 mm този процент е 39%.

Разходите за помпено оборудване -помпа и електродвигател при работа на машината срещу наклона на терена също нарастват от 15 до 19 % при различните модификации. И тук изключение прави модификацията DN125 при която увеличението на разходите е с 55 %. При работа на машината по наклона разходите при тази модификация намаляват с 24%, докато при другите модификации този процент е от 8 до 16%.

При помпено оборудване – помпа и дизелов двигател при работа на

m and for modification DN125 mm is 400 m or nearly twice the length, resulting in a higher difference of terrain height and the height to overcome increases and more energy is needed to create the pressure.

When operating the machine slope down on the terrain, electricity consumption decreases in the case of modifications with a diameter of DN75mm to DN140mm in the range of 20 to 21% and only for modification DN125 mm this percentage is 38% due to the longer PE pipe length and the bigger terrain height difference reduces the necessary pressure thus less energy is needed.

In the case of using diesel fuel, we also see a certain dependence on the increase in the cost of irrigation against the terrain slope for modifications with diameter DN75mm to DN140 mm the increase is in the range of 18-19%. For DN125 this percentage is 30%, which is due to both the electricity of the larger PE pipe length and the greater height difference.

When operating the machine slope down on the terrain, the consumption of diesel fuel decreases in the case of modifications with a diameter of DN75mm to DN140mm in the range of 20 to 21% and for DN125mm this percentage is 39%.

The cost of pumping equipment - a pump and an electric motor when operating the machine against the slope also increases from 15 to 19% in the various modifications. Here, the exception is made by the modification DN125, where the cost increase is 55%. When operating the machine down the slope the cost of this modification is reduced by 24%, while in other modifications this percentage is from 8 to 16%.

For pumping equipment – a pump and a diesel engine when operating the машината срещу наклона на терена разходите нарастват от 18 до 23 % при различните модификации., а за някои са 0, което означава, че помпата се запазва същата. За модификация DN125 увеличението на разходите е с 30 %. При работа на машината по наклона разходите при тази модификация намаляват с 39%, докато при другите модификации този процент е от 8 до 16%.

Тези резултати показва, че използването на командно положение на терена, ако е възможно, може да позволи използването на по-малка помпа и двигател, както и да намали експлоатационните разходи за енергия, но е възможно да спомогне ерозирането на почвата и отмиването на хумуса на долу по терена. Напояването странично на наклона е препоръчително, но за рамките на изследването са взети предвид по-големите наклони възможни.

machine against the slope, the cost increases from 18 to 23% for the different modifications, and for some it is 0, which means that the pump is kept the same. For DN125 modification, the cost increases by 30%. When operating the machine down the slope, the cost of this modification is reduced by 39%, while for other modifications this percentage is from 8 to 16%.

These results indicate that the use of the terrain's slope, if possible, could allow the use of a smaller pump and engine, as well as reduce the operating cost of energy. However, it can help soil erosion development and humus displacement down the terrain. Irrigation sideways on the slope is recommended. However, the scope of the study has taken into account the larger slopes possible.

ИЗВОДИ

1. При избор на лентова дъждовална машина в планински условия при стръмни терени е от първостепенно значение да се отчете наклона на терена, позиционирането на машината спрямо него и ерозионната устойчивост на почвата. Това ще спомогне за оценка на въздействието, което техниката оказва върху почвата и предпазването ú от иригационна ерозия. Ще позволи също да бъдат определени и оптималните разходи необходими за извършване на една поливка.

2. Анализът на въздействието на дъждовалните апарати върху почвата показва, че дъждовалният апарат Synkro с машини модификация DN75 mm – Lм=220 m, трябва да се използва само при почви клас на ерозионна устойчивост над 2-3 степен, а дъждовален апарат Explorer с машини модификация DN140 mm – Lм=300 m, трябва да се използва при почви с клас на ерозионна устойчивост над 3 степен.

3. При сравняване на различните модификации лентови дъждо-

CONCLUSIONS

1. When selecting a travelling gun machine in mountainous conditions on steep terrain, it is of paramount importance to take into account the slope of the terrain, the positioning of the machine and the erosion resistance of the soil. This will help to estimate the impact of the technique on the soil and prevent it from irrigation-induced erosion. It also allows to be determined the optimal costs necessary for one irrigation rate.

2. The analysis of the impact of the sprinkler on the soil shows that the Synkro sprinkler with machine modification DN75 mm – Lm=220 m should be used only for soils with a class of erosion resistance above 2^{nd}-3^{rd} degree. For the Explorer sprinkler with machine modification DN140 mm – Lm=300 m should be used for soils with a class of erosion resistance above 3^{rd} degree.

3. When comparing the various modifications of travelling gun

вални машини дадени на Фигура от 5 до 14 с техните енергийни разходи, необходими за преодоляване на наклона на терена се вижда, че с увеличаване на диаметъра разходите намаляват. При машини с диаметър DN75 mm те са най-високи, а при машини с диаметър DN140 mm са най-ниски.

4. Същата зависимост се наблюдава и при работа на машините по наклона на терена. При по-малък диаметър на тръбопровода DN75mm разходите са най-високи, като намаляват с увеличаване на диаметъра.

5. Оптимален вариант се явява при използването на машина с модификация DN110 mm – Lм=300 m, която работи с дъждовален апарат Ranger, при нея разходи за енергия са по- ниски и рискът от водна ерозия на почвата е по- малък от модификациите с диаметри DN75 mm и DN90 mm.

machine, shown in figures from 5 to 14 with their energy costs, needed to overcome the slope of the terrain, comes out that with increasing the diameter, the costs decrease. For machines with DN75 mm diameter, they are the highest, and for machines with DN140 mm diameter, they are the lowest.

4. The same dependence is also observed when machines work on the slope of the terrain. With a smaller DN75 mm pipe diameter, the costs are the highest and decrease, when the diameter increases.

5. The optimal variant is to use a machine modification DN110 mm – Lm=300 m, which works with a Ranger sprinkler. Energy costs are less for this modification than for modifications with diameters DN75 mm and DN90 mm and the risk of water erosion of the soil is lower.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Bozhkov, S.**, 2001. Fuel consumption of engine, tractor and tractor/implement combination. *Selskostopanska technika*, №6, 28-32 (Bg).

2. **Burt, C., A., J. Clemmens, R. Bliesner, J. L. Merriam and L. Hardy**, 2000. Selection of Irrigation Methods for Agriculture. ASCE, Reston, Virginia, USA.

3. **Gadjalska, N. and V. Slavov**, 1994. Using travelling gun sprinklers on sloping lands. 17 European Regional Conference of Irrigation and Drainage, vol. 2, 16-22 May 1994, Varna, Bulgaria (Bg).

4. **Gadjalska, N., S. Bozhkov and I. Mortev**, 2017. Assessment of Operational costs for Irrigation of Agricultural Crops with Travelling Gun Sprinklers. In: Scientific proceedings II International Scientific Conference "Conserving Soils and Water", year I, pp. 34-38 (Bg).

5. **Keller, J. and R.D. Bliesner***,* 1990. Sprinkler and Trickle Irrigation. Van Nostrand Reinhold Publishing, New York, pp. 427-582.

6. **Kostiyakov, A.**, 1960. Fundamentals of land reclamation. Selskohozyaistvennoi literature, Moscow (Ru).

7. **Krasteva, V. et al.**, 1984. Application of anti-erosion norms in irrigation field design. *V pomosht na vodnoto stopanstvo*, Col.3, 5-10 (Bg).

8. **Lebedev, B.**, 1977. Irrigation machines. Mashinistroenie, Moscow (Ru).

9. MoEW, 2013. National Report on the Environment in Bulgaria (Bg).

10. **Neshkova, M. and V. Krasteva**, 1990. Implementation of anti-erosion norms in the design of irrigation fields. *V pomosht na tehnicheskiya progress vav vodnoto stopanstvo*, book 3 (Bg).

11. **Tashev, T. and P. Filkov**, 2017. Optimal Hose Length Determination for Some Sizes of Hose-Reel Irrigation Machines. Mezhdunarodna yubileina nauchna conferentsia „75 godini UASG“, 01-03.11.17, UASG-Sofia (Bg).