

ЎЗБЕКИСТОН RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI
АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

**ЎЗБЕКИСТОН
БИОЛОГИYA
ЖУРНАЛИ**

2

2020

**УЗБЕКСКИЙ
БИОЛОГИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ**

Издается с января 1957 г. по 6 номеров в год

ТАШКЕНТ – 2020

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Р.З. САБИРОВ (главный редактор)
И.У. АТАБЕКОВ (ответственный секретарь)
А.А. АБДУКАРИМОВ
Дж.А. АЗИМОВ
Т.Ф. АРИПОВ
М.И. МАВЛОНИЙ
И.М. МИРАБДУЛЛАЕВ
В.П. ПЕЧЕНИЦЫН
Т.С. СААТОВ
Дж. С. САТТАРОВ
П.Б. УСМАНОВ

Адрес редакции:
100047, Ташкент, ул. Я. Гулямова, 70.

Телефон (71) 232-11-81

На обложке:
Чўл тошбақаси
Среднеазиатская черепаха
Testudo horsfieldii, Gray, 1844

Журнал зарегистрирован Агентством по печати и информации Республики Узбекистан 22.12.2006
Регистрационный номер 0052.

БИОХИМИЯ И БИОФИЗИКА

YUSUPOVA U.YU., RAMAZONOV N.SH., YULDASHEVA N., SYROV V.N.

THE STUDY OF THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF THE SUM OF PHYTOECDYSTEROIDS ISOLATED FROM THE PLANT *SILENE TOMENTELLA*

yusupovauyu@gmail.com

Институт химии растительных веществ АН РУз

Юсупова Ў.Ю., Рамазонов Н.Ш., Сыров В.Н., Юлдашева Н.

SILENE TOMENTELLA ЎСИМЛИГИДАН АЖРАТИБ ОЛИНГАН ФИТОЭКДИСТЕРОИДЛАР ЙИҒИНДИСИНИНГ БИОЛОГИК ФАОЛЛИГИНИ ЎРГАНИШ

Фитоэктистероидлар: томентестерон А (1), томентестерон В (2), витикостерон Е (3), 2-дезоксид- α -эктидзон (4), полиподин В (5), 20-гидроксиэктидзон (6), интегристерон А (7), силенеозид D (8), 2,3,20,22-диацетонид 20-гидроксиэктидзон (9) ва циастерон (10) лар *Silene tomentella* дан ажратилган. Фармокологик тажрибалар шуни кўрсатдики, фитоэктистероидларнинг йиғиндиси маълум гипогликемик таъсирига эришган. Фитоэктистероидлар таъсирида қондаги шаккар миқдори 17,6% га камайган.

Калим сўзлар: фитоэктистероидлар, *Silene tomentella*, гипогликемик фаоллик, маннинил, аллоксан

Юсупова У.Ю., Рамазонов Н.Ш., Сыров В.Н., Юлдашева Н.

ИЗУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СУММЫ ФИТОЭКДИСТЕРОИДОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ РАСТЕНИЯ *SILENE TOMENTELLA*

Фитоэктистероиды: томентестерон А (1), томентестерон В (2), витикостерон Е (3), 2-дезоксид- α -эктидзон (4), полиподин В (5), 20-гидроксиэктидзон (6), интегристерон А (7), силенеозид D (8), 2,3,20,22-диацетонид 20-гидроксиэктидзон (9) и циастерон (10) выделенные из *Silene tomentella*. Проведенные фармакологические эксперименты показали, что сумма фитоэктистероидов, приводит к определенному гипогликемическому эффекту. Под действием фитоэктистероидов сахар крови снизился на 17,6%.

Ключевые слова: фитоэктистероиды, *Silene tomentella*, гипогликемическая активность, маннинил, аллоксан

Yusupova U.Yu., Ramazonov N.Sh., Syrov V.N., Yuldasheva N.

THE STUDY OF THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF THE SUM OF PHYTOECDYSTEROIDS ISOLATED FROM THE PLANT *SILENE TOMENTELLA*

Phytoecdysteroids tomentesterone A(1), tomentesterone B(2), viticosterone E(3), 2-deoxy- α -ecdysone(4), poly-podine B(5), 20-hydroxyecdysone(6), integristerone A(7), sileneoside D(8), 2,3,20,22-diacetonide 20-hydroxyecdysone(9), and cyasterone(10) were isolated from *Silene tomentella*. The pharmacological experiments showed that the SPE leads to a certain reliable hypoglycemic effect. Under the influence of phytoecdysteroids, blood sugar decreased by 17.6%.

Key words: phytoecdysteroids, *Silene tomentella*, hypoglycemic activity, alloxan, manninil.

Introduction

Plants are used worldwide in medicine and agriculture. Novel drugs are developed through research of plants [1]. *Silene*, a genus of *Caryophyllaceae* family, contains more than 700 species of annuals, biennials, and perennials, which are mainly distributed in temperate zones of the Northern Hemisphere of Eurasia, America, and Africa. Nowadays, more than 450 compounds have been isolated, mainly phytoecdysteroids (PE). *Caryophyllaceae* revealed the largest number of ecdysteroid-containing species belonging to the genera *Silene* [2]. The distribution of poly-podine B, 20-hydroxyecdysone, integristerone A, rubrosterone, subdecydysone C, 20-hydroxyecdysone 22-acetate, 2-deoxy- α -ecdysone, poststerone, sidisterone, tachis-

terone, viticosterone in the aerial organs of the representatives of the *Silene* genus (*Caryophyllaceae*) was investigated [3].

Phytoecdysteroids are currently considered as effective stimulants of protein synthesis in the body of higher animals and humans, some of which are only slightly inferior to steroid drugs in their anabolic effects [4].

It has been found that ecdysteroids exhibit various types of biological activity. They have a tonic, anabolic, hypoglycemic, hepatoprotective, adaptogenic effects, increase appetite, and stimulate central nervous system function (Slama and Lafont, 1995). *Caryophyllaceae* revealed the largest number of ecdysteroid-containing species belonging to the *Silene* genera [2]

Earlier, several ecdysteroids were isolated from the aerial part of *S. tomentella*: tomentesterone A, tomentesterone B, integristerone A [5,6,7]. Considering the available data on the positive effect of PE on carbohydrate metabolism [8], in the present work the possible hypoglycemic activities of the sum of phytoecdysteroids from *S. tomentella* were first analyzed. Besides, the chemical compound of butanol extract was studied.

Materials and Methods

Plant material

Silene tomentella plant was collected in 2018 in the mountains of Kulzhuktau, Bukhara region of the Republic of Uzbekistan during the growing season under the supervision of Dr. A.M. Nigmatullaev. An authenticated voucher sample (Speech No. 1812) of this plant species is stored in a herbarium (Institute of the Chemistry of Plants substances).

Experimental animals

This study was performed using male rats with body weight of 170-190 g. Rats were kept in one polyacrylic cage and all the rats were quarantined for 1 week before the experiments. All animals housed under standard controlled conditions with temperature at $24 \pm 2^\circ\text{C}$, humidity of $50\% \pm 5\%$ and 12 h light/dark cycle with free access to food (standard commercial rat chow) and water, and received care according to European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and Other Scientific Purposes (Strasbourg, 1986).

Extraction and isolation

The dried and ground aerial part of *S. tomentella* (1.0 kg) was extracted four times with methanol (MeOH) (4×6 L) at room temperature exhaustion (no considerable yield was further obtained), i.e. the extraction was carried out four times, using 6 L of neat methanol each. The solvent was evaporated at 40°C using a rotary vacuum evaporator (Heidolph Instruments GmbH & CO. KG, Germany). The extract was concentrated and diluted with an equal volume of water. The aqueous portion was sequentially extracted with chloroform and ethyl acetate. After evaporation of the solvents in vacuum, an ethyl acetate fraction was obtained.

The ethyl acetate fraction was evaporated on a rotary evaporator. The residue was obtained as a thick gummy mass (20 g). Ethyl acetate mass separation on individual components by chromatography on a silica gel column (12: 1) eluted with chloroform-methanol systems (100: 1, 50: 1, 30: 1, 20: 1, 15: 1, 9: 1, 4: 1) gave polypodine B(5) (18mg), 2,3,20,22-diacetonide 20-hydroxyecdysone(9) (8.8mg), and cyasterone(10) (7.4mg).

Re-chromatography of a fraction representing a mixture of four ecdysteroids on a silica gel column eluting with the chloroform-methanol system (20: 1, 15: 1, 10: 1, 9: 1, 4: 1) gave tomentesterone A(1) (8mg) and tomentesterone B(2) (6.2mg), viticosterone E(3) (4.5mg), 2-deoxy- α -ecdysone (4) (6.5mg), 20-hydroxyecdysone (6) (20mg), integristerone A(7) (5.3mg), and sileneoside D(8) (7.1mg).

Results and discussion

Chemical composition of buthanol extracts

Investigation of *S. tomentella* plant allowed to isolate and identify its main ecdysteroids, such as tomentesterone A(1) (8mg), tomentesterone B(2) (6.2mg), viticosterone E(3) (4.5mg), 2-deoxy- α -ecdysone(4) (6.5mg), 20-hydroxyecdysone(5) (20mg), integristerone A(6) (5.3mg), sileneoside D(7) (7.1mg) [5,6], cyasterone(8) (7.4mg), polypodine B(9) (18mg), and 2,3,20,22-diacetonide 20-hydroxyecdysone(10) (8.8mg) [10]. The structures of phytoecdysteroids are shown below, i.e., their names (Figure 1).

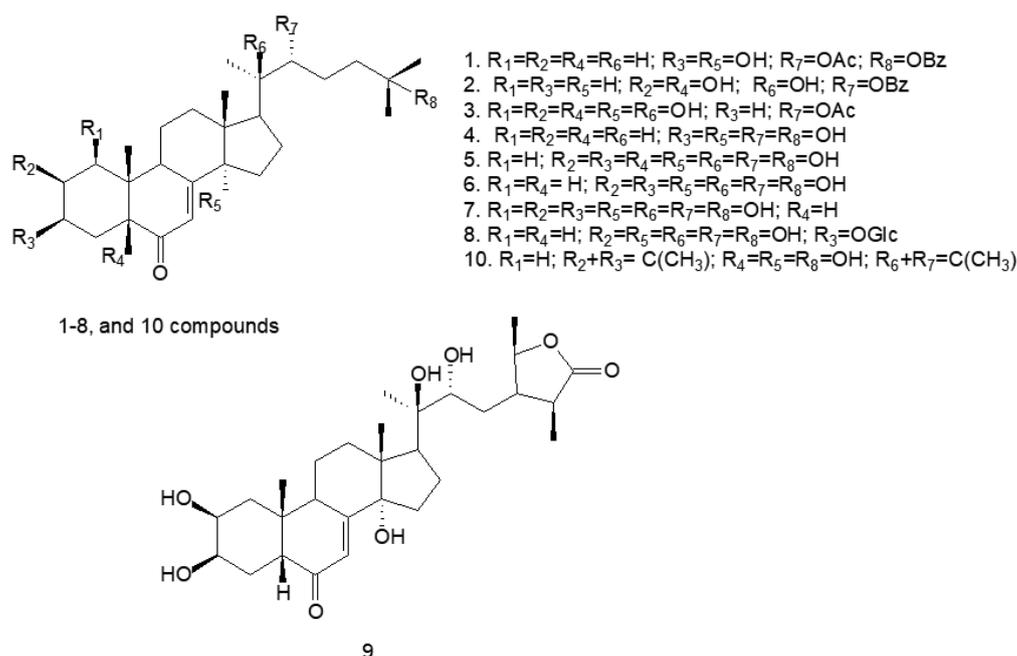


Fig. 1. Chemical structures of phytoecdysteroids isolated from *S. tomentella*.

The isolated individual compounds have been identified on the basis of the 1H , ^{13}C NMR and TLC, as well as by comparison with reference compounds (see supplementary information). Table 1 provides the physicochemical data for the individual substances and yield from *S. tomentella*. The NMR 1H and ^{13}C spectra were recorded by VN MRS-400 (Varian) NMR-spectrometer with an operating frequency of 400 MHz.

Table 1

Physical and chemical properties of phytoecdysteroids isolated from *S. tomentella*

Compound No.	Compound name	Composition	M.P., °C.	Yield,% of plant's mass
1	Tomentesterone A	$C_{36}H_{50}O_7$	139-140	0,0008
2	Tomentesterone B	$C_{34}H_{48}O_6$	145-147	0,00062
3	Viticosterone E	$C_{29}H_{46}O_8$	195-196	0,00045
4	2-Deoxy- α -ecdysone	$C_{27}H_{44}O_5$	234-235	0,00065
5	Polypodine B	$C_{27}H_{44}O_8$	252-254	0,0018
6	20-Hydroxyecdysone	$C_{27}H_{44}O_7$	241-242	0,0020
7	Integristerone A	$C_{27}H_{44}O_8$	246-248	0,00053
8	SileneosideD	$C_{33}H_{54}O_{12}$	240-242	0,00071
9	20-hydroxyecdysone 2,3,20,22-diacetonide	$C_{33}H_{52}O_7$	220-221	0.0088
10	Cyasterone	$C_{29}H_{44}O_8$	162-163	0.0074

Biological activity

The ecdysteroid-containing preparation from *S. tomentella* was used in several biological experiments where the hypoglycemic activity of investigated compounds was estimated. The experiments showed that the SPE leads to a certain reliable hypoglycemic effect expressed in relation to the initial level in 3 hours after introduction ($p < 0.05$). By this time, blood sugar decreased by 17.6% (initial - 5.1 ± 0.33 , in 3 hours 4.2 ± 0.20 mmol / L). In this case, manninil had a noticeably more pronounced effect (the hypoglycemic activity was 26.9%, $p < 0.01$). The average initial blood sugar level in this group was 5.2 ± 0.21 , in 3 hours 3.8 ± 0.4

mM / L. In intact rats, SPE from *S. tomentella* significantly reduced blood sugar level (in the control group the blood sugar level did not change significantly). Manninil, however, had a more significant decrease in blood sugar than the SPE on 3rd and 7th days (moreover, the differences were significant), then it begins to have a weaker effect and on 14th and 21st days, their effect did not differ significantly. The revealed differences in the manifestation by the SPE and manninil of the hypoglycemic activity can be explained by primarily increasing of tissue glucose consumption under the influence of phytoecdysteroids (Table 2).

Table 2

The effect of repeated administration of the SPE from *S.tomentella* and manninil on blood sugar level in intact rats (M ± m, n = 6)

Experiment Conditions	The sugar content in the blood, mM/L				
	Initial level	In 3 days	In 7 days	In 14 days	In 21 days
Intact animals	4.9±0.22	(5.0±0.22)/ 0.2	(5.1±0.19)/4.1	(5.0±0.17)/0.2	4.9±0.21
SPE	4.9±0.28	(4.0±0.18)/ -18.4*.**	(3.8±0.17)/ -22.5*.**	(3.7±0.13)/ -24.5*.**	(3.6±0.13)/ -26.5*.**
Manninil	4.8±0.28	(3.4±0.17)/ -29.2*.** ¹	(3.1±0.10)/ -35.4*.** ¹	(3.3±0.15)/ -31.3*.**	(3.9±0.22)/ -18.8*.**

So, the introduction of SPE in 2.5 hours before the intraperitoneal administration of glucose significantly impeded the increase in blood sugar. In this experiment, manninil also exerted a more pronounced effect, however, the significant difference between the two experimental groups was only at the peak of the hyperglycemic effect of glucose (30 minutes after its administration) (Table 3).

Table 3

The effect of the SPE from *S.tomentella* and manninil on the blood sugar level under glucose load (M ± m, n = 6)

Experiment conditions	Blood sugar level, mM/L								
	initial	In 15 min	Effect in %	in 30 min	Effect in %	in 45 min	Effect in %	in 60 min	Effect in %
Control	5.1±0.22	6.9±0.24*	+35.3	8.4±0.30*	+64.7	6.8±0.19*	+33.3	5.9±0.1*	+15.7
SPE	5.1±0.19	6.1±0.24***	+19.6	7.1±0.23***	+39.2	5.9±0.20***	+15.6	5.2±0.1**	+1.9
Glibenclamide	4.9±0.23	5.6±0.20**	+14.3	6.4±0.21*** ¹	+3.6	5.5±0.18**	+12.2	4.9±0.2**	0

The hypoglycemic activity of the SPE from *S. tomentella* was also quite pronounced also in alloxan hyperglycemia. At that, in the group of animals with the blood sugar level level of 8.0 mM/L the hypoglycemic activity of the tested sum was less pronounced than in manninil, but in animals with blood sugar levels up to 14 mM/L there were no reliable differences in hypoglycemic activity between both groups. In rats of alloxan group with blood sugar level up to 20 mM/L after the introduction of the SPE there was even a slight advantage over manninil in the hypoglycemic activity in 60 and 120 minutes after introduction, and in 180 minutes this difference generally acquired a reliable character (Table 4).

In tables 1 and 3, the numerators show the true values of the indicated values, the denominator shows the effect in% relative to the initial blood sugar level.

The SPE from *S. tomentella* having a certain hypoglycemic activity that is inferior to those of manninil at a relatively low level of glycemia and short-term administration.

The effect of the SPE from *S.tomentella* and manninil on blood sugar in rats with alloxan hyperglycemia of varying degrees severity (M ± m, n = 6)

Experiment Conditions	The sugar content in the blood, mM/L			
	Initial level	In 60min	In 120min	In 180min
Blood sugar in the range of 8 mM/L				
Control	7.9±0.19	(7.8±0.18)/-1.3	(7.7±0.16)/-2.5	(7.6±0.18)/-3.8
SPE	7.9±0.18	(6.8±0.22)/-13.9*,**	(5.9±0.23)/-25.3*,**	(5.2±0.18)/-34.2*,**
Glibenclamide	8.1±0.15	(6.2±0.20)/-23.5*,**	(5.1±0.19)/-37.1*,**,1	(4.5±0.19)/-44.5*,**,1
Blood sugar in the range of 14 mM/L				
Control	12.3±0.56	12.3±0.63	(12.1±0.42)/-1.6	(12.0±0.17)/-2.4
SPE	12.2±0.31	(10.2±0.53)/-16.4*,**	(9.2±0.39)/-24.6*,**	(8.7±0.38)/-28.7*,**
Glibenclamide	12.1±0.53	(10.1±0.42)/-16.5*,**	(9.0±0.37)/-25.6*,**	(8.6±0.42)/-28.9*,**
Blood sugar in the range of 20 mM/L				
Control	19.2±1.1	19.2±0.61	(19.0±0.64)/-1.1	(18.9±0.84)/-1.6
SPE	19.3±0.75	(16.3±0.70)/-15.6*,**	(14.8±0.49)/-23.3*,**	(13.6±0.67)/-29.5*,**
Glibenclamide	19.5±0.92	(17.2±0.63)/-11.8*,**	(16.3±0.73)/-16.4*,**	(16.0±0.69)/-18.0*,**,1

Note. Here and in tables 2 and 3, one asterisk is reliable in relation to the initial level in each group, two are in relation to the corresponding control, 1 is reliably between the two experimental groups (the confidence level is accepted at $p < 0.05$).

Conclusion

In summary, the phytoecdysteroids of *S. tomentella* growing in Uzbekistan were investigated. Phytoecdysteroids cyasterone and 2,3,20,22-diacetonide 20-hydroxyecdysone were isolated for the first time from the *S. tomentella*. Biological activity of the SPE isolated from *S. tomentella* was tested on rats for hypoglycemic activity in compared to known drug Manninil. The SPE from *S. tomentella* makes possible to manipulate hypoglycemic effect at a relatively low level of glycemia and short-term administration. In prolonged administration and high blood sugar levels, when the effect of manninil weakens, the hypoglycemic effect of the SPE is more pronounced.

Disclosure Statement

No potential conflict of interest was reported by the authors.

Acknowledgements

Authors would like to thank the ICPS (Uzbek Academy of Sciences) for providing all necessary equipment, chemicals and animals for the study.

REFERENCES

1. Usmanov D, Yusupova U, Syrov V, Ramazonov N, Rasulev B, 2019. Iridoid glucosides and triterpene acids from *Phlomis linearifolia* growing in Uzbekistan and its Hepatoprotective Activity. *J Nat Prod Res*, <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1677650>
2. Mamadaliyeva N. Z., Lafont R. and Wink M. 2014. Diversity of Secondary Metabolites in the Genus *Silene* L. (Caryophyllaceae) – Structures, Distribution and Biological Properties. *Diversity* 6: 415-499.
3. Girault J.P., Bathori M., Varga E., Szendrei K., Lafont R. 1990. Isolation and identification of New Ecdysteroids from the Caryophyllaceae *J Nat Prod* 53(2): 279-293.
4. Syrov V.N. 2000. Comparative experimental study of the anabolic activity of Phytoecdysteroids and steranabols. *Pharm Chem J* 34 (4): 31-34.
5. Ramazonov N.Sh, Maksimov E.S, Saatov Z, Abdullayev N.D. 1995. Phytoecdysteroids of plants of the genus *Silene*. XVII. Tomentesterone from *Silene tomentella*. *Chem Nat Comp* 31(5): 600-603.

6. Ramazonov N.Sh., Maksimov E.S., Saatov Z., Abdullayev N.D. 1996. Phytoecdysteroids of plants of the *Silene* genus. XVIII. Tomentesterone from *Silene tomentella*. *Chem Nat Comp* 32(1): 47-49.
7. Saatov Z., Gorovits M.B., Abubakirov N.K. 1993. Phytoecdysteroids of plants of the genus *Silene*. *Chem Nat Comp* 29(5): 551-557
8. Kutepova T.A., Syrov V.N., Khushbaktova Z.A., Saatov Z. 2001. Hypoglycemic activity of the sum of phytoecdysteroids from *Ajuga turkestanica*. *Pharm Chem J* 11: 25-25.
9. Syrov V.N. 1994. Phytoecdysteroids: biological effects in the body of higher animals and prospects for use in medicine. *Experimental and clinical pharmacology* 57(5): 61-66.
10. Yusupova U.Yu., Usmanov D.A., Ramazonov N.Sh. 2019. Phytoecdysteroids from the plant *Dianthus helenae*. *Chem Nat Comp* 55(2): 393-394.

АШУРОВА Л., САСМАКОВ С., АШИРОВ О., РАМАЗОНОВ Н., АЗИМОВА Ш.

САПОНИНЫ РАСТЕНИЯ *SAPONARIA OFFICINALIS* И ИХ ПРОТИВОМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ

lola.ashurova.1983@gmail.com

Институт химии растительных веществ АН РУз

Ashurova L., Sasmakov S., Ashirov O., Ramazonov N., Azimova Sh

SAPONARIA OFFICINALIS O'SIMLIGINING SAPONINLARI VA ULARNING MIKROBLARGA QARSHI FAOLLIGI

Saponaria officinalis o'simligining yer ustki qismidan salsolozid C, D, E moddalari ajratib olinib, ular YuQX, IQ va UB usullari orqali o'rganildi. Shu bilan birgalikda *Saponaria officinalis* o'simligi biologik faolligi ham aniqlandi. Xloroformli ekstrakt bilan suvli ekstrakt solishtirilganda suvli ekstrakt saponinlarning mavjudligi va suvli ekstrakt mikroblarga qarshi faollikni namoyon qilishi isbotlandi.

Kalit so'zlar: saponinlar, *saponaria officinalis*, bakteriya va zambrug'larga qarshi faollik.

Ашурова Л., Сасмаков С., Аширов О., Рамазонов Н., Азимова Ш.

САПОНИНЫ РАСТЕНИЯ *SAPONARIA OFFICINALIS* И ИХ ПРОТИВОМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ

Из надземной части растения *Saponaria officinalis* были выделены сальсолозиды: С, Д и Е и идентифицированы с помощью ТСХ, ИК и УФ методами. Было определено биологическая активность растения *Saponaria officinalis*. Сравнение водного экстракта с хлороформным экстрактом выявило присутствие сапонинов в водном экстракте и водный экстракт проявляет антимикробную активность.

Ключевые слова: сапонины, *saponaria officinalis*, антибактериальная и противогрибковая активность.

Ashurova L., Sasmakov S., Ashirov O., Ramazonov N., Azimova Sh.

SAPONINS OF THE *SAPONARIA OFFICINALIS* PLANT AND THEIR ANTIMICROBIAL ACTIVITY

Salsolosides: C, D and E were isolated from the aerial part of the plant *Saponaria officinalis* and identified using TLC, IR and UV methods. Also was determined the biological activity of the plant *Saponaria officinalis*. Comparison of the aqueous extract with the chloroform extract revealed the presence of saponins in the aqueous extract and the aqueous extract exhibits antimicrobial activity.

Keywords: saponins, *saponaria officinalis*, antibacterial and antifungal activity.

Введение. Современные научные исследования в области химии природных веществ и фармакологии все больше акцентируют внимание на выделение и характеристике активного действующего начала в растительных экстрактах [1].

Сапонины – специфический класс широко распространенных в растительном мире вторичных метаболитов, молекулы которых содержат пента циклический тритерпеноидный или стероидный аг-

ликон, названный сапогенином, и одну или более сахарных цепей, связанных *O*-гликозидной связью с гидрофобным полициклическим ядром в разных позициях. Тритерпеноидные сапонины отличаются большим разнообразием структур и демонстрируют широкий спектр биологических и фармакологических активностей, таких как гемолитическая, цитотоксическая, противовоспалительная, антимикробная и гиполипидемическая [2, 3].

Растение *Saponaria officinalis* (*Caryophyllaceae*) широко распространён в Центральной Азии. На территории Узбекистане встречается 6 видов данного рода.

В народной медицине настой, приготовленный на основе корней и листьев этого растения, используется при воспалении легких, упорном кашле, ангине, бронхитах, ларингитах, насморке, холециститах, водянке, подагре, запоре, ревматизме и различных желудочно-кишечных заболеваниях [4].

Согласно литературным данным, *Saponaria officinalis* отличается от всех известных сапонинов содержащих растений самым высоким содержанием сапонинов-20-35% массы корня [5]. Корни мыльнянки лекарственной содержат углеводы, тритерпеновые гликозиды (2,5-20%): сапонарозид, сапонарозиды А, D, сапорубин и др. В листьях найдены алкалоиды, аскорбиновая кислота, флавоноиды: витексин, сапонарин, сапонаретин [6,7].

В данной исследовательской работе мы изучили растение *Saponaria officinalis*, произрастающего в Ташкентской области, республики Узбекистан. Из надземной части растения *Saponaria officinalis* были выделены три тритерпеновых сапонины, салсолосиды: С, D и E. Салсолосид E был выделен из этого растения в первые. Проведён *in vitro* скрининг на антибактериальную и противогрибковую активность отдельных экстрактов, полученных из данного растения.

Материалы. В работе использовали надземную часть растения, *Saponaria officinalis*, которое было собрано в июле 2019 года в Юнусабадском районе, г. Ташкент, в фазу массового цветения. Цельное растение просушили до воздушно-сухого состояния, упаковывали в бумажные пакетики и хранили в прохладном, темном месте.

Подготовка растительного экстракта. 1 кг воздушно сухого растения *S. officinalis* экстрагировали 5 раз метанолом. Экстракт концентрировали и разбавляли равным объёмом воды. Водную часть последовательно экстрагировали хлороформом (445мл) и н-бутанолом (120 мл) фракции.

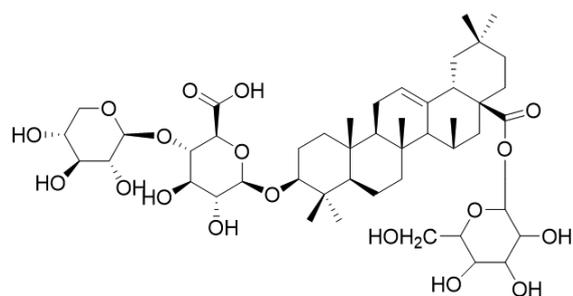
Результаты и их обсуждения.

Бутанольную фракцию из *S. officinalis* упарили досуха, и получили сумму сапонинов в количестве 15 г. Сухой экстракт разделили на колонке с силикагелем, элюируя системами хлороформ-метанол и хлороформ-метанол-вода (76:27:6, 35:15:3, 35:15:1). Полученные индивидуальные компоненты приведены в таблице 1. Салсолосиды С(1), D(2) и E(3) были идентифицированы с помощью ТСХ, ИК и УФ спектрофотометрии в сравнении с заведомо известными образцами из растения *Salsola micranthera*, выделенных Аннаев Ч. и др. сотрудниками [8,9].

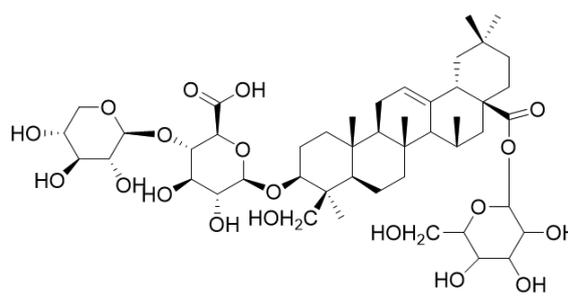
Таблица 1

Физико-химические свойства сапонинов, выделенных из *Saponaria officinalis*

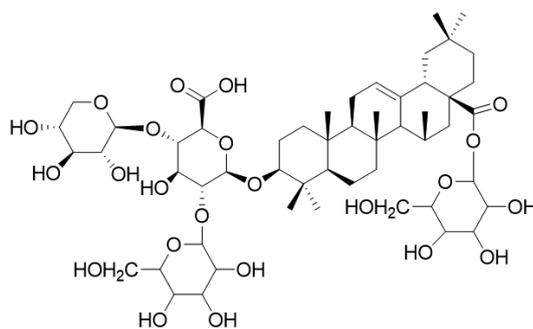
Название соединения	Элементный состав	Т.пл.,С°	$[\alpha]_D^{20}$	Выход на в.с.с.%
Салсолосид С	$C_{47}H_{74}O_{18}$	210-215	+16,0	0,0009%
Салсолосид D	$C_{47}H_{74}O_{19}$	224-228	+18,0	0.0008%
Салсолосид E	$C_{53}H_{84}O_{23}$	220-222	+19,0	0,0011%



1



2



3

Рис. 1. Структурные формулы Салсолозидов С, Д и Е.

Определение антимикробной активности.

Тест микроорганизмы: грамположительные бактерий – *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Bacillus subtilis* (RKMUz -5); граммотрицательные – *Escherichia coli* (RKMUz - 221), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27879), условно-патогенный гриб *Candida albicans* (RKMUz - 247) и дрожжи *Pichia anomala* (RKMUz). Штаммы RKMUz получены из коллекции Института микробиологии АН РУз.

Использовался модифицированный агар-диффузионный метод [10-12]. Суспензию бактериальных клеток подготавливали из суточной субкультуры соответствующего штамма, с 1×10^6 колоний в мл. Стерильный питательный агар (LB Agar, Invitrogen, USA, 25 г агар/л дисст. вода) инокулировали бактериальными клетками (200 μ л бактериальных клеток в 2 мл 0.9 % NaCl суспензии и 20 мл среда) и выливали в чашки Петри для получения твердой фазы. *Candida albicans* (1×10^5 КОЕ/мл) была инокулирована в стерильный Mueller-Hinton-agar в соответствии с CLSI и DIN E 58940-3 для агар диск-диффузионных методов [10-11]. 40 мкл тестовых материалов (эквивалентно конц. 2 мг/диск экстракта в соответствующих растворителях) наносили на стерильные бумажные диски (6 мм диаметр, Whatman No.1). Ампициллин, цефтриаксон и флуконазол (Himedia Laboratories Pvt. Limited) были использованы как положительный контроль, а растворители - как отрицательный. Растворители испаряли в потоке воздуха при комнатной температуре. Диски были депонированы на поверхности инокулированных агаровых чашек. Затем чашки выдерживали 2 ч в холодильнике (+4°C) для преципитации веществ в агаре. Чашки с бактериями инкубировали при 37 °C 24 ч, а с гри-

Таблица 2

Антимикробная активность экстрактов *Saponaria officinalis*

Образцы	Диаметр зоны ингибирования (mm, \pm SD, $P \leq 0.05$)					
	Грампозитивные бактерии		Грамотрицательные бактерии		Гриб	Дрожжи
	<i>B. subtilis</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>C. albicans</i>	<i>P. anomala</i>
<i>S. officinalis</i> (H ₂ O экстракт)	12.04 \pm 0.10	13.08 \pm 0.12	18.08 \pm 0.12	14.12 \pm 0.13	NA	NA
<i>S. officinalis</i> (CHCl ₃ экстракт)	7.04 \pm 0.10	6.08 \pm 0.12	6.08 \pm 0.12	7.12 \pm 0.13	NA	NA
Ampicillin (10 μ g/disc)	28.04 \pm 0.10	27.08 \pm 0.12	NT	NT	NT	NT
Ceftriaxone (30 μ g/disc)	NT	NT	26.08 \pm 0.12	28.12 \pm 0.13	NT	NT
Flucanazole (25 μ g/disc)	NT	NT	NT	NT	30.04 \pm 0.10	NT

*NA – не активный; NT – не тестирован

бами 48 ч при 26 °С. Зона ингибирования (включая диаметр диска) была измерена и зарегистрирована после времени инкубации. Средние значения ингибирования были вычислены после 3-х кратного повторения.

Экстракты *Saponaria officinalis* подвергали скринингу на их антибактериальную и противогрибковую активность с использованием модифицированного метода агар-диффузии [10]. Результаты приведены в таблице 2.

Вывод. Результаты исследований показали, что исследованные образцы ингибируют рост только грамположительных и грамотрицательных тест штаммов бактерий. При этом наибольшую антибактериальную активность проявляет водный экстракт в отношении *Bacillus subtilis* (12 мм), *Staphylococcus aureus* (13 мм), *Escherichia coli* (18 мм) и *Pseudomonas aeruginosa* (14 мм) (Табл. 2). Выявленная активность данного образца по сравнению с менее активным хлороформным экстрактом из надземных частей растения может быть обусловлена наличием и высоким содержанием сапонинов в водном экстракте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кинтя П.К., Лазурьевский Г.В. Стероидные гликозиды ряда спиростана. Кишинев: Штиинца, 1979. 149 с.
2. Man S., Gao W., Zhang Y., Huang L., Liu Ch. Chemical study and medical application of saponins as anticancer agents *Fitoterapia*, 81, 703 (2010)
3. Netala V.R., Ghosh S.B., Bobbu P., Anitha D., Tartte V. Triterpenoid saponins: a review on biosynthesis, applications and mechanism of their action *Ins. J. Pharm. Sci.*, 7, 24(2015)
4. Василева И.С. Стероидные гликозиды растений и культуры клеток диоскареи, их метаболизм и биологическая активность / И.С. Васильева, В.А. Пасешниченко // *Успехи биологической химии*. 2000. Т.4. С.153-204.
5. Власова, Е. В. Солубилизирующая способность экстракта мыльнянки *Saponaria officinalis* L. / Е.В. Власова, Л.И. Иващенко, Е.В. Масленникова // *Сб. тезисов докладов 10-й международной конференции молодых ученых «Пищевые технологии и биотехнологии».*—Казань, 2009.— С.302–305.
6. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование семейства *Caprifoliaceae-Plantaginaceae*. Москва. Наука, 1990.С.328.
7. Zuidam N.J, Nedovic V.A. *Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing* // Springer Science. 2010.P.247.
8. Аннаев Ч., Исамухаммедова М., Абубакиров Н.К. Тритерпеновые гликозиды *Salsola micranthera* I. Строение салсолосидов С и Д *Химия природ. соедин.*, с.727-732 (1983).
9. Аннаев Ч., Исамухаммедова М., Абубакиров Н.К. Тритерпеновые гликозиды *Salsola micranthera* II. Строение салсолозида Е *Химия природ. соедин.*, с.65-69 (1984).
10. Wayne P.A. *Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) performance standards for antimicrobial disk diffusion susceptibility tests*. 19th ed. approved standard. (CLSI document, M100-S19, USA) (2009)
11. DIN, Deutsche Institution für Normung e.V., *DIN Taschenbuch 222, Medizinische Mikrobiologie und Immunologie* (Beuth-Verlag, Berlin), (2004)
12. S.A. Sasmakov, Zh.M. Putieva, Sh.S. Azimova and U. Lindequist. In vitro screening of the cytotoxic, antibacterial and antioxidant activities of some Uzbek plants used in folk medicine. *Asian Journal of Traditional Medicines*, 2012. V.7 (2), P. 73-80.

ЦИФЕРОВА Н.А., РАХМАТУЛЛАЕВ И.К., МЕРЗЛЯК П.Г., САБИРОВ Р.З.

ДЕЙСТВИЕ БЛОКАТОРОВ АНИОННОГО ТОКА НА АКТИВНОСТЬ ОБЪЕМ-ЗАВИСИМОГО АНИОННОГО КАНАЛА В ПЛАЗМАЛЕММЕ ПЕРИТОНЕАЛЬНЫХ МАКРОФАГОВ МЫШИ

ntsiferova@mail.ru

Институт биофизики и биохимии при НУУз им. Мирзо Улугбека

Циферова Н.А., Рахматуллаев И.К., Мерзляк П.Г., Сабиров Р.З.

ПЕРИТОНЕАЛ МАКРОФАГЛАР ПЛАЗМАЛЕММАСИДАГИ ҲАЖМГА БОҒЛИҚ АНИОН КАНАЛИГА АНИОН ТОКИ БЛОКАТОРЛАРИНИНГ ТАЪСИРИ

Перитонеал макрофагларидаги осмотик шишиш жарайнида фаоллашувчи макроскопик ток флоретин, тамоксифен ва ДСРІВ каби ҳажмга боғлиқ анион канали блокаторлари таъсирида ингибирланиши кўрсатилган.

Калит сўзлар: ҳажмга боғлиқ анион канали, перитонеал макрофаглар, флоретин, тамоксифен, ДСРІВ

Циферова, Н.А. Рахматуллаев И.К., Мерзляк П.Г., Сабиров Р.З..

ДЕЙСТВИЕ БЛОКАТОРОВ АНИОННОГО ТОКА НА АКТИВНОСТЬ ОБЪЕМ-ЗАВИСИМОГО АНИОННОГО КАНАЛА В ПЛАЗМАЛЕММЕ ПЕРИТОНЕАЛЬНЫХ МАКРОФАГОВ МЫШИ

Показано, что макроскопический анионный ток, активируемый в перитонеальных макрофагах мыши при их осмотическом набухании, подавляется такими блокаторами объем-зависимого анионного канала, как флоретин, тамоксифен и ДСРІВ.

Ключевые слова: объем-зависимый анионный канал наружного выпрямления, перитонеальные макрофаги, флоретин, тамоксифен, ДСРІВ

Tsiferova N.A., Rakhmatullaev I.K., Merzlyak P.G., Sabirov R.Z.

EFFECT OF ANION CHANNELS BLOCKERS ON THE VOLUME-SENSITIVE OUTWARDLY RECTIFYING ANION CHANNEL ACTIVITY IN MOUSE PERITONEAL MACROPHAGES PLASMALEMMA

It was shown that the macroscopic currents activated in mouse peritoneal macrophages was inhibited by anion channel blockers, such as phloretin, tamoxifen and DCPIB.

Key words: volume-sensitive outwardly rectifying anion channel, peritoneal macrophages, phloretin, tamoxifen, DCPIB

Макрофаги – мононуклеарные фагоциты, широко распространенные по всему организму, обладают способностью к активному захвату чужеродных или токсичных для организма частиц. Роль макрофагов в иммунитете исключительно важна – они обеспечивают фагоцитоз, переработку и представление антигена Т-клеткам, продуцируют активные формы кислорода, а также производные арахидоновой кислоты (простагландины), цитокины и компоненты системы комплемента. Известно, что в процессе регуляции клеточного объема при гипоосмотическом стрессе тимоцитов, которые относятся к системе приобретенного иммунитета, также известного как специфический иммунитет, одним из ключевых событий является активация объем-зависимого анионного канала (ОЗАК) (1). Свойства и функции объем-активируемого анионного транспорта в клетках, участвующих в процессах врожденного иммунитета в настоящее время практически не изучены.

Одним из главных вопросов при исследовании этого канала в макрофагах является установление его функциональной роли в специфических клеточных функциях, таких, как фагоцитарная активность и производство активных форм кислорода. Можно предположить, что вещества, как-либо влияющие на ОЗАК, способны предстать кандидатами на роль иммуномодуляторов нового поколения, действующих как на уровне лимфоцитов (приобретенный иммунитет), так и на уровне фагоцитов (врожденный иммунитет), а сам канал, экспрессируемый в иммунных клетках, может явиться перспективной мишенью для их действия.

В нашем исследовании перитонеальные макрофаги получали из беспородных мышей (масса 15-20 г, возраст 1,5-2 месяца) согласно (2). Для проведения электрофизиологических экспериментов выделенные макрофаги инкубировались на льду и использовались в течение 3-5 часов.

Стандартный раствор Рингера содержал (мМ): 135 NaCl, 5 KCl, 2 CaCl₂, 1 MgCl₂, 11 HEPES, 5 глюкозы (290 мОсм/кг H₂O, pH-7,4 доведенный NaOH). Пипеточный раствор содержал (мМ): 125 CsCl, 2 CaCl₂, 1 MgCl₂, 3 Na₂ATP, 5 HEPES, 10 EGTA, 50 маннитола (рСа 7,65, 320 мОсм/кг H₂O, pH-7,4 доведенный CsOH). Нами было исследовано действие трех ингибиторов анионного тока – флоретина (50 мкМ), тамоксифена (10 мкМ) и DCPiB (3 мкМ). Разведение исходных растворов ингибиторов в ДМСО проводили непосредственно перед экспериментом, конечная концентрация ДМСО не превышала 0,1 %. Все реактивы имели квалификацию «х.ч.» или «ч.д.а.». При приготовлении растворов использовалась бидистиллированная вода.

При изучении действия фармакологических веществ на объем-зависимый анионный канал ОЗАК мы использовали метод микролокального отведения токов (patch-clamp) в конфигурации whole-cell. Пипетки готовились из боросиликатных стеклянных капилляров на микрокузнице PP-830 (Narishige, Япония). Для экспериментов использовались пипетки, сопротивление которых при заполнении пипеточным раствором составляло ~2 МЩ. Сопротивление доступа не превышало 4 МЩ, и было скомпенсировано на 80%, емкостные отбросы также компенсировались. Регистрация мембранных токов и их обработка проводились при помощи пэтч-кламп системы EPC-9 (Heka-Electronics, Lambrecht/Pfalz, Германия) и пакетов программ Pulse и PulseFit (Heka-Electronics). Непрерывная запись тока производилась с помощью аналого-цифрового преобразователя GO!Link и программы Logger Lite 1.3.2 (Vernier Software & Technology, США). Все эксперименты проводились при комнатной температуре 23-25 °С.

Ранее нами был зарегистрирован ОЗАК в перитонеальных макрофагах мыши, мы подробно описали его биофизические свойства и селективность (3, 4). Было показано, что плотность объем-зависимого тока при +100 мВ составила около 800 пА/пФ, ток обладал выраженным наружным выпрямлением, и инактивировался при высоких деполяризующих потенциалах (3), канал демонстрировал анион-селективные свойства и был проницаем для ионов глутамата (4). Для установления фармакологической идентичности канала нами было исследовано действие блокаторов анионного тока разной степени специфичности.

Эксперименты проводили следующим образом: после полной активации объем-зависимого анионного канала подавали тестовые импульсы в контрольных условиях и, путем перфузии, заменяли стандартный омывающий раствор Рингера на аналогичный раствор, содержащий 3 мкМ DCPiB (рис. 1А). Из рисунка 1А видно, что после начала аппликации DCPiB наблюдалось постепенное подавление токового ответа до уровня, предшествующего началу активации объем-зависимого анионного канала – полное подавление. После выхода тока на плато, вновь подавали тестовые импульсы, токовые ответы на которые представлены на рисунке 1Б. При этом плотность тока при +100 мВ в контроле составляла 783±70 пА/пФ (n=20) (рис. 2А), тогда как после замены омывающего раствора плотность тока составляла только 137±62 пА/пФ (n=5) (рис. 2А). Блокирование тока происходило независимо от потенциала, ингибировались как выходящий, так и входящий токи.

Аналогичные эксперименты были проведены и для ингибитора анионного тока тамоксифена. Мы использовали конечную концентрацию вещества 10 мкМ. Полученные данные для блокатора тамоксифена показывают эффективное ингибирование ОЗАК с плотностью тока при +100 мВ равной 49±8 пА/пФ (n=5) (рис. 2). Из рисунка 2Б видно, что блокирование происходило независимо от потенциала.

Также на рисунке 2 представлено ингибирование объем-зависимого анионного тока флоретином в концентрации 50 мкМ. Кинетика ингибирования была такая же, как и для предыдущих блокаторов, и плотность тока при +100 мВ составила 128±19 пА/пФ (n=5), эффект был потенциал-независимым.

Флоретин и тамоксифен являются относительно селективными блокаторами ОЗАК. Так, флоретин – флавоноид, известен как ингибитор натрий-независимого транспортера глюкозы (5), обладает антиоксидантной активностью (6); он не действует на макси-анионный канал и кальций-активируемый анионный канал, но в концентрациях, превышающих 300 мкМ, может значительно угнетать цАМФ зависимый Cl⁻ канал CFTR (7, 8). Полученные нами данные для перитонеальных макрофагов соответствуют ранее описанным в литературе, для нейронов и астроцитов (7). Тамоксифен – ан-

тиэстроген, применяется в лечении рака молочной железы. Известно, что тамоксифен ингибирует потенциал-зависимый натриевый ток и некоторые калиевые каналы в астроцитах, но при этом активирует $KCa1.1$ – кальций-активируемый калиевый канал в гладкомышечных клетках (7). Вместе с тем, ингибирование объем-зависимого макроскопического тока тамоксифеном происходит в разной степени в зависимости от типа клеток, например в нейронах ЦНС, тамоксифен не имеет никакого эффекта, тогда как в астроцитах ток блокируется на 90% (9). Тем не менее, полученные нами данные для перитонеальных макрофагов согласуются с литературными для эндотелиальных клеток человека (10), клеток аденокарциномы человека HeLa и меланомы мышцы КМЛ (11).

Наиболее селективным ингибитором ОЗАК на сегодняшний день является DCPiB. Известно, что данный ингибитор не влияет на большинство анионных каналов, потенциал-зависимые натриевые, калиевые и кальциевые каналы (7, 12). При этом недавние исследования показали, что DCPiB независимо от ОЗАК способен подавлять комплексы дыхательной цепи митохондрий (13), ингибирует выброс глутамата через коннексиновые полупоры Sx43 и специфичного глиального транспортера глутамата GLT-1 (14), также блокирует проводимость калиевых каналов внутреннего выпрямления (15), и влияет на протонную помпу (H^+/K^+ -АТФаза) (16). При всем при том DCPiB подавляет ОЗАК вне зависимости от типа клеток и при низких концентрациях. Представленные нами данные по перитонеальным макрофагам мыши сравнимы с полученными для кардиомиоцитов и линии клеток CPAE (12), клеток аденокарциномы человека HeLa и меланомы мышцы КМЛ (11), и астроцитов мыши (9).

Таким образом, объем-зависимый анионный канал перитонеальных макрофагов мыши эффективно ингибировался всеми тремя исследованными веществами, их действие было значительно по сравнению с контролем и превышало 80% (рис. 2Б). В заключении важно отметить, что в настоящее время до сих пор не выявлен селективный блокатор ОЗАК, и обнаружение специфических ингибиторов позволит установить роль канала в таких физиологических процессах как иммунный ответ и фагоцитоз.

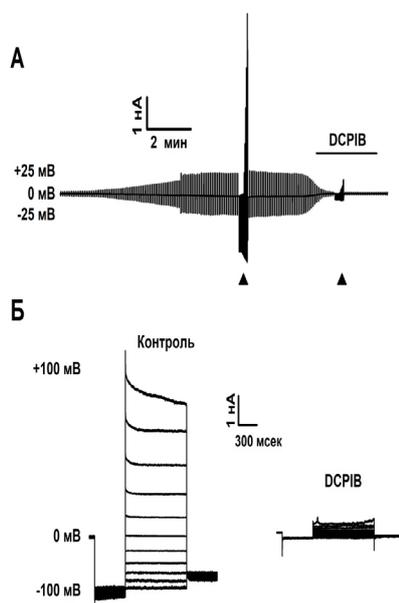


Рис. 1. Влияние блокатора DCPiB на объем-зависимый анионный ток в перитонеальных макрофагах мыши.

(А) Активация объем-зависимого хлорного тока при подаче тестового импульса ± 25 мВ (каждые 5 с) в условиях осмотического набухания клеток. (Б) Кинетика инактивации объем-зависимого анионного тока в зависимости от мембранного потенциала. Моменты подачи тестовых импульсов в диапазоне от -100 мВ до $+100$ мВ отмечены стрелками на рис. (А). Потенциал фиксации составлял 0 мВ. Ионный ток максимально активировался с помощью пре-импульса -100 мВ в течении 500 мс; затем на мембрану подавались тестовые импульсы от с -100 мВ до $+100$ мВ с шагом 20 мВ и протяженностью 1000 мс.

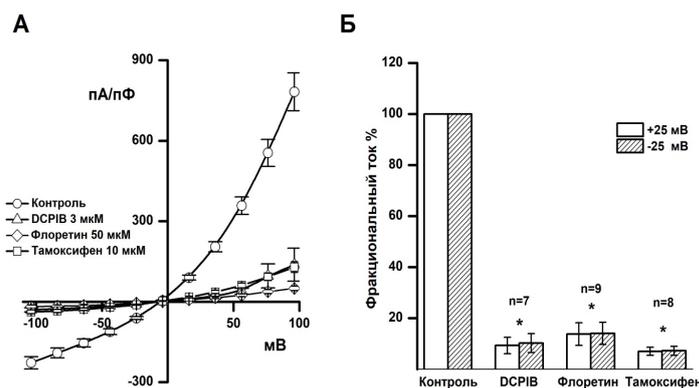


Рис. 2. Ингибирование объем-зависимого анионного тока в перитонеальных макрофагах мыши в контроле и после аппликации ингибиторов ОЗАК.

(А) Величина мембранного тока измерялась в начальный момент времени после подачи тестовых импульсов в экспериментах, аналогичных показанным на рис. 1Б. (Б) Изменение токового ответа относительно контроля в ответ на действие ингибиторов объем-зависимого анионного тока, при подаче тестового импульса ± 25 мВ в условиях осмотического набухания клеток. Показано, ингибирование проводимости флоретином 50 мкМ, тамоксифеном 10 мкМ, DCPIB 3 мкМ. * – Статистически значимое отличие параметров относительно контроля при уровне доверительной вероятности $P < 0,05$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kurbannazarova R.S, Bessonova S.V, Okada Y, Sabirov R.Z. Swelling-activated anion channels are essential for volume regulation of mouse thymocytes. //IntJMolSci. 2011;12(12):9125-37.
2. Ray A, Dittel B.N. Isolation of mouse peritoneal cavity cells. //J Vis Exp. 2010(35).
3. Рахматулаев И.К, Циферова Н.А, Мерзляк П.Г, Ташмухамедов Б.А, Сабиров Р.З. Объем-зависимый анионный канал в плазмалемме перитонеальных макрофагов. //ДоклАН РУз. 2013:41-51.
4. Циферова Н.А, Мерзляк П.Г, Сабиров Р.З. Селективность объем-зависимого анионного канала в перитонеальных макрофагах мыши.// Узб Биол Ж 2019;1:12-6.
5. Pawson A.J, Sharman J.L, Benson H.E, Faccenda E, Alexander S.P, Buneman O.P et al. The IUPHAR/BPS Guide to PHARMACOLOGY: an expert-driven knowledgebase of drug targets and their ligands. Nucleic Acids Res. 2014;42(Database issue):D1098-D106.
6. Rezk B.M, Haenen G.R, van der Vijgh WJ, Bast A. The antioxidant activity of phloretin: the disclosure of a new antioxidant pharmacophore in flavonoids. // BiochemBiophysResCommun. 2002;295(1):9-13.
7. Akita T, Okada Y. Characteristics and roles of the volume-sensitive outwardly rectifying (VSOR) anion channel in the central nervous system. // Neuroscience. 2014;275:211-31.
8. Fan H.T, Morishima S, Kida H, Okada Y. Phloretin differentially inhibits volume-sensitive and cyclic AMP-activated, but not Ca-activated, Cl(-) channels. //BrJPharmacol. 2001;133(7):1096-106.
9. Liu H.T, Tashmukhamedov B.A, Inoue H, Okada Y, Sabirov R.Z. Roles of two types of anion channels in glutamate release from mouse astrocytes under ischemic or osmotic stress. // Glia. 2006;54(5):343-57.
10. Nilius B, Seherer J, Droogmans G. Permeation properties and modulation of volume-activated Cl(-)-currents in human endothelial cells. // BrJPharmacol. 1994;112(4):1049-56.
11. Циферова Н.А, Курганов Э.Ш, Мерзляк П.Г, Ташмухамедов Б.А, Сабиров Р.З. Фармакологические свойства объем-зависимого анионного канала в клетках HeLa, KM1 и B16. //Узб Биол Ж. 2016(2):8-14.
12. Decher N, Lang H.J, Nilius B, Bruggemann A, Busch A.E, Steinmeyer K. DCPIB is a novel selective blocker of I(Cl,swell) and prevents swelling-induced shortening of guinea-pig atrial action potential duration. // BrJPharmacol. 2001;134(7):1467-79.

13. Afzal A, Figueroa E.E, Kharade S.V, Bittman K, Matlock B.K, Flaherty D.K. et al. The LRRC8 volume-regulated anion channel inhibitor, DCPIB, inhibits mitochondrial respiration independently of the channel. // *Physiological reports*. 2019;7(23):e14303.
14. Bowens N.H, Dohare P, Kuo Y.H, Mongin A.A. DCPIB, the proposed selective blocker of volume-regulated anion channels, inhibits several glutamate transport pathways in glial cells. // *Molecular pharmacology*. 2013;83(1):22-32.
15. Deng W, Mahajan R, Baumgarten C.M, Logothetis D.E. The ICl_{swell} inhibitor DCPIB blocks Kir channels that possess weak affinity for PIP₂. // *Pflugers Archiv : European journal of physiology*. 2016;468(5):817-24.
16. Fujii T, Takahashi Y, Takeshima H, Saitoh C, Shimizu T, Takeguchi N. et al. Inhibition of gastric H⁺,K⁺-ATPase by 4-(2-butyl-6,7-dichloro-2-cyclopentylindan-1-on-5-yl)oxybutyric acid (DCPIB), an inhibitor of volume-regulated anion channel. // *European journal of pharmacology*. 2015;765:34-41.

**ИНОГАМОВ У.К., РУСТАМОВА С.И., ХАМИДОВА О.Ж., ФАЙЗИЕВ Д.Д., ЦИФЕРОВА Н.А.,
КУРБАННАЗАРОВА Р.Ш., МЕРЗЛЯК П.Г., САБИРОВ Р.З.**

**ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТОВ ОБЩИХ ФЛАВОНОИДОВ КАПЕРСОВ
CAPPARIS SPINOSE L НА РЕГУЛЯЦИЮ ОБЪЕМА ТИМОЦИТОВ
И ЦЕЛОСТНОСТЬ ЭРИТРОЦИТОВ**

otkirjon@mail.ru

Институт биофизики и биохимии при НУУз им. Мирзо Улугбека

Иногамов У.К., Рустамова С.И., Хамидова О.Ж., Файзиев Д.Д., Циферова Н.А., Курбанназарова Р. Ш.,
Мерзляк П.Г., Сабилов Р.З.

***CAPPARIS SPINOSE L*. ЎСИМЛИГИ УМУМИЙ ФЛАВОНОИДЛАР ЭКСТРАКТИНИНГ ТИМОЦИТ
ҲАЖМ БОШҚАРИЛИШИГА ВА ҚИЗИЛ ҚОН ҲУЖАЙРАЛАРИ БУТУНЛИГИГА ТАЪСИРИ**

Ушбу мақолада *CAPPARIS SPINOSE L* нг турли қисмларидан ажратилган умумий флавоноид экстрактларини қизил қон ҳужайралари гемолизига ва тимоцитлар ҳажм бошқарилиш системасига таъсирини скрининг натижалари келтирилган. Натижада олиб борилган тадқиқотлар *Capparis spinosa* усимлигининг мева ва уруғдан олинган умумий флавоноид экстрактлари ҳужайра ҳажми бошқарилиш хусусиятини пасайтириш ва эритроцитларни лизисга учратиши аниқланди.

Калит сўзлар: *Capparis spinosa L.*, экстракция, флавоноид, қизил қон ҳужайралари, гемолиз, ҳужайра ҳажм бошқарилиши.

Иногамов У.К., Рустамова С.И., Хамидова О.Ж., Файзиев Д.Д., Циферова Н.А., Курбанназарова Р. Ш.,
Мерзляк П.Г., Сабилов Р.З.

**ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТОВ ОБЩИХ ФЛАВОНОИДОВ КАПЕРСОВ *CAPPARIS SPINOSE L* НА
РЕГУЛЯЦИЮ ОБЪЕМА ТИМОЦИТОВ И ЦЕЛОСТНОСТЬ ЭРИТРОЦИТОВ**

В этой статье приведены данные по влиянию экстрактов общих флавоноидов, выделенных из различных частей растений *Capparis spinosa L.* на регуляцию клеточного объема тимоцитов и на выход гемоглобина из эритроцитов. Установлено, что экстракты из плодов и семян каперсов эффективно подавляют регуляцию клеточного объема и способны вызывать лизис человеческих эритроцитов.

Ключевые слова: *Capparis spinosa L.*, экстракция, флавоноиды, эритроциты, гемолиз, регуляция клеточного объема.

Inogamov U.K., Rustamova S.I., Khamidova O.J., Fayziev D.D., Tsiferova N.A., Kurbannazarova R.S., Merzlyak P.G., Sabirov R.Z.

EFFECT OF TOTAL FLAVONOIDS EXTRACTS FROM *CAPPARIS SPINOSE L.* ON THE THYMOCYTES VOLUME REGULATION AND INTEGRITY OF ERYTHROCYTES

This article presents data on the effects of extracts of total flavonoids, isolated from various parts of caper *Capparis spinosa* on the regulation of thymocytes cell volume and release of hemoglobin from erythrocytes. It has been established, that extracts from fruits and seeds of caper effectively inhibit the regulation of cell volume and can cause the lysis of human red blood cells.

Key words: *Capparis spinosa* L., extraction, flavonoids, erythrocytes, hemolysis, regulation of cell volume

В настоящее время биологически активные вещества, выделенные из растений, находят широкое применение в медицинской практике и фармацевтике. Флора Центральной Азии богата лекарственными растениями, одним из представителей которых является каперс колючий *Capparis Spinosa L.*, относящийся к роду растений *Capparis* (семейство *Capparidaceae*). Этот род содержит более 250 видов, которые распространены от субтропических до тропических зон [1].

С древних времен *C. spinosa* широко используется в народной медицине для лечения различных заболеваний человека [2]. Поэтому, в последние годы большое внимание уделялось изучению фармакологических свойств *C. spinosa* из-за содержания в нем большого количества биологически активных компонентов [3]. К настоящему времени получено много научных доказательств того, что препараты, полученные из каперсов, обладают множеством фармакологических эффектов, включая антиоксидантные, антимикробные, противоопухолевые и гепатопротекторные свойства [4]. Однако исследования активности этих компонентов в отношении системы регуляции клеточного объема и их влияния на выход гемоглобина из эритроцитов не проводились. В связи этим, целью наших исследований явилось: получение общего экстракта флавоноидов из различных частей каперсов и изучение влияния этих экстрактов на выход гемоглобина из эритроцитов и на регуляцию клеточного объема тимоцитов при гипоосмотическом стрессе.

Объектом исследования были дикорастущие каперсы колючие, которые собирались в августе месяце в г. Ташкенте. Принадлежность растений к виду *Capparis spinosa* определяли по морфологии листьев, цветков и плодов. Собранный растительный материал делили на 4 части: 1) стебель, 2) плоды, 3) корень и 4) семена. Флавоноиды были экстрагированы с помощью 80% водного раствора этилового спирта и обработкой ультразвуком по общепринятой методике [5]. 0,5 г сухого измельченного растительного сырья заливали 10 мл 80% этанола, встряхивали 1 мин в круглодонной колбе и затем помещали в ультразвуковую баню на 30 мин. Взвесь отфильтровывали через бумажный фильтр. Определение общего содержания сухого остатка в экстрактах проводили согласно ОФС.1.4.1.0021.15 Фармакопеи РФ с некоторыми модификациями: 5,0 мл жидкого экстракта помещали в стеклянный сосуд с плоским дном, замораживали и высушивали лиофильно в течение 4 ч. Полученный сухой остаток высушивали в течение 3 ч при $102,5 \pm 2,5^\circ\text{C}$, охлаждали до комнатной температуры и взвешивали до постоянной массы. Содержание сухого вещества выражали в мг на мл экстракта. Определение общего содержания флавоноидов в экстрактах было проведено по комплексообразованию с треххлористым алюминием по [6] с модификациями: 100 мкл экстракта вносили в стеклянную пробирку, содержащую 400 мкл воды. Затем добавляли 30 мкл 5%-го раствора нитрита натрия. Через 5 минут добавляли 30 мкл 10%-го раствора треххлористого алюминия. Спустя 6 минут добавляли 200 мкл 1 М NaOH, доводили общий объем до 1 мл водой и тщательно перемешивали. Концентрацию флавоноидов определяли фотометрическим методом при 510 нм и выражали в кверцетиновом эквиваленте.

В наших экспериментах был использован стандартный раствор Рингера, который содержал (мМ): 135 NaCl, 5 KCl, 2 CaCl₂, 1 MgCl₂, 10 HEPES, 5 глюкозы, pH 7,4 (290 мОсм/кг H₂O). Гипотонический раствор (147±2 мОсм/кг H₂O) готовили путем разведения раствора Рингера в соотношении 3:4 H-буфером следующего состава (мМ): 5 KCl, 10 HEPES, 2 CaCl₂, 1 MgCl₂, 5 глюкозы, pH 7,4 (40±2 мОсм/кг-H₂O). Все реактивы имели квалификацию «х.ч.» или «ч.д.а.».

В работе использовали метод регистрации клеточного объема по величине светопропускания [7]. Изменение объема тимоцитов регистрировали в проходящем свете с помощью микроколориме-

тра МКМФ-1. Использовали светофильтр с максимумом пропускания при 610 нм.

Выделение тимоцитов проводили, как описано ранее [8]. Концентрационные зависимости влияния испытуемых веществ на регуляцию объема тимоцитов аппроксимировали с помощью уравнения Хилла следующего вида:

$$RVD = RVD_{min} + (RVD_{max} - RVD_{min}) / (1 + (C/C_{50})^h) \quad (1)$$

Здесь: RVD_{min} и RVD_{max} – минимальная и максимальная величина регуляторного уменьшения объема тимоцитов (%), C – концентрация вещества (мкМ), C_{50} – концентрация вещества, оказывающая полумаксимальный эффект (мкг/мл), h – коэффициент Хилла.

Для оценки гемолитической активности экстракта общих флавоноидов из каперсов при изоосмотических условиях, кровь брали у добровольцев по общепринятой методике с использованием гепарина в качестве антикоагулянта [9]. Цельную кровь разводили в соотношении 1:10 раствором Рингера и центрифугировали при 3000 об/мин в течение 10 мин, затем эритроциты отмывали аналогичным образом 3 раза в растворе Рингера и готовили 8%-суспензию. В лунки платы микротитратора помещали 200 мкл чистого раствора Рингера (контроль), или раствора Рингера, содержащего экстракты в указанных концентрациях. В лунку к приготовленному раствору добавляли 200 мкл 8%-й суспензии эритроцитов, инкубировали смесь при 37°C в течение 60 мин и определяли содержание гемоглобина в супернатанте по светопоглощению при 540 нм. Процент гемолиза рассчитывали по формуле:

$$\text{Гемолиз} = (ОП/ОП_{100}) * 100\% \quad (2)$$

где ОП – оптическая плотность супернатанта в опыте; $ОП_{100}$ – средняя оптическая плотность супернатанта в 3-х лунках с детергентом тритон Х-100. Гемолиз, рассчитанный для 3-х контрольных лунок, показывает уровень спонтанного гемолиза при данных экспериментальных условиях.

Данные анализировались с использованием программы Origin, версии 8 (OriginLab, Northampton, MA, США). Все данные приведены как среднее \pm стандартная ошибка для n экспериментов. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием t -теста Стьюдента.

Результаты определения сухого остатка и общего содержания флавоноидов приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Содержание сухого вещества и общих флавоноидов
в экстрактах различных частей каперсов**

№	Части растения	Содержание сухого вещества (мг/мл)	n	Содержание флавоноидов (мг/мл)	n	Доля флавоноидов в сухом веществе (%)
1	Стебель	3,74 \pm 0,26	4	0,59 \pm 0,09	3	15,8
2	Плоды	15,3 \pm 0,4	5	0,44 \pm 0,09	4	2,88
3	Корень	13,9 \pm 0,35	4	0,12 \pm 0,03	3	0,87
4	Семена	3,7 \pm 0,2	5	0,18 \pm 0,02	4	4,86

Из таблицы 1 видно, что наибольшее количество экстрагируемого материала содержится в плодах и корне каперсов, из которых можно было получить до 14-15 мг/мл вещества. Стебли и семена содержали примерно в 4 раза меньше материала. По содержанию общих флавоноидов и их доле в сухом остатке экстрактов наиболее богатым оказался экстракт из стебля, в котором флавоноиды составляли до 16% от сухой массы. Наиболее бедным по содержанию флавоноидов оказался корень растения, в котором содержание флавоноидов не достигало и 1%. Поскольку семена содержат большое количество нейтральных триглицеридов, измельченные семена сначала обезжиривались путем 3-х кратного отмывания экстракционным бензином и только затем подвергались экстракции 80% этанолом. Эта процедура могла в определенной мере повлиять на общее содержание экстрагируе-

мого материала в семенах каперсов. Далее полученные экстракты использовались для тестирования по изучению их влияния на регуляцию объема тимоцитов при осмотическом стрессе и на выход гемоглобина из эритроцитов. Концентрация добавляемых экстрактов выражалась в пересчете на сухую массу согласно данным таблицы 1.

В изотонической среде (нормальный раствор Рингера) объем тимоцитов оставался на постоянном уровне в течение 20 мин. При попадании в гипоосмотическую среду, тимоциты сначала быстро набухали, но затем восстанавливали свой объем до уровня, близкого к исходному, в течение 20-30 мин (Рис. 1). При 15-минутной инкубации клеток в гипоосмотической среде регуляторное уменьшение объема для контроля в среднем было $RVD = 75,8 \pm 3,1\%$ ($n=12$).

Экстракт стебля практически не оказывал никакого влияния на регуляторное уменьшение объема клеток вплоть до концентрации 100 мкг/мл. При этом средние величины параметра RVD не отличались статистически значимо от контрольных величин (данные не показаны).

Водно-спиртовой экстракт плодов каперсов при концентрации 36 мкг/мл наполовину подавлял регуляцию клеточного объема, а при концентрации 72,6 мкг/мл полностью останавливал этот процесс (Рис. 1). Кривая дозозависимости средних величин параметра RVD хорошо описывалась уравнением Хилла (1) с полумаксимальным эффектом при $C_{50} = 37,5 \pm 1,2$ мкг/мл и коэффициентом Хилла равным $7,6 \pm 4,2$. При дальнейшем увеличении дозы препарата до 150 мкг/мл наблюдается некоторое восстановление способности клеток регулировать свой объем, что может быть связано с неспецифическим пермеабилизирующим влиянием экстракта на плазмалемму и связанный с этим выброс внутриклеточных осмолитов во внеклеточную среду.

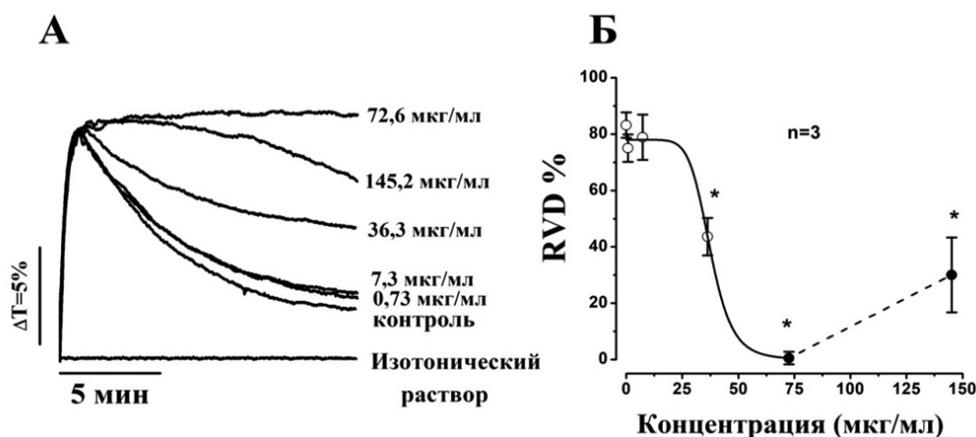


Рис. 1. Влияние экстракта из плодов каперсов на регуляцию объема тимоцитов в гипоосмотической среде.

А – Показаны оригиналы записей регистрации изменения светопропускания суспензии клеток. Б – Зависимость параметра RVD от концентрации экстракта из плодов каперсов. Здесь и далее звездочками (*) отмечены значения, статистически значимо отличающиеся от контроля при $P < 0,05$.

Экстракт корней каперсов, практически не действовал на тимоциты вплоть до концентрации 150 мкг/мл. Хотя на кривой дозозависимости и можно было отметить небольшую активацию при малых концентрациях, которая сменялась падением при больших, однако все эти небольшие вариации были в пределах экспериментальной ошибки измерения и статистически не отличались от контрольных величин при уровне доверительной вероятности 0,05 (данные не показаны).

В то же время экстракт семян каперсов оказывал ярко выраженное ингибирующее действие на регуляцию объема тимоцитов (Рис. 2). Эффект был замечен уже начиная с дозы 3,7 мкг/мл. При 74 мкг/мл, способность тимоцитов регулировать свой объем была полностью подавлена. В отличие от плодов (Рис. 1), даже при концентрации экстракта семян 150 мкг/мл не наблюдалось обратного эффекта восстановления регуляции объема клеток. Кривая доза-ответ хорошо описывалась уравнением Хилла (1) с полумаксимальным эффектом при $C_{50} = 39,7 \pm 4,3$ мкг/мл. Коэффициент Хилла при этом составил $3,5 \pm 0,8$.

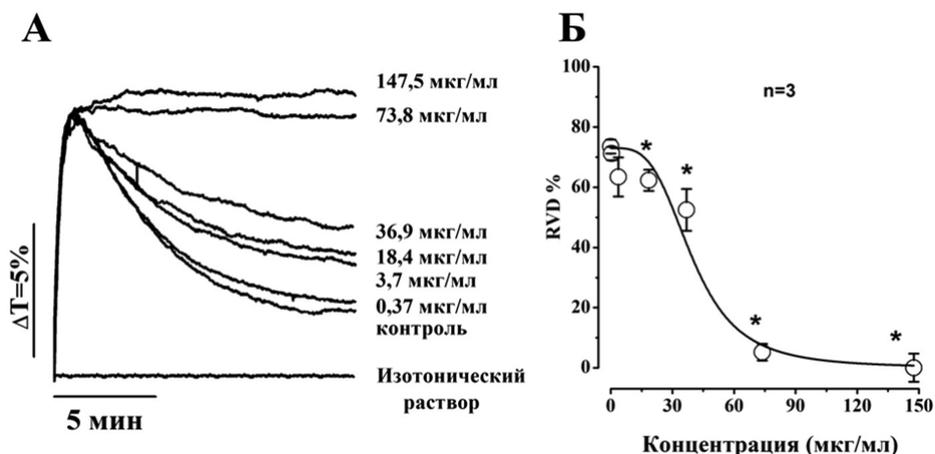


Рис. 2. Влияние экстракта из семян каперсов на регуляцию объема тимоцитов в гипосмотической среде.

А – Показаны оригиналы записей регистрации изменения светопропускания суспензии клеток. Б – Зависимость параметра *RVD* от концентрации экстракта из семян каперсов.

В экспериментах по изучению выхода гемоглобина из человеческих эритроцитов в изотонических условиях сам экстрагент (80% этиловой спирт, квадраты на Рис. 3), так же как и экстракты стебля и корня каперсов, не оказывали заметного влияния. Уровень гемолиза, определенный в присутствии этих веществ, в концентрациях вплоть до 1000 мкг/мл не превышал 2,1% (Рис. 3). Эта величина статистически значимо не отличается от уровня спонтанного гемолиза, определенного в контрольных условиях в отсутствии экстрактов.

В то же время, экстракты плодов и семян каперсов обладали умеренной гемолитической активностью. Кривые дозозависимости гемолитического действия этих экстрактов хорошо описывались сигмоидной функцией. Полумаксимальный гемолиз человеческих эритроцитов наблюдался при $C_{50} = 281 \pm 2,4$ мкг/мл для экстракта плодов и при $C_{50} = 581 \pm 9,8$ мкг/мл для экстракта семян.

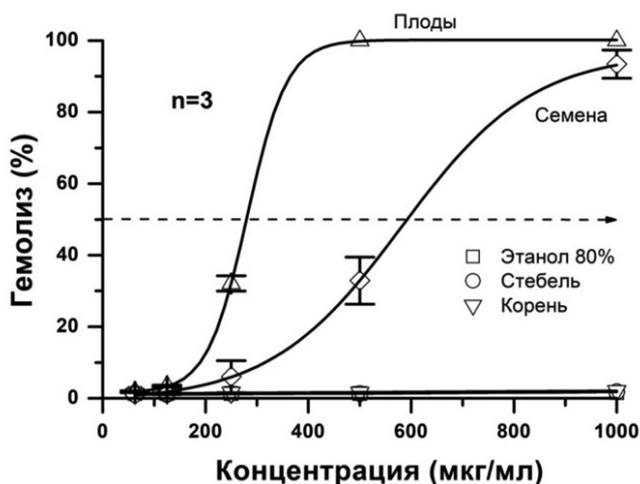


Рис. 3. Зависимость уровня гемолиза человеческих эритроцитов от концентрации экстрактов из различных частей каперсов. n – число повторов.

Таким образом, неактивные на тесте регуляции объема экстракты стебля и корня каперсов были также неактивны и в тесте на гемолитическую активность. Вместе с тем, экстракты плодов и семян, эффективно подавлявшие регуляцию клеточного объема, были также способны лизировать человеческие эритроциты. Сравнивая величины концентраций, при которых наблюдались полумаксимальные эффекты, можно заключить, что цитоллиз наблюдается при концентрациях экстрактов плодов и семян, в 6-10 раз превышающих дозы, при которых они подавляют регуляцию объема тимоцитов. Это может означать, что за эти два эффекта отвечают различные компоненты экстрактов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chedraoui S., Abi-Rizk A., El-Beyrouthy M., Chalak L., Ouaini N., Rajjou L. *Capparis spinosa* L. in A Systematic Review: A Xerophilous Species of Multi Values and Promising Potentialities for Agrosystems under the Threat of Global Warming // *Front Plant Sci.* -2017. -Vol. 8. - P. 1845.
2. Zhang H., Ma Z.F. Phytochemical and Pharmacological Properties of *Capparis spinosa* as a Medicinal Plant // *Nutrients.* -2018. -Vol. 10. № 2.
3. Tagnaout I., Zerkani H., Mahjoubi M., Bourakhouadar M., Alistiqsa F., Bouzoubaa A., Zair T. Phytochemical Study, Antibacterial and Antioxidant Activities of Extracts of *Capparis spinosa* L. // *Int. J. Pharmacol. Phytochem. Res.* -2016. -Vol. 8. № 12. - P. 1993-2006.
4. Lam S.K., Ng T.B. A protein with antiproliferative, antifungal and HIV-1 reverse transcriptase inhibitory activities from caper (*Capparis spinosa*) seeds // *Phytomedicine.* -2009. -Vol. 16. № 5. - P. 444-50.
5. Marinova D., Ribarova F., Atanassova M. Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables // *J Univ Chem Tech Metall.* -2005. -Vol. 40. № 3. - P. 255-60.
6. Samatha T., Shyamsundarachary R., Srinivas P., Swamy N.R. Quantification of total phenolic and total flavonoid contents in extracts of *Oroxylum Indicum* L. kurz // *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research.* -2012. -Vol. 5. № 4. - P. 177-9.
7. Hempling H.G., Thompson S., Dupre A. Osmotic properties of human lymphocyte // *J Cell Physiol.* -1977. -Vol. 93. № 2. - P. 293-302.
8. Sabirov R.Z., Kurbannazarova R.S., Melanova N.R., Okada Y. Volume-sensitive anion channels mediate osmosensitive glutathione release from rat thymocytes // *PLoS One.* -2013. -Vol. 8. № 1. - P. e55646.
9. Кост Е.А. Справочник по клиническим лабораторным методам исследования. - Москва: Медицина, 1975. - 306 p.

МИКРОБИОЛОГИЯ

ХАСАНОВ Б.А., ШЕРИМБЕТОВ А.Г.

ТАКСОНОМИЯ РОДА *FUSARIUM* И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЕГО ВИДОВ (ОБЗОР)

khasanov.batyr@gmail.com

Ташкентский государственный аграрный университет

Xasanov B.A., Sherimbetov A.G.

FUSARIUM TURKUMINING TAKSONOMIYASI VA UNING TURLARINI ANIQLASHNING ZAMONAVIY USULLARI (TAҲЛИЛ)

Fusarium katta, muammoli turkum bo'lib, qishloq xo'jalik fitopatologiyasi, mikotoksikologiya va tibbiyot soha-larida katta ahamiyatga ega. Shu sababdan ushbu turkum turlarini identifikasiya qilishning ishonchli usullari mavjud bo'lishi talab etiladi. Ushbu turkum mavjud bo'lgan davr – 85 yil – davomida uning taksonomiyasi ko'p marta o'zga-rib turgan. Ilgari turkum turlarini identifikasiya qilishda faqat morfologik belgilar qo'llanilgan, keyinroq esa biologik konsepsiya usullari ishlab chiqilgan va amaliyotga kiritilgan. Hozirgi davrda DNK ketma-ketliklari tahlili asosidagi filogenetik usul dominant metod hisoblanadi. Bu obzorda ushbu uchta konsepsiyaning afzalliklari va kamchiliklari hamda *Fusarium* turkumining tanilgan ekspert olimlari o'tkazgan tajribalarining natijalari, jumladan turkum tarkibida 22 ta “turlar komplekslari” o'rnatilishi va uning turlarini muayyan genlar ketma-ketliklarini aniqlash asosida identifi-kasiya qilish usullari muhokama qilinadi.

Kalit so'zlar: *Fusarium*, turkum, turlar, identifikasiya, morfologik, biologik, filogenetik konsepsiya, “turlar kom-plekslari”, genlarning sikvenslari.

Хасанов Б.А., Шеримбетов А.Г.

ТАКСОНОМИЯ РОДА *FUSARIUM* И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЕГО ВИДОВ (ОБЗОР)

Род *Fusarium* является большим, проблемным и имеет большое значение в сельскохозяйственной фито-патологии, микотоксикологии и медицине, поэтому необходимы надёжные методы идентификации его видов. За время исследований этого рода течение 85 лет его таксономия менялась многократно. Раньше для иден-тификации видов этого рода использовались только морфологические признаки, позже были разработаны и вошли в практику методы на основе биологической концепции. В настоящее время доминирующими метода-ми является филогенетические методы, основанные на анализе последовательностей ДНК. В данном обзоре обсуждаются преимущества и недостатки этих трёх концепций, а также результаты исследований признанных экспертов рода *Fusarium*, в том числе установление этими учёными 22-х «комплексов видов» в составе рода и методы идентификации его видов на основе секвенирования определённых генов.

Ключевые слова: *Fusarium*, род, виды, идентификация, морфологическая, биологическая, филогенетиче-ская концепции, «комплексы видов», циквены генов.

Khasanov B.A., Sherimbetov A.G.,

TAXONOMY OF THE GENUS *FUSARIUM* AND MODERN METHODS OF IDENTIFICATION ITS SPECIES (REVIEW)

Fusarium is a large and problem genus having a huge importance in plant pathology, mycotoxicology and medi-cine. This necessitates an availability of reliable methods for identification of *Fusarium* species. During 85 years after its foundation by Link, a taxonomy of this genus has been changed many times. Identification of *Fusarium* species for many years has been based only on its morphological characters, but later methods of the biological species concept have been developed and introduced into practice. Currently the phylogenetic method based on DNA sequencing dominates and it has become the most important one. This paper reviews advantages and disadvantages of these three species concepts, as well as results of investigations of recognized *Fusarium* experts are discussed, including devel-

opment of 22 “species complexes” in the *Fusarium* genus and development of sequence-based species identification approaches of several specific genes by these scientists.

Key words: *Fusarium*, genus, species, identification, morphologic, biologic, phylogenetic concepts, “species complexes”, gene sequencing.

Введение. В род *Fusarium* входят многочисленные экономически очень важные фитопатогенные грибы, ряд представителей которых являются продуцентами микотоксинов [1-3]. Эти вездесущие плесени образуют большое количество токсичных вторичных метаболитов, таких как трихотецины, зеараленоны, фумонизины и энниатины, создающие значительные угрозы безопасности сельского хозяйства, пищевых продуктов, для здоровья растений, людей, сельскохозяйственных и других животных [4, 5]. Определённым видом р. *Fusarium* поражается фактически каждый вид экономически важных культурных растений, и фузариозы ежегодно наносят сельскохозяйственному производству ущерб, оцениваемый во многие миллиарды евро [6].

Более того, разные, в том числе фитопатогенные, виды р. *Fusarium*, вызывают болезни у людей [7-12]. Чаще всего они поражают роговую оболочку глаз и ногти. В то же время в связи с наличием устойчивости у этих грибов к широкому спектру имеющихся в настоящее время противогрибных лекарств, они из очагов инфекции распространяются по всему организму больных людей (чаще всего с ослабленным иммунитетом), вызывая у них системную инфекцию, сильную нейтропению¹, что обычно приводит к летальному исходу практически у 100% пациентов [13-15]. Установлено, что источником внутрибольничных фузариозов может быть водопроводная система, в которой могут сохраняться наиболее обычные оппортунистические² патогены из р. *Fusarium* [9, 16]. Аккуратная идентификация этиологического или инфекционного агента является основным условием борьбы с фузариозами растений или людей [17].

ТАКСОНОМИЯ РОДА *FUSARIUM*

Основы таксономии этого рода обсуждались нами ранее [18, 19]. В состав рода *Fusarium* в разные периоды включали разное число видов – более 1000 в начале 1900-х, 9 в 1950-1960-х, от 100 до 500 в 2006-2008 гг. [2]. Причиной увеличения количества видов до 1000 было то, что каждый изолят из нового вида растения-хозяина необоснованно описывали как новый вид [1]. Такое состояние путаницы длилось до появления работы немецких микологов Волленвебера и Рейнкинга [20], которые разработали наиболее консолидированную морфологическую таксономию рода *Fusarium*. Они заново сформулировали концепцию вида в этом роде, разработали руководство для идентификации его видов, которая была независима от растений-хозяев и основана на микологических признаках изучаемых штаммов. Объём проделанной ими гигантской работы можно увидеть из следующих примеров: изучив и проанализировав около 1000 опубликованных в печатных изданиях названий грибов рода *Fusarium*, 77 названий они сделали синонимами единственного вида *F. avenaceum*, и ещё 133 названия – синонимами *F. lateritium* и его телеоморфы. Всего в состав рода *Fusarium* они включили 16 секций и 142 таксона, в том числе 65 видов, 55 разновидностей и 22 специализированные формы [20].

В дальнейшем разные исследователи из различных стран включали в состав рода *Fusarium* разное количество видов (см. табл. 1), однако за небольшими изменениями, основы таксономии Волленвебера и Рейнкинга сохранились во многих из этих, полностью или в основном, морфологических таксономических систем.

Таксономия р. *Fusarium* стабилизировалась в значительной степени с 1980-х годов, когда были опубликованы определители немецких микологов Герлаха, Ниренберга [31] и американского миколога Нельсона с соавторами [32], которые разработали морфологическую концепцию вида. Эта концепция принята исследователями всего мира и до сих пор успешно применяется в практике. Со времени появления этих публикаций появившиеся методы биологической [33] и филогенетической [34] концепций вида показали, что многие из ранее описанных видов р. *Fusarium* необходимо разделить на новые виды, так как они оказались не самостоятельными видами, а комплексами (группами) ВИДОВ.

¹ Нейтропения – снижение количества лейкоцитов-нейтрофилов в крови.

² Оппортунистический патоген – микроорганизм, вызывающий болезнь у ослабленных организмов (человека, животных, растений), в том числе у стареющих органов растений.

История развития морфологической таксономии рода *Fusarium*

Авторы классификационных систем	Кол-во видов
Wollenweber, Reinking, 1935 [20]; Германия	65
Snyder, Hansen, 1940-е, 1954 [21, 22]; США	9
Райлло, 1950 [23]; бывший СССР – Россия	55
Gordon, 1952 [24]; Канада	26
Билай, 1955 [25]; бывший СССР – Украина	26
Билай, 1977 [26]; бывший СССР – Украина	31
Messiaen, Cassini, 1968 [27]; Франция	9
Booth, 1971 [28]; Англия	44
Matuo, 1972 [29]; Япония	10
Joffe, 1974 [30]; бывший СССР – Россия, Израиль	33
Gerlach, Nirenberg, 1982 [31]; Германия	78
Nelson, Toussoun, Marasas, 1983 [32]; США, ЮАР	30
Leslie, Summerell, 2006 [1]; США, Австралия	70

Морфологическая концепция вида основывается на морфологических признаках (размеры, очертания, септированность спор и т.д.). *Биологическая концепция* подразумевает, что при скрещиваниях гетероталлические изоляты одного и того же вида *Fusarium* с разными половыми знаками являются перекрёстно совместимыми и потомство от их скрещивания является жизнеспособным и фертильным. *Филогенетическая концепция* предусматривает определение последовательностей ДНК (обычно одного или нескольких «законсервированных подходящим образом» генов) и анализ полученных данных согласно кладистике³ для формирования филогенетических схем, т.е. определения групп изолятов, относящихся к одному и тому же кладу, и изоляты на определённом уровне этой схемы считаются принадлежащими к одному и тому же виду [1, 35, 36, 38].

Каждая из этих трёх концепций имеет свои преимущества и недостатки (ограничения) [1, 2, 6, 35, 37], которые суммированы ниже.

Морфологическая концепция

Преимущества: Классические микологические методы изучения морфологических признаков микроскопических грибов, в том числе видов рода *Fusarium*, хорошо известны широкой массе исследователей, издавна и широко применяются в практике для идентификации видов грибов в течение уже более 200 лет.

Недостатки: Количество морфологических признаков, относительно легко и надёжно дифференцирующих виды у грибов рода *Fusarium*, намного меньше, чем количество видов, которые нужно дифференцировать; в результате этого многие виды по этим признакам дифференцировать невозможно.

Биологические концепции

Преимущества: • Методы биологической концепции (скрещивание изучаемых изолятов неизвестного вида с тестерными изолятами определённых видов рода *Fusarium*) позволяют дифференцировать самостоятельные виды в составах комплексов видов, например, этот метод позволил выделить несколько видов (*F. verticillioides*, *F. thapsinum* и др.) в составе бывшего комплексного вида «*F. moniliforme*» (теперь комплекса видов *Fusarium fujikuroi*). • Обычно результаты биологических и филогенетических анализов совпадают.

Недостатки: • Многие изоляты и виды рода *Fusarium* асексуальны и не имеют известной

³ Кладистика – филогенетическая систематика; клад – монофилетическая группа родственных изолятов, произошедших от общего предка.

половой стадии, поэтому этот метод невозможно применить к ним. • Кроме того, многие виды этого рода даже с известными телеоморфами в природе (или даже в лаборатории) при скрещивании не дают фертильных перитециев или образуют их редко и с большим трудом. • Имеются случаи, когда результаты биологических анализов не совпадают с результатами филогенетических анализов, хотя совпадают с результатами морфологических анализов (напр., в случае с гомоталличным видом *F. graminearum*).

Филогенетические концепции

Преимущества: • Методы филогенетических концепций являются «революционными» в микологии и позволяют прояснять многие таксономические трудности. Филогенетические концепции используют различные маркеры, чаще всего различия в сиквенсах ДНК выбранных генов; с помощью такого исследования можно количественно определить генетическое родство между изолятами различных грибов, в том числе видов рода *Fusarium*.

Недостатки: • Для филогенетических анализов требуется брать как можно больше изолятов каждого вида *Fusarium*, так как малое число изолятов не будет репрезентативным из-за большой внутривидовой изменчивости. • Неправильное применение филогенетических методов или неправильная интерпретация результатов исследований может приводить к путанице. Нередко бывает трудно определить границы признаков вида, провести линию между «видами» и ответить на вопрос «Насколько различными (отличающимися друг от друга) должны быть штаммы, чтобы их можно было считать самостоятельными таксонами?» В результате этого иногда некоторые авторы несколько групп изолятов одного и того же вида начинают необоснованно считать самостоятельными видами. Поэтому филогенетические анализы всегда должны сопровождаться морфологическими анализами. • Многие хранящиеся в базах данных (напр., в NCBI⁴) сиквенсы идентифицированы неправильно. • Возможность использования отдельных генов, в том числе области ITS ядерной рДНК (выбранной в качестве официального баркод-локуса для царства Грибы (см. [39, 40]), большой субъединицы рДНК и в-тубулина оказались ограниченными по разным причинам, и их не рекомендуют самостоятельно использовать для идентификации видов рода *Fusarium*. • Загрязнение ампликонов может привести к получению ложных положительных результатов ПЦР (из-за того, что при ПЦР амплификация ДНК может происходить и из активных, и из неактивных или мёртвых клеток/спор патогена), а наличие ингибирующих компонентов в образцах экстрактов – к получению ложных негативных результатов [37]. • Такие методы, как ДНК-баркодинг, не могут дифференцировать патогенные и непатогенные изоляты одного и того же вида *Fusarium* (напр., изоляты *F. oxysporum* или *F. solani*). В таких случаях единственный путь дифференцировать их – проведение искусственного заражения растения-хозяина этими изолятами.

В трёх наиболее популярных классификационных системах род *Fusarium* не был монофилетическим и включал от 30 [32] до 70 [1] или 78 видов [31]. После появления и всё более широкого применения генетических и молекулярных методов совместно с усовершенствованными морфологическими методами были открыты и описаны множество новых видов в составе этого рода. Молекулярно-филогенетические исследования, проведённые в течение последних 25 лет, позволили сделать род монофилетическим; в настоящее время в его состав входят по меньшей мере 300 филогенетически самостоятельных видов, 20 кладов (которых часто называют «комплексами видов») и девять монофилетических линий⁵ [6]. Вместе с двумя ранее установленными, общее количество комплексов видов сейчас составило 22 (табл. 2).

Необходимо также упомянуть концепцию «Один гриб – один вид», которая означает «кончину» двойной номенклатуры (практики присвоения двух различных названий одному и тому же виду плеоморфных грибов, напр., для стадии телеоморфы и анаморфы у аскомицетов), начиная с 1 января 2013 г. [41], что позже было отражено в новом Международном кодексе номенклатуры водорослей, грибов и растений [42]. Согласно этого решения с 1.01.2013 г. валидным является только родовое название *Fusarium*, которое имеет приоритет над названиями стадии телеоморфы – *Albonectria*, *Gibberella* и *Haematonectria* [6, 43 и др.].

⁴ NCBI – Национальный центр США биотехнологической информации и Национальная библиотека США медицинской литературы (National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine).

⁵ Линия (с английского lineage) – в генетике и филогении – потомок или группа потомков от общего предка.

Комплексы видов рода *Fusarium* [6, 44-50 и др.]

Комплексы видов рода <i>Fusarium</i>	Прибл. кол-во видов
1. <i>Fusarium albidum</i> species complex	2
2. <i>Fusarium babinda</i> species complex	2
3. <i>Fusarium bucharicum</i> species complex	8
4. <i>Fusarium burgessii</i> species complex (FBSC)	3
5. <i>Fusarium buxicola</i> species complex	2
6. <i>Fusarium chlamydosporum</i> species complex (FCSC)	5
7. <i>Fusarium concolor</i> species complex (FCOSP или FCSP)	4
8. <i>Fusarium decemcellularum</i> species complex	10
9. <i>Fusarium dimerum</i> species complex (FDSC)	12
10. <i>Fusarium fujikuroi</i> species complex (FFSC), синоним <i>Gibberella fujikuroi</i> species complex – GFSC	50
11. <i>Fusarium graminearum</i> species complex (FGSC), синоним <i>Gibberella zeae</i> species complex – GZSC	20
12. <i>Fusarium heterosporum</i> species complex (FHSC)	5
13. <i>Fusarium incarnatum</i> / <i>equiseti</i> species complex (FIESC)	40
14. <i>Fusarium lateritium</i> species complex (FLSC)	11
15. <i>Fusarium nisikadoi</i> species complex (FNSP)	5
16. <i>Fusarium oxysporum</i> species complex (FOSC)	5
17. <i>Fusarium redolens</i> species complex (FRSC)	2
18. <i>Fusarium sambucinum</i> species complex (FSAMSC или FSASC)	50
19. <i>Fusarium solani</i> species complex (FSSC)	60
20. <i>Fusarium staphylae</i> species complex	2
21. <i>Fusarium tricinctum</i> species complex (FTSC)	20
22. <i>Fusarium ventricosum</i> species complex	3
Всего	321

Как было сказано выше, в основном с помощью метода «распознавания [т.е., идентификации] филогенетических видов на основе генеалогического соответствия» (GCPSR – genealogical concordance phylogenetic species recognition) к 2015 г. в составе рода *Fusarium* были идентифицированы по меньшей мере 300 филогенетически разных видов; эти результаты были получены в исследованиях репрезентативных культур, хранящихся в трёх коллекциях – NRRL (Agricultural Research Service [ARS] Culture Collection, USDA, США), CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre (Centraalbureau voor Schimmelcultures, Нидерланды) и FRC (Fusarium Research Center, Pennsylvania State University, США). Однако большинство из этих 300 филогенетических видов не имеют ещё своего названия (видового эпитета) и у многих из них не исследованы морфологические признаки [6].

Открытие всё больше новых видов рода *Fusarium* в течение последних 25 лет произошло (и происходит до сих пор) с помощью использования, главным образом, четырёх комплементарных, но различных, технологически и теоретически продвинутых подходов. Эти подходы – а) совместное использование ПЦР + автоматического секвенирования ДНК в начале 1990-х гг.; б) принятие ос-

нованных на GCPSR исследований в качестве золотого стандарта для распознавания видов внутри рода *Fusarium*; в) наличие и доступность большого количества (~40 тыс.) изолятов, хранящихся в коллекциях (напр., в CBS, FRC и NRRL); г) наличие фитопатологических обществ, сотрудничающих глобально и с высокой плодотворностью [6].

Согласно подсчётам учёных, исследующих биологическое разнообразие грибов, количество описанных до настоящего времени ~100 тыс. их валидных⁶ видов составляют лишь 1/10 [51] или 1/50 часть [52] от общего количества всех существующих в природе видов грибов. В частности, большинство изолятов видов р. *Fusarium* до сего времени выделены только из экономически важных культур, т.е. из менее чем 1% от общего числа сосудистых растений [53]. Ожидается, что ведущиеся в мире исследования биоразнообразия [2], а также новых экосистем, усовершенствование молекулярных методов, особенно применение технологии секвенирования следующего поколения (NGS – next-generation sequencing) [54] и завершение идентификации «скрытых видов»⁷ [6] несомненно приведёт к открытию многих новых видов, рост количества видов в этом роде будет продолжаться и в будущем, и их общее число значительно превысит указанное выше число в 300 филогенетических таксонов. По собранной нами информации количество филогенетических видов в роде *Fusarium* уже сегодня превышает 300 (см. табл. 2).

ИДЕНТИФИКАЦИЯ НА ОСНОВЕ СЕКВЕНИРОВАНИЯ [6, 38]

Только три маркерных локуса отвечают трём важным критериям для распознавания филогенетических видов. Эти критерии: 1) возможность применения по всей филогенетической ширине рода *Fusarium*; 2) информативность на уровне вида; 3) выявление ортологий⁸ во всём роде. Эти маркеры – фактор 1-б элонгации трансляции (*TEF1*), большая (*RPB1*) и вторая большая субъединица (*RPB2*) ДНК-зависимой РНК-полимеразы II. В противоположность *TEF1*, высоко изменчивые интроны которого могут надёжно выстраиваться по членам комплексов видов или нескольких близкородственных видов, секвенированные части *RPB1* и *RPB2* могут легко выстраиваться по всему роду *Fusarium* [38]. Необходимы данные секвенирования лишь одного из этих локусов для достаточно аккуратного помещения неизвестной линии в составе комплекса видов (в кладе) по запросу нуклеотидного BLAST у FUSARIUM-ID и/или *Fusarium MLST*, или же после проведения филогенетического анализа.

О’Доннелл с соавторами [6] тоже давали BLAST-запросы в ГенБанк (GenBank), и они предупреждают, что при этом требуется тщательная проверка правильности «топ-хитов», так как: 1) многие сиквенсы в NCBI идентифицированы неправильно [55, 56]; 2) у сиквенсов, депонированных в NCBI для большинства открытых с помощью GCPSR новых видов р. *Fusarium*, отсутствуют бинومیалы; 3) таксономия многих зарегистрированных записей является сильно устаревшей [6].

Сообщают [57], ген в-тубулина был первым протеин-кодирующим геном, использованным при изучении молекулярной филогенетики рода *Fusarium* [45, 58]. Однако выявлено, что возможности его использования ограничены в связи с присутствием дивергентных паралогов⁹ внутри комплексов видов *F. solani*, *F. incarnatum-equiseti* и *F. chlamydosporum*. Хотя область ITS ядерной рДНК выбрана в качестве официального баркод-локуса (штрих-код-локуса) для царства Грибы [39, 40], её полезность в *Fusarium* и многих других группах грибов ограничена тем фактом, что она часто неинформативна на уровне вида, и, подобно *TEF1*, она может быть надёжно использована только для анализа членов комплексов видов или нескольких близкородственных видов. У таких недавно установленных фитопатологически важных линий, как комплексы видов *F. graminearum* [49, 59], *F. oxysporum* [47] и *F. fujikuroi* [45], многие виды имеют идентичные или почти идентичные аллели ITS2 rDNA. Далее, использование ITS rDNA для идентификации видов и филогенетических заключений в роде *Fusarium* усложняется присутствием в высокой степени дивергентных паралогов или ксенологов¹⁰

⁶ Валидный – здесь: официально принятый; законный (например, метод, таксон). валидация (с английского validation) – официальное приятие метода или таксона.

⁷ Скрытый вид («cryptic species») – вид, который в филогенетических исследованиях выделяется в качестве отдельного самостоятельного таксона исключительно на основе генетических различий.

⁸ Ортология – гомология, возникающая вследствие непосредственной эволюции данной последовательности в процессе видообразования. Ортологи обычно выполняют идентичные или сходные функции.

⁹ Паралог (генетика, филогеномика) – один из двух генов, возникших в результате дупликации исходного гена организма при хромосомной мутации, выполняющих разные функции.

¹⁰ Ксенолог (генетика, филогеномика) – тип ортолога, когда из-за горизонтального переноса, гомологические

ITS2 rDNA внутри каждого исследованного штамма шести близкородственных комплексов видов [45]. Это явление обнаружено также в комплексе видов *F. buharicum*; это показывает, что случай дубликации или горизонтального переноса гена произошёл по меньшей мере 49 млн лет тому назад [38].

Проводимое в последнее время в США секвенирование генома с низким охватом для 93-х фузариев, вместе с другими данными о сиквенсах всего генома, будут критическими для разработки NGS-схем типификации, необходимых для описания множества новых видов, которые будут открыты в будущих фитопатологических, биогеографических исследованиях и исследованиях по метагеномике [6, 38].

В статье американских исследователей [6] даётся подробная инструкция и иллюстрации о практике подачи в одну из трёх баз данных BLASTn-запросов по полученным в исследованиях сиквенсам определённых генов и описаны методы работы с полученными от баз ответами. Адреса этих трёх Баз данных, к которым можно иметь доступ по интернету: FUSARIUM-ID (<http://isolate.fusariumdb.org/>; [606 61]; *Fusarium MLST* (<http://www.cbs.knaw.nl/fusarium/>; [8]; NCBI GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) [6].

Исследователям, желающим дать запрос в ГенБанк рекомендуют использовать сиквенсы *TEF1*, *RPB1* и/или *RPB2*, а не сиквенсы ITS или LSU rDNA, и искать сиквенсы, полученные из NRRL среди «top hits». Причина того, почему не рекомендуют использовать сиквенсы ITS rDNA и/или домены D1+D2 LSU rDNA изучаемого неизвестного вида для подачи запроса в ГенБанк в том, что 50% или больше сиквенсов *Fusarium* из этих локусов в NCBI перепутаны. Кроме того, сиквенсы ITS+LSU rDNA слишком законсервированы для дифференциации видовых лимитов у большинства фузариев [6].

Авторы [6] проиллюстрировали возможность допущения обычных ошибок при использовании программы BLASTn для видовой идентификации и способы их преодоления, на примере исследований Сутхара и Бхатта [62]. Последние депонировали в ГенБанке 100 сиквенсов ITS rDNA из одного зарегистрированного номера гриба под предполагаемым названием *F. equiseti*, как BLASTn запрос; однако при этом было обнаружено, что 48 сиквенсов, депонированных с биномиалами, были неправильно идентифицированы на видовом уровне. О’Доннелл и др. [6] также разработали рекомендации для увеличения статистической вероятности аккуратной идентификации изучаемых изолятов рода *Fusarium* до уровня вида или «комплекса видов», состоящие из 10 этапов («шагов»), подробно их описали и обсудили, показав также пути избегания ошибок, с иллюстрациями и примерами; ниже мы приводим список этих 10 этапов:

Исправьте хроматограммы сиквенсов полностью и аккуратно.

Используйте *TEF1*, *RPB1* и/или *RPB2*, не используйте ITS+LSU rDNA.

Перед дачей запроса в ГенБанк дайте запрос в *Fusarium MLST* или FUSARIUM-ID.

Перепроверьте хроматограммы в местах, где в рядах BLASTn имеются промежутки (пустые места).

Тщательно проверьте видовые названия, ассоциирующиеся с «топ-хитами» BLASTn.

По возможности получите сиквенсы ДНК из двух самостоятельных локусов.

Данные опубликованных результатов исследований с применением метода GCPSR могут помочь оценить, когда процент сходства указывает на конспецифичность¹¹.

Овладейте ad hoc (т.е., временной) номенклатурой видов-гаплотипов¹², которые используются в некоторыхкладах.

Получите из Коллекции культур (CBS-KNAW, FRC и NRLL) справки о штаммах.

Очень часто неправильные идентификации обнаруживают и исправляют в лучших журналах.

Пределы изменчивости видов и эволюционные взаимоотношения в некоторых наиболее важных фитопатогенных линиях (напр., в комплексах видов *F. fujikuroi*, *F. oxysporum*, *F. solani* и *F. sambucinum*) ещё не решены полностью; это касается особенно недавно выявленных кладов [6]. Как упоминалось выше, одной из главных целей генерирования данных в масштабе геномов для

последовательности имеются у разных видов.

¹¹ Конспецифичность – принадлежность к одному и тому же виду.

¹² Гаплотип – группа специфических аллелей в кластере компактно сцепленных генов в хромосоме; кластер обычно наследуется целиком.

всего рода *Fusarium* является их использование для нахождения дополнительных филогенетически информативных локусов с целью проведения исследований на уровне вида с применением NGS (секвенирования следующего поколения). Целью исследователей является в недалёком будущем идентифицировать дополнительные гены, такие же информативные как *TEF1*, *RPB1* и *RPB2*, для дальнейших идентификаций видов рода *Fusarium*, молекулярной диагностики и получения надёжных филогенетических данных [6].

Примечание. В последнее время в литературе появились новые сообщения об упразднении комплекса видов *F. graminearum* (FGSC) и включении всех его видов в состав комплекса видов *F. sambucinum* (FSAMSC) [63–65].

ЛИТЕРАТУРА

1. Leslie J.F., Summerell B.A. 2006. The *Fusarium* Laboratory Manual. Ames, Iowa, USA, Blackwell Publishing, 2006, xii + 388 pp.
2. Summerell B.A., Laurence M.H., Liew E.C.Y., Leslie J.F. 2010. Biogeography and phylogeography of *Fusarium*: a review. *Fungal Diversity*, 2010, vol. 44, pp. 3-13. DOI 10.1007/s1325-010-0060-2
3. Aoki T., O'Donnell K., Geiser D. M. 2014. Systematics of key phytopathogenic *Fusarium* species: current status and future challenges. *Journal of General Plant Pathology*, 2014, vol. 80, pp. 189-201.
4. Marasas W. F. O., Nelson P. E., Toussoun T. A. 1984. *Toxicogenic Fusarium Species. Identity and Mycotoxicology*. University Park, Pennsylvania, USA: The Pennsylvania State University Press, 1984, xxi + 328 pp.
5. Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П., Левитин М.М., Новожилов К.В. Фузариоз зерновых культур. Приложение к журналу «Защита и карантин растений», 2011, № 5, с. 70-120.
6. O'Donnell K., Ward T.J., Robert V.A.R.G., Crous P.W., Geiser D.M., Kang S. 2015. DNA sequence-based identification of *Fusarium*: current status and future directions. *Phytoparasitica*, 2015, vol. 43, No. 3, pp. 583-595. DOI 10.1007/s12600-015-0484-z.
7. Chang D.C., Grant G.B., O'Donnell K., Wannemuehler K.A., Noble-Wang J., Rao C.Y. et al. 2006. Multistate outbreak of *Fusarium keratitis* associated with use of a contact lens solution. *Journal of the American Medical Association*, 2006, vol. 296, pp. 953-963.
8. O'Donnell K., Sutton D.A., Rinaldi M. G., Sarver B. A.J., Balajee S.A., Schroers H-J., Summerbell R.C., Robert V.A.R.G., Crous P.W., Zhang N., Aoki T., Jung K., Park J., Lee Y.-H., Kang S., Park B., Geiser D.M. 2010. Internet-accessible DNA sequence database for identifying *Fusaria* from human and animal infections. *Journal of Clinical Microbiology*, 2010, vol. 48, pp. 3708-3718. doi:10.1128/JCM.00989-10.
9. Short D.P.G., O'Donnell K., Zhang N., Juba J.H., Geiser D.M. 2011. Widespread occurrence of diverse human pathogenic types of the fungus *Fusarium* detected in plumbing drains. *Journal of Clinical Microbiology*, 2011, vol. 49, No. 12, pp. 4264-4272.
10. Campbell C.K., Johnson E.M, Warnock D.W. 2013. *Identification of pathogenic fungi*. Second edition. Health Protection Agency. Public Health Laboratory Service. London: «Wiley-Blackwell», 2013, xi+337 pp.
11. Salah H., Al-Hatmi A.M.S., Theelen B., Abukamar M., Hashim S., van Diepeningen A.D., Lass-Flörl C., Boekhout T., Almaslamani M., Taj-Aldeen S.J. 2015. Phylogenetic diversity of human pathogenic *Fusarium* and emergence of uncommon virulent species. *Journal of Infection*, 2015, vol. xx, pp. 1-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jinf.2015.08.011>
12. Ellis D. 2016. *Fusarium* / *Mycology Online*, 2016. The University of Adelaide, Australia. <https://mycology.adelaide.edu.au/descriptions/hyphomycetes/fusarium/> Accessed 07.06.2020.
13. Dignani M.C., Anaissie E. 2004. Human fusariosis. *J. of Clinical Microbiology and Infection*, 2004, vol. 10, Suppl. 1, pp. 67-75.
14. Balajee S.A., Borman A.M., Brandt M.E. et al. (16 authors total). 2009. Sequence-based identification of *Aspergillus*, *Fusarium*, and *Mucorales* species in the clinical mycology laboratory: Where are we and where should we go from here? *J. of Clinical Microbiology and Infection*, 2009, vol. 47, No. 4, pp. 877-884. doi:10.1128/JCM.01685-08.
15. Wang H., Xiao M., Kong F., Chen S., Dou H.-T., Sorrell T., Li R.-Y., Xu Y.-C. 2011b. Accurate and practical identification of 20 *Fusarium* species by seven-locus sequence analysis and reverse line blot

- hybridization, and an in vitro antifungal susceptibility study. *J. of Clinical Microbiology and Infection*, 2011b, vol. 49, No. 5, pp. 1890-1898. doi:10.1128/JCM.02415-10.
16. Kuchar R. T. 1996. Isolation of *Fusarium* from hospital plumbing fixtures: implications for environmental health and patient care. M.S. thesis. The University of Texas Health Science Center, Houston, TX. (цит. по O'Donnell et al., 2015).
 17. Wingfield M.J., de Beer Z.W., Slippers B., Wingfield B.D., Groenewald J.Z., Lombard L., Crous P.W. 2012. One fungus, one name promotes progressive plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 2012, vol. 13, No. 6, pp. 604-613. DOI: 10.1111/J.1364-3703.2011.00768.X.
 18. Хасанов Б.А. Фузариозный вилт хлопчатника и современные методы идентификации грибов из рода *Fusarium* Link. *Узбекский биол. ж.*, 2013, № 4, с. 18-24.
 19. Хасанов Б.А. Фузариозный вилт хлопчатника и современные методы идентификации грибов рода *Fusarium*. Монография. Изд. «Тахририят-Нашриёт» ТашГАУ, Ташкент, 2017, 136 с. с ил.
 20. Wollenweber H.W., Reinking O.A. 1935. Die Fusarien, ihre Beschreibung, Schadwirkung und Bekämpfung. Verlag Paul Parey, Berlin, Germany: 355 pp.
 21. Snyder W.C., Hansen H.N. 1940. The species concept in *Fusarium*. *American Journal of Botany* 1940, vol. 27, pp. 64-67.
 22. Snyder W.C., Hansen H.N. 1954. Variation and speciation in the genus *Fusarium*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1954, vol. 60, No. 1, pp. 16-23.
 23. Райлло А.И. Грибы рода *Fusarium*. М.: «Госиздат. с.-х. л.», 1950, 456 с.
 24. Gordon W.L. 1952. The occurrence of *Fusarium* species in Canada. II. Prevalence and taxonomy of *Fusarium* species in cereal seed. *Can. J. Bot.*, 1952, vol. 30, No. 2, pp. 209-251.
 25. Билай В. И. Фузариин. Киев: «Наукова думка», 1955, 320 с.
 26. Билай В. И. Фузариин. Изд. 2-е. Киев: «Наукова думка», 1977, 443 с.
 27. Messiaen C.M., Cassini R. 1968. Recherches sur la fusarioses. IV. La systématique des *Fusarium*. *Annals Epiphyt.*, 1968, vol. 19, pp. 387-454 (цит. по Leslie, Summerell, 2006).
 28. Booth, C. 1971. The genus *Fusarium*. The Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England, 858 pp.
 29. Matuo T. 1972. Taxonomic studies of phytopathogenic *Fusaria* in Japan. *Rev. Plant Protection Res.*, 1972, vol. 5, pp. 34-45 (цит. по Leslie, Summerell, 2006).
 30. Joffe A.Z. 1974. A modern system of *Fusarium* taxonomy. *Mycopathol. Mycol. Appl.*, 1974, vol. 53, pp. 201-228.
 31. Gerlach W., Nirenberg H.I. 1982. The genus *Fusarium* – a pictorial atlas. *Mitt. Biol. Bundes. Land-Forst. (Berlin – Dahlem)* 209: 1-406.
 32. Nelson P.E., Tousson T.A., Marasas W.F.O. 1983. *Fusarium* species: An illustrated manual for identification. University Park, Pennsylvania, USA: The Pennsylvania State University Park, 1983, 193 pp.
 33. Leslie J.F. 2001. Population genetics level problems in the *Gibberella fujikuroi* species complex. Pages 113-121 in: *Fusarium: P.E. Nelson Memorial symposium*. B.A. Summerell, J.F. Leslie, D. Backhouse, W.L. Bryden, L.W. Burgess, eds. APS, St. Paul, MN (цит. по Summerell et al., 2003).
 34. Nirenberg H.I., O'Donnell K. 1998. New *Fusarium* species and combinations within the *Gibberella fujikuroi* species complex. *Mycologia*, 1998, vol. 90, No. 3, pp. 434-458.
 35. Taylor J.W., Jacobson D.J., Kroken S., Kasuga T., Geiser D.M., Hibbett D.S., Fisher M.C. 2000. Phylogenetic species recognition and species concepts in fungi. *Fungal Genetics and Biology*, 2000, vol. 31, No. 1, pp. 21-32. doi:10.1006/fgbi.2000.1228.
 36. Summerell B.A., Salleh B., Leslie J.F. 2003. A utilitarian approach to *Fusarium* identification. *Plant Disease*, 2003, vol. 87, No. 2, pp. 117-128.
 37. Saikia R., Kadoo N. 2010. Chapter 7. Molecular detection and identification of *Fusarium oxysporum*. Pages 131-157 in: Gherbawy Y., Voigt K., eds. *Molecular identification of fungi*. DOI 10.1007/978-3-642-05042-8_7, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010, 501 pp.
 38. O'Donnell K., Rooney A P., Proctor R.H., Brown D.W., McCormick S.P., Ward T.J., et al. 2013. Phylogenetic analyses of RPB1 and RPB2 support a middle Cretaceous origin for a clade comprising all agriculturally and medically important *Fusaria*. *Fungal Genetics and Biology*, 2013, vol. 52, No. 1, pp. 20-31.
 39. Schoch C. L., Seifert K. A., Huhndorf S., Robert V., Spouge J. L., Levesque C. A., Chen W. et al. (31

- authors in total). 2012. Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for Fungi. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 2012, vol. 109, pp. 6241-6246.
40. Inderbitzin P., Robbertse B., Schoch C.L. Species identification in plant-associated prokaryotes and fungi using DNA. Review. *Phytobiomes Journal*, 2020, vol. 4, No. 2, pp. 103-114.
 41. Hawksworth D.L., Crous P.W., Redhead S.A. et al. (88 authors total). 2011. The Amsterdam Declaration on Fungal Nomenclature. *IMA Fungus*, 2011, vol. 2, No. 1, pp. 105-112. doi:10.5598/ima fungus.2011.02.01.14.
 42. ICN, 2018 – International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (ICNafp, 2018). <https://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php> Accessed 28.12.2019.
 43. Geiser D.M., Aoki T., Bacon C.W. Baker S.E., Bhattacharyya M.K., Brandt M.E., et al. (66 authors total) 2013. Letter to the editor: One fungus, one name: Defining the genus *Fusarium* in a scientifically robust way that preserves longstanding use. *Phytopathology*, 2013, vol. 103, No. 5, pp. 400-408. Available at: <http://hdl.handle.net/2078.1/135001>.
 44. Yli-Mattila T., Paavanen-Huhtala S., Bulat S.A., Alekhina I.A., Nirenberg H.I. 2002. Molecular, morphological and phylogenetic analysis of the *Fusarium avenaceum*/*F. arthrosporioides*/*F. tricinctum* species complex – a polyphasic approach. *Mycological Research*, 2002, vol. 106, No. 6, pp. 655-669. <https://doi.org/10.1017/S0953756202006020>
 45. O'Donnell K., Cigelnik E., Nirenberg H. I. 1998. Molecular systematics and phylogeography of the *Gibberella fujikuroi* species complex. *Mycologia*, 1998, vol. 90, No. 3, pp. 465-493.
 46. O'Donnell K., Ward T.J., Abera D., Kistler H.C., Aoki T., Orwig N., Kimura M., Bjornstad A., Klemsdal S.S. 2008. Multilocus genotyping and molecular phylogenetics resolve a novel head blight pathogen within the *Fusarium graminearum* species complex from Ethiopia. *Fungal Genetics and Biology*, 2008, vol. 45, No. 11, pp. 1514-1522
 47. O'Donnell K., Gueidan C., Sink S., Johnston P.R., Crous P.W., Glenn A., Riley R., Zitomer N.C., Colyer P., Waalwijk C., Lee T., Moretti A.S., Kang S., Kim H.S., Geiser D.M., Juba H.J., Baayen R.P., Cromey P.W., Bithell A., Sutton R.R., Skovgaard K., Ploetz R., Kistler H., Sarver B.A. 2009. A two-locus DNA sequence data-base for typing plant and human pathogens within the *Fusarium oxysporum* species complex. *Fungal Genetics and Biology*, 2009, vol. 46, No. 12, pp. 936-948.
 48. Laurence M.H., Summerell B.A., Burgess L.W., Liew E.C.Y. 2011. *Fusarium burgessii* sp. nov. representing a novel lineage in the genus *Fusarium*. *Fungal Diversity*, 2011, vol. 49, pp. 101-112. DOI 10.1007/s13225-011-0093-1.
 49. Sarver B. A.J., Ward T.J., Gale L.R., Broz K., Kistler H.C., Aoki T., Nicholson P., Carter J., O'Donnell K. 2011. Novel *Fusarium* head blight pathogens from Nepal and Louisiana revealed by multilocus genealogical concordance. *Fungal Genetics and Biology*, 2011, vol. 48, No. 12, pp. 1096-1107. <https://doi.org/10.1016/j.fgb.2011.09.002>
 50. Wang J.-H., Ndoye M., Zhang J.-b., Li H.-P., Liao Y.-C. 2011a. Population structure and genetic diversity of the *Fusarium graminearum* species complex. *Toxins*, 2011a, vol. 3, pp. 1020-1037. <http://dx.doi.org/10.3390/toxins3070920>.
 51. Hawksworth D.L. 2001. The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. *Mycol. Res.* 2001, vol. 105, No. 12, pp. 1422-1432. DOI: 10.1017/S0953756201004725
 52. Blackwell M. 2011. The Fungi: 1, 2, 3 ... 5.1 million species? *American J. Bot.*, 2011, vol. 98, No. 3, pp. 926-938. doi:10.3732/ajb.1000298.
 53. Simpson B.B., Ogorzaly M.C. 1995. *Economic Botany: plants in our world*. 3rd edition. New York, USA: McGraw-Hill, Inc. 1995, 544 pp.
 54. Boers S.A., van der Reijden W.A., Jansen R. 2012. High-throughput multilocus sequence typing: bringing molecular typing to the next level. *PLoS ONE*, 2012, vol. 7, No. 7: e39630. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039630>.
 55. Bidartondo M.I., Bruns T.D., Blackwell M., Edwards, I., Taylor A.F.S., Horton T. et al. (256 authors total). 2008. Preserving accuracy in GenBank. *Science*, 2008, vol. 319, No. 5870, p. 1616. DOI: 10.1126/science.319.5870.1616a
 56. Kang S., Mansfield M.A., Park B., Geiser D.M., Ivors K.L., Coffey M.D., Grunwald N.J., Martin F.N., Lévesque C.A., Blair J.E. 2010. The promise and pitfalls of sequence-based identification of

- plant-pathogenic fungi and oomycetes. *Phytopathology*, 2010, vol. 100, No. 8, pp. 732-737. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-100-8-0732>.
57. Tsai H.-F., Liu J.-S., Staben C., Christensen M.J., Latch G.C.M., Siegel M.R., et al. 1994. Evolutionary diversification of fungal endophytes of tall fescue grass by hybridization with *Epichloë* species. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 1994, vol. 91, No. 7, pp. 2542-2546.
 58. O'Donnell K., Cigelnik E. 1997. Two divergent intragenomic rDNA ITS2 types within a monophyletic lineage of the fungus *Fusarium* are nonorthologous. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 1997, vol. 7, No. 1, pp. 103-116.
 59. Abedi-Tizaki M., Zafari D. 2017. Geographic distribution of phylogenetic species of the *Fusarium* graminearum species complex and their 8-ketotrichothecene chemotypes on wheat spikes in Iran. *Mycotoxin Research*, 2017, vol. 33, No. 3, pp. 245-259. DOI 10.1007/s12550-017-0283-0
 60. Geiser D.M., Jimenez-Gasco M., Kang S., Makalowska I., Veeraraghavan N., Ward T.J., Zhang N., Kulda G.A., O'Donnell K. 2004. FUSARIUM-ID v. 1.0: A DNA sequence database for identifying *Fusarium*. *European Journal of Plant Pathology*, 2004, vol. 110, pp. 473-479.
 61. Park B., Park J., Cheong K.-C., Choi J., Jung K., et al. 2010. Cyber infrastructure for *Fusarium*: three integrated platforms supporting strain identification, phylogenetics, comparative genomics, and knowledge sharing. *Nucleic Acids Research*, 2010, vol. 39, Issue Suppl. No. 1, pp. D640-D646.
 62. Suthar R.S., Bhatt P.N. 2011. In silico identification of *Fusarium* strain NFCCI 2157 isolated from cumin wilt. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 2011, vol. 1, No. 1, pp. 51-54.
 63. Sandoval-Denis M., Swart W.J., Crous P.W. New *Fusarium* species from the Kruger National Park, South Africa. *MycKeys*, 2018, vol. 34, pp. 63-92. doi: 10.3897/mycokeys.34.25974. <http://mycokeys.pensoft.net>.
 64. Maryani N., Sandoval-Denis M., Lombard L., Crous P.W., Kem G.H.J. New endemic *Fusarium* species hitch-hiking with pathogenic *Fusarium* strains causing Panama disease in small-holder banana plots in Indonesia. *Persoonia*, 2019, vol. 43, pp. 48-69. <https://doi.org/10.3767/persoonia.2019.43.02>. www.ingentaconnect.com/content/nhn/pimj.
 65. Iwase C.H.T., Piacentini K.C., Giyomo P.P., Čumová M., Wawroszová S., Běláková S., Minella E., Rocha L.O. Characterization of the *Fusarium sambucinum* species complex and detection of multiple mycotoxins in Brazilian barley samples. *Food Research International*, 2020, vol. 136, Article No. 109336 (in progress). Electronic version accessed 10.07.2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109336>.

БОТАНИКА

IBRAHIMOVA A.G.

DISTRIBUTION PATTERN OF THREATENED PLANTS IN QAKH DISTRICT (AZERBAIJAN): ENVIRONMENTAL FACTORS AFFECTING AND PREDICTION OF THE POTENTIAL DISTRIBUTION

aida_dadashova@mail.ru

Institute of Botany, Azerbaijan National Academy of Sciences

Ибрагимова А.К.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ИСЧЕЗАЮЩИХ РАСТЕНИЙ В КАХСКОМ РАЙОНЕ (АЗЕРБАЙДЖАН): ВЛИЯЮЩИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ

Флористические исследования необходимы для оценки текущего состояния и сохранения биоразнообразия в глобальном и национальном масштабе. В последнее время проводятся исследования биоразнообразия с использованием различных междисциплинарных методов и измерений. Кахский район расположен в северо-западной части Азербайджана и демонстрирует разнообразную локальную флору и представляет около 25% всех видов растений Кавказа. В настоящем исследовании мы впервые составили контрольный список растений находящихся под угрозой исчезновения в районе исследования, проанализировали их распространение в зависимости от высотного градиента, определили места с богатым биоразнообразием и эндемизмом. Кроме того, 15 редких и находящихся под угрозой исчезновения видов и их ареалы были исследованы на основе Многомерного Статистического Анализа (МСА), основанного на 6 факторах окружающей среды (температура, количество осадков, диоксид углерода, влажность, высота над уровнем моря и уклон). Впервые мы использовали подход Максимальной Энтропии (Максент, на англ.: Maxent) Моделирования Распределения Видов (МРВ, на англ.: SDM) для Кахского района, чтобы предсказать потенциальное распределение *Platanthera chlorantha* (Custer) Rchb. (Orchidaceae), *Ophrys oestrifera* M. Bieb. (Orchidaceae) и *Castanea sativa* Mill. (Fagaceae). Основные выводы исследования заключались в том, что северная и северо-восточная части в районе исследования были определены в качестве основных богатых центров биоразнообразия и эндемизма. В результате статистического анализа выявлено, что с увеличением высоты богатство эндемизма также возрастает. Для многих растений температура и влажность были определены в качестве основных влияющих экологических факторов на численность видов.

Ключевые слова: эндемизм, видовое богатство, МСА, растений находящихся под угрозой, моделирование распространения видов, сохранение.

Ibrahimova A. G.

DISTRIBUTION PATTERN OF THREATENED PLANTS IN QAKH DISTRICT (AZERBAIJAN): ENVIRONMENTAL FACTORS AFFECTING AND PREDICTION OF THE POTENTIAL DISTRIBUTION

Floristic investigations are necessary for the assessment of the current diversity status and conservation of biodiversity on a global and national scale. Recently, biodiversity studies are taken up on different multidisciplinary methods and measurements. Qakh district, which is located in the northwestern part of Azerbaijan demonstrates an extremely diverse local flora, and it presents about 25 percent of all plant species of the Caucasus. In the present study for the first time, we compiled a checklist of threatened plants diversity of the study area, the patterns of species range depending on the altitudinal gradient, to determine concentration areas with rich biodiversity and endemism. Besides, selected 15 threatened species were investigated based on multivariate statistical analysis (CCA) based on six environmental factors (temperature, prediction, carbon dioxide, humidity, altitude, and slope). For the first time, we used the Maximum Entropy Modeling (Maxent) approach of the Species Distribution Modelling (SDM) for Qakh district, to predict the potential distribution of *Platanthera chlorantha* (Custer) Rchb. (Orchidaceae), *Ophrys oestrifera* M. Bieb. (Orchidaceae) and *Castanea sativa* Mill. (Fagaceae). The key findings of the study were that the north and north-eastern parts were identified as main rich centers of biodiversity and endemism in the study area. As a result of the statistical analysis, it became clear that as the elevation increases the richness of endemism is also raising. For many

plants, the temperature and the humidity were indicated as the significant environmental variables that influenced the species abundance.

Key words: endemism, species richness, CCA, red list species, Species distribution modeling, conservation.

Introduction.

Biodiversity is changing by the day over the world and the impacts are mostly not positive. Each natural flora is not only a random composition of species; also it has a unique structure based on its internal compliance. Species diversity of the bioregion, ecoregion, local areas reflects the current state of vegetation and may have some changes and variations within over time. Comparing and assessment of vegetation cover based on differently diversity indexes, mathematical and statistical measures are one of the most widely accepted metrics on biological, ecological and biogeographic researches [Couto, 2005, Hofmann et al., 2017, Raimundo et al., 2017]. Diversity measures provide more information about similarity or dissimilarity of species composition of the areas, species richness, evenness, abundance or dominance of various species. These allow comparing different regions, areas, populations, taxa and etc. One of the main indications of the ecosystem services is diversity, and it directly affects the protection of the biodiversity of the ecosystem [Ricklefs, 1990].

Species distribution modelling is presently the main tool for predicting potential distribution of plant species under climate change [Guisan, Thuiller, 2005]. The maximum entropy modeling technique (Maxent) is one of the most often used [Kariyawasam et al., 2019; Sarəkaya, Цгьсь, 2019] a machine-learning algorithm of the SDM methods. Numerous studies have demonstrated the reliability of Maxent [Wosz et al., 2008; Pearson et al., 2007].

Azerbaijan demonstrates an extremely diverse native flora, consisting of more than 4500 species of vascular plants that represent approximately 69% of the total species of the Caucasus region (6,400 plant species) [Flora of Azerbaijan, 1950-1961; Asgarov, 2011, Alizade et al., 2019]. 200 of them are endemic species of Azerbaijan, 900 endemics of the Caucasus [Red book of Azerbaijan, 2013; Solomon et al., 2013]. Relict species of the Tertiary period can be found in all the areas of Azerbaijan. Although the vegetation of the country has been studied by a number of scientists in different areas, but flora the northwestern part of the Azerbaijan (Qakh region) have not been thoroughly studied in detail. However, the flora of the Ilisu State Nature Reserve in 1996, which is 11% of the district's territory [Abdullayeva 1996]. In recent years, the flora of the Qakh district was studied in our research studies [Dadashova 2013; Dadashova 2014; Mehdiyeva et al., 2017]. In generally, the data of plant diversity, invasive alien plants, medicinal plants, forest ecosystems of the study area were studied by several researchers [Hajiyev, 2004; Musayev, 1991; Askerov, 2001; Karimov, 2000; Dmitriyeva, 1966; Mehdiyeva, 2007; Hatamov, 1997; Ahmadova, 2008]. The goal of the investigation was for the first time to compile a checklist of plant diversity of the northwestern of Azerbaijan (Qakh region), to study the patterns of distribution of species depending on altitude, to determine concentration areas with rich biodiversity and endemism. For the first time, we used the Maximum Entropy Modeling (Maxent) approach of the Species Distribution Modelling (SDM) for Qakh district, to predict the potential distribution habitat for *Platanthera chlorantha*, *Ophrys oestriifera*, and *Castanea sativa*.

Materials and methods.

Study area

Azerbaijan located at the crossroads of Southwest Asia and Southeastern Europe, between latitudes 38° and 42° N, and longitudes 44° and 52° E, in the total area of 86,600 km². It is occupied the southeastern part of the Caucasus. The Caucasus Mountains system includes the Greater Caucasus and the Lesser Caucasus Mountain Ranges, at the intersection of Europe and Asia. The Southeastern part of the Greater Caucasus and the Western part of the Lesser Caucasus belongs to the territory of the country [Museyibov, 1998]. Qakh district located is in the northwestern part of Azerbaijan and the southern part of the Greater Caucasus within the country, in the total area of 1494 km² (Fig. 1). There are two protected areas - Ilisu State Nature Reserve (173,81 ha) and Qakh State Nature Sanctuary (368,36 ha) [Ibrahimova, 2015]. According to the botanical-geographical region of Azerbaijan, the northern and northeastern parts of the region belong to the Western Greater Caucasus, central part to the Alazan-Ayrichay valley, and the southern part to Bozgir plateau botanical-geographical region [Flora of Azerbaijan, 1950-1961]. The study area is mainly the mountainous region, basically in the north and northeast parts; the southern and central parts are more lowland areas. Approximately 30% of the total area of the region territory is forested [Museyibov, 1998]. Forest

covered areas are mainly located in the northern and north-eastern part of the region; approximately 50% of the central part and small areas of the southern part is covered with forests. The flora of the district is quite diverse, due to the various and favorable natural climatic conditions, physical-geographical location, the variety of vegetation types. There are alpine meadows and carpets, subalpine meadows and grass, mountain meadows and meadow steppes of the forest, forest plants, bushes plants, xerophyte light forests, steppe plants, and semi-desert plants vegetation types.

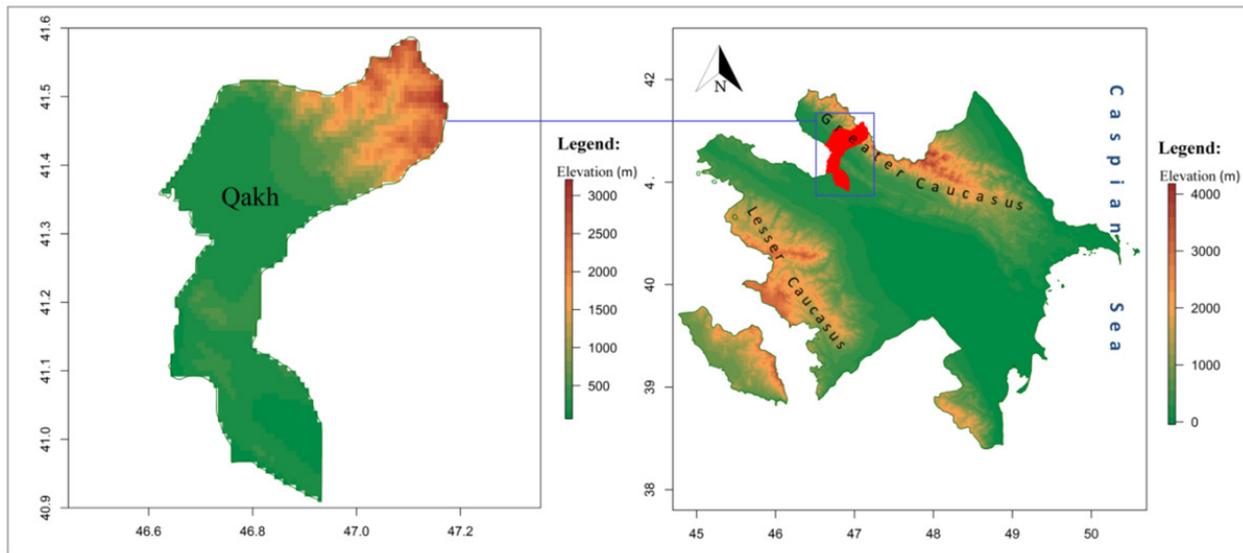


Figure 1. Location map of Azerbaijan with indication of the altitudinal gradient.

Species occurrence and environmental data

Distribution and environmental data were acquired from our field surveys that were conducted in Qakh district, during the time period of 2012-2019. The threatened plant species checklist was prepared according to route and sampling methods during surveys and investigated literature resources [Flora of Azerbaijan 1950-1961; Alizade and et al. 2019]. Accepted scientific names and synonyms were determined based on the Flora of Azerbaijan, then verified and updated according to other sources [Flora of Azerbaijan 1950-1961; www.worldfloraonline.org]. Collected herbarium vouchers during field surveys are stored in the Herbarium Foundation (BAK) of the Institute of Botany, Azerbaijan National Academy of Sciences.

Species distribution modeling and statistical analysis

Data of 15 threatened plant species (*Allium ursinum* L., *Castanea sativa* Mill., *Celtis caucasica* Willd., *Corylus colurna* L., *Diospyros lotus* L., *Galanthus caucasicus* (Baker) Grossh., *Limodorum abortivum* (L.) Sw., *Ophrys oestriifera* Bieb., *Orchis purpurea* Huds., *Platanthera chlorantha* (Cust.) Reichenb., *Pterocarya pterocarpa* (Michx.) Kunth. ex I. Iljinsk., *Punica granatum* L., *Pyracantha coccinea* M. Roem., *Rhus coriaria* L. and *Taxus baccata* L.) and six environmental variables (temperature, humidity, prediction, carbon dioxide, elevation, and slope) were multivariate analyses using Canonical correspondence analysis (CCA) ordination, in order to understand the environmental factors controlling plant diversity [Palmer 1993; McDonald 2014; Oksanen 2015]. The species are represented as blue circles with the name of the plant and the environmental variables represent the centric green lines.

Climate data were obtained from the WorldClim Global Climate Data to represent present (1970-2000) [Fick et al., 2017; <http://worldclim.org/version2>, consulted on 2017] climatic conditions with a resolution of 30 seconds of arc (~1 km resolution at the equator). The combination of climatic variables used in the model for each species are the following: mean diurnal range (mean of monthly (max temp - min temp)) (Bio2), temperature seasonality (Bio4), min temperature of coldest month (Bio6), temperature annual range, bio5-bio6 (Bio7), mean temperature of coldest quarter (Bio11), annual precipitation (Bio12), precipitation of wettest quarter (Bio16), precipitation of driest quarter (Bio17), precipitation of warmest quarter (Bio18) for *Pl. chlorantha*; Bio2, Isothermality (BIO2/BIO7) (* 100) (Bio3), Bio4, Bio6, Bio7, Bio12, precipitation of wettest month

(Bio13), Bio17, and Bio18 for *O. oestifera*; Bio6, Bio7, Bio12, precipitation seasonality (coefficient of variation) (Bio15), Bio16, and Bio18 for *C. sativa*.

To predict the potential distribution of the selected threatened plant species (*Platanthera chlorantha*, *Oprys oestifera* and *Castanea sativa*) we used the Maximum Entropy Modeling technique (Maxent) [Phillips et al., 2006] of a Species Distribution Modeling (SDM) approach [Guisan et al., 2005] via the dismo package [Hijmans et al., 2011] in R version 3.6.2 [R Core Team, 2019]. We compared the relative importance of all (19) bioclimatic predictors to the probability of the species distribution. Species distribution models are evaluated we used the receiver operator characteristic (ROC), summarized by the area under the curve (AUC) statistical test. For easy interpretation of the results, it was created a linear scale of values ranging from 0 to 1 on the maps. Predicted levels classified in four range values: Not suitable (0.00-0.25; white pixels), Low (0.25-0.50; yellow), Medium (0.50-0.75; light purple), High (0.75-1.00, dark purple).

Results and discussion

A threatened plant species generally endangered by changing environmental or human factors, as a result, they become few in numbers. The main criterion for the conservation of these species is to identify significant reasons why the species are becoming endangered. In the study area, we have recorded 4 endemic species of Azerbaijan, 242 endemics of Caucasus. From the total number of species, 54 plant species included in the Red Book of the Republic of Azerbaijan (2013) and 275 endemic plants to the Red List of the Caucasus (2013) (Table 1, Fig. 2). According to the results of floristically analysis and patterns of endemic richness the Western Greater Caucasus botanical-geography region was identified as the main rich centers of biodiversity and endemism in the study area. One of the main reasons is geographic location and isolation of biodiversity and endemic species among mountain ranges. The percentage of endemism gradually increasing from the lower mountain zone and recorded the highest number of endemic taxa in the middle mountain range, then partially reduced to the alpine zone.

Table 1

The diversity and distribution pattern of endemic and threatened plant species in Qakh district

Geographical range	endemic of Azerbaijan	endemic of the Caucasus	Red Book of Azerbaijan (2013)	Red List of the Caucasus (2013)
Botanical-geographical region				
Western Greater Caucasus	4	225	54	166
Alazan-Ayrichay valley	0	14	8	57
Bozgir plateau	0	29	12	52
Altitudinal zone				
Lowland	0	26	17	68
Lower mountain zone	0	58	29	104
Middle mountain zone	2	92	29	121
Upper mountain zone	2	75	17	67
Subalpine zone	1	72	14	37
Alpine zone	2	79	12	39

The endemic and red list species varied differently along the altitudinal gradient (Fig. 3). The endemic plants of Caucasus, as well as Red Book plant species, were analyzed depending on the altitudinal gradient. The endemic plants of Azerbaijan (4 species) were not taken into account in the analysis in terms of the small number of them. As a result of the analysis, it became clear that as the elevation increases the richness of endemism is also raising. The red list species distributed in all altitude zones in the study area. The highest richness of endemic as well as red list taxa was found at lower and middle mountain elevation zones. The distribution of endemic species richness at high elevation is governed by a series of biological, geographical,

climatic and ecological factors. One of the main reasons for high endemism in higher elevations that most of the endemic plants are located and conserving in the Ilisu State Natural Reserve, where they are have affected by low human activities.



Orchis purpurea *Cephalanthera rubra* *Limodorum abortivum* *Castanea sativa* *Astrantia maxima*

Figure 2. The threatened species in Qakh district.

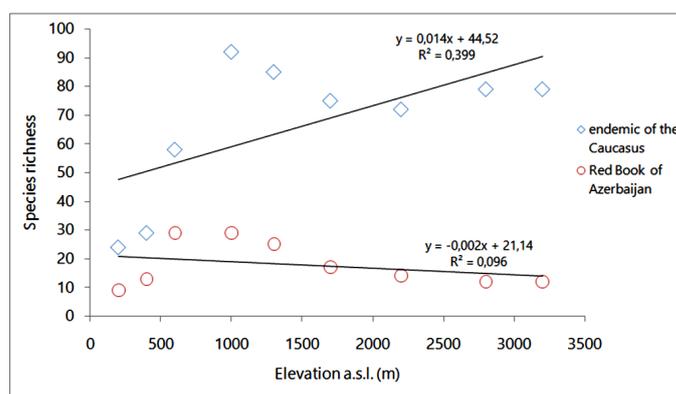


Figure 3. Linear regression of the endemic and threatened plant species richness along an altitudinal gradient.

Data of 15 rare and endangered species (*Allium ursinum* L., *Castanea sativa* Mill., *Celtis caucasica* Willd., *Corylus colurna* L., *Diospyros lotus* L., *Galanthus caucasicus* (Baker) Grossh., *Limodorum abortivum* (L.) Sw., *Ophrys oestriifera* Bieb., *Orchis purpurea* Huds., *Platanthera chlorantha* (Cust.) Reichenb., *Pterocarya pterocarpa* (Michx.) Kunth. ex I. Iljinsk., *Punica granatum* L., *Pyracantha coccinea* M. Roem., *Rhus coriaria* L. and *Taxus baccata* L.) and six environmental variables (temperature, humidity, precipitation, carbon dioxide, elevation and slope) were subjected multivariate analyses using CCA (Canonical correspondence analysis) for ordination, in order to understand the environmental factors controlling plant abundance. The results of ordination are presented in Figure 4.

For many plants the temperature and the humidity was indicated as the significant environmental variables influenced to the species abundance. *A. ursinum*, *G. caucasicus*, *O. purpurea* and *P. coccinea* are strongly correlated with amount of precipitation and negatively correlated with the temperature. *T. baccata* and *D. lotus* are positively correlated with altitude. The variance is 63 percentages in the species abundance with respect to the environmental variables. Consequently, figure 2 reasonably faithful in displaying the fitted abundance values.

Potential distribution of selected three threatened plant species

Out of the studied species, we selected the most threatened three species to research their present potential range in Qakh. They are the following: *Ophrys oestriifera*, *Platanthera chlorantha*, and *Castanea sativa*. For *O. oestriifera* and *Pl. chlorantha* has recorded only three populations with few individuals.

Before modeling, we compared the relative importance of all (19) environmental variables, to understand the climatic determinants (Table 2, Fig. 5). Then, we used the combinations of climatic responses that best predict the distribution of the species. These are Bio2, Bio4, Bio6, Bio7, Bio11, Bio12, Bio16, Bio17

and Bio18 for *Pl. chlorantha*, Bio2, Bio3, Bio4, Bio6, Bio7, Bio12, Bio13, Bio17, and Bio18 for *O. oestifera*, Bio2, Bio6, Bio7, Bio12, Bio15, Bio16, and Bio18 for *C. sativa*.

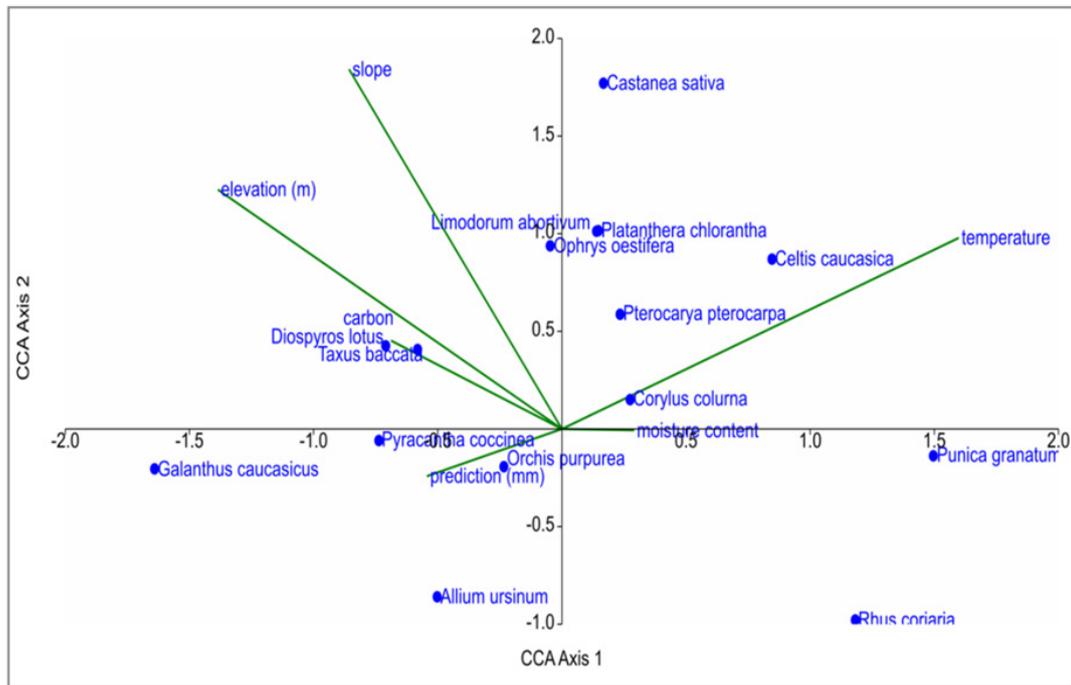


Figure 4. Canonical correspondence analysis (CCA) ordination diagram relating plant species abundance to environmental variables along the recorded areas. The eigenvalues of axis 1 (horizontally) and axis 2 (vertically) are 0.82 and 0.81. The species are represented as blue circles with name of plant and the environmental variables represent as the centric green lines.

Table 2

Estimates of average contribution and permutation importance of the environmental variables used the SDM modeling of study threatened plants

Platanthera chlorantha			Ophrys oestifera			Castanea sativa		
Variable	Percent contribution	Permutation importance	Variable	Percent contribution	Permutation importance	Variable	Percent contribution	Permutation importance
Bio2	38.0	38.1	Bio2	38.1	21.1	Bio2	21.2	15
Bio4	0.4	0.1	Bio3	0.3	0.2	Bio6	15.8	13.1
Bio6	1.4	0.1	Bio4	4.7	8.1	Bio7	26.3	55.2
Bio7	0.4	0.2	Bio6	13.6	10	Bio12	33.3	7.2
Bio11	5.4	38	Bio7	0.1	0.1	Bio15	0.4	0.3
Bio12	30.2	0.5	Bio12	8.6	0.2	Bio16	2.2	9
Bio16	23.1	16.8	Bio13	21.4	59.1	Bio18	0.8	0.2
Bio17	0.3	0.1	Bio17	0.2	0.1			
Bio18	0.8	6.1	Bio18	13	1.1			

In the present study, the final SDM model obtained by the combination of various models had area under the curve (AUC) value of 0.99 for all studied plant species, showing that the model performed better in predicting the potential habitat area for the selected species.

All three plant species are currently distributed in the northern part of the Qakh district, however in recent years, *O. oestifera* also can be found in the areas of the central part. According to the analysis of the present habitat suitability, the model predicted the potential species distribution in the central part of

the study area for *Pl. chlorantha* and *O. oestifera*. So it is possible to spread and optimal environmental conditions for *Pl. chlorantha* threatened plant species in the central part of the study region (Fig. 6). The predicting map showed that under the present climatic conditions, about 200.2 km² of the total area of Qakh district is suitable for potential distribution by *Pl. chlorantha*, 311.9km² by *O. oestifera*, 268.2 km² by *C. sativa* (Table 3).

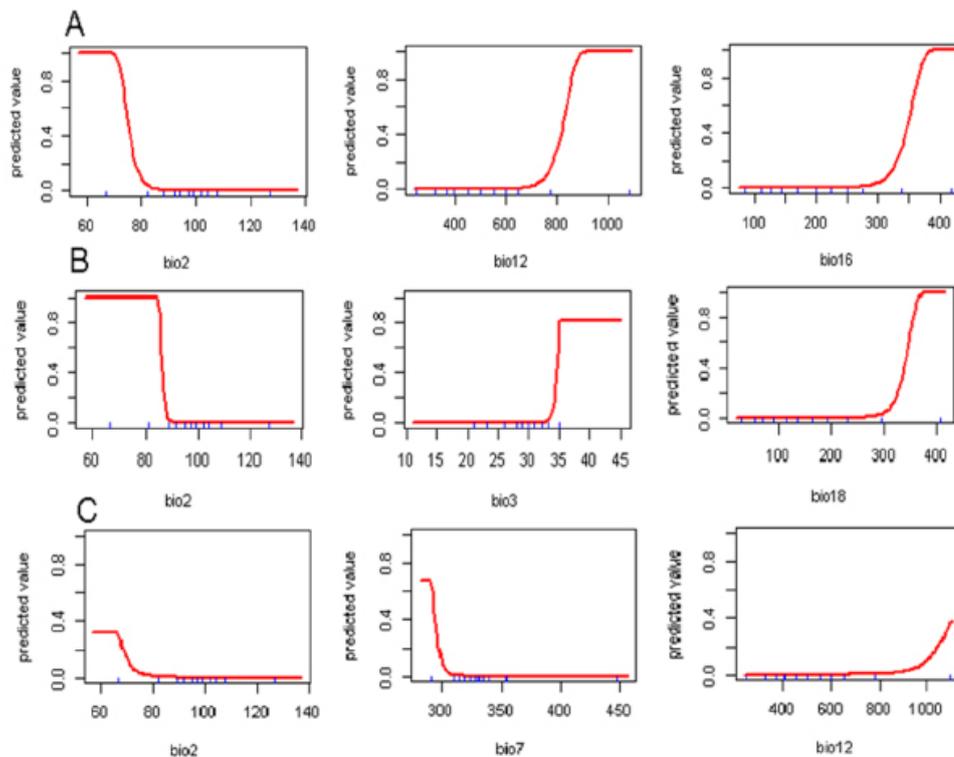


Figure 5. The selected response curves (with higher values) of the logistic prediction of the distribution of *Platanthera chlorantha* (A), *Ophrys oestifera* (B) and *Castanea sativa* (C) bioclimatic variables. The y axis shows the probability of presence expressed in logistic values, between 0–1.

Table 3

Area in square kilometres (Km²) showing present suitable habitats in Qakh

Range	Habitat Suitability	Present area predicted in Azerbaijan, km ²		
		Platanthera chlorantha	Ophrys oestifera	Castanea sativa
0.00-0.25	Not suitable	1293.8	1182.1	1225.8
0.25-0.50	Low suitable	60.3	76.4	64.8
0.50-0.75	Medium suitable	58.4	55.8	53.9
0.75-1.00	High suitable	81.5	179.7	149.5
0.25-1.00	Overall suitable	200.2	311.9	268.2

The present study, for the first time at a national scale, modelled the present distribution of *Ophrys oestifera*, *Platanthera chlorantha*, and *Castanea sativa* using the SDM modelling approach. Based on the results of the model, it can be predicted that in the future these species can be found where they are shown on the forecast maps, in contrast to the distribution area in the present. The climate is recognized as the main factor affecting species occurrence. The present potential distribution of all studied species fits with the original occurrence records, thus showing that species distribution modeling methods are very helpful in predicting the suitable areas.

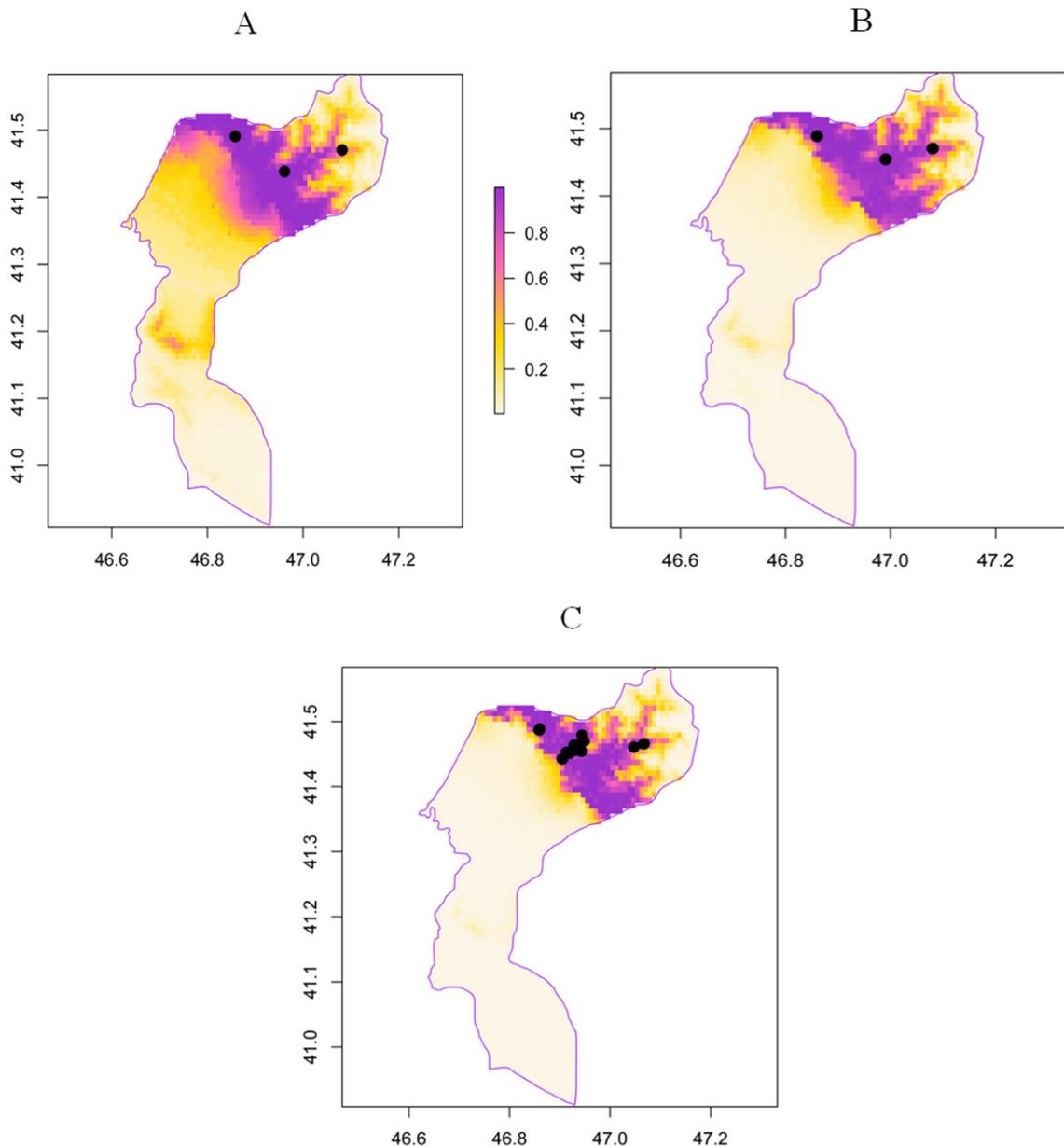


Figure 6. The SDM maps showing the present potential distribution of *Platanthera chloranrantha*, *Ophrys oestriifera* and *Castanes sativa*. White = Not suitable, Yellow = Low suitable, Light purple = Medium suitable and Dark purple = High suitable.

REFERENCES

1. Abdullayeva T.A. (1996). Flora and its floristic analysis of the Ilisu State Reserve. Ph.D. dissertation, Baku: 164 p.
2. Ahmedova S.Z. (2008) Vegetation of winter pastures of Jeyranchol and Ajinoure of Azerbaijan and its bioecological and agrophytocenotic features. Doct. dissertation. Baku: 319 p.
3. Alizade V.M., Mehdiyeva N.P., Karimov V.N., Ibrahimova A.G. (2019) Plants of the Greater Caucasus (Editor Thomas Borsch). Baku: Red N Line, 352 p.
4. Askerov A.M. (2011) Concept of the flora of Azerbaijan. Baku: Science, 204 p.
5. Atamov V.V. (1997) Steppe vegetation of Azerbaijan. Doct. dissertation, Baku: 163 p.
6. Couto H.T.Z. (2005) Métodos de inventário da biodiversidade de espécies arbóreas. ESALQ/FAPESP: Piracicaba, SP; p. 108.
7. Dadashova A.G. (2013) Floristic study of vegetation cover of Gakh region. Proceedings of the Institute

- of Botany of ANAS, Baku, vol. 33: 42-45 pages.
8. Dadashova A.G. (2014) Taxonomic, bioecological and biomorphological analysis of the flora of the central part of the Alazan-Ayrichay botanical-geographical region of Gakh region. Proceedings of the Institute of Botany of ANAS, Baku, vol. 34: 95-100 s.
 9. Dmitrievna S.I. (1966) Weed vegetation of the northwestern part of the Alazan-Aytaran valley (within Azerbaijan) and measures struggle with her. Abstract of PhD. dissertation, Baku: 29 p.
 10. Flora of Azerbaijan (1950-1961) Baku: AN Azerb. SSR, vol. I-VIII.
 11. Hajiyev V.C. (2004) Ecosystem of the highland vegetation of Azerbaijan. Baku: Education, 130 p.
 12. Hofmann S., Everaars J., Schweiger O., Frenzel M., Bannehr L., Cord A.F. (2017) Modelling patterns of pollinator species richness and diversity using satellite image texture. PLoS ONE 12(10): e0185591.
 13. Ibadullaeva S., Alekperov R. (2013) Medicinal herbs (ethnobotany and phytotherapy). Baku: Education, 331 p.
 14. Ibrahimov T. Natural Reserves of Azerbaijan. Baku.2015.160 pp.
 15. Karimov V.N. (2000) Boraginaceae of the Sheki-Zagatala region. Ph.D. dissertation, Baku: 168 p.
 16. McDonald J.H. (2014) Handbook of Biological Statistics (third edition). USA: Sparky house publishing, 299 p.
 17. Mehdiyeva N.P. Dadashova A.G., Alizade V.M. (2017) *Phalacrologium annuum* (Asteraceae), a new species for the flora of Azerbaijan. Sankt-Peterburg: Botanicheskii zhurnal, 102:5, 689-692 pp.
 18. Mehdiyeva N.P., Guliyev I.S., Alizade V.M., Alirzayeva E.S., Bussmann R.W. (2017). Ethnobotany of the Caucasus – Azerbaijan. Springer: 37-46 pp.
 19. Musayev S.H. (1991) Poaceae of Azerbaijan. Baku: Education, 420 p.
 20. Mehdiyeva N.P. (2007) Taxonomic and biomorphological analysis of medicinal plants of the Alazan-Ayrichay valley. Materials Int. Conference “Biomorphological research in modern botany”, Vladivostok: 300-303 pp.
 21. Oksanen J. (2015) Multivariate Analysis of Ecological Communities in R: vegan tutorial, 43 p.
 22. Palmer M.W. (1993) Putting things in even better order: the advantages of canonical correspondence analysis. Ecology, Ecological Society of America, 74(8), pp. 2215-2230.
 23. Raimundo R., A. Márcia B., Bull J.W. (2017) Species Distributions, Quantum Theory, and the Enhancement of Biodiversity Measures. Systematic Biology, Volume 66, Issue 3, P. 453–462.
 24. Red book of Azerbaijan. (2013) Rare and endangered plant and fungi species. Second edition., Baku, 676 p.
 25. Ricklefs R.E. (1990) Ecology. 3rd ed. New York, NY: Freeman; p. 456.
 26. Sarıkaya A., Örüçü, Ö. (2019) Prediction of potential and future distribution of Anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill.) by using Maximum entropy (Maxent) modeling depending on climate change in Turkey. International Journal of Ecosystems and Ecology Science, Vol. 9 (4): 699-708.
 27. Solomon J., T. Shulkina & G. E. Schatz (editors) (2013) Red list of the Endemic Plants of the Caucasus: Armenia, Azerbaijan, Georgia, Iran, Russia and Turkey. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden (MSB) 125. Missouri Botanical Garden Press, Saint Louis, Pp. 451.
 28. *The World Flora Online (WFO)*. Available at: <http://www.worldfloraonline.org> [accessed 16 October 2019]

ЗООЛОГИЯ

ЖУМАЕВ Ф.К., ШЕРНАЗАРОВ Э.Ш.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ АМФИБИЙ И РЕПТИЛИЙ В ЗАКРЕПЛЕННЫХ ПЕСКАХ КАРНАБЧУЛЯ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КЫЗЫЛКУМ, УЗБЕКИСТАН)

fazliddin_jumayev90@mail.ru

Институт зоологии АН РУз

Жумаев Ф.К., Шерназаров Э.Ш.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ АМФИБИЙ И РЕПТИЛИЙ В ЗАКРЕПЛЕННЫХ ПЕСКАХ КАРНАБЧУЛЯ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КЫЗЫЛКУМ, УЗБЕКИСТАН)

В статье представлены результаты полевых работ, проведенных в 2016-2018 гг, в закрепленных песках Карнабчуля по изучению состояния герпетофауны в сезонном аспекте. В изученном биотопе отмечено всего 17 видов (амфибий - 1, рептилий – 16). Численность рептилий колеблется значительно - весной в среднем на 1 га учтено 5,7 особей, летом – 9,2, осенью – 2,2. Максимальная численность их в летний сезон связана с появлением молодых ящериц (Agamidae и Lacertidae). Численность представителей Boidae и Colubridae во все сезоны низка.

Жумаев Ф.К., Шерназаров Э.Ш.

ҚАРНАБЧЎЛ ҚАТТИҚ МУСТАҲҚАМЛАНГАН ҚУМЛАРИ АМФИБИЯ ВА РЕПТИЛИЯЛАР СОНИНИНГ МАВСУМИЙ ДИНАМИКАСИ (ЖАНУБИЙ-ҒАРБИЙ ҚИЗИЛҚУМ, ЎЗБЕКИСТОН)

Мақолада 2016-2018 йилларда Қарнабчўлнинг қаттиқ мустаҳқамланган қумларида герпетофаунани мавсумий жиҳатдан ўрганиш бўйича ўтказилган дала ишлари натижалари келтирилган. Ўрганилган биотопда жами 17 тур қайд этилди (амфибия - 1, рептилия – 16). Рептилиялар сони сезиларли даражада ўзгариб туради – баҳорда ўртача гектарига 5,7, ёзда – 9,2, кузда – 2,2 ҳисобга олинган. Ёз мавсумида уларнинг сонини максимумга етиши ёш калтакесакларнинг (Agamidae ва Lacertidae) пайдо бўлиши билан боғлиқ. Барча фаслларда Boidae ва Colubridae вакиллари сони кам.

Jumayev F.Q., Shernazarov E.Sh.

SEASONAL DYNAMICS OF THE NUMBER OF AMPHIBIANS AND REPTILES IN THE FIXED SANDS OF KARNABCHUL (SOUTHWESTERN KYZYLKUM, UZBEKISTAN)

The article presents the results of field work carried out in 2016-2018 in the fixed sands of Karnabchul to study the state of herpetofauna in a seasonal aspect. In the studied biotope, only 17 species were noted (amphibians - 1, reptiles -16). The number of reptiles varies significantly - in the spring on average 5.7 individuals were counted per 1 ha, in the summer - 9.2, in the fall - 2.2. The maximum number of them in the summer season is associated with the appearance of young lizards (Agamidae and Lacertidae). The number of Boidae and Colubridae representatives is low in all seasons

Степь Карнабчуль является предгорной равниной Зарафшанского хребта, расположенной в 30 км к югу от города Навои. Растительный покров Карнабчуля в основном представлен полынно-эфемеровой формацией. Естественные ландшафты интенсивно используются человеком, что негативно влияет на фауну позвоночных, в том числе на рептилии.

Для определения видового состава и численности амфибий и рептилий полевые работы проводились в весенний (март-май) и летний сезоны (август) 2016 г., а также летний (июнь-июль) и осенний (сентябрь-октябрь) сезоны 2018 г. в закрепленных песках Карнабчуля. Численность пресмыкающихся определена путём проведения пеших маршрутных учетов [1,2]. В период исследования проведено 90 линейных учетов (весной 32 дневных и 3 ночных, летом – 41 и 8, осенью – 17 и 6). Общая длина маршрутных учетов составляла 278,4 км, из них весной в светлое время 100,4 км и темное время 3 км, летом – 141 и 22, осенью – 37 и 15, при ширинедневной полосы 10 м, ночной - 2 м. Полученные данные экстраполированы на 1 га.

В закрепленных песках Карнабчуля нами отмечено всего 17 видов амфибий и рептилий, относящихся к 8 семействам (Bufonidae – 1, Testudinidae -1, Agamidae - 3, Gekkonidae - 2, Lacertidae - 4, Varanidae - 1, Vroidae - 2, Colubridae - 3).

Бесхвостые амфибии Anura представлены одним видом - зеленая жаба *Bufo viridis*.

В прежние годы в Каршинской степи многими исследователями зеленая жаба отмечена в культурной части Бухарского и Кашкадарьинского оазиса [3,4], а в пустынной части ее не встречали [4].

Зеленая жаба в закрепленных песках Карнабчуля относится к низко численным видам. В весенний период численность колебалась от 0,2 до 4 особей/га, летом – 0,2-2,0, в среднем соответственно – 0,3 и 0,2.

Черепахи Testudines один вид - среднеазиатская черепаха *Agrionemys horsfieldii*, ее предпочтительные места обитания закрепленные пески, где растут эфемеры и другие травянистые растения.

В закрепленных песках в марте плотность населения составляет 0,5–3,2 особей/га, в среднем – 1,4, в апреле – 0,6–14, в среднем – 3,7, в мае – 0,2–2, среднем – 0,6. В течение летнего периода отмечена всего одна черепаха 14 июля 2018 г. Осенью зарегистрированы несколько раз, в основном единичными, как в сентябре, так и в октябре – 0,1 особь/га. Пика численности вид достигает в апреле (рис.1).

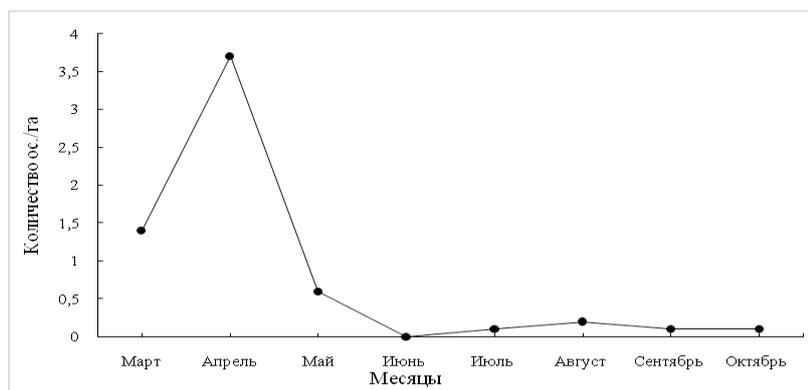


Рис. 1. Сезонная динамика численности *Agrionemys horsfieldii*.

Агамовые Agamidae состоят из трехвидов- такырная круглоголовка *Phrynocephalus helioscopus*, сетчатая круглоголовка *Ph. reticulatus*, степная агама *Trapelus sanguinolentus*.

Численность степной агамы *Trapelus sanguinolentus* в марте варьировала от 0,4 до 0,8 особей/га, в апреле возрастает – 1,3-1,8, и в мае равна – 1,0-3,0. В летний сезон численность достигает максимума, что связано с появлением молодых ящериц. В июне численность сеголетки уже больше взрослых особей, такая тенденция наблюдается весь летний и осенний сезоны года. На рис.2 представлено соотношение численности взрослых и молодых степных агам в период активности. В июне численность колебалась от 1,5 до 4,5 особей/га, средняя за месяц – 2,8, в июле – 0,9-4,3, средняя – 2,9, в августе – 1,3-7,5, средняя – 3,1. Осенью отмечен спад численности: в сентябре учтено от 0,3 до 3,5 особей/га, средняя за месяц – 1,1, в октябре – 0,5-3,5, средняя 0,8.

Такырная круглоголовка *Ph. helioscopus* в марте и апреле встречается реже, плотность населения 0,1-0,2 особей/га [5]. В мае стала встречаться чаще, численность колебалась от 0,1 до 1,0 особей/га, средняя – 0,1. В летний сезон численность возрастает: в июне учитывали от 0,5 до 1,7 особей/га, в среднем - 1,0, в июле – 0,3-1,5 и 0,6. В последний месяц лета (август) и осенью (сентябрь-октябрь) численность колебалась от 0,2 до 1,0 особей/га, плотность населения 0,2-0,3.

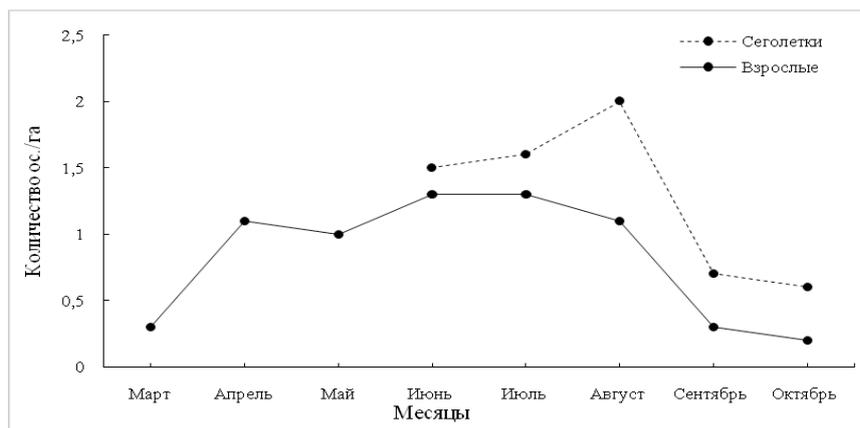


Рис. 2. Сезонная динамика численности *Trapelus sanguinolentus*.

Сетчатая круглоголовка *Ph. reticulatus* также встречается в отдельных разреженных участках биотопа, плотность населения в весенний и осенний сезоны составляет 0,1 особей/га, летний – 0,2-0,3.

Гекконовые Gekkonidae представлены двумя видами - каспийский геккон *Cyrtopodion caspius*, туркестанский геккон *C. fedtschenkoi*. В изученном биотопе каспийский геккон *C. caspius* нами обнаружен в колониях больших песчанок. Весной плотность населения 0,1 особей/га [5]. В летний период численность возрастает (в июне – 0,8, в июле – 0,6), к осени снижается (в сентябре – 0,5, в октябре – 0,3). В сентябре численность сеголеток больше чем в октябре (рис. 3).

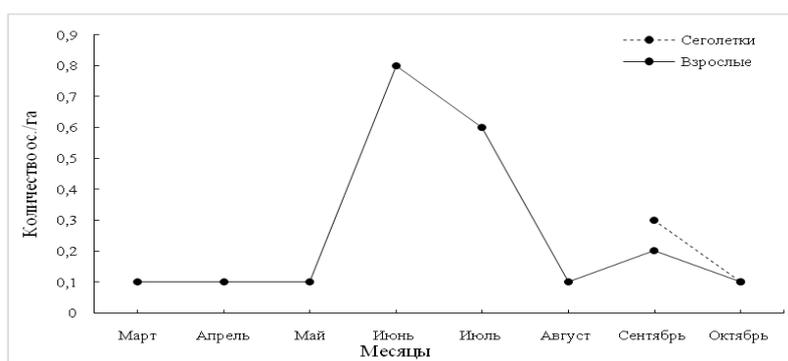


Рис. 3. Сезонная динамика численности *Cyrtopodion caspius*.

Туркестанский геккон *C. fedtschenkoi* отмечен 28 марта в нежилой норе большой песчанки [5]. В летний и осенний сезоны не наблюдали.

Настоящие ящерицы Lacertidae включают 4 вида - средняя *Eremias intermedia*, линейчатая *E. lineolata*, полосатая *E. scripta* и быстрая *E. velox* ящурки.

Весенняя численность средней ящурки *E. intermedia* не высока – 0,1-0,3 особей/га, в некоторые дни достигает до 2 ящериц на один га [5]. В летние месяцы численность незначительно увеличивается (0,6-0,8 особей/га), последующие месяцы (август-октябрь) держится на одном уровне (0,3 особей/га). В сентябре и октябре численность взрослых ящериц больше чем сеголеток (рис. 4).

Линейчатая ящурка *E. lineolata* весной встречается в количестве 0,1-0,2 особей/га [5]. В летний период численность возрастает в пределах 3,0 особей/га, с наступлением осени резко падает – в сентябре 0,4 особей/га, в октябре - 0,2. В летние и осенние месяцы численность взрослых особей меньше по сравнению с сеголетками (рис. 5).

Полосатая ящурка *E. scripta* низкочисленный вид. В весенний период плотность населения 0,1 особей/га, летом – 0,3-0,6, осенью – 0,1.

Быстрая ящурка *E. velox* встречается регулярно, весной - до 5 и более особей/га [5]. Летом численность возрастает, в отдельные дни насчитывали до 8,5 особей/га. Осенью ее численность сокращалась – в сентябре 0,4 особей/га, в октябре - 0,7. Наибольшую численность сеголетки набрали в октябре (рис. 6).

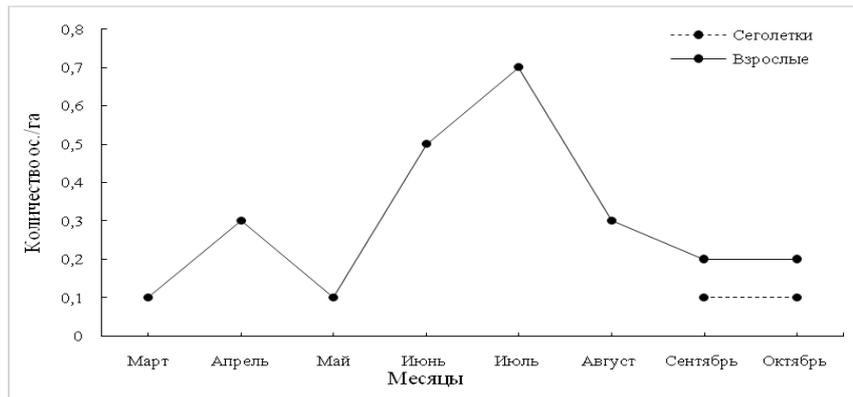


Рис. 4. Сезонная динамика численности *Eremias intermedia*.

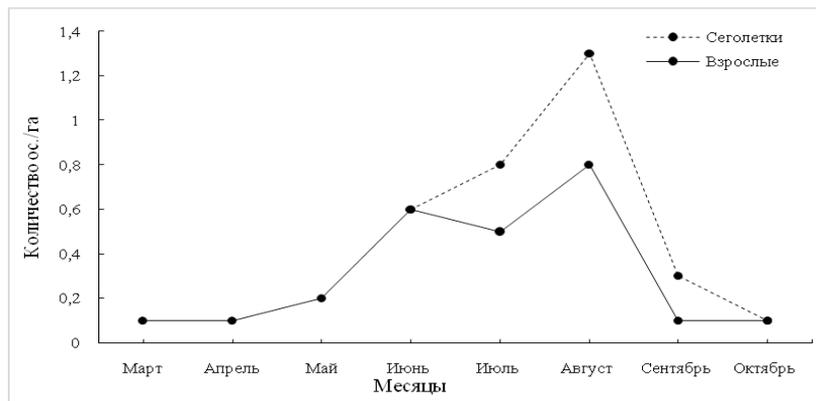


Рис. 5. Сезонная динамика численности *Eremias lineolata*.

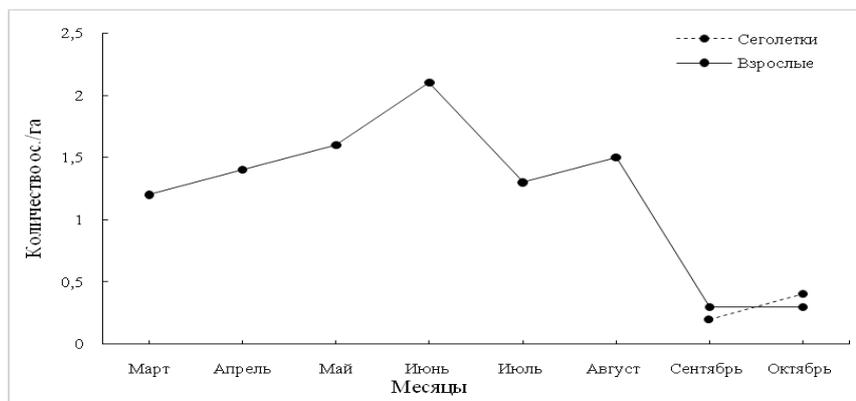


Рис. 6. Сезонная динамика численности *Eremias velox*.

Варановые Varanidae представлены единственным видом - серый варан *Varanus griseus*. Плотность населения в течение весеннего сезона 0,1 особей/га [5], в летние месяцы сохранилась на таком же уровне.

Удавы Voidae представлены двумя видами - песчаный *Eryx miliaris* и восточный *E. tataricus*, удавчики. В Карнабчуле песчаный удавчик *E. miliaris* обнаружен 25 марта и 11 мая [5]. В летний период удалось наблюдать 26 июня, 14 июля и 9 августа. Из этого видно, что для обследованных территорий он считается редким видом.

Восточный удавчик *E. tataricus* обычный вид, плотность его населения составляет в весенне-летний сезоны 0,1 особей/га.

Ужовые Colubridae состоят из трех видов - поперечнополосатый полоз *Coluber karelini*, стрела-змея, *Psammophis lineolatus*, чешуелобый полоз, *Spalerosophis diadema*. Во всех сезонных плотность населения указанных видов не превышает 0,1 – 0,2 особей/га.

Анализ полученных данных показывает, что в течение года численность рептилий колеблется значительно - весной в среднем на 1 га учтено 5,7 особей, летом – 9,2, осенью – 2,2. Низкая численность рептилий в весенний и осенний периоды, по сравнению с летним сезоном года, связана с появлением в летние месяцы молодых ящериц (Agamidae и Lacertidae).

ЛИТЕРАТУРА

1. Динесман Л.Г., Колецкая М.П. Методы количественного учета амфибий и рептилий // Методы учета численности и географического распределения наземных позвоночных. - Москва: Изд-во АН СССР, 1952. - С. 329-341.
2. Щербак Н.Н. Земноводные и пресмыкающиеся Крыма. - Киев: Наукова думка, 1966. - 240 с
3. Богданов О.П. Фауна Узбекской ССР. Земноводные и пресмыкающиеся.– Ташкент: Изд. АН УзССР, 1960. Том 1. – 260 с.
4. Карпенко В.П. Пресмыкающиеся. Экология позвоночных животных Каршинской степи. – Ташкент, Изд-во «Фан», 1967. – С. 129-152.
5. Jumayev F.Q, Shernazarov E.Sh. The number of the scaled reptiles (Squamata) in the fixed sands of Karnabchul (south-western Kyzylkum, Uzbekistan) in spring // The Way of Science, 2017. – № 2 (36). – Pp. 39-41.

МАТМУРАТОВ¹ М.А., ИСМОИЛОВ² Х.Ф., АБДУЛЛАЕВА³ Л.Н., АБДИНАЗАРОВ⁴ Х.Х.,
БЕЙШЕЕВА⁵ Ш.А.

ДОННАЯ ФАУНА НЕКОТОРЫХ ОЗЕР УЗБЕКИСТАНА

¹Каракалпакский государственный университет

²Ташкентский государственный аграрный университет, г. Ташкент

³Elite education alternativa Sehriyo НОУ, г. Ташкент

⁴Кокандский государственный педагогический университет

⁵Общеобразовательная средняя школа № 71, г. Ташкент

Matmurotov M.A., Ismoilov H.F., Abdullaeva L.N., Abdinazarov H.H., Beysheeva Sh.A.

ДОННАЯ ФАУНА НЕКОТОРЫХ ОЗЕР УЗБЕКИСТАНА

Изучен качественный состав макрозообентоса 6 озер из разных регионов (север, центр, юг) республики. Всего отмечен 111 вид донных животных. Приведен список доминирующих видов. При помощи коэффициента Сёрнсена-Чекановского определено сходство качественного состава макрозообентоса исследованных озер.

Ключевые слова: макрозообентос, озера, видовой состав, сходство фаун.

Matmurotov M.A., Ismoilov H.F., Abdullaeva L.N., Abdinazarov H.H., Beysheeva Sh.A.

O'ZBEKISTON BA'ZI KO'LLARINING SUV OSTI FAUNASI

Respublikaning turli xududlaridagi (shimol, o'rta, janub) 6 ta ko'ldan makrozoobentosning turlari o'rganildi. Bunda 111 tur qayd qilindi. Dominant turlarning ro'yxati keltirilgan. Ko'llarda o'rganilgan makrozoobentos turlarning Surenzen-Chekanovsky indeks yordamida o'xshashlik koeffisienti aniqlandi.

Kalit su'zlar: makrozoobentos, ko'llar, turlarning tarkibi, faunaning o'xshashligi.

Matmurotov M.A., Ismoilov H.F., Abdullaeva L.N., Abdinazarov H.H., Beysheeva Sh.A.

BOTTOM FAUNA OF SOME LAKES IN UZBEKISTAN

Species composition of macrozoobenthos of 6 lakes from different regions (north, center, south) of the republic have been studied. Total 111 species of bottom animals have been recorded. List of dominant species is presented. Using coefficient of Surenzen-Chekanovsky similarity of species composition of macrozoobenthos of the lakes studied have been determined.

Key words: macrozoobentos, lakes, species composition, fauna similarity.

Биологическая продуктивность водоемов определяется жизнедеятельностью гидробионтов, важнейшим звеном которых в экосистеме водоемов является водная донная фауна. Макрозообентос является одним из важнейших компонентов водных экосистем. Бентосные животные вступают в разнообразные, прежде всего трофические, связи с организмами практически всех экотопов водоемов. Важнейшую роль организмы макрозообентоса играют в качестве элементов кормовой базы рыб. Такие важные промысловые виды рыб как сазан, лещ, белый амурский лещ, плотва, черный амур, судак, карась, а также такие краснокнижные виды как усачи, лопатоносы, белоглазка питаются в значительной степени водной донной фауной [5]. В водоемах Узбекистана и всей Центральной Азии донная фауна составляет основную часть кормовой базы рыб.

В Узбекистане макрозообентос озер изучали А.М. Мухамедиев [6], С. Ембергенов [2, и др.], Б. Бекмурзаев [1, и др.] и другие. Однако большинство этих работ относятся к 1960-1970-м гг. Также практически нет обобщающих и сравнительных работ.

Материал собран посезонно (весна, лето, осень) в течение 2000-2018 гг. с помощью дночерпателя Петерсена и обработан по общепринятым методикам [9-12]. Определения гидробионтов вели по современным определителям [7, 8, и др.].

Для оценки сходства и различий видового состава макрозообентоса озер была использована формула Чекановского-Серенсена:

$$K = \frac{2C \times 100\%}{(A+B)}$$

где А и В – число видов в двух сравниваемых районах, С – число видов, общих для этой пары, К – коэффициент сходства видового состава.

Было исследовано 7 озер из разных (юг, север, запад, восток, центр) регионов республики: Сарыкамыш (Каракалпакстан), Западный Каратерень (ветланд Судочье, Каракалпакстан), Уллишоркуль (Хорезмский вилоят, Каракир (Бухарский вилоят), Тузкан (Джизакский вилоят), Сарыкамыш (Ферганский вилоят) (рис. 1).



Рис. 1. Расположение исследованных озер. 1: Сарыкамыш (Каракалпакстан), 2: Западный Каратерень (Каракалпакстан), 3: Уллишоркуль (Хорезмский вилоят), 4: Каракир (Бухарский вилоят), 5: Тузкан (Джизакский вилоят), 6: Сарыкамыш (Ферганский вилоят).

Основные параметры исследованных озер приведены в таблице 1.

Как видно из табл. 1 исследованные озера разной площади, глубины, минерализации воды, с разными грунтами. Пресноводное только оз. Сарыкамыш в Ферганской долине. Остальные озера солоноватоводные.

Таблица 1

Основные абиотические параметры исследованных озер

Озера	Площадь, тыс. га	Макс. глубины, м	Преобладающие глубины, м	Минерализация, г/л	Грунты
Сарыкамыш (РКК)	387,5	40,0	5,0-7,0	11,0-13,0	илисто-песчаные
Зап. Каратерень	0,4	1,7	0,8-1,2	4,0-6,0	серый ил
Тузкан (ААСО)	700,0	20,0	12,0	10,0	серый ил
Сарыкамыш (Ферган. вилоят)	26,2	7,0	3,0	0,8	серый и черный илы
Уллишоркуль	1,8	4,5	1,5	5,8	серый ил
Каракир	26,2	5,0	1,5-2,0	10,7	песок
Сичанкуль	7,5	20	9,0	7,0	песок

Таблица 2

Доминирующие виды макрозообентоса исследованных озер
 СКК – Сарыкамыш, (РКК), КТ – Каратерень, ТУЗ – Тузкан, СКФ – Сарыкамыш, (Ферг. вил.), УШ – Уллишоркуль, КК – Каракир, СИЧ – Сичанкуль

Таксоны / озеро	СКК	КТ	ТУЗ	СКФ	УШ	КК	СИЧ
ANNELIDA							
<i>Paranais simplex</i> Hrabe	+	+	+	-	-	+	+
<i>P. littoralis</i> O.F. Мьллер	+	-	+	-	-	+	+
<i>Tubifex sp.</i>	-	+	-	+	+	-	-
<i>Nereis diversicolor</i> O.F. Мьллер	+	+	-	-	-	-	-
MOLLUSCA							
<i>Colletopterum cyreum</i> (Kobelt)	-	-	-	+	-	-	-
<i>Corbicula fluminalis</i> O.F. Мьллер	-	-	-	+	-	-	-
<i>Physella acuta</i> Draparnaud	-	+	+	+	-	-	+
<i>Cerastoderma isthmicum</i> Issel	+	-	-	-	-	-	-
<i>Lymnaea truncatula</i> O.F. Мьллер.	-	+	+	+	-	-	-
<i>Caspihydrobia conica</i> Logvin. et Starobog.	-	+	-	-	-	-	-
CRUSTACEA							
<i>Macrobrachium nipponense</i> De Haan	+	+	+	+	+	+	+
<i>Turkogammarus aralensis</i> (Uljanin)	+	+	-	-	-	-	-
<i>Mesomysis kowalevskii</i> Czerniavsky	-	-	+	+	+	-	+
<i>Paramysis lacustris</i> (Czerniavsky)	+	+	-	+	+	-	+
INSECTA							
<i>Anax imperator</i> Leach	-	-	-	-	-	+	+
<i>Cloen dipterum</i> L.	-	-	+	+	+	+	-
CAENIS MACRURA STEPHENS							
<i>Ecnomus tenellus</i> Rambur	-	-	+	+	-	-	-
<i>Chironomus salinarius</i> Kieffer	+	+	+	-	+	+	+
<i>Ch. halophilus</i> Kieffer	+	+	-	-	-	+	+
<i>Ch. thummi</i> Kieffer	+	+	+	+	+	+	-
<i>Cricotopus tenellus</i> Fabricius	-	-	-	+	-	-	-
<i>C. silvestris</i> (Fabricius)	-	+	+	+	+	+	+
<i>Procladius ferrugineus</i> Kieffer	+	+	+	+	+	+	-
<i>Polypedilum aberrans</i> Tschern.	+	+	-	+	+	-	+
<i>Endochironomus tendens</i> (Fabricius)	+	-	-	+	+	-	-
<i>Glyptotendipes barbipes</i> (Staeger)	-	-	-	+	-	-	-
<i>G. glaucus</i> (Meigen)	-	-	-	+	-	-	-
Общее количество видов	33	30	25	75	28	28	31
Озера	СКК	КТ	ТУЗ	СКФ	УШ	КК	СИЧ

Всего было отмечено 111 видов донных животных, наиболее разнообразным был бентос пресноводного озера Сарыкамыш (Ферг. вил.), наименее – в солоноватоводных озерах (табл. 2, 3). Как и в большинстве водоемов Центральной Азии наиболее разнообразны были хирономиды (86 видов) (табл. 3). Другие группы представлены гораздо меньшим числом видов – стрекозы (8 видов), жуки (6 видов), личинки двукрылых (10 видов), моллюски (9 видов), аннелиды (5 видов), поденки (6 видов). Остальные группы организмов представлены единичными видами.

В озерах Сарыкамыш (Каракалпакстан) и Западный Каратерень сохранились остатки Аральской гидрофауны: полихета *Nereis diversicolor*; моллюски *Cerastoderma isthmicum*, *Caspihydrobia cf. conica*, *Theodoxus pallasi*, бокоплав *Turkogammarus aralensis* (внесен в Красную книгу РУз. [3]).

Таблица 3

Таксономическое разнообразие (количество видов) макрозообентоса исследованных озер (условные обозначения как в табл. 2)

Таксоны / озера	СКК	КТ	ТУЗ	УШ	КК	СКФ	СИЧ	Всего видов / %
Анеллиды	3	2	2	3	2	3	3	5 / 4
Моллюски	2	1	-	-	-	5	1	9 / 7
Ракообразные	2	1	1	1	1	1	3	2 / 1,5
Хирономиды	20	19	17	18	18	49	19	86 / 65
Другие двукрылые	4	4	3	3	4	5	4	9 / 7
Стрекозы	1	1	-	2	2	5	3	8 / 6
Жуки	1	2	2	1	1	3	2	6 / 4,6
Поденки	-	-	-	2	-	4	1	6 / 4,6
Всего	33	30	25	28	28	75	36	131

Сравнение видового состава зообентоса исследованных озер выявило, что наиболее сходны видовые составы солоноватоводных озер. Видовой состав макрозообентоса пресноводного озера Сарыкамыш Ферганской долины резко отличается от видового состава исследованных солоноватоводных озер (табл. 4) и более сходен донной фауной водохранилищ [4].

Таблица 4

Сходство видового состава макрозообентоса исследованных озер согласно коэффициенту Сёрнсена-Чекановского (условные обозначения как в табл. 2)

Озера	СКК	КТ	ТУЗ	КК	УШ	СКФ	СИЧ
Сарыкамыш (РКК)		80	75	69	77	20	77
Зап. Каратерень	80		68	70	78	21	66
Тузкан	75	68		75	71	18	70
Каракир	81	70	75		68	19	67
Уллишоркуль	77	78	71	68		22	56
Сарыкамыш (Ферг. вил.)	20	21	18	19	22		23
Сичанкуль	77	66	70	67	56	23	

В качестве практических рекомендаций можно предложить вселение в солоноватоводные озера Уллишоркуль, Каракир, Тузкан, Сичанкуль, другие солоноватоводные водоемы республики беспозвоночных приаральской фауны – нереиса, аральского гаммаруса, моллюсков теодоксуса и церастодерму.

Благодарности. Авторы благодарны О.Д. Герасимовой за помощь в определении ряда видов, И.М. Мирабдуллаеву за ценные замечания и помощь в написании статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бекмурзаев Б. Бентос Каражарской системы озера дельты Амударьи // Узб. биол. ж. 1969. № 2. С. 50-52.
2. Ембергенов С., Хусаиновна Н.З. О зообентосе озера Восточный Каратерень (дельта Амударьи) // Вестн. КК ФАН УзССР. 1970. № 2. С. 51-55.
3. Красная Книга Республики Узбекистан. - Тошкент: Chinor ENK, 2019. Т. 2. 377 с.
4. Матмуратов М.А., Абдиназаров Х.Х., Сабилов Ж.Ж., Герасимова О.Д., Бейшеева Ш.А., Мирабдуллаев И.М. Макрозообентос некоторых равнинных водохранилищ Узбекистана // Вестник ККО АН РУз. Нукус, 2016. № 3. С. 66-69.
5. Мирабдуллаев И.М., Мирзаев У.Т., Кузметов А.Р., Кимсанов З.О. Ўзбекистон ва қўшни худудлар балиқлари аниқлагичи. Тошкент: «Сано-стандарт», 2011. 108 с.
6. Мухамедиев А.М. Гидробиология водоемов Ферганской долины. - Ташкент: Фан, 1967. – 275 с.
7. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 2. Зообентос / ред. В.Р. Алексеева и С.Я. Цалолыхина. – М. -СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. - 457 с.
8. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий (ред. С.Я. Цалолыхина). Москва-СПб: Товарищество научных изданий КМК, 1994-2004. Т. 1-6.
9. Плотников Г.К., Пескова Т.Ю., Шкуте А., Пупиня А., Пупиньш М. Сборник классических методов гидробиологических исследований для использования в аквакультуре. – Акад. изд. Даугавпилс. универ. «Саулс», 2017. 282 с.
10. Попченко В.И., Булгаков Г.П. Мониторинг макрозообентоса // В кн.: Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. С.-П.: Гидрометеиздат, 1992. С. 64-104.
11. Практическая гидробиология. Пресноводные экосистемы. (Ред. В.Д. Федоров, В.И. Капкова). – М.: Изд-во МГУ, 2006. 366 с.
12. Салазкин А.А., Алимов А.Ф., Финогенова Н.П. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах: Зообентос и его продукция. – Л.: ГосНИОРХ, 1984. 52 с.

КОЖЕВНИКОВА А.Г.

СОСТАВ ВИДОВ ЦИКАДОВЫХ ЛЮЦЕРНОВЫХ ПОЛЕЙ УЗБЕКИСТАНА

gnadezhda03@mail.ru

Ташкентский государственный аграрный университет

Кожевникова А. Г.

ЎЗБЕКИСТОНДА БЕДА ДАЛАЛАРИ ЦИКАДАЛАРИНИНГ ТУР ТАРКИБИ

Маколада Ўзбекистонда цикадалар беда далаларининг тур таркиби ва озукавий аьлокалари, морфологик ва биологик хусусиятлари тўғрисида материаллар келтирилган. Тадкикотлар шуни кўрсатдики, цикаданинг 96 тури беда далаларида, шу жумладан Фаргона водийсида 82 тур, Шимолий Ўзбекистонда 64 тур, Зарафшон водийсида 46 тур ва Ўзбекистон жанубида цикаданинг 22 тури. Уларнинг 54 тури озик-овкат билан боғлиқ кишлок хўжалиги усимликлари.

Таянч сузлар: беда турларининг таркиби, зараркунандалар, цикадалар, зарар, кишлок хўжалиги усимликлари, цикадаларининг турлари, жинсий аппарат, полифаглар, олигофаглар.

Кожевникова А. Г.

СОСТАВ ВИДОВ ЦИКАДОВЫХ ЛЮЦЕРНОВЫХ ПОЛЕЙ УЗБЕКИСТАНА

В статье представлены материалы по определению видового состава цикадовых люцерновых полей Узбекистана, их пищевые связи, морфологические и биологические особенности. Проведённые исследования показали, что на люцерновых полях встречается 96 видов цикад, в том числе в Ферганской долине 82 вида, в Северном Узбекистане 64 вида, в Зеравшанской долине 46 видов и в Южном Узбекистане 22 вида цикад. Из семейств Aphrophoridae, Cicadellidae, Delphacidae, Dictyopharidae, Cixiidae, Tettigometridae и Issidae. Из них 54 вида связаны питанием с сельскохозяйственными растениями.

Ключевые слова: Люцерна, видовой состав, вредители, цикадовые, повреждения, численность, сельскохозяйственные растения, виды цикад, генитальный аппарат, полифаги, олигофаги.

Kojevnikova A.G.

THE CICADAS SPECIES COMPOSITION OF ALFALFA FIELDS IN UZBEKISTAN

The article presents materials of cicadas species composition of alfalfa fields in Uzbekistan their nutritional relationships morphological and biological features. Studies have shown that 96 cicadas species are found on alfalfa fields, including 82 species in the Fergana Valley, 64 species in Northern Uzbekistan, 46 species in the Zerafshan Valley, and 22 species in Southern Uzbekistan. Of these 54 species have nutritionally relation with other agricultural plants.

Key words: alfalfa, species, composition, pests, cicadas, damage, prevalence, agricultural, plants, cicadas species, genital apparatus, polyphages, oligophages.

Введение. Видовой состав насекомых люцерновых полей богат и разнообразен, поэтому изучение фауны люцерновых полей имеет значение с общебиocenотической точки зрения. Кроме того, люцерновые поля создают оптимальные условия для зимовки, развития и размножения многих насекомых. Среди них немало видов, вредных для сельскохозяйственных культур [1].

Цикадовые широко представлены в разнообразных условиях, но особенно многочисленны в травянистых сообществах.

В условиях искусственного полива создаются благоприятные условия не только для вегетации люцерны, но и для вредителей, повреждающих эту культуру. Физико-географические и почвенно-климатические условия районов исследований, позволяют интенсивно вести сельскохозяйственное производство по всему Узбекистану, от равнин до высокогорных лугов. Однако климат Узбекистана заметно разнится в отдельных естественно исторических зонах внутри страны [2]. Поэтому наши исследования проводились преимущественно в Ферганской долине, Северном Узбекистане, Зеравшанской долине и Южном Узбекистане, были охвачены также и другие территории Узбекистана.

Методика и материалы исследований. В исследованиях использовались специальные и общепринятые в энтомологии методики.

Материалом для настоящей работы явились 10 летние исследования, проведённые в различных почвенно-климатических зонах Узбекистана.

Результаты исследований и обсуждение. Люцерна повреждается различными вредителями, в основном насекомыми, в том числе цикадовыми. Цикадовые - насекомые с колюще-сосущим ротовым аппаратом. Помимо коротких 3х члениковыми усиков с концевой щетинкой и 3- члениковых лапок, отличаются еще прыгательными задними ногами и строением крыльев; они имеют не только продольные, но и поперечные жилки, а передняя пара нередко плотнее задней [3].

Определение цикад довольно сложно, поскольку многие виды и даже роды отличаются, главным образом, строением генитального аппарата самца.

Живут и питаются цикады на нижней стороне листьев. При питании личинок и имаго цикад на листьях люцерны и других растений образуются бледные, неправильной формы пятнышки. При сильном повреждении ассимиляционная поверхность листьев сильно сокращается [4].

Как видно из таблицы на люцерновых полях Узбекистана встречается 96 видов цикад, в том числе в Ферганской долине 82 вида, в Северном Узбекистане 64 вида, в Зеравшанской долине 46 видов и в Южном Узбекистане 22 вида цикад. Из семейств Aphrophoridae, Cicadellidae, Delphacidae,

Dictyopharidae, Cixiidae, Tettigometridae и Issidae. Из них 54 вида связаны питанием с сельскохозяйственными растениями.

Состав видов цикадовые люцерновых полей Узбекистана

Виды цикадовых	Почвенно-климатические зоны Узбекистана			
	Южный Узбекистан	Зеравшанская долина	Северный Узбекистан	Ферганская долина
Семейство Aphrophoridae				
<i>Lepyronia coleoprata</i> L.	+			+
<i>Philaenus spumarius</i> L.			+	+
Семейство Cicadellidae				
<i>Austroagallia zachvatkini</i> Vilb.	+	+	+	+
<i>Anaceratagallia aciculata</i> Horv.	+	+	+	+
<i>A. laevis</i> Rib.		+	+	+
<i>A. acuteangulata</i> Zachv.	+	+		+
<i>A. alabugensis</i> Dub.				+
<i>A. collicola</i> Dub.			+	+
<i>A. turanica</i> Dub.				+
<i>Batracomorphus irroratus</i> Lew.	+	+	+	+
<i>Eupelix cuspidata</i> F.			+	+
<i>Aphrodes ferganensis</i> Dub.			+	+
<i>Cicadella viridis</i> L.	+	+	+	+
<i>Asianidia asiatica</i> Kusn.	+		+	+
<i>Chlorita tamanini</i> Wgn.			+	+
<i>Empoasca meridiana</i> Zachv.	+	+	+	+
<i>E. minor</i> Zachv.	+		+	+
<i>E. uzbekorum</i> Zachv.			+	+
<i>Kyboasca bipunctata</i> Osh.	+	+	+	+
<i>Eremochlorita tesellata</i> Leth.			+	+
<i>Tamaricella parvula</i> Dlab.			+	+
<i>Goniagnatus brevis</i> H.-S.				+
<i>G. rugulosus</i> Hpt.				+
<i>G. guttilennis</i> Kbm.			+	+
<i>G. sanguinisparvus</i> Hpt.				+
<i>Opsius tigripes</i> Leth.		+		+
<i>O. pallasi</i> Leth.			+	+
<i>O. versicolor</i> Dist.				+
<i>Pseudophiepsius dinotatus</i> Sign.		+	+	+
<i>Circulifer opacipennis</i> Leth.	+	+	+	+
<i>C. haematoceps</i> M.-R.	+	+	+	+
<i>Nealiturus fenestratus</i> H.-S.			+	+
<i>N. guttulatus</i> Kbm.			+	+
<i>Balklutha rosea</i> Scott.			+	+
<i>B. rhenana</i> Wgn.		+		+
<i>B. mitjajevi</i> Dlab.			+	+
<i>Macrosteles laevis</i> Rib.	+	+	+	+
<i>M. quadripunctulatus</i> Kbm.	+	+	+	+

Виды цикадовых	Почвенно-климатические зоны Узбекистана			
	Южный Узбекистан	Зеравшанская долина	Северный Узбекистан	Ферганская долина
<i>M. razvjazkinae</i> Dub.			+	+
<i>M. fieberi</i> Edw.			+	+
<i>M. lividus</i> Edw.				+
<i>Deltocephalus pulicaris</i> Fall.			+	+
<i>Recilia schmidtgeni</i> Wgn.		+	+	+
<i>Chiasmus conspurcatus</i> Perr.		+		+
<i>Doraturopsis heros</i> Mel.		+		+
<i>Doratura homophyla</i> Fl.			+	+
<i>Aconura jakowlevi</i> Leth.		+		+
<i>A. volgensis</i> Leth.			+	+
<i>Aconurella prolixa</i> Leth.		+	+	+
<i>Platymetopius albus</i> Lind.			+	+
<i>P. chloroticus</i> Put.			+	
<i>P. rostratus</i> H.-S.			+	+
<i>P. dubovskyi</i> Dlab.				+
<i>P. kubulensis</i> Dlab.		+		
<i>Papyrina viridis</i> Vilb.		+		
<i>Phlepsus intricatus</i> H.-S.		+	+	+
<i>Hardia turanica</i> Zachv.		+		
<i>Stenometopiellus sigillatus</i> Hpt.			+	+
<i>St. iranicus</i> Zachv.				
<i>Cicadula divaricata</i> Rib.		+	+	+
<i>Euscelidius mundus</i> Hpt.				+
<i>Euscelis lineolatus</i> Brulle		+	+	+
<i>Eu. alsius</i> Rib.				+
<i>Eu. plebejus</i> Fall.			+	+
<i>Paralimnus efferatus</i> Dlab.		+		+
<i>P. angusticeps</i> Zachv.		+	+	
<i>Psammotettix striatus</i> L.	+	+	+	+
<i>P. versicolor</i> L.		+		
<i>P. dubovskyi</i> Vilb.				+
<i>P. pictipennis</i> Kbm.			+	
<i>Diplocolenus abdominalis</i> F.			+	
<i>Rhoananus hypochlorus</i> Fieb.			+	
<i>Mocuellus collinus</i> Boh.			+	
Семейство Delphacidae				
<i>Asiraca clavicornis</i> F.	+	+	+	+
<i>Kelisia pannonica</i> Mats.		+	+	+
<i>Chloriona unicolor</i> H.-S.		+		
<i>Laodelphax striatellus</i> Fall.	+	+	+	+
<i>Muirodelphax aubai</i> Perr.			+	
<i>Toya propingua</i> Fieb.	+	+	+	+
<i>Javesella pellucida</i> F.			+	
<i>Ribautodelphax zeravshanicus</i> Dub.		+	+	+

Виды цикадовых	Почвенно-климатические зоны Узбекистана			
	Южный Узбекистан	Зеравшанская долина	Северный Узбекистан	Ферганская долина
Семейство Dictyopharidae				
<i>Dictyophara europaea</i> L.		+	+	+
<i>D. longirostris</i> Wlk.			+	+
Семейство Cixiidae				
<i>Hemitropis tamaricis</i> Leth.		+		+
<i>H. tamaricola</i> Dub.				+
<i>H. fascilata</i> Horv.		+		+
<i>H. suleiman</i> Dlab.		+		+
<i>Pentastiridius leporinus</i> L.				+
<i>P. pallens</i> Germ.		+	+	+
<i>Reptalus rufocarinatus</i> Kusn.	+	+	+	+
<i>Hyalesthes obsoletus</i> Sign.		+	+	+
Семейство Tettigometridae				
<i>Tettigometra varia</i> Fieb.				+
<i>T. vittelina</i> Fieb.	+		+	+
<i>T. constulata</i> Fieb.		+		+
Семейство Issidae				
<i>Scorlupaster asiaticus</i> Leth.	+	+	+	+
<i>Brachyprosopa bicornis</i> Kusn.	+	+	+	+

Из зарегистрированных видов около 50 видов на люцерниках встречаются часто, а отдельные виды в массовом количестве.

На люцерне орошаемых земель в течение всего вегетационного периода обитают *Toya propingua* Fieb., *Laodelphax striatellus* Fall., *Asiraca clavicornis* F., *Psammotettix striatus* L., *P. dubovskyi* Vilb., *Phlepsus intricatus* H.-S., *Aconurella prolixa* Leth., *Macrosteles laevis* Rib., *M. quadripunctulatus* Kbm., *Circulifer opacipennis* Leth., *Circulifer opacipennis* Leth., *Pseudophiepsius dinotatus* Sign., *Kyboasca bipunctata* Osh., *Empoasca meridiana* Zachv., *Cicadella viridis* L., *Cicadella viridis* L., *Eupelix cuspidata* F., *Batracomorphus irroratus* Lew., *Anaceratagallia aciculata* Horv., *A. laevis* Rib., *A. acuteangulata* Zachv. и другие.

Отдельные виды цикад этой группы также часто встречаются в предгорных районах. Некоторые виды, особенно рода *Reptalus* и *Pentastiridius* на люцерне чаще встречаются весной.

Численность цикад на люцерновых полях колеблется в течение одного сезона и в течении разных лет, но ежегодно, как правило, наблюдается увеличение их количества на люцерниках ранней весной и, особенно, осенью. Кроме того численность цикадовых на люцерновом поле постепенно нарастает и достигает максимума в конце лета и осенью.

Зарегистрированные на люцерновых полях цикады в большинстве своем полифаги или олигофаги и связаны своим питанием с различными сельскохозяйственными растениями. Поэтому люцерновые поля в осенне-зимний период часто являются аккумуляторами и резервуарами многих видов цикад, расселяющихся затем по различным культурам.

Выводы. Наши исследования показали, что на люцерновых полях Узбекистана встречается 96 видов цикад. В том числе в Ферганской долине 82 вида, в Северном Узбекистане 64 вида, в Зеравшанской долине 46 видов и в Южном Узбекистане 22 вида цикад. Из них 54 вида связаны питанием с сельскохозяйственными растениями.

Зарегистрированные на люцерновых полях цикады в большинстве своем полифаги или олигофаги и связаны своим питанием с различными сельскохозяйственными растениями. Эти обстоятельства ставят перед необходимостью всестороннего изучения цикад люцерновых полей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубовский Г.К.. Цикадовые (Auchenorrhyncha) Ферганской долины. – Фан. – Ташкент: - 1966. – С. 210.
2. Кожевникова А.Г.. Цикадовые (Auchenorrhyncha) – вредители сельскохозяйственных культур Узбекистана. –Дисс...доктора б. наук: 03.00.09. – Ташкент: - 2000. - 314 с.
3. Бей-Биенко Г.Я.. Общая энтомология. -Вышая школа. – Москва: - 1980. – с. 193.
4. Кожевникова А.Г.. Цикады семейства Issidae – вредители сельскохозяйственных культур в Узбекистане. // Узбекский биологический журнал. - № 3. - Ташкент: - 2018. -с. 48-53.

ГЕНЕТИКА И МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

МУМИНОВ Х.А., БЕРДИЕВА Ш.О., РИЗАЕВА С.М.

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ ВЗАИМОСВЯЗЬ СЕМЕЙ F₄ ПОКОЛЕНИЙ МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ ПО ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫМ ПРИЗНАКАМ

mxa8215@mail.ru

Институт генетики и экспериментальной биологии растений АН РУз

Mo'minov H.A., Berdieva Sh.O., Rizaeva S.M.

TURLARARO DURAGAY F₄ AVLOD OILALARIDA QIMMATLI XO'JALIK BELGILARINING O'ZARO KORRELYATIV BOG'LIQLIGI

Ushbu maqolada turlararo duragaylash asosida olingan amfidiploid F₄ avlod oilalarida qimmatli xo'jalik belgilarining o'zaro bog'liqliklari keltirilgan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, o'rganilgan «Oila-5», «Oila-8», «Oila-13», «Oila-14», «Oila-41», «Oila-59» populyasiyalarning qimmatli xo'jalik belgilari o'rtasida uzviy bog'liqliklar turlicha ko'rinishda bo'lib, asosan kuchsiz ijobiy bog'lanish ro'y berganligi aniqlangan. Ushbu olingan natijalar o'z navbatida genetik-seleksion izlanishlarda oila populyasiyalarni tanlov samaradorligini ortishini ta'minlaydi.

Kalit so'zlar: amfidiploid, oila, korrelyatsiya, koeffitsiyent, belgi, bog'lanish, populyatsiya.

Муминов Х.А., Бердиева Ш.О., Ризаева С.М.

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ ВЗАИМОСВЯЗЬ СЕМЕЙ F₄ ПОКОЛЕНИЙ МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ ПО ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫМ ПРИЗНАКАМ

В статье приведены корреляционные связи хозяйственно-ценных признаков семьи F₄ амфидиплоидных поколений популяций полученных путём межвидовой гибридизации. По результатам эксперимента выявлено степень коррелятивных взаимосвязей между хозяйственно-ценными признаками популяций «Семья-5», «Семья-8», «Семья-13», «Семья-14», «Семья-41», «Семья-59», где связи были в основном слабой положительной. Это, в свою очередь, обеспечит эффективность отбора семейных популяций в генетико-селекционных исследованиях.

Ключевые слова: амфидиплоид, семья, корреляция, коэффициент, признак, взаимосвязь, популяция.

Muminov H.A., Berdieva Sh.O., Rizaeva S.M.

CORRELATION RELATIONSHIP OF FAMILIES OF F₄ GENERATIONS OF INTERSPECIFIC HYBRIDS BY ECONOMIC VALUABLE ATTRIBUTE

The article presents the correlations of economically valuable features of the F₄ family of amphidiploid generations of populations obtained by interspecific hybridization. According to the results of the experiment, the degree of correlative relationships between the economically valuable characteristics of the populations «Family-5», «Family-8», «Family-13», «Family-14», «Family-41», «Family-59», where the connections were mostly weak positive. This, in turn, will ensure the effectiveness of the selection of family populations in genetic breeding research.

Key words: amphidiploids, family, correlation, coefficient, sign, interconnection, population.

Основным показателем наследования количественных признаков хлопчатника является их наследование в взаимозависимости. В настоящее время, генетическая взаимозависимость признаков с точки зрения генетики объясняются плейотропным действием, проявляющимся способностью одного гена влиять на несколько фенотипических признаков и сцеплением генов. Полигены, контролируемые количественные признаки встречаются в нескольких сцепленных группах или, в основном, в разбросанном виде. При этом, гены, регулирующие положительные и отрицательные признаки могут быть в одной группе сцепления. Коэффициент корреляции признаков выражается буквой R и данный показатель варьирует от -1 до +1. Слабая корреляция выражается от нуля до 0,33, средняя от

0,33 до 0,66, а сильная изменяется от 0,66 до 1. Коэффициент корреляции выражается положительным (+) и отрицательным (-) знаками. Большинство количественных признаков хлопчатника, являющихся хозяйственно-ценными признаками, имеют положительные коррелятивные связи. Ученым генетикам и селекционерам хорошо известно, что изучение коррелятивных связей по нескольким признакам эффективнее, чем изучение их в индивидуальности. Были проведены весомые научные работы по изучению корреляции хозяйственно-ценных признаков [1, 2, 3, 5, 6].

Б.Х. Аманов [1] в своих исследованиях определил, что в генетической разнообразии генотипа *G. barbadense* L. выявляется непосредственная (прямая) корреляция, также автор подчеркнул высокую вероятность получения рекомбинантов воплощающих в себе несколько признаков среди гибридных крупнокоробочных семей растений, полученных путем внутривидовой и межвидовой гибридизации.

И.Т. Каххаровым [2] были изучены корреляционные связи гибридов между скороспелостью и хозяйственно-ценными признаками. Гибриды были получены путём скрещивания экологически отдалённых форм средневолокнистого вида *G. hirsutum* L. По результатам исследований выявлены однообразная, средняя и сильная положительная корреляции в родительских формах и растениях F_2 .

По мнению Х.Ю. Түйчиева [3], в средневолокнистых сортах хлопчатника хозяйственно-ценные признаки, то есть качество волокна и количественные признаки имеют отрицательную генетическую корреляцию, также приводятся данные по устранению проблем по созданию сортов с высоким выходом волокна. Определена положительная корреляция продуктивности с крупностью коробочки, массой 1000 штук семян, с выходом и длиной волокна, а плотность волокна имеет существенную корреляцию с индексом волокна.

В опытах в качестве селекционного материала были использованы растения F_4 полученные путем межвидовой гибридизации *G. hirsutum* subsp. *eu-hirsutum* сорт «Келажак» x (*G. arboreum* subsp. *perenne* x *G. arboreum* subsp. *obtusifolium* var. *indicum*). В качестве методов были применены классические методы генетики и селекции хлопчатника, методы межвидовой гибридизации и сравнительной морфологии, а также проведены фенологические наблюдения и методы генетико-статистических анализов.

В использованных растениях F_4 особое внимание обращено на корреляционные взаимосвязи таких признаков как, масса хлопка-сырца одной коробочки (г), масса 1000 штук семян, длина волокна (мм), выход волокна (%) и индекс волокна (г). При анализе результатов опыта, в популяциях «Семья-5» коэффициент корреляции между вышеприведенными признаками варьировал от $r=0,02$ до $r=0,49$. Определено, что признак масса хлопка-сырца одной коробочки и масса 1000 штук семян, выход волокна и индекс волокна имеют положительные взаимосвязи с коэффициентом корреляции от $r=0,45$ до $r=0,49$ (таблица). А слабые положительные корреляции наблюдались между такими признаками как, масса хлопка-сырца одной коробочки и длина, выход, индекс волокна, а также, между выходом волокна и индексом волокна. Коэффициент корреляции взаимозависим между этими признаками и отмечен на уровне от $r=0,02$ до $r=0,28$.

При анализе популяции F_4 растений «Семья-8» по хозяйственно-ценным признакам выявлен взаимосвязанный коэффициент корреляции от $r=0,02$ до $r=0,64$. Высокие показатели отмечены между признаками масса хлопка-сырца одной коробочки и выход волокна с средним положительным корреляционным коэффициентом от $r=0,52$ до $r=0,64$.

А слабые положительные корреляции наблюдались между массой хлопка-сырца одной коробочки и длиной и индексом волокна, массой 1000 штук семян и выходом, длиной, индексом волокна, при этом коэффициент корреляции был от $r=0,02$ до $r=0,31$. Также определено, что признаки длина волокна и индекс волокна не имели корреляционные связи в растениях этих семей.

Нами также проанализирована популяция «Семья-13», где коэффициент корреляции был от $r=0,01$ до $r=0,37$ по вышеприведенным признакам. Высокие показатели были между признаками массой 1000 штук семян и индексом волокна, длиной волокна и выходом волокна. Корреляционный коэффициент данных образцов варьировал от $r=0,34$ до $r=0,37$ и наблюдалась средняя положительная взаимозависимость. А слабые положительные связи определены между такими признаками, как масса одной коробочки и массой 1000 штук семян, длина, выход, индекс волон; между массой 1000 штук семян и длиной, выходом волокна; между выходом волокна и индексом волокна. Выявлено, что корреляции между индексом и длиной волокна не существенны. Такие показате-

Корреляционный взаимосвязь семей F₄ поколений межвидовых гибридов по хозяйственно-ценным признакам

Признаки	Масса хлопка-сырца одной коробочки, г	Масса 1000 штук семян, г	Длина волокна, мм	Выход олока, %	Индексволокна, г
	г	г	г	г	г
F ₄ <i>G.hirsutum</i> subsp. <i>eu-hirsutum</i> сорт «Келажак» x (<i>G.arboreum</i> subsp. <i>Perenne</i> x <i>G.arboreum</i> subsp. <i>obtusifolium</i> var. <i>indicum</i>)					
Растения - F ₄ семьи-5					
Масса хлопка-сырца одной коробочки, г					
Масса 1000 штук семян, г	0,45				
Длина волокна, мм	0,11	0,10			
Выход волокна, %	0,12	0,23	0,28		
Индекс волокна, г	0,02	0,07	0,11	0,49	
Растения - F ₄ семьи-8					
Масса хлопка-сырца одной коробочки, г					
Масса 1000 штук семян, г	0,64				
Длина волокна, мм	0,22	0,08			
Выход волокна, %	0,52	0,31	0,13		
Индекс волокна, г	0,02	0,30	0,00	0,13	
Растения - F ₄ семьи-13					
Масса хлопка-сырца одной коробочки, г					
Масса 1000 штук семян, г	0,16				
Длина волокна, мм	0,25	0,27			
Выход волокна, %	0,10	0,25	0,37		
Индекс волокна, г	0,01	0,34	0,00	0,15	
Растений - F ₄ семьи-14					
Масса хлопка-сырца одной коробочки, г					
Масса 1000 штук семян, г	0,32				
Длина волокна, мм	0,09	0,17			
Выход волокна, %	0,00	0,26	0,01		
Индекс волокна, г	0,30	0,20	0,11	0,27	
Растения - F ₄ семьи-41					
Масса хлопка-сырца одной коробочки, г					
Масса 1000 штук семян, г	0,07				
Длина волокна, мм	0,11	0,06			
Выход волокна, %	0,10	0,00	0,05		
Индекс волокна, г	0,18	0,68	0,12	0,26	
Растения - F ₄ семьи-59					
Масса хлопка-сырца одной коробочки, г					
Масса 1000 штук семян, г	0,34				
Длина волокна, мм	0,00	0,05			
Выход волокна, %	0,24	0,02	0,00		
Индекс волокна, г	0,50	0,32	0,00	0,77	

ли наблюдались и у популяций семей «Семья-14», а у популяций семей «Семья-5», «Семья-8», «Семья-13» между всеми хозяйственно-ценными признаками определена слабая положительная

корреляция. Коэффициент корреляции этих образцов от $r=0,01$ до $r=0,32$. При анализе еще одного материала исследований «Семья-41» коэффициент корреляции был $r=0,06$ - $r=0,68$. Высокие показатели были между массой 1000 штук семян и индексом волокна, сильная положительная корреляция равна $r=0,68$. В данной семье по другим признакам (масса хлопка-сырца одной коробочки, масса 1000 штук семян, выход волокна, индекс волокна) корреляционные связи были слабее чем другие («Семья-5», «Семья-8», «Семья-13», «Семья-14») семьи и коэффициенты равнялись от $r=0,05$ до $r=0,26$. Аналогичная картина наблюдалась по корреляции длины и выхода волокна, так как между этими признаками не найдено взаимосвязей.

Коэффициент корреляции популяции «Семья-41» составил от $r=0,02$ до $r=0,77$ по хозяйственно-ценным признакам. Высокая положительная корреляционная связь была между признаками выход и индекс волокна с коэффициентом $r=0,77$. А слабые корреляционные связи с коэффициентом от $r=0,34$ до $r=0,50$ выявлены между массой хлопка-сырца одной коробочки и выходом волокна, а также между массой 1000 штук семян выходом, длиной, индексом волокна, и их коэффициент корреляции равнялся от $r=0,24$ до $r=0,32$. Как и у других семейств популяции «Семья-41» между признаками масса хлопка-сырца одной коробочки и длина волокна, длина волокна и выход, индекс волокна не наблюдались положительные и отрицательные корреляции. При анализе полученных результатов отмечено, что в популяциях всех семей выявлена отличительная положительная корреляция между такими признаками, как масса хлопка-сырца одной коробочки, масса 1000 штук семян, длина волокна, выход волокна и индекс волокна. Это, в свою очередь, обеспечивает эффективность отбора семейных популяций в генетико-селекционных исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аманов Б.Х. Перу ғўза турларини туричи ва турлараро дурагайлаш асосида генетик жиҳатдан бойитилган тизмалар олиш. // Дисс. био. фан. док. (DSc) Тошкент. 2019. - Б. 134-147.
2. Қаххаров И.Т. Корреляция скороспелости с хозяйственно ценными признаками у внутривидовых географически отдаленных гибридов F2 хлопчатника *G.hirsutum* L. // Эволюционные и селекционные аспекты скороспелости и адаптивности хлопчатника и других сельскохозяйственных культур: Мат. меж. науч. конф. -Ташкент. 2005. - С. 109-110.
3. Тўйчиев Х.Ю. Айрим ғўза ва нав тизмаларининг популяциялари ичидаги биотипларнинг морфобиологик ва хўжалик белгиларининг мувозанатлиги. // Б.ф.д.... дисс. автореф. Тошкент. 2010. - Б. 16-18.
4. Чоршанбиев Н.Э. Ингичка толали ғўзанинг янги навларида ва дурагайларининг F1 авлодида кимматли хўжалик белгиларининг корреляцияси. // Суғориладиган ерларда кишлок хўжалик экинлари селекцияси уруғчилиги ва етиштириш технологиясининг муаммолари Республика илмий конф. - Самарканд, 2006. - Б. 34-35.
5. Norton E.R., Clark L.J., Husman S.H. Evaluation of a Twin-Line Cotton-Production System in Graham County. // Arizona Cotton Report.- The University of Arizona, College of Agriculture and Life Sciences. 2002. - P. 204-208.
6. Silvertooth J.C., Galadima A. Evaluation Irrigation Termination Effect on Fiber Micronaire and Yield of Upland Cotton. // Arizona Cotton Report.- The diversity of Arizona, College of Agriculture and Life Sciences. 2006. - P. 49-60.

МУНДАРИЖА

Юсупова Ў.Ю., Рамазонов Н.Ш., Сыров В.Н., Юлдашева Н. <i>Silene tomentella</i> ўсимлигидан ажратиб олинган фитоэксдистероидлар йиғиндисининг биологик фаоллигини ўрганиш	3
Ашурова Л., Сасмаков С., Аширов О., Рамазонов Н., Азимова Ш. <i>Saponaria officinalis</i> ўсимлигининг сапониалари ва уларнинг микробларга қарши фаоллиги	8
Циферова Н.А., Рахматуллаев И.К., Мерзляк П.Г., Сабилов Р.З. Перитонеал макрофаглар плазмалеммасидаги ҳажмга боғлиқ анион каналига анион токи блокаторларининг таъсири	12
Иногамов У.К., Рустамова С.И., Хамидова О.Ж., Файзиев Д.Д., Циферова Н.А., Курбанназарова Р.Ш., Мерзляк П.Г., Сабилов Р.З. <i>Capparis spinose</i> L. ўсимлиги умумий флавоноидлар экстрактининг тимоцит ҳажм бошқарилишига ва қизил қон хужайралари бутунлигига таъсири	16
Хасанов Б.А., Шеримбетов А.Г. <i>Fusarium</i> туркумининг таксаномияси ва унинг турларини аниқлашнинг замонавий усуллари (таҳлил)	22
Ибрагимова А.К. Озарбайжоннинг Кох туманида йўқолиб бораётган ўсимликлар турлари	33
Жумаев Ф.Қ., Шерназаров Э.Ш. Қарнабчўл қаттиқ мустаҳкамланган қумлари амфибия ва рептилиялар сонининг мавсумий динамикаси (Жанубий-ғарбий Қизилқум, Ўзбекистон)	42
Матмуратов М.А., Исмоилов Х.Ф., Абдуллаева Л.Н., Абдиназаров Х.Х., Бейшеева Ш.А. Ўзбекистон баъзи кўллариининг сув ости фаунаси	46
Кожевникова А.Г. Ўзбекистонда беда далалари цикадаларининг тур таркиби	50
Муминов Х.А., Бердиева Ш.О., Ризаева С.М. Турлараро дурагай F_4 авлод оилаларида қимматли хўжалик белгиларининг ўзаро коррелятив боғлиқлиги	56

ОГЛАВЛЕНИЕ

Юсупова У.Ю., Рамазонов Н.Ш., Сыров В.Н., Юлдашева Н. Изучение биологической активности суммы фитостероидов, выделенных из растения <i>Silene tomentella</i>	3
Ашурова Л., Сасмаков С., Аширов О., Рамазонов Н., Азимова Ш. Сапонины растения <i>Saponaria officinalis</i> и их противомикробная активность	8
Циферова Н.А., Рахматуллаев И.К., Мерзляк П.Г., Сабиров Р.З. Действие блокаторов анионного тока на активность объём-зависимого анионного канала в плазмалемме перитонеальных макрофагов мыши	12
Иногамов У.К., Рустамова С.И., Хамидова О.Ж., Файзиев Д.Д., Циферова Н.А., Курбанназарова Р.Ш., Мерзляк П.Г., Сабиров Р.З. Влияние экстрактов общих флавоноидов каперсов <i>Capparis spinose</i> L. на регуляцию объема тимоцитов и целостность эритроцитов	16
Хасанов Б.А., Шеримбетов А.Г. Таксономия рода <i>Fusarium</i> и современные методы идентификации его видов (обзор)	22
Ибрагимова А.К. Распространение исчезающих растений в Кахском районе (Азербайджан): влияющие экологические факторы и прогнозирование потенциального распространения	33
Жумаев Ф.К., Шерназаров Э.Ш. Сезонная динамика численности амфибий и рептилий в закрепленных песках Карнабчуля (Юго-западный Кызылкум, Узбекистан)	42
Матмуратов М.А., Исмоилов Х.Ф., Абдуллаева Л.Н., Абдиназаров Х.Х., Бейшеева Ш.А. Донная фауна некоторых озер Узбекистана	46
Кожевникова А.Г. Состав видов цикадовых люцерновых полей Узбекистана	50
Муминов Х.А., Бердиева Ш.О., Ризаева С.М. Корреляционный взаимосвязь семей F ₄ поколений межвидовых гибридов по хозяйственно-ценным признакам	56

CONTENTS

Yusupova U.Yu., Ramazonov N.Sh., Syrov V.N., Yuldasheva N. The study of the biological activity of the sum of phytoecdysteroids isolated from the plant <i>Silene tomentella</i>	3
Ashurova L., Sasmakov S., Ashirov O., Ramazonov N., Azimova Sh. Saponins of the <i>Saponaria officinalis</i> plant and their antimicrobial activity	8
Tsiferova N.A., Rakhmatullaev I.K., Merzlyak P.G., Sabirov R.Z. Effect of anion channels blockers on the volume-sensitive outwardly rectifying anion channel activity in mouse peritoneal macrophages plasmalemma	12
Inogamov U.K., Rustamova S.I., Khamidova O.J., Fayziev D.D., Tsiferova N.A., Kurbannazarova R.S., Merzlyak P.G., Sabirov R.Z. Effect of total flavonoids extracts from <i>Capparis spinose</i> L. on the thymocytes volume regulation and integrity of erythrocytes	16
Khasanov B.A., Sherimbetov A.G. Taxonomy of the genus <i>Fusarium</i> and modern methods of identification its species (review)	22
Ibrahimova A.G. Distribution pattern of threatened plants in Qakh district (Azerbaijan): environmental factors affecting and prediction of the potential distribution	33
Jumayev F.Q., Shernazarov E.Sh. Seasonal dynamics of the number of amphibians and reptiles in the fixed sands of Karnabchul (Southwestern Kyzylkum, Uzbekistan)	42
Matmuratov M.A., Ismoilov H.F., Abdullaeva L.N., Abdinazarov H.H., Beysheeva Sh.A. Bottom fauna of some lakes in Uzbekistan	46
Kojevnikova A.G. The cicadas species composition of alfalfa fields in Uzbekistan	50
Muminov H.A., Berdieva Sh.O., Rizaeva S.M. Correlation relationship of families of F ₄ generations of interspecific hybrids by economic valuble attribute	56