

УДК [577.121:582.572.3] (476)

## ДРУГАСНЫЯ МЕТАБАЛІТЫ ПРАДСТАЎНІКОЎ РОДУ *COLCHICUM* ВА ЎМОВАХ БЕЛАРУСІ

Н. А. Грыбок,  
навуковы супрацоўнік,  
Цэнтральны батанічны сад НАН Беларусі

UDC [577.121:582.572.3] (476)

## SECONDARY METABOLITES OF THE REPRESENTATIVES OF THE GENUS *COLCHICUM* IN THE CONDITIONS OF BELARUS

N. Grybok,  
researcher,  
Central Botanical Garden of NAS of Belarus

Паступіў у рэдакцыю 6.06.18.

Received on 6.06.18.

На ўзровень назапашвання другасных метабалітаў (ДМ) у *C. speciosum* Steven і *C. autumnale* L. пэўна ўплываюць фаза вегетацыі і орган расліны. Для кожнай з вывучаных груп ДМ (калхіцына, калхаміна, антацыянавых злучэнняў, катэхінаў, флавонаў, фенолкарбонавых кіслот і танінаў) выяўлена пэўная спецыфічнасць уплыву фактараў. Агульным можна лічыць выражаны ўплыў фактараў фазы і органаў, а таксама іх узаемадзеяння. Змест ДМ карэлюе з метэаралагічнымі ўмовамі вегетацыйнага сезону. Так, пры павышэнні тэмпературы і зніжэнні колькасці ападкаў назапашванне калхіцына ўзрастае, а калхаміна, наадварот, падае. Пры зніжэнні колькасці ападкаў узрастае ўтрыманне ўсіх вывучаных груп ДМ. Пры паніжэнні тэмпературы паветра стымулюецца сінтэз антацыянавых злучэнняў, катэхінаў і танінаў, а ўтрыманне флавонаў і фенолкарбонавых кіслот падае.

*Ключавыя словы:* познацветы, калхіцын, калхамін, другасныя метабаліты.

The level of accumulation of secondary metabolites (SMs) in *C. speciosum* Steven and *C. autumnale* L. is adversely affected by the vegetative phase and the organ of the plant. For each of the studied SMs groups (colchicine, colchamine, anthocyanins, catechins, flavones, phenolcarboxylic acids and tannins), a certain specificity of the influence of the factors was revealed. The influence of phase and organ factors, as well as their interactions, can be considered as general. The SMs content correlates with the meteorological conditions of the vegetative season. Thus, with an increase in temperature and a decrease in the amount of precipitation, the accumulation of colchicine increases, and, on the contrary, demecolchicine falls. With a decrease in the amount of precipitation, the content of all the studied groups of SMs increases. With a decrease in air temperature, the synthesis of anthocyanin compounds, catechins and tannins is stimulated, and the content of flavones and phenocarboxylic acids decreases.

*Keywords:* crocus, colchicum, colchamine, phenolic metabolites.

**Уводзіны.** Расліны роду *Colchicum* – познацветы – акрамя відавочных дэкаратаўных якасцяў маюць каштоўныя біяхімічныя ўласцівасці і ўяўляюць пэўную фармакалагічную цікавасць. Пры выбары крыніц сыравіны і тэрмінаў яе нарыхтовак важна ведаць дынаміку назапашвання біялагічна актыўных рэчываў (БАР). Сярод БАР познацвэтаў найбольшую цікавасць уяўляюць другасныя метабаліты (ДМ).

**Матэрыялы і метады.** У якасці аб'ектаў даследавання выкарыстоўвалі *C. speciosum* і *C. autumnale* з калекцыі эфемероідных раслін лабараторыі інтрадукцыі і селекцыі арнаментальных раслін ДНУ «Цэнтральны батанічны сад НАН Беларусі». Узоры расліннага матэрыялу, зафіксаваныя пры тэмпературы 80 °С і дасушаныя пры 30 °С, расціралі ў ступцы. Для далейшай працы выкарыстоўвалі ўсярэдненыя пробы расліннага матэрыялу.

Для колькаснага вызначэння калхіцына і калхаміна па метады Л. І. Чурадзе і сааўтараў (1976) экстракцыю алкалоідаў праводзілі вадой на працягу 60 хвілін. Экстракты цэнтрыфугавалі (10 хвілін пры 4000 аб./хв.). Супернатант злівалі. Працэдуру паўтаралі 4 разы. Порцыі супернатанта аб'ядноўвалі. Рээкстракцыю праводзілі трыма порцыямі хлараформу. Пасля кожнага этапу праводзілі цэнтрыфугаванне (10 хвілін пры 2000 аб./хв.), хлараформныя пласты аддзялялі і выпарвалі дасуха. Сухія рэшткі растваралі ў хлараформе і колькасна наносілі на шклянныя пласцінкі для тонкапластовай храматаграфіі. У якасці адсарбентаў выкарыстоўвалі нейтральны вокіс (Сетарол). Пласцінкі актывавалі ў сушыльнай шафе пры 110 °С на працягу 60 хвілін. Пасля хуткага колькаснага нанясення ўзораў пласцінкі змяшчалі ў храматаграфічную камеру з атмасферай, насычанай сумессю хлараформ-метанол (24:1). Пасля высушвання падзеле-

няя плямы адкрываліся ў УФ-святле. Плямы калхіцына і калхаміна адрознівалі па  $R_f$ . Элюцыю праводзілі 3 порцыямі 15 %-най  $\text{HCl}$ . Аптычную шчыльнасць раствораў вызначалі пры даўжыні хвалі 250 нм (кювета 1 см). Утрыманне калхіцына ў % паветрана-сухой сыравіны (А) разлічвалі па формуле:

$$A = \frac{C \times R}{10 \times a},$$

дзе  $C$  – канцэнтрацыя калхіцына, мг / мл;  $R$  – развядзенне, мл; 10 – каэфіцыент для пераводу мг/г у %;  $a$  – маса навескі, г. Утрыманне калхаміна разлічвалі па вышэйпрыведзенай формуле, у якую ўведзены каэфіцыент 1,2.

Для вызначэння сумарнага ўтрымання антацыянаў і лейкаантацыянаў (Swain, 1959) праводзілі экстракцыю 3–4 порцыямі 70 %-нага этанолу пры 60–70 °С на вадзяной лазні (пакуль астатак не перастане афарбоўвацца 1%-най салянай кіслатай у чырвоны колер). Водна-спіртавы раствор даводзілі да дакладнага аб'ёму і фільтравалі. Да 10 мл фільтрату дадавалі 3 мл 20%-нага раствора  $\text{HCl}$ . На працягу 15 хвілін праводзілі гідроліз на вадзяной лазні. Гідралізат астуджалі, а затым фільтравалі. Аптычнае паглынне гідралізата вымяралі пры 540 нм (кювета 1 см). Кантролем служыў першапачатковы водна-спіртавы экстракт. Утрыманне антацыянавых злучэнняў у мг% паветрана-сухой сыравіны (А) разлічвалі па формуле:

$$A = \frac{100 \times C \times R}{98,2 \times a},$$

дзе 100 – каэфіцыент для пераводу мг/г у мг%;  $C$  – канцэнтрацыя антацыянавых злучэнняў (у пераліку на цыанідзін), мг/мл;  $R$  – развядзенне, мл; 98,2 – каэфіцыент (па Танчаву);  $a$  – маса навескі, г.

Для вызначэння ўтрымання катэхінаў (Вігораў, 1968) да 1 мл гідралізата прылівалі 3 мл ванілінавага рэактыву (0,25 %-ны раствор ваніліна ў 10 н  $\text{HCl}$ ). У кантроль прылівалі 3 мл канцэнтраванай  $\text{HCl}$ . Аптычнае паглынне вымяралі пры 490 нм (кювета 1 см). Утрыманне катэхінаў у мг% паветрана-сухой сыравіны (А) рабілі шляхам разліку па формуле:

$$A = \frac{100 \times C \times R}{a},$$

дзе 100 – каэфіцыент для пераводу мг/г у мг%;  $C$  – канцэнтрацыя катэхінаў (у пераліку на су-

марны прэпарат катэхінаў гарбаты), мг/мл;  $R$  – развядзенне, мл;  $a$  – маса навескі, г.

Для вызначэння ўтрымання флавонаў (Сапапу, 1971) і ФКК (Мжаванадзе, 1971) ужыты метада папяровай храматаграфіі. 30 мл водна-спіртавага экстракту, атрыманага вышэйапісаным спосабам, выпарвалі дасуха на вадзяной лазні. Рэшту растваралі у 5 мл 70 %-нага этанолу і фільтравалі. Пасля хуткага колькаснага нанясення фільтрату на храматаграфічную паперу FN–3 праводзілі аднамерную сыходную храматаграфію: растваральнік 15%-ная воцатная кіслата. Храматаграмы высушвалі і праяўлялі 5 %-м спіртавым раствором  $\text{AlCl}_3$  і праглядалі ў УФ-святле. Плямы, якія мелі карычневую флюарэсцэнцыю ў УФ-святле (пасля апырсквання  $\text{AlCl}_3$  – жоўта-карычневую флюарэсцэнцыю ў УФ-святле) і адпаведныя флавонам, а таксама плямы, якія маюць блакітную флюарэсцэнцыю ў УФ-святле і адпаведныя ФКК, акрэслівалі алоўкам і выразалі (Бандзюкова, 1965). Дробна здробнення участкі храматаграмы залівалі 70 %-ным этанолам і экстрагавалі на працягу 3 гадзін. Для вызначэння ўтрымання флавонаў аптычнае паглынне раствораў вымяралі на спектрафотометры пры 269 нм (кювета 1 см). Кантролем служыў 70 %-ны этанол. Утрыманне флавонаў у мг% паветрана-сухой сыравіны (А) разлічвалі па формуле:

$$A = \frac{100 \times C \times B}{V},$$

дзе 100 – каэфіцыент для пераводу мг/г у мг%;  $C$  – колькасць флавонаў (у пераліку на апігеніні), г;  $B$  – аб'ём атрыманага экстракту, мл;  $V$  – аб'ём экстракту, нанесенага на храматаграму, мл.

Для вызначэння ўтрымання ФКК аптычнае паглынне раствораў вымяралі пры 325 нм (кювета 1 см). Утрыманне ФКК у мг% паветрана-сухой сыравіны (А) разлічвалі па формуле:

$$A = \frac{100 \times C \times B}{V},$$

дзе 100 – каэфіцыент для перакладу мг/г у мг%;  $C$  – колькасць ФКК (у пераліку на хларагенавую кіслату), мг;  $B$  – аб'ём атрыманага экстракту, мл;  $V$  – аб'ём экстракту, нанесенага на храматаграму, мл.

Для вызначэння ўтрымання ДВ у расліннай сыравіне выкарыстоўвалі тытраметрыч-

ны метада (Дзяржаўная фармакапея СССР, 1987). Дакладную навеску залівалі 250 мл вады і кіпяцілі са зваротным халадзільнікам на працягу 30 хвілін пры перыядычным памешванні. Вадкасць астуджалі да пакаёвай тэмпературы і фільтравалі. Да 25 мл фільтрату прылівалі 500 мл вады і 25 мл раствору індыгасульфакіслаты (1 г індыгакарміна растваралі ў 25 мл канцэнтраванай сернай кіслаты, дадавалі яшчэ 25 мл кіслаты, разводзілі да 1 л вадой). Тытравалі 0,02 М раствором перманганата калію да залаціста-жоўтага афарбоўвання. Паралельна праводзілі кантрольнае тытраванне (замест здабывання дадавалі ваду). Утрыманне танінаў у % паветрана-сухой сыравіны (А) разлічвалі па формуле:

$$A = \frac{(V - V_k) \times 0,004157 \times 250 \times 100}{a \times 25},$$

дзе V – аб'ём раствору 0,02 М перманганата калію, выдаткаваны на тытраванне, мл; V<sub>k</sub> – аб'ём раствору перманганата калію, выдаткаваны на кантрольнае тытраванне, мл; 0,004157 – колькасць танінаў, г (у пераліку на танін), на тытраванне якога выдаткаваны 1 мл 0,02 М перманганата калію; 250 – агульны аб'ём здабывання, мл; 100 – каэфіцыент для пераводу ў %; а – маса навескі, г; 25 – аб'ём здабывання, узяты для тытравання, мл.

Статыстычная апрацоўка вынікаў праведзена з выкарыстаннем пакета прыкладных праграм Statistica 6.0, MS Excel 2013.

**Вынікі і іх абмеркаванне.** Найбольшы змест калхіцына характэрны для генератыўных органаў (да 0,954 % і 0,532 % у *Colchicum speciosum* і *C. autumnale* адпаведна). У лісці вывучаемых відаў утрыманне калхіцына вар'іруе ў шырокіх межах (ад 0,021 да 0,375 %). У сцеблах, няспелых пладах і клубнецыбулінах утрыманне калхіцына прыкметна ніжэйшае.

Найбольшае ўтрыманне калхаміна выяўлена ў маладым лісці (да 0,734 і 0,524 % *C. speciosum* і *C. autumnale* адпаведна). У сцеблах і няспелых пладах калхаміна значна менш. Утрыманне калхаміна ў клубне-

цыбулінах вывучаемых відаў змянялася ў шырокім дыяпазоне: ад 0,119 да 0,811 % у *C. speciosum* і ад 0,054 да 0,561 % у *C. autumnale*. Калхіцын і калхамін прысутнічаюць ва ўсіх органах *C. speciosum* і *C. autumnale*, але месцы іх пераважнага назапашвання не супадаюць. Для клубнецыбулін абодвух відаў характэрна перавага калхаміна, а ў генератыўных органах, як правіла, пераважае калхіцын. Магчыма, адрозненні ў размеркаванні калхіцына і калхаміна па органам пазнацветаў абумоўлены адрозненнем фізіялагічных функцый гэтых алкалоідаў у расліне.

У органах вывучаемых відаў утрымліваюцца фенольныя злучэнні (ФЗ), сярод якіх флаваноіды (антацыянавых злучэнняў, катэхінаў, флавонаў), фенолкарбонавыя кіслоты (ФКК), таніны.

Найбольшае ўтрыманне антацыянавых злучэнняў знойдзена ў кветках *C. speciosum* і *C. autumnale*. Высокае ўтрыманне антацыянавых злучэнняў характэрна для маладога лісця і сцябла вывучаемых відаў.

У спелым лісці, кветках і бутонах абодвух відаў выяўлена досыць высокае ўтрыманне катэхінаў. У клубнецыбулінах таксама прысутнічаюць катэхіны, і іх змест вагаецца ад сярэдняга да высокага ўзроўню.

Для вывучаемых відаў характэрна высокае ўтрыманне флавонаў у спелым лісці, кветках і бутонах. У клубнецыбулінах яно, як правіла, ніжэйшае.

ФКК назапашваюцца, у асноўным, у лісці і рэпрадуктыўных органах вывучаемых відаў. Найбольшае іх утрыманне выяўлена ў кветках. У няспелых пладах ФКК могуць утрымлівацца ў вялікіх колькасцях.

Ва ўсіх органах *C. speciosum* і *C. autumnale* ўтрымліваюцца таніны. У надземных органах іх утрыманне пэўна вышэй, чым у клубнецыбулінах.

З дапамогай дысперсійнага аналізу ўстаноўлена, што ўсе фактары (фаза вегетацыі, від расліны, орган назапашвання і год даследавання) дакладна (пры ўзроўні значнасці P < 0,05) уплываюць на ўзровень назапашвання ДМ (табліца).

Табліца – Дакладнасць уплыву фактараў (крытэрыі Фішэра) дысперсійнага аналізу на ўтрыманне ДМ

Крыніца варыяцыі	ДМ						
	калхіцын	калхамін	антацыяны	катэхіны	флавоны	ФКК	таніны
фаза (А)	13101,90*	3167,37*	3425,52*	4487,02*	2668,28*	1025,60*	179,86*

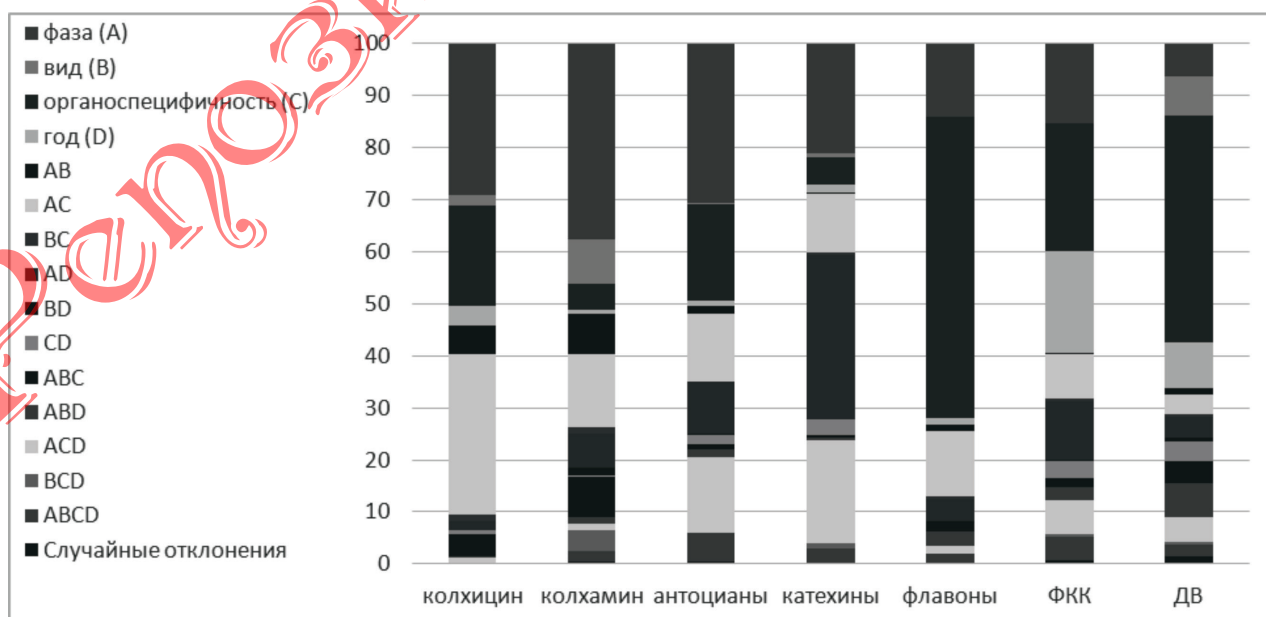
Крыніца варыяцыі	ДМ						
	калхіцын	калхамін	антацыяны	катэхіны	флавоны	ФКК	таніны
від (B)	3339,46*	2901,85*	82,25*	644,08*	80,51*	3,86	875,04*
орган (C)	35000,64*	1724,42*	8350,29*	4512,77*	44200,09*	6544,13*	4990,95*
год (D)	6601,91*	237,64*	214,00*	563,63*	554,91*	2587,66	494,65*
AB	2459,16*	649,24*	151,39*	52,75*	232,13*	24,60*	38,95*
AC	13866,37*	1174,19*	1466,99*	2432,53*	2401,92*	557,78*	108,47*
BC	2481,21*	502,39*	22,34*	388,48*	372,34*	157,60*	47,32*
AD	731,07*	546,89*	552,60*	3352,36*	393,24*	377,05*	59,15*
BD	108,05*	498,40*	70,21*	19,77*	678,64*	15,43*	45,93*
CD	1157,48*	65,60*	370,13*	1280,15*	9,48*	440,33*	210,14*
ABC	1919,99*	662,73*	130,87*	74,92*	49,27*	111,85*	119,30*
ABD	139,81*	95,75*	74,913*	58,96*	255,53*	86,71*	93,65*
ACD	434,46*	103,71*	815,84*	2118,32*	143,26*	212,67*	67,20*
BCD	131,97*	1382,88*	8,85*	364,67*	43,23*	67,01*	41,05*
ABCD	63,92*	172,92*	311,57*	294,85*	160,15*	154,53*	29,18*

Долі ўплыву фактараў і іх узаемадзеянняў у зменлівасці прыкметы адрозніваюцца паміж ДМ (рысунк 2).

Найбольшы ўплыў на назапашванне ДМ аказвае фаза вегетацыі (доля ўплыву ад 6,28 да 37,57 %), а таксама орган назапашвання (доля ўплыву ад 5,11 да 57,83 %). Узаема-

дзеянне гэтых двух фактараў таксама аказвае істотны ўплыў на ўзровень назапашвання ДМ, доля ўплыву якога ад 3,79 да 30,85 %.

Фактар віда расліны ўплывае ў меншай ступені на ўтрыманне ДМ (доля ўплыву не перавышае 8,60 %). Гэта сведчыць аб тым,



Рысунк 1 – Уплыў фактараў на назапашванне ДМ



што змест ДМ істотна не адрозніваецца ў *C. speciosum* і *C. autumnale*.

Для кожнай з вывучаных груп ДМ выяўлена пэўная спецыфічнасць уплыву даследаваных фактараў на характар іх назапашвання. Так, на назапашванні мажорных калхіцынавых алкалоідаў найбольшы ўплыў аказваюць фактары фазы і органа, а таксама іх узаемадзеянне: клубнецыбуліны і надземныя органы вывучаемых відаў значна адрозніваюцца па ўзроўню назапашвання алкалоідаў і ступень гэтых адрозненняў змяняецца на працягу вегетацыйнага перыяду.

На назапашванні калхіцына істотны ўплыў аказваюць фаза вегетацыі (29,15 %) і орган расліны (19,47%), што сведчыць аб розным характары змяненняў узроўню назапашвання калхаміна ў органах вывучаемых відаў раслін па фазах вегетацыі.

На назапашванні калхаміна найбольш моцны ўплыў аказвае фаза вегетацыі (37,57 %), што істотна вышэй уплыву гэтага фактара на назапашванні калхіцына і іншых ДМ. Уплыў арганаспецыфічнасці (5,11 %) і ўзаемадзеяння фактараў фазы і органаў (13,93 %) на назапашванні калхаміна значна меншы, што сведчыць аб больш раўнамерным размеркаванні калхаміна паміж падземнай і надземнай сферамі раслін.

На назапашванні калхаміна больш уплывае фактар віда (8,60 %), што сведчыць аб значнай відаспецыфічнасці назапашвання дадзенага алкалоіда. Акрамя таго, на назапашванні калхаміна прыкметны ўплыў аказвае ўзаемадзеянне фактараў фазы вегетацыі і года даследавання (6,49 %); узровень назапашвання змяняецца па фазах вегетацыі ў розныя гады палявых назіранняў.

Назапашванні ўсіх вывучаных груп ФЗ у *C. speciosum* і *C. autumnale* мае значную арганаспецыфічнасць і залежыць ад фазы вегетацыі. Ступень уплыву фактараў і іх узаемадзеянняў індывідуальная для кожнай з вывучаных груп флаваноідаў.

На назапашванні антацыянавых злучэнняў найбольш моцны ўплыў аказвае фаза вегетацыі (30,65 %). Для іх назапашвання таксама характэрна значная арганаспецыфічнасць (18,68 %) і істотны ўплыў узаемадзеянняў фактараў: фазы і органаў (13,13 %), і фазы і года (9,89 %), а таксама фазы органаў і года (14,60 %) і ўзаемадзеянне ўсіх чатырох фактараў (5,58 %), што сведчыць аб розным характары змяненняў узроўню назапашвання антацыянавых злучэнняў у клубнецыбулінах і надземных органах *C. speciosum*

і *C. autumnale* на працягу вегетацыі ў залежнасці ад узросту раслін і метэаралагічных умоў у перыяд вывучэння.

На назапашванні катэхінаў менш уплывае фактар органаў (5,31 %), што сведчыць аб больш раўнамерным размеркаванні паміж падземнай і надземнай сферамі вывучаемых відаў. Фактар фазы аказвае значны ўплыў (21,12 %), што адлюстроўвае змены ўзроўню назапашвання катэхінаў на працягу вегетацыйнага перыяду. На іх назапашванні значны ўплыў аказваюць ўзаемадзеянне фактараў: фазы і года (31,56 %), а таксама фактараў фазы, органаў і года (19,94 %), што сведчыць пра ўплыў метэаралагічных умоў на розных фазах вегетацыі ў перыяд вывучэння на назапашванні катэхінаў у клубнецыбулінах і надземных органах.

На назапашванні флавоноў фактар фазы вегетацыі ўплывае яшчэ менш (13,96 %), што сведчыць пра больш стабільны ўзровень утрымання гэтых злучэнняў на працягу вегетацыйнага перыяду. У той жа час арганаспецыфічнасць назапашвання флавоноў значна вышэй, чым іншых флавоноідных злучэнняў (57,83 %), што адлюстроўвае кантрасныя адрозненні ўзроўню назапашвання флавоноў у клубнецыбулінах і надземных органах раслін.

Узровень назапашвання ФКК у вывучаемых відаў, у першую чаргу, залежыць ад органа расліны (24,57 %). Характэрнай асаблівасцю з'яўляецца моцны ўплыў фактара года даследавання (19,43 %). Фактар года характарызуе ўзроставыя змены клонаў, атрыманых шляхам вегетатыўнага размнажэння зыходных раслін, а таксама адлюстроўвае ўплыў метэаралагічных умоў у перыяд вывучэння. Уплыў фазы вегетацыі на назапашванні ФКК (15,40 %) ніжэй, чым у шэрагу іншых ДМ. Акрамя таго, на назапашванні ФКК істотны ўплыў аказвае ўзаемадзеянне фактараў фазы вегетацыі і года даследавання (11,33 %) і фактараў фазы, органаў і года (6,39 %), а таксама ўсіх чатырох фактараў (4,64 %), што сведчыць аб уплыве метэаралагічных умоў на працягу вегетацыі на назапашванні ФКК у надземных органах і клубнецыбулінах вывучаемых відаў.

Для назапашвання танінаў характэрна высокая арганаспецыфічнасць (43,56 %). Істотны ўплыў года даследавання (8,64 %); уплыў фактара фазы меншы (6,28 %). Гэта азначае, што назапашванні танінаў у органах вывучаемых раслін на працягу вегетацыйнага сезону адбываецца досыць раўна-

мерна і залежыць ад узросту раслін і метэаралагічных умоў у перыяд вывучэння.

Дадатковае вывучэнне ўплыву метэаралагічных умоў вегетацыйнага перыяду ў гады назіранняў паказала істотную дакладную (пры ўзроўні значнасці  $P < 0,05$ ) сувязь паміж назапашваннем калхіцына і сумами эфектыўных тэмператур ( $R = 0,43$ ), працягласці перыяду вегетацыі ( $R = 0,44$ ) і перыяду актыўнай вегетацыі ( $R = 0,44$ ). Такім чынам, пры павышэнні тэмпературы назапашванне калхіцына ўзрастае, што ўзгадняецца з літаратурнымі дадзенымі адносна іншых алкалоідаў [Bernáth, 1988]. Акрамя таго, устаноўлена слабая адмоўная карэляцыйная сувязь назапашвання калхіцына і месячных сум ападкаў ( $R = -0,16$ ), што сведчыць аб павелічэнні назапашвання калхіцына, як і іншых алкалоідаў ва ўмовах воднага стрэсу [Mahdavi, 2010].

Для назапашвання калхаміна ўстаноўлены адмоўныя карэляцыйныя сувязі з сярэднімі месячнымі тэмпературамі ( $R = -0,34$ ) і месячнымі сумами ападкаў ( $R = -0,17$ ). Такім чынам, змест калхаміна ўзрастае ва ўмовах зніжэння ўтрымання калхіцына, значыць, калхамін можа лічыцца «альтэрнатыўным» калхіцыну алкалоідам.

Для назапашвання антацыянавых злучэнняў і катэхінаў устаноўлены адмоўныя сярэднія або слабыя карэляцыйныя сувязі з метэаралагічнымі фактарамі ( $R$  ад  $-0,14$  да  $-0,40$ ). Неспрыяльны ўплыў метэаралагічных фактараў стымулюе назапашванне антацыянавых злучэнняў і катэхінаў, а таксама дэманструе важныя функцыі гэтых злучэнняў ва ўмовах неспрыяльнага тэмпературнага і воднага рэжымаў, што ўзгадняецца з літаратурнымі дадзенымі [Маргна, 1990; Машурчак, 2010; Oren-Shamir, 1997; Luenga-Cai-cedo, 2007].

Для флавонаў і ФКК, наадварот, устаноўлены станоўчыя карэляцыйныя сувязі з сумами эфектыўных тэмператур ( $R = 0,24$  і

$R = 0,31$  адпаведна), з працягласцю перыяду вегетацыі ( $R = 0,22$  і  $0,24$  адпаведна) і з працягласцю перыяду актыўнай вегетацыі ( $R = 0,22$  і  $R = 0,33$  адпаведна). Такім чынам, пры павышэнні тэмпературы паветра адбываецца стымуляцыя сінтэзу гэтых злучэнняў. Слабая адмоўная сувязь усталявана месячнымі сумами ападкаў ( $R = -0,17$  і  $R = -0,11$  адпаведна), што сведчыць аб павышэнні сінтэзу флавонаў і ФКК пры зніжэнні колькасці ападкаў. Магчыма, ападкі аказваюць апасродкаваны ўплыў на метабалізм: яны вызначаюць рэжым асвятлення, які ў сваю чаргу аказвае моцны ўплыў на другасны метабалізм раслін.

Для назапашвання танінаў устаноўлены слабыя адмоўныя сувязі з сярэднімі месячнымі тэмпературамі, працягласцю перыяду вегетацыі і месячнымі сумами ападкаў ( $R = -0,21$ ,  $R = -0,17$  і  $R = -0,15$  адпаведна): узровень назапашвання ДВ павышаецца пры зніжэнні тэмпературы і ва ўмовах воднага стрэсу.

### Вывады

1. На ўзровень назапашвання ДМ у *C. speciosum* і *C. autumnale* ўплываюць фаза вегетацыі і орган расліны. Для кожнай з вывучаных груп ДМ выяўлена пэўная спецыфічнасць уплыву фактараў. Агульным можна лічыць выражаны ўплыў фактараў фазы і органаў, а таксама іх узаемадзеяння.

2. Змест ДМ карэлюе з метэаралагічнымі ўмовамі вегетацыйнага сезону. Так, пры павышэнні тэмпературы і зніжэнні колькасці ападкаў назапашванне калхіцына ўзрастае, а калхаміна, наадварот, падае. Пры зніжэнні колькасці ападкаў ўзрастае ўтрыманне ўсіх вывучаных груп ДМ. Пры паніжэнні тэмпературы паветра стымулюецца сінтэз антацыянавых злучэнняў, катэхінаў і танінаў, а змест флавонаў і ФКК падае.

### ЛІТАРАТУРА

1. Карпук, В. В. Фармакогнозія: учеб. пособие / В. В. Карпук. – Минск : БГУ, 2011. – 340 с.
2. Количественное определение колхицина и колхамина / Л. И. Чурадзе [и др.] // Фармация. – 1976. – Т. 25, № 5. – С. 41–45.
3. Swain, T. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituents / T. Swain, W. E. Hillis // J. of the Sci. Food and Agric. – 1959. – Vol. 10, iss. 1. – P. 63–68.
4. Вигоров, Л. И. Определение полифенолов / Л. И. Вигоров // Тр. 3-го Всесоюз. семинара по биологиче

### REFERENCES

1. Karpuk, V. V. Farmakognosiya: ucheb. posobiye / V. V. Karpuk. – Minsk: BGU, 2011. – 340 s.
2. Kolichestvennoye opredeleniye kolkhitsina i kolkhamina / L. I. Churadze [i dr.] // Farmatsiya. – 1976. – T. 25, № 5. – S. 41–45.
3. Swain, T. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituents / T. Swain, W. E. Hillis // J. of the Sci. Food and Agric. – 1959. – Vol. 10, iss. 1. – P. 63–68.
4. Vigorov, L. I. Opredeleniye polifenolov / L. I. Vigorov // Tr. 3-go Vsesoyuz. seminaru po biologicheski aktivnym

- ски активным (лечебным) веществам плодов и ягод, Свердловск, 1968. – С. 480–491.
5. *Sarapuu, L.* Фенольные соединения яблок / Л. Сарапую, Х. Мийдла // Ученые записки / Тартус. гос. ун-т; вып. 256. – 1971. – С. 111–113.
  6. *Мжаванадзе, В. В.* Количественное определение хлорогеновой кислоты в листьях черники кавказской (*Vaccinium arctostaphylos* L.) / В. В. Мжаванадзе, И. Л. Таргамадзе, Л. И. Драник // Сообщ. АН Груз. ССР. – 1971. – Т. 63, вып. 1. – С. 205–210.
  7. *Бандюкова, В. А.* Результаты дослідження високогорних рослин Тебердинського заповідника на вміст флавоноїдних речовин методом хроматографії на папері / В. А. Бандюкова, А. Л. Шинкаренко // Фармацевтич. журн. – 1965. – № 6. – С. 37–41.
  8. Государственная фармакопея СССР / МЗ СССР. – 11-е изд. – М.: Медицина, 1987. – Вып. 1: Общ. методы анализа. – 336 с.
  9. Variation in alkaloid production in poppy ecotypes: responses to different environments / J. Bernáth [et al.] // *Biochem. Syst. and Ecol.* – 1988. – Vol. 16, iss. 2. – P. 171–178.
  10. Water stress effects on growth, development and yield of opium poppy (*Papaver somniferum* L.) / A. Mahdavi [et al.] // *Agricultural Water Management.* – 2010. – Vol. 97, iss. 10. – P. 1582–1590.
  11. *Маргна, У. В.* Взаимосвязь биосинтеза флавоноидов с первичным метаболизмом растений / У. В. Маргна // Итоги науки и техники. Сер. Биол. химия / ВИНТИ АН СССР. – М.: [б. и.], 1990. – Т. 33. – 176 с.
  12. *Машурчак, Н. В.* Влияние условий произрастания на накопление флавоноидов в природных и экспериментальных популяциях цмина песчаного (*Helichrysum avenarium* (L.) Moench) в Саратовской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08, 03.01.04 / Н. В. Машурчак. – Саратов, 2010. – 168 с. – Дата доступа: <http://www.dissertat.com/content/vliyanie-uslovii-proizrastaniya-na-nakoplenie-flavonoidov-v-prirodnykh-i-eksperimentalnykh-p#ixzz54WqdDZLq>. – Режим доступа: 31.10.17
  13. *Oren-Shamir, M.* Temperature effects on the leaf pigmentation of *Cotinus coggygia* «Royal Purple» / M. Oren-Shamir, A. Levi-Nissim // *J. of the Hortic. Sci.* – 1997. – Vol. 72. – P. 425.
  14. *Luenga-Caicedo, P. E.* Seasonal and intraspecific variation of flavonoids and proanthocyanidins in *Cecropia glaziovii* Sneth. leaves from native and cultivated specimens / P. E. Luenga-Caicedo [et al.] // *Z. Naturforsch. C.* – 2007. – Vol. 62, iss. 9–10. – P. 701–709.
  - (lechebnym) veshchestvam plodov i yagod, Sverdlovsk, 1968. – S. 480–491.
  5. *Sarapuu, L.* Fenolnyye soyedineniya yablok / L. Sarapuu, Kh. Miiydlá // *Uchenyye zapiski / Tartus. gos. un-t; vyp. 256.* – 1971. – S. 111–113.
  6. *Mzhavanadze, V. V.* Kolichestvennoye opredeleniye khlorogenovoy kisloty v listyakh cherniki kavkazskoy (*Vaccinium arctostaphylos* L.) / V. V. Mzhavanadze, I. L. Targamadze, L. I. Dranik // *Soobshch. AN Gruz. SSR.* – 1971. – T. 63, vyp. 1. – S. 205–210.
  7. *Bandyukova, V. A.* Resultaty doslidzhennya visokogornyykh roslin Teberdinskogo zapovidnyka na vmist flavonoidnykh rechovyn metodomkromatografii na paperi / V. A. Bandyukova, A. L. Shinkarenko // *Farmatsevtich. zhurn.* – 1965. – № 6. – S. 37–41.8.
  8. Gosudarstvennaya farmakopeya SSSR / MZ SSSR. – 11-ye izd. – M.: Meditsina, 1987. – Vyp. 1: Obshch. metody analiza. – 336 s.
  9. Variation in alkaloid production in poppy ecotypes: responses to different environments / J. Bernáth [et al.] // *Biochem. Syst. and Ecol.* – 1988. – Vol. 16, iss. 2. – P. 171–178.
  10. Water stress effects on growth, development and yield of opium poppy (*Papaver somniferum* L.) / A. Mahdavi [et al.] // *Agricultural Water Management.* – 2010. – Vol. 97, iss. 10. – P. 1582–1590.
  11. *Margna, U. V.* Vzaimosvyaz biosinteza flavonoidov s pervichnym metabolizmom rasteniy / U. V. Margna // *Itogi nauki i tekhniki. Ser. Biol. khimiya / VINITI AN SSSR.* – M.: [b. i.], 1990. – T. 33. – 176 s.
  12. *Mashurchak, N. V.* Vliyaniye usloviy proizrastaniya na nakopleniye flavonoidov v prirodnykh i eksperimentalnykh populyatsiyakh tsmina peschanogo (*Helichrysum avenarium* (L.) Moench) v Saratovskoy oblasti: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk: 03.02.08, 03.01.04 / N. V. Mashurchak. – Saratov, 2010. – 168 s. – Data dostupa: <http://www.dissertat.com/content/vliyanie-uslovii-proizrastaniya-na-nakoplenie-flavonoidov-v-prirodnykh-i-eksperimentalnykh-p#ixzz54WqdDZLq>. – Rezhim dostupa: 31.10.17
  13. *Oren-Shamir, M.* Temperature effects on the leaf pigmentation of *Cotinus coggygia* «Royal Purple» / M. Oren-Shamir, A. Levi-Nissim // *J. of the Hortic. Sci.* – 1997. – Vol. 72. – P. 425.
  14. *Luenga-Caicedo, P. E.* Seasonal and intraspecific variation of flavonoids and proanthocyanidins in *Cecropia glaziovii* Sneth. leaves from native and cultivated specimens / P. E. Luenga-Caicedo [et al.] // *Z. Naturforsch. C.* – 2007. – Vol. 62, iss. 9–10. – P. 701–709.