Доля М. М., Мороз С. Ю., Ковальська А. Т.

УДК: 632.7

ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ СУЧАСНИХ БІОЛОГІЧНИХ РИТМІВ НА РОЗВИТОК, РОЗМНОЖЕННЯ І КОНТРОЛЬ ЧИСЕЛЬНОСТІ ШКІДЛИВИХ ВИДІВ КОМАХ

М. М. ДОЛЯ, доктор сільськогосподарських наук, професор

С. Ю. МОРОЗ, аспірант[1]

А. Т. КОВАЛЬСЬКА, аспірант[1]

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: SergeyMrozo95@ukr.net

https://doi.org/10.31548/dopovidi2019.06.010

Анотація. *Особливості розмноження комах-фітофагів та їх взаємовідношення проявляється головним чином біологічними ритмами і циклами. Це важлива складова щодо вивчення екологічних та біологічних механізмів динаміки поведінки комах та нових методів контролю чисельності фітофагів агроценозів. Висока креляційна залежність чисельності фітофагів та корисних видів комах від абіотичних та інших факторів із закономрними ритмами комах дозвляє конролювати чисельність комплексу шкідливих видів комах у часі та просторі.*

Авторами даної сттаті розглядаються теоретичні та практичні аспекти ритмів і фотоперіодичних реакцій із аналізом останніх досягнень науки в області механізмів контролю чисельнсоті шкідливих видів комах у посівах соняшнику та інших сільськогосподарських культур. Встановлено, що динаміка середньобагаторічних показників температури, вологості повітря, рівень гідротермічного коефіцієнту (ГТК), крелює із показниками біології та екології досліджуваних шкідливих видів комах: Agrotis segetum Schiff., *Brachycaudus helichrysi* Kalt. *та Agriotes* spp. *За результатами спостережень складені матриці розмноження, біологічних ритмів і діапаузи досліджуваних шкідливих видів комах при у сучасних польових сівозмінах і технологіях вирощування польових культур (в сер. 2017-2019 рр.)*

Ключові слова: *біологічні ритми; розмноження; фітофаги; чисельність, контроль чисельності*

Актуальність дослідження. У сучасних умовах формувань агробіоценозів чисельність комах фітофагів ритми розвитку і розмноження комах – проходять із чергуванням рівнів та інтервалів часу

[1] Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор Доля Микола Миколайович

впливу чинників зовнішнього середовища на структури ентомологічних комплексів. Це проявляється на особливостях розвитку і розмноження корисних і шкідливих видів комах і їх популяцій *(Chernyshev, 1996; Lazzari & Insausti, 2008; Danilevsky, Goryshin & Tyshchenko 1970)* .

Однак, короткострокові та довгострокові періоди біологічних ритмів розвитку комах-фітофагів відмічаються у діапазоні від часового добового терміну до декількох років.

Так, за нових систем заходів захисту сільськогосподарських культур від комплексу фітофагів генерація ритму чисто є спонтанною, і залежить від фізіологічних і біохімічних процесів в організмі комах. Встановлені добові, місячні та сезонні ритми, які в тій чи іншій мірі відповідають змінам середовища, зокрема – астрономічними факторами, а також технологіями вирощування сільськогосподарських культур.

Однак, вплив основних чинників на ритми проявляється при повному проходженні запрограмованих змін, які не пов'язані з відповідними коливаннями клімату. Так, як екологічні ритми в тій чи іншій мірі мають подвійну природу.

Так, добова періодичність середовища і її вплив на активність комах проявляється у закономірних добових змінах всіх факторів середовища протягом доби, зокрема – світло, що є одним із найважливіших сигнальних факторів у розвитку та розмноженні комах. Зміни протягом доби температури повітря і ґрунту та вологості, що різко виражено в останні роки, а також у районах з посушливим кліматом впливає на розвиток та розмноження як ґрунтових, так і внутрішньостеблових та інших видів комах у агроценозах. При цьому встановлені і максимуми активної життєдіяльності цих видів комах протягом доби. Так, екстремальні умови спостерігаються двічі на добу: після півночі і полудня. Ніч – найбільш темна і холодна пора, день – найбільш спекотна та суха. Для комах порівняно сприятливими виявляються незначні коливання і зміни погоди, коли і проявляється максимум активності та зростає ступінь пошкодження посівів сільськогосподарських культур комплексом фітофагів.

У нових формах землекористування це встановлено при оцінці інтенсивності розмноження і живлення гусениць підгризаючих совок, а також міграцію, спарювання, відкладання самицями яєць і строки

виходу імаго з лялечки а також при літніх та осінніх діапаузах основних шкідливих мігруючих видів комах фітофагів.

Мета дослідження полягає в уточненні впливу біологічних ритмів на особливості розвитку та розмноження основних видів фітофагів у сучасних польових сівозмінах.

Методи дослідженя Дослідження проведені за загальноприйнятими методами і методиками досліджень *(Borzych et. al. 2018).*

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Встановлено, що активність комах фітофагів залежить від декількох показників, які виділяють у три категорії показників рівнів активності. Так перша категорія – відносна кількість активних особин в момент облікового часу.

Друга категорія – кількість поведінкових дій, що здійснюються однією особиною або, групою особин комах та популяцією, спостережуваних протягом певного інтервалу часу із не закономірною кількістю міграцій і спарювання, а також неодночасністю виходів імаго з лялечок, а також довготривалістю сезонного льоту фітофагів, що оцінюється за кількістю відловлених екземплярів на світло та феромонні пастки.

До третьої категорії показників, відносяться числові значення безпосередніх або побічних результатів інтенсивної поведінки досліджуваного виду комах за певний інтервал часу. Зокрема – значного спожитого корму, і високим числом відкладених самицями яєць, а також фізіологічними показниками комплексу видів комах фітофагів *(Jaworski & Hilszczanski, 2013; Ahanger et al., 2013)*

Доцільно відмітити, що окремі показники сучасних ценозів характеризують фрагментарну картину ритму. Так, наприклад, у контрольованому просторі, про ритм рухливості можна судити за кількістю мігруючих особин у посівах сільськогосподарських культур, а також за числовими показниками виявлених на даній ділянці або на даному сорті чи гібриді фітофагів. Однак, кількість мігруючих особин може бути порівняно високою і при незначних їх ступеннях розвитку, що необхідно визначити за допомогою нових інформаційних систем оцінки ентомокомплексів. За кількісними показниками вимірювання чисельності шкідливих і корисних видів комах із застосуванням сучасних ексгаустерів. Однак, протягом доби може змінюватися як висота польоту комах

над рівнем землі, так і місця скупчення мігруючих видів фітофагів *(Goto, 2013)*.

Під час моніторингу чисельності комплексу шкідливих і корисних видів комах у польових умовах, доцільно максимально наблизити місце метеорологічних спостережень до умов, де проводиться облік показників розвитку та розмноження комах-фітофагів. Водночас, необхідно ураховувати сезонні та багаторічні показники освітленості, вологості, температури як повітря, так і грунту.

Заслуговують особливої уваги оцінка сучасних біологічних ритмів комах у залежності від коливання рівня іонізації повітря, низьких і високочастотних коливань електромагнітних полів, а також інфразвуків, впливу гравітаційного поля. Нестабільність біологічних ритмів розвитку комах пов'язані зі спонтанними змінами біолого-фізіологічного стану окремого виду фітофага. Особливо при застосуванні інсектиидів системної дії, що спостерігається у біологічних ритмах розвитку і розмноження комах в агроценозах *(Numata, Miyazaki & Ikeno, 2015)*.

Для визначення факторів, що впливають на біологічні ритм розвитку комах у агробіоценозах доцільно оцінювати і місця резервацій основних популяцій фітофагів.

Характерно, що традиційний поділ комах за способом життя на денних, сутінкових і нічних не охоплює всього різноманіття їх біологічних ритмів, так як у сучасних ентомокомплексах комахи активні на різних періодах вегетації сільськогосподарських культур.

За вивчення ритмів активності, наприклад, денних видів комах, виявляються істотні відмінності в їх поведінці: одні активні тільки на початку і кінці дня, інші - в середині дня, що спостерігається у динаміці поведінки видів Anisoplia spp. та Agriotes spp.

Однак, кожному виду властивий свій ритм із появою цілого набору найрізноманітніших показників і характерних для даного виду ритмів. В залежності від фізіологічного стану, погоди або сезону, ритми розмноження сучасних видів комах істотно і закономірно змінюється, що відмічно як для основних, так і малочисленних спеціалізованих видів комах-фітофагів.

Заслуговують на увагу наступні ознаки: наявність або відсутність основного періоду біологічного ритму на час активності і період спокою, а також розподілу максимумів: в

середині дня, на початку і наприкінці дня, а також у вечірні сутінки і перед світанком, в середині ночі. Відповідно до цього виділяється 12 типів розподілу активності протягом доби. Вони охоплюють більшість досліджуваних ритмів, зокрема при пошуку корму, і статевого партнера, і т. д. У цьому випадку кількість максимумів рухливості вірогідно зростає *(Saunders, 2002),* що доцільно ураховувати при застосуванні, як хімічних, так і біологічних засобів захисту рослин.

Розмежування часу доби, наприклад, світанку і початку або кінця дня і поява сутінків, впливає на активність основних видів сучасних ентомокомплексів, що починається, якправло до заходу сонця в кінці дня і триває як сутінкова. Однак вірогідної симетрії двох основних піків активності протягом доби в агроценозах зазвичай не буває. Часто світанковий або ранковий максимуми зміщуються на більш пізні години і активність сучасного комплексу шкідників як польових, так і овочевих культур проходить при порівняно високій освітленості, що має важливе значення у часі та проведені спеціальних захоів захисту сільськогоподрських культур від фітофагів на основних етапах органогенезу культурних рослин. Важливо в оцінці добових ритмів визначати механізми і періоди настання діапауз та сезонної і цілодобової активності шкідливих, а також корисних видів комах.

Зокрема для наступних видів: *Agriotes sputator* L., *Agriotes gurgistanus* Fald. *i Selatosomus latus* L., *Pedinus femoralis* L., *Blaps halophila* Fishw., *Opatrum sabulosum* L., *Oodescelis polita* Strum., *Blaps lethifera* Marsch., *Crypticus quisquilius* L (табл. 1).

Одиничний вид рухливості - політ, за рідкісними винятками, не буває цілодобовим. Якщо комаха і повзає, і літає, то час льоту, як правило, збігається з найбільш високим рівнем рухливості.

Заслуговує особливої уваги вплив живлення фітофагів, на біологічні ритми для спеціалізованих основних шкідливих видів комах-фітофагів спостерігаються цілодобово, зокрема при якісному кормі, що виникає у оптимальному живильному субстраті. Вихід личинки з яєць, линьки і особливо вилуплення з лялечок також часто є цілодобовими, хоча їх максимуми зазвичай виражені чіткіше, ніж показники ритму рухливості.

Доля М. М., Мороз С. Ю., Ковальська А. Т.

1. Особливості діапауз сучасних видів фітофагів у нових польових сівозмінах (в середньому за 2017-2019 рр.)

№	Види	Періоди настання діапаузи
		Ґрунтові шкідники
1.	*Ковалик посівний* *Agriotes sputator* L	Вертикальна міграція личинок коваликів у шари ґрунту для проходження зимової діапаузи із зниженням при температури на глибині 20-30 см до +8,0…+9,0□С, а на 40 см до +10,0□…+11,0□С.
2.	*Ковалик степовий* *Agriotes gurgistanus* Fald.	
3.	*Ковалик широкий* *Selatosomus latus* L.	
4.	*Мідляк кукурудзяний* *Pedinus femoralis* L.	
5.	*Мідляк піщаний* *Blaps halophila* Fishw.	
6.	*Мідляк степовий* *Opatrum sabulosum* L.	
7.	*Мідляк чорний* *Oodescelis polita* Strum.	
8.	*Мідляк широкогрудий* *Blaps lethifera* Marsch	
9.	*Озима совка* *Agriotes sputator* Schiff.	Міграція гусениць старших віків у грунт на глибині 10-25 см, при якій переносять пониження температур до -11□…-18□С.
10.	*Сірий буряковий довгоносик* *Tanymecus palliatus* F	Мігрують статево несформовані жуки у ґрунт, на глибину від 5-10 до 50-60 см, переважно на ділянках забур'янених лободою. Вихід жуків на поверхню починається при прогріванні ґрунту на глибині залягання до +7□…+10□С у першій і другій декадах квітня і триває не менше 20 діб. До 15 % жуків впадають в діапаузу і залишаються в ґрунті на другу й третю зимівлю.
11.	*Чорний буряковий довгоносик* *Psalidium Maxillosum* F.	
		Внутрішньо-стеблові шкідники
12.	*Шипоноска соняшникова* *Mordellistena parvula* Gyll.	Мігрують в агроценозах у Травні-Червні
13.	*Соняшниковий вусач* *Agapanthia dahli* Richt.	Личинка розвивається всередині стебла рослини, проточуючи зверху лише ходи та поступово розширяючи їх і мігруючи до приземної частини стебла, де після збирання й залишається на зимівлю
		Шкідники листя
14.	*Лучний метелик* *Loxostege stiticalis* L.	У польових сівозмінах імаго першого покоління вилітають навесні при температурі повітря +15…+17°С і заселяють посіви сільськогосподарських культур.
15.	*Геліхризова попелиця* *Brachycaudus helichrysi* Kalt.	Зимує стадія яйця в основі бруньок кісточкових дерев і відродження личинок відбувається у березні.

У ряді випадків ритм виходу імаго з лялечок відрізняється дивовижною чіткістю. При цьому обмеженя в часі щодо спарювання і відкладання самицями яєць, пов'язано з роботою рецепторів, що впливають на пошук партнера або знаходження відповідного субстрату *(Steel & Vafopoulou, 2002).*

Характерно, що в ритм будь-якого виду активності виявляється протилежним по фазі показнику рухливості, як, наприклад, ритми живлення гусениць підгризаючих совок. Максимуми спарювання імаго мають місце на початку або в кінці періоду рухливості, а інтенсивність відкладання самицями яєць зазвичай приурочені до вечора як у денних, так і у сутінкових видів, але іноді можливі і вранці. Максимум виходу личинок з яєць зазвичай збігається з часом початку активності цих личинок. Аналогічним чином, максимум виходу імаго з лялечок збігається з початком часу активності імаго. Відповідно, денні комахи виходять з лялечок вранці, а нічні - ввечері. Це відмічено у – *Agrotis segetum* Schiff., *Agrotis exclamationis* L., *Spodoptera exigua* Hb, *Pyrausta sticticalis* L. Встановлено, що показники сезонного коливання температури, вологості повітря та рівнів ГТК вірогідно впливають на динаміку розмноження і періоди діапауз досліджуваних видів фітофагів: *Agrotis segetum* Schiff., *Brahycaudus helichrysi Kalt., Agriotes* spp (Рис. 1).

Однак, у сучасних агробіоценозах сезонна і багаторічна динаміка ритмів активності фітофагів залежить і від змін та умов середовища і фізіологічного стану комах. Ці варіації поширюються і на рівень ритму, і появу піків активності в часі, як це відмічено у основних лускокрилих видів і довгоносиків *Psalidium maxillosum* D., *Tanymecus palliatus* F *(Jamieson et al., 2012; Parvatha, 2015; William et al., 2015).*

Це спостерігається і у деяких видів лускокрилих, коли окремі особини віддають перевагу льоту у першій половині дня, а інші - в другій. У багатьох денних видів комах статево зрілі імаго літають ближче до середини дня, а молоді, які нещодавно вийшли з лялечок - більше на початку і кінці дня, що пов'язано з їх меншою стійкістю до посухи і ультрафіолетового випромінювання. Така картина змін біологічного ритму з віком типова для багатьох сучасних видів комах-фітофагів, що доцільно ураховувати у нових системах захисту як польових, так і овочевих культур.

Доля М. М., Мороз С. Ю., Ковальська А. Т.

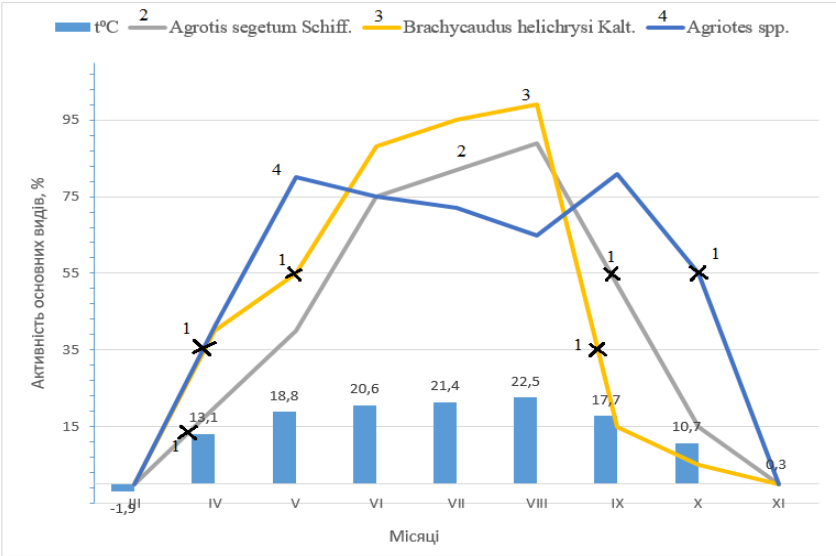

Рис. 1. Сезонна динаміка розмноження і діапаузи основних шкідливих видів комах при у сучасних польових сівозмінах (в сер. 2017-2019 рр.)

Примітка: Цифрами відмічено періоди настання (1) діапаузи у досліджуваних видів шкідливих організмів; (2) совки озмої Agrotis segetum Schiff.*; (3) геліхризової попелиці Brachycaudus helichrysi* Kalt. *(4) ковалики Agriotes* spp.

Ритми змінюються і в залежності від стадії розвитку. Так, ритми у личинок, як правило, виражені менш чітко, ніж у імаго, навіть якщо спосіб життя тих і інших схожий. Ритм може змінюватися протягом личиночного розвитку, аж до зміни денної активності на нічну, що спостерігається у гусениць деяких видів вовнянок.

При нестачі корму і води істотно підвищується рівень рухливості комах-фітофагів однак біологічні ритми при цьому не порушуються. Однак, активність основних видів комах-фітофагів сучасних ентомокомплексів обмежена часом протягом доби і зміни біологічних ритмів відміені у цвіркунів, баготьох видів жуків, комарів і мух.

Варіації біологічних ритмів виникають не тільки у нових структурах ентомокомплексів, змін стадій розвитку комахи, але і під впливом інтенсивності сонячної інсоляції. В похмуру погоду максимуми активності наближаються до середини дня. Під впливом місячного світла максимуми активності нічних комах проходить у середині ночі. Порівняно низька нічна температура впливає на активність твердокрилих, що протікає перед світанком і в ранкові години. У денних

форм порівняно висока температура повітря призводить до мінімуму активності в середині дня аж до повної тимчасової втрати активності.

Біологічні ритми комах-фітофагів змінюються також і в залежності від сезону, географічної широти і висоти над рівнем моря. Принцип таких змін один і той же: при низьких показниках температури повітря активність шкідливих і корисних видів концентрується в середині дня, а в посуху спостерігається у вечірні і ранні ранкові години. На великій висоті над рівнем моря активність в середині дня може знижуватися також і в зв'язку з високим рівнем ультрафіолетової радіації *(Saunders, 2009)*. Це має особливе значення у сучасному прогнозі із застосуванням інформаційних технологій і контролі чисельності комплексу як поширених, так і карантинних шкідливих видів комах.

Порівняно рання активність досліджуваних видів самців, які формувалися в холоді періоди органогенезу сільськогосподарських культур доцільно розглядати як пристосування до сучаних весняних або осінніх періодів розвитку та розмноження комах-фітофагів (табл. 2).

2. Порівняльна характеристика біологічних ритмів та екології основних шкідливих видів комах (в середньому за 2017-2019 рр.)

Показники розвитку та розмноження	Види		
	Agrotis segetum Schff.	*Brachycaudus helichrysi* Kalt.	*Agriotes* spp.
Температура, t□C	18-23	17-24	16-22
Вологість, %	60-85	74-79	70-76
ГТК	1,0-1,2	0,9-1,2	1,0-1,2
Фенологія	Виліт метеликів першого покоління відбувається у II–III декадах травня за температури повітря ввечері 14-16 °С, другого – з другої половини липня-у серпні.	В кінці травня, напочатку червня посівах соняшнику, в період листоутворення, в умовах сухої теплої погоди відмічено заселення культури шкідником рослин по краю поля,	Вертикальна міграція личинок коваликів у глибші горизонти ґрунту для проходження зимової діапаузи починається при зниженні його температури на глибині 20 см до +7,8-8,3 °С, на 40 см до +9,4-9,8°С (Довгеля О. М., 2007).
Періодичність спалахів	7-8 років за різких змін сонячної активності	4-5 років	10-11 років

Сучасні різкі коливання погоди впливають на рівень активності комах-фітофагів і є безпосередньою причиною ноовго біологічного ритму. Однак, не завжди такий ритм активності фітофагів пояснюється тільки впливом зовнішніх чинників.

Причини синхронності виліту деяких видів комах-фітофагів, встановлено при достовірному реагуванні і на рівень освітленості.

Так, імаго чорнотілок *Trigonoscelis gigas* Rtt. виходять на поверхню піску в пустелі тільки вранці і ввечері. Нагрівання поверхні піску в середині дня доходить до 70°С, є для них негативно. Як в середині дня, так і вночі жуки знаходяться на глибині до 25-30 см, де температура майже постійна і не перевищує 30°С. Тому їх вихід на поверхню пов'язаний зі змінами як температури, так і освітленості. Вранці жуки мігрують крізь охолоджений за ніч шар піску, щоб потрапити на тільки що прогрітий шар грунту. Перед вечірнім же максимумом активності, вони мігрують крізь виключно гарячий шар, в той час як поверхня стає прохолодніше. Якби жуки реагували на хвилю тепла або охолодження яка доходила в товщу грунту, вони спізнювалися б з виходом на кілька годин і гинули. Це пояснюється наявністю у імаго ендогенного ритму, що працює за дією біологічного годинника *(Aplato et. al.1994)*, що також доцільно ураховувати у сучасних системах контролю чисельності фітофагів.

Таким чином, ритмічна поведінка сучасних видів комах пояснюється головним чином безпосередньою їх реакцією на зміни комплексів факторів - температури, повітря та грунту, освітленості і т.д.

Ендогенні біологічні ритми підтверджені при регулярній зміні світла в добовому режимі при яких, активність комах, проходить за певнею інерцією, яка зазвичай спостерігається при добовому режимові.

У нових вгробіоценозах ритм розвитку і розмноження комах, як правило, складається з двох компонентів: ендогенного ритму і безпосередніх реакцій на зміни середовища та впливу застосованих заходів захисту рослин. Співвідношення цих компонентів різне в залежності від виду комахи і сезонної та багаторічної динаміки розмноження.

Однак, ендогенний ритм у комахи та її активність залежить від змін місця існування: виходом з укриттів, грунту, з води в повітряне середовище, з шару мулу у водне середовище і т.д. Якщо

комаха не змінює місце заселення ценозів протягом певного тривалого періоду, його ендогенний ритм слабо виражений або взагалі не проявляється. Ендогенні ритми більш типові для комах тропічного і субтропічного походження, ніж для комах помірної зони, а тим більше, арктичної, де комаха змушена адаптуватися до умов виживання *(Khaliq et al*., 2014)

Відмічено, що зовнішні сигнали часу недостатньо сприймаються, комахами і вони користуються ендогенним ритмом як годинником, щоб приурочити свою активність до порівняно сприятливого часу доби. Ендогенний ритм, керуючи чутливістю рецепторів і готуючи комах до виходу лише в певний час доби, перешкоджає їх реакції на несвоєчасну зміна умов серидовища існування. Вважається, що ритм допомагає виходити з укриттів при найбільш сприятливому для даного виду комахи вологості та температури повітря. Встановлена пряма кореляція між здатністю зберігати вологу і часом активності комах. Нездатність окремого виду комах зберігати вологу приводить до сутінкового і нічного способу життя.

Ендогенний ритм дозволяє комахам "передбачити" зміни всього комплексу умов, як абіотичних, так і біотичних, а також оптимізувати свій розвиток за певних умов. Сприяючи активності різних видів в різний час, він створює екологічні розмежування видів у часі.

Заслуговує особливої уваги і сучасна синхронізація вильоту комах різної статі. Синхронний вихід дозволяє окремим видами комах зустрітися і залишити потомство з найменшою втратою особин. У видів, що розмножуються партеногенетичним методом, значно розтягнута синхронізація в часі, ніж у тих видів, у порівнянні з, у якими відома синхронна поява і самців і самок. Ту ж роль відіграє ендогенне управління ритмом виділення статевого феромону у самиць багатьох видів лускокрилих (*Zaman et. al., 2017;)*.

Ендогенний ритм має особливе значення у просторовій орієнтації комах і забезпечується омматідіями, які здатні фіксувати небесний орієнтир, наприклад Сонце.

Ендогенний ритм має велике значення в сезонному фотоперіодизму, із визначенням його довжини та залежності від світлового циклу *(Tyshchenko, 1977).*

Ендогенний добовий ритм відбивається на всіх фізіологічних функціях організму комахи. Це

особливо чітко проявляється на прикладі добових змін чутливості рецепторів і здатності комах реагувати на зміни умов у тому числі і застосованих заходів захисту рослин.

Для багатьох сучасних денних комах в денний час світло є різко збудливим фактором, але до вечора рівень реакції знижується і залишається на низькому рівні до настання ранку. Ці зміни реакції на світло, пов'язані з добовим ритмом чутливості очей комах. У нічних комах чутливість різко зростає до вечора, у денних ритм чутливості різноманітніший *(Masokhin - Porshnyakov, 1965).*

Важливими є і добові зміни роботи нюхових рецепторів комах, що проявляється в реакції самців на феромон самиць.

Крім чутливості очей, протягом доби змінюється більшість фізіологічних і біохімічних характеристик організму комах, тому чутливість до будь-яких впливів виявляється, як правило, неоднаковою в різний час доби. Чутливість комах до екстремальних температур, як високих, так і низьких, максимальна під час активності комах, незалежно від способу її життя. Аналогічний ритм чутливості комах до рентгенівського випромінювання. Так, у дрозофіл спостерігається максимальна смертність при опроміненні в другій половині дня, а у яблуневої плодожерки – ввечері, тобто в той час, коли ці комахи найбільш активні.

Фактор середовища, добовий хід нечіткий і постійно порушується, та є сигналом для основного ритму, розвитку сучасних грунтових видів фітофагів. Чим точніше повторюється вплив фактора, тим інтенсивніше проявляється дія фактору в синхронізації ритму організму з ритмом середовища. Фактор який змінюється не постійно може бути тільки перешкодою для налаштування ритму, тому біологічний годинник, як ендогенний ритм, повинні бути максимально ізольовані від таких факторів. Аналогічним чином ендогенний ритм ізольований і від загальних обмінних процесів в організмі, хід яких нестійкий і може залежати від багатьох причин у тому числі і систем заходів захисту сільськогосподарських культур від шкідників.

Вказуються, що ритми за повним світловим циклом, відносно нетривалими світловими імпульсами, один з яких відповідає початку дня, а інший - його кінця. Для синхронізації ритму окремих особин комах також немає необхідності в сприйнятті

повного добового світлового циклу. Так, якщо лялечки дрозофіл знаходяться в повній темряві і в цих же умовах відбувався розвиток личинок, мухи з цих лялечок з'являються в будь-який час доби. Однак досить одноразової і дуже короткочасною засвічення культури, щоб дрозофіли стали виходити синхронно в певний час доби, що відповідає тому часу, коли вони, ще будучи личинками або лялечками, сприйняли світло.

Важливим датчиком часу і біологічних ритмів комах-фітофагів є температура повітря. Цей фактор, як правило, також чітко змінюється протягом доби, хоча іноді і можливі різкі порушення його добового ходу. На відміну від освітленості, температура день у день коливається на різних рівнях. Температура повіря є датчиком часу для комах. Тут також має місце зміни чутливості до коливань температури протягом доби, що захищають ритм від перешкод.

Вологість, також є одним із найважливіших факторів у житті комах, недостатньо регулює ендогенні ритми. Виняток - ритм виходу з яєць гусениць американського білого метелика, який чітко пов'язаний з підвищенням рівня вологості.

Окремі види комах здатні орієнтуватися в часі по добових змінах гравітації. Безсумнівно, що цей фактор повинен володіти чіткою астрономічної періодичністю. Однак оскільки гравітаційний вплив Місяця більше, ніж Сонця, то основна інформація, яку могли б сприймати комахи, стосувалася б не сонячних, а місячної доби (24,8 год.). Саме така періодичність виявлена у коників, що розмножуються у печерах *(Singh & Moore, 1985).*

Геомагнітне поле має регулярні добові варіації. У роки підвищеної сонячної активності і геомагнітного поля спостерігаються вірогідні добові варіацій розвитку комах. Встановлено, що, якби комахи орієнтувалися в часі за добовими варіаціями геомагнітного поля, їх ритм порушувався б набагато частіше, ніж це проявляється у сучасних агроценозах.

Добовий вплив проявляють і електромагнітні коливання, що виникають в атмосфері. Однак, вони не знижують синхронність ритму виходу окремих видві комах, наприклад дрозофіл з лялечок, а, навпаки, її підвищують.

Таким чином, для ендогенного добового ритму головним є добовий хід освітленості, на другому – температура повітря і грунту, на третьому - вологість повітря. Участь інших факторів в регуляції

ендогенного ритму незначна а їх регулярний хід вірогідно коливається у межах похибки досліджень, що відмічено у посівах соняшнику, пшениці озимої та окремих овочевих культур.

Висновки. Біологічні ритми розвитку, розмноження і перебігу процесів в організмі шкідливих видів комах на протязі доби, дозволяють ефективно контролювати їх чисельності, наприклад під час пригніченної активності, поверхня тіла комах сприяє прояву діючих речовин засобів захисту на організм.

Доцільно відмітити, що протягом доби змінюється і чутливість комах до дії інсектицидів. Так деякі види довгоносиків відразу ж після включення, світла вранці мало чутливі до метілпаратіону і від певної дози цієї отрути гине не більше 10% жуків. Однак, через три години та ж доза призводить до загибелі 90% імаго. Підвищена чутливість комах-фітофагів до інсектициду має місце під час максимальної активності личинок першого віку фітофагів. Механізми впливу на них сучасних препаратів різні, і час максимальної чутливості до них може не збігатися з часом внесення, а в деяких випадках бути майже мінімальним. Застосування новітніх інсектицидів, включаючи аналоги гормонів і вірусні та інші біопрепарати, повинні бути приурочені до певного часу доби і віку личинок. Це змінюється в залежності від сезону, виду і географічної особливості популяцій комах. Знання часу найбільшої чутливості до нових перпаратів та стратегій формування та розселення популяцій шкідливих видів, дозволяє високоефективно контролювати чисельність шкідливих видів комах, із оптимальними рівнями та кратністю проведення спеціальних заходів захисту сільськогосподарських культур.

References

1. Chernyshev V.B. (1996). Ekologiya nasekomykh [Ecology of insects]. Izd–vo MGU – Publishing House of Moscow State University, 304 p. [in Russian]

2. Lazzari C.R., Insausti C.T. (2008). Circadian rhythms in insects. *Transworld Research Network,* 37/661, 18.

3. Danilevsky A.S., Goryshin N.I., Tyshchenko V.P. (1970). Biological rhythms in terrestrial arthropods. *Annual Reviews of Entomology,* 15, 201–244.

4. Borzikh O.I., Retman S.V., Fedorenko V.P., Sabluk V.T., Zapolskaya N.M., Shendryk R. Ya., Borovskaya I. Yu. Mamray V.V., Chelombitko A.F., Stefkivskyi V.M., Orlova O.M., Sidorchuk O.V., Chekan K.V. (2018). Metodychni rekomendatsiyi shchodo skladannya prohnozu rozvytku ta obliku shkidnykiv ta khvorob tekhnichnykh kulʹturiv. [Methodical recommendations for making a forecast of the development and accounting of pests and diseases of industrial crops]. Derzhavna sluzhba Ukrayiny z pytanʹ

bezpechnosti kharchovykh produktiv ta zakhystu spozhyvachi – State Service of Ukraine for Food Safety and Consumer Protection. (p. 144) Kyiv [in Ukrainian]

5. Jaworski, T., & Hilszczanski, J. (2013). The effect of temperature and humidity changes on insect development and their impact on forest ecosystems in the context of expected climate change. *Forest Research Papers*, 74(4), 345-355. https://doi.org/10.2478/frp-2013-0033

6. Ahanger R. A., Bhat H. A., Bhat T. A., Ganie S. A., Lone A. A., Wani I. A., Bhat T. A. (2013). Impact of Climate Change on Plant Diseases. *International Journal of Modern Plant and Animal Sciences*, 1(3), 105-115.

7. Shin G. Goto (2013). Roles of circadian clock genes in insect photoperiodism. Review article. *Entomological Science*. 1–16. doi:10.1111/ens.12000

8. Numata H., Miyazaki Y. & Ikeno T. (2015). Common features in diverse insect clocks. *Zoological Lett*. 1: 10. doi: 10.1186/s40851-014-0003-y

9. Saunders D.S. (2002). Insect Clocks. Amsterdam*:* Elsevier. [Google Scholar]

10. Steel C.G.H. & Vafopoulou X. (2002). Physiology of circadian systems. In: Saunders, Steel, Vafopoulou, & Lewis (Eds.) Insect Clocks, third ed. Elsevier Science, (pp. 115-118). Amsterdam

11. Jamieson, M. A., Trowbridge, A. M., Raffa, K. F., & Lindroth, R. L. (2012). Consequences of climate warming and altered precipitation patterns for plant-insect multitrophic interactions. *Plant Physiology*, 160(4), 1719-1727. https://doi.org/10.1104/pp.112.206524

12. Parvatha, R. P. (2015). *Climate resilient agriculture for ensuring food security*, New Dehli: Springer.

13. William, A. P., Seager, R., Abatzoglu, J. T., Cook, B. I., Smerdon, J. E., & Cook, E. R. (2015). Contribution of anthropogenic warming to California drought during 2012-2014. *Geophysical Research Letters*, 42, 6819-6828. https://doi.org/10.1002/2015GL064924

14. Saunders D.S. (2009). Circadian rhythms and the evolution of photoperiodic timing in insects. *Physiological Entomology*, 34, 301–308.

15. Alpato A.M., Rietveld W.J., Oryntaeva L.B., Putilova A.A. (1994). Properties of the Two-peak Free Running Circadian Rhythm of Locomotor Activity of the Sand Desert Beetle Trigonoscelis gigas Reitt. *Srologicxl Rhythm Research*, Vol. 25, 2. 53-67.

16. Khaliq I., Hof C., Prinzinger R., Böhning-Gaese K., Pfenninger M. (2014). Global variation in thermal tolerances and vulnerability of endotherms to climate change. *Proceedings of the Royal Society for Biological Sciences*, 281, 20141097. https://doi.org/10.1098/rspb.2014.1097

17. Zaman F., McBride L., Moran S. and Gilrein D. (2017). Insect Mating Disruption – An Alternative Pest Management Strategy for Long Island Tree Fruit Orchards. *Fruit quarterly*, 25 (1)

18. Tyshchenko V.P. (1977). Fiziologiya fotoperiodizma nasekomykh [Physiology of insect photoperiodism]. Tr VEO – Tr VEO, Vol.59. [in Russian]

19. Masokhin - Porshnyakov G.A. (1965). Zreniye nasekomykh [Insect vision]. Nauka – Nauka, (p. 259). Moscow [in Russian]

20. Singh P. Moore R.F. (1985). Handbook of insect rearing. Vol.2. 514

21. Zavodska R., von Wowern G., Lofstedt C., Rosen W. and Sauman I. (2009). The release of a pheromonotropic neuropeptide, PBAN, in the turnip moth Agrotis segetum, exhibits a circadian rhythm. *Journal of Insect Physiology*, 55, 435–440

22. Yakhontov V.V. (1964). Ekologiya nasekomikh [Ecology of insects]. «Vyshaya shkola» – "Higher school" (pp. 154-199). Moscow. [in Russian]

Доля М. М., Мороз С. Ю., Ковальська А. Т.

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ СОВРЕМЕННЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РИТМОВ НА РАЗВИТИЕ, РАЗМНОЖЕНИЕ И КОНТРОЛЬ ЧИСЛЕННОСТИ ВРЕДНЫХ ВИДОВ НАСЕКОМЫХ

Н.Н. Доля, С.Ю. Мороз, А.Т. Ковальская

Аннотация. *Особенности размножения насекомых-фитофагов и их взаимосвязь, проявляется главным образом путем биологических ритмов и биологическими циклами. Более глубокое изучение этих явлений, даёт более чёткую характеристику экологических и биологических механизмов динамики поведения насекомых и способствует созданию новых методов контроля численности фитофагов в агроценозах. Высокая корреляционная зависимость численности фитофагов и полезных видов насекомых с влиянием абиотических и других факторов из закономерными ритмами насекомых позволяет контролировать численность комплексов вредных видов насекомых во времени и пространстве.*

Авторами данной статьи рассматриваются теоретические и практические аспекты ритмов и фотопериодических реакций, основываясь на анализах последних достижений науки в области механизмов контроля численности вредных видов насекомых в посевах подсолнечника и других сельскохозяйственных культур. Установлено, что динамика среднемноголетних показателей температуры, влажности воздуха, уровень гидротермического коэффициента (ГТК), коррелирует с показателями биологии и экологии исследуемых вредных видов насекомых: Agrotis segetum Schiff., Brachycaudus helichrysi Kalt. и Agriotes spp. По результатам наблюдений составлены матрицы размножения, биологических ритмов и диапаузы исследуемых вредных видов насекомых при в современных полевых севооборотах и технологиях выращивания полевых культур (в ср. 2017-2019 гг.)

Ключевые слова: *биологические ритмы; размножения; фитофаги; численность, контроль численности*

THE FEATURES OF THE EFFECT OF BIOLOGICAL RHYTHMS ON THE GROWTH, REPRODUCTION & PEST MANAGEMENT

N. Dolya, S. Moroz, A. Kowalska

Abstract*. The features of the reproduction of insect phytophagous and their intra- and interspecific relationships which in major cases manage through biological rhythms and biological cycles. A deeper study of these phenomena gives a clearer description of the ecological and biological mechanisms of the dynamics of insect behavior and contributes to the creation of new methods for pests management in agrocenosis. The high correlation between the number of phytophagous and beneficial species with the influence*

of abiotic and other conditions the naturally rhythms of insects allows to create more effective methods of insect pest management.

This article discuss the theoretical and practical aspects of bio- rhythms and photoperiodic reactions based on analyzes of the latest scientific researches of insect management mechanisms in sunflower fields and other crops. All results of analyzed literature and monitoring, give us make conclusion that the dynamics of long-term average indicators of temperature, humidity, level of hydrothermal coefficient correlates with the biology and ecology of the studied phytophagous: Agrotis segetum Schiff., Brachycaudus helichrysi Kalt. and Agriotes spp. Based on the results of observations, reproduction matrices, biological rhythms and diapause of the studied harmful species of insects were compiled in modern field crop rotation and tillages (an average for 2017-2019).

Keywords*: biological rhythms; reproduction; phytophagous; economic thresholds, pest management*