

4. Минкін М.В., Минкіна Г.О. Енергетичний потенціал на промислових насадженнях винограду. *Зрошуване землеробство*. 2017. № 68. С. 79–84.
5. Подуст Н.В. Удосконалення технологічних прийомів вирощування саджанців винограду в умовах півдня України : автореф. дис. ... канд. с.г. наук. Одеса, 2010. 20 с.
6. Тінтулов Ю.В. Державне регулювання розвитку виноградарства та виноробства в Україні. URL: http://www.br.com.ua/referats/dysertacii_ta_autoreferaty/89565.htm.
7. Шевченко І.В., Поляков В.І. Прогресивна технологія вирощування винограду в умовах зрошення. Одеса, 2007. 155 с.

УДК 632:595.7

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.119.11>

ПРОГНОЗУВАННЯ ФЕНОФАЗ ВНУТРІШНЬОСТЕБЛОВИХ КОМАХ-ФІТОФАГІВ СОНЯШНИКА

Мороз С.Ю. – аспірант кафедри інтегрованого захисту і карантину рослин,

Національний університет біоресурсів та природокористування України

Фокін А.В. – д.с.-г.н., професор кафедри інтегрованого захисту і карантину рослин

Національний університет біоресурсів та природокористування України

У статті наведено результати досліджень щодо протікання основних фенологічних фаз внутрішньостеблових фітофагів соняшника залежно від абіотичних факторів.

Установлено, що літ імаго соняшникової шпionoски починається за СЕТ 169°C, відкладання яєць – 173, вихід личинок – 247°C; літ імаго та яйцекладка відбуваються за ГТК – 0,78–0,815 та 0,55, личинки трапляються за 0,76–0,88; літ соняшникового вусача починається за СЕТ 173°C і закінчується за 247°C, початок яйцекладки – за 240,5°C, відродження личинок – за 247°C і з вересневим зниженням температури – 188,5–158,5 діпаузують, заляльковування личинок активується СЕТ 140,5 і припиняється за 240,5°C, за ГТК періоди заляльковування і льоту імаго 0,78–0,55; періоду яйцекладки – 0,55–0,76, вихід і розвиток личинок до діпаузи – 0,665–0,305; розбиття графіку динаміки СЕТ та ГТК на елементи (відповідно до стадій фітофага з подальшим визначенням трендів цих елементів) дозволяє формалізувати більшість фенологічних подій у популяції; для соняшникової шпionoски щодо СЕТ визначено прогностичні моделі льоту (достовірність апроксимації 0,9122), початку льоту (1), відкладання та розвитку яєць (0,8789), початку виходу личинок (1), діпаузування личинок (0,9276), щодо ГТК – льоту-яйцекладки (1), виходу личинок і тривалості личинкової стадії до впадання в діпаузу (1). Для соняшникового вусача щодо СЕТ визначено прогностичні моделі заляльковування (0,9667), льоту імаго (0,8002), відкладання та розвитку яєць (0,8641), щодо ГТК – заляльковування-льоту імаго (1), яйцекладки і розвитку яєць (1), початку відродження личинок та їх розвитку до діпаузи (0,8984). **Висновки.** Літ імаго соняшникової шпionoски починається за СЕТ 169°C, відкладання яєць – 173, а вихід личинок – 247°C, літ імаго та яйцекладка відбуваються за ГТК – 0,78–0,815 та 0,55, личинки трапляються за 0,76–0,88, під час зниження ГТК у вересні до 0,305; літ соняшникового вусача відбувається за СЕТ 173–247°C, початок відкладання яєць – за 240,5°C, відродження личинок – 247°C і з вересневим зниженням температури до 188,5–158,5 діпаузують, заляльковування активується за 140,5 і припиняється за 240,5°C, за ГТК періоди заляльковування і льоту вусача – 0,78–0,55, яйцекладки – 0,55–0,76, а виходу і розвитку личинок до діпаузи – 0,665–0,305; для соняшникової шпionoски щодо СЕТ визначено прогностичні моделі льоту, початку льоту, відкладання та розвитку яєць, початку виходу личинок, діпаузування личинок із рівнем достовірності апроксимації 0,8789-1, щодо ГТК – моделі льоту-яйцекладки, виходу личинок і тривалості личинкової стадії до впадання в діпаузу – достовірність 1; для соняшникового вусача щодо СЕТ визначено моделі заляльковування, льоту імаго, відкладання та розвитку яєць –

достовірність 0,8002-1, щодо ГТК – заляльковування-льоту імаго, яйцекладки і розвитку яєць, початку відродження личинок та їх розвитку до діапаузи – достовірність 0,8984-1.

Ключові слова: соняшниковий вусач, соняшникова шпоноска, моделювання, сума ефективних температур, гідротермічний коефіцієнт, тренд, достовірність апроксимації, фенологія.

Moroz S.Yu., Fokin A.V. The prediction of phenophases of intra-stem phytophages of sunflower

The article presents the results of studies on the passing of the main phenological phases of intrastem phytophages of sunflower depending on abiotic factors.

It was established that the tumbling flower beetle starts its life cycle at the SET of 169°C, laying of eggs at 173°C, hatching of larvae at 247°C; the life cycle of adult and oviposition corresponds to the SET of 0.78-0.815 and 0.55; the larvae are met at 0.76-0.88; flying of sunflower longhorn beetle begins at SET 173°C, ends at 247°C; beginning of oviposition – 240.5°C, hatching larvae – 247°C; with September decrease in temperature (188.5-158.5) diapause, larval pupation is activated by SET 140.5 and stops at 240.5°C; hydro-thermal coefficient periods of pupation and imago flight 0.78-0.55; oviposition 0.55-0.76, emergence and development of larvae to diapause 0.665-0.305; Subdivision of the graph of SET and HTC dynamics into elements according to phytophage stages with subsequent determination of trends in these elements allows us to formalize the predominant majority of phenological events in the population; predictive models for flight activity of tumbling flower beetle (reliability of approximation 0.9122), beginning of flight (1), egg laying and development (0.8789), beginning of larval hatching (1), larval diapause (0.9276), according to HTC flight activity-oviposition (1), larval hatching and duration of larval stage before diapause (1) were determined for sunflower longhorn beetle relative to SET predictive models for pupation (0.9667), imago flight (0.8002), egg laying and development (0.8641), relative to HTC – the pupation – flight activity of imagoes (1), oviposition and development of eggs (1), the beginning of larval hatching and their development to diapause (0.8984).

Flight of tumbling flower beetle starts at SET 169°C, laying of eggs at 173, larvae hatching at 247°C, flight activity of imago and oviposition take place at HTC – 0.78-0.815 and 0.55, larvae meet at HTC – 0.76-0.88, with decrease in HTC values to 0.305 in September; The flight activity of sunflower longhorn beetle takes place at a 173-247°C, beginning of oviposition at 240.5°C, hatching larvae at 247°C and diapause with September decrease in temperature to 188.5-158.5°C, pupation is activated at 140.5 and terminated at 240.5°C, with HTC periods of pupation and flight activity of sunflower longhorn beetle is 0.78-0.55, oviposition of 0.55-0.76, and emergence and development of larvae to diapause of 0.665-0.305; we determined prognostic models of flight, early flight, egg laying and development, larval hatching, larval diapause with 0.8789-1 reliability level of approximation; models of flight activity and oviposition, larval hatching and duration of larval stage before diapause with reliability level – 1 were determined for sunflower longhorn beetle relative to HTC; for the sunflower longhorn beetle, the models of pupation, imago flight, egg laying and development were determined relative to the SET; relative to the HTC, the models of pupation-flying, oviposition and egg development, the beginning of larval hatching and their development to diapause, 0.8984-1 reliability.

Key words: Sunflower longhorn beetle, tumbling flower beetle, modeling, sum of effective temperature, hydro-thermal coefficient, trend lines, approximation reliability, phenology.

Постановка проблеми. Проблема прогнозування розвитку комах-фітофагів за кліматичними показниками не нова і їй присвячена значна література [8; 9; 17–19; 22]. Увесь сучасний фітосанітарний моніторинг у тій чи іншій інтерпретації побудований на використанні відповідностей перебігу фенофаз та динаміки чисельності з результатами метеорологічних спостережень різної складності (від температурних показників повітря [3; 28] чи ґрунту до аналізу глобальних кліматичних змін [11; 12]). Причому простежується цікава тенденція: більшість сучасних авторів [4; 5; 10; 20; 24; 26; 27] прагне розглядати теорію проблеми саме з позицій глобальних змін, використовуючи потужний математичний апарат, тоді як на практиці всі продовжують користуватися даними тієї ж температури повітря, вологості ґрунту тощо або інтегральними показниками на основі традиційних кліматичних предикторів [15; 22; 25]. І це правильно, оскільки саме останні дають адекватні результати під час застосування для прогнозу розвитку ентомологічних об'єктів у конкретних агроценозах зі складним рельєфом та мікрокліматом [1; 2; 16; 23].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Потрібно зауважити, що, з одного боку, подібна усталеність свідчить про цінність апробованих методів, а з іншого – гальмує науковий пошук щодо їх удосконалення, створюючи хибне уявлення щодо повної вичерпаності проблеми. Проаналізувавши основні методи, на яких базується фенологічний прогноз, дійшли висновку, що найбільш уживаним є метод багаторічних фенограм на основі встановлення середніх термінів настання визначених фенологічних показників для конкретних видів на основі обробки багаторічних емпіричних даних [15]. При цьому використовують температурні показники, зокрема суму ефективних температур (далі – СЕТ), а для окремих видів, таких як шкідлива черепашка, хлібна жужелиця, злакові попелиці і, що особливо важливо, хлібні пильщики, також непрямий показник – гідротермічний коефіцієнт (далі – ГТК). Недоліком застосування СЕТ є його змінність залежно від температурних умов попереднього сезону, періоду зимівлі, неврахування температур, що наближені до нижньої межі, але не сягають її, та негативний вплив на розвиток фітофагів температур вище оптимальної межі [15]. Тим не менше СЕТ залишається найважливішим показником для прогнозування. Менш уживаним є метод температурно-фенологічних номограм А.С. Подольського [21], оскільки він досить складний у застосуванні. Для прогнозу розвитку шкідників та їх щільності також широко застосовується кореляційно-регресійний аналіз агрометеорологічних предикторів: тривалість сонячного сяйва, середня річна температура повітря, сума річних опадів, середня річна вологість повітря (шкідлива черепашка, хлібні жуки, озима та капустия совка, хлібна жужелиця, кукурудзяний стебловий та лучний метелик тощо) [7; 15], але абсолютно не беруться до уваги прогностичні властивості сезонних чи багаторічних рядів кліматичних показників – тренди. Останні під час застосування узагальнених показників (таких як СЕТ чи ГТК) і під час накладання на них даних фенологічних спостережень дозволяють за допомогою стандартного програмного забезпечення отримувати прогностичні моделі конкретних фенологічних подій, досягаючи високого рівня достовірності апроксимації шляхом підбору виду тренду (лінійного, поліноміального, степеневого, логарифмічного чи експоненціального). Саме на ці характеристики ми звернули увагу, маючи на меті вдосконалення прогностичних методів, побудованих на основі СЕТ та ГТК.

Постановка завдання. Завдання дослідження – установити фенологію соняшникового вусача і шипоноски та розробити спосіб прогнозування фенологічних подій у популяціях фітофагів за значеннями рядів кліматичних предикторів (СЕТ та ГТК) на основі їх трендів.

Фенологія соняшникового вусача та шипоноски вивчалась на гібриді F1, НС СУМО 2017 у 2019–2020 рр. Побудова фенологічних календарів соняшникової шипоноски та вусача проводили за загальноприйнятою методикою [6; 13] на основі результатів польових обстежень у роки досліджень.

Із метою подальшого аналізу фенокалендарі накладали на графіки узагальнених показників, зокрема таких, як СЕТ та ГТК Селянінова, який розраховують шляхом ділення кількості опадів (ΣR) у мм за період із температурами, вище 10°C , суми активних температур ($\Sigma t > 10$) за той же час, яка зменшена у 10 разів:

$$ГТК = \frac{\Sigma R * 10}{\Sigma t > 10^{\circ}\text{C}}$$

При цьому використовується така шкала: ГТК < 0,4 – дуже сильна посуха, від 0,4 до 0,5 – сильна посуха, від 0,6 до 0,7 – середня посуха, від 0,8 до 0,9 – слабка посуха, від 1,0 до 1,5 – достатньо волого, ГТК > 1,5 – надмірно волого.

Формалізація елементів фенології здійснювалась за оригінальною методикою шляхом розбиття графіків динаміки СЕТ та ГТК на елементи відповідно до стадій фітофагів із подальшим визначенням трендів цих елементів. Вибір типу тренду здійснювався за достовірністю апроксимації [14]. Такий підхід дозволив формалізувати більшість фенологічних подій у популяціях соняшникової шипоноски та вусача.

Виклад основного матеріалу дослідження. *Фенологія соняшникової шипоноски Mordellistena parvula Gyll.* Загалом, соняшникова шипоноска має однорічну генерацію. Класичний фенологічний календар, складений на підставі багаторічних спостережень, показує, що літ імаго триває з другої декади травня до першої декади липня. Початок відкладання яєць припадає на третю декаду травня. Трапляються яйця до середини липня. Із другої декади червня починається відродження личинок. Останні зимують у стані діапаузи і трапляються до початку квітня. Заляльковування починається у першій декаді березня і триває протягом усього весняного періоду – лялечки трапляються до кінця травня. Накладання фенологічного календаря на динаміку кліматичних показників дає важливу інформацію для прогнозування появи тієї чи іншої стадії, а тому є необхідним елементом для прийняття рішень щодо застосування засобів регулювання чисельності фітофага.

Для отримання більш об'єктивної інформації доцільно фенокалендар накладати на графіки узагальнених показників, зокрема таких, як СЕТ та ГТК Селянінова.

Аналіз фенології у розрізі динаміки СЕТ (рис. 1) дозволяє прогнозувати появу стадій за температурними показниками. Так, багаторічні дані свідчать, що літ імаго шипоноски починається за суми 169°C , відкладання яєць – 173 , а вихід личинок за СЕТ – 247°C .

Розбиття графіку динаміки СЕТ на елементи (відповідно до стадій фітофага з подальшим визначенням трендів цих елементів) дозволяє формалізувати більшість фенологічних подій у популяції соняшникової шипоноски. Так, було визначено загальне рівняння льоту, рівняння початку льоту, відкладання та розвитку яєць, початку виходу личинок, діапаузування личинок (табл. 1).

Таблиця 1

Прогнозні моделі фенологічних подій у популяції соняшникової шипоноски

Фенологічна подія	Прогнозні моделі на основі	
	СЕТ	ГТК (Селянінова)
Початок льоту	$y = 4x + 137$	$y = 0,22x^2 - 1,33x + 2,56$
Літ імаго	$y = 21,55x - 7,2$	
Відкладання та розвиток яєць	$y = 17,843x + 27,4$	
Початок виходу личинок	$y = 4x + 195$	$y = -0,1325x^2 + 1,0975x - 1,51$
Діапаузування личинок	$y = -10,371x + 389,71$ $y = -1,0832x^2 + 28,623x + 53,933$	

де y – значення СЕТ, $^{\circ}\text{C}$ або значення ГТК; x – декада вегетаційного періоду

Накладання даних фенологічного календаря соняшникової шипоноски на динаміку ГТК (Селянінова) дає такі результати (рис. 2). Так, літ імаго та яйце-

кладка відбуваються за ідентичних значень ГТК – 0,815, 0,78 (середня посуха) та 0,55 (сильна посуха). Личинки трапляються за досить значного діапазону значень: від 0,76 (середня посуха) у липні до 0,88 (слабка посуха) у грудні, під час зниження ГТК у вересні до 0,305 (рівень дуже сильної посухи), що свідчить про їх входження у діапаузу наприкінці вегетації.

Формалізація фенології шипоноски щодо ГТК можлива лише для періоду льоту імаго і відкладання яєць та появи личинкової стадії до діапаузального стану (табл. 1).

Прогноз фенології соняшникової шипоноски за значеннями СЕТ досить адекватно описують моделі на основі лінійного тренду з високою достовірністю апроксимації. Так, значення коефіцієнта детермінації для моделей початку льоту та початку виходу личинок становить 1, загальне рівняння льоту має показник 0,9122, дещо менший рівень для періодів відкладання та розвитку яєць та діапаузування личинок – 0,8789 та 0,8282 відповідно. Для останнього періоду значний рівень достовірності дає і модель на основі поліноміального тренду – $R^2 = 0,9276$.

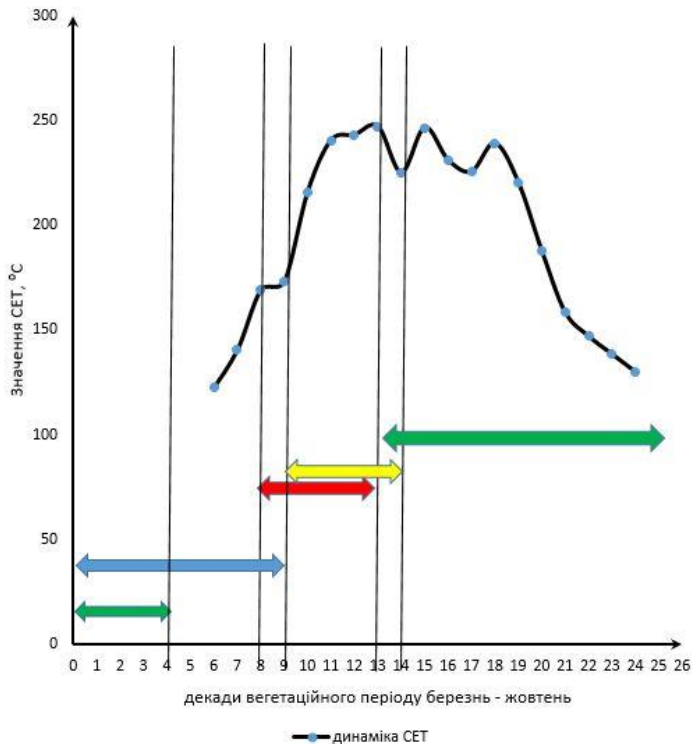


Рис. 1. Фенологія соняшникової шипоноски у відповідності до СЕТ (Херсонська область, 2019–2020 рр.)

зелений колір стрілки – личинки, синій – лялечки, червоний – літ імаго, жовтий – період відкладання яєць

Прогнозування фенології на основі значень ГТК є більш достовірним за використання моделей на основі поліноміального тренду. Так, рівняння періодів льоту-яйцекладки та виходу личинок і тривалості личинкової стадії до впадання в діа-

паузу будуть мати максимальний рівень достовірності детермінації $R^2 = 1$. Решту фенофаз на основі ГТК прогнозувати не зовсім доцільно, оскільки прогнозні рівняння мають незначну достовірність апроксимації.

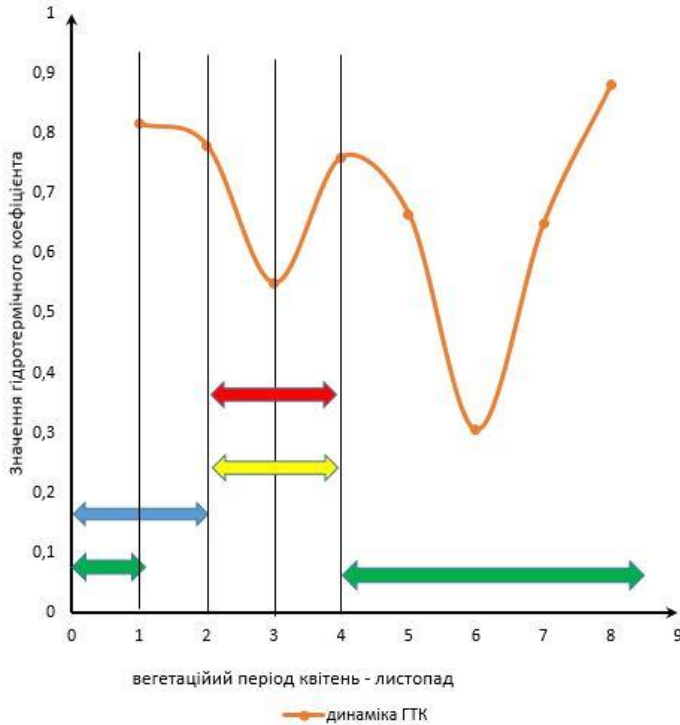


Рис. 2. Фенологія соняшникової шипоноски відповідно до значень ГТК Селянінова (Херсонська область, 2019–2020 рр.)

зелений колір стрілки – личинки, синій – лялечки, червоний – літ імаго, жовтий – період відкладання яєць

Фенологія соняшникового вусача *Agapanthia dahli* Richt. Соняшниковий вусач розвивається в одному поколінні. Багаторічні спостереження дають можливість окреслити його фенологію так: літ імаго триває більше півтора місяця (починаючись у третій декаді травня і закінчуючись у першій декаді липня). Яйця трапляються із середини червня до середини липня. Перші личинки починають з'являтися на початку липня, а після зимівлі трапляються до другої декади травня, лялечки – протягом усього травня і до другої декади червня.

Накладання фенології на дані СЕТ (рис. 3) свідчить про те, що літ вусача починається за 173°C і закінчується за 247°C , причому останнє може бути реакцією на тимчасове зниження температури у середині липня. Яйця починає відкладати за СЕТ $240,5^{\circ}\text{C}$, яйцекладка також закінчується зі зниженням температури у липні (225°C), хоча вже відкладені яйця трапляються і пізніше. Личинки починають відроджуватися за СЕТ 247°C і з вересневим зниженням температури – СЕТ $188,5$ – $158,5$ діапаузують. Заляльковування навесні личинок, що перезимували, активується СЕТ $140,5$ і припиняється за $240,5^{\circ}\text{C}$.

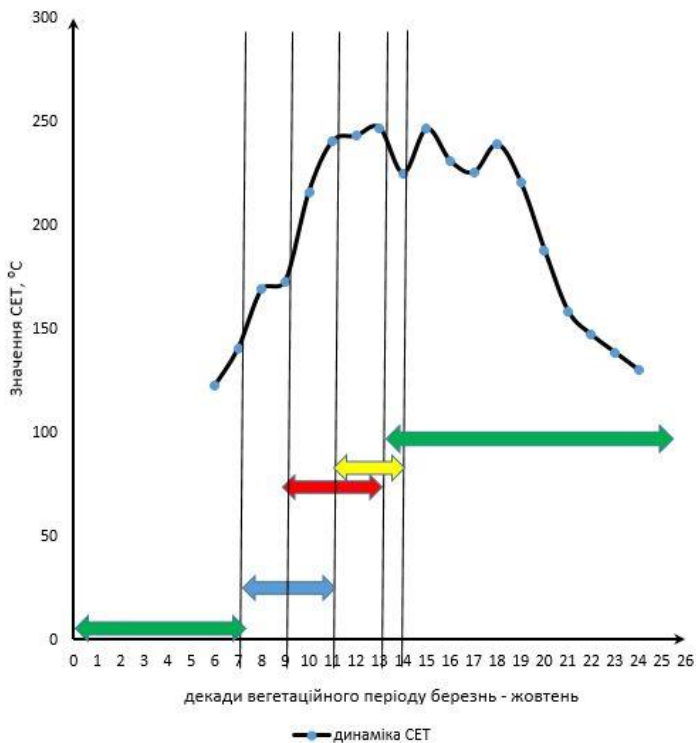


Рис. 3. Фенологія соняшникового вусача відповідно до СЕТ (Херсонська область, 2019–2020 рр.)

зелений колір стрілки – личинки, синій – лялечки, червоний – літ імаго, жовтий – період відкладання яєць

Формалізація фенології соняшникового вусача з метою прогнозування на основі СЕТ можлива для таких елементів: заляльковування, літ імаго, відкладання та розвиток яєць, початок відродження личинок та їх розвиток до діпаузи (табл. 2). Модель фази заляльковування, побудована на основі поліноміального тренду, має рівень високої достовірності $R^2 = 0,9667$. На основі такого ж тренду маємо рівняння для льоту та періоду відкладання-розвитку яєць, хоча й із значенням коефіцієнта детермінації дещо нижчим – 0,8002 та 0,8641 відповідно. Початок відродження личинок та їх розвиток до діпаузи буде описуватися виразом зі слабкою достовірністю апроксимації (0,271), тому його використання для прогнозу не бажане.

Поєднання фенології соняшникового вусача із сезонною динамікою ГТК показало такі тенденції: за ГТК періоди заляльковування і льоту імаго відповідають інтервалу 0,78–0,55 (від середньої до сильної посухи); ГТК періоду яйцекладки також майже ідентичний попередньому – 0,55–0,76 (зміна ступеня посушливості у зворотному порядку (від сильної посухи до середньої), а тому яйцекладка розпочинається лише за певних показників вологості), лише зміщений у часі, вихід і розвиток личинок до діпаузи відповідає ГТК в діапазоні від 0,665 у серпні (середня посуха) до 0,305 у вересні (сильно посушливий період) (рис. 4).

Таблиця 2

Прогнозні моделі фенологічних подій у популяції соняшникового вусача

Фенологічна подія	Прогнозні моделі на основі	
	СЕТ	ГТК (Селянінова)
Заляльковування	$y = 2,2143x^2 - 15,157x + 140,43$	$y = -0,23x + 1,24$
Літ імаго	$y = 17,5x - 31,4$	
Відкладання та розвиток яєць	$y = -6,125x^2 + 148,88x - 657,38$	$y = 0,21x - 0,08$
Початок виходу личинок та їх розвиток до діапаузи	$y = -0,0298x^2 + 1,6369x + 267,43$	$y = -0,2275x + 1,7142$

де y – значення СЕТ, S або значення ГТК; x – декада вегетаційного періоду

Моделі прогнозу фенологічних фаз соняшникового вусача щодо ГТК Селянінова можливе для періодів заляльковування (льоту імаго, яйцекладки і розвитку яєць, відродження личинок і їх розвиток до діапаузи). Усі вони мають високий рівень достовірності (для перших двох $R^2 = 1$, а для останнього – 0,8984) і побудовані на основі лінійного тренду.

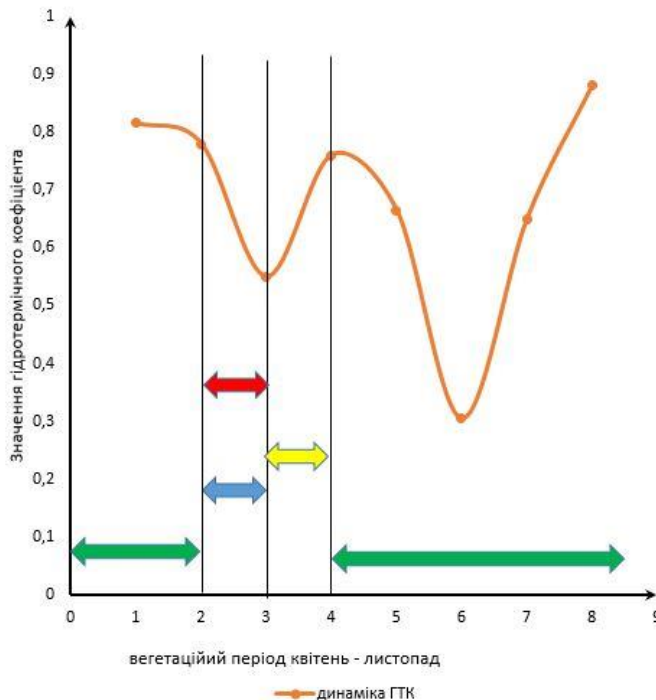


Рис. 4. Фенологія соняшникового вусача відповідно до значень ГТК Селянінова (Херсонська область, 2019–2020 рр.)

зелений колір стрілки – личинки, синій – лялечки, червоний – літ імаго, жовтий – період відкладання яєць

Висновки і пропозиції. Літ імаго соняшникової шипоноски починається за суми 169°C, відкладання яєць – 173, а вихід личинок за СЕТ 247°C, літ імаго та яйцекладка відбуваються за ГТК – 0,78–0,815 та 0,55, личинки трапляються за 0,76–0,88, під час зниження ГТК у вересні до 0,305, що свідчить про їх входження у діапаузу наприкінці вегетації; літ соняшникового вусача починається за СЕТ 173°C і закінчується за 247°C, початок відкладання яєць за 240,5°C, відродження личинок – 247°C і з вересневим зниженням температури – 188,5–158,5 діапаузують, заляльковування навесні активується за 140,5 і припиняється за 240,5°C, за ГТК періоди заляльковування і льоту вусача відповідають інтервалу 0,78–0,55, яйцекладки 0,55–0,76, а виходу і розвитку личинок до діапаузи – 0,665–0,305; розбиття графіку динаміки СЕТ та ГТК на елементи (відповідно до стадій фітофага з подальшим визначенням трендів цих елементів) дозволяє формалізувати більшість фенологічних подій у популяції шкідників; для соняшникової шипоноски щодо СЕТ визначено прогнозні моделі: льоту, початку льоту, відкладання та розвитку яєць, початку виходу личинок, діапаузування личинок із рівнем достовірності апроксимації 0,8789-1, щодо ГТК – моделі льоту-яйцекладки, виходу личинок і тривалості личинкової стадії до впадання в діапаузу – достовірність 1; для соняшникового вусача щодо СЕТ визначено прогнозні моделі заляльковування, льоту імаго, відкладання та розвитку яєць (достовірність 0,8002-1), щодо ГТК – рівняння заляльковування – льоту імаго, яйцекладки і розвитку яєць, початку відродження личинок та їх розвитку до діапаузи (достовірність 0,8984-1).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Артохин К.С., Полтавский А.Н. Злаковая листовёртка на юге России. *Защита и карантин растений*. 2021. № 1. С. 25–27.
2. Артохин К.С., Полтавский А.Н. Мониторинг чешуекрылых. *Защита и карантин растений*. 2020. № 5. С. 23–29.
3. Балькина Е.Б., Ягодинская Л.П., Шишкин В.А. Фенология яблонной плодожорки в Крыму. *Защита и карантин растений*. 2020. № 4. С. 27–29.
4. Белецкий Е. Н. Фитосанитарное прогнозирование на Украине: история, методология, пути совершенствования. *Защита и карантин растений*. 2015. № 12. С. 14–19.
5. Белецкий Е. Н., Станкевич С. В. *Полицикличность, синхронность и нелинейность популяционной динамики насекомых и проблемы прогнозирования*. Vienna : Premier Publishing, 2018. 138 с.
6. Добровольский Б.В. *Фенология насекомых*. Москва : Высшая школа, 1969. 232 с.
7. Довгань С.В. *Моделі прогнозу розвитку та розмноження фітофагів*. Херсон: Айлант, 2009. 208 с.
8. Драховская М. *Прогноз в защите растений*. Москва : Сельхозиздат, 1962. 200 с.
9. Дружелюбова Т.С., Макарова Л.А. *Погода и прогноз размножения вредных насекомых*. Ленинград : Гидрометеониздат, 1972. 84 с.
10. Зубков А.Ф. *Аэробактериологическая фитосанитарная диагностика*. Санкт-Петербург, Пушкин : Изд-во ВИЗР, 1995. 386 с.
11. Ибрагимов Т.З., Санин С.С. Цифровая защита растений и интеллектуальный анализ фитосанитарной информации. *Защита и карантин растений*. 2019. № 4. С. 15–18.
12. Исаев А.С., Овчинникова Т.М., Суховольский В.Г., Пальникова Е.Н., Тарасова О.В., Хлебопрос Р.Г. *Отклик насекомых вредителей леса на будущие глобальные климатические изменения*. Красноярск : Изд-во Ин-та леса СО РАН, 1998. 31 с.

13. Каплин В.Г., Перцева Е.В., Антонов П.В. *Скрытоживущие насекомые – вредители злаковых культур*. Москва : Наука, 2007. 232 с.
 14. Карімов І.К. *Інформаційно-обчислювальні системи в економіці*: Навч. посібник. Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2009. 250 с.
 15. Кулешов В.А, Білик М.О., Довгань С.В. *Фітосанітарний моніторинг і прогноз*. Харків : Еспада, 2011. 608 с.
 16. Лукомец В.М., Пивень В.Т., Децина А.А., Семеренко С.А. Фитосанитарные проблемы возделывания подсолнечника. *Защита и карантин растений*. 2019. № 6. С. 32–37.
 17. Макарова Л.А., Доронина Г.М. *Агрометеорологические предикторы прогноза размножения вредителей сельскохозяйственных культур*. Ленинград : Гидрометеоздат, 1988. 216 с.
 18. Макарова Л.А., Доронина Г.М. *Агрометеорологическое обоснование оптимизации защиты зерновых культур от вредной черепашки*. Ленинград: Гидрометеоздат, 1983. 144 с.
 19. Недорезов Л.В., Садыков А.М. О влиянии зимних погодных условий на динамику численности изолированной популяции насекомых. *Евразийский энтомологический журнал*. 2004. 3. № 3. С. 169–172.
 20. Овсянникова Е.И., Гричанов И.Я. Фенология яблонной плодовой гнильницы подтверждает потепление климата. *Защита и карантин растений*. 2019. № 5. С. 28–29.
 21. Подольский А.С. *Фенологический прогноз (математический прогноз в экологии)*. Москва : Колос, 1974. 287 с.
 22. Поляков И.Я., Левитин М.М., Танский В.И. *Фитосанитарная диагностика в интегрированной защите*. Москва : Колос, 1995. 208 с.
 23. Семеренко С.А. Растительные клопы на подсолнечнике. *Защита и карантин растений*. 2020. № 11. С. 23–27.
 24. Станкевич С.В., Белецкий Е.Н., Забродина И.В. *Циклически-нелинейная динамика природных систем и проблемы прогнозирования*. Vancouver : Ascent Graphics Communications & Publishing, 2019. 232 с.
 25. Станкевич С.В., Забродина І.В., Васильєва Ю.В., Туренко В.П., Кулешов А.В., Білик М.О. *Моніторинг шкідників і хвороб сільськогосподарських культур* : Навч. посібник. Харків : 2020. 624 с.
 26. Фокін А.В. Принципи фрактальної фітосанітарної діагностики агроценозу. *Карантин і захист рослин*. 2015. № 4. С. 16–18.
 27. Фокін А.В., Доля М.М., Дрозда В.Ф. Прогнозування популяційної динаміки фітофагів в агроекосистемах за допомогою ланцюгів Маркова. *Agrology*, 2(2), 100–105. <https://doi.org/10.32819/019014>
 28. Чекмарев В.В., Ермилова Н.И., Илларионова О.И. Влияние погодных факторов на развитие хлебных жуков. *Защита и карантин растений*. 2019. № 9. С. 27–28.
-