

ПРОГНОЗУВАННЯ СТАДІЙ РОЗВИТКУ ПІВДЕННОАМЕРИКАНСЬКОЇ ТОМАТНОЇ МОЛІ *TUTA ABSOLUTA* MEYR. В ПОСІВАХ ТОМАТІВ

Т.В. БІЛОУСОВА,

здобувач наукового ступеня доктора філософії
зі спеціальності 202 «Захист і карантин рослин»

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9244-9061>

E-mail: tatinka_m@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, вул. Героїв Оборони 15, 03041, Україна

Анотація. статті наведено основні результати фенологічних спостережень південноамериканської томатної молі (*Tuta absoluta* Meyr.) в посівах томатів. Прогнозування стадій розвитку томатної молі має важливе значення для своєчасного впровадження карантинних заходів захисту посівів томатів від фітофагів.

Дослідження базується на зборі та аналізі сучасних даних, включаючи кліматичні параметри, такі як CET та ГТК, біологічні особливості південноамериканської томатної молі та популяційну динаміку фітофага. Зібрані дані використовуються для розробки фенологічного календаря та моделей прогнозу.

Отримана модель дозволяє прогнозувати періоди масового розвитку томатної молі у посівах томатів за коливань погодно-кліматичних показників.

Доцільність даного дослідження викликано фрагментарністю наукової літератури щодо вивчення біологічних, екологічних показників південноамериканської томатної молі в Україні та удосконаленню методів й прийомів моніторингу, а також контролю чисельності фітофага, що сприяло б підвищенню урожаю та якості плодів томатів. Зокрема, локалізації й знищенні даного шкідника, відповідно до фітосанітарних вимог.

Ключові слова: прогноз, фенологія, фенологічний календар, томатна міль, фітофаг.

Вступ.

Останнім часом значний обсяг наукових досліджень приділяється проблемі прогнозування розвитку південно американської томатної молі *Tuta absoluta* Meyr., з використанням погодно-кліматичних показників. Так, розглядається вплив різних показників клімату на інтенсивність розвитку шкідників у сільському господарстві (Borisenko, 2021; Borisenko, Novak, Kaliyevskij, 2018). За сучасних методів фітосанітарного моніторингу, який базуються на взаємозв'язках між фенологічними стадіями розвитку рослин і динамікою чисельності шкідників, з урахуванням метеорологічних параметрів різної складності (від температурних показників повітря (Polgar, Primack & Williams, 2014) до аналізу глобальних кліматичних змін (Bale, Masters & Hodkinson, 2002). Це свідчить про важливість моніторингу і прогнозування інтенсивності розвитку і розмноження шкідників, своєчасного виявлення і контролю поширених і карантинних видів фітофагів, зокрема, південно американської томатної молі.

Окремі автори орієнтуються на розгляд проблеми в контексті глобальних змін клімату, використовуючи математичні моделі та аналітичні підходи (Anderson & May, 1979), однак, на практиці, для прогнозування розвитку шкідників використовується традиційний метеорологічний показник, як середньодобова температура та вологість повітря та інші (Weiss, Mason & Kasina, 2001; Bale, Lenteren & Bigler, 2008). Цей підхід обґрунтований, оскільки дозволяє оцінити сезонні результати та скласти прогноз розвитку шкідників у конкретних агро-екосистемах з урахуванням місцевого рельєфу та коливань мікроклімату

(Capinera, 2008; Radcliffe, Hutchinson & Cancelado, 2009).

Аналізуючи основні методи прогнозування розвитку фітофагів, доцільно зазначити, що порівняно поширеним є метод багаторічних фенограм, який ґрунтується на встановленні середніх термінів настання фенологічних подій для конкретних видів із узагальненням багаторічних даних (Gamayunova, Kudrina, 2020). Цей метод використовує температурні показники, такі як сума ефективних температур (далі – СЕТ), та для окремих видів – гідротермічний коефіцієнт (далі – ГТК). Недостатня ефективність прогнозу розвитку фітофагів за методом із СЕТ є його залежність від температурних умов попереднього сезону, періоду зимівлі, та неврахування температур, що наближаються до нижньої межі, але не сягають її, а також вплив надмірно високих температур на розвиток фітофагів (Gamayunova, Kudrina, 2020). Тим не менше, СЕТ лишається важливим показником і для прогнозування розвитку та розмноження південноамериканської томатної молі у різних ґрунтово-кліматичних зонах України.

Характерно, що окремі методи спостережень включають в себе температурно-фенологічні номограми А.С. Подольського, а також кореляційно-регресійний аналіз агрометеорологічних предикторів для побудови прогностичних моделей (Borzih, 2020). За різних технологій вирощування овочевих культур частково визначаються сезонні та багаторічні тенденції в кліматичних показників, які впливають на розвиток окремих видів фітофагів. Регіональні дослідження передбачають окреме вдосконалення прогностичних методів на основі СЕТ, ГТК та багаторічних кліматичних показників

з урахуванням заходів захисту томатів для багаторічного прогнозування розвитку поширених видів фітофагів і не розроблені для карантинного шкідника південноамериканської томатної молі.

Матеріали та методи досліджень

Формування фенологічного календаря південноамериканської томатної молі проводили за загальноприйнятою методикою (Borzih, 2019; Dobrovolskij, 1969) на основі багаторічних результатів польових обстежень сучасних сортів томатів.

Для виявлення і аналізу стадій, зведений фенологічний календар (2020-2022 рр.) порівнювали з показниками погодно-кліматичних даних у роки досліджень зокрема суми ефективних температур (СЕТ) та значень гідротермічного коефіцієнту (ГТК) Селянінова. Для розрахунку ГТК Селянінова використовували формулу (1), яка враховує суму опадів (ΣR) у міліметрах протягом певного періоду, та суму активних температур ($\Sigma t > 10$) протягом того ж часу, зменшену в 10 разів.

$$\text{ГТК} = \frac{\Sigma R * 10}{\Sigma t > 10^{\circ}\text{C}} \quad (1)$$

Для визначення фенологічних подій у популяціях південноамериканської томатної молі використана сучасна методика (Moroz, Fokin, 2021).

Вона передбачає розбиття графіків динаміки суми ефективних температур (СЕТ) та гідротермічного коефіцієнту (ГТК) на окремі періоди, що відповідають різним стадіям розвитку фітофага із визначенням трен-

дів цих елементів.

Це дозволило формалізувати більшість фенологічних стадій в популяціях південноамериканської томатної молі, а також встановити зв'язок цих подій з кліматичними умовами районів спостережень.

Результати дослідження та їх обговорення.

В 2020-2022 роки за результатами проведених досліджень, щодо біології та екології південноамериканської томатної молі, уточнено розвиток і формування у трьох генераціях за рік (табл. 1).

Фенологічні спостереження дозволили уточнити особливості сезонного розвитку виду, включаючи тривалість життєвого циклу різних стадій. Так, літ імаго томатної молі тривав протягом 100 днів, з першої декади травня до вересня 2022 року за СЕТ 160 °С. Під час розвитку першої генерації, яйцекладка спостерігалася з середини травня, СЕТ – 162 °С., перші гусениці з'являлися на третій-п'ятий день СЕТ – 169-171 °С., після закінчення розвитку, який тривав 12-18 днів заляльковувалися СЕТ – 177 °С. Стадія лялечки тривала в період підвищення середньодобової температури повітря в середньому до +19,2...+20,5 °С, що відповідало показнику суми ефективних температур – 204 °С.

Літ імаго другої генерації спостерігався на початку червня за СЕТ 204 °С. Яйцекладка спостерігалася з першої декади червня і до кінця місяця, за СЕТ - 206 °С, гусениці з'являлися на 2-4 день після завершення розвитку, який тривав за СЕТ – 219 °С. Стадія лялечки тривала у період кінця червня початку липня протягом за показнику суми ефективних температур 221 °С.

1. Фенологічний календар південноамериканської томатної молі (*Tuta absoluta* Meur.) (ПП «Батько і Син», Миколаївська обл., 2020-2022 рр.)

		Лялечка	Метелик 1-ої генерації	Яйце	Гусениця	Лялечка	Метелик 2-ої генерації	Яйце	Гусениця	Лялечка	Метелик 3-ї генерації	Яйце	Гусениця	Лялечка
Березень	I	0												
	II	0												
	III	0												
Квітень	I	0												
	II	0												
	III	0												
Травень	I	0	+											
	II	0	+	.	-									
	III		+	.	-	0								
Червень	I				-	0	+							
	II						+	.	-					
	III						+	.	-	0				
Липень	I								-	0	+			
	II										+	.	-	
	III										+	.	-	0
Серпень	I										+	.	-	0
	II												-	0
	III												-	0
Вересень	I													0
	II													0
	III													0

Літ імаго третьої генерації спостерігався протягом липня за СЕТ на початку місяця - 266 °С та в третій декаді липня - 264 °С. Яйцекладка спостерігалася на 7-10 день льоту імаго, що відповідало діапазону СЕТ – 206...266 °С. Перші гусениці з'являлися у третьій генерації на п'ятий день за СЕТ - 269 °С, після закінчення розвитку, який тривав 8-10 днів, після чого заляльковувалися та зимували за

зниження СЕТ від 263 °С до 171 °С наприкінці серпня початку вересня.

Уточнення фенології південноамериканської томатної молі (*Tuta absoluta* Meur.) із сезонною динамікою гідротермічного коефіцієнта (ГТК).

Для спостережень початку льоту імаго та виходу гусениць розроблені моделі прогнозу фітофага (табл.2), які з вірогідністю понад 76% дозволяють контролювати шкідника за осо-

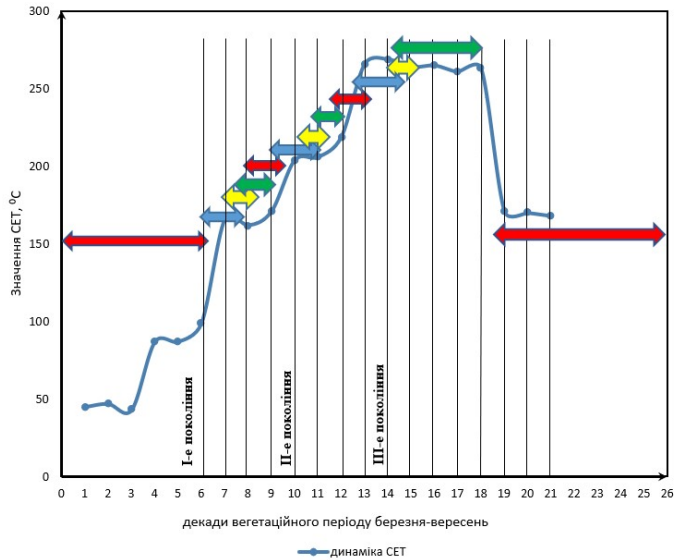


Рис. 1. Фенологія південноамериканської томатної молі відповідно до СЕТ (Миколаївська обл., ПП «Батько і Син» 2020-2022 рр.)

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

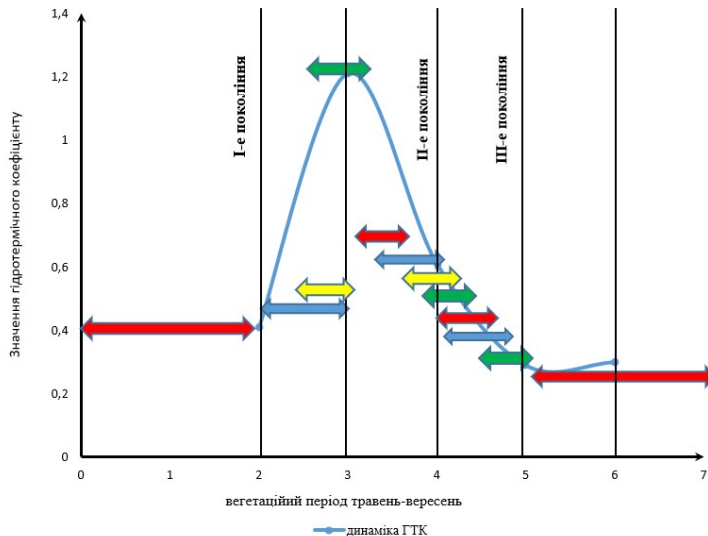


Рис. 2. Фенологія південноамериканської томатної молі відповідно до значень ГТК (Миколаївська обл., ПП «Батько і Син» 2020-2022 рр.)

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

2. Моделі прогнозу розвитку південноамериканської томатної молі *Tuta absoluta* Меур на томатах

Стадії розвитку	Моделі за предиктором прогнозу СЕТ	Коеф. кореляції	Моделі за предиктором прогнозу ГТК	Коеф. кореляції
Початок льоту імаго	$y = 0,4477x + 170,85$	0,87	$y = -0,0907x^2 + 0,4253x + 0,29$	0,96
Початок виходу гусениць	$y = 346,89x - 296,18$	0,92	$y = -0,0125x^2 + 0,2745x - 0,90$	0,98

близькостями формування і розвитку як дорослої стадії, так і гусениць в регіоні досліджень. Це доцільно ураховувати в системі карантинних заходів боротьби із південноамериканською томатною міллю на томатах.

Так, відповідно до показників гідротермічного коефіцієнта, періоди заляльковування і льоту імаго відповідали інтервалу 1,21-0,41. ГТК періоду яйцекладки - 0,61-1,21. Відмічено, що яйцекладка розпочинається лише за певних показників вологості. Відродження і розвиток гусениць до їх діапаузи відповідав ГТК у діапазоні від 0,29 у серпні (посушливий період) до 0,30 у вересні (порівняно сильно посушливий період) (Рис. 2).

Висновки і перспективи.

В результаті досліджень фенології південноамериканської томатної молі із характерною особливістю виду є розвиток у трьох генераціях протягом вегетації томатів із тривалістю формування різних стадій їхнього життєвого циклу в залежності від показників СЕТ та ГТК.

Водночас, накладання фенологічного календаря фітофагів на динаміку кліматичних показників (СЕТ, ГТК) дає змогу отримати сезонну інформацію щодо прогнозування появи тієї чи іншої стадії, що є необхідним елементом щодо прийняття рішень

щодо застосування карантинних заходів і засобів регулювання чисельності фітофага на томатних.

У 2020-2022 рр. в першій генерації, літ імаго розвивався з середини травня СЕТ 160 °С. Яйцекладка відбувалось за СЕТ 162 °С, а гусениці з'являлися за СЕТ 169-171°С. Стадія лялечки тривала за середньодобових показників температури від +19,2 до +20,5 °С, що відповідало сумі ефективних температур - 204 °С. Характерною ознакою виявилась висока життєздатність виду, зокрема, під час розвитку першої генерації показник із ГТК - 0,42 (сильна посуха).

Так, у другій генерації, літ імаго розвивався на початку червня за СЕТ 204°С. Яйцекладка відбувалась з 10-го до 30 червня, що відповідало показнику суми ефективних температур 206 °С, а гусениці з'являлись за 219 °С, за високих значень ГТК – 1,2 (надмірна вологість), що і пояснює дещо розтягнутий період розвитку гусениць. Стадія лялечки тривала з третьої декади червня до першої декади липня, СЕТ - 221 °С.

Розвиток третьої генерації характеризувався порівняно високими показниками середньодобової температури повітря та низьким рівнем опадів. Так інтенсивний літ імаго відмічено в липні за суми ефективних температур – від 264 °С до 266 °С. Яйцекладка спостерігалася на 7-10

день після початку льоту імаго, що відповідало СЕТ – 206...266 °С. Перші гусениці третьої генерації з'являються при 269 °С. Після розвитку вони заляльковувалися та зимували при зниженні СЕТ від 263 °С до 171 °С наприкінці серпня і до кінця вересня відповідно.

References

1. Borzih O.I. (2020) Naukove obgruntuvannya poperedzhennya fitosanitarnih rizikiv u transformovanih biocenozah. Karantin i zahist roslin [The Scientific basis for preventing phytosanitary risks in transformed biocenoses]. Quarantine and Plant Protection. № 4-6. 3–7 pp. doi: <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2020.4-6> [in Ukrainian]
2. Borzykh O. I., Chelombitko A. F., Stefkivskyi V. M., Retman S. V., Bashynska O. V., Kryvosheiev S. P., Demchuk I. V., Lykhach Ye. A., Kish N. M., Ivasiuk N. V., Moroz L. P., Kopersako M. Yu., Starodub I. O (2019) Metodychni rekomendatsii shchodo provedennia fitosanitarnoi ekspertyzy z vyavleniia ta diahnostryky shkidlyvykh orhanizmiv v ob'iektakh rehuliuвання (z metoiu otrymannia pozytyvnykh ekonomichnykh rezultativ hospodarskoi diialnosti) [Methodological recommendations for conducting phytosanitary expertise on detection and diagnosis of pests in regulated objects (in order to obtain positive economic results of economic activity)]. The State Service of Ukraine for Food Safety and Consumer Protection, 41 p. [in Ukrainian].
3. Borisenko V.V. (2021) Vpliv umov viroshuvannya na formuvannya listkovoyi poverhni i fotosintetichnij potencial posivu gibridiv sonyashnika [Influence of growing conditions on leaf surface formation and photosynthetic potential of sunflower hybrids] Taurida Scientific Herald. 117. 16–21 pp. doi: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.3> [in Ukrainian]
4. Borisenko V.V., Novak A.V., Kaliyevskij M.V. (2018) Vpliv gustoti posivu ta shirini mizhryad na urozhajnist rannostiglih gibridiv sonyashnika [Influence of sowing density and row spacing on the yield of early ripe sunflower hybrids]. Taurida Scientific Herald. 103. 3-9. doi: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.3> [in Ukrainian]
5. Gamayunova V.V., Kudrina V.S. (2020) Formuvannya produktivnosti sonyashniku pid vplyvom pozakorenevih pidzhivlen suchasnymi biopreparatami v umovah Pivdenno-go Stepu Ukrainy [Formation of sunflower productivity under the influence of foliar fertilisation with modern biological products in the Southern Steppe of Ukraine]. Agrology. Vol. 3. № 4. 225–231. DOI: <https://doi.org/10.32819/020027> [in Ukrainian]
6. Dobrovolskij B.V. (1969) Fenologiya nasekomykh [The insects phenology]. High school. 232 p.
7. Moroz S. Fokin A. (2021) Prognozuvannya fenofaz vnutrishnostebloviy komah-fitofagiv sonyashnika [Prediction of the phenophases of sunflower intrastem insect phytophages]. Taurida Scientific Herald. № 119. 73-82. doi: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.119.11> [in Ukrainian]
8. Anderson, R.M., & May, R.M. (1979). Population biology of infectious diseases: Part I. Nature, 280(5721), 361-367.
9. Bale, J.S., Masters, G.J., & Hodkinson, I.D. (2002). Effects of climate change on the distribution and abundance of insects. In T.E. Lovejoy & L. Hannah (Eds.), Climate Change and Biodiversity (pp. 89-116). Yale University Press.
10. Bale, J.S., van Lenteren, J.C., & Bigler, F. (2008). Biological control and sustainable food production. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 363(1492), 761-776.
11. Capinera, J.L. (2008). Encyclopedia of Entomology. Springer.

12. Polgar, C.A., Primack, R.B., & Williams, E.A. (2014). Climate effects on flowering and abundance of rhododendron maximum. *International Journal of Biometeorology*, 58(6), 1207-1215.
 13. Radcliffe, E.B., Hutchison, W.D., & Cancelado, R.E. (2009). Integrated Pest Management: Concepts, Tactics, Strategies and Case Studies. Cambridge University Press.
 14. Weiss, R.M., Mason, S.C., & Kasina, J.M. (2001). Temperature and pest predictions for regional pest management. *Journal of Economic Entomology*, 94(3), 637-646.
-

Bilousova T.V. (2023).

THE FORECASTING OF PHENOPHASES OF THE SOUTH AMERICAN TOMATO MOTH (*TUTA ABSOLUTA MEYR.*) IN TOMATO CROPS.

BIOLOGICAL SYSTEMS: THEORY AND INNOVATION, 14(1-2): 93-100.

<https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Biologiya/article/view/47289>

[http://dx.doi.org/10.31548/biologiya14\(1-2\).2023.011](http://dx.doi.org/10.31548/biologiya14(1-2).2023.011)

Abstract. *The article presents the main results of phenological observations of the South American tomato moth (*Tuta absoluta* Meyr.) in tomato crops prediction of the phenophases of tomato moth development is important for planning the system of crop protection against pests, in particular phytophages.*

The research is based on the collection and analysis of various data, including climatic parameters such as SET and HTC, biological characteristics of the South American tomato moth and population dynamics of the phytophage. The collected data is used to develop a phenological calendar and forecasting models.

The resulting model allows predicting periods of mass development of the South American tomato moth in tomato crops based on existing weather and climatic indicators.

The expediency of this study is caused by the fragmentation of scientific literature on the study of biological and ecological indicators of the South American tomato moth in Ukraine and the improvement of methods and techniques for monitoring and controlling the number of phytophages, which would increase the productivity and quality of tomato fruits, as well as the localisation and eradication of this pest, in accordance with phytosanitary requirements.

Keywords: *forecast, phenology, phenological calendar, tomato moth, phytophage.*
