

## МЕЛІОРАЦІЯ, ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО

УДК 631.671:635.64

DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.6.1>ТРАНСPIРАЦІЙНИЙ КОЕФІЦІЄНТ ТОМАТА  
ЗАЛЕЖНО ВІД ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ ҐРУНТІВ**ЖУРАВЛЬОВ О.В.** – кандидат сільськогосподарських наук<https://orcid.org/0000-0001-7035-219X>

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

**ШАТКОВСЬКИЙ А.П.** – доктор сільськогосподарських наук, член-кореспондент

Національної академії аграрних наук України

<https://orcid.org/0000-0002-4366-0397>

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

**МЕЛЬНИЧУК Ф.С.** – кандидат сільськогосподарських наук<https://orcid.org/0000-0003-2711-5185>

Державне підприємство «Центральна лабораторія якості води та ґрунтів» Інституту

водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

**ЧЕРЕВИЧНИЙ Ю.О.** – кандидат сільськогосподарських наук<https://orcid.org/0000-0002-9959-8297>

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** За вегетаційний період рослина споживає величезну кількість вологи, яка в багато разів перевищує масу самої рослини. Проте з усієї кількості спожитої води рослина близько 97–99% витрачає на транспірацію. Для кількісної характеристики витрат води на транспірацію користуються такими показниками, як: інтенсивність транспірації – це кількість води, яку випаровує рослина в грамах за одиницю часу з одиниці поверхні (дм<sup>2</sup>); транспіраційний коефіцієнт – це кількість води в грамах, яку випаровує рослина для накопичення 1 г сухих речовин; продуктивність транспірації – це зворотна транспіраційному коефіцієнту величина і дорівнює кількості сухих речовин (г), накопичених рослиною за той період, коли нею випарувано 1 кг води [1; 2].

Практичні знання про параметри транспірації овочевих культур дають змогу чітко оцінити водопотребу рослини у певну фазу її розвитку та оптимізувати процес управління зрошенням [3; 4].

Оскільки томат є натеper найпоширенішою, а в певному значенні і стратегічною овочевою культурою в Україні, яка займає найбільшу площу серед овочевих (понад 80 тис. га) [5], дослідження процесів транспірації на прикладі цієї культури є найбільш актуальними.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.**

Принципи розрахунків транспірації для сільськогосподарських культур суцільної сівби розроблено вченими Агрофізичного інституту (Російська Федерація) [6; 7]. Зокрема, групою під керівництвом Р.А. Полуєктова запропоновано метод кількісного опису параметрів швидкості транспірації рослин [7].

Фізіологічні процеси транспірації рослин томата на фундаментальному рівні досліджено голландськими вченими [8]. Вплив метеорологічних параметрів на інтенсивність транспірації рослин томату у закритому ґрунті встановлено О. Jolliet та В. Bailey [9]. Параметри

швидкості транспірації рослин томата встановлено американськими вченими А. Shirazil та А. Cameron [10].

Досліджень на предмет впливу гранулометричного складу ґрунтів на процеси транспірації рослин томата для умов Сухостепової зони України не проводилось.

**Мета дослідження** полягала у встановленні транспіраційного коефіцієнта рослин томата залежно від гранулометричного складу ґрунтів.

**Матеріали і методи досліджень.** Протягом 2016–2020 рр. було проведено вегетаційні експериментальні дослідження на землях ДП «ДГ «Брилівське» ІВПІМ НААН (с. Привітне Олешківського району Херсонської області, підзона Степу Сухого). Для виключення фізичного випаровування з поверхні ґрунту вегетаційні посудини було повністю герметизовано плівкою. Досліджували вплив гранулометричного складу ґрунту на процеси транспірації рослин томата (табл. 1).

Таблиця 1

**Основні водно-фізичні властивості ґрунтів**

Гранулометричний склад ґрунтів	Щільність складення ґрунту, г/см <sup>3</sup>	НВ, % від маси сухого ґрунту	Фактор дисперсності за Н.А. Качинським	
			фізична глина	фізичний пісок
			<0,01 мм	>0,01 мм
Легкосуглинковий	1,62	16,6	26,4	73,6
Середньо-суглинковий	1,42	22,6	43,1	56,9
Важкосуглинковий	1,36	27,2	57,3	42,7

Транспірацію визначали методом прямого зважування вегетаційних посудин. Щоденно о 20:00 виконували зважування вегетаційних посудин з рослиною

на лабораторних вагах типу ТВЕ-60-1 та проводили полив розрахованою нормою. Вологість ґрунту у вегетаційних посудинах підтримували на рівні не нижчому 80% від НВ.

Дослідження проводили за методиками вегетаційних досліджень І.К. Кіршина [11]. Площу листової поверхні, накопичення сухої речовини визначали за методикою А.О. Ничипоровича [12]. Транспіраційний коефіцієнт, продуктивність транспірації визначали за методикою М.М. Третьякова [13]. Спостереження за метеопараметрами проводили безпосередньо на дослідній ділянці за допомогою метеостанції iMetos.

Транспіраційний коефіцієнт визначали як відношення кількості води, яку витрчала рослина на транспірацію до сухої речовини рослини [14]. Продуктивність транспірації – як величину, обернену транспіраційному коефіцієнту, т. б. – це кількість сухої речовини в грамах, накопичена рослиною за період, коли вона випарувала 1 дм<sup>3</sup> води [14].

**Результати досліджень.** За результатами спостережень встановлено, що найбільшу кількість води на транспірацію рослини томата витрачають у міжфазний

період «цвітіння–плодоутворення». Так, за цей період залежно від гранулометричного складу ґрунту транспірація рослин томата становила 1,191–1,161 кг/рослину (рис. 1), що перевищує значення транспірації у фазу «садіння розсади–цвітіння» та «плодоутворення–збір» в 5,6 та 1,5 раза відповідно.

На початку вегетації площа листя рослин томата не залежала від гранулометричного складу ґрунту і перебувала в межах 0,102–0,101 м<sup>2</sup>/рослину (рис. 2).

У міжфазний період «цвітіння–плодоутворення» за мірою росту і розвитку рослин площа листя томата залежно від гранулометричного складу ґрунту становила 0,632–0,747 м<sup>2</sup>/рослину. Максимальних значень площа листової поверхні рослин досягла у міжфазний період «плодоутворення–дозрівання» і на важкосуглинковому ґрунті становила 1,386 м<sup>2</sup>. Це відповідно на 0,324 та 0,125 м<sup>2</sup> більше, ніж на легкосуглинковому та середньосуглинковому ґрунтах. Загалом за дослідом прослідковується тенденція збільшення площі листя томата на важкосуглинковому ґрунті порівняно з цим же параметром на легкосуглинковому та середньосуглинковому ґрунтах.

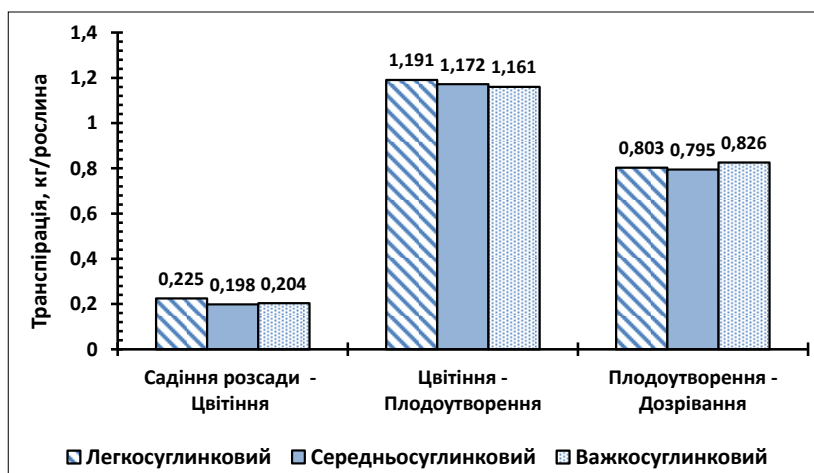


Рис. 1. Транспірація рослин томата залежно від гранулометричного складу ґрунту

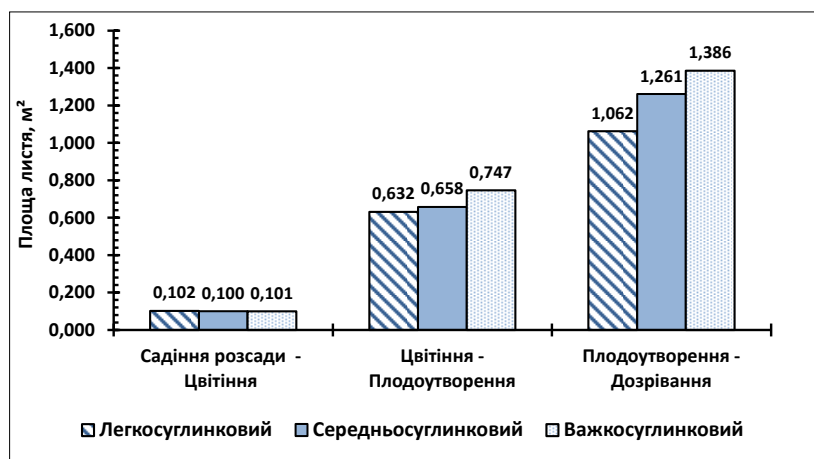


Рис. 2. Площа рослин томата залежно від гранулометричного складу ґрунту

Накопичення сухої речовини рослинами томата відображає тенденцію зміни площі листової поверхні (рис. 3). Так, за період від садіння розсади до цвітіння у середньому накопичилось 4,80–5,15 г/рослину сухої речовини. На важкосуглинковому ґрунті сухої речовини накопичилось найбільше і в міжфазні періоди «цвітіння–плодоутворення» і «плодоутворення–збирання» відповідно накопичилось 168,76 і 397,27 г/рослину, що на 29,47 і 79,24 г/рослину більше, ніж на легкосуглинковому ґрунті, та 6,67 і 12,39 г/рослину більше, ніж на середньосуглинковому ґрунті.

За результатами кореляційно-регресійного аналізу встановлено функціональну залежність накопичення сухої речовини рослин томата від площі листової поверхні (рис. 4). Вказана залежність відображена степеневою функцією:

$$Y = 282,59 \times x^{1,7507} \pm 24,9 \text{ г, при } R^2 = 0,96$$

де:  $Y$  – суха речовина, г;  $x$  – площа листової поверхні, м<sup>2</sup>;  $R^2$  – коефіцієнт детермінації.

За результатами розрахунків транспіраційного коефіцієнта томата можна зробити висновок, що за мірою

росту і розвитку рослин транспіраційний коефіцієнт знижується. Так, до цвітіння залежно від гранулометричного складу ґрунтів транспіраційний коефіцієнт становив 186,2–202,2 г/г, а на початок дозрівання плодів цей параметр зменшувався до 159,8–157,6 г/г (рис. 5).

За результатами досліджень встановлено, що у міжфазний період «садіння розсади–цвітіння» транспіраційний коефіцієнт томата становив 192 г/г, у міжфазний період «цвітіння–плодоутворення» – 169 г/г, а у міжфазний період «плодоутворення–дозрівання» – 158 г/г. За вегетаційний період транспіраційний коефіцієнт рослин томата становив 173 г/г.

Тенденція динамічних змін продуктивності транспірації дзеркально відображала тенденцію змін транспіраційного коефіцієнта томата (рис. 6).

Так, на початку вегетаційного періоду продуктивність транспірації менша, ніж наприкінці. У міжфазний період «садіння розсади–цвітіння» продуктивність транспірації залежно від гранулометричного складу ґрунтів становила 5,60–5,51 г/кг, що на 0,85 г/кг менше, ніж у міжфазний період «плодоутворення–дозрівання». У міжфазний період «садіння розсади–цвітіння» продуктивність тран-

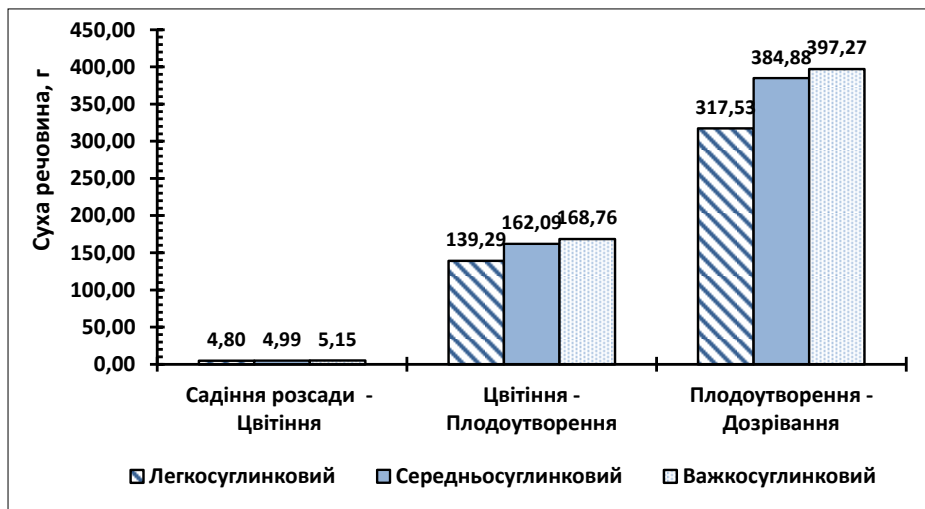


Рис. 3. Накопичення сухої речовини рослин томата залежно від гранулометричного складу ґрунтів

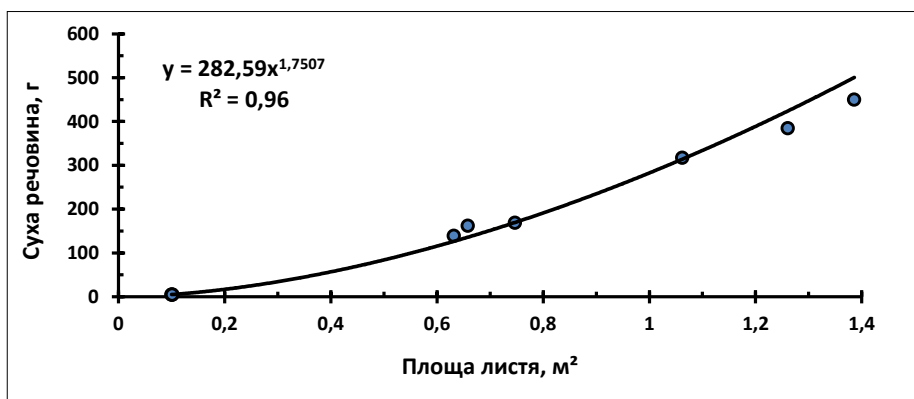


Рис. 4. Залежність накопичення сухої речовини рослин томата від площі листової поверхні рослин

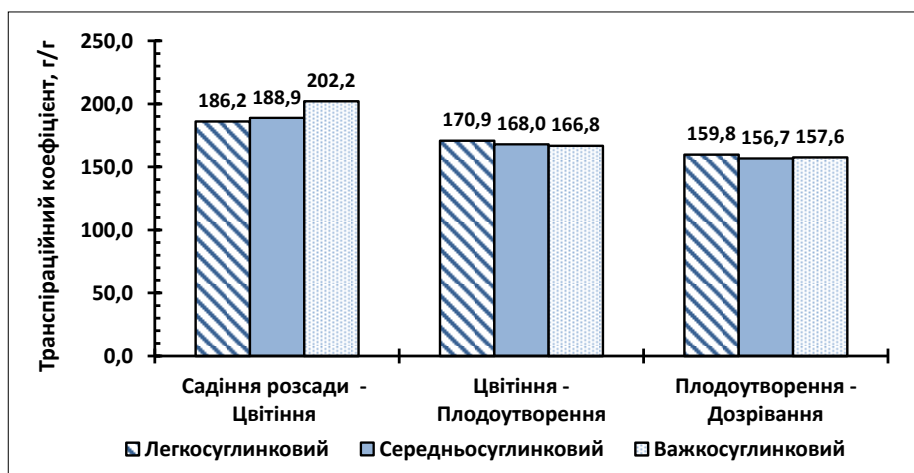


Рис. 5. Транспіраційний коефіцієнт рослин томата залежно від гранулометричного складу ґрунтів

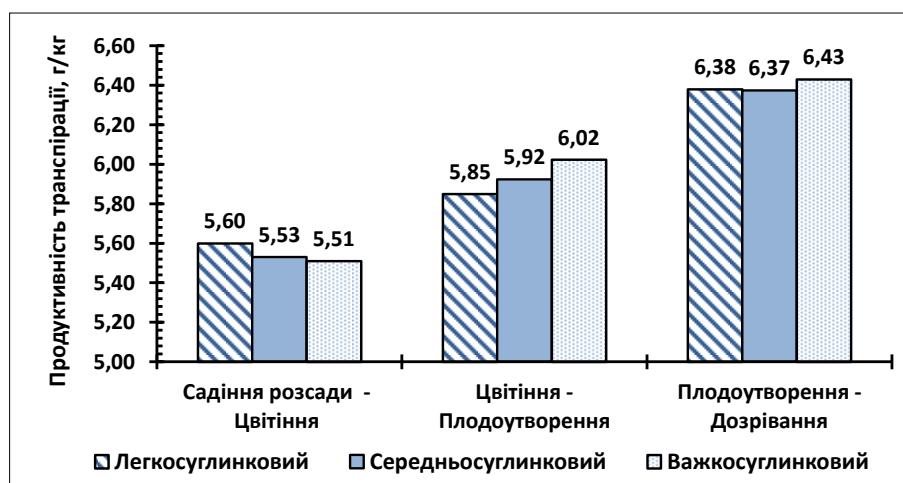


Рис. 6. Продуктивність транспірації рослин томата залежно від гранулометричного складу ґрунтів

спірації томата становила 5,2 г/кг, у міжфазний період «цвітіння–плодоутворення» – 5,9 г/кг, а у міжфазний період «плодоутворення–дозрівання» – 6,3 г/кг. У середньому за вегетаційний період транспіраційний коефіцієнт рослин томата становив 5,8 г/кг.

**Висновки.** На основі проведених досліджень встановлено, що транспіраційний коефіцієнт томата динамічно змінюється протягом вегетаційного періоду. Так, максимальні його значення фіксували від висаджування розсади до цвітіння рослин, а у міжфазний період «плодоутворення–дозрівання» його параметри знижувалися. Максимальну кількість вологи рослини томата витрачають на транспірацію протягом міжфазного періоду «цвітіння–плодоутворення». За результатами кореляційно-регресійного аналізу встановлено функціональну залежність накопичення сухої речовини рослин томата від його площі листової поверхні. Визначено, що залежно від гранулометричного складу ґрунтів транспіраційний коефіцієнт рослин томата має стійку тенденцію до зниження зі збільшенням вмісту у ґрунтах фізичної глини.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Макрушин М.М., Макрушина Є.М., Петерсон Н.В., Мельников М.М. Фізіологія рослин. Вінниця : Нова Книга, 2006. 416 с.
2. Скляр В.Г., Злобін Ю.А. Екологічна фізіологія рослин. Суми : Університетська книга, 2015. 271 с.
3. Мусієнко М.М. Фізіологія рослин. Київ : Либідь, 2005. 808 с.
4. Ромащенко М.І. Шатковський А.П., Рябков С.В. Краплинне зрошення овочевих культур і картоплі в умовах Степу України. Київ : ДІА, 2012. 248 с.
5. Посівні площі сільськогосподарських культур за їх видами у 2020 році. Державна служба статистики України : вебсайт. URL : <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 12.03.2021).
6. Полуэктов Р.А., Нагиев А.Т., Шукуров М.Ш., Мирзоев Ф.А. Расчет транспирации и испарения в динамической модели агроэкосистемы. *Известия Национальной академии наук Азербайджана*. 2004. № 2. С. 248–254.
7. Полуэктов Р.А., Кумаков В.А., Василенко Г.В. Моделирование транспирации посевов сельскохозяйственных

- культур. *Физиология растений*. 1997. Том. 44. № 1. С. 68–73.
8. Eric A., Fisher J., Zamir D., Jocelyn R. Transpiration from Tomato Fruit Occurs Primarily via Trichome-Associated Transcuticular Polar Pores. *Plant Physiology*. 2020. Volume 184. Issue 4, P. 1840–1852. URL: <https://doi.org/10.1104/pp.20.01105>.
  9. Jolliet O., Bailey B. The effect of climate on tomato transpiration in greenhouses: measurements and models comparison. *Agricultural and Forest Meteorology*. 1992. Volume 58. Issues 1–2. P. 43–62. URL: [https://doi.org/10.1016/0168-1923\(92\)90110-P](https://doi.org/10.1016/0168-1923(92)90110-P).
  10. Shirazi A., Measuring C. Transpiration Rates of Tomato. *HortScience*. 1993. Vol. 28(10). P. 1035–1038.
  11. Киршин И.К. Методика эксперимента: вегетационный метод. Свердловск : УрГУ, 1989. 56 с.
  12. Ничипорович А.А. Власова М.П. О формировании и продуктивности фотосинтетического аппарата различных культурных растений в течение вегетационного периода. *Физиология растений*. 1961. Т. 8. № 1. С. 56–64.
  13. Третьяков Н.Н. Практикум по физиологии растений. Москва : Агропромиздат, 1990. 271 с.
  14. Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Коковихин С.В. Методика польового досліджування землеробство). Херсон : Гринь Д.С., 2014. 448 с.

#### References:

1. Makrushyn, M.M., Makrushyna, E.M., Peterson, N.V., & Melnykov, M.M. (2006). *Fiziolohiia roslyn* [Physiology of plants]. Vinnytsia [in Ukrainian].
2. Skliar, V.H., & Zlobin, Yu.A. (2015). *Ekolohichna fiziolohiia roslyn* [Ecological physiology of plants]. Sumy [in Ukrainian].
3. Musiienko, M.M. (2005). *Fiziolohiia roslyn* [Physiology of plants]. Kyiv [in Ukrainian].
4. Romashchenko, M.I., Shatkovskiy, A.P., & Riabkov, S.V. (2012). Kraplynnе zroshennia ovochevykh kultur i kartoplі v umovakh Stepu Ukrainy [Drip irrigation of vegetable crops and potatoes in the Steppe of Ukraine]. Kyiv [in Ukrainian].
5. *Posivni ploshchi silskohospodarskykh kultur za yikh vydamy u 2020 rotsi* [Sown areas of agricultural crops by their types in 2020]. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
6. Poluektov, R.A., Nahiiev, A.T., Shukurov, M.Sh., & Mirzoiev, F.A. (2004). Raschot transpiratsii i ispariennia v dinamicheskoi modeli ahroekosistemy. *Izvestiia Natsionalnoi akademii nauk Azerbaidzhana* [Calculation of transpiration and evaporation in a dynamic agroecosystem model]. *News of the National Academy of Sciences of Azerbaijan*. 2. 248–254 [in Russian].
7. Poluektov, R.A., Kumakov, V.A., & Vaillenko, H.V. (1997). Modelirovaniye transpiratsii posievov sel'skokhoziaistviennykh kultur [Modeling transpiration of crops]. *Fiziolohiia rastenii*. 44. 1. 68–73 [in Russian].
8. Eric, A., Fisher, J., Zamir, D., & Jocelyn, R. (2020). Transpiration from Tomato Fruit Occurs Primarily via Trichome-Associated Transcuticular Polar Pores. *Plant Physiology*. 184. 4, 1840–1852. URL: <https://doi.org/10.1104/pp.20.01105>.
9. Jolliet, O., & Bailey, B. (1992). The effect of climate on tomato transpiration in greenhouses: measurements and models comparison. *Agricultural and Forest Meteorology*. 58. 1–2. 43–62. Retrieved from: [https://doi.org/10.1016/0168-1923\(92\)90110-P](https://doi.org/10.1016/0168-1923(92)90110-P).
10. Shirazil, A., & Measuring, C. (1993). Transpiration Rates of Tomato. *HortScience*. 28(10). 1035–1038.
11. Kirshyn, I.K. (1989). Metodika eksperimenta: viehietatsionnyi metod [Experimental technique: vegetation method]. Sverdlovsk [in Russian].
12. Nychyporovich, A.A., & Vlasova, M.P. (1961). O formirovaniі i produktivnosti fotosinteticheskogo apparata razlichnykh kulturnykh rastenii v techenii vechetatsionnoho perioda [On the formation and productivity of the photosynthetic apparatus of various cultivated plants during the growing season]. *Fiziolohiia rastenii*. 8. 1. 56–64 [in Russian].
13. Tretiakov, N.N. (1990). *Praktikum po fiziolohii rastenii* [Workshop on Plant Physiology]. Moskva [in Russian].
14. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2014). *Metodyka pol'ovoho doslidu (zroshuvane zemlerobstvo)* [The methodology of field experiment: irrigation agriculture]. Kherson [in Ukrainian].

#### **Журавльов О.В. Шатковський А.П., Мельничук Ф.С., Черевичний Ю.О. Транспіраційний коефіцієнт томата залежно від гранулометричного складу ґрунтів**

**Мета** – дослідити і визначити вплив гранулометричного складу ґрунтів на транспіраційний коефіцієнт рослини томата. **Методи.** Дослідження проводили за методиками вегетаційних досліджень І.К. Кіршина з використанням аналітичних і статистичних методів обробки експериментальних даних. **Результати досліджень.** Параметри транспірації рослин томата розсадного розглянуто як оціночний критерій водопотреби рослини у певну фазу її розвитку з метою оптимізації процесу управління зрошенням. Польові експериментальні вегетаційні дослідження проведено на землях ДП «ДГ «Брилівське» ІВПіМ НААН протягом 2016–2020 рр. Отримані результати підтверджують, що гранулометричний склад ґрунту достовірно впливає на фізіологічні процеси рослин томата: формування основних біометричних параметрів, структурні елементи і параметри процесів транспірації тощо. Встановлено, що максимальні витрати вологи на транспірацію рослини томата відповідають міжфазному періоду «цвітіння–плодоутворення». Водночас за мірою росту і розвитку рослин транспіраційний коефіцієнт знижується. Так, до цвітіння залежно від гранулометричного складу ґрунтів транспіраційний коефіцієнт становив 186,2–202,2 г/г, а на початок дозрівання плодів цей параметр зменшувався до 159,8–157,6 г/г. Визначено, що тенденція динамічних змін параметра продуктивності транспірації дзеркально відображала тенденцію змін транспіраційного коефіцієнта рослин томата. **Висновки.** Максимальні значення транспіраційного коефіцієнта фіксували від висаджування розсади до цвітіння, а у міжфазний період «плодоутворення–дозрівання» його параметри знижувалися. За результатами кореляційно-регресійного аналізу встановлено функціональну залежність накопичення сухої речовини рослин томата від площі листової поверхні. Визначено, що залежно від гранулометричного складу ґрунтів транспіраційний коефіцієнт рослин томата має стійку тенденцію до зниження зі збільшенням вмісту у ґрунтах фізичної глини.

**Ключові слова:** томат, коефіцієнт транспірації, продуктивність транспірації, площа листової поверхні, гранулометричний склад ґрунтів.

**Zhuravlov O.V., Shatkovskiy A.P., Melnychuk F.S., Cherevychny Yu.O. The transpiration coefficient of tomato depending on the granulometric composition of soils**

**Purpose**—to investigate and determine the granulometric compositions of soils effect on the transpiration coefficient of tomato plants. **Methods.** The research was carried out according to the methods of vegetation research I.K. Kirshina using analytical and statistical methods for processing experimental data. **Research results.** The transpiration parameters of seedling tomato plants are considered as an assessment criterion for the water demand of a plant at a certain stage of its development in order to optimize the irrigation management process. Field experimental vegetation studies were carried out on the lands of the Experimental farm “SE “Brylivske” IWP a L M NAAS during 2016–2020. The obtained results confirm that the granulometric composition of the soil significantly affects the physiological processes of tomato plants: the formation of basic biometric parameters, structural elements and parameters of transpiration processes, and so on. It has been established that the maximum water consumption for transpiration of a tomato plant corresponds

to the interfacial period of “flowering–fruit formation”. At the same time, as plants grow and develop, the transpiration rate decreases. Thus, before flowering, depending on the particle size distribution of soils, the transpiration coefficient was 186,2–202,2 g/g, and at the beginning of fruit ripening, this parameter decreased to 159,8–157,6 g/g. It is determined that the tendency of dynamic changes of the transpiration productivity parameter mirrored the tendency of changes of the transpiration coefficient of tomato plants. **Conclusions.** The maximum values of the transpiration coefficient were recorded from planting seedlings to flowering, and in the interfacial period of “fruit formation-ripening” its parameters decreased. According to the results of correlation-regression analysis, the functional dependence of the dry matter accumulation of tomato plants on its leaf surface area was established. It is determined that depending on the particle size distribution of soils the transpiration coefficient of tomato plants has a steady tendency to decrease with increasing content of physical clay in the soil.

**Key words:** tomato, transpiration coefficient, transpiration productivity, leaf surface area, particle size distribution of soils.