

УДК 004.4:631.671

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.2.2>

МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ EVAPO ДЛЯ ОПЕРАТИВНОЇ ОЦІНКИ ЕВАПОТРАНСПІРАЦІЇ В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

Лиховид П.В. – к.с.-г.н., старший науковий співробітник відділу маркетингу, трансферу інновацій та економічних досліджень, Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України
Пілярська О.О. – к.с.-г.н., с.н.с., завідувач наукової бібліотеки, Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України
Біляєва І.М. – д.с.-г.н., с.н.с., завідувач відділу маркетингу, трансферу інновацій та економічних досліджень, Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

Здійснено аналіз можливості застосування мобільного додатку EVAPO для смартфонів на базі операційних систем Android та iOS для оперативної оцінки евапотранспірації в польових умовах. Додаток використовує дані геолокації для визначення місцезнаходження та завантажує необхідні для розрахунку евапотранспірації дані із серверів NASA-POWER. Розробники додатку стверджують, що розрахунок ведеться за еталонним рівнянням Пенман-Монтейта, визнаним ФАО як стандарт визначення референсної випаровуваності із поверхні.

Ми провели математичний аналіз відповідності розрахунків у програмі EVAPO до останніх у розробленій ФАО програмі ET_0 Calculator. Для розрахунку та подальшого аналізу було використано повні погодні дані із метеорологічної станції м. Херсон за період із 2 жовтня по 20 листопада 2020 року (максимальна, середня, мінімальна температури повітря, середня вологість повітря, температура точки роси, середня швидкість вітру, середній атмосферний тиск, тривалість яскравого сонячного сяйва). Сумарна тривалість періоду дослідження – 50 діб. Величини евапотранспірації, розраховані за фактичними даними в ET_0 Calculator та одержані в EVAPO, було порівняно за допомогою методів математичної статистики: розраховано коефіцієнти кореляції та детермінації, середню абсолютну похибку у відсотках.

За результатами статистичного порівняння одержаних величин евапотранспірації було встановлено, що застосування мобільного додатку EVAPO не можна вважати гарною альтернативою повноцінному розрахунку в ET_0 Calculator, оскільки величина середньої абсолютної похибки – 137%. Коефіцієнт детермінації 0,63 також свідчить про недостатню точність розрахунків, виконаних у мобільному додатку. Вважаємо, що мобільний додаток EVAPO може бути використаний лише за крайньої потреби та неможливості виконати повноцінний розрахунок для приблизної оцінки динаміки випаровуваності.

Ключові слова: евапотранспірація, кореляція, математичний аналіз, Пенман-Монтейт, розрахунковий метод, середня абсолютна похибка.

Lykhovyd P.V., Piliarska O.O., Biliaieva I.M. The possibilities of using mobile application EVAPO for operational assessment of evapotranspiration in the field conditions

The analysis of the possibility of using mobile application EVAPO on the Android and iOS-based smartphones for the rapid assessment of evapotranspiration in the field conditions has been performed. The application uses geolocation data to determine the location and downloads the data required for the calculation of evapotranspiration from NASA-POWER servers. The developers of the application claim that the calculation is based on the Penman-Monteith equation, recognized by FAO as the standard for determining the reference evapotranspiration from the field surface.

We performed a mathematical analysis of the compliance of the calculations in the EVAPO application with the latter performed in the ET_0 Calculator software developed by FAO. We used complete weather data from Kherson meteorological station for the period from October 2 to November 20, 2020 (maximum, mean, minimum air temperature, mean relative humidity, dew point temperature, mean wind speed, mean atmospheric pressure, duration of bright sunshine)

for the calculation and further analysis. Total duration of the period of the study is 50 days. Evapotranspiration values, calculated from actual data in ET_0 Calculator and obtained in EVAPO, were compared using mathematical statistics methods: correlation and determination coefficients, mean absolute percentage error were calculated.

According to the results of statistical comparison of the obtained evapotranspiration values, it was determined that the use of mobile application EVAPO cannot be considered as a good alternative to a complete calculation in ET_0 Calculator, as the mean absolute percentage error – 137% and the coefficient of determination 0.63 testify to its insufficient accuracy. We suggest that the EVAPO mobile application could be used only in the case of extreme necessity and impossibility to perform a complete calculation to estimate the evapotranspiration dynamics.

Key words: evapotranspiration, correlation, mathematical analysis, Penman-Monteith, calculation method, mean average percentage error.

Постановка проблеми. Референсна евапотранспірація – показник, необхідний для точного встановлення водопотреби сільськогосподарських культур і раціонального формування режимів зрошення. На сучасному етапі розвитку землеробства, коли засоби технічного прогресу та інформаційні технології стали невід’ємним складником аграрного виробництва, на ринку інтелектуальної продукції з’являються нові рішення щодо поліпшення процесу виробництва продукції рослинництва та його автоматизації.

Привабливою альтернативою дорогим програмним продуктам і системам для персональних комп’ютерів є більш доступні та дешевші мобільні додатки, призначені для смартфонів на базі операційних систем Android та iOS, покликані спростити фермерам роботи із обліку та розрахунку доз добрив, норм зрошення. Однією з останніх розробок для мобільних систем, покликаних спростити та поліпшити процес формування режимів зрошення, є додаток EVAPO для визначення референсної евапотранспірації, який доступний безкоштовно для смартфонів на базі операційних систем Android та iOS [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Мобільні додатки – новий перспективний сегмент інформаційних технологій, спрямований на точне землеробство. Увагу сучасних дослідників привертає низка інноваційних продуктів у сфері мобільних додатків, призначених для вирішення найрізноманітніших проблем. Так, TankMix від компанії DuPont дозволяє точно розраховувати дози внесення пестицидів і формувати бакові суміші; додаток YieldCheck здатний прогнозувати урожайність кукурудзи та прибутковість її вирощування; Farm Manager – зручний додаток для ведення фермерського обліку та аудиту; в додатку AgStudio MAP можна закартографувати поля та занести інформацію щодо аналізів ґрунту кожного поля, а Weed Manager PLUS дасть поради щодо оптимального способу боротьби з бур’янами на полі [2; 3].

Існують інтегративні додатки, які базуються на даних супутникового моніторингу, надають інформацію щодо стану полів і вирощуваних на них культур, дозволяють точно розраховувати дози внесення добрив і програмувати трактори та машини на задану дозу внесення агрохімікатів. До таких додатків належить, наприклад, OneSoil.

Серед безлічі різних мобільних додатків досить мало таких, які покликані допомогти фермеру з формуванням раціонального режиму зрошення. Одним із перших таких додатків є досліджуваний нами продукт EVAPO, розроблений у Бразилії науковцями від Групи з Агрометеорологічних Досліджень Коледжу Сільськогосподарських і Ветеринарних Наук (Сан-Пауло). Автори розробки стверджують, що в основі методики розрахунку лежить стандартизований метод Пенман-Монтейта, а дані для розрахунків автоматизовано завантажуються додатком з огляду на геолокацію користувача із серверів NASA-POWER [1].

Постановка завдання. Метою дослідження було визначити можливості застосування мобільного додатку EVAPO для розрахунку референсної евапотранспірації в Херсонській області шляхом порівняння результатів обчислень за методом Пенман-Монтейта у мобільному додатку та фактичних розрахунків у стандартній програмі ФАО ET₀ Calculator за розширеними погодними даними гідрометорологічної станції м. Херсон, які склалися із таких показників: максимальна, середня, мінімальна температури повітря, середня вологість повітря, температура точки роси, середня швидкість вітру, середній атмосферний тиск, тривалість яскравого сонячного сяйва [4].

Розрахунки в мобільному додатку EVAPO виконували з використанням функції «історія», яка відображає історичний тренд евапотранспірації, розрахованої в один і той же час, за останні кілька місяців. Дані брали за період із 2 жовтня по 20 листопада 2020 року (період активного розвитку озимих культур, відповідальний етап перед входом у зиму). Одержані двома методами розрахункові дані щодо евапотранспірації було проаналізовано методами математичної статистики у програмному комплексі Microsoft Excel 365 із визначенням величин коефіцієнтів кореляції та детермінації, а також середньої абсолютної похибки у відсотках відносно еталонного розрахунку (ET₀ Calculator). За результатами статистики визначали доцільність застосування мобільного додатку EVAPO в реальних умовах Херсонщини для прискорення та оптимізації процесу формування режимів зрошення сільськогосподарських культур.

Виклад основного матеріалу дослідження. За результатами математичної статистичної обробки дослідних розрахункових даних було виявлено істотні розбіжності між величиною евапотранспірації, розрахованої за допомогою схваленого ФАО програмного забезпечення (ET₀ Calculator) та інноваційної розробки (EVAPO).

Таблиця 1

Статистичні критерії порівняння стандартного (за програмою ФАО ET₀ Calculator) та нового (в мобільному додатку EVAPO) методу визначення референсної евапотранспірації

Критерії	Фактичне	Мінімальне для забезпечення високої точності
Коефіцієнт кореляції (R)	0,7942	0,70-0,89 [5]
Коефіцієнт детермінації (R ²)	0,6307	>0,7 [6]
Середня абсолютна похибка (MAPE), %	137,02	10-20 [7]

Не дивлячись на досить високий коефіцієнт кореляції, більш важливі показники коефіцієнту детермінації та середньої абсолютної похибки свідчать про недостатню точність калькуляцій у мобільному додатку. Якщо коефіцієнт детермінації нижчий за мінімально допустиме значення лише на 0,0693, то абсолютна похибка не залишає ніяких шансів EVAPO – величина перевищує мінімально допустимий поріг більше, ніж у 5 разів, що свідчить про неможливість точних розрахунків у додатку. Жодного разу не було зафіксовано відповідності значень евапотранспірації в EVAPO до значень, отриманих в еталонній програмі ET₀ Calculator.

Динаміку евапотранспірації, розрахованої двома методами, що відображає істотність різниці між калькуляціями, наведено на рис. 1.

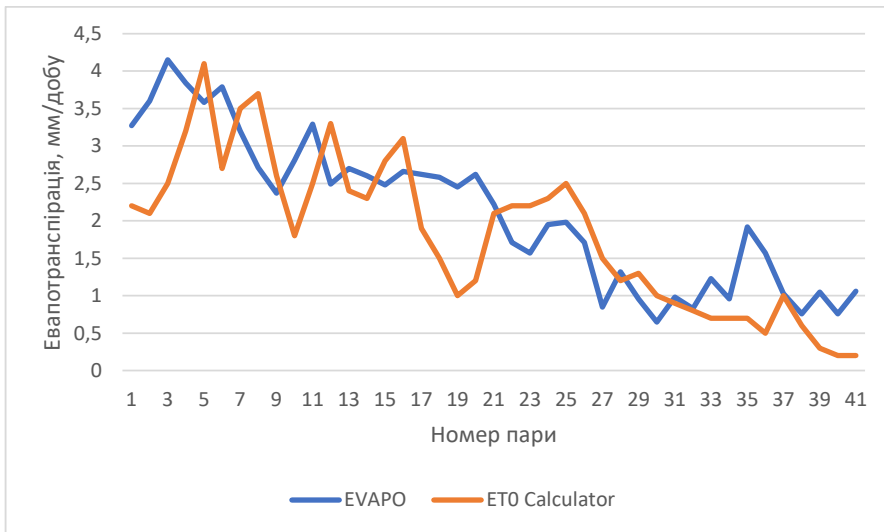


Рис. 1. Графік динаміки евапотранспірації в досліджуваній період за результатами розрахунків у програмі ET_0 Calculator та EVAPO

На графіку помітно істотні розбіжності між евапотранспірацією, розрахованою в додатку EVAPO та в ET_0 Calculator. При цьому загальний тренд щодо динаміки індексу в часі був однаковий – чітко простежується тенденція до зниження досліджуваного показника незалежно від методики розрахунку. Тож додаток EVAPO дозволяє приблизно оцінювати загальну динаміку зміни вологозабезпечення в зоні.

Хоча окремі дослідники стверджують, що точність мобільного додатку EVAPO досить висока (R^2 на рівні 0,72), втім недоліком цього дослідження є обмеження статистичними показниками кореляції та детермінації без визначення величини абсолютної похибки у відсотках [1]. Нині інші практичні та теоретичні дослідження, присвячені вивченню точності мобільного додатку EVAPO, у вітчизняній і закордонній наукових періодиках відсутні. Тому необхідно ініціювати низку пілотних досліджень щодо встановлення точності та надійності розрахунків в EVAPO для різних ґрунтово-кліматичних зон України.

Крім того, додаткове калібрування із розрахунком зональних коефіцієнтів, напевно, поліпшить ситуацію, і мобільний додаток EVAPO можна буде рекомендувати для швидкого та зручного встановлення референсної евапотранспірації та коригування режимів зрошення сільськогосподарських культур.

Висновки і пропозиції. За результатами дослідження встановлено, що мобільний додаток EVAPO дозволяє визначати референсну евапотранспірацію швидко, але з великою похибкою, яка в середньому за 50 діб дослідження склала 137%. Здебільшого мобільний додаток завищує величину евапотранспірації, особливо у дні з високою відносною вологістю повітря та практичною відсутністю вітру. Мобільний додаток EVAPO відображає загальну тенденцію динаміки випаровуваності в часі, але не може бути рекомендований до використання для встановлення водопотреб сільськогосподарських культур і планування режимів зрошення на Херсонщині.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Júnior W.M., Valeriano T.T.B., de Souza Rolim G. EVAPO: a smartphone application to estimate potential evapotranspiration using cloud gridded meteorological data from NASA-POWER system. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. Vol. 156. P. 187–192. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.10.032>.
2. Чумаков С.С. Использование мобильных приложений в оперативном управлении сельскохозяйственным производством. Экономика и управление в аграрной сфере АПК: проблемы и решения : сборник научных трудов. 2013. С. 323–329.
3. Kuharić D., Bubalo A., Galić A. Mobile applications in agriculture. *10th International Scientific / Professional Conference, Agriculture in Nature and Environment Protection, 5-7 June 2017, Vukovar, Croatia*. 2017. P. 237–242.
4. Raes D., Munoz G. The ET₀ Calculator, Reference Manual Version 3.1. Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). Rome.
5. Asuero A.G., Sayago A., Gonzalez A.G. The correlation coefficient: an overview. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*. 2006. Vol. 36. № 1. P. 41–59. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408340500526766>.
6. Ушкаренко В.О., Голобородько С.П., Коковіхін С.В., Вожегова Р.А. Методика польового досліджу (зрошуване землеробство). Херсон : Грінь Д.С., 2014.
7. Moreno J.J.M., Pol A.P., Abad A.S., Blasco B.C. Using the R-MAPE index as a resistant measure of forecast accuracy. *Psicothema*. 2013. Vol. 25. № 4. P. 500–506. DOI: <https://doi.org/10.7334/psicothema2013.23>.

УДК 631.51.021:633.15

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.2.3>**ВПЛИВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА РІСТ, РОЗВИТОК
ТА УРОЖАЙНІСТЬ РОЗЛУСНОЇ КУКУРУДЗИ**

Маслійов С.В. – д.с.-г.н., завідувач кафедри біології та агрономії,
Луганський національний університет імені Тараса Шевченка
Шевченко А.М. – д.с.-г.н., професор кафедри біології та агрономії,
Луганський національний університет імені Тараса Шевченка
Маслійов Є.С. – аспірант кафедри біології та агрономії,
Луганський національний університет імені Тараса Шевченка

Однією з проблем сучасного сільськогосподарського виробництва є впровадження ефективних методів обробітку ґрунту. Правильно підібрана система обробітку ґрунту захищає його від вітрової та водної ерозії, оптимізує ґрунтові умови життя рослин, підвищує родючість і забезпечує формування стійких урожаїв високої якості. Особливо це стосується зони Степу України, в якій знаходиться Луганська область.

Метою наших досліджень було розглянути основні види обробітку ґрунту, обґрунтувати рекомендації щодо вдосконалення елементів технології при вирощуванні розлусної кукурудзи. У проведених польових досліджах протягом 2017-2019 років вивчено вплив основного та передпосівного обробітку ґрунту на формування урожаю зерна розлусної кукурудзи.

Ми розглянули такі основні види обробітку ґрунту: оранка на глибину 20-22 см, плоскорізний обробіток ґрунту на 20-22 см і мілкий обробіток дисковим луцильником на 10-12 см. Вказані прийоми обробітку забезпечують надання ґрунту дрібногрудочкового стану, підсилення кругообігу поживних речовин, зменшення бур'янів, загорання на необхідну глибину добрив і рослинних решток, створення умов для отримання гарного урожаю