

УДК 620.9:631.15:631.674.6:634.11

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.110-1.30>

ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕТОДІВ ПРИЗНАЧЕННЯ СТРОКІВ ПОЛИВУ ЗА КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ ЯБЛУНІ

Шатковський А.П. – д.с.-г.н.,
заступник директора з наукової роботи,
Інститут водних проблем і меліорації
Національної академії аграрних наук
Мінза Ф.А. – аспірант,
Інститут водних проблем і меліорації
Національної академії аграрних наук,
головний гідротехнік,
СТОВ «Енограй»

Від ефективного ведення сільськогосподарського виробництва залежить його сталий розвиток і збільшення конкурентоспроможної продукції АПК. Організація та керування виробничими процесами повинно проводитися на підставі постійного аналізу діяльності та чинників, за допомогою яких було отримано фактичні результати. Оцінка даних лише на підставі економічних параметрів і показників звужує можливість більш точного визначення напрямів оптимізації технології виробництва та ведення бізнес-процесів.

Закономірно, що сьогодні посилену увагу приділяють енергетичному аналізу виробничих процесів, адже оцінка енергоефективності дає можливість не тільки вибирати оптимальні новітні ресурсозберігаючі технології та інструментарій, а й оперативно вирішувати проблемні питання щодо раціонального витрачання енергоресурсів.

Метою досліджень було визначення енергетичних параметрів ефективності вирощування яблуні на підщепі М-9 за різних поливних режимів.

За період досліджень (2015–2017 рр.) визначено сукупні витрати енергії на технологію вирощування яблуні та вміст валової енергії, що була накопичена врожаєм, розраховано коефіцієнти енергетичної ефективності виробництва за різних методів призначення строків поливу: оптимальним він був за використання інтернет-станції iMetos – 2,1; за даними тензіометрів – 1,9; за методом «Рептан-Monteith» – 1,7; за візуальним методом – 1,5 та аналізом контролю – 0,8.

Таким чином, доведено, що оптимальним із погляду енергозбереження є метод призначення поливу за допомогою автоматичної інтернет-станції вологості ґрунту iMetos ECO D2. За цим варіантом досліджу одержано: енергетичну цінність продукції у розмірі 92,2 ГДж/га, що у 3,2 рази більше, ніж у варіанті без зрошення; енергетичний прибуток на рівні 48,2 ГДж/га, тоді як варіант природного зволоження мав від'ємне значення – -4,9 ГДж/га.

Рекомендовано надалі виконувати призначення строків і норм поливу яблуні з використанням автоматичної інтернет-станції вологості ґрунту iMetos ECO D2 як найбільш енергоефективного методу, що забезпечує оптимальне відношення між акумульованою та витраченою енергією з наближенням технології вирощування до енерго- та ресурсозберігаючої.

Ключові слова: краплинне зрошення, режим зрошення, витрати енергії, коефіцієнт енергетичної ефективності, автоматична інтернет-станція вологості ґрунту, яблуня.

Shatkovskiy A.P., Minza F.A. Energetic efficiency of methods for assigning watering dates to drip irrigation of apple tree

Sustainable development and increase of competitiveness of the agro-industrial complex depend on the effective management of agricultural production. The organization and management of production processes should be carried out on the basis of a continuous analysis of the activities and factors by which the actual results were obtained. Estimation of data only on the basis of economic parameters and indicators narrows the possibility of more precise determination of directions of optimization of production technology and conducting business processes.

It is natural that energy analysis of production processes is given increasing attention today, as energy efficiency assessment provides not only the choice of optimum newest resource-saving technologies and tools, but also promptly resolves the problematic issues of rational use of energy resources.

The purpose of the research was to determine the energy parameters of the efficiency of growing apple trees on the rootstock M-9 under different irrigation regimes.

During the research period (2015-2017), we determined total energy consumption for apple trees cultivation technology and the content of gross energy accumulated by the harvest, calculated the coefficient of energy efficiency of production for different methods for determining watering dates: optimal was the method that used the Internet station iMetos – 2.1; according to tensiometers – 1.9; by the «Penman-Monteith» method – 1.7; by the visual method – 1.5, and on control – 0.8.

So, it has been proved that the optimal method for energy saving is the method of watering using the iMetos ECO D2 automatic soil moisture internet station. According to this variant of the experiment were obtained: energy value of produce of 92.2 GJ ha, which is 3.2 times more than in the non-irrigated version; energy profit at the level 48.2 GJ ha-, while the natural moisture variant had a negative value of – 4.9 GJ ha.

It is recommended that you continue to set the timing and norms for apple tree watering using the iMetos ECO D2 automatic soil moisture internet station as the most energy-efficient method that provides the optimum ratio between stored and consumed energy as technology of cultivation approaches energy- and resource-saving.

Key words: drip irrigation, watering regime, energy consumption, energy efficiency factor, automatic Internet station of soil moisture, apple tree.

Постановка проблеми. Розвиток інтенсивних технологій ведення садівництва вимагає постійного вдосконалення технічної оснащеності суб'єктів господарювання та моделей керування процесами виробництва [1]. Одним із засобів для цього є система краплинного зрошення (СКЗ). Вивченню та дослідженню її можливостей, впливу на етапи розвитку сільськогосподарських культур, їх урожайність, економічні показники підприємства приділяється постійна увага науковців та аграріїв [2; 3].

Одним із ключових аспектів оцінювання ефективності використання СКЗ і сільськогосподарського виробництва загалом є енергетичний аналіз. Сутність його полягає у визначенні затрат сукупної енергії, що переноситься на продукцію, яка у процесі вирощування теж накопичує енергію, а також встановленні енергетичної ціни врожаю, тобто коефіцієнту енергетичної ефективності [1; 2].

Серед продукції садівництва яблуна є найпоширенішою культурою як у світі, так і в Україні, тому досліди щодо енергомісткості технології краплинного зрошення є сьогодні особливо актуальними.

Якщо економічні параметри під впливом ринку та інших бізнес-процесів постійно змінюються (ціна, вартість, інфляція тощо), то за енергетичного аналізу складові виміри у часі залишаються практично незмінними [1; 4].

Оцінка енергоефективності дозволяє виявити резерви енергозбереження і визначити напрям економії енергетичних ресурсів, окремих елементів і всіх інших складників виробництва [1].

У зв'язку з нагальною потребою застосування краплинного зрошення яблуневого саду інтенсивного типу в умовах Степу України визнано необхідність проведення досліджень різних технологій діагностування поливів стосовно енергетичної ефективності їх застосування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Здійснення енергетичного аналізу технологій сільськогосподарського виробництва останнім часом проводять у кожному науковому дослідженні. Стосовно культури яблуні слід відзначити роботи О.М. Шестопаля [1] й А.П. Бутило, І.А. Бутило [5]. Ці дослідження проведено у 90-х і на початку 2000 рр., вивчався вплив на затрати сукупної енергії не СКЗ, а інших складників виробничого процесу. У роботі О.М. Лебедевої [6] досліджено не багаторічні яблуні, а її підщепи та саджанці, також без урахування СКЗ.

Низка досліджень вітчизняних науковців враховує вплив різних режимів краплинного зрошення на енергетичну ефективність виробництва [2; 3; 7], але об'єктом вивчення обрано вирощування зернових, овочевих та інших просапних культур або визначається залежність енерговитрат від інших чинників, окрім СКЗ [8–10].

Тобто специфіка енергетичного балансу технології вирощування яблунь в умовах Степу України за різних режимів краплинного зрошення потребує вивчення для впровадження у практику оптимального варіанту.

Постановка завдання. Дослідження енергетичної ефективності різних режимів краплинного зрошення яблуні на підщепі М-9 сорту Симиренко проводили у с. Софіївка Білозерського району Херсонської області протягом 2015–2017 рр. у виробничих умовах підприємства СТОВ «Енограй». Сад 2010 р. закладання, схема садіння 4x1 м, на 1 га розміщено 2 500 дерев. Ділянка оснащено СКЗ стаціонарної дії. Водозабір проводиться у два етапи: з лиману до відкритого накопичувача, далі – до сільськогосподарської ділянки, краплинна трубка типу «АКВАГОЛ» 16/35 із витратою крапельниць 1,6 дм³/год, відстань між водовипусками 0,5 м.

Різні режими поливу яблуні формували на 5 поливних модулях саду за допомогою автоматичної інтернет-станції вологості ґрунту iMetos ECO D2 (датчики типу Echo Probe 200 SS) [11]; тензіометрів типу ВВТ-II; розрахункового методу «Penman-Monteith» із використанням програми CropWat 8.0 і цифрової інтернет-метеостанції iMetos; візуальних спостережень за зовнішніми ознаками стану рослин. Контроль – варіант із природним зволоженням (без зрошення).

Оцінка енергетичної ефективності формувалася шляхом зіставлення енергій, що міститься у плодах і матеріально-технічних ресурсах, витрачених на їх вирощування [12; 13]. У розрахунках застосовувалися енергетичні еквіваленти засобів виробництва, витрат праці та продукції садівництва [1; 12; 13].

Витрати енергії на проведення поливів розраховано згідно з [12; 14] і становили 10,50 МДж/м³.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дані за 2015–2017 рр. щодо сукупних витрат енергії на вирощування яблуні наведено у табл. 1.

Найбільшу енергомісткість зафіксовано у 2015 р. у варіанті з призначенням поливів за допомогою інтернет-станції iMetos – 50,1 ГДж/га, що складає 147,8% від контрольного варіанту. Найменша енергомісткість становила 38,1 ГДж/га у 2016 р. за візуальним методом керування зрошенням, або 152,4% від контрольного варіанту.

Усереднені за три роки параметри питомої ваги структури затрат енергії щодо вирощування яблуні залежно від режиму краплинного зрошення наведено на рис. 1.

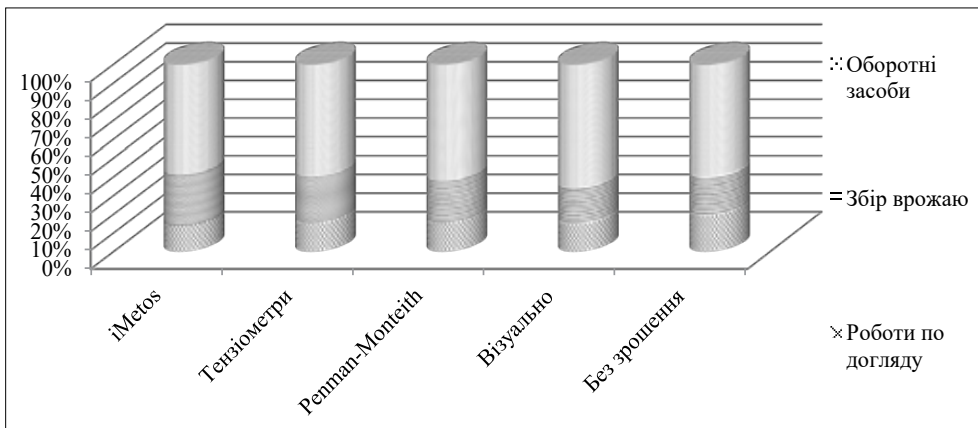


Рис. 1. Структура затрат енергії на вирощування яблуні залежно від режиму краплинного зрошення у розрахунку на 1 га

Таблиця 2
Енергетична оцінка технології вирощування яблуні за різних методів призначення строків поливу

Варіанти польових дослідів	Рік досліджень	Урожайність, т/га	Енергетична цінність продукції, ГДж/га	Витрати енергії на виробництво, ГДж/га	Приріст енергії, ГДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності ($K_{\text{ен}}$)
Автоматична інтернет-станція вологості ґрунту (iMetos ECO D2)	2015	60,4	129,26	50,05	79,21	2,58
	2016	32,5	69,55	38,29	31,26	1,82
	2017	36,4	77,90	43,71	34,18	1,78
Тензіометричний метод	2015	58,7	125,62	49,77	75,85	2,52
	2016	28,5	60,99	40,00	20,99	1,52
	2017	32,8	70,19	44,82	25,37	1,57
Розрахунковий метод «Penman-Monteith»	2015	46,0	98,44	45,43	53,01	2,17
	2016	24,75	52,97	39,21	13,75	1,35
	2017	28,0	59,92	41,43	18,49	1,45
Візуальний метод	2015	40,3	86,24	44,24	42,01	1,95
	2016	23,3	49,82	38,13	11,69	1,31
	2017	25,0	53,50	44,79	8,71	1,19
Контроль (без зрошення)	2015	25,2	53,93	33,86	20,07	1,59
	2016	1,50	3,21	25,01	-21,80	0,13
	2017	8,00	17,12	29,99	-12,87	0,57

Результати розрахунків енергетичної оцінки вирощування яблуні за краплинного способу зрошення залежно від методу призначення поливу представлено у табл. 2.

Максимальну енергетичну цінність продукції зафіксовано у 2015 р. за використання станції iMetos – 129,3 ГДж/га, що складає 239,7% від контрольного варіанту. Мінімальна енергетична цінність продукції становила 49,8 ГДж/га у 2016 р. за візуальним методом керування зрошенням, або 1 552% від контролю. Найбільший приріст енергії – у 2015 р. на ділянці з призначенням поливу за допомогою станції iMetos – 79,2 ГДж/га, що складає 394,7% від контрольного варіанту. Також слід відзначити втрату енергії у 2016 і 2017 рр. на контрольному варіанті. Максимальну енергетичну ціну врожаю яблук, тобто коефіцієнт енергетичної ефективності отримано у 2015 р. на варіанті з використанням станції iMetos – 2,58, що складає 132,3% від мінімального значення за візуальним спостереженням і 162,3% від контролю.

Структура енергомідкості виробництва яблук за різних методів призначення строків поливу наведено у табл. 3.

Найбільше використаної енергії для виробництва яблук на 1 га – 50 ГДж/га (2015 р. iMetos і тензіометричний метод), найменший – 38 ГДж/га (2016 р. iMetos і візуальний метод), за природного зволоження – від 25–34 ГДж/га.

Найбільше використаної енергії для виробництва яблук на 1 га – 50 ГДж/га (2015 р. iMetos і тензіометричний метод), найменший – 38 ГДж/га (2016 р. iMetos і візуальний метод), за природного зволоження – від 25-34 ГДж/га.

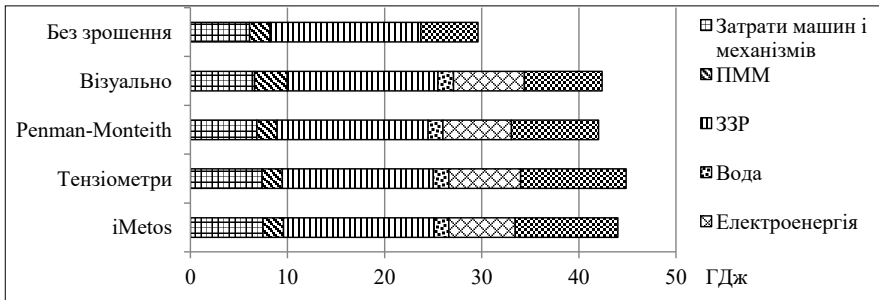


Рис. 2. Структура енерговитрат із виробництва яблук залежно від режиму краплинного зрошення

Питому вагу витрат енергії для забезпечення роботи СКЗ (21,9%) у загальному обсязі енерговитрат за три роки досліджень наведено на рис. 3.

Слід підкреслити, що у разі збільшення площі вирощування яблуні та застосування тензіометричного методу для призначення поливів затрати невідновлювальної енергії збільшуватимуться на 50,3 МДж, а відновлювальної – більш ніж на 1,1 ГДж на кожний додатковий гектар зрошення.

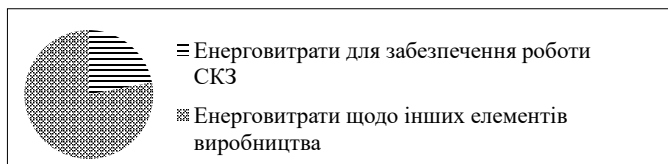


Рис. 3. Частка енерговитрат для забезпечення роботи СКЗ у загальній структурі енерговитрат

Таблиця 4
Оцінка енергетичної ефективності виробництва яблук залежно від режиму краплинного зрошення

Варіанти дослідів	Рік досліджень	Енергетичний прибуток, ГДж/га	Рівень енергетичної рентабельності вирощування продукції на 1 га, %	Енергозатрати на одиницю енергії, накопиченої урожаєм, ГДж/ГДж	Енергетична собівартість одиниці продукції, ГДж/т
Автоматична інтернет-станція вологості ґрунту (iMetos ECO D2)	2015	79,2	158,3	0,39	0,83
	2016	31,3	81,6	0,55	1,18
	2017	34,2	78,2	0,56	1,20
Тензіометричний метод	2015	75,8	152,4	0,40	0,85
	2016	21,0	52,5	0,66	1,40
	2017	25,4	56,6	0,64	1,37
Розрахунковий метод «Penman-Monteith»	2015	53,0	116,7	0,46	0,99
	2016	13,8	35,1	0,74	1,58
	2017	18,5	44,6	0,69	1,48
Візуальний метод	2015	42,0	95,0	0,51	1,10
	2016	11,7	30,7	0,77	1,64
	2017	8,7	19,5	0,84	1,79
Контроль (без зрошення)	2015	20,1	59,3	0,63	1,34
	2016	-21,8	-87,2	7,79	16,67
	2017	-12,9	-42,9	1,75	3,75

Параметри питомої ваги енерговитрат із вирощування яблуні залежно від режиму краплинного зрошення усереднено за три роки та наведено на рис. 2. Максимальні сукупні енерговитрати зафіксовано при призначенні поливу тензіометричним методом – 44,9 ГДж/га, або у 1,5 рази більше ніж без зрошення, мінімальні – за розрахунковим методом «Penman-Monteith» – 42,0 ГДж/га, або у 1,4 рази більше за контроль.

Енергетичну оцінку виробництва яблук залежно від режиму зрошення наведено у табл. 4. Найкращі параметри зафіксовано у 2015 р. за варіантом із використанням станції iMetos, найнижчі показники на зрошенні були у 2017 р. за використанням візуального методу. Вирощування яблунь без зрошення є енергозбитковим. У зв'язку з низькою врожайністю на контрольній ділянці енергетична собівартість (енергоємність) виробництва 1 т яблук на ній максимальна (16,7 ГДж/т) незважаючи на відсутність за цим дослідом статей витрат «електроенергія» і «вода».

На рис. 4 наведено коефіцієнти енергетичної ефективності технологій вирощування яблуні за різних поливних режимів.

Рівень енергоефективності виробництва яблук згідно з [15] за величиною коефіцієнта енергетичної ефективності (K_{ee}) визначено як низький із використанням методів тензіометричного, «Penman-Monteith» і візуального ($K_{ee} = 1,0-2,0$); середній для варіанту з використанням станції iMetos ($K_{ee} = 2,0-3,0$). Виробництво без зрошення визнано неефективним на підставі значення $K_{ee} < 1$. Вище середнього рівня енергетичної ефективності, коли $K_{ee} > 3$, не зафіксовано.

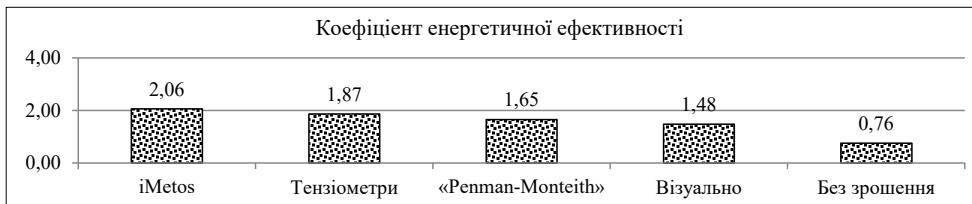


Рис. 4. Коефіцієнти енергетичної ефективності за різних режимів краплинного зрошення яблуні

Висновки і пропозиції. Підтверджено, що використання краплинного зрошення є енерговитратною технологією: питома вага СКЗ у загальних сукупних енерговитратах за поливних режимів складає п'яту частину (21,9%). Максимальний розмір мають витрати на ЗЗР – 38,3%. За цього у дослідях зі зрошенням в урожаї накопичено 77,9 ГДж, що у 3,2 рази перевищує контрольний варіант із природним зволоженням.

Експериментально доведено вплив методу призначення строків поливу та сумарного водоспоживання на енергетичний баланс вирощування яблуні. За результатами проведених досліджень встановлено, що найбільш енергоощадним є варіант із використанням інтернет-станції iMetos: енергетична цінність продукції склала 92,2 ГДж/га, що в 1,2 рази перевищує середнє значення інших варіантів досліду та в 3,7 рази більше, ніж на контролі; енергетичний прибуток становив 48,2 ГДж/га, що в 1,4 рази перевищує середній показник зрошуваних варіантів, а варіант природного зволоження мав від'ємне значення – -4,9 ГДж/га.

Розраховано коефіцієнти енергетичної ефективності зрошення для різних методів призначення строків поливу: максимальний був із використанням інтернет-станції iMetos – 2,06; за даними тензіометрів – 1,87; за методом «Penman-Monteith» – 1,65; за візуальним методом – 1,48, мінімальний – на контрольному варіанті досліду – 0,76.

Рекомендовано надалі виконувати призначення строків та норм поливу яблуні з використанням автоматичної інтернет-станції вологості ґрунту iMetos ECO D2 як найбільш енергоефективного методу, що забезпечує оптимальне відношення між акумульованою та витраченою енергією з наближенням технології вирощування до енерго- та ресурсозберігаючої.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Методика економічної та енергетичної оцінки типів плодових насаджень, сортів, інвестицій в основний капітал, інновацій / за ред. О.М. Шестопаля. Київ, 2006. 140 с.
2. Шатковський А.П. Наукові основи інтенсивних технологій краплинного зрошення просапних культур в умовах степу України : дис. ... докт. с.-г. наук : 06.01.02. Київ, 2016. 496 с.
3. Шатковский А., Журавлев А., Черевичный Ю., Овчатов И., Минза Ф. Биоэнергетическая эффективность технологий выращивания овощных культур на капельном орошении. *Овощеводство*. 2018. № 3. С. 59–61.
4. Юркевич Є.О., Коваленко Н.П. Підвищення ефективності сівозмін на основі їх енергетичної оцінки. *Вісник Державного вищого навчального закладу «Державний агрокологічний університет»*. 2007. № 2 (20). С. 47–53.
5. Бутило І.А., Бутило А.П. Економічна та біоенергетична ефективність виробництва яблук. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2012. Вип. 81 (2). С. 46–50.
6. Лебедева Е.Н. Оценка энергетической эффективности выращивания подвоев и саженцев яблони для интенсивных агроценозов : автореф. дисс. ... канд. сель.-хоз. наук : 06.01.08. Мичуринск : Научград РФ, 2015. 133 с.
7. Приведенюк Н.В. Біоенергетична ефективність вирощування валеріани лікарської за краплинного зрошення. *Збалансоване природокористування*. 2017. № 3. С. 55–57.
8. Вожегова Р.А., Мальярчук М.П., Найдьонова В.О., Мальярчук А.С. Енергетична оцінка технологій вирощування сільськогосподарських культур при зрошенні. *Зрошуване землеробство*. 2013. Вип. 3–4. С. 8–14.
9. Кириченко В.В., Тимчук В.М., Святченко С.І. Енергетична оцінка виробництва соняшнику. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2014. № 21. С. 154–171.
10. Гойсюк Л.В. Біоенергетична ефективність вирощування кабачка в умовах Лісостепу західного. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2015. Вип. 2. Т. 1. Ч. 2. С. 67–72.
11. iMetos-ECO-D2. Reliable and cost-effective solution for Soil Moisture monitoring, Rain, Water level and Irrigation Management. metos.at. URL: <http://metos.at/page/en/products/2/iMetos-ECO-D2> (дата звернення: 03.05.2015).
12. Демчак І.М., Митченко О.О., Кисляченко М.Ф., Шатковський А.П. та ін. Методичні положення та норми продуктивності та витрати електроенергії і палива на зрошенні сільськогосподарських культур : наукове видання. Київ : НДІ «Укragenпромпродуктивність», 2015. 176 с.
13. Демчак І.М., Кисляченко М.Ф., Лобастов І.В. та ін. Методичні положення та норми виробітку на ручних роботах у рослинництві. Київ : НДІ «Укragenпромпродуктивність», 2011. 672 с.
14. Методические рекомендации по оценке энергоэффективности мелиоративных объектов для 3-х природных условий, обеспечивающих экологически безопасное использование природно-ресурсного потенциала агроландшафтов : научное издание. Коломна : ИП Воробьев О.М., 2015. 44 с.
15. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. 206 с.