
ЗМІНА КЛІМАТУ

УДК 633.352

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.1-40.21>

ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ВИКИ ЯРОЇ В ЗАХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Вольвач О.В., Колосовська В.В., Данілова Н.В., Барсукова О.А., Костюкєвич Т.К.

Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська 15, 65016, м. Одеса

rada.d.4109001@gmail.com, v.kolosov@ukr.net, nataliadanilova0212@gmail.com,

lena5933@ukr.net, kostyukevich1604@i.ua

Наслідки змін клімату для сільського господарства досить суттєві: прогнозується, що до 2030 рр. у різних куточках планети теплий період збільшиться на 15-23 доби, а сума ефективних температур, вища за 5°C збільшиться на 435-480°C. На сьогодні в Україні спостерігається підвищення температури на 1-1,5°C, поступово наближуючись до 2°C. Вже майже не лишилось територій з обмеженим термічним режимом для вирощування теплолюбних культур.

Досить актуальним для сільського господарства є вирішення проблеми щодо збільшення виробництва рослинного білка. Найбільшим джерелом повноцінного білка є зернобобові культури, серед яких важливе значення має вика яра. Яра вика – найпоширеніша бобова однорічна культура в районах Лісостепу. Широка біологічна пластичність, високі кормові переваги кормової маси, сіна, зерна і соломи вики ярої забезпечують можливість різноманітного використання її в сільськогосподарських підприємствах: зелений корм, зерно, трав'яне борошно, сіно та силос. Потенціал продуктивності вики складає близько 4,0-5,0 т/га зерна, в якому міститься 26-35 % білка. Високі кормові якості забезпечуються не лише наявністю білків, а й вітамінами та мінеральними солями, на які яра вика також багата. Вика дає урожай зерна 25–32 ц/га і нагромаджує у ґрунті до 50–80 кг/га азоту. Вику широко вирощують в усіх зонах України. Однак, площі її посіву у зв'язку з низькою урожайністю зерна скорочуються, інтерес до цієї культури втрачається, недостатньо вивчаються елементи технології, процеси росту і розвитку культур. Вирішити ці проблеми можна шляхом вдосконалення елементів технології вирощування вики ярої, які б сприяли збільшенню її продуктивності. На думку вчених, необхідно впроваджувати сорти нового покоління, які характеризуються стійкістю проти біотичних та абіотичних факторів, високою продуктивністю [13]. Метою дослідження являється оцінка агрокліматичних умов вирощування культури вики ярої в умовах змін клімату. Для дослідження було використано сценарій можливих змін клімату RCP 4.5. В результаті виконаного дослідження виявлено особливості в динаміці урожайності вики ярої за період, визначено особливості розподілу можливих урожаїв різної забезпеченості, проведено аналіз впливу можливих змін клімату на агрокліматичні умови вирощування та урожайність вики ярої. *Ключові слова:* вика яра, агрокліматичні умови, зміна клімату, базовий період, потенційний урожай, сценарій RCP 4.5.

The influence of climate change on the formation of the vyka spring harvest in the western forest steppe of Ukraine. Volvach O., Kolosovska V., Danilova N., Barsukova E., Kostyukievych T.

The consequences of climate change for agriculture are quite significant: it is projected that by 2030 in different parts of the world the warm period will increase by 15-23 days, and the sum of effective temperatures above 5°C will increase by 435-480°C. Today in Ukraine there is an increase in temperature by 1-1.5°C, gradually approaching 2°C. There are almost no areas left with limited thermal regime for growing heat-loving crops.

Solving the problem of increasing vegetable protein production is quite important for agriculture. The largest source of complete protein is legumes, among which the use of spring is important. Spring vetch is the most common annual legume in the Forest-Steppe regions. Extensive biological plasticity, high fodder advantages of fodder mass, hay, grain and spring vetch straw provide the opportunity for its various uses in agricultural enterprises: green fodder, grain, grass meal, hay and silage. The productivity potential of vetch is about 4.0-5.0 t/ha of grain, which contains 26-35% protein. High fodder qualities are provided not only by the presence of proteins, but also by vitamins and mineral salts, for which spring vetch is also rich. Vika gives a grain yield of 25-32 kg / ha and accumulates up to 50-80 kg/ha of nitrogen in the soil. Vick is widely grown in all areas of Ukraine. However, due to low grain yields, the area under crops is declining, interest in this crop is being lost, and elements of technology, growth and development processes are insufficiently studied. These problems can be solved by improving the elements of the technology of growing vetch spring, which would increase its productivity. According to scientists, it is necessary to introduce new generation varieties that are characterized by resistance to biotic and abiotic factors, high productivity. The aim of the study is to assess the agro-climatic conditions of growing spring crops in the context of climate change. The scenario of possible climate change RCP 4.5 was used for the study. As a result of the study, the peculiarities in the dynamics of spring vetch yield for the period were identified, the peculiarities of the distribution of possible yields of different security were determined, the impact of possible climate change on agro-climatic growing conditions and spring vetch yield was analyzed. *Key words:* spring yield, agroclimatic conditions, climate change, base period, potential yield, RCP scenario 4.5.

Постановка проблеми. Зміна клімату – одна з головних проблем всього світу. Наслідком глобального потепління для сільського господарства є скорочення виробництва аграрної продукції у зв'язку із зниженням урожайності сільськогосподарських культур. Найбільш небезпечні наслідки – «надзви-

чайні ситуації»: сильні засухи, шторми, аномально спекотні дні та інше [2]. Для забезпечення більш високих урожаїв сільськогосподарських культур необхідно оцінити агрокліматичні умови вирощування культур, а також дати оцінку урожайності в умовах змін клімату.

Актуальність дослідження. Однією з перспективних, але недостатньо вивчених культур в біологічному і господарському відношенні є вика яра. Це одна з високопродуктивних, скоростиглих культур. Вика – найпоширеніша бобова однорічна культура в районах Лісостепу. Широка біологічна пластичність, високі кормові переваги кормової маси, сіна, зерна і соломи вики ярої забезпечують можливість різноманітного використання її в сільськогосподарських підприємствах.

Яра вика – одна з найважливіших кормових рослин в районах достатнього зволоження. Вика дає дуже поживний і легко засвоюваний корм, який охоче поїдається всіма сільськогосподарськими тваринами. Сіно, зелена маса і особливо зерно вики дуже багаті білком. У насінні вики близько 35% білка та 2 % жиру. Високими кормовими якість володіє і викова солома: вона містить близько 7% білка та 2% жиру.

Викую яру широко вирощують в усіх зонах України. В Лісостеповій зоні рівень урожайності сорту Євгена становить 28 ц/га, сорту Ярослава – 31 ц/га. В середньому по Україні рівень урожайності вики ярової коливається в межах 18-26 ц/га. За сучасної технології вирощування посівів можна збільшити урожай культури на 15-30 %.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Тема дослідження відповідає основним напрямкам наукової діяльності кафедри агрометеорології та агроєкології Одеського державного екологічного університету і виконувалась в рамках науково-дослідних тем: «Розробка методу оцінки агроєкологічних умов формування продуктивності зернобобових в Україні», «Оцінка впливу змін клімату на поновлювальні та невичерпні природні ресурси України».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивченням даної проблеми на протязі багатьох років займаються в усьому світі. В Західному Китаї вчені провели серію досліджень щодо вивчення впливу підвищення температури на урожайність бобових культур. Дослідження показали, що при підвищенні температури на 0,5 °C урожайність збільшується на 10-17 %, а при підвищенні температури на 1,5-2°C – знижується на 38-90 % [4].

Вчені центральної та північної Уганди проводили дослідження щодо впливу стратегій адаптації до зміни клімату на продуктивність бобових культур. Було проведено моделювання впливу адаптації за допомогою інструментальних змінних і підхід функції контролю через потенційну ендогенність рішення про адаптацію. Рушійні сили прийняття двох обра-

них стратегій адаптації були неоднорідними. На інтенсивність адаптації вплинули фактори, що залежать від місця розташування [5, 6].

В Танзанії проводяться дослідження стосовно впливу зміни клімату на виробництво зернобобових. У цьому дослідженні використовувався Рікардіанський підхід для оцінки впливу мінливості температури та кількості опадів на чистий дохід від зернобобових культур. Підвищення температури збільшило чистий дохід від виробництва бобових у верхніх районах басейну [7].

В Новій Зеландії вченими було розроблено модель прогнозу урожайності, в якій розраховувались такі показники, як випаровуваність, вологозабезпеченість, тривалість міжфазних періодів, кількість поливів, кількість днів з посухою. Використовуючи дану модель можна отримати найвищі показники врожайності вики на даній території [9].

Вчені Латинської Америки вивчали реакції урожайності бобових на зміну клімату. Розглядався період з 1980 по 2005 рр. та сценарій змін клімату RCP 2.6 та 8,5 за період 2020 – 2045 рр., застосувалась модель CSM-CROPGRO-DRY BEAN. Результати досліджень показали, що при взаємодії температури та CO₂, істотно змінюється рівень урожайності [12].

Вченими Єгипту проводилися дослідження впливу змін клімату на урожайність вики. Метою дослідження була оцінка впливу змін клімату на урожайність вики та вивчення можливих варіантів подолання негативних дій. Система DSSAT представляє собою імітаційну модель, яка порівнює значення спостережень, отримані в результаті експерименту, з передбаченими моделлю. [10] Автори DSSAT змоделювали параметри врожаю вики в поточних умовах з різницею від 0,4 до 0,7% в порівнянні з фактичною врожайністю.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. В наш в багатьох країнах світу проведено багато досліджень стосовно культури вики ярої: виявлені морфологічні особливості, агротехнічні вимоги вирощування. Незважаючи на досить велику кількість досліджень, питання оцінки умов вирощування культури за умов зміни клімату залишається й досі відкритим. Тому, виникає потреба у вивченні впливу агрокліматичних умов формування врожаю вики ярої в Західному Лісостепу та визначенні впливу можливих змін клімату на майбутні врожаї.

Методологічне або загальнонаукове значення. Дослідження впливу змін клімату на агрокліматичні умови вирощування та урожайність вики ярої стосовно досліджуваної території проводилися методом порівняння показників за базових умов, тобто період 1990-2010 рр., з сценарними варіантами. Для оцінки можливих змін клімату нами були використані дані за сценарієм RCP 4.5 (Репрезентативні траєкторії концентрацій – Representative Concentration Pathways) за період 2021-2050 рр. Репрезентативні

траєкторії концентрацій – сценарії, які включають часові ряди викидів і концентрацій всього набору парникових газів, аерозолів і хімічно активних газів. Досліджувалися такі сценарні періоди: 2011-2030 та 2031-2050 рр.

Для розрахунків агрокліматичних показників вегетаційного періоду культури за багаторічний період застосована інформація з агрокліматичних довідників [1]. Оцінка впливу змін клімату на продуктивність вики ярої виконана на основі математичної моделі оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур А.М. Польового [3]. Для ідентифікації параметрів моделі формування врожаю сільськогосподарських культур стосовно культури було використано дані спостережень на мережі гідрометеорологічних станцій Гідрометеорологічної Служби України та Державної служби із надзвичайних ситуацій України, а також дані літературних джерел. Вплив змін клімату на формування продуктивності вики ярої розглядався за умов сучасної агротехніки та сучасних сортів.

Виклад основного матеріалу. Динаміка надходження ФАР за вегетаційний період вики ярої та прирости сухої маси врожаїв за базовий період (1990-2010 рр.) представлено на рис.1. На початку вегетаційного періоду культури надходження ФАР становить 174 кал/(см²добу), поступово зростаючи набуває максимальних значень у шостій декаді вегетації – 248 кал/(см²добу). З сьомої по восьму декади розвитку надходження ФАР починає поступово зменшуватись і в кінці вегетації складає 240 кал/(см²добу).

Співставляючи ФАР з величиною потенційного врожаю культури, бачимо, що відповідно надходженню ФАР змінюються і прирости потенційного врожаю (ПВ). На початку вегетації приріст сухої маси ПВ становить 48 г/м²дек., досягає найбільшого значення 144 г/м²дек. у шосту декаду вегетації, наприкінці вегетації знижується до 37 г/м²дек.

Температура, значення якої відповідає максимальній продуктивності культури, називається оптимальною (ТОР). Ця температура має нижню (ТОР1) та верхню (ТОР2) межу. Оптимальна для фотосинтезу температура повітря змінюється впродовж всього періоду вегетації культури.

За нашими дослідженнями оптимальний діапазон температур для вики коливається у межах 6,5–20,6°C. Нижня межа температурного оптимуму починається з 6,8 °C, досягає максимуму 16,2°C у дев'яту декаду. Верхня межа температурного оптимуму починається з 13,2°C, поступово зростає до 18,6°C в дев'яту декаду вегетації. Протягом всієї вегетації середньодекадна температура була на 2,6-4,5°C вище за нижню оптимальну межу.

Сумарне випаровування (E_ф) посіву на початку вегетації складає близько 15 мм. Сумарне випаровування посіву зростає в міру наростання температури повітря та рослинної маси і з 3 по 9 декаду вегетації коливається у межах 21-30 мм.

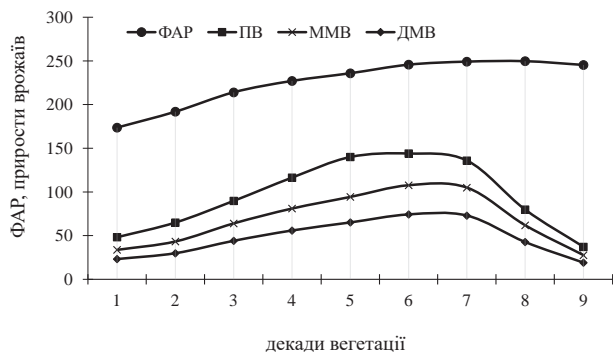


Рис. 1. Динаміка ФАР (кал/см²добу) та прирости сухої маси врожаїв (г/м²дек) вики ярої за базовий період

Метеорологічно можлива врожайність будь-якої культури (ММВ) є інтегральною характеристикою агрометеорологічних умов вирощування. На початку вегетації приріст ММВ складає 31 г/м²декаду. Починаючи з другої декади вегетації прирости кожної декади збільшуються і досягають максимального значення 110 г/м²декаду у шосту-сьому декади. Потім прирости поступово знижуються і в останні три декади вегетації ріст практично припиняється.

Аналіз приростів дійсно можливої врожайності посівів культури показав, що в першу декаду вегетації приріст ДМВ не перевищує 23 г/м², потім протягом вегетації він поступово зростає і його максимальне значення у шосту – сьому декади вегетації становить 74 г/м². Після сьомої декади приріст суттєво падає, а останні дві декади вегетації росту також практично не відбувається.

На рис. 2 представлена динаміка надходження ФАР за вегетаційний період вики ярої та прирости сухої маси врожаїв за перший сценарний період (2011-2030 рр.). Можна бачити, що динаміка декадного ходу ФАР протягом вегетаційного періоду культури за перший сценарний період повністю співпадає з базовою.

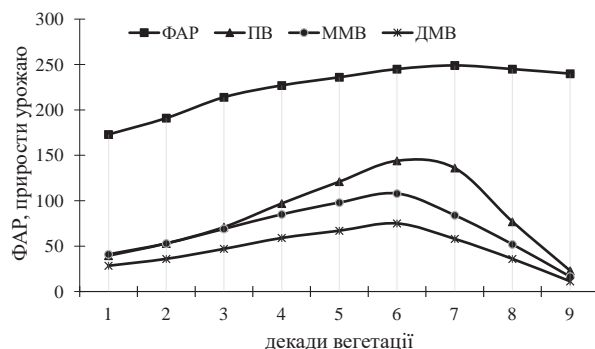


Рис. 2. Динаміка ФАР (кал/см²добу) та прирости сухої маси врожаїв (г/м²дек) вики ярої за перший сценарний період

На початку вегетації приріст сухої маси ПВ становить 35 г/м²декаду, досягає найбільшого значення 147 г/м²декаду у шосту декаду вегетації. З сьомої декади він починає зменшуватись і в кінці вегетації становить 37 г/м²дек.

мої до дев'ятої декади поступово знижується до 24 г/м² декаду.

Оптимальний діапазон температур для вики коливається у межах 6,7-20,9°C. Максимальних значень середня за декаду температура повітря набуває в дев'яту декаду вегетації 21,3°C. З четвертої по дев'яту декаду вегетації включно середньодекадна сценарна температура повітря перевищує верхню оптимальну межу на 0,3-2,8°C.

Сумарне випаровування посіву на початку вегетації складає 18 мм. Сумарне випаровування посіву зростає протягом 2-8 декад вегетації і коливається від 20 до 35 мм, зменшуючись в останню декаду вегетації до 30 мм. Потреба рослин у воді суттєво збільшується від другої до 5 декади вегетації і коливається у межах від 30 до 49 мм, протягом останніх чотирьох декад потреба рослин у воді зменшується і наприкінці вегетації становить 46 мм. Відношення E_{ϕ}/E_o , яке характеризує умови вологозабезпеченості посівів, впродовж вегетації становить по декадах 0,46-0,68 відн. од.

Порівнюючи отримані результати базового та сценарного періоду, бачимо, що показники теплозабезпеченості вегетаційного періоду культури зміняться дуже несуттєво. Разом з тим, очікуються зміни умов вологозабезпеченості по декадах вегетації, значення збільшуватимуться, а це в свою чергу призведе до зростання ММВ, ДМВ.

Це припущення підтверджується даними, представленими на рис. 2. На початку вегетації приріст ММВ складає 41 г/м²дек. Починаючи з другої декади вегетації прирости кожної декади збільшуються і досягають максимального значення 109 г/м²дек у шосту декаду. Потім прирости поступово знижуються.

Аналогічна ситуація спостерігається і стосовно приростів ДМВ. Аналіз сценарних приростів ДМВ показав, що в першу декаду вегетації приріст ДМВ не перевищує 28 г/м²за декаду, потім протягом вегетації він поступово зростає і його максимальне значення у шосту декаду вегетації становить 75 г/м²за декаду. Після шостої декади приріст суттєво падає, а останні три декади вегетації росту також практично не відбувається.

На рис.3 представлена динаміка надходження ФАР за вегетаційний період вики ярої та прирости сухої маси врожаїв за другий сценарний період (2031-2050 рр.). На початку вегетаційного періоду культури надходження ФАР становить 172 кал/(см²добу). Потім прихід ФАР зростає повільно до 7-8 декади вегетації і в ці декади її максимальна кількість становить 250 кал/(см²добу). З восьмої декади розвитку надходження ФАР починає поступово зменшуватись і становить в останню декаду вегетації 243 кал/(см²добу).

На початку вегетації приріст сухої маси ПВ становить 40 г/м²декаду, досягає найбільшого значення 145 г/м² в п'яту декаду вегетації, потім досить різко знижується, а протягом останньої декади приріст взагалі припиняється.

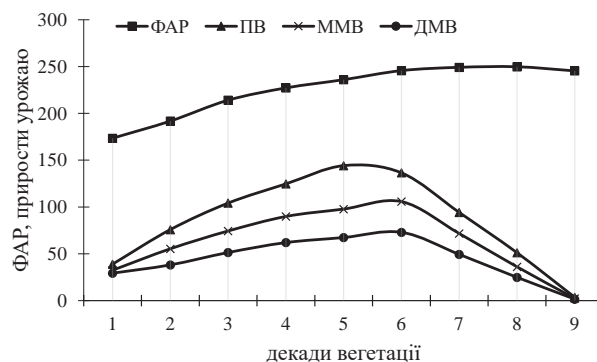


Рис. 3. Динаміка ФАР (кал/см² добу) та прирости сухої маси врожаїв (г/м² дек) вики ярої за другий сценарний період

Середня за декаду сценарна температура повітря (T_c) починається з 10,5°C, поступово підвищується від декади до декади і досягає максимальних значень 23°C в сьому декаду вегетації. Потім, поступово знижуючись, досягає наприкінці вегетації значення 21,5°C. Починаючи з четвертої декади і до кінця вегетації середньодекадна сценарна температура повітря перевищує верхню оптимальну межу, причому це перевищення є досить суттєвим і в окремі декади становить більше 5 °C. Таким чином можна бачити, що вегетація вики у другий сценарний період буде проходити на фоні температур, що перевищують оптимальні. За таких умов особливий інтерес представляє аналіз умов вологозабезпеченості. Сумарне випаровування (E_{ϕ}) посіву на початку вегетації складає 18 мм. Сумарне випаровування практично з першої і до восьмої декади вегетації коливається від 18 до 35 мм, в останню декаду вегетації знижується до 33 мм.

Як і у попередніх варіантах потреба рослин у воді (E_o) суттєво збільшується протягом двох третин вегетаційного періоду. Найбільшого значення вона досягає в 5 декаду вегетації і становить відповідно 51 мм. Протягом останньої третини вегетації потреба рослин у воді зменшується і наприкінці вегетації становить 48 мм. Величини E_{ϕ}/E_o , яка характеризує умови вологозабезпеченості посівів, впродовж вегетації змінюються по декадах від 0,48-0,7 відн. од.

Таким чином, можна сказати, що за умов реалізації другого сценарного періоду показники теплозабезпеченості вегетаційного періоду культури порівняно з базовими та першими сценарними зміняться досить несуттєво.

На початку вегетації приріст ММВ складає 34 г/м²за декаду. Починаючи з другої декади вегетації прирости кожної декади збільшуються і досягають максимального значення 105 г/м² у шосту декаду. Потім прирости різко знижуються і в останні дві декади вегетації приріст ММВ практично припиняється. Аналогічна ситуація спостерігається і стосовно приростів ДМВ. Аналіз сценарних приростів ДМВ вики ярої показав, що в першу декаду вегетації приріст ДМВ не перевищує 29 г/м²за декаду, потім

протягом вегетації він поступово зростає і його максимальне значення у п'яту – шосту декади вегетації становить 65-73 г/м². Після шостої декади приріст суттєво падає, а останні дві декади вегетації росту також практично не відбувається.

Головні висновки. В цілому можна сказати, що за умов обох сценарних періодів змін клімату складуться сприятливі умови для вирощування вики ярої. Максимальні прирости потенційного врожаю, метеорологічно можливого та дійсно можливого врожаїв вики яра формує в фазу цвітіння – утворення бобів. Величини ПВ за сценарних варіантів очікується більшими ніж за базовий період. Урожай зерна за базовий період становить 24,6 ц/га, за перший

та другий сценарні періоди очікується підвищення врожаю до 30,5 ц/га та 31,8 ц/га, відповідно.

Перспективи використання результатів дослідження. Для розв'язання сталого виробництва тваринництва великого значення набуває вирощування кормових, високобілкових культур. В зерні вики ярої міститься близько 30 % сирого протеїну, невелика кількість клітковини та золи. Як показують наші розрахунки, за умов реалізації сценарію можливих змін клімату RCP 4.5 на території Західного Лісостепу очікуються досить високі врожаї культури. В подальшому, важливо провести розрахунки та порівняти отриманні результати для інших територій та різними сценаріями зміни клімату.

Література

1. Агрокліматичний довідник по території України / за ред. Т.І. Адаменко, М.І. Кульбиди, А.Л. Прокопенко. Кам'янець-Подільський, 2011. 107 с.
2. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату : монографія / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса, 2018. 549 с.
3. Полевой А.Н. Базовая модель оценки агроклиматических ресурсов формирования продуктивности сельскохозяйственных культур. *Метеорология, климатология та гідрологія*. 2004. Вып. 48. С. 195-205.
4. Guoju X., Qiang Z. Influence of increased temperature on yield and quality of bean of north China. *Plant Soil Environmental*. 2017. Vol.63. P.220-225. DOI:10.17221/128/2017-PSE
5. Benard Onzima, Enid Katungi, Jackline Bonabana-Wabbi. The effect of climate change adaptation strategies on bean yield in central and northern Uganda. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*. 2019. Vol. 14 N. 4. P. 279-291
6. Hailu N, Fininsa C & Tana T. The effect of climate change resilience strategies on productivity of common beans (*Phaseolus vulgaris*. L) in semi-arid areas of eastern Hararghe, Ethiopia. *African Journal of Agriculture Research*. 2015. Vol.10(15): 1852–62. DOI: 10.5897/AJAR2015.9634
7. Sanga G.J., Hella J.P., Mzirai N., Senga H. Impacts of Climate Change on Maize and Beans Production and Compatibility of Adaptation Strategies in Pangani River Basin, Tanzania. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*. 2014. Vol.17, N.2, P. 196-213. ISSN 2307-4531
8. Fischer G., Velthuisen H., Shah M. Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21st Century: Methodology and Results. *IIASA Research Report*. 2002. URL: <http://webarchive.iiasa.ac.at/Research/LUC/SAEZ/>
9. Frank S., Schmid E. The dynamic soil organic carbon mitigation potential of European cropland. *Global Environmental Change*. 2015. Vol.35. P.269–278.
10. Saleh S. Influence of Climatic Changes on Faba Bean Yield in North Nile Delta. Egypt. 2017. Vol. 8(1). P.29-34. DOI: 10.21608/jssae.2017.37065
11. Schonhart, M., Schauppenlehner, T. Climate change impacts on farm production, landscape appearance, and the environment: Policy scenario results from an integrated field-farm-landscape model in Austria. *Agricultural Systems*. 2016. Vol. 145. P. 39-50. DOI: 10.1016/j.agry.2016.02.008
12. Heinemann, A.B., Ramirez-Villegas, J. Drought impact on rainfed common bean production areas in Brazil. *Agric. For. Meteorol.* 2016. Vol. 225. P. 57–74. DOI: 10.1016/j.agrformet.2016.05.010
13. Пелех Л. В. Роль бобових культур у підвищенні якості зелених кормів в умовах правобережного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво. Вінниця*. 2010. Вип. 66. С. 164–169.