

Agriculture.
Plant growingBULLETIN OF POLTAVA
STATE AGRARIAN
ACADEMYISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)<https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk>


original article | UDC 631.5:633.174(1-924-85) | doi: 10.31210/visnyk2022.01.02

GRAIN YIELD OF SORGHUM DEPENDING ON VARIOUS OPTION FOR USING THE GROWTH STIMULATOR VEGESTIM IN THE NORTHERN STEPPE OF UKRAINE

S. Yu. Davydenko

ORCID  [0000-0003-0218-0968](https://orcid.org/0000-0003-0218-0968)

A. O. Rozhkov*

ORCID  [0000-0001-9138-7973](https://orcid.org/0000-0001-9138-7973)

State Biotechnological University, p/o «Dokuchaevskoe», Kharkov, 62483, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: zms19760403@ukr.net

How to Cite

Davydenko, S. Yu., & Rozhkov, A. O. (2022). Grain yield of sorghum depending on various option for using the growth stimulator Vegestim in the Northern Steppe of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (1), 18–28. doi: 10.31210/visnyk2022.01.02

The aim of the research was to determine the influence of different variant of Vegestim growth stimulant application on grain yield of modern grain sorghum hybrids of different maturity groups. The research was conducted during 2019–2021 in the field of farm «Dunis» Kreminna district of Lugansk region. The two-factor experiment is based on the method of split-plot in three replications. The experiment studied four hybrids of grain sorghum of different maturity groups (plots of the first order): Iggor, Flagg, Yuki, Swat and six Vegestim growth stimulant applications (second-order plots): 1 – absolute control; 2 – the second control (treatment of seeds with water); 3 – treatment of seeds by Vegestim; 4 – seeds treatment and fertilization during 31–32 microphases; 5 – seed treatment and fertilization during 51–52 microphases; 6 – seed treatment + two leaf treatments in these phases. On average, according to the years and studied hybrids, the highest yield of sorghum grain (5.28 t/ha) was obtained in the variant of seed treatment and two foliar fertilization with Vegestim growth stimulator. High efficiency of Vegestim crop treatment at the beginning of tubing was noted. The grain yield of the early-ripening Yuki hybrid in this variant was the highest in the experiment – 4.53 t/ha. Carrying out two foliar treatments did not provide a significant increase in grain yield of this hybrid. Among the studied hybrids, the highest yield was formed by the middle-early hybrid of the French selection Flagg. On average, according to the years and variants of Vegestim growth stimulant application, the grain yield of this hybrid was 5.37 t/ha. The greatest changes in sorghum grain yield were affected by weather conditions of plant vegetation. The share of this factor was 54.0 %. Among the studied technological factors, features of hybrids had a greater influence on the variability of grain yield (contribution to variability – 28.2 %). The share of factor B in the variability of the indicator was 14.7 %. Among the studied early-maturing hybrids, a hybrid of domestic selection Swat had a significant advantage in terms of grain yield in all years, and among medium-early hybrids – a hybrid of French selection Flagg. Thus, these hybrids can be recommended to farms for cultivation, including in the technological plan the proposed option for the introduction of growth stimulant Vegestim, namely – pre-sowing seed treatment and two foliar fertilization – in the period 31-32 and 51-52 microphases according to the BBCH scale.

Key words: grain sorghum, grain yield, seed treatment, growth stimulants, foliar fertilization.

УРОЖАЙНІСТЬ ЗЕРНА СОРГО ЗА РІЗНИХ ВАРІАНТІВ ЗАСТОСУВАННЯ СТИМУЛЯТОРУ РОСТУ ВЕГЕСТИМ У ПІВНІЧНОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ

С. Ю. Давиденко, А. О. Рожков

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Мета досліджень полягала у визначенні впливу різних варіантів застосування інноваційного стимулятора росту Вегестим на врожайність сучасних гібридів сорго зернового різних груп стиглості. Дослідження проводили протягом 2019–2021 рр. на полях ФГ «Дюніс» Кременського району Луганської області за загальноприйнятою методикою. Двохфакторний дослід закладено методом розщеплених ділянок у трьох повтореннях. У досліді вивчали чотири гібриди сорго зернового різних груп стиглості: Іггор, Флагг, Юкі і Сват та шість варіантів застосування стимулятора росту Вегестим: 1 – абсолютний контроль; 2 – другий контроль (обробка насіння водою); 3 – передпосівна обробка насіння Вегестимом; 4 – обробка насіння + фоліарне підживлення на початку фази трубкування; 5 – обробка насіння + фоліарне підживлення на початку викидання волоті; 6 – передпосівна обробка насіння + два фоліарні підживлення на початку трубкування та викидання волоті. Площа посівної і облікової ділянки становила 100,0 і 80,0 м² відповідно. Агротехніка в досліді була загальноприйнятою для району досліджень, за виключенням елементів поставлених на вивчення. Проведені дослідження довели доцільність застосування стимулятора росту Вегестим під час вирощування сорго зернового. З точки зору агрономічної ефективності кращим був варіант у якому цим препаратом обробляли насіння перед сівбою та проводили два фоліарні підживлення – на початку трубкування та викидання волотей. У середньому за роками та досліджуваними гібридами сорго зернового, врожайність зерна сорго в цьому варіанті була найвищою в досліді – 5,28 т/га. Також високу ефективність показав варіант у якому Вегестим застосовували для обробки насіння та фоліарного підживлення на початку трубкування. У більш сприятливому за погодними умовами вегетації 2021 р. урожайність зерна сорго на цих варіантах істотно не відрізнялася. Серед досліджуваних ранньостиглих гібридів істотну перевагу за врожайністю зерна в усі роки мав гібрид вітчизняної селекції Сват, а серед середньоранніх – гібрид французької селекції Флагг. У середньому за роками та варіантами застосування стимулятора росту Вегестим урожайність зерна цих гібридів становила 5,37 і 4,76 т/га відповідно. Таким чином, ці гібриди можна рекомендувати до вирощування, включаючи в технологію запропонований варіант застосування стимулятора росту Вегестим, а саме – передпосівну обробку насіння та два фоліарні підживлення – на початку фаз трубкування та викидання волоті.

Ключові слова: сорго зернове, урожайність зерна, обробка насіння, стимулятори росту, фоліарні підживлення.

Вступ

Протягом останнього періоду в Україні як і в усьому світі, відмічається тенденція глобального потепління, яка супроводжується зменшенням кількості опадів і нерівномірністю їх розподілу. У степових районах вже не рідкою є майже повна відсутність опадів протягом двох-трьох місяців, яка в літній період часто супроводжується високою температурою. Сума ефективних температур за рік у Північному Степу за останні 30 років зросла в середньому на 7–10 %. Ці причини вимушують по-перше – поширювати вирощування нових посухостійких і жаростійких культур, а по-друге – запроваджувати технологічні елементи спрямовані на нівелювання стресових чинників.

Перспективною зерновою культурою для умов Північного Степу є сорго, яке характеризується високою посухостійкістю, здатністю достатньо легко переносити високі температури та невибагливістю до ґрунтів. Сорго є багатофункціональною польовою культурою, з якої виготовляють продукти харчування, біоетанол, корми, папір, віники, цукор тощо.

В умовах різкого подорожчання мінеральних добрив виникає необхідність підвищення їх ефективності, яка може бути досягнута з одного боку – шляхом врахування біологічних потреби культури, а з іншого – за рахунок комплексного застосування з препаратами, що дозволяють підвищити коефіцієнти їх використання. Зараз у сільському господарстві все популярнішими стають маловитратні технології вирощування сільськогосподарських культур, елементом яких є застосування хелатних мікродобрив, стимуляторів росту, біопрепаратів, гуматів тощо [1–3].

Ці препарати є економічними, їх використання забезпечує значне покращення росту та розвитку рослин, захищає їх від різного роду стресів, забезпечує значне підвищення врожайності та якості вирощеної продукції [4–7].

Рослини оброблені стимуляторами росту менше потерпають від несприятливих чинників природного середовища та нестабільності погодних умов. Стимулятори росту забезпечують формування більшої кількості корисних речовин, які посилюють ферментативну діяльність клітин рослин й утворення стимулюючих зв'язків самою рослиною. У результаті цього підвищується проникність клітинної мембрани коренів, покращується надходження до рослин елементів мінерального живлення з ґрунтового розчину. Застосування стимуляторів росту також прискорює поглинання кисню рослинами, в результаті чого прискорюється фотосинтез, посилюється фотосинтетична активність агроценозів і, як наслідок, – підвищується їхня врожайність [8–10].

Висока ефективність застосування стимуляторів росту на посівах зернових культур пов'язана з їх здатністю до підвищеного накопичення макро- і мікроелементів, підвищенням концентрації пігментів фотосинтезу і, як наслідок, активізацією фотосинтезу та підвищенням продуктивності культур. Крім того, стимулятори росту дають можливість управляти тривалістю окремих фаз росту та розвитку рослин, а також допомагають виправити стан посівів через несприятливі абіотичні умови [11, 12].

Застосування стимуляторів росту під час вирощування польових культур дозволяє зменшити обсяги внесення мінеральних добрив і пестицидів. Таким чином, вони сприяють отриманню екологічно чистої продукції і є складовими екологічно безпечних і енергоощадних технологій вирощування [13–15].

Стимулятори росту здебільшого застосовують для фоліарних підживлень у різні фази росту та розвитку рослин. Їх ефективність значною мірою залежить від часу внесення [16, 17]. Наразі виробництву пропонується великий асортимент стимуляторів росту, водночас їх роль для росту та розвитку рослин зернових культур, формування їх урожайності та якості зерна вимагає глибшого вивчення. Для підвищення ефективності їх використання потрібно вивчити їх вплив залежно від фази росту та розвитку рослин, часу, форм і доз застосування, внесення у суміші з добривами, пестицидами тощо [18, 19].

Як і всі зернові культури, сорго так само потребує достатню кількість ґрунтової вологи в поверхневому шарі на початковому періоді свого росту та розвитку. Саме тому важливо правильно підібрати стимулятор росту і дозу його застосування для активізації росту кореневої системи та раціонального споживання вологи [20].

Вітчизняними та зарубіжними вченими проведено ряд досліджень щодо визначення ефективності стимуляторів росту на соргових культурах, проте недостатньо та неповно вивчено питання застосування регуляторів росту саме на посівах сорго зернового в Північному Степу України.

Виходячи з цього, *мета* досліджень полягала у визначенні ефективності застосування стимулятору росту під час вирощування сорго зернового різних груп стиглості в умовах Північного Степу України.

Завданням досліджень було визначення впливу різних варіантів комплексного застосування стимулятору росту рослин Вегестим на врожайність зерна гібридів сорго зернового різних груп стиглості у різних погодних умовах вегетації, розрахунок часток впливу чинників у її мінливість, а також встановлення тісноти і напряду зв'язків урожайності зерна з основними елементами структури врожаю та показниками якості зерна окремо по кожному гібриду.

Визначення оптимальних варіантів застосування та впровадження у виробництво стимуляторів росту під час вирощування сорго дозволить зменшити хімічне навантаження на ґрунти і отримувати більш екологічну продукцію, сприятиме підвищенню продуктивності рослин сорго зернового та забезпеченню переробного комплексу високоякісною сировиною.

Матеріали і методи досліджень

Дослідження проводили протягом 2019–2021 рр. на полях ФГ «Дюніс» Кременського району Луганської області за загальноприйнятою методикою [21]. Ґрунт території досліджень – чорнозем дерново-підзолистий, слабо гумусний. Вміст гумусу в орному шарі – 2,4–2,8 %, рухомого фосфору (за Чириковим) – 11,6 мг, калію – 9,1 мг на 100 г ґрунту.

Двохфакторний дослід закладали методом розщеплених ділянок у трьох повтореннях. У досліді вивчали чотири гібриди сорго зернового різних груп стиглості (ділянки першого порядку):

Іггор, Флагг, Юкі і Сват та шість варіантів застосування стимулятора росту Вегестим (ділянки другого порядку): 1 – абсолютний контроль (без обробки насіння та фоліарних підживлень); 2 – другий контроль (обробка насіння водою); 3 – передпосівна обробка насіння Вегестимом з розрахунку 250 мл/т; 4 – обробка насіння + фоліарне підживлення на початку трубкування (31–32 мікрофаза) в дозі 50 мл/га; 5 – обробка насіння + фоліарне підживлення на початку викидання волоті (51–52 мікрофаза) в дозі 50 мг/га; 6 – передпосівна обробка насіння + два фоліарні підживлення під час мікрофаз 31–32 і 51–52 в рекомендованій дозі внесення – по 50 мг/га.

У дослідженнях порівнювали нові гібриди сорго зернового: ранньостиглий гібрид української селекції Сват (контроль); ранньостиглий гібрид американської селекції Юкі (в Державному реєстрі сортів з 2016 р.) і два середньоранні гібриди французької селекції – Іггор і Флагг (в Державному реєстрі сортів з 2018 р.). Всі гібриди мають високі показники стійкості до збудників хвороб, посухостійкі і рекомендовані для вирощування в Степу.

В якості стимулятор росту для досліджень обрали високоєфективний вітчизняний препарат Вегестим виробництва ТОВ «Високий врожай». До складу препарату входить комплекс природних і синтетичних регуляторів росту, 2,6 диметилпіридин-1-оксид, фітогормони гібберелінового, ауксинового і цитокінінового типу, амінокислоти, насичені та ненасичені жирні кислоти, олігосахариди. До складу цього препарату входить збалансований набір мезо- і мікроелементів у хелатній формі: Mg – 3,2 г/л; Fe – 2,4 г/л; Mn – 2,4 г/л; Zn – 0,9 г/л; Cu – 0,9 г/л; Mo – 0,06 г/л; B – 0,3 г/л і Co – 0,024 г/л. Також у складі Вегестиму є три етиленгліколи – ПЕГ-200, 400 і 600 (кожного по 60 г/л), які виконують функцію прилипачів і кріопротекторів [22].

Площа посівної і облікової ділянки досліду становила 100,0 і 80,0 м² відповідно. Агротехніка в дослідях була загальноприйнятною для району досліджень, за виключенням елементів поставлених на вивчення.

Погодні умови вегетації сорго у 2019–2021 рр. були контрастними насамперед за режимом зволоження. У той же час, впродовж років відмічали загальну тенденцію розподілу опадів, а саме, – значно більше їх випало на початку вегетації сорго. Так, у першу декаду травня 2019 р. кількість опадів удвічі перевищувала показник кліматичної норми, і це при тому, що під час другої і третьої декад квітня випало біля 45,0 мм опадів за середньо-багаторічного показника – 23,0 мм. У травні 2020 і 2021 рр., а також у червні 2021 р. кількість опадів також була значно вищою за багаторічні показники. Так, у травні 2020 і 2021 рр. випало відповідно 108 і 71,5 мм опадів, за кліматичної норми – 49 мм. У червні більшість опадів випала в перші дві декади – 52,8 і 78,4 мм відповідно. З третьої декади червня і далі до кінця вегетації сорго, в ці роки опадів фактично не було. Дощі у кількості 2–3 мм були непродуктивними, вони тільки погіршували ситуацію, оскільки провокували проростання насіння бур'янів.

У 2019 р. відмічена дещо інша тенденція, а саме, – посіви сорго в другій половині літа відчували значно менший дефіцит вологи, оскільки в цей період випало кілька продуктивних опадів, найбільше в кінці першої декади липня – понад 25,0 мм і в середині третьої декади цього місяця – 15,0 мм.

У цілому за вегетацію рослин сорго в роки досліджень випало менше 200 мм опадів, що значно менше середньобагаторічного показника який складає 241,0 мм. Разом із тим, враховуючи достатню забезпеченість посівів вологою на початкових етапах їх росту та розвитку, а також беручи до уваги тенденцію глобального потепління і зменшення річної кількості опадів, погодні умови району досліджень, в контексті кількості опадів і їхнього розподілу протягом вегетації, у цілому можна віднести до сприятливих для сорго.

Температура повітря в роки досліджень також значно відрізнялася від середньобагаторічних показників. За роками досліджень відмічалася значне їх коливання. Більша частина вегетації рослин сорго проходила за температур, що перевищували показники кліматичної норми, однак вони не виходили за межі біологічно допустимих для рослин.

Характерною особливістю температурного режиму 2020, 2021 рр. було те, що на початку розвитку рослин температура повітря була меншою за показників кліматичної норми. У подальші місяці вегетації рослин, вона навпаки значно перевищувала середні багаторічні показники. У 2019 р. температурні показники травня та червня значно перевищували середньобагаторічні показники. Зокрема, середня температура у травні та червні була майже на 4,0 і 6,0°C відповідно вищою порівняно з середньобагаторічними показниками. У наступні місяці вегетації рослин сорго в цьому році температура була фактично в межах показників кліматичної норми.

Серед років досліджень більш сприятливі температурні умови протягом вегетації рослин склалися в 2021 р. Температура повітря на початку вегетації рослин цього року була дещо вищою порівняно з 2020 р. водночас меншою порівняно з показником кліматичної норми. У літні місяці 2021 р. температура за виключенням кількох днів у другій декаді липня, знаходилася в діапазоні оптимальних температур для рослин сорго – 20–25 °С, тоді як у 2020 р. у першій та другій декадах липня в окремі дні вона перевищувала 35,0 °С!

У цілому варто відмітити, що погодні умови вегетації в роки досліджень значно відрізнялися від показників кліматичної норми, проте їх порівняння з погодними умовами останніх 10 років свідчить, що вони є фактично типовими, оскільки за рахунок глобального потепління кліматичні умови місця досліджень за останні 50 років помітно змінилися в бік потепління, зменшення кількості опадів і рівномірності їх розподілу.

Результати досліджень та їх обговорення

За роками досліджень, на варіантах досліджуваних гібридів сорго відзначено в цілому аналогічний розподіл показників урожайності зерна за впливу досліджуваних варіантів застосування стимулятора росту Вегестим. Зокрема, найменша врожайність зерна досліджуваних гібридів зернового сорго в усі роки була на перших двох варіантах досліду (абсолютному контролю та варіанті обробки насіння водою), а найвища – на варіантах проведення передпосівної обробки насіння та двох фоліарних підживлень – на початку трубкування та викидання волоті (31–33 та 51–52 мікрофази за міжнародною шкалою ВВСН).

У 2019 і 2020 рр. у варіанті проведення двох фоліарних підживлень Вегестимом (шостий варіант чинника *B*) урожайність зерна досліджуваних гібридів сорго зернового істотно перевищувала всі інші варіанти. За поведеним статистичним аналізом із використанням рангового критерію Дункана, показник урожайності зерна в цьому варіанті формувала окрему, найвищу рангову групу.

Аналіз головного ефекту чинника *B* у 2019 і 2020 рр. також виявив істотну перевагу шостого варіанту порівняно з рештою варіантів. Зокрема, у середньому по гібридах сорго зернового, урожайність зерна в цьому варіанті в ці роки становила 5,36 і 4,62 т/га, що на 0,19 і 0,26 т/га відповідно вище порівняно з найближчим показником урожайності в досліді, який отримали у четвертому варіанті – одне фоліарне підживлення на початку фази трубкування (табл. 1).

У більш сприятливому для вирощування сорго 2021 р. проведення двох фоліарних підживлень забезпечувало формування найвищої врожайності порівняно з рештою варіантів чинника *B* лише на посівах гібриду Іггор. На посівах інших гібридів переваги варіанту проведення двох фоліарних підживлень порівняно з варіантом де проводили одне фоліарне підживлення Вегестимом – на початку фази трубкування, не було. Показники урожайності зерна на цих варіантах за поведеним статистичним аналізом віднесено до однієї рангової групи.

У середньому по досліджуваних гібридах сорго в 2021 р. істотної різниці між варіантом проведення одного фоліарного підживлення на початку фази трубкування і двох фоліарних підживлень стимулятором росту Вегестим не встановлено. На цих варіантах вона була фактично однаковою – 5,85 і 5,87 т/га відповідно і належала до четвертої рангової групи.

Дослідженнями доведено істотну перевагу проведення фоліарного підживлення Вегестимом на початку фази трубкування (31–32 мікрофази) порівняно з підживленням у більш пізній період – на початку викидання волоті (51–52 мікрофази). Тож, за тих самих витрат, за агрономічною та економічною ефективністю більш ране фоліарне підживлення посівів сорго має істотну перевагу. Так, в 2019, 2020 і 2021 рр. врожайність зерна сорго в середньому за чинником *A* на варіантах проведення фоліарного підживлення на початку трубкування була на 0,23 т/га, 0,20 і 0,28 т/га відповідно вищою порівняно з варіантом проведення фоліарного підживлення на початку викидання волоті.

Аналіз часткових порівнянь чинника *B* також свідчить про істотну перевагу фоліарного підживлення на початку трубкування порівняно з більш пізньою фазою. Тобто, на посівах всіх досліджуваних гібридів сорго зернового, в роки досліджень показники врожайності зерна на цих варіантах (фоліарне підживлення на початку трубкування) належали до вищої рангової групи.

Вищий вплив фоліарного підживлення у більш ранній період (на початку трубкування) є цілком закономірним, оскільки в цей час відбувається закладання квіток волотей, тож стимуляція ростових процесів в цей період приводить по-перше – до закладання більшої кількості квіток у суцвіттях, по-друге – до меншої їхньої редукції в наступні фази. Як наслідок, волоті мають вищу озерненість.

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

1. Урожайність зерна гібридів сорго зернового за різних варіантів застосування стимулятора росту Вегестим у 2019–2021 роках, т/га

Гібрид (Чинник А)	Варіанти застосування Вегестиму (чинник В)	Рік					
		2019		2020		2021	
		I*	II	I	II	I	II
Іггор	1**	4,69	◇	4,02	◇	5,33	◇
	2	4,75	◇	4,08	◇	5,43	◇
	3	5,02	◇◇	4,25	◇◇	5,68	◇◇
	4	5,38	◇◇◇	4,41	◇◇◇	5,95	◇◇◇
	5	5,10	◇◇	4,30	◇◇	5,79	◇◇
	6	5,53	◇◇◇◇	4,68	◇◇◇◇	6,05	◇◇◇◇
Юкі	1	4,17	◇	3,40	◇	4,49	◇
	2	4,14	◇	3,43	◇	4,54	◇
	3	4,45	◇◇	3,67	◇◇	4,72	◇◇
	4	4,70	◇◇◇	3,76	◇◇◇	5,12	◇◇◇
	5	4,43	◇◇	3,60	◇◇	4,79	◇◇
	6	4,86	◇◇◇◇	3,91	◇◇◇◇	5,06	◇◇◇◇
Сват (κ)	1	4,37	◇	3,88	◇	4,83	◇
	2	4,41	◇	3,91	◇	4,86	◇
	3	4,63	◇◇	4,18	◇◇	5,26	◇◇
	4	4,97	◇◇◇◇	4,43	◇◇◇	5,71	◇◇◇◇
	5	4,75	◇◇◇	4,26	◇◇	5,43	◇◇◇
	6	5,20	◇◇◇◇◇	4,78	◇◇◇◇	5,74	◇◇◇◇
Флагг	1	4,99	◇	4,10	◇	5,71	◇
	2	5,07	◇	4,15	◇	5,75	◇
	3	5,36	◇◇	4,40	◇◇	6,17	◇◇
	4	5,67	◇◇◇◇	4,83	◇◇◇	6,60	◇◇◇◇
	5	5,50	◇◇◇	4,45	◇◇	6,26	◇◇◇
	6	5,86	◇◇◇◇◇	5,11	◇◇◇◇	6,61	◇◇◇◇
Середнє за варіантами чинника В	1	4,56	◆	3,85	◆	5,09	◆
	2	4,59	◆	3,89	◆	5,15	◆
	3	4,87	◆◆	4,13	◆◆	5,46	◆◆
	4	5,18	◆◆◆◆	4,36	◆◆◆	5,85	◆◆◆◆
	5	4,95	◆◆◆	4,16	◆◆	5,57	◆◆◆
	6	5,36	◆◆◆◆◆	4,63	◆◆◆◆	5,87	◆◆◆◆
Середнє за варіантами чинника А	Іггор	5,08	■ ■ ■	4,29	■ ■ ■	5,71	■ ■ ■
	Юкі	4,46	■ ■	3,63	■ ■	4,79	■ ■
	Сват (κ)	4,72	■	4,24	■	5,31	■

Примітки: * I – урожайність зерна, т/га; II – гомогенні групи показників урожайності зерна за проведеним статистичним аналізом із використанням рангового критерію Дункана. ** – варіанти чинника В: 1 – абсолютний контроль; 2 – другий контроль (обробка насіння водою); 3 – обробка насіння Вегестимом; 4 – обробка насіння і позакореневе підживлення Вегестимом на початку трубкування; 5 – обробка насіння і позакореневе підживлення Вегестимом під час викидання волоті; 6 – обробка насіння і два підживлення – на початку трубкування та під час викидання волоті.

Крім того фоліарне підживлення в цей період стимулюючи ріст і розвиток рослин, а також нівелюючи несприятливий вплив абіотичних чинників, сприяє зменшенню «випадіння» рослин. Таким чином, підживлення на початку фази трубкування сприяє підвищенню кількісних параметрів елементів структури врожаю, а саме – збереженню більшої кількості рослин до початку збирання та утворенню більшої кількості зерен у волоті. Подібне пояснення надає науковець Л. І. Сторожик [23], яка відмічає, що застосування регулятора росту в критичні фази у тому числі у фазі трубкування,

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

добре стимулює рослини та дає змогу оминати в процесі свого росту й розвитку нестачі чинників живлення в критичні періоди онтогенезу.

Фоліарне підживлення на початку викидання волоті з точки зору збільшення озерненості волоті є менш ефективним, оскільки закладка квіток до цього моменту вже відбулася, тож підживлення в цей час сприятиме лише зменшенню редуції закладених квіток. Ефективність підживлення в цей час з точки зору підвищення збереженості рослин також під сумнівом, оскільки «випадіння» рослин починаючи з фази викидання волоті значно менше ніж до цієї фази. Говорити про те, що підживлення на початку викидання волоті сприятиме збільшенню маси 1000 зерен теж не коректно, оскільки до початку наливання зерна часу ще багато, а ефект підживлення триває не більше двох тижнів.

Вплив комплексного застосування стимулятора росту Вегестим більшою мірою проявлявся в менш сприятливих погодних умовах 2020 р., що свідчить про доцільність застосування цього роду препаратів насамперед в умовах стресів. Так, урожайність зерна сорго в середньому за досліджуваними гібридами на варіантах проведення передпосівної обробки насіння та двох фоліарних підживлень стимулятором росту Вегестимом у 2019 і 2021 рр. була на 17,5 і 15,3 % вищою порівняно з першим контролем, а в 2020 р. – більш ніж на 20,0 %. Вищу ефективність застосування стимуляторів росту у менш сприятливих погодних умовах вегетації відмічають також й інші дослідники [24, 25].

Вплив погодних умов на ефективність комплексного застосування стимулятора росту Вегестим більшою мірою проявлявся на посівах середньораннього французького гібриду сорго Флагг. Зокрема, діапазон розбіжності показників урожайності зерна цього гібрида за впливу чинника *B* у 2019, 2020 і 2021 рр. становив 17,4, 24,6 і 15,8 % відповідно.

У середньому за роками та досліджуваними гібридами, найвища врожайність зерна сорго (5,28 т/га) відмічена на варіанті проведення передпосівної обробки насіння та двох фоліарних підживлень стимулятором росту Вегестим. За проведеним статистичним аналізом із використанням рангового критерію Дункана (роки врахували як повторення) урожайність зерна в цьому варіанті істотно перевищувала всі інші варіанти формуючи окрему рангову групу (табл. 2).

2. Урожайність зерна гібридів сорго зернового за різних варіантів застосування стимулятора росту Вегестим у середньому за три роки, т/га

Варіанти застосування Вегестиму (чинник <i>B</i>)	Гібриди (чинник <i>A</i>)				
	Іггор	Юкі	Сват (<i>κ</i>)	Флагг	Середнє
1*	4,68/І	4,02/І	4,36/І	4,93/І	4,50/І
2	4,75/І	4,04/І	4,39/І	4,99/І	4,54/І
3	4,98/ІІ	4,28/ІІ	4,69/ІІ	5,31/ІІ	4,82/ІІ
4	5,25/ІІІ	4,53/ІІІ	5,04/ІІІ	5,70/ІІІ	5,13/ІІІ
5	5,06/ІІ	4,27/ІІ	4,81/ІІІ	5,40/ІІ	4,89/ІІ
6	5,42/ІІІІ	4,61/ІІІ	5,24/ІІІ	5,86/ІІІІ	5,28/ІІІІ
Середнє	5,02/І	4,29/ІІ	4,76/І	5,37/ІІІ	4,86

Примітки: * – варіанти чинника *B*: 1 – абсолютний контроль; 2 – другий контроль (обробка насіння водою); 3 – обробка насіння Вегестимом; 4 – обробка насіння і позакореневе підживлення Вегестимом на початку трубкування; 5 – обробка насіння і підживлення Вегестимом під час викидання волоті; 6 – обробка насіння і два підживлення – на початку трубкування та під час викидання волоті. У чисельнику – урожайність, у знаменнику – гомогенна група до якої входить показник відповідно до статистичного аналізу. Під час математичного аналізу роки рахували як повторення.

Варто відмітити високу ефективність фоліарного підживлення Вегестимом на початку фази трубкування. Урожайність зерна ранньостиглого гібриду Юкі на цьому варіанті була найвищою в досліді – 4,53 т/га. За проведеним статистичним аналізом, проведення двох фоліарних підживлень не забезпечувало достовірної прибавки врожайності зерна цього гібриду. Показники врожайності зерна на цих варіантах належали до третьої (найвищої) рангової групи.

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИНИЦТВО

У розрізі всіх досліджуваних гібридів, їхня врожайність на варіантах раннього фоліарного підживлення (на початку трубкування) істотно перевищувала варіант більш пізнього фоліарного підживлення (на початку викидання волоті). Так, врожайність зерна середньоранніх гібридів Іггор і Флагг була вищою на 0,19 і 0,30 т/га, ранньостиглих гібридів Юкі і Сват – на 0,26 і 0,23 т/га відповідно. У цілому слід відмітити подібну закономірність розподілу показників урожайності зерна гібридів сорго за впливу досліджуваних варіантів підживлень.

Серед досліджуваних гібридів сорго найвищу врожайність зерна формував середньоранній гібрид французької селекції Флагг. У середньому за роками та варіантами застосування стимулятора росту Вегестим, урожайність зерна цього гібриду становила 5,37 т/га. Цей показник істотно перевищував урожайність зерна інших гібридів. Зокрема, він був на 0,61 т/га (13,0 %) вищий, ніж на контролі – ранньостиглий гібрид української селекції Сват.

Найнижчу врожайність зерна в досліді у середньому за три роки – 4,29 т/га формував ранньостиглий гібрид американської селекції Юкі. Порівняно з контролем (ранньостиглої селекції Сват) його врожайність була на 0,47 т/га або на 11,0 % меншою. Урожайність середньораннього гібриду французької селекції Іггор у середньому за три роки досліджень статистично не відрізнялася врожайності на контролі. У той же час, як раніше зазначалося, безпосередньо за роками досліджень урожайність зерна цього гібриду була істотно більшою порівняно з контрольним гібридом.

Певної взаємодії досліджуваних чинників не встановлено, оскільки ефект застосування стимулятора росту Вегестим на всіх гібридах був схожим. Так само, розбіжність між показниками урожайності зерна досліджуваних гібридів на всіх варіантах чинника *B* істотно не відрізнялася. Проведений факторний аналіз це підтвердив. Зокрема, частка взаємодії досліджуваних технологічних чинників у загальній мінливості врожайності зерна складала лише 0,5 % (рис. 1).

Найбільших змін урожайність зерна сорго зазнавала за впливу погодних умов вегетації. Частка цього чинника становила 54,0 %. Серед досліджуваних технологічних чинників більший вплив у мінливість урожайності зерна чинили особливості гібридів (вклад – 28,2 %). Частка чинника *B* (варіанти застосування стимулятора росту Вегестим) у мінливості показника складала 14,7 %.

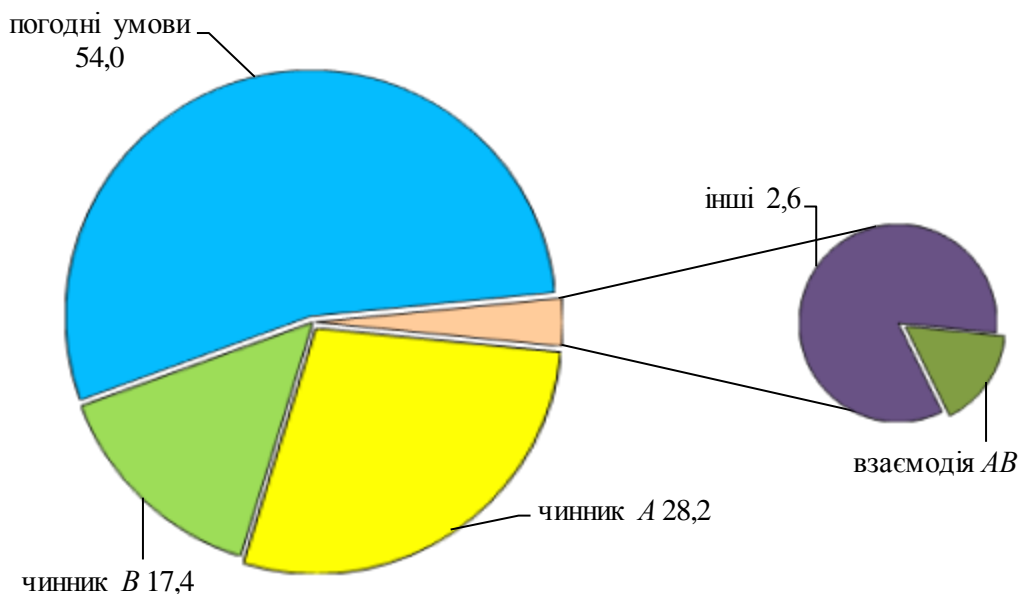


Рис. 1. Частки впливу чинників на мінливість урожайності зерна сорго, %

Значний вплив чинника *A* пов'язаний із тим, що для досліджень обрали гібриди сорго різних груп стиглості – ранньостиглі та середньоранні. Звісно гібриди з довшою тривалістю вегетації (у проведеному досліді – це Іггор і Флагг) за нормальних умов формують вищу врожайність зерна порівняно з ранньостиглими гібридами – Юкі та Сват.

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИНИЦТВО

Представляє інтерес визначення тісноти та напрямку зв'язків урожайності зерна з основними елементами структури врожаю та окремими показниками якості зерна. Оскільки досліджувані гібриди сорго зернового мають певні біологічні і морфологічні відмінності нами було визначено ці зв'язки окремо для кожного досліджуваного гібриду сорго (рис. 2).

По всіх досліджуваних гібридах сорго зернового у цілому було відмічено аналогічні зв'язки урожайності зерна з основними елементами структури врожаю та якісними показниками зерна. Однак були відмічені і певні відмінності.

Урожайність зерна всіх гібридів сорго мала тісний прямий зв'язок з кількістю рослин перед збиранням – $r = 0,97-0,98$, кількістю волотей на 1 м^2 – $r = 0,98-0,99$, озерненістю волоті головного стебла – $r = 0,99$, озерненістю волоті бічного стебла – $r = 0,98-0,99$ масою зерна з волоті головного і бічного стебел – $r = 0,94-0,97$ і $r = 0,98-0,99$ відповідно та зі збереженістю рослин – $r = 0,96$.

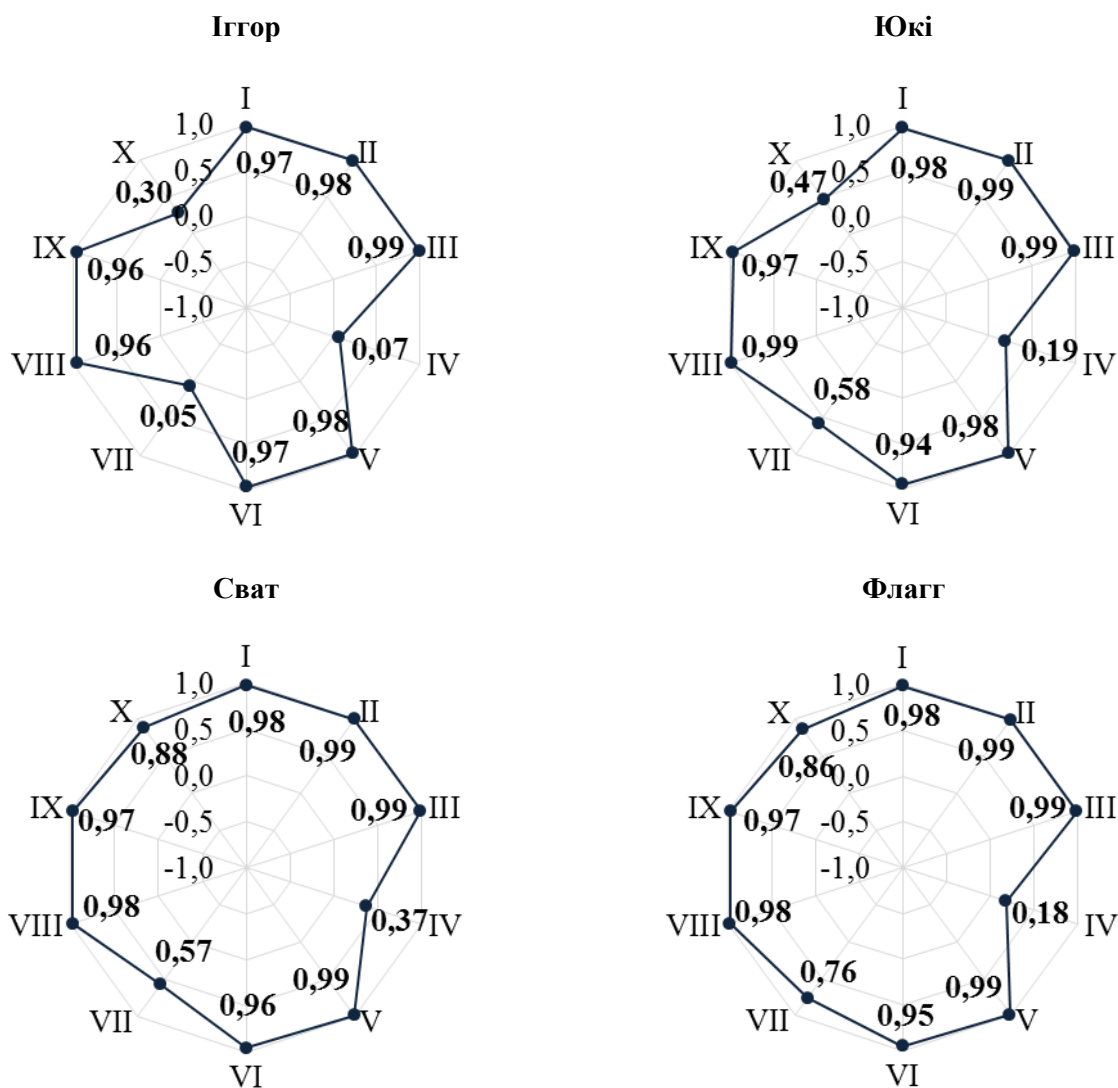


Рис. 2. Кореляційні зв'язки урожайності досліджуваних гібридів сорго з основними елементами структури врожаю та якісними показниками.

Примітки: I – кількість рослин перед збиранням; II – загальна кількість волотей на одиниці площі; III – озерненість волоті головного стебла; IV – вміст білку; V – озерненість волоті бічного стебла; VI – маса зерна з волоті головного стебла; VII – вміст крохмалю; VIII – маса зерна з бічної волоті; IX – збереженість рослин; X – маса 1000 зерен.

Відмінність між гібридами полягала в тісній зв'язків їх урожайності зерна з показниками якості – масою 1000 зерен, вмістом білка та крохмалю. Зокрема, у гібридів Іггор, Юкі та Флаг між урожайністю зерна та вмістом білка відмічено слабкий прямий зв'язок – $r = 0,07-0,18$, тоді як у гібрида Сват – середній прямий – $r = 0,37$. Урожайність ранньостиглих гібридів Сват і Юкі мала середній прямий зв'язок із вмістом крохмалю – $r = 0,57-0,58$, тоді як у гібрида Флаг цей зв'язок був тісний прямий – $r = 0,76$, а в гібриду Іггор був фактично відсутній – $r = 0,05$. Урожайність гібридів Сват і Флаг мала тісний прямий зв'язок із масою 1000 зерен – $r = 0,86-0,88$. У гібридів сорго Іггор і Сват між цими показниками існував середній прямий зв'язок – $r = 0,30$ і $r = 0,47$ відповідно.

Висновки

Проведені дослідження довели доцільність застосування стимулятора росту Вегестим при вирощуванні сорго зернового. З точки зору агрономічної ефективності кращим був варіант у якому цим препаратом обробляли насіння перед сівбою та проводили два фоліарні підживлення – на початку трубкування (мікрофаза 31–32 за міжнародною шкалою ВВСН) та на початку викидання волотей (мікрофаза 51–52). Також високу ефективність показав варіант у якому Вегестим застосовували для обробки насіння та для фоліарного підживлення на початку трубкування. У більш сприятливому за погодними умовами вегетації 2021 р. урожайність зерна сорго на цих варіантах істотно не відрізнялася. Водночас, враховуючи те, що район досліджень відноситься до зони нестійкого землеробства з частими посухами та значними перепадами температури, стимулятор росту Вегестим по вегетуючих рослинах варто вносити двічі. Серед досліджуваних ранньостиглих гібридів істотну перевагу за врожайністю зерна в усі роки мав гібрид вітчизняної селекції Сват, а серед середньоранніх – гібрид французької селекції Флаг, на підставі чого ці гібриди можна рекомендувати господарства для вирощування, включаючи в технологічний план вирощування запропонований варіант застосування стимулятора росту Вегестим, а саме – передпосівну обробку насіння та два фоліарні підживлення – на початку фаз трубкування та викидання волоті в рекомендованих дозах внесення.

Перспективи подальших досліджень. Враховуючи високу ефективність застосування стимулятора росту Вегестим у проведених дослідженнях для підвищення врожайності зерна гібридів сорго зернового та беручи до уваги тенденцію погіршення погодних умов, насамперед, – зменшення кількості опадів і підвищення температурних показників, перспективним напрямком досліджень є вивчення ефективності стимуляторів росту на посівах сорго. Також перспективним є порівняння ефективності різних стимуляторів росту, які мають різний склад і представлені широким асортиментом на ринку. Доцільно також проводити дослідження щодо ефективності застосування стимуляторів росту рослин у комплексі з іншими технологічними чинниками зокрема, із мінеральними добривами, пестицидами, строками сівби, особливостями сортів і гібридів тощо.

References

1. Efremova, I. G., Kibalnik, O. P., & Semin D. S. (2020). Effektivnost guminovyh preparatov na posevah sahnogo sorgo v chernozemnoj stepi Saratovskogo pravoberezhya. *Agrarnyj Nauchnyj Zhurnal*, 5, 9–13. [In Russian].
2. Kadyrov, S. V., & Kozlobaev, A. V. (2011). Vliyanie stimulyatorov rosta i mikroudobrenij na posevnu kachestva semyan grechihi. *Sovershenstvovanie Tehnologij Proizvodstva Zernovyh, Kormovyh i Tehnicheskikh Kultur v CChR*, 24–29 [In Russian].
3. Kibalnik, O. P., Efremova, I. G., & Semin, D. S. (2020). Produktivnost sahnogo sorgo pri ispolzovanii guminovyh preparatov v usloviyah nizhnego Povolzhya. *Niva Povolzhya*, 3 (56), 3–8. [In Russian].
4. Voskobulova, N. I., & Kolesnikova, A. A. (2005). Vliyanie regulyatorov rosta i desikantov na urozhajnost i vlazhnost zerna sahnogo sorgo. *Problemy ustojchivosti bioresursov: teoriya i praktika: materialy 2-oy Rossijskoj. nauchno-prakticheskoy konferencii, 25-28 oktyabrya 2005 g.* Orenburg: OGAU [In Russian].
5. Gamburg, K. Z., Kulaeva, O. N., & Muromcev, G. S. (1979). *Regulyatory rosta rastenij*. Moskva: Kolos, 246 [In Russian].
6. Evchuk, M. V., & Balinova, T. A. (2014). Osobennosti rosta i razvitiya sahnogo sorgo pri dejstvii biologicheskii aktivnyh preparatov na svetlo-kashtanovoj pochve. *«Agro XXI»*, 10–12 (101), 33–34. [In Russian].

7. Sheveluha, B. C., Kovalev, V. M., & Gruzdev, L. G. (1985). Regulatory rosta rastenij v selskom hozyajstve. *Vestnik Agrarnoj Nauki*, 9, 57–65. [In Russian].
8. Asami, T., & Nakagawa, Y. (2018). Preface to the special Issue: brief review of plant hormones and their utilization in agriculture. *Journal of Pesticide Science*, 43 (3), 154–158. doi: 10.1584/jpestics.M18-02
9. Alexopoulos, A. A., Karapanos, I. C., Akoumianakis, K. A., & Passam, H. C. (2017). Effect of gibberellic acid on the growth rate and physiological age of tubers cultivated from true potato seed. *Journal of Plant Growth Regulation*, 36 (1), 1–10. doi: 10.1007/s00344-016-9616-z
10. Kumar, G., & Sahoo, D. (2011). Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. *Journal of Applied Phycology*, 23, 251–255. doi: 10.1007/s10811-011-9660-9
11. Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*, 383, 3–4.
12. Szczepanek, M. (2018). Technology of maize with growth stimulants application. *17th International Scientific Conference Engineering for Rural Development*, 483–490. doi: 10.22616/ERDev2018.17.N074
13. Vasin, A. V., & Kazutina, N. A. (2013). Vliyanie priyomov predposevnoj obrabotki semyan i posevov stimulyatorami rosta na urozhajnost zernovogo sorgo. *Izvestiya Samarskoj GSHA*, 4, 3–5. [In Russian].
14. Evchuk, M. V. (2013). Vliyanie obrabotki semyan sorgo preparatom Prorastin na razvitie rastenij na svetlo-kashtanovyh pochvah Kalmykii. *Teoreticheskie i Prikladnye Problemy APK*, 4 (17), 15–17. [In Russian].
15. Muzyka, O. V. (2020). Formuvannia vrozhaiu sorho tsukrovoho za vyroshuvannia yak enerhetychnoi kultury v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho. *Doctor's thesis*. Bila Tserkva [In Ukrainian].
16. Khafagy, M. A-M., Zain, Al-A. A. H. M., Farouk, S., Amrajaa, H. K. (2017). Effect of pre-treatment of barley Grain on germination and seedling growth under drought stress. *Advances in Applied Sciences*, 2 (3), 33–42. doi: 10.11648/j.aas.20170203.12
17. Yakhin, O. I., Lubyantsev, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. (2017). Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Frontiers in Plant Science*, 7. doi: 10.3389/fpls.2016.02049
18. Heřmanská, A., Středa, T., & Chloupek, O. (2015). Improved wheat grain yield by a new method of root selection. *Agronomy for Sustainable Development*, 35 (1), 195–202. doi: 10.1007/s13593-014-0227-4
19. Ren, B., Zhang, J., Dong, S., Liu, P., & Zhao, B. (2017). Regulations of 6-benzyladenine (6-BA) on leaf ultrastructure and photosynthetic characteristics of waterlogged summer maize. *Journal of Plant Growth Regulation*, 36, 743–754. doi: 10.1007/s00344-017-9677-7
20. Alabushev, A. V., & Gurskij, N. G. (2003). *Sorgo (selekcija, semenovodstvo, tehnologija, ekonomika)*. Rostov-na-Donu [In Russian].
21. Dospekhov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta: uchebnik*. Moskva: Agropromizdat [In Russian].
22. Vehestym. *Ahrotekhnologija XXI*. Retrived from: <https://agro21.com.ua/stimulatoryrosta/vegestim/>
23. Storozhyk, L. I. (2018). Formuvannia produktyvnosti sorho v umovakh Skhidnoho Lisostepu Ukrainy. *Naukovi Pratsi IBKiTsB*, 26, 91–104. [In Ukrainian].
24. Ahmad, W., Noor, M. A., Afzal, I., Bakhtavar, M. A., Nawaz, M., Sun, X., Zhou, B., Ma, W., & Zhao, M. (2016). Improvement of sorghum crop through exogenous application of natural growth-promoting substances under a changing climate. *Sustainability*, 8 (1330), 881–897. doi: 10.3390/su8121330
25. Storozhyk, L. I., & Muzyka O. V. (2019). Osoblyvosti formuvannia produktyvnosti hibrydiv sorho tsukrovoho zalezno vid vplyvu ahrotekhnichnykh faktoriv: shyryny mizhryad, hustoty posiviv ta obrobky rehulatorom rostu. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15 (2), 171–181. doi: 10.21498/2518-1017.2.2019.173567 [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції: 16.01.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Давиденко С. Ю., Рожков А. О. Урожайність зерна сорго за різних варіантів застосування стимулятора росту Вегестим у Північному Степу України. *Вісник ПДАА*. 2022. № 1. С. 18–28.

© Давиденко Станіслав Юрійович, Рожков Артур Олександрович, 2022