



Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 631.8.81:631.86:631.416

© 2022

ВПЛИВ АЛЬТЕРНАТИВНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ НА ФОНД МІНЕРАЛЬНОГО АЗОТУ ҐРУНТУ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ

¹В.В. Іваніна, М.С. Данюк²

¹доктор сільськогосподарських наук

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03141, Україна

e-mail: ¹v_ivanina@ukr.net, ²maxcim1@ukr.net

ORCID: ¹0000-0002-9471-114X, ²0000-0001-6048-1772

Надійшла 20.07.2022

Мета. Сформувані сприятливі умови азотного режиму ґрунту та досягти високої продуктивності буряків цукрових через оптимізацію строків унесення азотних добрив, уведення до системи удобрення деструктора соломи, мікродобрив і регулятора росту. **Методи.** Короткотривалий польовий та аналітичний. **Результати.** Наведено дані досліджень щодо ефективності застосування альтернативних на основі соломи органо-мінеральних систем удобрення, встановлено їх вплив на фонд мінерального азоту ґрунту та продуктивність буряків цукрових. Виявлено, що застосування 5 т/га соломи та її поєднання з деструктором Філазоніт, 10 л/га неістотно впливали на фонд мінерального азоту в ґрунті на початку вегетації буряків цукрових. Істотного збільшення запасів мінерального азоту в шарі 0–30 см досягали за внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ по фоні 5 т/га соломи + Філазоніт, 10 л/га. За осіннього внесення азотних добрив під оранку запаси мінерального азоту в ґрунті були 96 кг/га, весняного в передпосівну культивуацію — 111–113 із перевищенням контролю без добрив відповідно на 23 та 38–40 кг/га. Формування високих запасів мінерального азоту в ґрунті навесні за поєданого внесення соломи і мінеральних добрив сприяло інтенсивному росту і розвитку буряків цукрових й забезпечило високу їхню біологічну продуктивність. Найефективнішими у формуванні біологічного врожаю буряків цукрових були весняні строки внесення азотних добрив. Унесення N_{90} у передпосівну культивуацію на фоні 5 т/га соломи + Філазоніт, 10 л/га + $P_{90}K_{90}$ під оранку підвищило врожайність буряків цукрових порівняно з осінніми термінами внесення азотних добрив на 8,3 т/га, збір цукру — на 1,39 т/га. Цукристість коренеплодів незначно залежала від систем удобрення і становила в досліді 17,3–17,6%. Малоефективним було проведення позакореневого піджив-

лення мікродобривом «Folcrop combi» та регулятором росту «Folcrop amin» на фоні альтернативної органо-мінеральної системи удобрення. Збір цукру завдяки позакореневому підживленню підвищився на 0,19 т/га. **Висновки.** За внесення азоту в передпосівну культивуацію дозою 90 кг/га на фоні 5 т/га соломи + Філазоніт, 10 л/га + P₉₀K₉₀ під оранку формувалися найвищі запаси мінерального азоту в ґрунті на початок вегетації буряків цукрових. Уміст нітратного азоту становив 19,4–19,6, амонійного — 17,6–18,1 мг/кг ґрунту за запасів мінерального азоту в орному шарі 0–30 см 111–113 кг/га. Порівняно з контролем без добрив запаси мінерального азоту в ґрунті підвищилися на 38–40 кг/га, що створювало сприятливі умови для інтенсивного росту і розвитку буряків цукрових. Найвищої продуктивності буряків цукрових досягли за внесення азоту в передпосівну культивуацію дозою 90 кг/га на фоні 5 т/га соломи + Філазоніт, 10 л/га + P₉₀K₉₀ під оранку. Урожайність коренеплодів становила 59,5 т/га, цукристість — 17,4%, збір цукру — 10,35 т/га з перевищенням контролю без добрив за врожайністю на 18,3 т/га, збором цукру — на 3,18 т/га.

Ключові слова: солома, деструктор, мінеральні добрива.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202210-01>

За умов гострого дефіциту органічних добрив використання на добриво побічної продукції є ефективним агрохімічним заходом, здатним забезпечити високу врожайність сільськогосподарських культур. Ефективність альтернативних органо-мінеральних систем удобрення залежить від інтенсивності процесів мінералізації органічної речовини в ґрунті, збалансованості поживного середовища за макро- і мікроелементами, їх спроможності забезпечити рослини елементами живлення в найкритичніші фази росту і розвитку [1–3].

Буряки цукрові — досить вибаглива культура до мінерального живлення. Вони потребують значної кількості поживних речовин та вологи, в умовах посухи позитивно реагують на проведення позакореневих підживлень мікродобривами [4]. Поєднане внесення органічних і мінеральних добрив має всесторонній вплив на параметри родючості ґрунту, наповнює його органічною речовиною, формує поліпшену агрономічну структуру ґрунту, зменшує непродуктивні втрати вологи, створює сприятливе трофічне середовище для ефективного використання елементів живлення рослинами [5–8].

Альтернативні системи удобрення значно поступаються гноєві за вмістом поживних

речовин, посилюють іммобілізацію азоту в ґрунті, зменшують доступність азоту рослинам, тому регулювання процесів мінералізації органічної речовини, оптимізація доз і способів унесення мінеральних добрив є першочерговими заходами з підвищення їх ефективності [9–12].

Мета досліджень — сформувати сприятливі умови азотного режиму ґрунту й досягти високої продуктивності буряків цукрових через оптимізацію строків унесення азотних добрив, уведення до системи удобрення деструктора соломи, мікродобрив і регулятора росту.

Матеріали і методи досліджень. Наукові дослідження проводили впродовж 2018–2020 рр. у тимчасовому польовому досліді на чорноземі опідзоленому Верхняцької дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН.

Ґрунт дослідної ділянки — чорнозем опідзолений, який має таку агрохімічну та фізико-хімічну характеристику орного (0–30 см) шару: гідролітична кислотність за Каппеном — 2,21–3,80 мг-екв/100 г ґрунту, загальний уміст гумусу за Тюрнімом — 3,0–3,2%; рухомого фосфору та калію за Чиріковим — відповідно 84–96 та 86–110 мг/кг ґрунту; лужногідролізованого азоту за Корнфілдом — 110–115 мг/кг ґрунту.

Розмір посівної ділянки — 75 м², облікової — 50 м². Розміщення повторень систематичне послідовне, повторність — 4-разова.

У дослідах сіяли гібрид буряків цукрових Булава. Гібрид посухостійкий, формує потужний листовий апарат. Фосфорні і калійні добрива в дозі 90 кг/га вносили з осені під глибоку оранку у формі суперфосфату простого гранульованого та калію хлористого; азотні — з осені під оранку та навесні в передпосівну культивувацію дозою 90 кг/га у формі амонійної селітри.

Деструктор Філазоніт — це природний консорціум активних целюлозолітичних мікроорганізмів із високими антагоністичними властивостями щодо збудників хвороб рослин.

У мікродобриві «Folcrop combi» наявні такі елементи: цинк — 0,6%, молібден — 0,1, бор — 0,4, залізо — 5,1, мідь — 0,15, марганець — 2,5%.

Регулятор росту «Folcrop amin» містить такі елементи: азот — 5,28%, вільні амінокислоти — 16,8, залізо — 2,4, цинк — 1,2%.

Облік урожайності здійснювали пробними ділянками з перерахунком на 1 га посівної площі. Цукристість і технологічні якості коренеплідів буряків цукрових визначали на лінії «Венема». Опрацювання результатів досліджень проводили методом дисперсійного аналізу.

Результати досліджень показали, що на початок вегетації вміст нітратного азоту в ґрунті на контролі без добрив становив 9,9, амонійного — 14,5 мг/кг ґрунту, що формувало в орному шарі ґрунту 0–30 см запаси мінерального азоту в кількості 73 кг/га. Унесення соломи в дозі 5 т/га незначно зменшило вміст нітратного азоту (до 9,2) за вмісту амонійного азоту 14,6 мг/кг ґрунту, що відповідало запасам мінерального азоту 71 кг/га. Удобрення буряків цукрових соломою неістотно зменшило забезпечення рослин азотом на початку вегетації (табл. 1).

Поєднане внесення 5 т/га соломи і деструктора Філазоніт, 10 л/га збільшило вміст нітратного азоту ґрунті до 10,7, амонійного — до 15,3 мг/кг ґрунту, підвищивши запаси мінерального азоту в орному шарі 0–30 см до 78 кг/га. Таке незначне його зростання може бути наслідком пришвидшеної мінералізації соломи в ґрунті під впливом деструктора.

Значного збільшення фонду мінерального азоту в ґрунті досягали за внесення мінеральних добрив. Поєднане внесення 5 т/га соломи + Філазоніт, 10 л/га + N₉₀P₉₀K₉₀ з осені під оранку забезпечило вміст нітратного азоту в ґрунті на початок вегетації 15,3, амонійного — 16,7 мг/кг ґрунту за запасів мінерального азоту в орному шарі 0–30 см 96 кг/га.

1. Уміст мінерального азоту в ґрунті за альтернативних систем удобрення (середнє за 2018–2020 рр.), мг/кг ґрунту

Варіант	Нітратний азот (NO ₃)		Амонійний азот (NH ₄)	
	2–3 пари листків	збирання врожаю	2–3 пари листків	збирання врожаю
Без добрив (контроль)	9,9	2,7	14,5	9,3
Солома, 5 т/га — фон	9,2	2,6	14,6	9,3
Фон + Філазоніт, 10 л/га	10,7	2,7	15,3	9,5
Фон + Філазоніт + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ під оранку	15,3	2,6	16,7	9,8
Фон + Філазоніт + P ₉₀ K ₉₀ під оранку + N ₉₀ у передпосівну культивувацію	19,4	2,8	17,6	9,9
Фон + Філазоніт + P ₉₀ K ₉₀ + N ₉₀ + (M + PP)	19,6	2,8	18,1	9,9
NIP ₀₅	1,2	0,2	0,9	0,5
P, %	2,3	1,9	2,6	2,0

Примітка. Філазоніт — деструктор соломи, вносили перед її зароблянням у ґрунт, M — мікродобриво «Folcrop combi» та PP — регулятор росту «Folcrop amin» вносили позакоренево у фазі змикання листків у рядку.

Найкращі умови азотного живлення буряків цукрових створювалися за весняних строків унесення азотних добрив. За внесення азоту в передпосівну культивування дозою 90 кг/га на фоні 5 т/га соломи + Філазоніт, 10 л/га + $P_{90}K_{90}$ під оранку вміст нітратного азоту в ґрунті на початок вегетації становив 19,4–19,6, амонійного — 17,6–18,1 мг/кг ґрунту за запасів мінерального азоту в орному шарі 0–30 см 111–113 кг/га. Порівняно з контролем без добрив запаси мінерального азоту в ґрунті підвищилися на 38–40 кг/га, що створювало сприятливі стартові можливості для інтенсивного росту і розвитку буряків цукрових.

На кінець вегетації вміст нітратного азоту в ґрунті зменшився в 3,7–7 разів, амонійного — 1,6–1,8 разів, що є наслідком трансформації азоту в ґрунті та використання його рослинами.

У середньому за 2018–2020 рр. найнижча врожайність коренеплодів буряків цукрових була на контролі без добрив — 41,2 т/га. За внесення 5 т/га соломи врожайність коренеплодів підвищилася на 0,4 т/га, досягнувши величини 41,6 т/га (табл. 2).

Підвищенню врожайності буряків цукрових сприяло поєднане заробляння в ґрунт 5 т/га соломи + Філазоніт, 10 л/га. Урожайність коренеплодів становила 43,8 т/га з перевищенням контролю на 2,6 т/га.

Ефективною визнано альтернативну органо-мінеральну систему удобрення з уне-

сенням 5 т/га соломи + Філазоніт, 10 л/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$ з осені під оранку. Урожайність коренеплодів становила 51,2 т/га з перевищенням контролю на 10 т/га.

Найвищої врожайності буряків цукрових досягли за внесення азоту в передпосівну культивування дозою 90 кг/га на фоні 5 т/га соломи + Філазоніт, 10 л/га + $P_{90}K_{90}$ під оранку. Урожайність коренеплодів становила 59,5 т/га з перевищенням контролю на 18,3 т/га. З проведенням позакореневого підживлення мікродобривом «Folcrop combi» та регулятором росту «Folcrop amin» у фазі змикання листків у рядку по зазначеному вище фоні удобрення не спостерігалось значного подальшого зростання врожайності буряків цукрових. Урожайність коренеплодів завдяки позакореневому підживленню підвищилася на 1,4 т/га, досягнувши абсолютної величини 60,9 т/га.

Цукристість коренеплодів у середньому за 2018–2020 рр. становила в досліді 17,3–17,6% й істотно не залежала від системи удобрення. На контролі без добрив уміст цукру в коренеплодах був 17,4%. Унесення 5 т/га соломи та її поєднання з деструктором Філазоніт, 10 л/га підвищило цукристість коренеплодів порівняно з контролем без добрив на 0,2%, досягнувши величини 17,6%. Найменша цукристість коренеплодів була за внесення азоту в передпосівну культивування дозою 90 кг/га на фоні 5 т/га соломи + Філазоніт,

2. Урожайність буряків цукрових за альтернативних систем удобрення, т/га

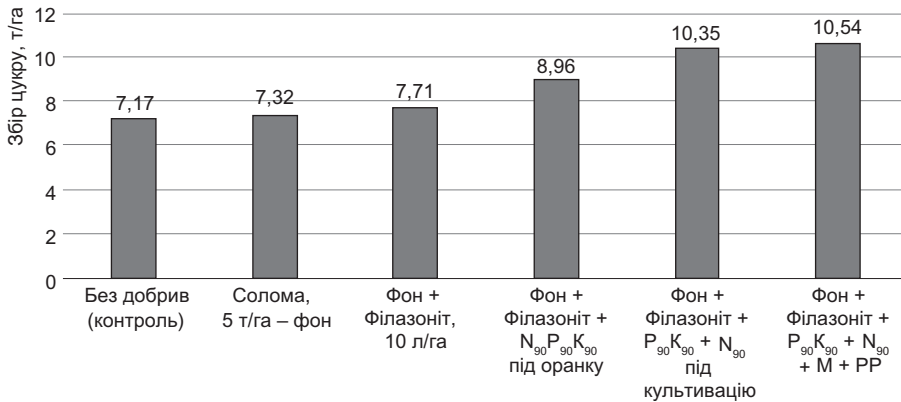
Варіант	Урожайність, т/га			Середнє за 3 роки	± до контролю, т/га
	2018	2019	2020		
Без добрив (контроль)	44,6	40,7	38,3	41,2	–
Солома, 5 т/га — фон	46,3	41,6	37,0	41,6	0,4
Фон + Філазоніт, 10 л/га	48,7	42,4	40,4	43,8	2,6
Фон + Філазоніт + $N_{90}P_{90}K_{90}$ під оранку	55,8	51,6	46,2	51,2	10,0
Фон + Філазоніт + $P_{90}K_{90}$ + N_{90}	63,0	60,6	54,8	59,5	18,3
Фон + Філазоніт + $P_{90}K_{90}$ + N_{90} + (M + PP)	62,8	63,5	56,4	60,9	19,7
NIP_{05}	4,1	4,6	3,9	4,2	–
P, %	3,3	3,7	3,4	3,4	–

Примітка. Філазоніт — деструктор соломи, вносили перед її зароблянням у ґрунт, M — мікродобриво «Folcrop combi» та PP — регулятор росту «Folcrop amin» вносили позакоренево у фазі змикання листків у рядку.

3. Уміст цукру в коренеплодах буряків цукрових за альтернативних систем удобрення, %

Варіант	Цукристість, %			Середнє за 3 роки	± до контролю, т/га
	2018	2019	2020		
Без добрив (контроль)	14,9	18,5	18,8	17,4	–
Солома, 5 т/га — фон	14,9	19,0	18,9	17,6	0,2
Фон + Філазоніт, 10 л/га	15,0	19,0	18,7	17,6	0,2
Фон + Філазоніт + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ під оранку	14,6	19,1	18,7	17,5	0,1
Фон + Філазоніт + P ₉₀ K ₉₀ + N ₉₀	14,8	19,1	18,4	17,4	–
Фон + Філазоніт + P ₉₀ K ₉₀ + N ₉₀ + (M + PP)	14,4	19,1	18,5	17,3	–0,1
НІР ₀₅	0,6	0,9	0,8	0,8	–
P, %	2,0	2,4	2,4	2,2	–

Примітка. Філазоніт — деструктор соломи, вносили перед її зароблянням у ґрунт, М — мікродобриво «Folcrops combi» та PP — регулятор росту «Folcrops amin» вносили позакоренево у фазі змикання листків у рядку.



Збір цукру за альтернативних систем удобрення (середнє за 2018–2020 рр.), т/га

10 л/га + P₉₀K₉₀ під оранку з проведенням позакореневого підживлення мікродобривом і регулятором росту 17,3% зі зменшенням до контролю без добрив на 0,1% (табл. 3).

Найменшим був збір цукру на контролі без добрив — 7,17 т/га. За внесення 5 т/га соломи та її поєднання з деструктором Філазоніт, 10 л/га збір цукру становив 7,32 та 7,71 т/га, відповідно. Застосування соломи та її поєднання з деструктором неістотно (на 0,15–0,54 т/га) підвищило біологічний збір цукру (рис. 1).

Істотне зростання біологічної продуктивності буряків цукрових спостерігали за альтернативної органо-мінеральної системи удобрення з унесенням добрив з осені під

оранку. За внесення 5 т/га соломи + Філазоніт, 10 л/га + N₉₀P₉₀K₉₀ з осені під оранку збір цукру становив 8,96 т/га з перевищенням контролю без добрив на 1,79 т/га.

Найбільший збір цукру — 10,35 т/га отримали за весняного внесення азотних добрив із проведенням позакореневого підживлення мікродобривом «Folcrops combi» та регулятором росту «Folcrops amin» на фоні альтернативної органо-мінеральної системи удобрення з перевищенням контролю без добрив на 3,37 т/га. При цьому позакореневе підживлення неістотно (на 0,19 т/га) підвищило продуктивність порівняно з органо-мінеральним фоном удобрення.

Висновки

За внесення азоту в передпосівну культивувацію дозою 90 кг/га на фоні 5 т/га соломи + Філазоніт, 10 л/га + $P_{90}K_{90}$ під оранку формувалися найвищі запаси мінерального азоту в ґрунті на початок вегетації буряків цукрових. Уміст нітратного азоту становив 19,4–19,6, амонійного — 17,6–18,1 мг/кг ґрунту за запасів мінерального азоту в орному шарі 0–30 см 111–113 кг/га. Порівняно з контролем без добрив запаси мінерального азоту в ґрунті підвищилися на 38–40 кг/га, що створювало сприятли-

ві стартові можливості для інтенсивного росту і розвитку буряків цукрових.

Найвищої продуктивності буряків цукрових досягли за внесення азоту в передпосівну культивувацію дозою 90 кг/га на фоні 5 т/га соломи + Філазоніт, 10 л/га + $P_{90}K_{90}$ під оранку. Урожайність коренеплодів становила 59,5 т/га, цукристість — 17,4%, збір цукру — 10,35 т/га з перевищенням контролю без добрив за врожайністю на 18,3 т/га, збором цукру — на 3,18 т/га.

Ivanina V.¹, Daniuk M.²

Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS, 25 Klinichna Str., Kyiv, 03141, Ukraine; e-mail: ¹v_ivanina@ukr.net, ²maksim1@ukr.net; ORCID: ¹0000-0002-9471-114X, ²0000-0001-6048-1772

Influence of alternative fertilizer systems on the mineral nitrogen fund of the soil and the productivity of sugar beet

Goal. To create favorable conditions for the nitrogen regime of the soil and to achieve high productivity of sugar beets by optimizing the terms of applying nitrogen fertilizers, introducing a straw destructor, micro fertilizers and growth regulator in the fertilizer system. **Methods.** Short-term field and analytical. **Results.** Research data on the effectiveness of the use of alternative straw-based organomineral fertilizer systems are given, and their influence on the mineral nitrogen fund of the soil and the productivity of sugar beets is established. It was found that the use of 5 t/ha of straw and its combination with the destructor Filazonit in a dose of 10 l/ha had an insignificant effect on the mineral nitrogen fund in the soil at the beginning of the sugar beet growing season. A significant increase in mineral nitrogen reserves in the 0–30 cm layer was achieved by applying $N_{90}P_{90}K_{90}$ on a background of 5 t/ha of straw + Filazonit, 10 l/ha. During the autumn application of nitrogen fertilizers under plowing, the reserves of mineral nitrogen in the soil were 96 kg/ha, during the spring pre-sowing cultivation — 111–113, exceeding the control without fertilizers by 23 and 38–40 kg/ha, respectively. The formation of high reserves of mineral nitrogen in the soil in the spring with the combined application of straw and mineral fertilizers contributed to the intensive growth and development of sugar beets and ensured their high biological productivity. Spring

application of nitrogen fertilizers was the most effective in forming the biological harvest of sugar beets. Application of N_{90} in pre-sowing cultivation on the background of 5 t/ha of straw + Filazonit, 10 l/ha + $P_{90}K_{90}$ under plowing increased the yield of sugar beets compared to the autumn application of nitrogen fertilizers by 8.3 t/ha, sugar yield — by 1.39 t/ha. The sugar content of root crops slightly depended on fertilizer systems and amounted to 17.3–17.6% in the experiment. Foliar fertilizing with micro fertilizer “Folcrop combi” and growth regulator “Folcrop amin” on the background of an alternative organo-mineral fertilization system was ineffective. Thanks to foliar fertilization, the sugar yield increased by 0.19 t/ha. **Conclusions.** By introducing nitrogen into pre-sowing cultivation at a dose of 90 kg/ha on the background of 5 t/ha of straw + Filazonit, 10 l/ha + $P_{90}K_{90}$ under plowing, the highest reserves of mineral nitrogen were formed in the soil at the beginning of the sugar beet growing season. Nitrate nitrogen content was 19.4–19.6, ammonium content was 17.6–18.1 mg/kg of soil, with reserves of mineral nitrogen in the arable layer of 0–30 cm 111–113 kg/ha. Compared to the control without fertilizers, mineral nitrogen reserves in the soil increased by 38–40 kg/ha, which created favorable starting opportunities for intensive growth and development of sugar beets. The highest productivity of sugar beets was achieved with the introduction of nitrogen in pre-sowing cultivation at a dose of 90 kg/ha on the background of 5 t/ha of straw + Filazonit, 10 l/ha + $P_{90}K_{90}$ under plowing. The yield of root crops was 59.5 t/ha, sugar content — 17.4%, and sugar yield — 10.35 t/ha, exceeding the control without fertilizers in terms of yield by 18.3 t/ha, sugar yield — by 3.18 t/ha.

Key words: straw, destructor, mineral fertilizers.
DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202210-01>

Бібліографія

1. Bagherzadeh A., Kalat S.M.N., Hajian J. Effects of Residual Wheat Straw and Nitrogen Fertilizer on Yield and Quality of Sugar Beet in a Semi-Arid Region. *Sugar Tech.* 2014. 16(2). P. 189–194. doi: 10.1007/s12355-013-0253-6
2. Gavryliuk A. Plowing straw requires additional nitrogen application. *AgroTimes*. 2020. <https://agro-times.ua/agronomiya/zaoryuvannya-solomy-potrebuye-dodatkovogo-vnesennya-azotu>
3. Tsialtas J.T., Maslaris N. Effect of N fertilization rate on sugar yield and non-sugar impurities of sugar beets (*Beta vulgaris*) grown under Mediterranean conditions. *J. Agron. Crop Sci.* 2005. V. 191. P. 330–339.
4. Draycott A.P., Christenson D.R. Nutrients for sugar beet production. *Soil-Plant Relationships. CABI: Wallingford*, 2003. P. 177–181.
5. Барштейн Л.А., Шкарєдний І.С., Одрєхівський О.Г. Залежність родючості ґрунту та продуктивності цукрових буряків від сівозмін та добрив. *Землеробство*. 1998. № 72. С. 85–90.
6. Berge M., Pikula D., Goedhart P.W., Schröder J.J. Apparent nitrogen fertilizer replacement value of grass-clover leys and farmyard manure in an arable rotations. *Soil Use Manage.* 2016. V. 32. P. 9–19. doi: 10.1111/sum.12246
7. Blanchet G., Gavazov K., Bragazza L., Sinaj S. Responses of soil properties and crop yields to different inorganic and organic amendments in a Swiss conventional farming system. *Agronomy Ecosystem Environment*. 2016. V. 230. P. 116–126. doi: 10.1016/j.agee.2016.05.032
8. Martyniuk S., Pikula D., Koziet M. Soil properties and productivity in two long-term crop rotations differing with respect to organic matter management on an Albic Luvisol. *Sci Rep.* 2019. № 9. 1878. doi: 10.1038/s41598-018-37087-4
9. Зубенко В.Ф., Иващенко А.А., Саблук В.Т. и др. Свекловодство. Проблемы интенсификации и ресурсосбережения; под ред. В.Ф. Зубенко. Киев: НПП ООО «Альфа-стевия ЛТД», 2005. 400 с.
10. Han X., Xu C., Dungait J.A.J. et al. Straw incorporation increases crop yield and soil organic carbon sequestration but varies under different natural conditions and farming practices in China: a system analysis. *Biogeosciences*. 2018. № 15. P. 1933–1946. doi: 10.5194/bg-15-1933-2018
11. Liu D.L., Zeleke K.T., Wang B. et al. Crop residue incorporation can mitigate negative climate change impacts on crop yield and improve water use efficiency in a semiarid environment. *European J. of Agronomy*. 2017. V. 85. P. 51–68. doi: 10.1016/j.eja.2017.02.004
12. Reichel R., Wei J., Islam M.S. et al. Potential of Wheat Straw, Spruce Sawdust, and Lignin as High Organic Carbon Soil Amendments to Improve Agricultural Nitrogen Retention Capacity: An Incubation Study. *Frontiers in Plant Science*. 2018. № 9. 900. doi: 10.3389/fpls.2018.00900