

Видається з 1996 року
Засновник і видавець
Сумський національний
аграрний університет
Реєстраційне свідоцтво
КВ № 23688-13528 Р від 21.11.2018 р.

Редакційна колегія серії

Коваленко І. М., д.б.н., професор, головний редактор, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Власенко В. А., д.с.-г.н., професор, заступник головного редактора, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Кирильчук К. С., к.б.н., доцент, відповідальний секретар, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Ліпса Флорин Деніел, к.с.-г.н., доцент, Університет сільського господарства та ветеринарної медицини (Румунія)

Русу Теодор, д.с.-г.н., професор, Університет сільського господарства та ветеринарної медицини (Румунія)

Тунгуз Весна, к.с.-г.н., доцент, Університет Східного Сараєво (Боснія і Герцеговина)

Мен Фаньхуа, к.с.-г.н., головний науковий співробітник, НДІ зернових культур Академії аграрних наук Китаю (КНР)

Сметанська І. М., к.с.-г.н., д.інж.наук, професор, Університет прикладних наук Вайнштефан-Трісдорф (Німеччина)

Кашпар Ян, к.б.н., доцент, Чеський університет природничих наук (Чеська республіка)

Сопотлієва Десіслава, к.б.н., головний науковий співробітник, Інститут досліджень біорізноманіття та екосистем, Болгарська академія наук (Болгарія)

Данилик І. М., д.б.н., ст.н.с., провідний науковий співробітник, Інститут екології Карпат НАН України (Україна)

Дегтярьов В. В., д.с.-г.н., професор, Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва (Україна)

Дубина Д. В., д.б.н., професор, головний науковий співробітник, Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (Україна)

Жатова Г. О., к.с.-г.н., професор, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Захарченко Е. А., к.с.-г.н., доцент, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Злобін Ю. А., д.б.н., професор, Почесний професор кафедри екології та ботаніки Сумського національного аграрного університету, (Україна)

Клименко Г. О., к.б.н., доцент, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Куземко А. А., д.б.н., професор, ст.н.с., Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, відділ геоботаніки і екології (Україна)

Лихолат О. А., д.б.н., ст.н.с., професор, Університет митної справи та фінансів (Україна)

Мельник А. В., д.с.-г.н., професор, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Міністерство освіти і науки України

ВІСНИК СУМСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО АГРАРНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
Виходить 4 рази на рік

Серія "Агрономія і біологія"
Випуск 3 (41), 2020

- Кравченко Н. В., Бутенко Є. Ю., Києнко З. Б., Собран В. М.** Реакція дуже ранніх та ранньостиглих сортів картоплі на зовнішні умови північно-східного Лісостепу України за продуктивністю 3
- Мищенко Ю. Г., Захарченко Е. А., Масик І. М.** Вплив післяжнивного сидерату редьки олійної та обробітку на поживний режим чорнозему типового за вирощування просапних культур 8
- Петренко С. В.** Водний режим ґрунтів під посівами кукурудзи залежно від основного обробітку ґрунту 23
- Радченко М. В., Данильченко О. М.** Реалізація потенціалу сортів тритикале ярого в умовах північно-східної частини Лісостепу України 33
- Скляр В. Г., Скляр Ю. Л., Баштовий М. Г., Литовка В. В., Ємець О. М., Шерстюк М. Ю., Ярошенко Н. П., Говенько Я. С.** Біорізноманіття пропонованого заказника «Пшінчине» 41
- Liu Shunxiao, Yu Hao, Vlasenko Volodymyr** Quantitative analysis of the regulatory gene HSF1 of Bemisia tabaci under different temperatures 49
- Zhu Hongxia, Zhou Feng, Rozhkova Tetiana** Quantitive changes of enzyme activity in wheat induced by Streptomyces sp. Strain HU2014 57
- Wu Liulu, Zhatova Halyna** Cloning and bioinformatics analysis of cadmium-resistant gene TASFT2 in wheat 63

Мельничук С. Д., д.б.н., професор, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Оничко В. І., к.с.-г.н., доцент, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Подгаєцький А. А., д.с.-г.н., професор, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Скляр В. Г., д.б.н., професор, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Скляр Ю. Л., к.б.н., доцент,
Сумський національний аграрний університет,
м. Суми, (Україна)

Троценко В. І., д.с.-г.н., професор, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Федорчук М. І., д.с.-г.н., професор,
Миколаївський національний аграрний
університет, м. Миколаїв (Україна)

Хаблак С. Г., д.б.н., доцент, AGR group,
(Україна)

Харченко О. В., д.с.-г.н., професор, Сумський національний аграрний університет, (Україна)

Ярошук Р. А., к.с.-г.н., доцент, Сумський національний аграрний університет (Україна)

Науковий журнал «Вісник Сумського національного аграрного університету». Серія: «АГРОНОМІЯ І БІОЛОГІЯ» визнано фаховим виданням Категорії «Б» в галузі сільськогосподарських та біологічних наук (наказ МОН України від 24.09.2020 р. № 1188)

Науковий журнал «Вісник Сумського національного аграрного університету» індексується в Міжнародних наукометричних базах Index Copernicus, PИHЦ

Матеріали журналу знаходяться у вільному доступі на сайті
<https://snau.edu.ua>

Усі статті проходять процедуру таємного рецензування. До публікації в журналі не допускаються матеріали, якщо є достатньо підстав вважати, що вони є плагіатом. Відповідальність за точність наведених даних і цитат покладається на авторів.

Матеріали друкуються українською та англійською мовами.

У разі цитування посилання на «Вісник Сумського національного аграрного університету» обов'язкове

Друкується згідно з рішенням вченої ради Сумського національного аграрного університету (Протокол № 6 від 30.11.2020 р.)

Адреса видавця та виготовлювача:
40021, м. Суми, вул. Г. Кондратьєва, 160
Телефон: (0542)70-10-42
E-mail: visnyk.snau@gmail.com
<https://snau.edu.ua>

Тираж 300 пр.
Зам. № 9.

© Сумський національний аграрний університет, 2020

РЕАКЦІЯ ДУЖЕ РАННІХ ТА РАННЬОСТИГЛИХ СОРТІВ КАРТОПЛІ НА ЗОВНІШНІ УМОВИ ПІВНІЧНОГО-СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ ЗА ПРОДУКТИВНІСТЮ

Кравченко Наталія Володимирівна

доктор сільськогосподарських наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-4190-0924
kravchenko_5@ukr.net

Бутенко Євгенія Юріївна

аспірантка
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0001-9639-9826
and.butenko2011@gmail.com

Кисенко Зінаїда Богданівна

кандидат сільськогосподарських наук, заступник директора
Український інститут експертизи сортів рослин України, м. Київ, Україна
ORCID: 0000-0002-4190-0924
zkienko@ukr.net

Собран Василь Михайлович

кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
Інститут картоплярства НААН України, с. Немішаєве, Бородянський район, Київська область
ORCID: 0000-0003-2543-2769
vasiliy-sobran@rambler.ru

У статті наведені результати дослідження (2018–2020 рр.) щодо реакції дуже ранніх та ранньостиглих комерційних сортів картоплі в умовах північно-східного Лісостепу України за продуктивністю. Експерименти виконані згідно прийнятих та апробованих методик. Доведена надзвичайно висока цінність сортів картоплі взагалі та ранньостиглих, зокрема, для задоволення потреб людей у багатому крохмалем, незамінними амінокислотами, вітамінами, макро- і мікроелементами продукті харчування, який може бути доступним упродовж тривалого часу.

Виявлений значний вплив на реалізацію продуктивності серед дуже ранніх сортів зовнішніх чинників. За винятком: Прада у 2019 і 2020 роках та Рів'єра у 2019 і 2020 роках ранг розподілу сортів не співпадає.

За середніми трирічними даними максимальною продуктивністю характеризувався дуже ранній сорт Рів'єра, проте у нього також виявлене найвище значення коефіцієнта варіації ознаки. Хоча сорт Дума і поступався згаданому сорту за середнім вираженням продуктивності, проте величина коефіцієнта варіації у нього була майже у два рази менша.

Найгіршими зовнішніми умовами для реалізації продуктивності у дуже ранніх сортів були у 2020 році, що за абсолютним значенням показника в 1,6 раз менше, порівняно з 2018 роком і в 1,2 рази, ніж у 2019 році. Максимально сприятливими для прояву продуктивності між ранньостиглих сортів Медісон і Таурас були в 2018 році, Щедрик і Палац – у наступному, а Бео і Таурас – у 2020 році, хоча абсолютне значення показника було різним, відповідно, 620 і 630 г/гніздо, 800 і 780 г/гніздо та 518 і 522 г/гніздо.

За середньозваженими даними найкращими умовами для реалізації продуктивності між ранньостиглих сортів виділені в 2019 році (428 г/гніздо), а найгірші – у 2020 році (221 г/гніздо). Найбільше значення коефіцієнта варіації продуктивності за роками мало місце в ранньостиглих сортів Латона і Альянс, відповідно, 94,9 і 93,4 %. Протилежне стосувалось сорту Ред Скарлет – 7,8 % та деяких інших.

Ключові слова: картопля, сорти, ранньостиглість, продуктивність, метеорологічні умови, коефіцієнт варіації.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.3.1>

Вступ. Завдяки наявності сортів картоплі різної стиглості споживачі мають можливість досить тривалий час: з кінця травня і до початку жовтня вживати свіжу продукцію. Ось чому у більшості селекційних установ значна увага приділяється створенню саме ранніх сортів. Наприклад, у Білорусії з десяти нових сортів половина ранні та середньоранні (Mahan'ko et al., 2020). Водночас, як стверджують окремі вчені (Andrianov, 2016; Andrianov & Andrianov, 2018) не у кожному регіоні реалізується сортами ознака «ранньостиглість». Викладене обумовлене значним впливом на прояв ознаки зовнішніх умов (Novikova et al., 2017; Portoyev et al., 2018) та

низькою адаптивністю сортів картоплі (Anisimov et al., 2013; Maruchlenko et al., 2018).

Можливість вирощування достатньої кількості ранньої картоплі дозволяє забезпечити споживачів крохмалем, який швидко засвоюється в людському організмі (за даними лікаря Гірзона (Hohulian, 2002), щоб перетравити людині крохмаль пшениці, кукурудзи, рису необхідно 2 години, вівса – 1,5, а картопляний – 10 хвилин). У бульбах знаходиться порівняно велика кількість клітковини – до 3,5 % сирієї маси (Vlasenko, 2002), що позитивно впливає на травлення. Особлива цінність картоплі полягає у наявності усіх біологічно

незамінних амінокислот. У середньому третя частина амінокислот білка бульб складаються з незамінних (Kuchko & Mytsko, 1997).

Особливо виділяються за значним умістом валін, аргінін, лізин, фенілаланін, а серед замісних найбільшу частку складають аспарагінова та глютамінова кислоти. Якщо взяти за еталон біологічну цінність білка курячого яйця (100 %), то у бульбах картоплі цей індекс знаходиться в межах 60–92 % (Kuchko et al., 1998). Зокрема, за цінністю виділяється білок ранніх сортів. Незважаючи на невеликий уміст білка у бульбах, третина щоденної необхідної дози для людини у США та Європі забезпечується за рахунок картоплі (Burton, 1974). У протилежність викладеному, у зернових виділена дуже невелика кількість лише двох незамінних амінокислот: лізину і триптофану, а всі інші – заміснені і знаходяться у надлишку, що свідчить про низьку цінність продуктів із зерна.

У бульбах картоплі знаходяться також вітаміни В₁, В₂, В₃, В₆, РР, Н, Р, а вітаміну С до 50 г на 100 г маси бульб (Kozhushko & Honcharov, 2002). До складу бульб також входять численні макро- та мікроелементи: калій, фосфор, натрій, кальцій, магній, сірка, хлор, бром, залізо, мідь, бор (Vlasenko, 2002), що також робить їх особливо цінними для харчування людей.

Особливість ранніх сортів полягає у специфічному контролі господарсько цінних ознак (Кірег, 1972; Kabunin & Dogurevich, 2009). Лише за періодом садіння-сходи вони майже не відрізняються від інших груп стиглості. В усьому іншому вони характеризуються специфічністю, що є основою для відмінностей у прояві господарсько цінних ознак.

На морфобіологічні типи рослин картоплі вказував П. І. Альсмік (Al'smik, 1979), відмічаючи, що конституційні зміни рослин включають у себе біологічні та фізіологічні особливості, що обумовлює відмінності сортів у продуктивності, її

збереженні у поколіннях, виродженні. Він стверджував, що типові гіллясті форми, характерні для пізніх і меншою мірою середньопізніх сортів і гібридів, відсутні у ранніх форм.

Важливою особливістю ранньої картоплі є раннє бульбоутворення та швидке їх формування. Водночас, відрізняють фізіологічну ранньостиглість та господарську. Перша характеризується тривалістю періоду вегетації, а остання – здатністю швидко формувати товарний урожай. Незважаючи на те, що ранні сорти мають більш короткий контакт з навколишнім середовищем, ніж пізні, все-таки зовнішні чинники, зокрема метеорологічні, значною мірою впливають на реалізацію генетичного контролю численних ознак, у тому числі продуктивності.

Виходячи з вище викладеного, метою дослідження було визначити норму реакції генотипів дуже ранніх та ранніх сортів картоплі на умови вирощування у північно-східному Лісостепу України.

Матеріали і методи досліджень. У дослідження залучені п'ять дуже ранніх та 29 ранньостиглих сортів картоплі. Методика виконання експерименту загальноприйнята для селекційно-генетичних досліджень (Kutsenko et al., 2002). Ділянки однорядкові по 11 рослин у рядку. Площа живлення – 70 x 35 см. Для дотримання належного фітосанітарного стану проводили дві прочистки від рослин із значними симптомами хвороб: за висоти 15–20 см і під час квітання. Під час основного збирання викопували рослини з рядка, підраховували їх кількість, а також число товарних бульб і дрібних, які зважували окремо.

Результати. Дані таблиці 1 свідчать про значний вплив зовнішніх, головним чином метеорологічних, умов на прояв продуктивності у дуже ранніх сортів.

Таблиця 1

Продуктивність дуже ранніх сортів картоплі в умовах північно-східного Лісостепу України

№ сорту	Сорт	Продуктивність, г/гніздо				V, %
		2018 р.	2019 р.	2020 р.	середнє	
1	Дума	510	490	290	440	27,6
2	Кіранда	529	200	400	405	40,9
3	Прада	350	309	258	315	14,7
4	Радомисль	414	356	185	360	33,1
5	Рів'єра	857	468	310	517	54,5
Середнє за рік, г/гніздо		517	382	314		

За три роки експерименту найкращими умовами для реалізації генетичного контролю прояву ознаки виявились у 2018 році для сорту Рів'єра. Його продуктивність виявилась більшою в 1,6 разів, ніж у наступного за рангом вираження показника сорту Кіранда. Близьке значення показника стосовно останнього сорту було в сорту Дума – 510 г/гніздо. Незважаючи на те, що в інших двох сортів: Прада і Радомисль продуктивність виявилась нижчою, ніж у згаданих, все-таки середнє зважене показника у цьому році виявилось найвищим.

По-різному реагували дуже ранні сорти на умови періоду вегетації 2019 року. Найвищою продуктивністю характеризувався сорт Дума. Вона перевищила величину показника в сорту Рів'єра на 22 г/гніздо. Протилежне стосувалось сорту Кіранда, у якого продуктивність була найнижчою у цьому році – 200 г/гніздо. Це обумовило зменшення середньо

зваженої величини показника у 2019 році, порівняно з попереднім на 135 г/гніздо, або 35 % від меншої величини.

Виявлена специфічна реакція дуже ранніх сортів за продуктивністю на умови вирощування у 2020 році. Особливо несприятливими вони виявились для сорту Радомисль – 185 г/гніздо. Протилежне стосувалось сорту Кіранда, у якого величина показника була найвищою і більшою, ніж у сорту Рів'єра на 90 г/гніздо. Водночас, це не найвища продуктивність у сорту Кіранда за роки дослідження. Викладене обумовило найнижче середнє зважене значення показника у цьому році – 314 г/гніздо, що в 1,6 разів більше, порівняно з 2018 роком та 1,2 рази, ніж у 2019 році.

За середнім зваженим найвищою продуктивністю за три роки характеризувався сорт Рів'єра – 517 г/гніздо. Завдяки відносній стабільності вираження показника в сорту Дума в 2018 і 2019 роках він зайняв другий ранг розподілу за

ознакою. Дуже низькою продуктивністю за три роки характеризувався сорт Прада – 315 г/гніздо.

Вплив зовнішніх умов на вираження показника визначали, вираховуючи коефіцієнт варіації. Через значні відмінності прояву продуктивності за роками в сорту Рів'єра, а саме йому властиве найвище значення коефіцієнта варіації – 54,5 %. Протилежне стосувалось сорту Прада – 14,7 %, проте в кожному з років у нього виявлена низька продуктивність. Певною цінністю за обома показниками характеризувався сорт Дума. У нього, поряд з відносно високою продуктивністю, мало місце невисоке значення коефіцієнта

варіації.

Деяко інша ситуація стосувалась прояву продуктивності в ранньостиглих сортів (табл. 2). В умовах періоду вегетації 2018 року за проявом ознаки виділені сорти Альянс, Медісон і Таурас, у яких сформувалось у середньому на гніздо більше 600 г бульб. Ще у восьми сортів вираження показника становило 500 г/гніздо і більше, тобто для 38 % сортів умови періоду вегетації згаданого року були сприятливими для реалізації контролю ознаки.

Таблиця 2

Продуктивність ранньостиглих сортів картоплі в умовах північно-східного Лісостепу України

№ з/п	Сорт	Продуктивність, г/гніздо				V,%
		2018 р.	2019 р.	2020 р.	середнє	
1	Альянс	667	495	98	333	93,4
2	Бажана	280	249	225	254	10,9
3	Базалія	225	572	102	316	77,2
4	Бео	580	687	154	518	54,4
5	Взірець	244	386	114	242	56,2
6	Глазурна	300	233	280	271	12,8
7	Джоконда	167	224	116	177	30,5
8	Злагода	550	140	153	281	83,0
9	Зорачка	500	474	300	440	24,7
10	Імпала	290	297	208	273	18,3
11	Кіммерія	511	440	356	439	17,7
12	Корсіка	520	415	228	392	37,8
13	Латона	580	213	99	265	94,9
14	Лаунж	511	529	306	461	26,8
15	Медісон	620	311	178	393	57,8
16	Міа	520	558	164,3	427	50,9
17	Нагорода	367	535	369	417	23,2
18	Ньютон	460	424	178	413	37,3
19	Палац	296	780	240	447	66,4
20	Радица	380	395	197	344	32,0
21	Ред Скарлет	309	355	314	320	7,8
22	Серпанок	367	556	243	397	39,6
23	Скарбниця	400	245	107	257	57,0
24	Слаута	475	530	320	441	24,7
25	Таурас	630	554	369	522	25,8
26	Тирас	320	275	250	275	12,9
27	Уладар	375	443	111	295	59,5
28	Чернігівська рання	410	375	138	352	41,9
29	Щедрик	309	800	450	425	65,5
Середнє за рік, г/гніздо		387	428	221		

Водночас, у окремих сортів продуктивність у 2018 році виявилась дуже низькою. У першу чергу, це стосувалось сорту Джоконда – 167 г/гніздо, а також сортів Базалія (225 г/гніздо) та Візірець (244 г/гніздо). Значна різниця у реалізації потенціалу сортів за вираженням показника відмічена у період вегетації 2019 року. Дуже сприятливими виявились зовнішні умови для формування бульб у сорту Щедрик. Він мав найвищу продуктивність за весь період виконання експерименту – 800 г/гніздо. Близькі дані (780 г/гніздо) отримані ще в одного сорту – Палац. Тільки в одного сорту Бео прояв ознаки перевищив 600 г/гніздо, хоча кількість сортів з вираженням показника близько 500 г/гніздо і більше була однаковою, як і у попередньому році – вісім штук. Дуже несприятливими виявились метеорологічні умови 2019 року для реалізації продуктивності в сорту Злагода з величиною показника тільки 140 г/гніздо. Для більшості ранньостиглих сортів

несприятливим для формування бульб виявився період вегетації 2020 року. Тільки в одного сорту Щедрик прояв ознаки становив 450 г/гніздо, що було максимальним вираженням показника. У сортів Альянс і Латона продуктивність виявилась меншою за 100 г/гніздо. Близьким значенням її характеризувались сорти Базалія, Візірець, Джоконда, Скарбниця і Уладар. У результаті викладеного середньо зважений прояв ознаки у 2020 році був найменшим – 221 г/гніздо, що в 1,9 разів менше, порівняно з попереднім роком і в 1,8 разів, ніж у 2018 році.

Дуже несприятливі зовнішні умови періоду вегетації ранньостиглих сортів у 2020 році негативно відбилися на середньому зваженому трирічному прояві ознаки. Тільки в двох сортів: Таурас і Бео величина показника перевищила 500 г/гніздо. Водночас, в 11 сортів вона була дуже близькою та вищою, ніж 400 г/гніздо. Мінімальною продуктивністю за

три роки характеризувався голландський сорт Джоконда – 177 г/гніздо. Причина викладеного – низький рівень прояву показника в усі роки виконання експерименту.

Ранньостиглі сорти, які в окремі роки успішно реалізували свій потенціал за продуктивністю, в інші мали значно нижчий рівень показника, що обумовило високе значення у них коефіцієнта варіації. У сортів Альянс, Латона його значення перевищило 90 %. Ненабагато поступався їм у цьому відношенні сорт Злагода – 83 %.

Протилежне вище викладеному стосувалось сорту Ред Скарлет, у якого величина показника становила тільки 7,8 % за середньої продуктивності 321 г/гніздо. Порівняно стабільним проявом ознаки за роками характеризувались сорти Бажана, Глазурна, Тирас, проте середня продуктивність у них була невисока.

У сортів Таурас і Бео відмічений максимальний прояв показника, відповідно 522 і 518 г/гніздо. Водночас, у першого з них величина коефіцієнта варіації продуктивності була 25,8 %, а в останнього – 54,4 %, тобто майже у два рази більшою, що свідчить про нестабільність вираження показника в останнього сорту.

Обговорення. Ранньостиглі сорти, порівнюючи з пізніми, мають більші отвори продихів, чим обумовлюється зменшення інтенсивності транспірації та асиміляції залежно від змін зовнішніх умов. Вони також характеризуються швидшим ростом і розвитком, адже їм необхідно накопичити достатній врожай за коротший період часу (Iashyna et al., 1973).

З генетичної точки зору скоростиглість є рецесивною ознакою (Salaman, 1926; Muller, 1927), що, вважаємо, ускладнює відбір ранніх форм. Особливо це стосується дуже ранніх сортів. Можливо з цієї причини кількість їх взагалі та в Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні в 2020 р. (Derzhavnyi reiestr sortiv roslin, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini v 2020 rotsi..., 2020) невелика –

лише п'ять сортів.

Для ранньостиглих сортів властиве швидке проходження фізіологічних та біохімічних процесів, проте це відбувається лише за сприятливих зовнішніх умов. Якщо зовнішній комплекс не відповідає вимогам ранньостиглих сортів, то вони значно знижують продуктивність, про що свідчать наші власні дані та дані, отримані іншими дослідниками (Schick & Horfe, 1962).

Висновки. Зважаючи на рецесивний контроль ранньостиглості, створення дуже ранніх сортів картоплі ускладнюється. Виявлений значний вплив на реалізацію продуктивності серед дуже ранніх сортів зовнішніх чинників. За дуже рідким винятком: Прада у 2019 і 2020 роках та Рів'єра у 2019 і 2020 роках ранг розподілу сортів не співпадав. Максимальною продуктивністю за трирічними даними характеризувався сорт Рів'єра, проте у нього також виявлене найвище значення коефіцієнта варіації ознаки. Хоча сорт Дума і поступався згаданому сорту за середнім вираженням продуктивності, проте величина коефіцієнта варіації у нього майже у два рази менша. За середньозваженими даними найгірші зовнішні умови для реалізації продуктивності у дуже ранніх сортів спостерігались у 2020 році, що в 1,6 разів менше, порівняно з 2018 роком і в 1,2 рази, ніж у 2019 році.

Максимально сприятливими для прояву продуктивності поміж ранньостиглих сортів Медісон і Таурас були в 2018 році, Щедрик і Палац – у наступному, а Бео і Таурас – у 2020 році, хоча абсолютне значення показника було різним, відповідно, 620 і 630 г/гніздо, 800 і 780 г/гніздо та 518 і 522 г/гніздо. За середньозваженими даними найкращими умовами для реалізації продуктивності поміж ранньостиглих сортів виявлені в 2019 році (428 г/гніздо), а найгірші – у 2020 році (221 г/гніздо). Максимальне значення коефіцієнта варіації продуктивності за роками мало місце в сортів Латона і Альянс, відповідно 94,9 і 93,4 %. Протилежне стосувалось сорту Ред Скарлет – 7,8 % та деяких інших.

Бібліографічні посилання:

1. Mahan'ko, V. L., Piskun, G. I., Gun'ko, Ju. V., & Medvedeva, E. I. (2020). Charakteristika novyh i perspektivnyh sortov kartofelja beloruskoj selekcii [Characteristics of new and perspective varieties of potatoes of Belarusian selection]. Kartofelevodstvo. Sbornik nauchnyh trudov RUP «Nauchno-prakticheskij centr Nacional'noj akademii nauk Belarusi po kartofelevodstvu i plodoovoshhevodstvu», Minsk, 27, 19–23 (in Russian).
2. Andrianov, A. D. (2016). Kartofelevodstvo Respubliki Bashkortostan [Potato growing of the Republic of Bashkortostan]. Kartofel'naja sistema, 1, 50–53 (in Russian).
3. Andrianov, A. D., & Andrianov, D. A. (2018). Napravlenie selekcii kartofelja v Respublike Bashkortostan [Direction of potato breeding in the Republic of Bashkortostan]. Kartofelevodstvo. Sbornik nauchnyh trudov RUP «Nauchno-prakticheskij centr Nacional'noj akademii nauk Belarusi po kartofelevodstvu i plodoovoshhevodstvu», Minsk, 26, 6–21 (in Russian).
4. Novikova, L. Ju., Kiru, S. D., & Rogozina, E. V. (2017). Projavlenie hozjajstvenno cennyh priznakov u sortov kartofelja (Solanum L.) pri izmenenii klimata na evropejskoj territorii Rossii [Manifestation of economically valuable traits in potato varieties (Solanum L.) under climate change in European Russia]. Sel'skohozjajstvennaja biologija, 75–83 (in Russian).
5. Partoev, K., Gulov, M., Nihmonov, N., & Umarov, M. (2018). Kartofelevodstvo [Potato growing]. Materialy nauchno-prakticheskij konf. «Sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitija selekcii i semenovodstva kartofelja», 9–10 ijulja 2018 g. FGBNU VNIKH, Moskva, 79–86 (in Russian).
6. Anisimov, B. V. (2013). Sorta kartofelja, vozdeľyvaemye v Rossii [Potato varieties cultivated in Russia]. Agros pas, Moskva, 143 (in Russian).
7. Maruhlenko, A. V., Borisova, N. P., Moljavko, A. A., & Erenkova, N. A. (2018). Adaptivnost' sortov kartofelja na jugo-zapade Nechernozemnoj zony [Adaptability of potato varieties in the south-west of the Non-Chernozem zone]. Kartofelevodstvo. Materialy nauchno-prakticheskij konf. «Sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitija selekcii i semenovodstva kartofelja». 9–10 ijulja 2018 g. FGBNU VNIKH. Moskva, 100–105 (in Russian).
8. Goguljan, Ja. (2002). Poproshajtes' s boleznyami [Say goodbye to disease]. Sovetskij sport, Moskva, 303 (in Russian).
9. Vlasenko, M. Ju. (2002). Morfologija, fiziologija ta biohimija kartopli [Morphology, physiology and biochemistry of the potato].

- Kartoplja. Red. V. V. Kononuchenka, M. Ja. Moloc'kogo, Kyi'v, 1, 54–115 (in Ukrainian).
10. Kuchko, A. A., & Myc'ko, V. M. (1997). Fiziologichni osnovy formuvannja vrozhanja i jakosti kartopli [Physiological basics of the formulation of fertility and the quality of potatoes]. Dovira, Kyi'v, 142 (in Ukrainian).
 11. Kuchko, A. A., Vlasenko, M. Ju. & Myc'ko, V. M. (1998). Fiziologija ta biohimija kartopli [Physiology and biochemistry of potatoes]. Dovira, Kyi'v, 335 (in Ukrainian).
 12. Burton, W. G. (1974). Requirements of users of ware potatoes. *Pot. Res.*, 17, 374–409.
 13. Kozhushko, N. S., & Goncharov, M. D. (2002). Selekcija kartopli na rann'ostyglit' [Selection of potatoes for early ripening]. *Kartoplja*, Kyi'v, 1, 226–242 (in Ukrainian).
 14. Kiper, I. M. (1972). Selekcija i semenovodstvo rannego kartofelja [Selection and seed production of early potatoes]. Rossel'hozizdat, Moskva, 120 (in Russian).
 15. Kabunin, A. A., & Dogurevich, O. A. (2009). K metodike selekcii rannespelyh sortov kartofelja [On the method of breeding early-maturing potato varieties]. *Sb. nauchn. tr. K 100-letiju Penzenskogo NII sel'skogo hozjajstva*, 1, 382–387 (in Russian).
 16. Al'smik, P. I. (1979). Selekcija kartofelja v Belorussii [Potato breeding in Belarus]. *Uradzhaj*, Minsk, 128 (in Russian).
 17. Kutsenko, V. S., Osipchuk, A. A., & Podgayetsky, A. A. (2002). *Metodychni rekomendacii' shhodo provedennja doslidzhen' z kartopleju* [Methodology for conducting the study with potatoes]. Nemishajeve (in Ukrainian).
 18. Jashina, I. M., Pershutina, O. A., & Kirsanova, Je. V. (1973). *Genetika morfologicheskikh i hozjajstvenno-cennyh priznakov kartofelja* [Genetics of morphological and economically valuable traits of potatoes]. *Genetika kartofelja*. Nauka, Moskva, 233–259 (in Russian).
 19. Salaman, R. N. (1926). *Potato varieties*. Cambridge, 231.
 20. Muller, K. O. (1927). *Untersuchungen zur Genetik der Kartoffel*. *Arb. Boil. Reichsanst*, 15, 177.
 21. Derzhavnyj rejestr sortiv roslyn, prydatnyh dlja poshyrennja v Ukrai'ni v 2020 roci. [Electronic resource]. Access mode: https://data.gov.ua/dataset/35991a76-27de-45d6-a63b-ead7fe222dfa/resource/f65a34df-38b8-40b2-9466-b93194b4ba0a/download/reesort_7_2020.xlsx.
 22. Schick, R., & Hopfe, A. (1962). *Die Zuchtung der Kartoffel*. In: *Die Kartoffel*. *Yandbuch*. Bd. II. Berlin: Veb Dtsch. Landwirtschaft (in German).

Kravchenko N. V., Doctor (Agricultural Sciences), Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Butenko J. Yu., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Kienko Z. B., PhD (Agricultural Sciences), Head's Assistant, Ukrainian Institute of Plant Variety Examination of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Sobran V. M., PhD (Agricultural Sciences), Senior Researcher, Institute of Potato growing of the National Academy of Sciences of Ukraine, village Nemishayeve, Borodyanskyi district, Kyiv region

REACTION OF VERY EARLY AND EARLY MATURE VARIETIES OF POTATOES TO THE EXTERNAL CONDITIONS OF THE NORTH-EASTERN FOREST STEPPE OF UKRAINE BY PRODUCTIVITY

The article presents the results of a study on the reaction of very early and early ripening commercial varieties of potatoes in the north-eastern forest-steppe of Ukraine in terms of productivity. The experiments were performed according to accepted and tested methods. Extremely high value of potato varieties in general and early ripening in particular to meet the needs of people rich in starch, essential amino acids, vitamins and macro-and micronutrients, which can be available to people for a long time.

There is a significant impact on the implementation of productivity among the very early varieties of external factors. With very few exceptions: Prada in 2019 and 2020 and Riviera in 2019 and 2020 did not match the rank of varieties.

According to the average three-year data, the very early variety Riviera was characterized by maximum productivity, but it also had the highest value of the coefficient of variation of the trait. Although the Duma variety was inferior to the mentioned variety in terms of average productivity, the value of the coefficient of variation is almost twice less.

The worst external conditions for the implementation of productivity in very early varieties were in 2020, which in absolute terms is 1.6 times less than in 2018 and 1.2 times than in 2019. The most favorable for the manifestation of productivity between the early varieties Madison and Taurus were in 2018, Shchedryk and Palace – in the next, and Beo and Taurus – in 2020, although the absolute value was different, respectively, 620 and 630 g/nest, 800 and 780 g/nest and 518 and 522 g/nest.

According to weighted average data, the best conditions for the realization of productivity among early-maturing varieties were found in 2019 (428 g/nest), and the worst – in 2020 (221 g/nest). The maximum value of the coefficient of variation of productivity over the years took place in the early varieties of Latona and Alliance, respectively, 94.9 and 93.4 %. The opposite was true for the Red Scarlet variety – 7.8 % and some others.

Key words: potatoes, varieties, early ripening, productivity, meteorological conditions, coefficient of variation.

Дата надходження до редакції: 12.10.2020 р.

ВПЛИВ ПІСЛЯЖИВНОГО СИДЕРАТУ РЕДЬКИ ОЛІЙНОЇ ТА ОБРОБІТКУ НА ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ЗА ВИРОЩУВАННЯ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР

Мищенко Юрій Григорович

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-5942-9288
Yrmis@ukr.net

Захарченко Еліна Анатоліївна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-9291-3389
elina.zakharchenko@snaeu.edu.ua

Масик Ігор Миколайович

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-7599-210X
MasikIgor@ukr.net

У статті наведено результати досліджень ефективності застосування під буряки цукрові та картоплю післяживного сидерату редьки олійної за різних обробіток ґрунту. Дослідження проведено в умовах чорнозему типового глибокого малогумусного середньосуглинкового на лесоподібному суглинку на дослідних полях Сумського національного аграрного університету. Район досліджень відноситься до Лівобережного Лісостепу. Схема дослідів включала чотири варіанти основного обробітку ґрунту: оранка на глибину 28–30 см, плоскорізний обробіток на глибину 28–30 см, дискування на глибину 14–16 см і 4–6 см.

Сидерат висівали після збирання попередника ячменю ярого та загортали наприкінці жовтня. Доведено, що застосування післяживного сидерату редьки олійної максимально покращує поживний режим чорнозему типового при вирощуванні буряків цукрових та картоплі: у шарі 0–30 см найбільше зростає вміст легкогідролізованого азоту – на 9,8–13,8 мг/кг, рухомого фосфору – на 8,0–13,8 мг/кг й обмінного калію – на 7,8–13,0 мг/кг, порівняно з іншими фонами удобрення. Проведення для загортання зеленого добрива редьки олійної безполицевого обробітку на глибину 28–30 см забезпечувало найвищий вміст легкогідролізованого азоту – 106,7 і 113,8 мг/кг, рухомого фосфору – 124,6 і 129,6 мг/кг та обмінного калію – 121,7 і 123,6 мг/кг.

Фітомаса сидератів найбільше впливала на зростання вмісту азоту – 49–52 %, а найменше – фосфору – 24–25 %; післяживний сидерат редьки олійної більшою мірою впливав на підвищення вмісту поживних елементів за оранки – 33–66 % та безполицевого обробітку глибиною 28–30 см – 19–61 %. Кращий варіант живлення за загортання сидерату редьки олійної шляхом проведення глибокого безполицевого обробітку обумовив отримання найвищого врожаю буряків цукрових – 35,4 т/га та картоплі – 30,3 т/га, що суттєво різнилося до оранки – на 1,4 і 1,8 т/га відповідно, як і до мілкого безполицевого рихлення ґрунту – на 4,7 і 3,7 т/га та поверхневого – на 5,9 і 5,1 т/га.

Найвищу інтенсивність балансу азоту і калію при вирощуванні буряків цукрових і картоплі забезпечувало зелене добриво редьки олійної – 114,9 і 136,0 % та 135,7 і 101,7 % відповідно. Заміна оранки глибоким безполицевим обробітком на 28–30 см наближала позитивний баланс елементів живлення при загортанні сидерату редьки олійної до врівноваженого.

Ключові слова: післяживний сидерат, обробіток ґрунту, елементи живлення, урожайність, буряк цукровий, картопля, редька олійна.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.3.2>

Вступ. Покращення врожайності сільськогосподарських культур та ефективності використання поживних речовин одночасно є проблемою через збільшення запиту на їжу та загострення екологічних проблем (Chen et al., 2014; Yu et al., 2015). Для отримання вищої врожайності сільськогосподарських культур за інтенсивного сільського господарства застосовують високі норми мінеральних добрив. Однак дані витрати не забезпечують в умовах нестійкого зволоження надійного отримання очікуваного врожаю (Vitousek et al., 2009; Chen et al., 2011). Значна частина застосовуваних до-

брив втрачається і надходить у навколишнє середовище через вимивання у підземні води (Zhou et al., 2016) та викиди парникових газів (Zheng et al., 2004). Таким чином, доволі важливо отримувати більше врожаю вирощуваних культур з меншим впливом на навколишнє середовище, зокрема, завдяки зменшенню втрат поживних речовин.

Заміна мінеральних добрив проміжними посівами сидератів застосовується для зменшення внесення хімічних речовин за вирощування сільськогосподарських рослин (Xie et al., 2016; Thorup-Kristensen et al., 2003). Післяживні сидерати забезпечують зменшення втрат наявних у ґрунті рухомих

елементів живлення завдяки їх фіксуванню у своїй фітомасі, економію фінансів на удобрення рослин та покращення врожаю вирощуваних культур (Yang et al., 2015; Bai et al., 2015). Редька олійна належить до родини *Brassicaceae*, вона не здатна фіксувати атмосферний N_2 , але вона може перехоплювати залишковий нітрат і зменшувати втрати азоту в разі вимивання, завдяки великій глибині вкорінення, що корелює із втратами рухомих елементів живлення ґрунту N (Thorup-Kristensen, 2001). Отже, за використання проміжних посівів сидератів зменшується потреба у мінеральних добривах та втрати рухомих елементів живлення (Zhang et al., 2016; Yu et al., 2014; Hooker et al., 2008).

Підвищення ефективності використання добрив у рослинництві суттєво залежить від синхронізму між потребою рослин в елементах живлення і їх надходження з різних джерел протягом вегетаційного періоду (Zhang et al., 2018). Дослідження з використанням методики ізотопу ^{15}N показало, що за використання сидератів, надходження азоту краще відповідає потребам культур у N на різних стадіях розвитку (Yang et al., 2015). Деструкція сидератів сприяє тривалішому втриманню у ґрунті елементів живлення (Glasener et al., 2002) та скороченню викидів парникових газів і забруднювачів повітря, збереженню води та ґрунту, завдяки втриманню рухомих поживних речовин у ґрунті (Zhou et al., 2016).

Позитивний вплив сидератів на ріст сільськогосподарських культур обумовлений не лише удобрювальним ефектом, а й поліпшенням агрофізичних властивостей ґрунту, таких як щільність, пористість, водопроникність (Mandal et al., 2003; Mishchenko, 2013, 2015, 2017; Hospodarenko & Lysjanskyi, 2015; Ustrov & Murzaev, 2020), структурно-агрегатний склад ґрунту (Linkov et al., 2015; Shalagina, 2019, 2020), стійкість ґрунту до вітрової та водної ерозії (Tzandur et al., 2011). Сидерати пригнічують ріст та розвиток бур'янів, які є потенційними конкурентами культурних рослин за площу живлення та поживні елементи (Zakharchenko & Mishchenko, 2017; Karpenko et al., 2019; Mishchenko et al., 2019; Mishchenko & Zakharchenko, 2019). Але вплив сидератів на агрофізичні властивості, розвиток ос-

новної культури залежить від погодних умов у роки досліджень (Postnikov, 2014; Kolodyazhny & Karabaev, 2020). Загортання сидеральної маси стримує накопичення грибкових, бактеріальних та вірусних захворювань сільськогосподарських культур, зокрема, картоплі (Alekseev & Kasatkin, 2020).

Комплексні дослідження європейського землеробства показали, що традиційний обробіток ґрунту чинить несприятливу дію на п'ять функцій ґрунту: первинну продуктивність, зв'язування вуглецю, колообіг поживних речовин та забезпечення ними рослини, регулювання водного режиму та очищення води, середовище для існування організмів (Ghaley et al., 2018). Глобальне потепління змінює водний режим, впливаючі на ферментативну активність ґрунту, яка, у свою чергу, впливає на колообіг поживних речовин (Kovacs et al., 2017).

Враховуючи вагомий фактор удобрення за вирощування картоплі, метою цього дослідження було дослідити часові зміни вмісту доступних для даної культури елементів живлення ґрунту за використання післяживної сидерації на фоні різних способів обробітку ґрунту.

Матеріали і методи досліджень. Польові дослідження проводились з 2005 по 2010 рр. на базі дослідного поля навчально-наукового виробничого центру Сумського національного аграрного університету (ННВК СНАУ) (34°43' сх. д. і 50°54' пн. ш. за Гринвічем). Властивості чорнозему типового дослідного поля на глибині 0–30 см становили: вміст гумусу – $3,9 \pm 0,3\%$, ґрунт характеризувався низьким ступенем забезпечення гідролізованим азотом – 101 мг/кг (за Корнфільдом), підвищеним вмістом рухомих сполук P_2O_5 і K_2O – відповідно 135 і 117 мг/кг ґрунту (за Чириковим).

Погодні умови у роки проведення досліджень різнилися як за зволоженням, так і за температурним режимом. За даний період спостерігали помітне потепління клімату – всі роки за середньорічною температурою повітря істотно перевищували багаторічний показник, екстремальними у цьому плані були періоди – 2005, 2007–2010 рр. (табл. 1).

Таблиця 1

Погодні умови періоду досліджень за даними метеостанції м. Суми, 2005–2010 рр.

Місяць	Температура повітря, °C								Кількість опадів, мм							
	середня багатор.	2005	2006	2007	2008	2009	2010	середня багатор.	2005	2006	2007	2008	2009	2010		
Січень	-6,8	-1,3	-9,0	0,4	-4,6	-5,0	-10,9	38,0	55,5	16,3	63,9	34,5	47,7	38,2		
Лютий	-6,3	-6,3	-9,0	-5,6	-1,1	-2,5	-4,0	30,0	42,5	48,4	52	14,9	47,7	77,2		
Березень	-1,2	-3,7	-1,2	5,4	4,8	1,4	-0,6	33,0	22,9	65,6	27,4	41,3	62,6	7,7		
Квітень	7,7	10,5	8,9	8,1	11,7	10,1	10,5	35,0	21,6	25,1	19,6	53,3	5,0	17,0		
Травень	15,1	19,0	15,2	18,4	14,6	15,6	18,9	51,0	18,2	127	41,6	60,6	71,7	34,5		
Червень	18,8	17,5	20,6	20,7	19,3	22,1	23,3	68,0	72,2	49,8	90,4	23,1	44,9	15,7		
Липень	19,5	21,2	20,7	21,7	21,6	21,9	26,2	73,0	69,0	58,0	37,4	134	164	114		
Серпень	19,2	21,4	20,9	23,4	22,0	18,4	25,7	64,0	18,8	105	9,7	78,5	33,0	7,8		
Вересень	13,3	16,2	14,8	14,7	13,9	16,7	15,2	44,0	5,3	80,0	79,0	24,0	9,4	71,7		
Жовтень	6,4	8,2	9,0	9,5	10,4	8,6	5,5	45,0	58,7	33,0	38,5	17,0	77,3	44,5		
Листопад	0,1	2,3	1,9	-0,1	2,9	4,1	7,2	45,0	89,9	15,5	42,9	39	50,3	61,4		
Грудень	-4,2	-3,0	1,1	-1,4	-2,4	-4,6	-3,5	44,0	65,4	10	20,7	32	75,2	85,4		
За період вегетації	15,6	17,6	16,9	17,8	17,2	17,5	20,0	335	205	445	278	373	328	261		
	± до багатор.	2,0	1,3	2,2	1,6	1,9	4,4		-130	110	-57	38	-7	-74		
За рік	6,81	8,51	7,81	9,60	9,42	8,88	9,47	570,0	540	634	523	552	689	576		
	± до багатор.	1,70	1,01	2,79	2,61	2,08	2,66		-30	64	-47	-18	119	6		

За вегетаційний період як суттєво жаркі до норми по-

казники температури повітря були у 2005–2009 рр., а екстремальні у 2010 р. Екстремально теплими до багаторічної

норми за температурним режимом були також післяжнивні періоди років досліджень.

Повноцінне використання теплових ресурсів регіону досліджень рослинами лімітується кількістю та рівномірністю випадання дощів. Аналіз кількості опадів показує, що у середньому за рік їх випало у три з 6 років менше багаторічної кількості. При цьому, випадання опадів не було рівномірним як за роками, так і за місяцями. Зокрема, 2009 р. був найбільш вологим, а 2007 р. – істотно посушливим. За вегетаційний період з років досліджень помітно посушливими були – 2005, 2007 та 2010 рр., найпомітніший недобір опадів спостерігали у 2005 р. – 110 мм. За післяжнивний період у роки досліджень кількість опадів була типовою до багаторічної з незначним не-

добором. Досить сприятливими за зволоженням у післяжнивний період був 2006 рік, а істотно посушливим – 2005 р., з недобором 70,2 мм вологи.

Польові і лабораторні дослідження виконувалися за загальноприйнятими методиками. Обліки й спостереження проводилися у триразовому повторенні перед загортанням сидерату (3 д. X), за вирощування буряків цукрових на час сівби (2 д. IV), змикання міжрядь (1 д. VII) та збирання (1 д. X), а за вирощування картоплі на час садіння (1 д. V), цвітіння (3 д. VI) та перед збиранням (3 д. VIII).

Схема досліду з визначення ефективності способів обробітку ґрунту за загортання післяжнивного сидерату редьки олійної при картоплі, 2005–2010 рр. наступна:

№ варіанта	Основне удобрення (фактор А)	Основний обробіток ґрунту (фактор Б)
1	післяжнивні рештки пшениці озимої 5,2 т/га – фон (контроль)	полицева оранка на глибину 28–30 см (контроль)
2		безполицевий обробіток на глибину 28–30 см
3		безполицевий обробіток на глибину 13–15 см
4		безполицевий обробіток на глибину 6–8 см
5	фон + післяжнивний сидерат редьки олійної 29,7 т/га	полицева оранка на глибину 28–30 см (контроль)
6		безполицевий обробіток на глибину 28–30 см
7		безполицевий обробіток на глибину 13–15 см
8		безполицевий обробіток на глибину 6–8 см

Площа посівної ділянки 96 м² (ширина 8 м, довжина 12 м), облікової ділянки – 60 м². Дослід закладено за методом розщеплених ділянок.

Вміст азоту, фосфору, калію й кальцію у рослинах сидератів визначали за Гінзбургом шляхом озолення з подальшим визначенням: азоту – колориметричним методом на фотоелектроколориметрі, користуючись при цьому синьо-фіолетовим світлофільтром, фосфору – на фотоелектроколориметрі у червоній або інфрачервоній ділянці спектра, калію й кальцію – на полуменовому фотометрі. Вміст у ґрунті лужно-гідролізованого азоту визначали за Корнфілдом, рухомих форм фосфору й калію – за Чиріковим.

Післяжнивний сидерат редьки олійної висівали на початку серпня і загортали у ґрунт наприкінці жовтня з подальшим вирощуванням у наступному році картоплі (сорт Словя-

нка) та буряків цукрових гібрид Уманський ЧС-97 за загальноприйнятною агротехнікою для умов Лівобережного Лісостепу з включенням у технологію елементів органічного землеробства.

Результати. Оптимальне живлення рослин залежить не лише від виду добрива, а й від способу та глибини обробітків ґрунту, проведених для його загортання. Редька олійна за час післяжнивного періоду вирощування 2005–2009 рр. сприяла мобілізації вищого вмісту гідролізованого азоту у шарах ґрунту 0–10 см – 118 мг/кг і 10–20 см – 109 мг/кг. Порівняно з контролем без посіву сидерату, різниця становила 13 і 11 % відповідно. Найпомітніше підвищення до контролю вмісту азоту на 14 мг/кг ґрунту встановлено в шарі ґрунту 0–10 см за вирощування післяжнивного посіву сидерату (рис. 1).

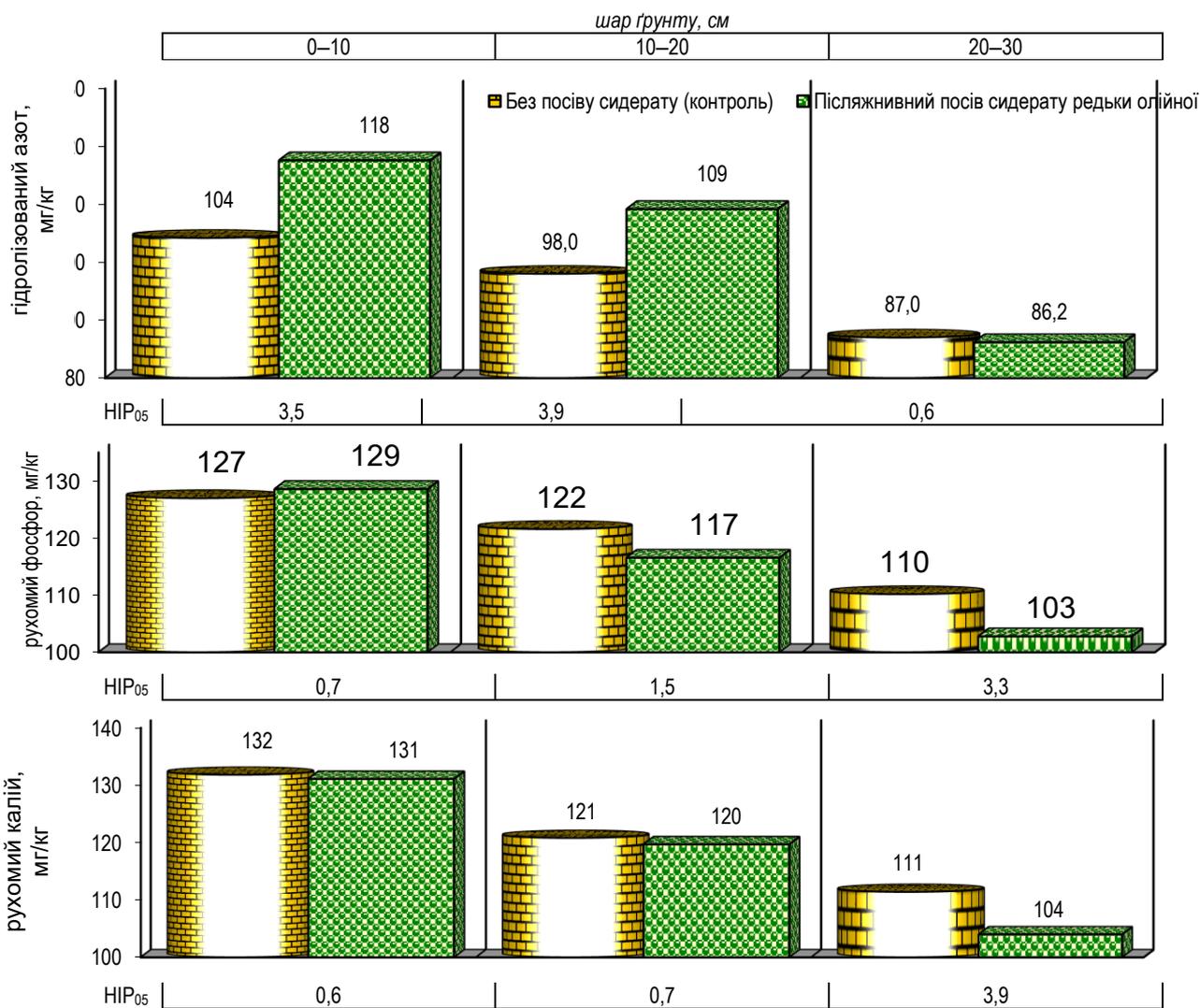


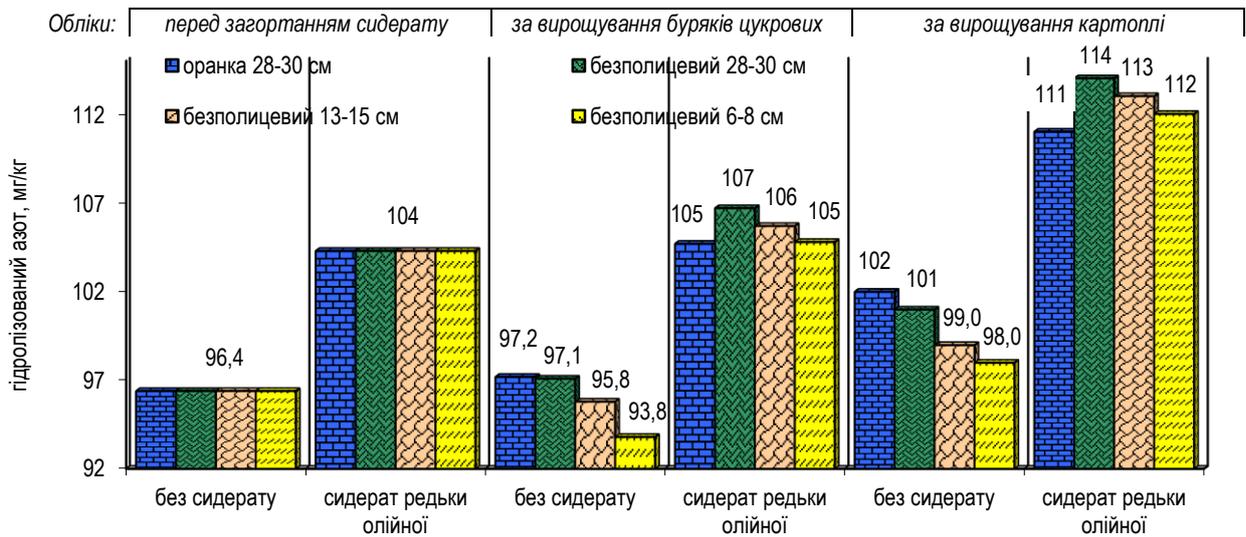
Рис. 1. Вміст елементів живлення за шарами ґрунту перед загортанням післяживного сидерату редьки олійної, середнє за 2005–2009 рр., мг/кг.

Значно вищий вміст доступних для рослин форм азоту до глибини 20 см обумовлений покращанням мікробіологічних процесів, внаслідок яких мобілізація поживних речовин переважала над виносом. В нижньому шарі 20–30 см вміст гідролізованого азоту під посівом редьки олійної визначено нижчим до контролю, оскільки діяльність ґрунтової біоти, задіяної у процесах переведення цього елемента у доступні форми, на глибині сповільнювалась і не компенсувала його споживання рослинами сидерату.

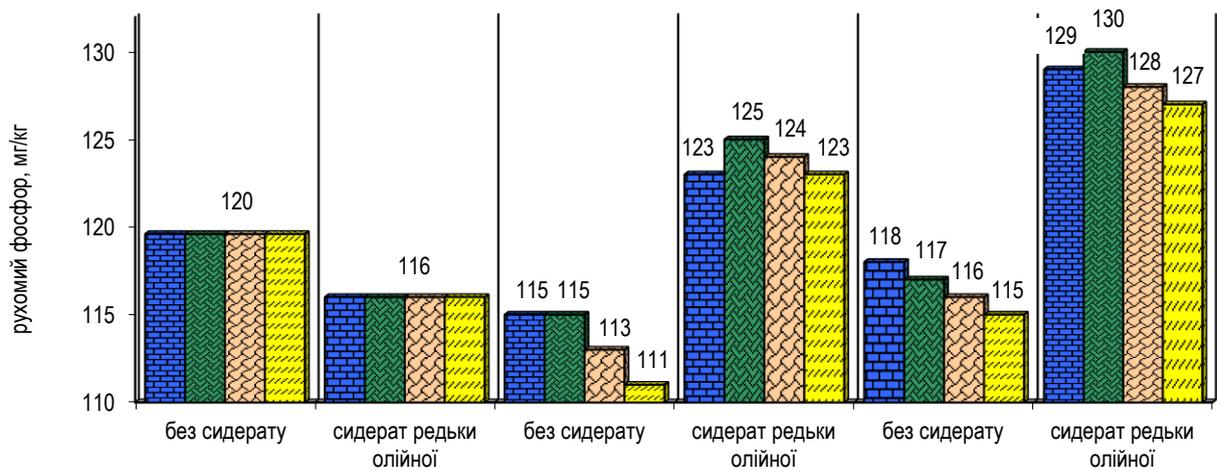
У верхньому 0–10 см шарі ґрунту на 1,6 мг/кг збільшувався вміст рухомого фосфору, порівняно до контролю без посіву сидерату, де перед загортанням сидерату рівень доступних фосфатів визначено на рівні 127 мг/кг. У глибших ша-

рах ґрунту 10–20 та 20–30 см вміст рухомого фосфору, внаслідок виносу його рослинами редьки олійної, істотно знижувався до контролю і становив 117 та 103 мг/кг. За період вирощування післяживної редьки олійної на сидерат вміст обмінного калію помітно поступався контролю без посіву сидерату; найменшу різницю між ними – 1,0 мг/кг визначено у верхньому шарі 0–10 см, а у шарі 20–30 см – найбільшу – 7 мг/кг.

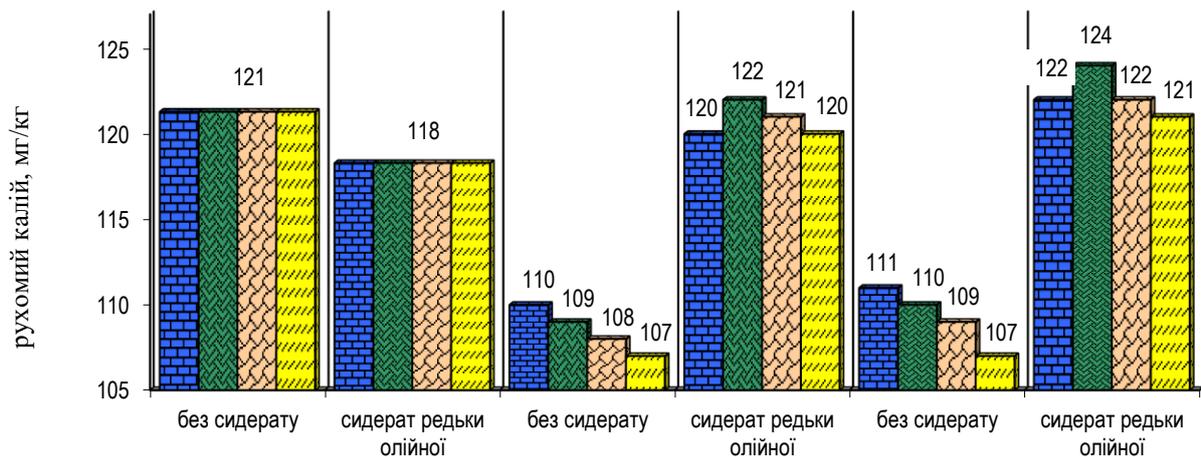
Таким чином, перед проведенням основного обробітку, післяживний посів редьки олійної на зелене добриво забезпечував на 8 % вищий вміст гідролізованого азоту до рівня 104 мг/кг, порівняно з безсидеральним фоном, та, споживаючи за період свого вирощування макроелементи з ґрунту, знижував на 2–3 % запаси доступних форм фосфору до 116 мг/кг і калію – до 118 мг/кг у шарі ґрунту 0–30 см (рис. 2).



НІР₀₅ сидерату / обробітку 2,2 0,6 / 0,8 1,1 / 1,5



НІР₀₅ сидерату / обробітку 1,7 0,5 / 0,8 0,7 / 1,0



НІР₀₅ сидерату / обробітку 1,3 0,5 / 0,7 0,7 / 1,0

Рис. 2. Вміст елементів живлення в шарі 0–30 см під тестовими культурами за різних фонів удобрення та обробітку, середнє за 2005–2010 рр., мг/кг.

Після проведених основних обробітків під тестові культури у 2007 р. за шарами ґрунту визначено найвищий вміст гідролізованого азоту – від 86,3 до 160 мг/кг, рухомих форм

фосфору – 100–163 і калію – 107–157 мг/кг. Найнижчі запаси доступних елементів живлення у ґрунтових шарах були у

2006 р.: азоту – 70,3–129 мг/кг, фосфору – 79,3–141 мг/кг і калію – 77,3–126 мг/кг.

У середньому за 2006–2010 рр. при вирощуванні буряків цукрових сидерат редьки олійної, порівняно з контролем без сидератів, забезпечив за всіх обробітків ґрунту підвищення у шарі 0–30 см вмісту гідролізованого азоту на 8–12 % до 105–107 мг/кг, рухомого фосфору – на 7–11 % до 123–125 мг/кг та калію – на 9–12 % до 120–122 мг/кг. Під посівами картоплі перевага сидерату до контролю більш виражена, що обумовило на фоні зеленого добрива вищий вміст азоту – 111–114 мг/кг, фосфору – 127–130 мг/кг, та калію – 121–124 мг/кг.

Загортання сидерату редьки олійної шляхом глибокого безполицевого обробітку на 28–30 см забезпечило в шарі ґрунту 0–30 см найвищий вміст поживних елементів. Цей спосіб загортання зеленого добрива редьки олійної надав суттєво вищу забезпеченість поживними елементами посіви тестових культур та різнився у межах похибки до безполицевого рихлення на глибину 13–15 см під картоплю за вмістом азоту (де його визначено 113 мг/кг) та до оранки на 28–30 см – за вмістом фосфору (129 мг/кг). Найвищу локалізацію елементів живлення до поверхні ґрунту визначено за безполицевого загортання сидерату на глибину 6–8 см у шарі ґрунту 0–10 см (табл. 2).

Таблиця 2

Вміст елементів живлення в шарах ґрунту під тестовими культурами за різних фонів удобрення та обробітку, середнє за 2006–2010 рр., мг/кг

Варіант		гідролізований азот			рухомий фосфор			рухомий калій		
фон удобрення	обробіток ґрунту	шар ґрунту, см								
		0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30
буряки цукрові										
без сидерату (контроль)	оранка 28–30	105	98,3	88,4	125	117	103	117	110	101
	безполицевий 28–30 см	110	97,3	83,7	131	115	97,6	122	108	97,7
	безполицевий 13–15 см	113	94,1	80,5	135	111	94,1	125	105	94,5
	безполицевий 6–8 см	117	86,0	78,5	139	106	89,5	127	103	90,9
післяживив ний сидерат редьки олійної	оранка 28–30	117	105	92,3	135	126	109	131	121	109
	безполицевий 28–30 см	126	105	89,7	143	124	107	139	120	107
	безполицевий 13–15 см	131	100	85,5	149	121	101	141	118	103
	безполицевий 6–8 см	136	96,5	82,2	154	116	98,1	143	116	100
НІР ₀₅ сидерату		0,9	1,0	1,0	0,8	0,7	1,0	0,9	0,8	0,8
НІР ₀₅ обробітку		1,3	1,4	1,4	1,1	1,0	1,4	1,2	1,1	1,1
картопля										
без сидерату (контроль)	оранка 28–30	109	102	93,7	125	120	109	119	112	103
	безполицевий 28–30 см	113	100	88,4	129	118	105	121	109	101
	безполицевий 13–15 см	116	97,5	84,3	133	114	102	123	107	96,9
	безполицевий 6–8 см	119	93,3	81,5	136	110	99,0	124	104	92,7
післяживив ний сидерат редьки олійної	оранка 28–30	122	111	98,8	139	131	115	131	124	111
	безполицевий 28–30 см	137	110	94,7	146	130	113	139	123	109
	безполицевий 13–15 см	142	108	88,6	150	127	107	140	120	105
	безполицевий 6–8 см	146	104	86,2	154	123	105	142	118	102
НІР ₀₅ сидерату		1,4	1,3	1,2	1,2	0,9	0,7	1,0	0,7	1,2
НІР ₀₅ обробітку		2,0	1,8	1,7	1,7	1,3	1,1	1,5	1,0	1,7

Збільшення глибини безполицевих обробітків зменшувало диференціацію розподілу добрив і рослинних решток під посівами, що суттєво знизило, порівняно з обробітком на 6–8 см, забезпеченість рослин поживними елементами 0–10 см шару ґрунту за безполицевих обробітків на глибину 13–15 та 28–30 см: по азоту – відповідно на 3–4 та 6–7 %, фосфору – 3 та 5–7 % і калію – 1 та 2–4 %.

Після полицевого обробітку добрива й рослинні рештки загорталися найрівномірніше у шарі ґрунту 0–30 см, що й обумовило за оранки сидерату редьки олійної під посівами буряків цукрових і картоплі найнижчий вміст у верхньому шарі 0–10 см гідролізованого азоту – 117 і 122 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору – 135 і 139 мг/кг та калію – 131 мг/кг. У нижніх шарах цей обробіток, порівняно з безполицевими, помітно підвищував запаси доступних елементів живлення, забезпечуючи на фоні зеленого добрива редьки олійної в шарах ґрунту 10–20 см і 20–30 см найвищий вміст гідролізованого азоту в полі з цукровими буряками – 105 і 92,3 мг/кг, рухомого фосфору – 126 і 109 мг/кг калію 121 і 109 мг/кг за вирощування буряків цукрових та картоплі – відповідно 111 і 98,8 мг/кг

(азоту), 131 і 115 мг/кг (фосфору) та 124 і 111 мг/кг (калію).

За вмістом елементів живлення у нижніх шарах ґрунту до полицевого обробітку найбільш наближався безполицевий на глибину 28–30 см, різниця між цими обробітками під посівами тестових культур на фоні сидерату редьки олійної визначена у межах 1–4 % і була не суттєва у шарі ґрунту 10–20 см за вмістом гідролізованого азоту і рухомого калію. Зменшення глибини безполицевих обробітків з 28–30 до 13–15 і 6–8 см призводило до помітного зниження вмісту у шарах ґрунту 10–20 та 20–30 см гідролізованого азоту – на 16–41 %, рухомого фосфору – на 14–36 %, і калію – на 13–30 %, порівняно з їх запасами у шарі 0–10 см.

У динаміці вирощування буряків цукрових і картоплі за безполицевого обробітку на глибину 28–30 см сидерального фону в шарі ґрунту 0–30 см визначено найвищий вміст гідролізованого азоту – в межах 94–117 і 109–120 мг/кг, рухомих форм фосфору – 110–134 і 120–137 мг/кг та обмінного калію – 101–133 і 108–134 мг/кг (рис. 3, 4).

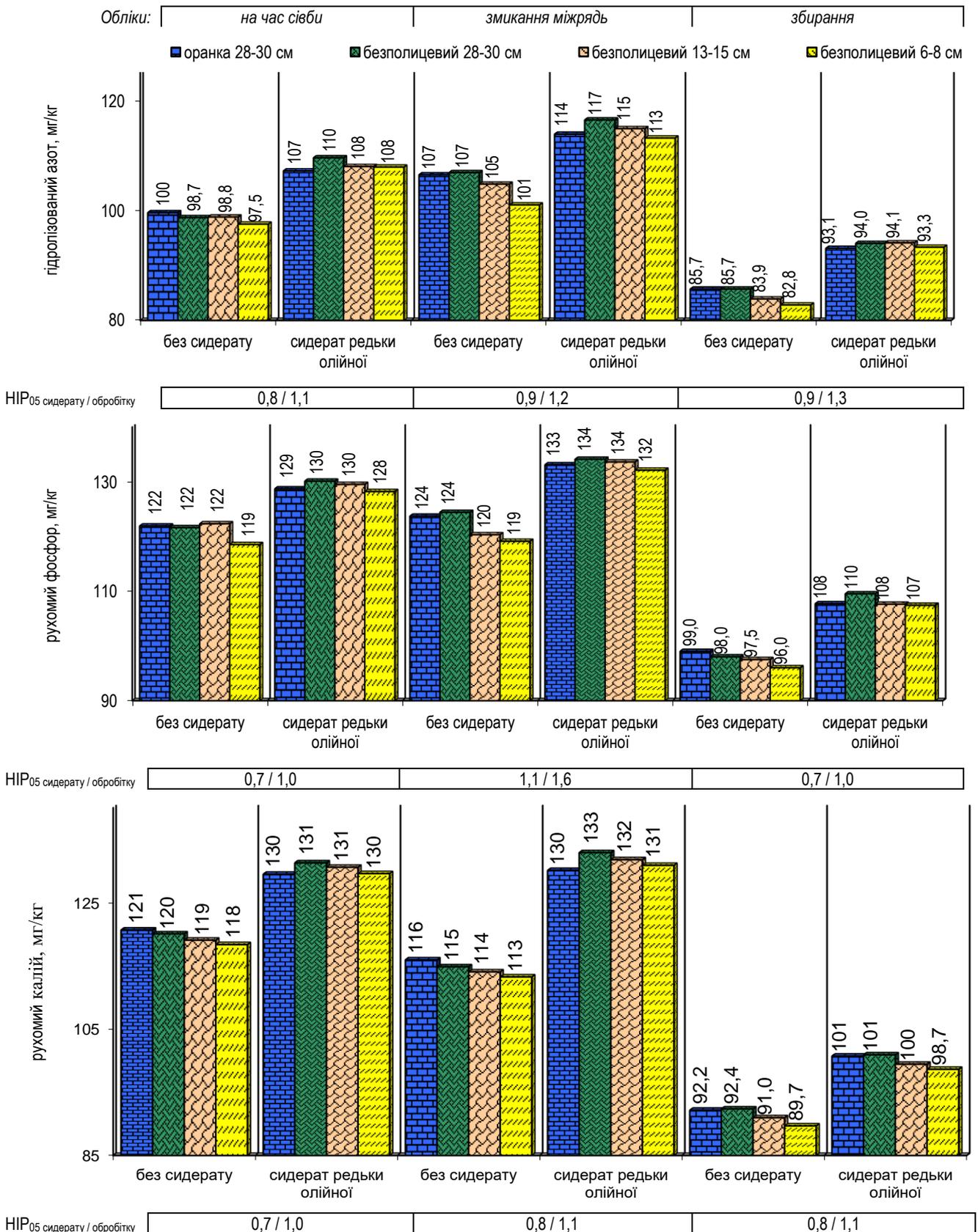


Рис. 3. Динаміка елементів живлення в шарі ґрунту 0–30 см під буряками цукровими за різних фонів удобрення та обробітку, середнє за 2006–2010 рр., мг/кг.

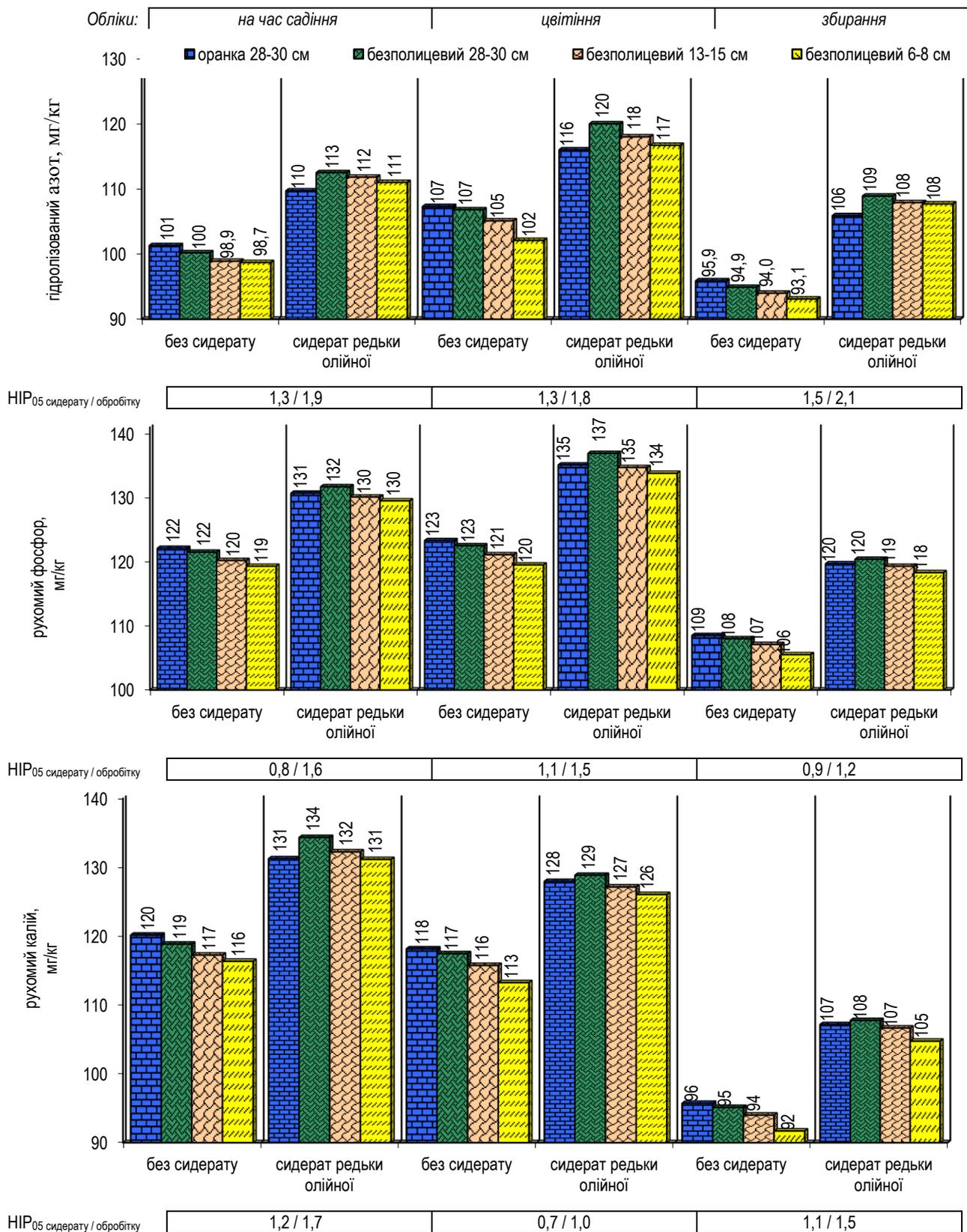


Рис. 4. Динаміка елементів живлення в шарі ґрунту 0–30 см під картоплею за різних фонів удобрення та обробітку, середнє за 2006–2010 рр., мг/кг.

Суттєва перевага цього способу загортання зеленого добрива до інших визначена на час сівби буряків цукрових за вмістом гідролізованого азоту та на час садіння картоплі – за калієм, в середині вегетації тестових культур за вмістом

азоту, а на час збирання буряків цукрових – за вмістом фосфору. Причиною цього були сприятливі умови для мінералізації сидерату редьки олійної, оскільки за безполицевого обробітку на глибину 28–30 см зелене добриво не так глибоко

загорталося, як за оранки, а кореневмісний шар ґрунту був найрозпушенишим, порівняно до решти безполицевих обробітків.

За ефективністю мобілізації в кореневмісному шарі ґрунту запасів поживних речовин з фітомаси сидерату редьки олійної до глибокого безполицевого обробітку на 28–30 см найбільш поступався поверхневий – на 6–8 см; різниця між ними за кількістю доступних елементів живлення визначена у межах 1–3 % та суттєво різнилася майже в усі строки обліку (окрім вмісту азоту на час садіння картоплі та збирання тестових культур).

Загортання сидерату редьки олійної шляхом проведення безполицевого обробітку на глибину 13–15 см, порівняно до поверхневого на 6–8 см, переважно не суттєво підвищувало вміст поживних елементів у шарі ґрунту 0–30 см, та наближало його до оранки, де за вирощування буряків цукрових і картоплі визначено гідролізованого азоту в межах 93,1–114 і 106–116 мг/кг, рухомих форм фосфору – 108–133 і 120–135 мг/кг та обмінного калію – 101–130 і 107–131 мг/кг.

При вирощуванні тестових культур за фону сидерату найвищий вміст гідролізованого азоту – 113–120 мг/кг та рухомого фосфору – 132–137 мг/кг у шарі ґрунту 0–30 см визначено в середині вегетаційного періоду. Максимальні запаси рухомого калію мали на час змикання міжрядь буряків цукрових – 130–133 мг/кг, а при вирощуванні картоплі – на час її садіння – 131–134 мг/кг. Найменшу кількість доступних для рослин форм азоту (83–96 мг/кг), фосфору (96–109 мг/кг) та калію (90–96 мг/га) визначено на фоні без сидерату перед збиранням врожаю. Така динаміка розподілу елементів живлення пояснюється максимальною їх мобілізацією внаслідок активної діяльності мікробіологічних процесів, пов'язаних з мінералізацією органічної речовини ґрунту у першій половині вегетаційного періоду та споживанням за період вирощування буряків цукрових і картоплі.

Застосування зеленого добрива редьки олійної забезпечувало значне збільшення у кореневмісному шарі ґрунту 0–30 см вмісту гідролізованого азоту (на 7,5–14,6 мг/кг), рухомого фосфору (на 6,8–14,3 мг/кг) і калію (на 8,6–15,5 мг/кг), порівняно з фоном без сидерату за всіх обробітків ґрунту.

Між фітомасою сидерату і запасами поживних речовин в шарі ґрунту 0–30 см встановлено прямий, середньої за

щільністю кореляційний зв'язок – за азотом $r = 0,65-0,32$ і фосфором $r = 0,57-0,30$, та тісною за калієм $r = 0,81-0,71$. За оранки була найбільша частка впливу фітомаси сидерату на вміст гідролізованого азоту – 42 %, рухомих форм фосфору – 33 % та обмінного калію – 66 %. Серед безполицевих обробітків найбільшу частку впливу зеленого добрива на вміст азоту й фосфору – 19 %, та калію – 61 %, мали за рихлення на глибину 28–30 см, а найменшу – за безполицевого рихлення на глибину 6–8 см – 10 % за азотом і фосфором та 51 % – за калієм.

У 0–10 см поверхневому шарі зниження вмісту рухомих форм елементів живлення за збільшення глибини безполицевого обробітку було помітнішим після зеленого добрива, де частка впливу глибини обробітку була вищою за вмістом фосфору калію на 8 і 15 % відповідно, порівняно з фоном без сидерату. Це пов'язано з кращою мобілізацією доступних форм фосфору та калію в шарі ґрунту 0–10 см за поверхневого загортання в ґрунт зеленої маси редьки олійної.

У шарах ґрунту 10–20 і 20–30 см між глибиною безполицевого обробітку і вмістом поживних елементів встановлено прямий кореляційний зв'язок. За застосування зелених добрив, порівняно з фоном без сидератів, у шарі ґрунту 10–20 см визначено менший вплив глибини безполицевого обробітку на вміст доступних форм азоту й фосфору ($r = 0,65$) та калію ($r = 0,79$), що пов'язано з удобрювальною, розпувальною та аеруючою дією органічної речовини рослин редьки олійної.

У шарі ґрунту 20–30 см за поглиблення обробітку при безполицевому загортанні зеленого добрива підвищувалась частка впливу глибини на вміст гідролізованого азоту (72 %), рухомого фосфору (53 %) і калію (85 %); різниця, порівняно з фоном без сидерату, становила відповідно 10, 23 та 4 %. Цей шар ґрунту був найбільш ущільненим і потребував глибокого механічного розпушення для покращання аерації та мінералізації органічної речовини сидерату. Якщо у шарі ґрунту 0–30 см основний обробіток під тестові культури мав вплив на вміст елементів живлення у межах 0,3–1,3 %, то зелене добриво редьки олійної суттєвіше впливало на доступні запаси поживних речовин – у межах 21,9–31,9 % (рис. 5).

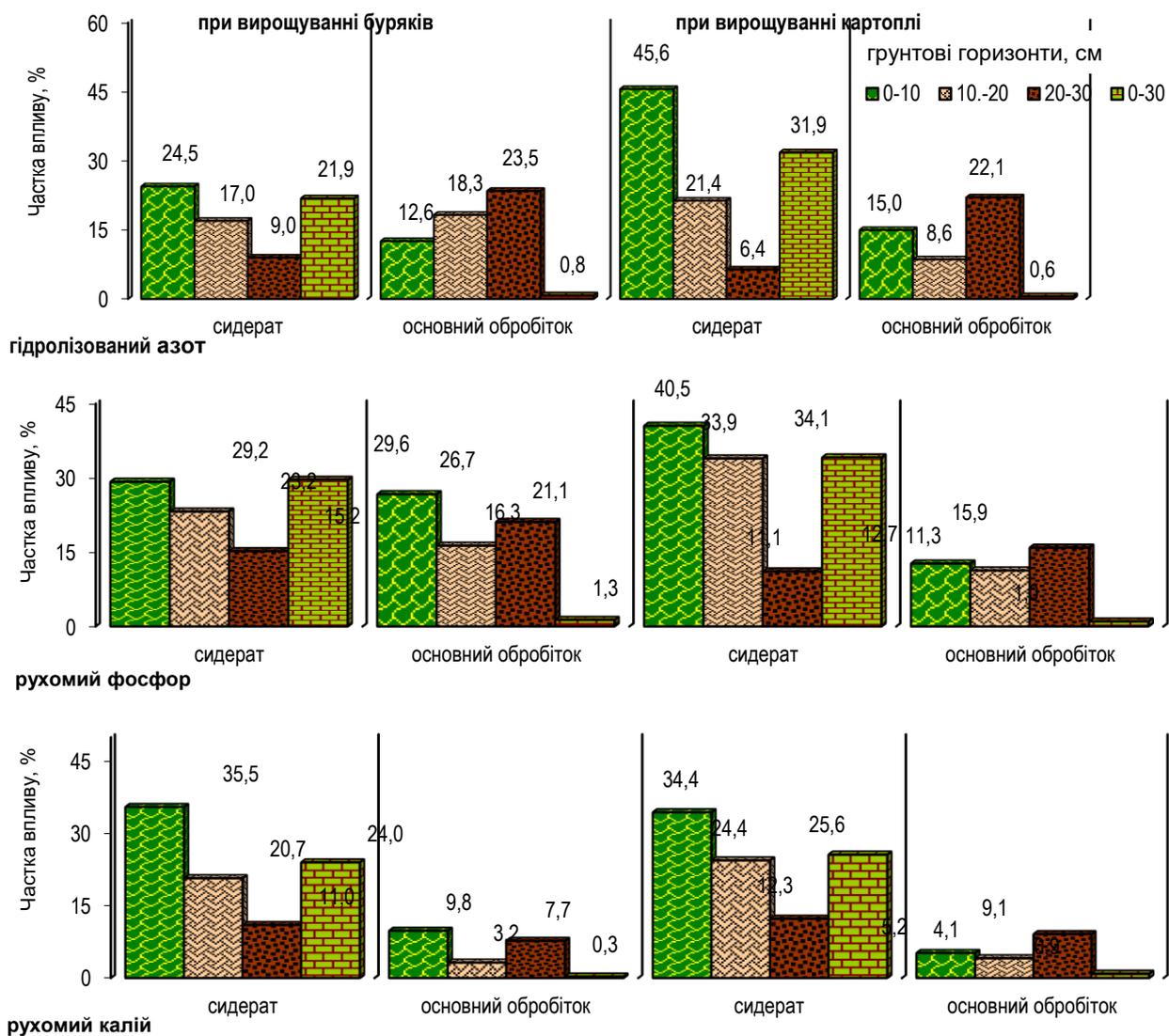
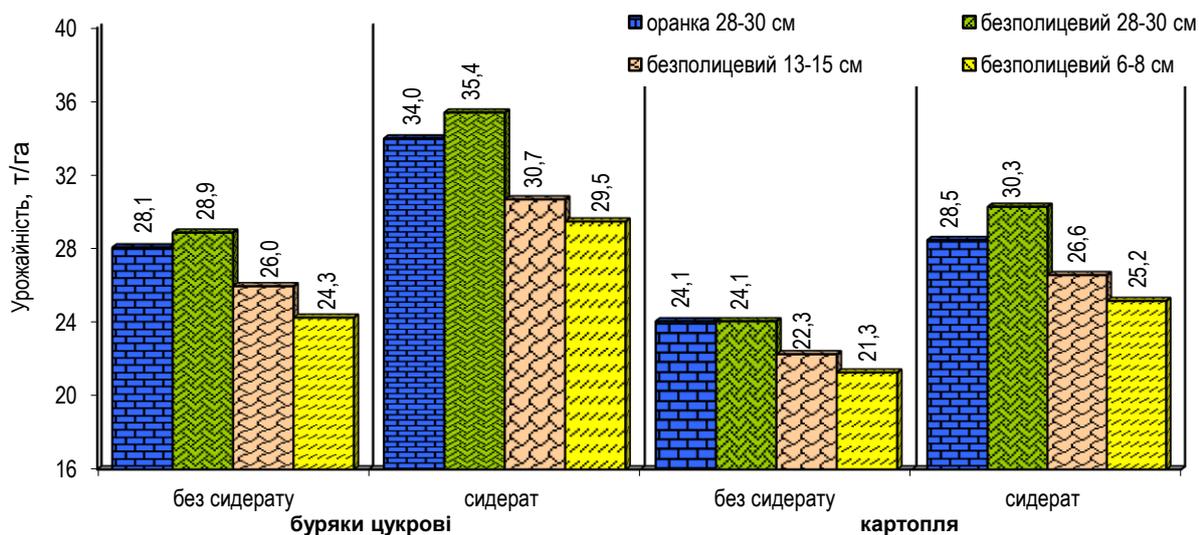


Рис. 5. Частка впливу післяжнивного сидерату та обробітку на вміст доступних форм елементів живлення, середнє за 2006–2010 рр., %.

Частка впливу сидерату на вміст під тестовими культурами гідролізованого азоту (24,5%), рухомого фосфору (29,2%) та калію (35,5%) була найвищою в шарі ґрунту 0–10 см, а в глибших шарах знижувалась в межах 6,4–15,2%. Найбільший вплив основного обробітку на вміст гідролізованого азоту (22,1%), рухомого фосфору (15,9%) та калію (9,1%) визначено під посівами картоплі у шарі ґрунту 20–

30 см, а за вирощування буряків цукрових у шарі ґрунту 20–30 см – на вміст азоту (23,5%), та у шарі 0–10 см – на вміст фосфору (26,7%) і калію (9,8%). Краща забезпеченість елементами живлення обумовила отримання більших врожаїв буряків цукрових та картоплі на фоні сидерату редьки олійної (рис. 6).



НІР₀₅ сидерату = 1,4, НІР₀₅ обробітку = 1,0 | НІР₀₅ сидерату = 0,7, НІР₀₅ обробітку = 1,0
Рис. 6. Вплив сидерату і способу основного обробітку ґрунту на урожайність тестових культур, середнє за 2006–2010 рр., т/га.

У середньому за 2006–2010 рр. у ґрунт на фоні без сидератів з побічною продукцією надходило азоту 75,4 кг/га, фосфору 55,4 кг/га і калію 97 кг/га; на фоні застосування зеленої маси редьки олійної надходило відповідно 211, 111 і 238 кг/га цих же макроелементів.

За балансом елементів живлення оцінюється агрохімічна ефективність елементів загортання післязливних решток і сидерату (табл. 3). Винос елементів живлення культу-

рами, як і величина їх урожайності, були найвищими за оранки та безполицевого обробітку ґрунту на глибину 28–30 см за застосування зеленого добрива; найнижчі показники виносу встановлено за проведення безполицевого рихлення на глибину 6–8 см на безсидеральному фоні. За вирощування буряків цукрових отримано більший винос азоту – на 23,9–31,8 кг/га, картоплі – фосфору й калію – на 4,4–11,5 і 17,1–59,6 кг/га.

Таблиця 3

Баланс елементів живлення під посівами просапних культур за різного фону удобрення та обробітків ґрунту, середнє за 2006–2010 рр.

Варіант		Надходження, кг/га			Винос урожаєм, кг/га			Баланс, кг/га			Інтенсивність балансу, %		
фон удобрення	обробіток ґрунту	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
буряки цукрові													
без сидерату	оранка 28–30 см	75,4	55,4	97	150	49,5	175	-74,3	5,9	-77,5	50,4	112	55,6
	безполицевий 28–30 см	75,4	55,4	97	150	49,7	175	-74,8	5,7	-77,7	50,2	112	55,5
	безполицевий 13–15 см	75,4	55,4	97	140	46,5	163	-65	8,9	-65,5	53,7	119	59,7
	безполицевий 6–8 см	75,4	55,4	97	132	43,7	156	-56,9	11,7	-58,6	57,0	127	62,3
сидерат редьки олійної	оранка 28–30 см	212	112	238	175	54,4	175	36,4	57,1	62,8	121	205	136
	безполицевий 28–30 см	212	112	238	177	54,9	177	34,4	56,6	60,8	119	203	134
	безполицевий 13–15 см	212	112	238	161	51,3	172	50,3	60,2	65,9	131	217	138
	безполицевий 6–8 см	212	112	238	155	49,8	164	56,2	61,7	74,3	136	224	145
картопля													
без сидерату	оранка 28–30 см	75,4	55,4	97	122	52,9	195	-46,8	2,5	-98	61,7	101	49,8
	безполицевий 28–30 см	75,4	55,4	97	122	53,0	195	-46,9	2,4	-98,1	61,7	101	49,7
	безполицевий 13–15 см	75,4	55,4	97	113	51,0	180	-37,7	4,4	-83,3	66,7	109	53,8
	безполицевий 6–8 см	75,4	55,4	97	108	49,0	173	-33,0	6,4	-75,7	69,5	113	56,2
сидерат редьки олійної	оранка 28–30 см	212	112	238	143	63,1	229	68,3	48,5	9,1	148	177	104
	безполицевий 28–30 см	212	112	238	152	66,4	237	59,8	45,1	1,3	139	168	101
	безполицевий 13–15 см	212	112	238	134	59,4	214	77,4	52,2	23,7	158	188	111
	безполицевий 6–8 см	212	112	238	127	56,7	203	84,3	54,8	34,6	166	197	117

Під буряками цукровими на контролі без сидератів баланс азоту був від'ємним і за безполицевого обробітку на глибину 6–8 см він був мінімальним - 56,9 кг/га. За глибокого безполицевого обробітку на 28–30 см дефіцит азоту збільшився до - 74,8 кг/га. На фоні сидерату встановлено позитивний баланс азоту відповідно за зазначеними обробітками – 56,2 і 34,4 кг/га. Подібні закономірності балансу азоту визначено і під картоплею.

Баланс фосфору на контролі без сидерату під буряками цукровими коливався в межах 8 кг/га. За сидерату редьки олійної він підвищувався в 7 разів, а під картоплею відповідно у 12 разів, що пов'язано з більшим виносом фосфору врожаєм бульб картоплі.

Баланс калію на контролі без сидерату під буряками цукровими був від'ємним і становив за безполицевого об-

бітку на 28–30 см та оранкою на ту ж глибину - 78 кг/га, за мілкою обробітку на 6–8 см дефіцит калію знижувався до - 59 кг/га. За внесення сидерату редьки олійної баланс калію був позитивний і за різних обробіток ґрунту підвищувався до 61–74 кг/га. У зв'язку з інтенсивним виносом калію врожаєм картоплі на контролі без сидерату дефіцит цього елемента за глибоких обробіток становив -98 кг/га, а за внесення сидерату він підвищувався та не перевищував 34 кг/га за безполіцевого обробітку на глибину 6–8 см.

Обговорення. За останні роки у разі зростає внесення неорганічного азоту в інтенсивних технологіях на посівах сільськогосподарських культур (Gu et al., 2015), тоді як показники урожайності вирощуваних культур зростають повільно. Часто сільськогосподарські виробники вносять добрив про запас у більших кількостях, ніж потребують сільськогосподарські культури, і цей дисбаланс поживних речовин, у свою чергу, посилює екологічні проблеми (Chen et al., 2011; Zhang et al., 2012). Таким чином, дуже важливо зменшити внесення хімічних добрив, одночасно зберігаючи або підвищуючи врожайність. Одним із реалістичних способів є заміна хімічних добрив N або P органічним зеленим добривом.

Бобові сидерати здатні фіксувати, накопичувати та вивільняти велику кількість азоту, тоді як небобові культури в основному використовуються для запобігання ерозії ґрунту, фіксування рухомих форм елементів живлення та зменшення їх вимивання у нижні горизонти (Tosti et al., 2012). В наших дослідженнях редька олійна за час післяжнивного періоду вирощування 2005–2009 рр. сприяла мобілізації у ґрунтового горизонті 0–30 см вищого вмісту гідролізованого азоту – 104 мг/кг, порівняно з контролем без посіву сидерату різниця становила 7,9 %.

Застосування зеленого добрива редьки олійної суттєво збільшило врожай картоплі та буряків цукрових (рис. 6) та краще забезпечувало їх макроелементами протягом всього періоду вирощування, демонструючи стимульоване зростання врожаю та поглинання елементів живлення, що узгоджувалося з іншими дослідженнями з використанням бобових або небобових сидератів (Yang et al., 201; Bai, et al., 2015; Zhang, et al., 2016; Liang et al., 2011). Але в ряді випадків, озимі сидерати (в тому числі ріпак озимий) при відновленні росту можуть проявляти себе як конкуренти основним культурам, наприклад, при вирощуванні картоплі (Carrera et al., 2005).

Дані рисунку 3 демонструють позитивний вплив сидерату на вміст макроелементів в орному шарі і наголошують на дієвості заміни неорганічних добрив застосуванням післяжнивного сидерату редьки олійної, що забезпечує суттєве покращення поживного режиму картоплі й буряків цукрових та підвищення їх врожайності, порівняно з контролем без внесення добрив.

Сидеральні культури мають різні коефіцієнти гуміфікації, співвідношення поживних елементів у надземній та підземній частинах. Внесення мінеральних добрив у різних співвідношеннях NPK та дозах зменшують ці коефіцієнти сидератів (Hospodarenko & Lysianskyi, 2016). Так, K. Habtegebral разом із співавторами (Habtegebral et al., 2007) повідомили, що способи обробітку ґрунту впливають на інтенсивність вивільнення елементів живлення та мають значний вплив на біологічний урожай культур. Вчені вказують, що за глибокого обробітку ґрунту покращується доступність поживних речовин та води для ефективного засвоєння елементів

живлення, що зумовлює отримання вищих врожаїв (Gomma et al., 2002; Gul et al., 2009; Habtegebral et al., 2007). J. D. Jabro та ін. (Jabro et al., 2010) виявили, що глибокий обробіток ґрунту призводить до зниження опору проникнення ґрунту шляхом розпушування глибокого шару ґрунту і, зрештою, призводить до кращого поглинання рухливих поживних речовин із глибокої глибини ґрунту, що і підтверджується результатами наших досліджень (рис. 3, 4).

За відмови від поліцевого обробітку ґрунту відмічено зниження втрат азоту, органічної речовини (Bahadar et al., 2007; Agostini et al., 2012; Basamba et al., 2006). Нами встановлено вищу концентрацію доступних форм елементів живлення за безполіцевого обробітку та при зменшенні його глибини. Так, у шарі ґрунту 0–10 см встановлено найвищий вміст гідролізованого азоту за вирощування буряків цукрових – 136 мг/кг і картоплі – 146 мг/кг, рухомого фосфору – 153 мг/кг і калію – 143 і 142 мг/кг відповідно (табл. 2). Вміст елементів живлення тісно корелював з глибиною безполіцевого загорання сидерату редьки олійної: тісний зворотній зв'язок за вмістом гідролізованого азоту ($r = -0,59$), рухомих форм фосфору ($r = -0,96$) та калію ($r = -0,94$) виявлено в шарі ґрунту 0–10 см.

Згідно прийнятих параметрів інтенсивність балансу вважається достатньою за вмісту азоту 80 %, фосфору 110 % та калію 80 %. За оранки і безполіцевих обробіток, на фоні без сидерату під буряками цукровими і картоплею баланс азоту і калію був наполовину меншим згідно прийнятого нормативу. Баланс фосфору визначено на рівні оптимуму під буряками цукровими і деяким зниженням під картоплею.

За внесення сидерату інтенсивність балансу основних елементів живлення була достатньою і коливалася під буряками цукровими за азотом від 119 до 136 %, а калієм 134–145 %. Відповідно під картоплею 139–166 % – азоту і 101–117 % – калію. Баланс фосфору при цьому був у 1,7–2,2 рази вищим від прийнятого нормативу. Отже, інтенсивність балансу за застосування сидерату редьки олійної при різних обробітках ґрунту наближається до оптимуму мінерального живлення, що не поступається традиційним добривам.

Висновки. В умовах Лівобережного Лісостепу України післяжнивний сидерат редьки олійної формував фітомасу – 29,1–29,7 т/га, та накопичував у ній азоту –136,1–144,4,1 кг/га, фосфору – 51,7–56,1 кг/га, калію – 140,9–157,1 кг/га і кальцію – 174,6–178,3 кг/га.

Застосування сидерату редьки олійної під буряки цукрові і картоплю сприяло зростанню вмісту в кореневмісному шарі ґрунту 0–30 см легкогідролізованого азоту – на 9,8–13,8 мг/кг, рухомого фосфору – на 8,0–13,8 мг/кг й обмінного калію – на 7,8–13,0 мг/кг, порівняно з неудобренням фоном.

Загорання сидерату редьки олійної шляхом безполіцевого обробітку глибиною 28–30 см забезпечувало за період вирощування буряків цукрових і картоплі найбільший вміст легкогідролізованого азоту – 106,7 і 113,8 мг/кг, рухомого фосфору – 124,6 і 129,6 мг/кг та обмінного калію –121,7 і 123,6 мг/кг.

Фітомаса сидерату найбільше впливала на вміст у кореневмісному шарі ґрунту 0–30 см азоту – 49–52 %, а найменше – фосфору – 24–25 %. Вміст елементів живлення більше залежав від післяжнивного сидерату редьки олійної – на 21,9–31,9 %, ніж основного обробітку – 0,3–1,3 %. Зелене до-

бриво редьки олійної мало вищу частку впливу на вміст елементів живлення за оранки – 33–66 % та безполицевого обробітку глибиною 28–30 см – 19–61 %.

Післяжнивний сидерат редьки олійної забезпечував позитивний баланс елементів живлення буряків цукрових і картоплі. Найбільш позитивний баланс елементів живлення – 34,6–84,3 кг/га мали на фоні сидерату за безполицевого об-

робітку на 6–8 см; зростання глибини безполицевого рихлення до 28–30 см наближало баланс до врівноваженого.

За безполицевого загортання сидерату редьки олійної на глибину 28–30 см отримано найвищу урожайність буряків цукрових – 35,4 т/га і картоплі – 30,3 т/га; різниця до оранки була суттєвою – на 1,4 і 1,8 т/га відповідно, як і до мілкого безполицевого рихлення ґрунту – на 4,7 і 3,7 т/га та поверхневого – на 5,9 і 5,1 т/га.

Бібліографічні посилання:

1. Chen, X., Cui, Z., Fan, M., Vitousek, P., Zhao, M., Ma, W., Wang, Z., Zhang, W., Yan, X., Yang, J., Deng, X., Gao, Q., Zhang, Q., Guo, S., Ren, J., Li, S., Ye, Y., Wang, Z., Huang, J., Tang, Q., Sun, Y., Peng, X., Zhang, J., He, M., Zhu, Y., Xue, J., Wang, G., Wu, L., An, N., Wu, L., Ma, L., Zhang, W., & Zhang, F. (2014). Producing more grain with lower environmental costs. *Nature*, 514, 486–489. doi: 10.1038/nature13609.
2. Yu, W., Elleby, C., & Zobbe, H. (2015). Food security policies in India and China: implications for national and global food security. *Food Security*, 7(2), 405–414. doi: 10.1007/s12571-015-0432-2
3. Vitousek, P. M., Naylor, R., Crews, T., David, M. B., Drinkwater, L. E., Holland, E., Johnes, P. J., Katzenberger, J., Martinelli, L.A., Matson, P. A., Nziguheba G., Ojima D., Palm C. A., Robertson G. P., Sanchez P. A., Townsend A. R. & Zhang F. S. (2009). Nutrient imbalances in agricultural development. *Science*, 324, 1519–1520. doi: 10.1126/science.1170261
4. Chen, X. P., Cui, Z. L., Vitousek, P. M., Cassman, K. G., Matson, P. A., Bai, J. S., Meng, Q. F., Hou, P., Yue, S. C., Römheld, V. & Zhang, Fu-Suo (2011). Integrated soil-crop system management for food security. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 108, 6399–6404. doi: 10.1073/pnas.1101419108
5. Zhou, J., Gu, B., Schlesinger, W.H., & Ju, X. (2016). Significant accumulation of nitrate in Chinese semi-humid croplands. *Sci. Rep.*, 6, 25088. doi:10.1038/srep25088
6. Zheng, X., Han, S., Huang, Y., Wang, Y. & Wang, M. (2004). Re-quantifying the emission factors based on field measurements and estimating the direct N₂O emission from Chinese croplands. *Glob. Biogeochem. Cycles*, 18(2). doi: 10.1029/2003GB002167
7. Xie, Z., Tu, S., Shah, F., Xu, C., Chen, J., Han, D., Liu, G., Li, H., Muhammad, I., & Cao, W. (2016). Substitution of fertilizer-N by green manure improves the sustainability of yield in double-rice cropping system in south China. *Field Crop Res.*, 188, 142–149. doi: 10.1016/j.fcr.2016.01.006
8. Thorup-Kristensen, K., Magid, J., & Jensen, L. S. (2003). Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. *Adv. Agron.*, 79, 227–302. doi: 10.1016/S0065-2113(02)79005-6
9. Yang, L., Cao, W., Thorupkristensen, K., Bai, J., Gao, S., & Chang, D. (2015). Effect of *Orychopragmus violaceus* incorporation on nitrogen uptake in succeeding maize. *Plant Soil Environ*, 61, 260–265. doi: 10.17221/178/2015-PSE
10. Bai, J., Cao, W., Xiong, J., Zeng, N., Gao, S., & Katsuyoshi, S. (2015) Integrated application of February Orchid (*Orychopragmus violaceus*) as green manure with chemical fertilizer for improving grain yield and reducing nitrogen losses in spring maize system in northern China. *J. Integr. Agric.*, 14, 2490–2499. doi: 10.1016/S2095-3119(15)61212-6
11. Thorup-Kristensen, K. (2001). Are differences in root growth of nitrogen catch crops important for their ability to reduce soil nitrate-N content, and how can this be measured? *Plant Soil*, 230, 185–195. doi: 10.1023/A:1010306425468
12. Zhang, D., Yao, P., Na, Z., Yu, C., Cao, W., & Gao, Y. (2016). Contribution of green manure legumes to nitrogen dynamics in traditional winter wheat cropping system in the Loess Plateau of China. *Eur. J. Agron.*, 72, 47–55. doi: 10.1016/j.eja.2015.09.012
13. Yu, Y., Xue, L., Yang, L. (2014). Winter legumes in rice crop rotations reduces nitrogen loss, and improves rice yield and soil nitrogen supply. *Agron. Sustain. Dev.*, 34, 633–640. doi: 10.1007/s13593-013-0173-6
14. Hooker, K. V., Coxon, C. E., Hackett, R., Kirwan, L. E., O’Keeffe, E., & Richards, K. G. (2008). Evaluation of cover crop and reduced cultivation for reducing nitrate leaching in Ireland. *J. Environ. Qual.*, 37, 138–145. doi: 10.2134/jeq2006.0547
15. Zhang, F., Cui, Z., Chen, X., Ju, X., Shen, J., Chen, Q., Liu, X., Zhang, W., Mi, G., & Fan, M. (2012). Integrated nutrient management for food security and environmental quality in China. *Adv. Agron.*, 116, 1–40.
16. Glasener, K. M., Waggener, M. G., Mackown, C. T., & Volk, R. J. (2002). Contributions of shoot and root nitrogen-15 labeled legume nitrogen sources to a sequence of three cereal crops. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66, 523–530. doi: 10.2136/sssaj2002.5230
17. Zhou, Z., Zhang, L., Cao, W., & Huang, Y. (2016). Appraisal of agro-ecosystem services in winter green manure-spring maize. *Ecol. Environ. Sci.* 2016, 25, 597–604. (In Chinese with English Abstract)
18. Mandal, U. K., Singh, G., Victor, U. S., & Sharma, K. L. (2003). Green manuring: Its effect on soil properties and crop growth under rice-wheat cropping system. *Eur. J. Agron.*, 19, 225–237. doi: 10.1016/s1161-0301(02)00037-0
19. Mishchenko, Y. H. (2013). Optymizacija shhilnosti gruntu pry vyroshhuvanni burjakiv cukrovyyh [Optimization of soil density in sugar beet cultivation]. *Visnyk SNAU. Serija : Agronomija ta biologija*, 11, 62–67 (in Ukrainian).
20. Mishchenko, Y. H. (2015). Vplyv pisljazhnyvnogo syderatu redky olijnoi ta obrobitku na vodopronyknist gruntu [The influence of after crop siderate of oil radish and cultivation on the permeability of soil]. *Visnyk SNAU. Serija : Agronomija ta biologija*, 9, 119–128 (in Ukrainian).
21. Mishchenko, Y. H. (2017). Pisljazhnyvni syderaty ta porystist gruntu [Green manure crop and porosity of the soil]. *Visnyk SNAU. Serija: Agronomija ta biologija*, 2, 61–69. (in Ukrainian).
22. Hospodarenko, G. M., & Lysjanskyi, O. L. (2015). Efektyvnist vykorystannja vohy ryznoudobrenymy syderalnymy paramy [The efficiency of moisture usage by differently fertilized green-manured fallows]. *Visnyk agrarnoi nauky Prychornomorja*, v. 2, tom 1,

ch. 2., 13–21 (in Ukrainian).

23. Ustroev, A. A., & Murzaev, E. A. (2020). Jeffektivnost ispolzovanija sideralnih kultur dlja razuplotnenija pochvy v tehnologii vzdelyvanija kartofelja [Efficiency of using seeder crops for uncomplacing soil in the technology of cultivation of potato]. *Agrarnye nauki*, 343(11), 101–104 (in Russian). doi: 10.32634/0869-8155-2020-343-11-101-104

24. Linkov, S. A., Akinchin, A. V., & Titovskaya, A. I. (2015). Izmenenie agrofizicheskikh svoystv pochvy i ee mikrobiologicheskoy aktivnosti pod vliyaniem sideralnih kultur [Change of agrophysical properties of soil and its microbiological activity under the influence of green manure crops]. *Sugar beet*, 10, 7–10 (in Russian).

25. Shalagina, N. M. (2019). Vliyanie odnoletnikh sideralnykh kultur v smeshannykh posevakh na agrofizicheskie svoystva pakhotnogo gorizonta pochvy i urozhainost kartofelya [Influence of Annual Green Manures in Mixed Crops on the Agrophysical Properties of the Plough-Layer and Potato Yield]. *Dalnevostochnyj agrarnyj vestnik*, 3, 91–96. (in Russian). doi: 10.25808/08697698.2019.205.3.016

26. Shalagina, N. M. (2020). Vliyanie odnoletnih sideralnih kultur v smeshannykh posevakh na plodorodie ocheroushchikh vulkanicheskikh pochv Kamchatki i urozhainost kartofelja v korotkorotacionnom sevooborote [The effect of annual green manures in the mixed crops on the fertility of ochorous volcanic soils of kamchatka and yield of potato in short crop rotation]. *Dalnevostochnyj agrarnyj vestnik*, 3(55), 83–90 (in Russian). doi: 10.24411/1999-6837-2020-13037

27. Tzandur, N. A., Druziak, V. V., & Burykina, S. I. (2011). Sideralnye pary Stepi Ukrainy [Green steam in the Steppe of the Ukraine]. *Pochvovedenie i agrohimija*, 1(46), 37–45 (in Russian).

28. Zakharchenko, E., & Mishchenko, Y. (2017). Impact of different tillage practices and green manure on physical properties of Chernozem soil. *Degradation and revitalization of soil and landscape*. 51.

29. Karpenko, O. Yu., Rozhko, V. M., Butenko, A. O., Masyk, I. M., Malynka, L. V., Didur, I. M., Vereshchahin, I. V., Chyrva, A. S., & Berdin, S. I. (2019). Post-harvest siderates impact on the weed littering of Maize. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(3), 300–303.

30. Mishchenko, Y. G., Zakharchenko, E. A., Berdin, S. I., Kharchenko, O. V., Ermantraut, E. R., Masyk, I. M., & Tokman, V. S. (2019). Herbological monitoring of efficiency of tillage practice and green manure in potato agroecosystem. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(1), 210–219.

31. Mishchenko, Y. H., & Zakharchenko, E. A. (2019). The effect of green manures on weediness of sugar beet. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Agronomy and Biology*, 4 (38), 41–49. doi: 10.32845/agrobio.2019.4.6

32. Postnikov, D. A., Temirbekova, S. K., Loshakov, V. G., Norov, M. S., & Kurilo, A. A. (2014). Sravnitel'naja agroekologicheskaja ocenka primeneniya tradicionnykh i perspektivnykh sideralnih kultur v usloviyakh Moskovskoy oblasti [Comparative evaluation of traditional agri-environmental and perspective green manure crops planting in the conditions of Moscow region]. *Dostizheniya nauki i tehniki agropromyshlennogo kompleksa*, 8, 39–43 (in Russian).

33. Kolodyazhny, A. G., & Karabaev, N. A. (2020). Nadzemnaya fitomassa pozhnivnykh sideralnih kultur na oroshaemykh pashnjah Chujskoy doliny Kyrgyzstana [Aboveground phytomass of green manure stubble crops on irrigated arable land in the Chui valley of Kyrgyzstan]. *Vestnik KazNU. Seriya biologicheskaja*, 85(4), 15–23 (in Russian). doi: 10.26577/eb.2020.v85.i4.02.

34. Alekseev, V. A., & Kasatkin, S. A. (2020). Otyzychivost otechestvennykh i zarubezhnykh sortov kartofelja na ispolzovanie sideratov [Reaction of domestic and foreign potato varieties to green manure]. *Vladimirskij zemledec*, 2(92). (in Russian). doi: 10.24411/2225-2584-2020-10117.

35. Ghaley, B. B., Rusu, T., Sandén, T., Spiegel, H., Menta, C., Visioli, G., O'Sullivan, L., Gattin, I. T., Delgado, A., Liebig, M. A., Vrebos, D., Szegi, T., Michéli, E., Caccovean, H., & Henriksen, C. B. (2018). Assessment of Benefits of Conservation Agriculture on Soil Functions in Arable Production Systems in Europe. *Sustainability*, 10, 794. doi: 10.3390/su10030794

36. Kovacs, E. D., Szajdak, L., & Rusu, T. (2017). Climate change associated meteorological anomalies impact on soil nutrients cycle and dynamics. 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. Book 32, 17, 69–76. doi: 10.5593/sgem2017/32/S13.010

37. Gu, B., Ju, X., Chang, J., Ge, Y., & Vitousek, P. M. (2015). Integrated reactive nitrogen budgets and future trends in China. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 112, 8792. doi: 10.1073/pnas.1510211112

38. Tosti, G., Benincasa, P., Farneselli, M., Pace, R., Tei, F., Guiducci, M., & Thorup-Kristensen, K. (2012). Green manuring effect of pure and mixed barley-hairy vetch winter cover crops on maize and processing tomato N nutrition. *Eur. J. Agron.*, 43, 136–146. doi: 10.1016/j.eja.2012.06.004

39. Liang, B., Yang, X., He, X., & Zhou, J. (2011). Effects of 17-year fertilization on soil microbial biomass C and N and soluble organic C and N in Loessial soil during maize growth. *Biol. Fertil. Soils*, 47, 121–128. doi: 10.1007/s00374-010-0511-7

40. Carrera L. M., Morse R. D., Hima B. L., Abdul-Baki A. A., Haynes K. G. & Teasdale J. R. (2005). Conservation-Tillage, Cover-Cropping Strategy and Economic Analysis for Creamer Potato Production. *Amer. J. of Potato Res.*, 82, 471–479.

41. Hospodarenko, G. M., & Lysianskyi, O. L. (2016) Changes in organic part of the soil and acid-base balance depending on green manure fertilization in podzolized chernozem. *Agricultural Science and Practice*, 3(2). doi: 10.15407/agrisp3.02.011

42. Habtegebrial, K., Singh, B.R., & Haile, M. (2007). Impact of tillage and nitrogen fertilization on yield, nitrogen use efficiency of tef *Eragrostis*, Trotter and soil properties. *Soil & Tillage Res.*, 94, 55–63. doi: 10.1016/j.still.2006.07.002

43. Gomma, M. R., Gibbons, A. K., & Ei, D. (2002). Maize grain yield as influenced by nitrogen levels with and without organic manures under different tillage systems. *Annals Agric. Sci.*, 40, 723–739. doi: 10.4067/S0718-95162017005000019

44. Gul, B., Marwat, K.B., Hassan, G., Khan, A., Hashim, S., & Khan, I.A. (2009). Impact of tillage, plant population and mulches on biological yield of maize. *Pak. J. Bot.* 41, 2243–2249.

45. Jabro, J. D., Stevens, W. B., Iversen, W. M., & Evans, R. G. (2010). Tillage depth effects on soil physical properties, sugarbeet yield and sugarbeet quality. *Communic. Soil Sci. Plant Anal.*, 41, 908–916. doi: 10.1080/00103621003594677
46. Bahadar, K. M., Arif, M., & Khan, M. A. (2007). Effect of tillage and zinc application methods on weeds and yield of maize. *Pak. J. Bot.*, 39, 1583–1591.
47. Agostini, M. A., Studdert, G. A., Martino, S. S., Costa, J. L., Balbuena, R. H., Ressia, J. M., Mendivil, G. O., & Lázaro, L. (2012). Crop residue grazing and tillage systems effects on soil physical properties and corn (*Zea mays* L.) performance. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(2), 271–282. doi: 10.4067/S0718-95162012000200007
48. Basamba, T. A., Barrios, E., Zquita, E. A., Rao, I. M., & Singh, B. R. (2006). Tillage effects on maize yield in a Colombian savanna oxisol: Soil organic matter and P fractions. *Soil & Tillage Res.*, 91, 131–142.

Mishchenko Y. H., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Zakharchenko E. A., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Masyk I. M., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

INFLUENCE OF GREEN MANURE (OILSEED RADISH) AND TILLAGE PRACTICES ON NUTRIENTS DYNAMICS OF CHERNOZEM CALCIC DURING ARABLE CROPS GROWTH

*The article presents and briefly discusses the results of an investigation of the effectiveness of green manure made from oilseed radish (*Raphanus sativus* L.) following sugar beet and potatoes. In a field experiment, conducted in 2005–2010 years in Sumy National Agrarian University, we examined four mechanical methods: ploughing to a depth of 28–30 cm (conventional tillage), sweep ploughing to a depth of 28–30 cm, disking to a depth of 14–16 cm and 4–6 cm. The soil is determined as chernozem calcic (typical) medium loam (low humic, slight acid). The research area belongs to the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine. Green manure was sown after harvesting spring barley and incorporated in late October.*

The use of green manure significantly improves the nutrients regimes of calcic chernozem during sugar beets and potatoes cultivation: the content of hydrolyzed nitrogen in the soil layer of 0–30 cm increased by 9.8–13.8 mg/kg, mobile phosphorus – by 8.0–13.8 mg/kg and exchangeable potassium by 7.8–13.0 mg/kg related to other fertilized variants. Sweep ploughing to a depth of 28–30 cm resulted in increasing of hydrolyzed nitrogen content by 106.7 and 113.8 mg/kg, mobile phosphorus – 124.6 and 129.6 mg/kg and exchangeable potassium – 121.7 and 123.6 mg/kg.

The phytomass of green manure had the highest effect on the rising of nitrogen content – 49–52 %, and the least effect was received for phosphorus – 24–25 %. Incorporation of green manure by classic tillage and sweep ploughing had a greater effect on N and P content – by 33–66 % and 19–61 % respectively. The best yields of of sugar beets – 35.4 t/ha and potatoes – 30.3 t/ha have been provided by using of green manure and sweep ploughing that is respectively plus 1.4 and 1.8 t/ha related to variants with conventional ploughing. It means also plus 4.7 i 3.7 t/ha related to variants with disking to a depth of 14–16 cm; 5.9 i 5.1 t/ha in comparison with disking to a depth of 4–6 cm.

The highest intensity of nitrogen and potassium balance growing sugar beets and potatoes was provided by green manure – 114.9 and 136.0 % and 135.7 and 101.7 %, respectively. Use of oilseed radish and sweep ploughing to a depth of 28–30 cm result in the positive nutrients balance that is closer to the equilibrium balance.

Key words: green manure, tillage, nutrients, yield, sugar beet, potatoes, oilseed radish.

Дата надходження до редакції: 01.10.2020 р.

ВОДНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТІВ ПІД ПОСІВАМИ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Петренко Сергій Володимирович

аспірант

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0002-9145-1418

s27910@ukr.net

Представлено результати екологічних випробувань гібридів кукурудзи української селекції за різних методів основного обробітку ґрунту (полицевий обробіток на глибину 25–27 см, безполицевий обробіток на глибину 14–16 см, без обробітку). Дослідження проводились на дослідному полі відділу землеробства Інституту сільськогосподарства Північного Сходу України на чорноземі типовому середньосуглинковому на лесі (вміст гумусу за Тюріном 4,1–4,7 %, рН_{KCl} 6,0, рН_{вод.} 7,9). 2018–2020 роки досліджень були значно теплішими за середньобагаторічні показники протягом травня–вересня. Було встановлено, що погодні умови вегетаційного періоду кукурудзи у середньому для 2018–2019 років характеризувались як дуже посушливі (гідротермічний коефіцієнт Сеянинова ГТК становив 0,57) з коливанням від дуже посушливих у 2018 та 2019 (ГТК = 0,45–0,46) до посушливих у 2020 (ГТК = 0,80). Виявлено, що величина загального споживання води не залежала від способів обробітку ґрунту і, за інших рівних факторів, визначалася загальною кількістю опадів і становила від 245,4–252,2 мм з опадами 110,4 мм до 319,1–321,4 мм при 230 мм. Встановлено, що частка впливу атмосферних опадів у структурі сумарного водоспоживання залежить від їх величини і якщо при опадах 110,4 мм вона складала 44,2–45,0 %, то при 230,0 мм – 71,6–73,1 %. При цьому, частка сумарного водоспоживання з 0–50 см шару ґрунту не залежала від опадів і у середньому становила 0,77–0,79.

У 2018–2020 рр. гібриди кукурудзи української селекції на фоні внесення добрив у нормі N₁₀₀P₄₅K₄₅ сформували досить високі врожаї (9,40–7,78 т/га) з достовірною залежністю від ФАО. Урожайність гібриду Донор (FAO 310) не залежала від обробітку ґрунту, тоді як гібриди Зоряний (FAO 190) та Лелека (FAO 260) дали найвищі врожаї на оранці, суттєво не реагуючи на інші способи основного обробітку ґрунту. Гібрид Донор сформував статистично однаковий урожай за всіма варіантами у всі роки досліджень.

Ключові слова: гібриди кукурудзи, атмосферні опади, продуктивна волога в ґрунті, способи основного обробітку ґрунту, сумарне водоспоживання, урожайність.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.3.3>

Вступ. В останні десятиріччя проблема вологозабезпеченості посівів кукурудзи в умовах природного зволоження та його вплив на урожайність, залежно від способів основного обробітку ґрунту, стоїть доволі гостро як в Україні, так і у світі в цілому (Malyarchuk et al., 2015). При цьому оцінюється роль, місце та кількісна залежність умов природного зволоження на величину сумарного водоспоживання, його структуру з різних шарів ґрунту, та частка в її структурі атмосферних опадів.

Основний обробіток ґрунту є одним із елементів технології вирощування сільськогосподарської культури, який можна характеризувати двома особливостями. По-перше, цей елемент, залежно від прийнятого способу, може виявитися одним із найбільш вартісних у технології вирощування (Masyk & Zakharchenko, 2017), що при економічному оцінюванні буде істотно впливати на вибір оптимального варіанту. З іншого боку, за умов застосування гербіцидів (Tkalic, 2017), різні способи основного обробітку ґрунту так чи інакше впливають на формування водного режиму ґрунтів, забезпечуючи при цьому ефект від використання ресурсу води через можливий приріст урожайності культури (Karbivska et al., 2020; Karpenko et al., 2020; Sobko, et al., 2020). Одним із головних питань є правильний підбір гібридів кукурудзи для отримання максимального врожаю для даної зони вирощування, де можна використовувати гібриди з вищим ФАО, що може більш раціонально використовуватися під різні строки вирощування гібридів кукурудзи (Rykhivskyu et al., 2017; Shtukin & Onychko, 2015; Mokriyenko et al., 2017).

Не викликає сумніву, що ефект від оптимізації водного

режиму ґрунтів визначається, перш за все, погодними умовами вегетаційного періоду культури і, відповідно, забезпеченістю вологою (Byelov, 2018; Kharchenko et al., 2017). Отже, існуюча тенденція до аридизації кліматичних умов вимагає постійного уточнення вказаного ефекту від способів основного обробітку ґрунту залежно від гідротермічних умов кожного року (Masyk et al., 2020; Vozhehova et al., 2015).

У зв'язку з нестійкими оптимальними запасами ґрунтової води, нерівномірним випаданням опадів у період вегетації кукурудзи важливо встановити закономірності структури водоспоживання кукурудзи залежно від вологозабезпечення вегетаційного періоду (Kurulyuk, 2019; Pysarenko et al., 2017). Загально відомо, що сумарне водоспоживання залежить від урожайності культури, тривалості вегетаційного періоду та гідротермічних умов (Nosov, 2014; Kharchenko et al., 2020). Як зазначається у монографії В. М. Писаренка разом із співавторами (Pysarenko et al., 2020), нагальним є створення посухостійких гібридів, пошук оптимальної технології вирощування культур. Скоростиглість гібридів значно впливає на морфологічні показники та урожайність зерна кукурудзи (Rykhivskyu et al., 2017). Наприклад, в умовах Кам'янець-Подільського, урожайність зерна кукурудзи отримували більше 1 т/га на чорноземі типовому середньосуглинковому, але найбільшу урожайність одержали при вирощуванні румунського гібриду з ФАО 200, а кращі посівні якості мав український гібрид з ФАО 315. Н. А. Штукін та В. І. Оничко (Shtukin & Onychko, 2015) підкреслюють недоцільність використання гібридів з ФАО 100-149 та 400-599 в умовах

північно-східного Лісостепу України. Зі зміною клімату про доцільність вибору гібридів з середнім ФАО говорять і на Закарпатті, яке має достатнє зволоження (Mokriyenko et al., 2017). Гібриди з різним ФАО мають різні цифри у водоспоживанні, також на цей показник впливає і густина стояння рослин (Monneveux et al., 2006; Holod et al., 2019; Kramarov et al., 2006; Palamarchuk, 2018).

Дефіцит вологи на початку росту пізніх культур дає перевагу багаторічним бур'янам у посівах, які є конкурентами сільськогосподарській культурі у споживанні поживних елементів та воді (Mischenko, Y. G., Masik I. M., 2017; Mishchenko et al., 2019; Mishchenko & Zakharchenko, 2019).

В. М. Писаренка разом із співавторами (Pysarenko et al., 2020) зазначають, що у Лісостепу трапляються посухи 1–2 рази на десятиріччя і проблем із вологозабезпеченням сільськогосподарських культур раніше не було. В принципі і зараз кількість опадів значною мірою не відрізняється від ранішніх періодів, але змінився характер випадіння опадів і температурний режим.

Вологозабезпечення рослини також залежить і від структурно-агрегатного, гранулометричного складу ґрунту, щільності ґрунту, які створюються при обробітці ґрунту, від рельєфу місцевості, від вмісту органічної речовини і т.д. (Medvedev, 2011; Zakharchenko et al., 2016; Melnik et al., 2015; Zakharchenko & Mischenko, 2017; Zakharchenko & Datsko, 2018; Zumaroeva & Pysarenko, 2019). В цілому ми бачимо, що література за обраним напрямком дослідження є, але потреба у подальшому удосконаленні питань вологозабезпеченості кукурудзи достатньо висока. Тому метою наших досліджень є визначення впливу способів основного обробітку ґрунту на водоспоживання посівів сучасних гібридів кукурудзи в умовах північно-східного Лісостепу.

Матеріали і методи досліджень. Під час досліджень використані такі методи досліджень як польові, лабораторні та комбіновані на основі методик, розроблених провідними науковими установами НААН України. Дослідження проводились з 2018 по 2020 роки в стаціонарному польовому досліді відділу землеробства Інституту сільського господарства Північного Сходу на чорноземі типовому крупнопилувато-середньосуглинковому на лесових породах. Орний шар ґрунту (0–20 см) має такі агрохімічні показники: гумусу за Тюрнімом 4,1–4,7 %, рН сольове 6,0, рН водне 7,9, вміст легкогідролізованого азоту за Корнфілдом – 11,2, рухомих сполук P_2O_5 та обмінного калію K_2O за Чириковим відповідно 11,8 і 10,0 мг на 100 г ґрунту. Гранулометричний склад ґрунту за Качинським: у шарі 0–20 см фізичної глини (часток 0,05–0,01) 49,1–52,1 %, мулу (часток менше 0,001 мм) 23,4–25,5 %.

Повторення дослідів трикратне, площа ділянки у досліді 25 м². Основні елементи технології вирощування загальноприйнятні для зони північно-східного Лісостепу України.

Дослід супроводжувався комплексом супутніх спостережень і аналітичних досліджень (Maliyenko et al., 2017), в даній статті приведені дані щодо вологозабезпеченості ґрунту. Відбір зразків ґрунту на визначення польової вологості здійснювався ґрунтовим буром Качинського до глибини 1 м

кожні 10 см. Польова вологість ґрунту визначалася в лабораторії гравіметричним методом, запаси продуктивної вологи розраховувалися з урахуванням щільності ґрунту та вологості в'янення. Отримані дані оброблені статистично (Ushkarenko, 2008).

У досліді фактор А – різноглибинний обробіток ґрунту із застосуванням плуга, а також безполіцевого комбінованого обробітку КЛД-2,0, АГ-2,4-20.

1. Обробіток поліцевий ПН 3-35 на глибину 20–22 см.
2. Обробіток безполіцевий КЛД 2,0 на глибину 14–16 см.
3. Обробіток безполіцевий АГ 2,4 на глибину 14–16 см.
4. No-till (без обробітку ґрунту).

Фактор Б – гібриди кукурудзи (3 гібриди): Зоряний (ФАО 190), Лелека (ФАО 260), Донор (ФАО 310). Сівба здійснювалася сівалкою Джон Дір, попередник – озима пшениця.

Оригіномом всіх гібридів є Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України. Норма висіву насіння кукурудзи 70 тис. шт./га, внесення добрив 190 кг д.р./га ($N_{100}P_{45}K_{45}$) здійснювалося на всіх варіантах. При сівбі вносилися нітроамофоска 200 кг, протягом вегетації у фазах 3–5 та 7–8 листків позакореневе підживлення по 9 кг.

Результати. Загальна гідротермічна характеристика вегетаційного періоду за роки досліджень, порівняно з середньо-багаторічними даними (норма), яка наведена у табл. 1, показує, що за основними показниками погодні умови суттєво різнилися як по роках.

Перш за все, слід зазначити, що роки проведення досліджень (2018–2020 рр.) були істотно теплішими, а різниця в сумах температур між фактичними і середніми коливалася від 475 °С (2018 р.) до 257 °С (2020 р.). При цьому, у середньому за три роки, фактичне перевищення температури повітря над норми складало 368 °С і зафіксовано в усі роки досліджень в усі місяці, за виключенням травня 2020 р. (табл. 1). Отже, наведені дані дозволяють стверджувати, що, з точки зору температурного режиму, вегетаційні періоди за роки досліджень були набагато теплішими за норму. При цьому найбільш теплим був 2018 р., а найбільш прохолодним – 2020 р.

Аналіз забезпеченості ресурсами вологи, що, у даному випадку, представлено атмосферними опадами, однозначно вказує на те, що у роки досліджень в усі місяці сума атмосферних опадів була меншою за норму, за виключенням травня 2020 р. Слід зазначити, що за 2018 і 2019 рр. сума опадів склала відповідно 142,9 мм та 141,9 мм, що більш ніж у два рази менше норми (304,0 мм). В 2020 р. за травень–вересень опадів випало 236,9 мм, що на 67,1 мм менше норми. В середньому за три роки за період вегетації (травень–вересень) сума атмосферних опадів склала 173,9 мм, що відповідає 57,2 % від норми. Таким чином, з точки зору забезпечення вологою найбільш сухими умовами характеризується вегетаційний період 2018 р., а найбільш вологими – 2020 р.

Таблиця 1

Характеристика гідротермічних умов вегетаційного періоду 2018–2020 рр.

Показники	Місяці					За період
	V	VI	VII	VIII	IX	
Середні багаторічні дані						
Температура повітря, °С (t)	15,6	18,8	20,2	19,3	13,4	2705
Атмосферні опади, мм (A)	54,0	67,0	76,0	57,0	50,0	304,0
ГТК	1,12	1,19	1,21	0,95	1,24	1,12
Фактичні дані 2018 р.						
Температура повітря, °С (t)	19,9	21,5	22,6	23,0	16,8	3180
Атмосферні опади, мм (A)	18,5	37,5	59,0	3,6	24,3	142,9
ГТК	0,30	0,58	0,84	0,05	0,48	0,45
Фактичні дані 2019 р.						
Температура повітря, °С (t)	18,0	24,5	21,1	21,5	15,5	3078
Атмосферні опади, мм (A)	41,0	16,8	57,4	4,5	22,2	141,9
ГТК	0,74	0,23	0,88	0,07	0,48	0,46
Фактичні дані 2020 р.						
Температура повітря, °С (t)	13,5	23,3	22,0	20,5	17,6	2962
Атмосферні опади, мм (A)	93,2	50,9	73,7	0,9	18,2	236,9
ГТК	2,22	0,73	1,08	0,01	0,34	0,80
Фактичні дані 2018–2020 рр.						
Температура повітря, °С (t)	17,1	23,1	21,9	21,7	16,6	3073
Атмосферні опади, мм (A)	50,9	35,1	63,4	3,0	21,6	173,9
ГТК	1,09	0,51	0,93	0,04	0,43	0,57

Загальновідомо, що одним узагальнюючим та інтегральним показником оцінки гідротермічних умов є гідротермічний коефіцієнт (ГТК) Г. Т. Селянінова (Selyaninov, 1958). Як відомо, він являє собою відношення надходження ресурсу вологи та їх витрат. При цьому надходження визначається як сума атмосферних опадів (A, мм), витрати (E, мм) через суму температур, де K – коефіцієнт пропорційності, що за Селяніновим дорівнює 0,1 ($E = K \sum T^{\circ C} = 0,1 \sum T^{\circ C}$, мм), тобто:

$$ГТК = \frac{A}{0,1 \sum T^{\circ C}} \quad (1)$$

За класифікацією С. А. Сапожнікової (Sapozhnikova, 1958), середньобагаторічні умови за даним коефіцієнтом характеризуються як не дуже посушливі (ГТК = 1,0–1,3), умови 2018 і 2019 років – дуже посушливі (ГТК < 0,7), а умови 2020 р. – посушливі (ГТК = 0,7–1,0). Колівання гідротермічних умов по місяцях в усі роки частіше за все знаходилися у межах посушливих і дуже посушливих. В середньому за три роки вегетаційний період характеризується як дуже посушливий (табл. 2).

Таблиця 2

Вологозабезпеченість посівів кукурудзи за різних способів основного обробітку ґрунту, мм

Показники	Способи основного обробітку ґрунту			
	ПН-3-35 (20-22 см)	КЛД-2,0 (14-16 см)	АГ-2,4-20 (14-16 см)	Без обробітку
2018 р.				
Запаси продуктивної вологи ґрунту в 0–100/0–50 см на період сівби, мм (ВГп)	158,4	157,0	152,4	150,3
	80,2	78,1	72,3	70,8
Запаси продуктивної вологи ґрунту на період визрівання зерна, мм (ВГк)	16,6	15,5	14,7	15,3
	9,8	8,3	8,3	7,2
Атмосферні опади за вегетаційний період, мм (ΣA)	110,4			
Сумарне водоспоживання, мм (E)	252,2	251,9	249,9	245,4
	180,8	180,2	174,4	174,0
2019 р.				
Запаси продуктивної вологи ґрунту в 0–100/0–50 см на період сівби, мм (ВГп)	150,2	154,5	163,9	164,9
	79,1	84,1	87,0	87,6
Запаси продуктивної вологи ґрунту в 0–100/0–50 см на період визрівання зерна, мм (ВГк)	32,1	38,2	36,8	40,6
	15,6	19,2	19,3	23,6
Атмосферні опади за вегетаційний період, мм (ΣA)	119,4	119,4	119,4	119,4
Сумарне водоспоживання, мм (E)	237,2	235,7	246,5	243,7
	182,9	184,3	187,1	183,0
2020 р.				
Запаси продуктивної вологи ґрунту в 0–100/0–50 см на період сівби, мм (ВГп)	144,6	142,6	140,7	140,6
	70,7	70,1	68,7	70,7
Запаси продуктивної вологи ґрунту в 0–100/0–50 см на період визрівання зерна, мм (ВГк)	53,2	58,1	52,1	51,5
	52,5	51,5	51,1	51,0
Атмосферні опади за вегетаційний період, мм (ΣA)	230,0	230,0	230,0	230,0

Показники	Способи основного обробітку ґрунту			
	ПН-3-35 (20-22 см)	КЛД-2,0 (14-16 см)	АГ-2,4-20 (14-16 см)	Без обробітку
Сумарне водоспоживання, мм (Е)	321,4	314,5	318,6	319,1
	248,2	248,6	246,6	248,7
В середньому за 2018–2020 рр.				
Запаси продуктивної вологи ґрунту в 0–100/0–50 см на період сівби, мм (ВГ _П)	151,1	151,4	152,3	151,9
	76,7	77,4	76,0	76,4
Запаси продуктивної вологи ґрунту в 0–100/0–50 см на період визрівання зерна, мм (ВГ _К)	34,0	37,3	34,5	35,8
	26,0	26,3	26,2	27,3
Атмосферні опади за вегетаційний період, мм (ΣА)	153,3	153,3	153,3	153,3
Сумарне водоспоживання, мм (Е)	270,4	267,4	271,1	269,4
	204,0	204,4	203,1	202,4

Аналіз вологозабезпеченості посівів кукурудзи в умовах посушливих і дуже посушливих років показав, що запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на період сівби (ВГ_П) коливалися у межах від 164,9–150,2 мм у 2019 р. до 144,6–140,6 мм у 2020 р. При цьому чіткої різниці по варіантах обробітку ґрунту не виявлено. Запаси продуктивної вологи у півметровому шарі коливалися у межах від 87,6–79,1 мм у 2019 р. до 70,7–68,7 мм у 2020 р. Слід зауважити, що розподіл вологи у цей період по глибині був практично рівномірним, оскільки у верхньому півметровому шарі ґрунту містилося близько половини всіх запасів вологи.

На період визрівання зерна (ВГ_К) запаси продуктивної вологи суттєво залежали від суми атмосферних опадів, що випадали за період сівба–повна стиглість (ΣА, мм) і у метровому шарі коливалася від 16,6–14,7 мм при опадах 110,4 мм (2018 р.) до 58,1–51,5 мм при опадах 230,0 мм (2020 р.). У півметровому шарі коливання складала відповідно 9,8–7,2 мм та 52,5–51,0 мм (табл. 2).

Сумарне водоспоживання (Е, мм) визначалося із умови:

$$E = ВГ_{П} - ВГ_{К} + \Sigma A, \text{ мм} \quad (2)$$

Проведені розрахунки показали, що витрати води на сумарне водоспоживання з метрового шару ґрунту по роках досліджень залежно від способів обробітку ґрунту коливалися в межах 252,2–245,4 мм (2018 р.), (246,5–235,7 мм (2019 р.) та 321,4–314,5 мм (2020 р.). Витрати води з верхнього півметрового шару відповідно склали: 180,2–174,0 мм (2018 р.), 187,1–182,9 мм (2019 р.) та 248,6–246,6 мм (2020 р.). В середньому за три роки ці витрати з метрового шару склали 271,1–267,4 мм, а з верхнього півметрового 204,4–202,4 мм (табл. 2). При цьому як за роками, так і у середньому за три роки досліджень явно вираженого зв'язку вказаних величин зі способами основного обробітку ґрунту не виявлено.

Наведені дані дозволяють провести структурний аналіз сумарного водоспоживання і, перш за все, залежно від величини атмосферних опадів за вегетаційний період (табл. 3).

Таблиця 3

Структура сумарного водоспоживання рослинами кукурудзи

Показники	Способи основного обробітку ґрунту			
	ПН-3-35 (20-22 см)	КЛД-2,0 (14-16 см)	АГ-2,4-20 (14-16 см)	Без обробітку
2018 р.				
Сумарне водоспоживання з метрового шару ґрунту, %:				
– за рахунок атмосферних опадів	43,7	43,8	44,2	45,0
– за рахунок запасів вологи в ґрунті	56,3	56,2	55,8	55,0
Частка сумарного водоспоживання				
– з шару 0–50 см	0,72	0,72	0,70	0,71
– з шару 50–100 см	0,28	0,28	0,30	0,29
2019 р.				
Сумарне водоспоживання з метрового шару ґрунту, %:				
– за рахунок атмосферних опадів	50,3	50,6	48,4	49,0
– за рахунок запасів вологи в ґрунті	49,7	49,4	51,6	51,0
Частка сумарного водоспоживання				
– з шару 0–50 см	0,77	0,72	0,76	0,75
– з шару 50–100 см	0,23	0,28	0,24	0,25
2020 р.				
Сумарне водоспоживання з метрового шару ґрунту, %:				
– за рахунок атмосферних опадів	71,6	73,1	72,2	72,1
– за рахунок запасів вологи в ґрунті	28,4	26,9	27,8	27,9
Частка сумарного водоспоживання				
– з шару 0–50 см	0,77	0,79	0,77	0,78
– з шару 50–100 см	0,23	0,21	0,23	0,22
В середньому за 2018–2020 рр.				
Сумарне водоспоживання з метрового шару ґрунту, %:				
– за рахунок атмосферних опадів	56,7	57,3	56,5	56,9
– за рахунок запасів вологи в ґрунті	43,3	42,7	43,5	43,1

Показники	Способи основного обробітку ґрунту			
	ПН-3-35 (20–22 см)	КЛД-2,0 (14–16 см)	АГ-2,4-20 (14–16 см)	Без обробітку
Частка сумарного водоспоживання				
– з шару 0–50 см	0,75	0,76	0,75	0,75
– з шару 50–100 см	0,25	0,24	0,25	0,25

Перш за все, можна стверджувати, що, зі збільшенням кількості атмосферних опадів частка їх у сумарному водоспоживанні, а, отже, і у формуванні врожаю, зростає. Так, якщо у 2018 р. при атмосферних опадах 110,4 мм відсоток впливу їх на різних варіантах обробітку ґрунту складав 45,0–43,7 %, то у 2020 р. за суми опадів 230,0 мм ця величина була у межах 73,1–71,6 %, що у середньому за три роки складає 57,3–56,5 % (табл. 3).

Слід відзначити, що в усі роки досліджень, незалежно від суми атмосферних опадів та у середньому за роки досліджень, частка витрат води на сумарне водоспоживання з верхнього півметрового шару складає 70,0–77,0 % (табл. 3).

Аналіз урожайних даних та результати їх статистичної обробки показали, що у дуже посушливих умовах 2018–2020 рр. гібриди кукурудзи вітчизняної селекції на фоні N₁₀₀P₄₅K₄₅ здатні сформувати достатньо високі врожаї з достовірною залежністю від ФАО (табл. 4). Встановлено, що у дуже посушливих умовах 2018 і 2019 р., як і у середньому за три роки, умови яких виявилися також дуже посушливими, гібриди Зоряний і Лелека найбільший урожай сформували на оранці. В умовах 2020 р., які за ГТК характеризуються як посушливі, достовірного впливу способів основного обробітку ґрунту на урожайність цих гібридів не відмічена.

Таблиця 4

Урожайність гібридів кукурудзи залежно від способів основного обробітку ґрунту (на удобренні з нормою N₁₀₀P₄₅K₄₅ 2018–2020 рр.), т/га

Рік	Фактор В Гібриди	Фактор А Способи основного обробітку ґрунту			
		ПН-3-35 (20–22 см)	КЛД-2,0 (14–16 см)	АГ-2,4-20 (14–16 см)	Без обробітку
2018 р.	Зоряний 190	8,61	8,32	8,27	7,86
	Лелека 260	9,01	8,73	8,72	8,79
	Донор 310	9,72	9,65	9,60	9,66
Найменша істотна різниця		NIP _{0,05} A = 0,16; NIP _{0,05} B = 0,12			
Ефективність дії факторів		A – 91,1 %; B – 4,5 %;			
2019 р.	Зоряний 190	7,32	7,22	7,20	7,42
	Лелека 260	8,40	7,93	8,26	7,75
	Донор 310	8,67	8,55	8,58	8,57
Найменша істотна різниця		NIP _{0,05} A = 0,12; NIP _{0,05} B = 0,06			
Ефективність дії факторів		A – 91,4 %; B – 2,7 %;			
2020 р.	Зоряний 190	8,15	8,10	8,11	8,08
	Лелека 260	8,86	8,80	8,78	8,75
	Донор 310	9,81	9,83	9,85	9,85
Найменша істотна різниця		NIP _{0,05} A = 0,14; NIP _{0,05} B = 0,12			
Ефективність дії факторів		A – 99,3 %; B – 0,1 %;			
В середньому за 2018–2020 рр.	Зоряний 190	8,03	7,88	7,86	7,78
	Лелека 260	8,76	8,48	8,58	8,43
	Донор 310	9,40	9,34	9,34	9,33
Найменша істотна різниця		NIP _{0,05} A = 0,14; NIP _{0,05} B = 0,10			
Ефективність дії факторів		A – 93,9 %; B – 2,4 %;			

При цьому гібрид Донор не реагував урожайністю на способи основного обробітку ґрунту в усі роки, тобто різниця в урожайності за цими варіантами була не достовірною. В результаті статистичної обробки встановлено, що вплив особливостей гібридів на урожайність є набагато істотнішим за вплив способів обробітку ґрунту і коливався в межах 91,1–99,35 проти 0,10–4,5 %.

Обговорення. Вагомим чинником у формуванні високопродуктивних посівів є підбір гібридів кукурудзи, які є пластичними до тих чи інших гідротермічних та ґрунтових умов. При цьому не викликає сумніву, що навіть у зонах, де можна використовувати гібриди з більшим показником ФАО, рекомендується їх підібрати із різними строками дозрівання, що знизить ризики зниження врожайності від природних катаклізмів. При обранні того чи іншого способу основного обробітку ґрунту відбуваються зміни у поживному, водному, тепловому режимах ґрунту, фізичних показниках та фізико-

механічних властивостях, що особливого значення набуває за посушливих умов вирощування (Bokach, 2016).

Наразі моделюванням доведено, що найближчі п'ять років температура ще буде підійматися і може сягнути до 2 °С (Pysarenko et al., 2019). В зрештованих умовах Херсонської області науковцями виявлено вплив глибини за використання знарядь полицевого, безполицевого та дискового типів на щільність його будови, пористість і формування запасів продуктивної вологи за фазами розвитку рослин. Встановлено, що обробіток, проведений восени, забезпечив меншу щільність ґрунту, а оранка розпушувала ґрунт краще, ніж за мілкового дискового обробітку (Музыка et al., 2013). На час сівби на оранці запаси продуктивної вологи були (за трирічними даними, середнє) 139,5 мм, на мілкому дисковому обробітку на 12–14 см з щільванням на 41 см – 132,3, дисковому обробітку на 12–14 см – 120,3. До збирання врожаю кукурудзи тенденція залишалася на тому ж рівні. В той же час

Р. А. Вожехова із співавторами (Vozhegova et al., 2019), при проведенні досліджень теж на Херсонщині при поливі, говорить про кращий варіант обробітку ґрунту – це дискування на глибину 8–10 см (в середньому за 2017–2020 рр.), урожайність при цьому отримана у 14,59 т/га. Необхідно підкреслити різні роки у дослідженнях херсонських вчених, в останні часи ліміт опадів значно виріс у Сухому Степу. Зрозуміло, наші дослідження проводилися без поливу і отримана урожайність на дослідному полі становить 7,86–9,34 т/га на варіанті із безполіцевим обробітком ґрунту, причому не важливо яким агрегатом цей обробіток був проведений. Відзначена відсутність реакції гібриду Донор 310 на способи основного обробітку ґрунту. Також цей гібрид у сухий 2018 рік давав 9,72 т/га, у 2019 рік – 8,67, а у більш зволожений 2020 рік – 9,81 т/га, що вказує на його пластичність та стійкість щодо зміни погодних умов.

В посушливих умовах Ірану вчені також наголошують на важливості збереження вологи та у своїх дослідженнях отримали більші запаси вологи та пригнічення бур'янів на варіанті з оранкою з подвійним дискуванням, а найгірший результат отримано при застосуванні no-till (Rashidi & Seyfi, 2007). В той же час дослідники з Ірану теж отримали більшу урожайність зерна кукурудзи за використання no-till (Khorramiani & Ashrafeizade, 2020). Подібні результати отримали і китайські вчені (Li et al, 2020), які підкреслили ускладнення поглинання води коренями за no-till, відмічено зменшення найвищої польової вологоємності. Також говориться, що структурно-агрегатний стан, щільність ґрунту не впливали на урожайність зерна за no-till, мінімального обробітку та оранки. Тим не менш, Т. Chen і співавтори (Chen et al., 2020) звітують, що у посушливі умови у 250–400 мм та середньобаторічної температури у 2–5,6 °C на лучних лужних ґрунтах no-till був найкращим варіантом, зберігав вологу, підвищував вміст вуглецю та азоту у ґрунті.

J. Li разом із співавторами (Li et al., 2020) також вказує на вплив обробіток ґрунту на урожайність кукурудзи, різниця по глибинах у фізичних показниках та запасах вологи нівелюється протягом вегетаційного періоду. No-till та глибоке рихлення найбільше зберігали вологи на лесовому плато (Shao et al., 2016). Y. Liu та W. Song відмітили підвищення водоспоживання кукурудзи (на 11,24 %) при зменшенні урожайності зерна на 0,63 % (Liu & Song, 2020).

Р. Bonini разом із колегами, проводячи дослідження з обробітком ґрунту на стаціонарі 60 років в Америці, встановив, що урожайність кукурудзи є більшою з дискуванням та удобренням органічними чи мінеральними добривами або без них., аніж на площах з чизельним обробітком (Bonini et al., 2020). Вчені Непалу також підтверджують позитивний ефект вирощування кукурудзи на схилових землях без проведення основного обробітку ґрунту та мульчування, що впливало на отримання приросту врожаю, збільшення загального азоту в ґрунті, а на вміст фосфору не впливало (Chalise et al., 2020).

Погодні умови є суттєвим фактором вирощування рослин (Maltais-Landry & Lobell, 2012; Iizumi et al., 2017). О. І. Лен та В. С. Завізіон (Len & Zavizion, 2018) відзначають, що вплив умов року на формування врожаю становить близько 84 %, а частка впливу способів основного обробітку ґрунту в середньому 12 %. Вологозабезпеченість на час сівби за no-till вище на 2,3 %. Середні значення за 2018–2020 рр. в наших дослідженнях не показують такої різниці, окрім умов

2019 року.

Обрання мінімального обробітку ґрунту, за думкою А. Fathi разом із співавторами, зменшить викиди парникових газів в атмосферу, підвищить фотосинтетичну активність, транспірацію, дихання рослин, особливо за удобрення органікою (Fathi et al., 2020).

Для центральної Іспанії кращим варіантом обробітку виявився плоскорізний обробіток ґрунту, а за no-till зменшувалася температура, ущільнювався ґрунт і зменшувалася врожайність культури (Salem et al., 2015). В. М. Писаренко та його співавтори підкреслюють, що глибокорихлення та мілкий обробіток без обертання пласта може допомогти в накопиченні вологи на 40–50 мм продуктивної вологи (Pysarenko et al., 2020). Проти оранки говорять дані щодо збільшення інтенсивності ерозії. В умовах Правобережного Лісостепу при проведенні подібних досліджень встановлено, що на варіанті без обробітку ґрунту на час збирання кукурудзи запаси продуктивної вологи у метровому шарі склали 109 мм (Tomashuk, 2019). Науковцями зазначено, що від ФАО гібридів залежали такі показники як фотосинтетичний потенціал, прирости кореневої системи та надземної маси рослин. О. В. Томашук у своїй роботі говорить про більше на 25 % накопичення вологи за no-till на період збирання зерна кукурудзи в умовах Правобережного Лісостепу (Tomashuk, 2019). Наші ж результати, що отримані в умовах північно-східного Лівобережного Лісостепу не показують такої тенденції. Треба відмітити посушливість умов місця проведення наших досліджень, в цей час у шарі 0–100 см маємо 34,0–37,3 мм з максимальним показником за обробітку КЛД-2,0, хоча у 2019 році за no-till запаси вологи були більшими за показники на оранці (32,1 мм) та безполіцевих обробітків (36,8–38,2 мм).

О. Якунін у степовій зоні на чорноземі звичайному малогумусному отримав за no-till зниження врожайності, порівняно з оранкою на 0,66–0,89 т/га (Yakunin et al., 2015). Заміна оранки на сплужування без обертання пласта зберігає більше вологи на 16 мм, за дискування на 14–16 см менше на 4 мм.

Як видно з порівняльного аналізу, єдиної думки вчених немає щодо обрання конкретного способу основного обробітку ґрунту, оскільки вчені отримують різні рівні врожайності та частку впливу на показники родючості ґрунту залежно від гідротермічних умов року, гранулометричного та хімічного складу ґрунту, забур'яненості посівів, забезпечення рослин макро- та мікроелементами та ін.

Висновки. Встановлено, що погодні умови вегетаційних періодів кукурудзи у середньому за 2018–2019 рр. суттєво відрізнялися від середньо-багаторічних: були дуже посушливі (ГТК = 0,57) з коливанням від дуже посушливих у 2018 і 2019 р. (ГТК = 0,45–0,46) та посушливих у 2020 р. (ГТК = 0,80). Це, в свою чергу, лімітувало рослини у вираженні їх генетичного потенціалу, але, тим не менш, у таких умовах гібриди кукурудзи вітчизняної селекції здатні давати на фоні N₁₀₀P₄₅K₄₅ 9,4–7,78 т/га з достовірною залежністю від значень їх ФАО.

Визначено, що величина сумарного водоспоживання не залежала від способів основного обробітку ґрунту та визначалася сумою атмосферних опадів. Гібриди Зоряний і Лелека мали найвищу урожайність на оранці, а урожайність зерна гібриду Донор не залежала від способів основного обробітку ґрунту у всі роки досліджень.

Враховуючи нестабільність випадіння опадів та посушливі умови протягом вегетаційного періоду в останні роки, дослідження будуть продовжені для встановлення обґрунтованого висновку частки впливу способів основного обробітку

ґрунту та вологозабезпеченості кукурудзи вітчизняної селекції.

Бібліографічні посилання:

1. Malyarchuk, M., Kotelnikov, D., & Nyzheholenko, V. (2015). Vodni vlastyvoli hruntu ta produktyvnist kukurudzy za riznoyi hlybyny ta sposobu osnovnoho obrobittu. [Water properties of soil and productivity of maize at different depths and the main cultivation methods]. *Naukovo vyrobnychyy zhurnal Tekhnika i tekhnolohiya APK*, 6(69), 36–38 (in Ukrainian).
2. Tkalych, Y. I. (2017). Efektyvnist zastosuvannya herbicydu hvardian tetra v posivakh kukurudzy [The effectiveness of the herbicide Guardian Tetra in maize crops]. *Visnyk Dnipropetrovskyy derzhavnyy ahrarno-ekonomichnyy universytet*, 2, 30–34 (in Ukrainian).
3. Masyk, I. M., & Zakharchenko, E. A. (2017). Productivity and economic efficiency of corn cultivation for grain under different systems of basic cultivation of soil in the conditions of the left bank forest-steppe of Ukraine. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu imeni V.V. Dokuchayeva. Seriya: Gruntoznavstvo, ahrokhimiya, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo, ekolohiya gruntiv*, 1, 46–154 (in Ukrainian).
4. Karbivska, U., Kurgak, V., Gamayunova, V., Butenko, A., Malynka, L., Kovalenko, I., Onychko, V., Masyk, I., Chyryva, A., Zakharchenko, E., Tkachenko, O. & Pshychenko O. (2020). Productivity and Quality of Diverse Ripe Pasture Grass Fodder Depends on the Method of Soil Cultivation. *Acta Agrobotanica*, 73(3), 1–11. doi: 10.5586/aa.7334
5. Karpenko, O. Yu., Rozhko, V. M., Butenko, A. O., Samkova, O. P., Lychuk, A. I., Matviienko, I. S., Masyk, I. M., Sobran, I. V. & Kankash, H. D. (2020). Influence of agricultural systems and measures of basic tillage on the number of microorganisms in the soil under winter wheat crops of the Right-bank forest-steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(5), 76–80. doi: 10.15421/2020_209
6. Sobko, M. H., Medvid, S. I., & Petrenko, S. V. Tekhnolohiya minimalnoho osnovnoho obrobittu gruntu pid ozymu pshenytsyu [Technology of minimum basic tillage for winter wheat]. *Sad: Instytut silskoho hospodarstva Pivnichnoho Skhodu NAAN*, 2020, 24 (in Ukrainian).
7. Rykhlivskyy, I. P., Vakhnyak, V. S., Burdyha, V. M., & Stroyanovskyy, V. S. (2017). Vplyv skorostyhlosti hibrydiv kukurudzy na morfolohichni pokaznyky i produktyvnist v umovakh NVTС „Podillya” [Influence of precocity of maize hybrids on morphological indicators and productivity in the conditions of Podillya Research Center]. *Podilskyy visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*, 26(1), 157–174 (in Ukrainian).
8. Shtukin, N. A., & Onychko, V. I. (2015). Characteristics of the optimal formation of corn hybrid under conditions of north-east Forest-steppe of Ukraine *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series «Agronomy and Biology»*, 3(29), 35–41 (in Ukrainian).
9. Mokriyenko, V., Hudzovata, O., Taran, V., Pryndyuk, Y. A., & Povlin, I. (2017). Osoblyvosti formuvannya produktyvnosti kukurudzy v umovakh dostatnoho zvolozhennya [Peculiarities of corn productivity formation in conditions of sufficient moisture]. *LIMES : nauk. visn. Zakarpat. uhor. in-tu im. Uzhhorod : Vyd-vo «RIK-U» =Ungvár: «RIK-U» Kiad*, IV, 53–57 (in Ukrainian).
10. Byelov, Ya. V. (2018). Napryamy optymizatsiyi tekhnolohiy vyroshchuvannya nasynnya kukurudzy za umov zmin klimatu. [Directions of optimization of technologies of cultivation of corn seeds in the conditions of climate change]. *Visnyk ahrarnoyi nauky Prychornomor'ya*, 4. doi: 10.31521/2313-092X/2018-4(100) (in Ukrainian).
11. Kharchenko, O. V., Prasol, V. I., Kabanets, V. M., & Sobko, M. G. Ahroekonomichni ta ekolohichni aspekty vstanovlennya optymального rivnya vrozhaynosti novykh sortiv silskohospodarskykh kultur [Agro-economic and ecologic aspects of optimal yield level for new sorts of cultures (in the conditions of the Forest-Steppe)]. *Sumy: FOP Shcherbyna*, 2017, 151.
12. Masyk, I. M., Petrusenko, I. Yu., Vasyuk, I. O., Ivanko, V. V., & Babenko, O. H. (2020). Obrobittok hruntu pry vyroshchuvanni kukurudzy na zerno v umovakh livoberezhnoho lisostepu Ukrayiny [Tillage in the cultivation of corn for grain in the left-bank forest-steppe of Ukraine]. *Monaco, Principauté de Monaco*. doi: 10.36074/03.04.2020.v1.21 (in Ukrainian).
13. Vozhehova, R., Naydonova, V., Mytrofanov, O., & Malyarchuk, V. (2015). Vodnyy rezhym gruntu ta produktyvnist posiviv soyi za riznykh sposobiv i hlybyny osnovnoho obrobittu gruntu [Water regime of soil and productivity of soybean crops by different methods and depth of basic tillage]. *Tekhnika i tekhnolohiya APK*, 3, 29–32 (in Ukrainian).
14. Kyrylyuk, V. P. (2019). Struktura sumarnoho vodospozhyvannya kukurudzy [The structure of the total water consumption of corn]. *Visnyk Umanskoho Natsionalnoho Universytetu Sadivnytstva*, 2. doi:10.31395/2310-0478-2019-2-17-21 (in Ukrainian).
15. Pysarenko, P. V., Andriyenko, I. O., Reznichenko, N. D., Lopata, N. P., & Voronyuk, L. A. (2017). Dynamika vodnoho rezhymu gruntu zalezno vid rezhymiv zroshchennya ta osnovnoho obrobittu gruntu pry vyroshchuvanni kukurudzy v umovakh pivdnya Ukrayiny [Dynamics of water regime of soil depending on irrigation regimes and main tillage during maize cultivation in the conditions of the south of Ukraine]. *Irrigated agriculture. Zbirnyk naukovykh prats*, 68, 42–45 (in Ukrainian).
16. Nosov, S. (2014). Osoblyvosti vodospozhyvannya hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti zalezno vid strokiv sivby v pivnichny pidzoni Stepu Ukrayiny [Nosov S. Peculiarities of water consumption of maize hybrids of different groups of ripeness depending on the terms of sowing in Northern subzone of steppe Ukraine]. *Bulletin of Lviv National Agrarian University. Agronomy*, 18, 210–216 (in Ukrainian).
17. Kharchenko, O. V., Petrenko, S. V., Sobko, M. G., & Medvid, S. I. (2020). Efektyvnist vykorystannya resursu volohy posivamy kukurudzy v posushlyvykh umovakh lisostepu [Efficiency of moisture resource use of by maize crops in arid Forest-Steppe

condition]. Irrigated farming: mizhvidomchyy tematychnyy naukovyy zbirnyk, 74, 83–87 (in Ukrainian).

18. Pysarenko, V. M., Pysarenko, V. V., & Pysarenko, P. V. (2020). Upravlinnya ahrotekhnolohiyamy za umov posukh [Management of agricultural technologies in drought conditions]. Poltava, 161 (in Ukrainian).

19. Monneveux, P., Quill rou, E., Sanchez, C. & Lopez-Cesati, J. (2006). Effect of zero tillage and residues conservation on continuous maize cropping in a subtropical environment (Mexico). *Plant and Soil*, 279(1/2), 95–105. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.jstor.org/stable/24125270?seq=1>

20. Holod, R., Shubala, H., & Paradovska, O. (2019). Hustota yak faktor produktyvnosti hibrydiv kukurudzy na zerno [Density as a factor of productivity of maize hybrids for grain]. *Innovatsiyni tekhnolohiyi ta intensyfikatsiya rozvytku natsionalnoho vyrobnytstva: materialy V mizhnar. nauk.-prakt. konf. 30 travn. r. Ternopil: Krok*, 26–28 (in Ukrainian).

21. Kramarov, S. M., Krasnyenkov, S. V., Andriyenko, A. L., Lorynets, F. A., & Kotsyuban, A. I. (2006). Vplyv poperednykiv, osnovnoho obrobittu gruntu, doz, strokiv ta sposobiv vnesennya dobyrv na produktyvnist ta yakist zerna hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti v umovakh Stepu Ukrayiny [Influence of precursors, main tillage, doses, terms and methods of fertilizer application on productivity and grain quality of maize hybrids of different maturity groups in the steppe of Ukraine]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 57, 34–38 (in Ukrainian).

22. Palamarchuk, V. D. (2018). Characteristic of hybrides of corn on mass 1000 grains and productivity depending on elements of technology. *Bulletin of Uman National University of Horticulture*, 1, 38–42 (in Ukrainian).

23. Mischenko, Y. G., & Masik I. M. (2017). Control of soil weediness and sugar beets by after crop green manure and different tillages. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7(4), 517–524. doi: 10.15421/2017_154

24. Mishchenko, Y. G., Zakharchenko, E. A., Berdin, S. I., Kharchenko, O. V., Ermantraut, E.R., & Masyk, I. M. (2019). Herbological monitoring of efficiency of tillage practice and green manure in potato agrocenosis. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(1), 209–219.

25. Mischenko, Y. G. & Zakharchenko, E. A. (2019). The effect of green manures on weediness of sugar beet. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Agronomy and Biology*, 9(38), 41–49 (in Ukrainian).

26. Medvedev, V. V. (2011) *Granulometricheskyy sostav pochv Ukrainy (geneticheskiy, ekologicheskyy i agronomicheskyy aspekty* [Soil texture (genetic, ecological and agrochemical aspects)]. Apostrof, Kharkov, 292 (in Russian).

27. Zakharchenko, E. A., Masyk, I. M., & Dema, O. S. (2016). Znachennya relyefu u volohozabezpechenni silskohospodarskykh kultur v umovakh Pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrayiny. [Importance of relief in forming the structure of soil]. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Agronomy and Biology*, 2(31), 223–228 (in Ukrainian)

28. Melnik, A. V., Mischenko, Y. H., Zakharchenko, E. A., & Masyk, I. M. (2015). Ways of soil density regulation by the potatoes cultivation [Puti regulirovaniya plotnosti pochvy pri vyrashchivaniy kartofelya]. *NAUKA I MIR: Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal*, 2, 3(19), 134–136 (in Russian).

29. Zakharchenko, E. A., & Mischenko, Y. H. (2017). Impact of different tillage practices and green manure on physical properties of Chernozem soil. Degradation and revitalization of soil and landscape: proceedings: International conference, (10–13 September 2017). Palacky University in Olomouc, Czech Republic, 51.

30. Zakharchenko, E. A., & Datsko, O. M. (2018). Content of hydrolyzed nitrogen and soil structure under different methods of tillage, *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Agronomy and Biology*, 9(36), 119–124.

31. Zymarioieva, A. A. & Pysarenko, P. (2019). Spatial relationships between soil properties and maize yield. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 108–115 (in Ukrainian). doi: 10.31210/visnyk2019.04.13

32. Maliyenko, A. M., Havrylyuk, N. M., & Brykhal, F. P. (2017). *Metodychni rekomendatsiyi i prohrama doslidzhen z obrobittu hruntu* [Methodical recommendations and research program on tillage]. Ahrar. Nauka, Kiev, 84. (in Ukrainian)

33. Ushkarenko, V. O., Nikishenko, V. L., Holoborodko, S. P., Kokovikhin, S. V. (2008). *Dyspersiynny i korelyatsiynny analiz u zemlerobstvi ta roslynnystvi: Navchalnyy posibnyk* [Analysis of variance and correlation in agriculture and crop production: Textbook]. Aylant, Kherson, 272 (in Ukrainian).

34. Selyaninov, G. T. (1958). *Printsipy agroklimacheskogo rayonirovaniya SSSR in: Voprosy agroklimacheskogo rayonirovaniya SSSR* [Principles of agroclimatic zoning of the USSR in: Questions of agroclimatic zoning of the USSR]. VASKHNIL, Moskva, 7–13 (in Russian).

35. Sapozhnikova, S. A. (1958). *Opyt agroklimacheskogo rayonirovaniya territorii SSSR in: Voprosy agroklimacheskogo rayonirovaniya SSSR* [Experience of agroclimatic zoning of the USSR territory in: Questions of agroclimatic zoning of the USSR]. VASKHNIL, Moskva, 14–37 (in Russian).

36. Bokach, O. (2016). *Tekhnolohiya vyroshchuvannya kukurudzy* [Technology of corn cultivation]. [Electronic resources]. Access mode: <https://www.syngenta.ua/news/kukurudza/tehnologiya-viroshchuvannya-kukurudzi> (in Ukrainian).

37. Pysarenko, V. M., Pysarenko, P. V., Pysarenko, V. V., Gorb, O. O. & Chaika, T. O. (2019). Droughts in the context of climate changes in Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 134–146. doi: 10.31210/visnyk2019.01.18 (in Ukrainian)

38. Muzyka, O. P., Mihalov, A. O., & Malyarchuk, A. S. (2013). *Efektynist sposobiv osnovnoho obrobittu gruntu pid kukurudzu na zerno v sivozmini na zroshenni pivdnya Ukrayiny* [Efficiency of methods of basic tillage for corn for grain in crop rotation at irrigation in the south of Ukraine]. *Melioratsiya i vodne gospodarstvo*, 100, 32–41 (in Ukrainian).

39. Vozhehova, R. A., Maliarchuk, M. P., Biliaieva, I. M., Markovska, O. Y., Maliarchuk, A. S., Tomnytskyi, A. V., Lykhovyd, P. V., & Kozyrev, V. V. (2019). The effect of tillage system and fertilization on corn yield and water use efficiency in irrigated conditions of the South of Ukraine. *Biosystems Diversity*, 27(2), 125–130. doi: 10.15421/011917

40. Rashidi, M. & Seyfi, K. (2007). Effect of Water Stress on Crop Yield and Yield Components of Cantaloupe. *Inter J Agr Biol*.

9, 271–273.

41. Khorramian, M., & Ashrafeizadeh, S. R. (2020). Effect of Tillage Methods on Soil Physical Properties and Water Productivity of Wheat Cultivars in Wheat-Corn Rotation. *Iranian journal of soil science and water research*, 5(9), 2193–2200. doi: 10.22059/ijswr.2019.275599.668122

42. Li, S., Wu, X., Liang, G., Gao, L., Wang, B., Lu, J., Ahmed, A.A., Song, X., Zhang, M., Zheng, F., & Degre, A. (2020). Is least limiting water range a useful indicator of the impact of tillage management on maize yield? *Soil and Tillage Research*, 199, 104602. doi: 10.1016/j.still.2020.104602

43. Chen, T., Zhang, Y., Fu, J., Yang, L., Chi, Y., Wu, P., Yin, X., Wang, H., Yang, K., & Wang, Y. (2020). No-tillage increased corn yields and carbon sequestration. *Agronomy journal*, 112(5), 4467–4481. doi: 10.1002/agj2.20353

44. Li, J., Wang, Yk., Guo, Z., Li, J., Tian, C., Hua, D., Shi, C., Wang, H., Han, J., & Xu, Y. (2020). Effects of Conservation Tillage on Soil Physicochemical Properties and Crop Yield in an Arid Loess Plateau, China. *Sci Rep.*, 10, 4716. doi: 10.1038/s41598-020-61650-7

45. Shao, Y., Xie, Y., Wang, C., Yue, J., Yao, Y., Li, X., Weixing, L., Yunji, Z., & Tiancai, G. (2016). Effects of different soil conservation tillage approaches on soil nutrients, water use and wheat-maize yield in rainfed dry-land regions of North China. *European Journal of Agronomy*, 81, 37–45. doi: 10.1016/j.eja.2016.08.014.

46. Bonini, P., Carlos, A., Sarto, M. M., Lin, J. S., Davis, W. G., & Rice, C. (2020). Long-Term Effect of Tillage Practices and Nitrogen Fertilization on Corn Yield. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*, 6(9). doi: 10.4148/2378-5977.7972

47. Chalise, D., Kumar, L., Sharma, R., & Kristiansen, P. (2020). Assessing the Impacts of Tillage and Mulch on Soil Erosion and Corn Yield. *Agronomy*, 10, 63. doi: 10.3390/agronomy10010063

48. Liu, Y., & Song, W. (2020). Modelling crop yield, water consumption, and water use efficiency for sustainable agroecosystem management. *Journal of Cleaner Production*, 253, 119940. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119940.

49. Fathi, A., Tari, D. B., Amoli, H. F. & Niknejad, Y. (2020). Study of energy consumption and greenhouse gas (GHG) emissions in corn production systems: influence of different tillage systems and use of fertilizer. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(6), 769–778, doi: 10.1080/00103624.2020.1729373

50. Maltais-Landry, G., & Lobell, D. B. (2012). Evaluating the contribution of weather to maize and wheat yield trends in 12 US countries. *Agronomy journal*, 104(2), 301–311. doi:10.2134/agronj2011.0220

51. Iizumi, T., Furuya, J., Shen, Z., Kim W., Okada, M., Fujimori, S., Hasegawa, T. & Nishimori, M. (2017). Responses of crop yield growth to global temperature and socioeconomic changes, *Sci Rep.*, 7, 7800. doi: 10.1038/s41598-017-08214-4

52. Len, O. I., & Zavizion, V. Ye. (2018). Vplyv sposobiv obrobittu hruntu na volohozabezpechenist posiviv kukurudzy [Influence of tillage methods on moisture content of corn crops]. Aktualni pytannya zemlerobstva i ahrokhimiyi: istoriya i sohodennya: materialy Vseukrayinskoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi na posvyatu 90-richchya kafedry zemlerobstva i ahrokhimiyi imeni V.I. Sazanova fakultetu ahrotekhnolohiy ta ekolohiyi Poltavskoyi derzhavnogo yahrarnoyi akademiyi, 27–28 lystopada 2018, m. Poltava, 111–113 (in Ukrainian).

53. Salem, H. M., Valero, C., Muñoz, M. Á., Rodríguez, M. G., & Silva, L. L. (2015). Short-term effects of four tillage practices on soil physical properties, soil water potential, and maize yield. *Geoderma*, 237–238, 60–70. doi: 10.1016/j.geoderma.2014.08.014.

54. Tomashuk, O. V. (2019). Productivity of corn hybrids depending on agrotechnical methods of cultivation under conditions of the right-bank Forest-Steppe: qualifying scientific work on the rights of the manuscript. Thesis for the degree of Candidate of Agricultural Sciences in specialty 06.01.09 «Plant Growing». Institute of Feed Research and Agriculture of Podillia of NAAS, Vinnytsia, 184 (in Ukrainian).

55. Yakunin, O., Hramtsov, L., & Trubilov, O. (2015). Vplyv sposobu osnovnoho obrobittu gruntu na formuvannya vrozhaynosti zerna kukurudzy [Influence of the basic soil tillage means on the formation of corn grain productivity]. *Visnyk Dniprovs'koho derzhavnogo yahrarno-ekonomichnoho universytetu*, 3, 29–31 (in Ukrainian).

Petrenko S. V., PhD student, *Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine*

SOIL WATER REGIME IN THE FIELDS OF CORN FIELDS UNDER DIFFERENT TILLAGE PRACTICES

The results of ecological tests of corn hybrids of Ukrainian selection under different methods of main tillage (moldboard ploughing to a depth of 25–27 cm, minimal tillage (disc and sweep), to a depth of 14–16 cm, no-till) are presented. The research was conducted in the experimental field of the Department of Arable farming of the Institute of Agriculture of the North-East of Ukraine on chernozem typical silt loam on loess (content of humus by Tyurin 4,1–4,7 % pH_{KCl} 6,0, pH_{H2O} 7,9). 2018–2020 years of research were significantly warmer than the average long-term indexes during May–September. It was found that the weather conditions of the growing season of corn on average for 2018–2019 were characterized as very arid (hydrothermal coefficient HTC = 0.57) with ranging from very arid in 2018 and 2019 (HTC = 0.45–0.46) to arid in 2020 (HTC = 0.80). It was determined that the value of total water consumption did not depend on the methods of tillage and, under other equal factors, determined by the total precipitation and ranged from 245.4–252.2 mm with precipitation of 110.4 mm to 319.1–321, 4 mm at 230 mm.

It is established that the influence of precipitation in the structure of total water consumption depends on their amounts and if it were about 44.2–45.0 % at precipitation of 110.4 mm, with 230.0 mm would be 71.6–73.1 %. On that account, a portion of the total water consumption from 0–50 cm soil layer did not depend on precipitation and in the average was 0.77–0.79.

In 2018–2020, corn hybrids of Ukrainian selection with N₁₀₀P₄₅K₄₅-fertilizers formed quite high yields (9.40–7.78 t/ha) with a significant dependence on FAO. The yield of hybrid Donor (FAO 310) did not depend on tillage, while hybrids Zoryany (FAO 190) and Leleka (FAO 260) gave the highest yields on ploughing plots without significant response to other methods of basic tillage. The Donor

hybrid formed a statistically equal yield on all variants in all years of research.

Key words: corn hybrids, *Zea mays* L., precipitation, soil moisture, soil tillage, total water consumption, yield.

Дата надходження до редакції: 17.10.2020 р.

РЕАЛІЗАЦІЯ ПОТЕНЦІАЛУ СОРТІВ ТРИТИКАЛЕ ЯРОГО В УМОВАХ ПІВНІЧНО-СХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Радченко Микола Володимирович

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0001-9376-8657
radchenkonikolay@ukr.net

Данильченко Олеся Миколаївна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0003-1251-4044
x-lesya-x@ukr.net

Тритикале яре в зерновому комплексі відіграє значну стабілізуючу роль у виробництві продовольчого зерна. Невисока вибагливість тритикале ярого до попередників, ґрунтових умов, технічна та кормова цінність зерна, підвищена стійкість до хвороб дають можливість підвищити виробництво зерна.

Дослідженнями передбачалось використання генетичного потенціалу високої врожайності порівняно нової зернової культури – тритикале ярого, що розширює можливості виробництва чистої продукції і стабілізує ринок екологічно безпечного продовольчого зерна.

Сорти тритикале ярого мали у середньому вагу рослини у межах 2,4–3,0 г. Найбільша вага рослини спостерігалася у сорту Гусар харківський – 3,0 г. В середньому за роки досліджень максимальною вагою колосу тритикале ярого вирізнялися рослини сорту Гусар харківський – 2,0 г. Менші значення ваги колосу рослин визначені у сортів Зліт харківський та Борівітер харківський – 1,9, 1,8 г відповідно. Експериментальні дані свідчать, що найдовший колос (у середньому 9,5 см) мали рослини у варіанті з сортом Гусар харківський. Найменшу масу зерна з колосу формували рослини тритикале ярого у сорту Борівітер харківський (1,2 г), найбільшу у сорту Гусар харківський (1,4 г). Кількість зерен у колосі коливалась в межах 32,8–35,0 шт. Найбільшу кількість зерен у колосі формували рослини сорту Гусар харківський – 35 шт. Разом з тим, встановлено, що найбільшою масою 1000 зерен відрізнялися рослини у посівах сорту Гусар харківський – 40,0 г. Максимальну урожайність у середньому за період досліджень формував сорт Гусар харківський 4,76 т/га. Сорти Борівітер харківський та Зліт харківський забезпечили урожайність на рівні 4,08, 4,49 т/га, відповідно.

Вміст сирової клейковини у зерні тритикале ярого у роки проведення досліджень були на рівні 24,92–26,21 %. Сортівні особливості впливали на вміст клейковини у зерні тритикале. Зерно з найвищим вмістом клейковини отримано у сорту Гусар Харківський – 26,21 %, що більше на 1,25 %, ніж у сорту Зліт харківський та на 1,29 % у сорту Борівітер харківський. Вміст білка у зерні тритикале ярого коливався у межах 12,57–13,53 %. Найбільша кількість білка у зерні тритикале ярого отримана у сорту Гусар харківський – 13,53 %. Децю нижчий вміст білка отримано у сортів Зліт харківський – 12,75 % та Борівітер харківський – 12,57 %.

Кращі умови для росту, розвитку і формування врожаю тритикале ярого склалися на варіанті з сортом Гусар харківський. Даний сорт забезпечив максимальну урожайність у середньому за період досліджень 4,76 т/га з кількістю зерен в колосі 35 шт. та масою 1000 насінин 40,0 г. У зерні сорту Гусар харківський відмічено максимальну кількість клейковини 26,21 % із вмістом білка 13,53 %.

Ключові слова: вага зерна у колосі, число зерен у колосі, маса 1000 насінин, урожайність, вміст білка та клейковини.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.3.4>

Вступ. Молода в еволюційному відношенні культура тритикале яре поступово займає певні позиції у сільськогосподарському виробництві завдяки високому генетичному потенціалу урожайності і якості зерна. Внаслідок наявності генетичного матеріалу жита і пшениці в ярому тритикале вдало поєднуються ознаки високої якості зерна та адаптивності до несприятливих умов вирощування, а також стійкості до основних хвороб і витривалості до пошкодження шкідниками (Karustina et al., 2008).

Вирощують тритикале в Україні переважно в Поліссі і Лісостепу (Олійник, 2018). Тритикале вирізняється широким діапазоном використання у народному господарстві як зернофуражна, продовольча і кормова культура (Barnett et al., 2006; Radchenko et al., 2018).

Тритикале яре у зерновому комплексі відіграє значну

стабілізуючу роль у виробництві продовольчого зерна. Невисока вибагливість тритикале ярого до попередників, ґрунтових умов, технічна та кормова цінність зерна, підвищена стійкість до хвороб дають можливість підвищити виробництво зерна за рахунок використання посівних площ, які не підходять для вирощування пшениці (Rjabchun et al., 2015).

Для ярих культур основним лімітуючим фактором є часто повторювані весняні та літні посухи. З іншого боку, у ряді регіонів (Полісся, Західний Лісостеп) періодично відбувається надмірне перезволоження під час вегетаційного періоду, яке спричиняє вилягання рослин та розвиток збудників хвороб. Тому особливої актуальності набуває створення сортів, адаптованих до абіотичних факторів навколишнього середовища з високим генетичним потенціалом урожайності, здатних проявляти його за різних погодних умов

(Tams et al., 2006; Butenko et al., 2019).

Останнім часом, виробники рослинницької продукції все більше стикаються з негативним впливом кліматичних змін, особливо таких як часті посухи або надмірне зволоження, довготривалі спеки, аномально теплі зими (Macholdt & Hoyermeier, 2016). До найбільш ризикованих абіотичних факторів належать посуха, холод, кислотність, засоленість та токсичність ґрунтів. При цьому, сучасні сорти тритикале ярого є достатньо холодостійкими та толерантними до несприятливих ґрунтових умов (Blum, 2014). Однією з основних причин значних коливань урожайності є нестабільні умови вологозабезпечення (Munjonji et al., 2015; Djekic et al., 2011).

Сорти тритикале ярого характеризується високим вмістом білка (13,0–13,1%), та врожайністю понад 5,0 т/га (Djordijeva et al., 2019). Сучасні сорти тритикале, зокрема української селекції, відзначаються збалансованістю незамінних амінокислот, підвищеним вмістом білка, каротиноїдів, завдяки чому зерно і зелену масу цього злаку використовують як компонент комбікормів, який збільшує їхню поживну цінність (Vasylyev, 2016; Ayalew et al., 2018).

Для максимальної реалізації генетичного потенціалу сортів, який сприятиме формуванню стабільно високих урожаїв зерна, необхідно збільшувати площі посівів високопродуктивних ярих колосових культур, прискорювати впровадження у виробництво сортів нового покоління, адаптованих до агроекологічних умов вирощування з цінними господарськими властивостями і ознаками (Jonnala et al., 2010; Gyrka et al., 2016).

Використання сортів та ліній тритикале з підвищеною урожайністю, стійких проти вилягання, є важливим за умов підвищення аридності клімату та значного збільшення площ посіву просяних культур (кукурудзи, сої, соняшнику та ін.) (Estrada-Campuzano et al., 2012; Chernobaj et al., 2019).

Селекція тритикале ярого триває у світі близько 50 років. Це значно коротший період, порівняно з іншими культурами. Вчені багатьох країн світу займаються дослідженнями генетики, фізіології і біохімії, проводять пошук можливостей покращення цієї культури, створення нового вихідного та селекційного матеріалу, розробки технологій вирощування та використання (Rjabchun et al., 2010).

Тритикале привертає до себе особливу увагу здатністю перевершувати свої батьківські форми за врожайністю зерна і зеленої маси та якістю продукції, а за стійкістю до несприятливих ґрунтово-кліматичних умов, холодостійкістю, комплексним імунітетом до грибкових захворювань має переваги над ними (Koponenko, 2016; Rybalka et al., 2015; Bilitjuk et al., 2004; Stankov et al., 2015).

Тритикале – перша штучно створена людиною зернова культура, яка має придатність до вирощування на бідних щодо забезпечення елементами живлення ґрунтах (Bilitjuk, 2006; Kalens'ka et al., 2018). Цю культуру відрізняє

здатність ефективно використовувати елементи живлення добрив та інші фактори інтенсифікації технологій вирощування, забезпечуючи високу урожайність та якість зерна (Kalens'ka & Kononjuk, 1996; Kalens'ka et al., 2010).

Мета дослідження – максимальне використання генетичного потенціалу високої врожайності порівняно нової зернової культури – тритикале ярого, що розширює можливості виробництва чистої продукції і стабілізує ринок екологічно безпечного продовольчого зерна.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводилися на базі навчально-наукового виробничого центру Сумського національного аграрного університету за загальноприйнятими методиками (Dospřehov, 1985) протягом 2019–2020 рр. Ґрунти дослідного поля – чорнозем типовий потужний важкосуглинковий середньогумусний, який характеризується такими показниками: вміст гумусу в орному шарі (за І. В. Тюриним) – 4,0 %, реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної (рН 6,5), вміст легкогідролізованого азоту (за І. В. Тюриним) 9,0 мг, рухомого фосфору і обмінного калію (за Ф. Чиріковим) відповідно 14 мг і 6,7 мг на 100 ґрунту.

Об'єктом дослідження виступали наступні сорти: Борівітер харківський, Зліт харківський, Гусар харківський. Попередник – соя. Сівбу тритикале ярого проводили в оптимальні для зони строки сівалкою Клен – 1,5 на глибину 3–4 см, з нормою висіву 5,0 млн. схожих насінин на 1 га. Мінеральні добрива вносили у передпосівну культивуацію у вигляді нітроамфоски N₃₂P₃₂K₃₂.

Загальна площа ділянки становила 50 м², облікова 30 м², повторність досліду триразова. Розміщення ділянок систематичне.

Під час фенологічних спостережень за початок фази росту і розвітку рослин тритикале ярого приймали наявність її не менше ніж у 10 % рослин, за повну – 75 %. Динаміку наростання надземної маси визначали в основні фази росту і розвитку шляхом відбору 10 рослин у типових місцях на ділянках у двох несумісних повтореннях. Урожайність тритикале ярого обліковували методом суцільного збирання і зважування з кожної ділянки.

Результати. У збільшені урожайності велике значення має схожість насіння, оскільки вона є вихідним показником у формуванні оптимальної густоти рослин. Польова схожість тритикале ярого залежно від сортових особливостей становила в межах 82,0–92,0 %. Найбільша польова схожість становила у сорту Зліт харківський – 92,0 %, а найменша у сорту Борівітер харківський – 82,0 %.

Густота стояння рослин коливалась у межах 410–460 шт./м². Найбільша густота становила у сорту Зліт харківський – 460 шт./м², що більше, порівняно з сортом Гусар харківський на 8,7 % (420 шт./м²), з сортом Борівітер харківський на 10,8 % (410 шт./м²) (табл. 1).

Таблиця 1

Густота стояння рослин тритикале ярого залежно від сортових особливостей (середнє за 2019–2020 рр.)

Сорт	Польова схожість, %	Густота стояння рослин, шт/м ²	Збереженість рослин за період вегетації	
			шт/м ²	%
Борівітер харківський	82,0 ± 2,1	410,0 ± 6,5	340,0 ± 4,2	82,9 ± 2,2
Зліт харківський	92,0 ± 3,2	460,0 ± 7,8	345,0 ± 4,0	75,0 ± 3,1
Гусар Харківський	84,0 ± 1,8	420,0 ± 7,0	340,0 ± 3,8	80,9 ± 2,0

Формування кінцевої густоти стояння, яке обумовлює продуктивність посіву, є функцією дії на рослини, після появи

сходів, комплексу природних факторів і антропогенних захо-

дів. Збереженість рослин за період вегетації по сортах коливалась у межах 75,0–82,9 %. Так, найбільша збереженість рослин отримана на варіанті з сортом Борівітер харківський – 82,9 %. У сорту Зліт харківський збереженість рослин становила 75,0 %, у сорту Гусар харківський 80,9 % (табл 1).

Надземна маса у житті рослин відіграє виключно важливу роль, адже з неї для утворення продуктивної частини врожаю вони мобілізують вуглеводи і азотовмісні речовини. Формування значної вегетативної маси вже з перших фаз росту й розвитку рослин є передумовою одержання високих і сталих рівнів урожаю. Із постійним оновленням і впровадженням у виробництво нових високопродуктивних сортів тритикале ярого виникає потреба встановити, як змінюються показники фотосинтетичної діяльності.

Площа листової поверхні тритикале ярого помітно

зростала до фази колосіння, причому з найменшою інтенсивністю приросту площі від виходу в трубку до колосіння. Встановлено, що найбільш активно формується площа листя на варіантах із сортом Гусар харківський. Так, у фазу куціння площа листової поверхні рослини у сорту Гусар харківський становила 20,2 см², сортів Борівітер харківський та Зліт харківський – 15,7, 17,9 см², відповідно. У фазу вихід в трубку найбільш активно формувалась площа листової поверхні у сорту Гусар харківський – 85,6 см², що більше на 1,2 та 5,4 см², ніж у сортів Зліт харківський та Борівітер харківський, відповідно. У фазу колосіння площа листової поверхні у сорту Гусар харківський склала – 97,3 см², сорту Зліт харківський – 95,8 см², сорту Борівітер харківський – 94,2 см² (рис. 1).

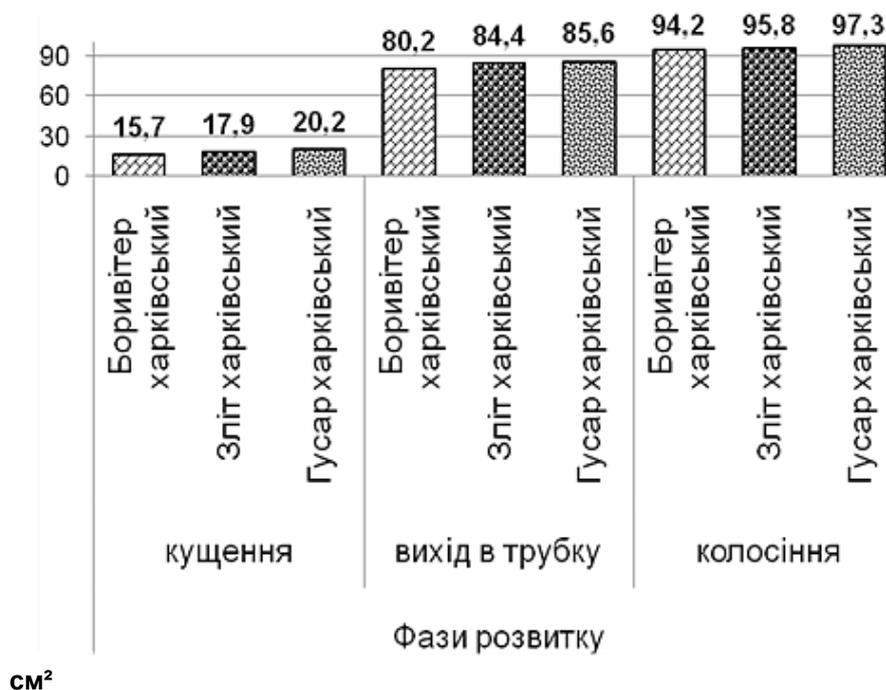


Рис. 1. Динаміка формування фотосинтетичної поверхні рослинами тритикале ярого залежно від сортових особливостей, см² (середнє за 2019–2020 рр.).

За роки проведення досліджень на посівах тритикале ярого визначено параметри формування елементів продуктивності рослин, залежно від сортових особливостей. Із трьох досліджуваних сортів у середньому за роки вирощування у фазу куціння більшої висоти досягли рослини сорту Зліт харківський – 25,4 см, дещо меншою висотою вирізнялися рослини сорту Гусар харківський – 24,2 см та сорту Борівітер харківський – 23,6 см.

У фазу вихід в трубку у середньому за роки досліджень максимальною висотою вирізнялися рослини сорту

Гусар харківський – 52,4 см. Менші значення висоти рослин відмічені у сортів Зліт харківський та Борівітер харківський – 48,2, 47,6 см, відповідно.

У фазу колосіння із досліджуваних нами сортів тритикале ярого у середньому за роки досліджень найвища висота рослин спостерігалася у сорту Гусар харківський – 96,2 см, що більше на 3,2 см, ніж у сорту Зліт харківський та на 4,4 см у сорту Борівітер харківський (рис. 2).

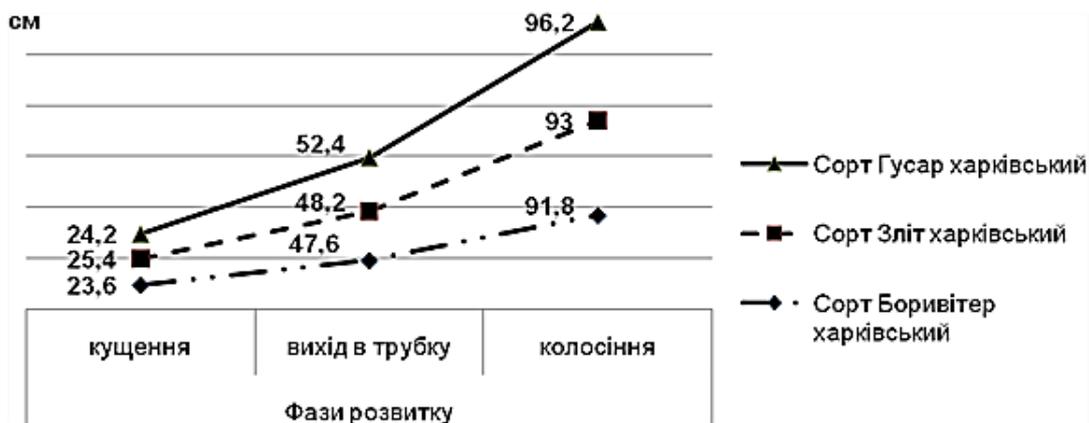


Рис. 2. Висота рослин тритикале ярого залежно від сортових особливостей, см (середнє за 2019–2020 рр.).

Сорти тритикале ярого мали у середньому вагу рослини у межах 2,4–3,0 г. Найбільша вага рослини спостерігалася у сорту Гусар харківський – 3,0 г. В середньому за роки досліджень максимальною вагою колосу тритикале ярого вирізнялися рослини сорту Гусар харківський – 2,0 г. Менші значення ваги колосу рослин визначені у сортів Зліт харківський

та Борівітер харківський – 1,9, 1,8 г відповідно. Експериментальні дані свідчать, що найдовший колос (у середньому 9,5 см) мали у варіанті з сортом Гусар харківський. У сортів Зліт харківський та Борівітер харківський довжина колосу зменшувалася на 1,3 та 2,1 см, відповідно (табл. 2).

Таблиця 2

Вага рослини та колосу, довжина колосу рослин тритикале ярого залежно від сортових особливостей (середнє за 2019–2020 рр.)

Сорт	Вага рослини, г	Вага колосу, г	Довжина колосу, см
Борівітер харківський	2,4	1,8	7,4
Зліт харківський	2,9	1,9	8,2
Гусар Харківський	3,0	2,0	9,5
НІР ₀₅	0,31	0,28	0,54

Найбільш визначальними для формування урожайності тритикале ярого вважаються такі елементи структури врожаю, як кількість і маса зерен з одного колоса та маса 1000 зерен.

Найменшу масу зерна з колосу формували рослини тритикале ярого у сорту Борівітер харківський (1,2 г), найбільшу у сорту Гусар харківський (1,4 г). Кількість зерен у колосі коливалась у межах 32,8–35,0 шт. Найбільшу кількість зерен

в колосі формували рослини сорту Гусар харківський – 35 шт. Дещо нижчу кількість зерен в колосі отримано в сортів Борівітер харківський – 32,8 шт та Зліт харківський 34,5 шт. Разом з тим, встановлено, що найбільшою масою 1000 зерен вирізнялися рослини у посівах сорту Гусар харківський – 40,0 г. Найменшу масу 1000 зерен мали рослини сорту Борівітер харківський – 36,6 г (табл. 3).

Таблиця 3

Структурні показники рослин тритикале ярого залежно від сортових особливостей (середнє за 2019–2020 рр.)

Сорт	Вага зерна у колосі, г	Число зерен у колосі, шт.	Маса 1000 шт., г
Борівітер харківський	1,2	32,8	36,6
Зліт харківський	1,3	34,5	37,7
Гусар Харківський	1,4	35,0	40,0
НІР ₀₅	0,3	1,29	1,38

Основними показниками продуктивності сільськогосподарських культур є їх урожайність, яка з точки зору виробництва характеризує величину продукції. Аналіз отриманих врожайних даних свідчить про значний вплив сорту на формування врожаю зерна. Дані графіка свідчать, що урожайність сортів тритикале ярого у середньому становила від 4,08

до 4,76 т/га (НІР₀₅ = 0,32). Максимальну урожайність у середньому за період досліджень формував сорт Гусар харківський 4,76 т/га. Сорти Борівітер харківський та Зліт харківський забезпечили урожайність на рівні 4,08, 4,49 т/га, відповідно (рис. 3).

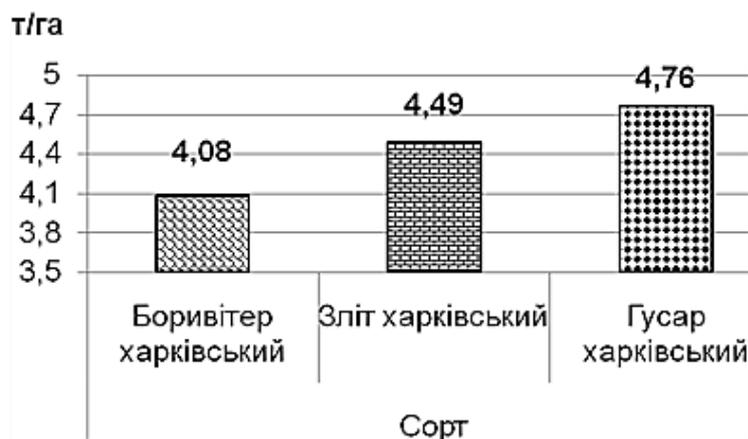


Рис. 3. Урожайність зерна тритикале ярого залежно від сортових особливостей, т/га (середнє за 2019–2020 рр.).

Якість зерна є інтегрованим показником взаємодії сорту, природно-кліматичних особливостей, агротехнічних та організаційно-економічних умов вирощування тритикале. Вміст сирій клейковини в зерні тритикале ярого в роки проведення досліджень були на рівні 24,92–26,21 % ($НІР_{05} = 0,34$).

Сортові особливості впливали на вміст клейковини в зерні тритикале. Зерно з найвищим вмістом клейковини отримано у сорту Гусар Харківський – 26,21 %, що більше на 1,25 %, ніж у сорту Зліт харківський та на 1,29 % у сорту Боривітер харківський.

Таблиця 4

Показники якості зерна тритикале ярого залежно від сортових особливостей (середнє за 2019–2020 рр.)

Сорт	Вміст клейковини, %	Вміст білка, %
Боривітер харківський	24,92	12,57
Зліт харківський	24,96	12,75
Гусар Харківський	26,21	13,53
$НІР_{05}$	0,34	0,66

Вміст білка у зерні тритикале ярого коливався в межах 12,57–13,53 % ($НІР_{05} = 0,66$). Найбільша кількість білка в зерні тритикале ярого отримана у сорту Гусар харківський – 13,53 %. Дещо нижчий вміст білка отримано у сортів Зліт харківський – 12,75 % та Боривітер харківський – 12,57 %.

Обговорення. Важливою умовою створення високих врожаїв є підвищення продуктивності фотосинтезу сільськогосподарських культур. Відомо, що добре розвинений фотосинтетичний апарат, оптимальний за об'ємом і динамікою функціонування, є важливим критерієм високої продуктивності сучасних сортів на рівні агрофітоценозу. Він повинен забезпечувати найкращу роботу за інтенсивністю та якістю у всі фази росту і розвитку рослин (Nichiporovich, 1956). Площа листків тритикале зростає до фази колосіння (Blazhevych & Kravchenko, 2010). Існують різні думки щодо порівняння показників асиміляційної площі листків рослин тритикале ярого й інших ярих колосових. За розмірами листового апарату тритикале істотно не відрізняється від родинних форм (Golub, 2007). Разом із тим, існує думка, що рослини тритикале ярого формують меншу площу листків, порівняно з іншими ярими колосовими (Len', 2009).

За даними М. Б. Мазуренка продуктивність посівів та показник абсолютно сухої біомаси тритикале залежав більшою мірою від сорту, ніж від системи удобрення або строку сівби (Mazurenko & Novus'ka, 2020). На висоту рослин тритикале ярого безпосередньо впливають сортові особливості. За результатами дослідів Рябчун В. К. (Rjabchun, 2016) висота рослин сортів тритикале ярого залежить від генотипових особливостей і коливається в межах 108–127 см.

Переважає більшість зразків характеризується коло-

сом завдовжки 10–12 см. Також були виділені форми з коротким колосом, довжина якого становить 7 см. Відомо, що пшениця спельта, має довгий (18–20 см) рихлий колос. В результаті схрещувань тривидових тритикале та спельти деякі із отриманих форм успадкували довгоколосість спельти. Такі форми мали колос довжиною 16–17 см. На думку В. В. Моргуна, форми з довгим рихлим колосом мають низку переваг. У них швидше висихає колос після дощу, внаслідок чого знижується сприйнятливості до хвороб. Вони забезпечують формування крупного зерна з покращеними технологічними властивостями. У таких форм підвищується фертильність та врожайність (Morgun & Logvinenko, 1995).

Створення форм тритикале із добре озерненим колосом є важливим завданням селекції культури, оскільки зернова продуктивність тритикале тісно пов'язана з озерненістю колоса. Більшість колекційних зразків чотиривидових тритикале мали кількість зерен в колосі від 42 до 54 шт. Були відмічені форми, в яких кількість зерен в колосі сягала 70 шт. Спостерігалися форми, які характеризувались череззерницею та кількістю зерен в колосі менше 25 шт. (Korljuk et al., 2002; Krajnov, 2003).

За результатами дослідів В. К. Рябчун (Rjabchun, 2016) маса 1000 зерен сортів Боривітер харківський, Воля харківська становила 36,7 г. В дослідях С. М. Каленської (Kalens'ka et al., 2010) маса 1000 зерен тритикале ярого коливалась в межах 36,6–40,1 г.

За результатами досліджень В. К. Рябчун (Rjabchun et al., 2017) середня урожайність сортів тритикале ярого за роки досліджень становила 4,07 т/га. Найбільш сприятливими для формування урожайності були умови 2014 р., про що свідчить показник середньої урожайності сортів (5,82 т/га

з коливанням за генотипами від 5,13 до 6,36 т/га). Найменшу урожайність сорти формували у посушливих умовах 2013 р. –1,94 т/га (від 1,35 до 2,45 т/га). При цьому, генотипи по різному реагували на зміну умов середовища за роками У середньому за роками досліджень вищу урожайність мали сорти Зліт харківський (4,48 т/га), Гусар харківський (4,48 т/га), Борівітер харківський (4,46 т/га), Дархліба харківський (4,31 т/га). Серед них найменше реагував на зміну умов середовища сорт Зліт харківський, а сорт Борівітер харківський був більш пластичним.

Якість зерна характеризується складним комплексом фізико-біологічних і хіміко-технологічних властивостей, зведених у систему певних показників. Якість зерна, у першу чергу, залежить від ґрунтового-кліматичних умов і біологічних особливостей сорту (Kalens'ka, 2001; Krjuchkova, 2012).

При створенні нових сортів тритикале ставилося на вирішення важливе завдання – підвищення вмісту білка та клейковини у зерні за рахунок інтрогресії у генотип гексаплоїдних тритикале генетичного матеріалу пшениці спельта (Diordijeva et al., 2019).

Після виведення сортів тритикале ярої ситуація кардинально змінилася: були отримані форми, які за фізичними показниками і якісними характеристиками зерна наближались до сильних пшениць, що дає можливість ефективно використовувати її як основну зернову культуру (Lisnychuj, 2001; Lisnychuj et al., 2002).

Висновки. За результатами досліджень було встановлено, що кращі умови для росту, розвитку і формування врожаю тритикале ярого склалися на варіанті з сортом Гусар харківський. Даний сорт тритикале ярого забезпечив отримання максимальної ваги рослини 3,0 г, вагу колосу 2,0 г, вагу зерна у колосі 1,4 г та довжину колосу 9,5 см. Кількість зерен у колосі становила 35 шт. з масою 1000 насінин 40,0 г. Максимальну урожайність у середньому за період досліджень формували сорти Гусар харківський (4,76 т/га). Сорти Борівітер харківський та Зліт харківський забезпечили урожайність на рівні 4,08, 4,49 т/га відповідно. У зерні сорту Гусар харківський відмічено максимальну кількість клейковини 26,21 % з вмістом білка 13,53 %.

References:

1. Kapustina, T. B., Rjabchun, V. K., Shatohin V. I., & Lisnychuj, V. A. (2008). Metodichni osoblyvosti stvorennja sortu jarogo trytikale Solovej harkivs'kyj [Methodological features of creating a variety of spring triticale Solovey kharkivs'kiy] Selekcija i nasinnyctvo. Instytut roslynnyctva im. V. Ja. Jur'jeva UAAN, 95, 65–70 (in Ukrainian). doi: 10.30835/2413-7510.2008.84716.
2. Olijnyk, O. S. (2018). Vyrobnyctvo ta osoblyvosti spozhyvannja hlibnyh zlakiv v Ukraїni ta i'h tovaroznavcha harakterystyka [Production and features of cereals consumption in Ukraine and their commodity characteristics]. Modern scientific researches, 4(06-04). 6–13 (in Ukrainian). doi: 10.30889/2523-4692.2018-06-04-054.
3. Barnett, R. D., Blount, A. R., Pfahler, P. L., Bruckner, F. L., Vezenberg, D. M., & Dzhonsonet, D. U. (2006). Environmental stability and heritability estimates for grain yield and test weight in triticale. Journal of Applied Genetics, 47(3), 207–213. doi: 10.1007/BF03194625.
4. Radchenko, M. V., Butenko, A. O., & Glupak, Z. I. (2018). Vplyv systemy udobrennja ta efektyvnist' regulatora rostu na produktyvnist' grechky v umovah pivnichno-shidnogo lisostepu Ukraїny [The influence of fertilizer system and efficacy of growth regulator on buckwheat productivity under the conditions of north-east forest steppe of Ukraine]. Ukrainian Journal of Ecology, 8(2), 89–94 (in Ukrainian). doi: 10.15421/2018_314 .
5. Rjabchun, V. K., Kapustina, T. B., Mel'nyk, V. S., Chernobaj, S. V., & Shhechenko, O. Je. (2015). Selekcija trytikale jarogo na pidvyshhennja adaptyvnosti ta urozhajnosti [Selection of spring triticale to increase adaptability and yield]. Harkiv (in Ukrainian).
6. Tams, S. H., Bauer, E., Oettler, G., Melchinger, A. E., & Schon, C.-C. (2006). Prospects for hybrid breeding in winter triticale: II. Relationship between parental genetic distance and specific combining ability. Plant Breeding, 125(4), 331–336. doi: 10.1111/j.1439-0523.2006.01218.
7. Butenko, A. O., Sobko, M. G., Ilchenko, V. O., Radchenko, M. V., Hlupak, Z. I., Danylchenko, L. M., & Tykhonova, O. M. (2019). Agrobiological and ecological bases of productivity increase and genetic potential implementation of new buckwheat cultivars in the conditions of the Northeastern Forest-Steppe of Ukraine. Ukrainian Journal of Ecology, 9 (1), 162–168 (in Ukrainian). [Electronic resource]. Access mode: <https://www.ujecology.com/articles/agrobiological-and-ecological-bases-of-productivity-increase-and-genetic-potential-implementation-of-new-buckwheat-culti.pdf>
8. Macholdt, J., & Honermeier, B. (2016). Impact of climate change on cultivar choice: adaptation strategies of farmers and advisors in German cereal production. Agronomy, 6(40) (in Germany). doi: 10.3390/agronomy6030040.
9. Blum, A. (2014). The abiotic stress response and adaptation of triticale – A Review. Cereal Research Communications, 42 (3), 359–375.
10. Munjonji, L., Ayisi, K. K., & Vandewalle, B. (2017). Yield performance, carbon assimilation and spectral response of triticale to water stress. Experimental Agriculture, 53(1), 100–117.
11. Djekic, V., Mitrovic, S., Milovanovic, M., Djuric, N., Kresovic, B., Tapanarova, A., Djermanovic, V., & Mitrovic, M. (2011). Implementation of triticale in nutrition of non-ruminant animals. African Journal of Biotechnology, 10, 5697–5704 (in Serbian). doi: 10.5897/AJB10.986.
12. Diordijeva, I. P., Rjabovol, Ja. S., & Rjabovol, L. O. (2019). Agrobiologichnyj potencial ta pohodzhennja sortu trytikale ozymogo Navarra [Agro-biological potential and origin of Navarra winter triticale variety]. VISNYK Poltav's'koi' derzhavnoi' agrarnoi' akademii', 2, 13–19 (in Ukrainian). doi: 10.31210/visnyk2019.02.01.
13. Vasyl'jev S. V. (2016). Narodnogospodars'ke znachennja trytikale ta perspektyvy jogo vykorystannja dlja rozshyrennja syrovynnoi' bazy harchovyh vyrobnyctv [Agricultural importance of triticale and prospects of its application to expand the resource base of food production]. Zernovi produkty i kombikormy, 62(2), 13–18 (in Ukrainian). doi: 10.15673/gpmf.v62i2.138.

14. Ayalew, H., Kumssa, T. T., Butler, T. J., & Ma, X.-F. (2018). Triticale Improvement for Forage and Cover Crop Uses in the Southern Great Plains of the United States. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1130–1136. doi: 10.3389/fpls.2018.01130.
15. Jonnala, R. S., MacRitchie, F., Herald, T. J., Lafiandra, D., Margiotta, B., & Tilley, M. (2010). Protein and Quality Characterization of Triticale Translocation Lines in Breadmaking. *Cereal Chemistry Journal*, 87(6), 546–552. doi: 10.1094/cchem-02-10-0025.
16. Gyrka, A. D., Kulyk, I. O., Pedash, O. O., Vinjukov, O. O., & Ishhenko, V. A. (2016). Agroekologichne vyprobuvannya sortiv jaryh zernovyh kul'tur u pivnichnomu Stepu Ukraïny [Agroecological testing of spring cereal varieties in northern Steppe of Ukraine]. *Biologichnyj visnyk MDPU imeni Bogdana Hmel'nyckogo*, 6(3), 54–60 (in Ukrainian). doi: 10.15421/201671.
17. Estrada-Campuzano, G., Slafer, G. A., & Miralles, D. J. (2012). Differences in yield, biomass and their components between triticale and wheat grown under contrasting water and nitrogen environments. *Field Crops Research*, 128, 167–179. doi: 10.1016/j.fcr.2012.01.003.
18. Chernobaj, S. V., Rjabchun, V. K., Kapustina, T. B., & Shevchenko, O. Je. (2019). Trytykale dlja pizn'oosinn'oi' sivby [Triticale for late autumn sowing]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 88, 44–49 (in Ukrainian). doi: 10.31073/kormovyrobnytstvo201988-06
19. Rjabchun, V. K., Shatohin, V. I., & Mel'nyk, V. S. (2010). Vyroshhuvannya trytykale jarogo dlja stabilizacii' vyrobnytstva zerna [Growing spring triticale to stabilize grain production]. *Posibnyk ukraïns'kogo hliboroba*, 199–203 (in Ukrainian).
20. Kononenko, S. Y. (2016). Problemy i perspektivy ispol'zovanija tritikale v kormlenii [Problems and prospects of using triticale in feeding]. *Nauchnyj zhurnal KubGAU*, 116(02), 826–854 (in Russian).
21. Rybalka, O. I., Morgun, V. V., Morgun, B. V., & Pochynok, V. M. (2015). Agronomichnyj potencial i perspektivy trytykale [Agronomic potential and perspectives of triticale]. *Fiziologija rastenij i genetika*, 47(2), 95–111 (in Ukrainian).
22. Bilitjuk, A. P., Girko, V. S., Kalens'ka, S. M., & Andrushkiv, M. I. (2004). Trytykale v Ukraïni [Triticale in Ukraine]. *Kyïv* (in Ukrainian).
23. Stankov, I., Yanchev, I., & Rajcheva, Ts. (2015). A New Stage of Triticale Breeding and Production in Bulgaria. *Journal Article In AGRIS*, 48, 3–4.
24. Bilitjuk A. P. (2006). Vyroshhuvannya intensyvnih agrocenoziv trytykale ozymogo v umovah Zahidnogo Polissja Ukraïny [Growing of intensive agrocenoses of winter triticale in the conditions of Western Polissya of Ukraine]. *Zbirnyk naukovyh prac' Volyns'kogo instytutu APV*, 72–87 (in Ukrainian).
25. Kalens'ka, S.M., Prysazhnyuk, O.I., Polovynchuk, O.Ju., & Novyc'ka, N.V. (2018). Porivnjal'na harakterystyka shkal rostu j rozvytku zernovyh kul'tur [Comparative characteristics of the growth and development of grain crops]. *Plant Varieties Studying and Protection*. 4(4), 406-414 (in Ukrainian). doi: 10.21498/2518-1017.14.4.2018.151906
26. Kalens'ka, S. M., & Kononjuk G. V. (1996). Produktyvnist' ozymogo trytykale zalezno vid tehnologij vyroshhuvannya [Productivity of winter triticale depending on cultivation technologies]. *Zemlerobstvo: mizhvidom. temat. nauk. zb.*, 71, 78–81 (in Ukrainian).
27. Kalens'ka, S. M., Blazhevych, L. Ju., & Kravchenko, L.O. (2010.) Fyzychni ta tehnologichni vlastyvoli zerna trytykale jarogo zalezno vid abiotychnyh i biotychnyh faktoriv [Physical and technologies grain quality of spring triticale depend on abiotic and biotic factors]. *Naukovi dopovidi NUBIP. 2* (18), 1–7. [Electronic resource]. Access mode: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2010-2/10ksmabf.pdf>
28. Dosepehov, B. A. (1985). *Metodyka polevogo opyta* [Method of the field experience]. *Agropromy`zdat, Moskva* (in Russian).
29. Nichiporovich, A. A. (1956). *Fotosintez i teorija poluchenija vysokih urozhaev* [Photosynthesis and the theory of obtaining high yields]. *Moskva* (in Russian).
30. Blazhevych, L. Ju., & Kravchenko, L. O. (2010). Fotosyntetychna dijalnist' posiviv trytykale jarogo zalezno vid system udobrennja ta zahystu [Photosynthetic activity of spring triticale crops depending on fertilizer and protection systems]. *Zb. nauk. pr. NNC Instytut zemlerobstva UAAN*, 1, 96 (in Ukrainian).
31. Golub, S. M. (2007). Osnovni biologichni osoblyvosti trytykale [The main biological features of triticale]. *Naukovyj visnyk Volyns'kogo derzhavnogo universytetu. Biologichni nauky*, 5, 157–161 (in Ukrainian).
32. Len', O. I. (2009). Formuvannya asimiljujuchoi' poverhni ta ii' vplyv na produktyvnist' jachmenju za riznyh tehnologij vyroshhuvannya [Formation of the assimilating surface and its influence on barley productivity at various technologies of cultivation]. *Visnyk Poltavskoi' derzhavnoi' agrarnoi' akademii'*, 1, 119–121.
33. Mazurenko, B. O., & Novyc'ka, N. V. (2020). Nakopychennja absoljutno suhoi' rechovyny ta chysta produktyvnist' fotosyntezy posiviv trytykale za piznih osinnih strokiv sivby ta pidzhyven' azotom [Dry matter accumulation and triticale photosynthesis efficiency in depend on late autumn sowing terms and nitrogen fertilizing]. *Tavrjys'kyj naukovyj visnyk*, 111, 105–111 (in Ukrainian). doi: 10.32851/2226-0099.2020.111.14.
34. Rjabchun, V. K., Kapustina, T. B., Mel'nyk, V. S., Harchenko, Ju. V., & Illichov, Ju.G. (2016). Rezul'taty ekologichnogo vyprobuvannya trytykale jarogo v Lisostepu Ukraïny [Results the environmental trial of spring triticale in the Forest-Steppe of Ukraine]. *Tezy dopovidej Mizhnarodnoi' nauko-vo-praktychnoi' konferencii'*. *Genetychni resursy, genetyka, selekcija ta nasynnyctvo trytykale*, 41-42.
35. Morgun, V. V., & Logvinenko, V. F. (1995). *Mutacionnaja selekcija pshenic* [Wheat mutation breeding]. *Kyev: Naukova dumka* (in Ukrainian).
36. Korljuk, S. S., Krajnov, O. O., Pyl'njev, V. M., & Gerasymenko, V. P. (2002). Koreljacii' gospodars'kyh i biologichnyh oznak ta ih varijuvannya v riznyh morfotypiv ozymogo trytykale [Correlations of economic and biological traits and their variation in different morphotypes of winter triticale]. *Agrarnyj visnyk Prychornomor'ja: Zb. nauk. prac'*, 18, 9–14 (in Ukrainian).
37. Krajnov, O. O. (2003). Analiz genetychnogo riznomanittja ta spadkovosti gospodars'kyh oznak sortiv riznyh typiv ozymogo

трытыкале. (Автореферат дисертації кандыдата біялогічных навук). Селекцыйно-генетычны інстытут нацыянальнага цэнтру насіннезнаўства та сортывывчэння NAAN, Одеса (in Ukrainian).

38. Rjabchun, V. K., Mel'nyk, V. S., Kapustina, T. B., Chernobaj, S. V., & Shhechenko, O. Je. (2017). Adaptivni vlastyvoli sortiv trytykale jarogo v umovah shidnogo Lisostepu Ukraїny [The adaptive properties of varieties of spring triticale under the Eastern Forest steppes of Ukraine]. *Agrobiologija*, 1, 56–61 (in Ukrainian).

39. Kalens'ka, S. M. (2001). Agroekologichni ta biologichni osnovy intensyfikacii vyrobnnytva ozymogo zhyta ta trytykale v Lisostepu Ukraїny. (Автореферат дисертації доктора сільськогосподарських навук). Kyїv (in Ukrainian).

40. Krjuchkova, T. E. (2012). Fiziko-himicheskie svojstva zerna tritikale [Physicochemical properties of triticale grain]. *Nauchnyj zhurnal KubGAU*, 82, 36–39 (in Russian).

41. Diordijeva, I. P., Rjabovol, Ja. S., & Rjabovol, L. O. (2019). Agrobiologichnyj potencial ta pohodzhennja sortu trytykale ozymogo strateg [Agrobiological potential and origin of variety of winter triticale strateg]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukraїny*, 2(78) (in Ukrainian). doi: 10.31548/dopovidi2019.02.012.

42. Lisnychyj, V. A. (2001). Boroshno z zerna jarogo trytykale [Flour from spring triticale grain]. *Propozycja*, 4, 28–32 (in Ukrainian).

43. Lisnychyj, V. A., Rjabchun, V. K., & Shatohin, V. I. (2002). Gospodars'ko cinni ta pozhyvni vlastyvoli zernovogo jarogo trytykale [Economically valuable and nutritious properties of spring triticale grain]. *Naukovyj visnyk naцыянальнага аграрного unіversytetu*, 40, 34–38 (in Ukrainian).

Radchenko M. V., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Danylchenko O. M., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

REALIZATION OF POTENTIAL OF SPRING TRITICALE VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE NORTHEASTERN PART OF THE FOREST STEPPE OF UKRAINE

Spring triticale in the grain complex plays a significant stabilizing role in food grain production. The fact that spring triticale is low demanding to predecessors, soil conditions, technical and fodder value of grain, increased resistance to diseases makes it possible to increase grain production.

The research envisaged the use of the genetic potential of high yields of a relatively new grain crop – spring triticale, which expands the possibilities of producing pure products and stabilizes the market of ecologically safe food grain.

Varieties of spring triticale had an average plant weight in the range of 2.4–3.0 g. The greatest weight of the plant was observed in the variety Husar Kharkivskiy – 3.0 g. On average, over the years of research, the maximum weight of the spring triticale ear was distinguished by plants of the Husar Kharkivskiy variety – 2.0 g. Smaller values of plant ear weight were determined in the varieties Zlit Kharkivskiy and Boryviter Kharkivskiy – 1.9, 1.8 g respectively. Experimental data show that the longest ear (on average 9.5 cm) had plants in the variant with the variety Husar Kharkivskiy. The smallest mass of grain from the ear was formed by spring triticale plants in the variety Boryviter Kharkivskiy (1.2 g), the largest one was in the variety Husar Kharkivskiy (1.4 g). The number of grains in the ear ranged from 32.8 to 35.0 pieces. The largest number of grains in the ear was formed by plants of the Husar Kharkivskiy variety – 35 pcs. However, it was found that the largest mass of 1000 grains differed plants in crops of the variety Husar Kharkivskiy – 40.0 g. On average the maximum yield during the research period was formed by the variety Husar Kharkivskiy – 4.76 t/ha. Varieties Boryviter Kharkivskiy and Zlit Kharkivskiy provided yields of 4.08, 4.49 t/ha respectively.

The content of crude gluten in the grain of spring triticale in the years of research was at the level of 24.92–26.21 %. Varietal characteristics affected the gluten content in triticale grain. Grain with the highest gluten content was obtained in the variety Husar Kharkivskiy – 26.21 %, which is 1.25 % more than in the variety Zlit Kharkivskiy and 1.29 % in the variety Boryviter Kharkivskiy. The protein content in the grain of spring triticale ranged from 12.57 to 13.53 %. The largest amount of protein in the spring triticale grain was obtained in the variety Husar Kharkivskiy – 13.53%. Slightly lower protein content was obtained in the varieties Zlit Kharkivskiy – 12.75 % and Boryviter Kharkivskiy – 12.57 %.

The best conditions for growth, development and crop formation of spring triticale have developed on the variant with the Husar Kharkivskiy variety. This variety provided the maximum yield on average for the research period of 4.76 t/ha with the number of grains in the ear of 35 pcs and weight of 40.0 g for 1000 seeds. The maximum amount of gluten 26.21 % with a protein content of 13.53 % was noted in the grain of the Husar Kharkivskiy variety.

Key words: grain weight in the ear, number of grains in the ear, weight of 1000 seeds, yield, protein and gluten content.

Дата надходження до редакції: 01.11.2020 р.

БІОРІЗНОМАНІТТЯ ПРОПОНОВАНОГО ЗАКАЗНИКА "ПШІНЧИНЕ"

Скляр Вікторія Григорівна

доктор біологічних наук, професор
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-1301-7384
skvig@ukr.net

Скляр Юрій Леонідович

кандидат біологічних наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-5790-1331
sul_bio@ukr.net

Баштовий Микола Григорович

кандидат біологічних наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-3352-4375
bashtovoy.nik@gmail.com

Литовка Володимир Вікторович

вчитель-методист
Роменська загальноосвітня школа I-III ступенів № 5 Роменської міської ради
valhis@ukr.net

Смець Олександр Михайлович

кандидат біологічних наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0003-1228-1439
Yemets_A@ukr.net

Шерстюк Марина Юріївна

кандидат біологічних наук, старший викладач
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-4983-6453
maryna_skliar@ukr.net

Ярошенко Наталія Павлівна

аспірантка
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0003-0475-2560
kryskanata@gmail.com

Говенько Ярослава Сергіївна

студентка
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
2803yroclava1999@gmail.com

За результатами польових досліджень заплави р. Хмелівка біля сіл Басівка та Пшінчине Роменського району Сумської області вперше охарактеризовано її біорізноманіття та запропоновано створення заказника місцевого значення «Пшінчине». Флора, рослинність та фауна місцевості вивчалися із застосуванням загальноприйнятих флористичних, геоботанічних, зоологічних методів, зокрема рекогносцирувального та детально-маршрутного. Встановлено, що більшу частину цієї ділянки заплави охоплює повітряно-водна рослинність, представлена моновидовими угрупованнями *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. Поширені торф'янисті луки із домінуванням *Deshampsia caespitosa* (L.) P. Beauv. На двох курганах домінують лучно-стенові угруповання з найбільшою рясністю *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Festuca valesiaca* Gaudin, *Festuca pratensis* Huds., *Poa pratensis* L., *Carex hirta* L. Відмічено, що у межах заплави активно поширюються дерева *Alnus glutinosa* L. (Gaerth.), *Salix fragilis* L., *Populus tremula* L., *Salix triandra* L., *Salix pentandra* L.

Аналіз фауністичного складу території засвідчив що на прируслових ділянках поширені *Rana ridibunda* Pallas, 1771 та *Rana terrestris* Nilsson, 1842. У прибережній зоні трапляється *Natrix natrix* Linnaeus, 1758. На суходільних ділянках

відмічено представників видів *Capreolus capreolus* Linnaeus, 1758, *Lepus europaeus* Pallas, 1778, *Vulpes vulpes* Linnaeus, 1758.

Созологічна цінність пропонуваного заказника «Пшінчине» полягає у присутності у складі флори 2 видів рослин, занесених до «Червоної книги України» – *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soó. і *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soo. та 23 видів рослин, що представлені у «Червоному списку МСОП» із рангом охорони рівня LC. До складу фауни входить 27 видів, що мають охоронний статус МСОП рівня LC, з них 19 належать до списків додатку II та III Бернської конвенції. Результати проведеної географо-естетичної та психолого-естетичної оцінок свідчать про значну естетичну цінність ландшафту заплави р. Хмелівка біля с. Басівка та с. Пшінчине й підтверджують доцільність включення цієї території до складу природно-заповідного фонду Сумської області.

Ключові слова: природно-заповідний фонд, екологічна мережа, природні комплекси, созологічна цінність.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.3.5>

Вступ. Однією з ключових глобальних проблем сьогодення є збереження біорізноманіття екосистем. У зв'язку з деградацією середовищ існування спостерігається зниження чисельності окремих популяцій та вимирання видів. (Hellweg et al., 2014; Dupuy & Viñuales, 2018; Rabosky, 2009). Наслідком зникнення видів є руйнація наявних екологічних зв'язків та деградація природних угруповань до рівня, що унеможливає їхнє самовідновлення (Domelas, 2010; Brink, 2007; Salk et al., 2020; Magda et al., 2015; Szykh, 2016). Потреба у збереженні біорізноманіття є складовою однієї з Глобальних цілей сталого розвитку, зокрема цілі-13 – «Боротьба зі зміною клімату», тому світова спільнота активно долучається до реалізації Концепції про біологічне різноманіття у контексті локальних змін (Danielsen et al., 2009; James, 2007; Alons, 2017; Naem et al., 2016; Cardinale, 2012; Díaz et al., 2006; James, 2007; Mace, 2012). Згідно до Загальнодержавної програми збереження біорізноманіття на 2005–2025 рр. одним із основних напрямків екологічної політики в Україні є контроль за використанням природних ресурсів та зниження антропогенного тиску на екосистеми. (Movchan, 2000). На локальному рівні найбільш дієвим механізмом збереження біорізноманіття є заповідання природних територій (Marselle et al., 2020; Justus et al., 2009; Sheljag-Sosonko & Dubyna, 2003; Grodzyns'kyj, 2007).

Державною стратегією регіонального розвитку на період до 2020 року, затвердженою постановою Кабінету Міністрів України від 6 серпня 2014 року № 385, передбачено збільшення частки заповідних територій в Україні до 10,8 % у 2018 та до 15 % у 2020 році. На території Сумської області – відсоток заповідності до 2020 року – 18 %. На теперішній час він становить близько 7,5 % (Derzhavna stratehiya rehional'noho rozvytku..., 2014; Pryrodno-zapovidnyy fond Sums'koyi oblasti, 2016).

У зв'язку із вищезазначеним, актуальним є проведення заходів, спрямованих на створення нових територій природно-заповідного фонду (Sklyar & Sklyar, 2014; Sklyar & Sklyar, 2016), а також оптимізація вже існуючої мережі об'єктів з природоохоронним статусом (Sklyar & Sklyar, 2003).

У Сумській області даному питанню приділяється значна увага.

З цієї точки зору досить перспективною є територія, розташована у Роменському районі Сумської області біля с. Басівка та с. Пшінчине, де представлені типові природні комплекси заплави малих річок Лісостепу та репрезентоване своєрідне, созологічно цінне біорізноманіття. За попередній період часу, до початку досліджень, пов'язаних із вивченням біорізноманіття заплави р. Хмелівка на південь від с. Басівка, наукові дослідження природничого та созологічного напрямку цієї території не проводились (Grodzyns'kyj, 2007). Література, в якій би характеризувалася дана місцевість, відсутня. Включенням є лише видання енциклопедичного характеру або дані про районування України, в яких надається інформація про природні умови України, її окремих регіонів (Akimov et al., 2003) або ж безпосередньо Роменського адміністративного району (Географічна енциклопедія України, 1998).

Метою даної публікації є надання інформації про стан природних комплексів території у заплаві малої річки Хмелівка, що розташовується біля с. Басівка та с. Пшінчине за результатами аналізу наявних літературних даних та, насамперед, власних польових спостережень.

Матеріали і методи досліджень. В основу публікації покладено матеріали польових досліджень, проведених авторами протягом 2019–2020 рр. Вивчення біорізноманіття базувалося на використанні комплексу загальноприйнятих флористичних, геоботанічних, зоологічних методів, у тому числі рекогносцирувального та детально-маршрутного (Sheyko & Kushnarenko, 2003; Polevaya geobotanika, 1959; Polevaya geobotanika, 1964; Grishhenko, 1997; Zagorodnjuk 2002). Рослинність вивчали з використанням еколого-ценотичних підходів (Необотаніка, 2018, Jakubenko et al, 2019).

Пропонована природоохоронна територія розташовується на південь від с. Басівка та на схід від с. Пшінчине Роменського району (рис. 1). Вона охоплює долину малої річки Хмелівка, яка є притокою р. Сули. Площа обстеженої ділянки складає близько 40 га.

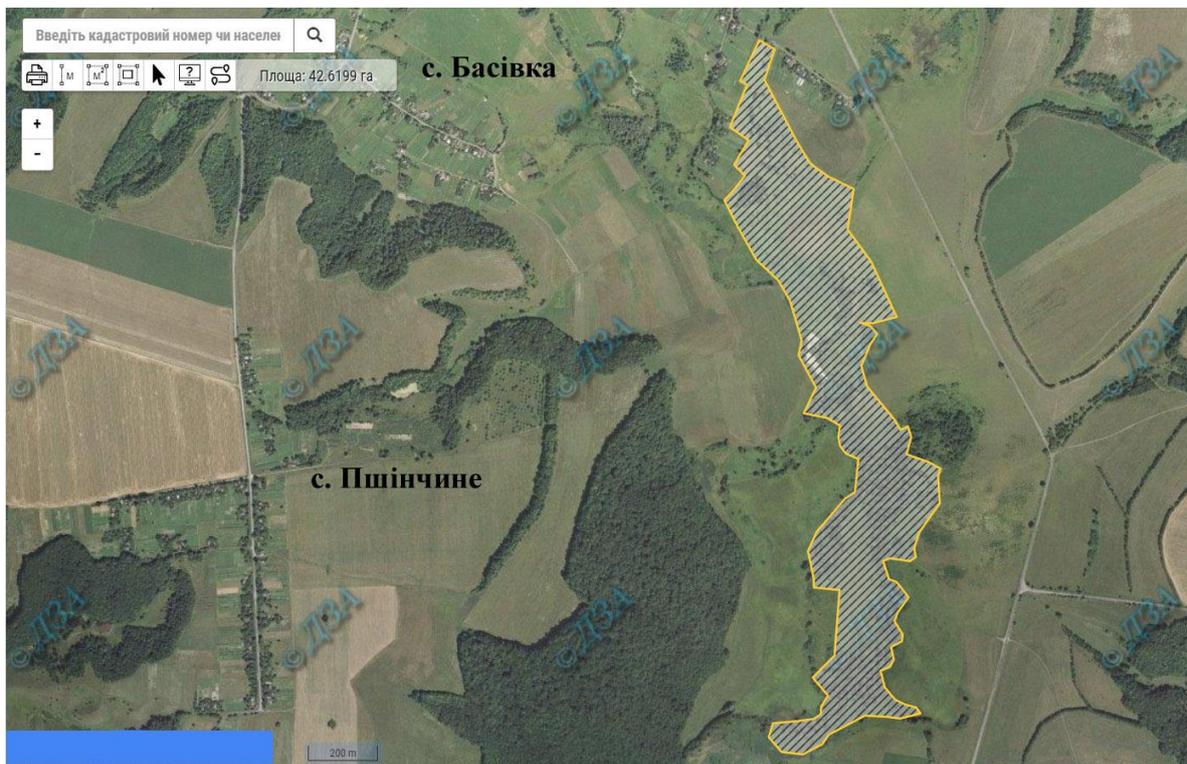


Рис. 1. Карто-схема ділянки заплави річки Хмелівка біля с. Басівка та с. Пшінчине, пропонується для надання природоохоронного статусу.

За фізико-географічним районуванням України ця місцевість відноситься до Роменсько-Гадяцького району Північно-Полтавської височинної області Лівобережно-Дніпровського краю Лісостепової зони Східно-Європейської рівнини (Марунч, 2003). За геоботанічним районуванням досліджена територія належить до Прилуцько-Лохвицького району Роменсько-Полтавського округу Лівобережнодніпровської підпровінції Східноєвропейської провінції Європейсько-Сибірської лісостепової області (Необотаничне районування України RSR, 1977).

Погодно-кліматичні умови території характеризуються наступними показниками: середня температура січня: мінус 7,3 °С, липня – плюс 19,3 °С; період з температурою понад плюс 10 °С становить 159 днів; опадів близько 510 мм на рік; основна частина опадів випадає у теплий період року; середня висота снігового покриву 23 см (Geografichna encyklopedija Ukraїny, 1998). Зазначені особливості ландшафтів та клімату проявляють себе і у межах території пропонуваного заказника «Пшінчине».

Результати. Заплава річки Хмелівка загалом має рівнинний характер, однак на її території є два досить високих кургани. У межах території активно поширюються дерева вільхи клейкої* (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.), верби ламкої (*Salix fragilis* L.), осики* (*Populus tremula* L.), та кущі верби тритичинкової* (*Salix triandra* L.), верби п'ятитичинкової* (*Salix pentandra* L.), і значно рідше – калини звичайної (*Viburnum opulus* L.) (* позначено види, які представлені у «Червоному списку МСОП» із рангом охорони рівня LC.)

У складі рослинного покриву на більш вологих ділянках заплави панує повітряно-водна рослинність, представлена моновидовими угрупованнями очерету південного*

(*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), а також фітоценозами із домінуванням рогозу широколистоного* (*Typha latifolia* L.), комишу лісового* (*Scirpus sylvaticus* L.), осоки побережної* (*Carex riparia* Curtis.), мітлиці повзучої* (*Agrostis stolonifera* L.), осоки гостровидної* (*Carex acutiformis* Ehrh.). Поширені ділянки на яких домінує бодяк болотний (*Cirsium palustre* (L.) Scop., *Carduus palustris* L.). Поруч із ним зростає жовтий осот болотний (*Sonchus palustris* L.). У формуванні угруповань повітряно-водної рослинності також беруть участь такі види як вовконіг європейський* (*Lycopus europaeus* L.), зніт шорсткий* (*Epilobium hirsutum* L.), вербозілля звичайне* (*Lysimachia vulgaris* L.), гадючник в'язолистий* (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.), хвощ річковий* (*Equisetum fluviatile*), череда трироздільна* (*Bidens tripartita* L.), зніт болотний* (*Epilobium palustre* L.), сідач конопляний (*Eupatorium cannabinum* L.), плакун верболистий* (*Lythrum salicaria* L.).

У заплаві загалом та у підніжжя курганів розташовуються торф'янисті луки із домінуванням щучника дернистого (*Deshampsia caespitosa* (L.) P. Beauv.). На таких ділянках також зростають перстач гусячий* (*Potentilla anserina* L.), жовтець їдкий (*Ranunculus acris* L.), осока шершава (*Carex hirta* L.), оман верболистий (*Inula salicina* L.), *Filipendula ulmaria*, живокіст лікарський (*Symphytum officinale* L.), деревій майже звичайний (*Achillea submillefolium* Klokov & Krytzka), валеріана лікарська (*Valeriana officinalis* L.), лопух справжній (*Arctium lappa* L.), вербозілля лучне* (*Lysimachia nummularia* L.).

У підніжжя кургану виявлено популяції пальчатокорінника м'ясо-червоного (*Dactylorhiza incarnata* (L.) Soó.) та пальчатокорінника Фукса (*Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soó) – видів, занесених до «Червоної книги України» (2009) (рис.2).



Рис. 2. Рослини *Dactylorhiza incarnata* у межах досліджуваної території у заплаві річки Хмелівка (фото В. В. Литовки).

На курганах панують лучно-степові угруповання. У їхньому складі найбільшою рясністю вирізняються такі види як пирій повзучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), костриця валіська (*Festuca valesiaca* Gaudin), костриця лучна (*Festuca pratensis* Huds.), тонконіг лучний* (*Poa pratensis* L.), осока шершава (*Carex hirta* L.). У формуванні травостою також беруть участь парило звичайне (*Agrimonia eupatoria* L.), миколайчики плоскі (*Eryngium planum* L.), хвощ польовий* (*Equisetum arvense* L.), грястиця збірна (*Dactylis glomerata* L.), цикорій дикий (*Cichorium intybus* L.), конюшина гірська (*Trifolium montanum* L.), конюшина лучна (*Trifolium pratense* L.), полин гіркий (*Artemisia absinthium* L.), волошка лучна (*Centaurea jacea* L.), льонок звичайний (*Linaria vulgaris* Mill.), цмин пісковий (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench), живокіст лікарський (*Symphytum officinale* L., перстач непомічений (*Potentilla neglecta* Baumg.), сinyaк звичайний (*Echium vulgare* L.), *Achillea submillefolium*, суниця лісова (*Fragaria vesca* L.), подорожник ланцетолистий (*Plantago lanceolata* L.), оман верболистий (*Inula salicina* L.), підмаренник справжній (*Galium verum* L.), холодок лікарський* (*Asparagus officinalis* L.), полин австрійський (*Artemisia austriaca* Jacq.), звіробій звичайний (*Hypericum perforatum* L.), дивина борошниста (*Verbascum lychnitis* L.), люцерна серповидна (*Medicago falcata* L. aggr.), шавлія лучна (*Salvia pratensis* L.), буквиця лікарська (*Betonica officinalis* L.), гадючник звичайний (*Filipendula vulgaris* Moench), дрік фарбувальний (*Genista tinctoria* L.), чебрець повзучий (*Thymus serpyllum* L.), сокирки польові (*Consolida regalis* S.F. Gray (*C. arvensis* Opiz)).

Отже, у межах охарактеризованої території виявлено два види, включені до «Червоної книги України» (Chervona knyda Ukrainy, 2009) та 23 види рослин (їх за текстом позначено *), які представлені у «Червоному списку МСОП» із рангом охорони рівня LC.

Фітокомплекс деревної рослинності, чагарників та повітряно-водної рослинності є осередком існування численних птахів. Зокрема, дендрофільних та чагарникових пернатих тут представляють чикотень (*Turdus pilaris* Linnaeus, 1758), зяблик (*Fringilla coelebs* Linnaeus, 1758), соловейко східний (*Luscinia luscinia* Linnaeus, 1758), синиця велика (*Parus major* Linnaeus, 1758), сорока звичайна (*Pica pica* Linnaeus, 1758), сойка (*Garrulus glandarius* Linnaeus, 1758), зозуля звичайна (*Cuculus canorus* Linnaeus, 1758), дятел звичайний (*Dendrocopos major* Linnaeus, 1758), вівчарик-ковалик (*Phylloscopus collybita* Vieillot, 1817), кропив'янка садова (*Sylvia borin* Boddaert, 1783) та деякі інші. У високотравній повітряно-водній рослинності поширені очеретянка чагарникова (*Acrocephalus palustris* Linnaeus, 1758), очеретянка велика (*Acrocephalus arundinaceus* Linnaeus, 1758), залітають у пошуках їжі канюк звичайний (*Buteo buteo* Linnaeus, 1758), крук (*Corvus corax* Linnaeus, 1758).

Різотравно-злакові угруповання з поодинокими куртинами чагарників та окремо стоячих молодих дерев приваблюють птахів – мешканців відкритих ландшафтів. Тут трапляються жайворонки польовий (*Alauda arvensis* Linnaeus, 1758), сорокопуд терновий (*Lanius collurio* Linnaeus, 1758), куріпка сіра (*Perdix perdix* Linnaeus, 1758), вівсянка садова (*Emberiza hortulana* Linnaeus, 1758), кам'янка звичайна (*Oenanthe oenanthe* Linnaeus, 1758), чекан чорноголовий або трав'янка чорноголова (*Saxicola torquata* Linnaeus, 1758). Усі згадані пернаті мають охоронний статус МСОП рівня LC та водночас (крім крука і сороки) є у списках додатку II Бернської конвенції. Вівсянка садова є регіонально рідкісним птахом Сумської області.

На прируслових ділянках поширені жаба озерна (*Rana ridibunda* Pallas, 1771), жаба гостроморда (*Rana terrestris* Nilsson, 1842). Земноводні за оцінками МСОП мають охоронний статус рівня LC. Жаба озерна занесена до додатку

III, а жаба гостроморда до додатку II Бернської конвенції. В прибережній зоні трапляється вуж звичайний (*Natrix natrix* Linnaeus, 1758) (охоронний статус МСОП рівня LC).

З числа ссавців звичайними на суходільних ділянках є козуля європейська (*Capreolus capreolus* Linnaeus, 1758), заєць-русак (*Lepus europaeus* Pallas, 1778), лисиця звичайна (*Vulpes vulpes* Linnaeus, 1758). Згадані звірі за оцінками МСОП мають охоронний статус рівня LC. На схилах балки в фітокомплексах лучної рослинності поширені численні безхребетні. В домінанті це комахи основних рядів цього класу та павукоподібні.

Обговорення. Отже, територія заплави річки Хмелівка біля с. Басівка та с. Пшінчине Роменського району репрезентує природні комплекси, типові для малих річок Сумської області. Разом з тим вона є осередком поширення низки раритетних видів різних рангів охорони. За кількістю як типових, так і рідкісних видів, зосереджених у цій місцевості, вона не поступається багатьом заказникам місцевого значення, розташованим на теренах Сумської області (Заровідні skarby, 2001). З метою комплексної оцінки стану природних комплексів цієї території також була здійснена географо-естетична та психолого-естетична оцінка ландшафтів (табл.1, 2).

Таблиця 1

Географо-естетична оцінка ландшафту у заплаві р. Хмелівка на південь від с. Басівка

№	Критерій	Бал		
		точка		Середній
		1	2	
1.	Гармонія природних та антропогенних об'єктів	2	2	2
2.	Наявність на ділянці мальовничих урочищ, затишних куточків, де приємно відпочивати, насолоджуватись красою природи	2	2	2
3.	Наявність на ділянці визначних пам'яток, таких як химерні скелі, водоспади, вікові дерева, скупчення чарівних рослин, квітів, пам'ятки історії та культури	2	2	2
4.	Наявність на ділянці оглядових майданчиків, з яких відкриваються гарні краєвиди	0	2	1
5.	Виразність форм рельєфу	1	2	1,5
6.	Виразність водних об'єктів	1	1	1
7.	Різноманітність і чергування рослинних угруповань	1	2	1,5
8.	Різноманітність тваринного світу ділянки	1	2	1,5
Сумарний бал за критеріями				12,5

Таблиця 2

Психолого-естетична оцінка ландшафту у заплаві р. Хмелівка на південь від с. Басівка

№ опорної точки і характер пейзажу, що відкривається:	Оцінка за критеріями балів			
	1. (С)	2. (З)	3. (Н)	4. (Д)
1. Ділянка у рівнинній частині заплави	2	2	2	2
2. На кургані	4	4	2	4
Середній бал по кожному з критеріїв	3	3	2	3
Сума середніх балів за всіма критеріями	11,0			
Сума за даними таблиць 1 та 2	23,5			
Висновок	Загальний бал відповідає діапазону 16,1–24,0: ділянка може бути рекомендована для створення на ній об'єкту ПЗФ місцевого значення.			

Результати проведеного аналізу свідчать і про досить значну естетичну цінність цієї території та доцільність її залучення до складу природно-заповідного фонду.

Висновки. Згідно до Державної стратегії регіонального розвитку у Сумській області існує потреба оптимізації екологічної мережі регіону. Внаслідок вперше проведеного аналізу флористичної та фауністичної складової біорізноманіття у межах заплави р. Хмелівка, розташованої біля с. Басівка та с. Пшінчине Роменського району Сумської області встановлено, що за ознаками біорізноманіття та за станом природних комплексів ця територія має соціологічну

цінність. Зважаючи на наявність природних угруповань, типових для залив річок, представленістю популяцій низки лікарських рослин, поширенням видів, що репрезентують раритетну складову біорізноманіття (тих, що охороняються на державному, регіональному та міжнародному рівнях), а також значущості цієї території в аспекті формування екокоридору у складі місцевої екомережі та Смарагдової мережі, вважаємо за доцільне рекомендувати її до числа перспективних природоохоронних територій у ранзі заказника місцевого значення.

Бібліографічні посилання:

- Hellweg, S., Mila, I., & Canals, L. (2014). Emerging approaches, challenges and opportunities in life cycle assessment. *Science*, 344 (6188), 1109–1113. doi: 10.1126/science.1248361
- Dupuy P., & Viñuales, J. (2018). *International Environmental Law* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press. doi: 10.1017/9781108399821
- Rabosky, D.L., (2009). Ecological limits and diversification rate: alternative paradigms to explain the variation in species richness among clades and regions. *Ecology Letters*, 12 (8), 735–743. doi: 10.1111/j.1461-0248.2009.01333.x
- Dornelas, M. (2010). Disturbance and change in biodiversity. *Phil. Trans. R. Soc. B* 365, 3719–3727. doi: 10.1098/rstb.2010.0295
- Brink, B. I. E. (2007). *Biodiversity Indicators for the OECD Environmental Outlook and Strategy: a feasibility study*. RIVM report, Bilthoven, The Netherlands. doi: 10.1787/eco_outlook-v2007-1-25-en

6. Salk, C. F., Chazdon, R., & Waiswa, R. (2020). Thinking outside the plot: monitoring forest biodiversity for social-ecological research. *Ecology and Society*, 25(1), 7. doi: 10.5751/ES-11223-250107
7. Magda, D., Plantureux, S., Agreil, C., Amiaud, B., Mestelan, P., & Mihout, S. (2015). Integrating Agricultural and Ecological Goals into the Management of Species-Rich Grasslands: Learning from the Flowering Meadows Competition in France. *Environmental Management*, 56(5), 1053–1064. doi: 10.1007/s00267-015-0553-6.
8. Sizykh, A. P. (2016). Determination of the Degree of Pasture Factor Digression in the Communities of Environment Contact Sites (Some Methodological Approaches). *Open Access Library Journal*, 3(9), 1–4. doi: 10.4236/oalib.1103025
9. Danielsen, F., Burgess, N. D., Balmford, A., Donald, P. F., Funder, M., Jones, J. P. G., Alviola, P., Balete, D. S., Blomley, T., Brashares, J., Child, B., Enghoff, M., Fjeldsá, J., Holt, S., Hübertz, H., Jensen, A. E., Jensen, P. M., Massao, J., Mendoza, M. M., Ngaga, Y., Poulsen, M. K., Rueda, R., Sam, M., Skielboe, T., Stuart-Hill, G., Topp-Jørgensen, E., & Yonten, D. (2009). Local participation in natural resource monitoring: a characterization of approaches. *Conservation Biology*, 23(1), 31–42. doi: 10.1111/j.1523-1739.2008.01063.x
10. Alons, G. (2017). Environmental policy integration in the EU's common agricultural policy: greening or greenwashing? *J. Eur. Publ. Pol.* 24, 1604–1622. doi: 10.1080/13501763.2017.1334085
11. Naeem, S., Chazdon, R., Duffy, J. E., Prager, C., & Worm, B. (2016). Biodiversity and human well-being: an essential link for sustainable development. *Proceedings of the Royal Society*, 283(1844), 26–43. doi: 10.1098/rspb.2016.2091
12. Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A., Mace, G. M., Tilman, D., Wardle, D. A., Kinzig, A. P., Daily, G. C., Loreau, M., Grace, J. B., Larigauderie, A., Srivastava, D. S., & Naeem, S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486, 59–67. doi: 10.1038/nature11148
13. Diaz, S., Fargione, J., Chapin, III F. S., & Tilman, D. (2006). Biodiversity loss threatens human well-being. *Plos Biology* 4(8), 277. doi: 10.1371/journal.pbio.0040277
14. James, A.N. (2007). Financial indicators and targets for protected areas. In Background paper for GBF6: Dialogue on Biodiversity Indicators and Targets. doi: 10.1641/0006-3568(2001)051[0043:CWATCB]2.0.CO;2
15. Mace, G. M., Norris, K., & Fitter, A. H. (2012). Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. *Trends in Ecology and Evolution*, 27(1), 19–26. doi: 10.1016/j.tree.2011.08.006
16. Marselle, M., Hartig, T., Cox, D., de Bell, S., Knapp, S., Lindley, S., & Bonn, A. (2020). Pathways linking biodiversity to human health: A conceptual framework. doi: 10.32942/osf.io/czyv4
17. Movchan, Ja. I. (2000). Zberezhennja biorozmai'ttja Ukrai'ny (kontekst ekopolityky) [Conservation of the biodiversity of Ukraine (ecopolitics context)], 18, II, Naukovi zapysky NaUKMA, Kyiv (in Ukrainian).
18. Justus, J., Colyvan, M., Regan, H., & Maguire, L. (2009). Buying into conservation: intrinsic versus instrumental value. *Trends in Ecology and Evolution* 24(4), 187–191. doi: 10.1016/j.tree.2008.11.011
19. Sheljag-Sosonko, Ju. R., Dubyna, D. V., Vakarenko, L. P., & Movchan, Ja. I. (2003). Zberezhennja i nevyznazhlyve vykorystannja bioriznomanittja Ukrai'ny: stan ta perspektyvy: vyp. 2. Zberezhennja ta vykorystannja [Conservation and inexhaustible using of the biodiversity of Ukraine: current state and perspective]. "Himdzhest", Kyiv (in Ukrainian).
20. Grodzyn'skyj, D. M. (2007) Problemy zberezhennja ta vidnovlennja bioriznomanittja v Ukrai'ni [Problems of conservation and restoration of the biodiversity in Ukraine]. Vyd. dim "Akademperiodyka", Kyiv (in Ukrainian).
21. Akimov, I. A., Balashov, L. S., Bjeljakov, O. O., & Solomaha, V. A. (2003). Zberezhennja bioriznomanittja Ukrai'ny (druga nacional'na dopovid') [Conservation of the biodiversity of Ukraine (the 2nd national report)]. "Himdzhest", Kyiv (in Ukrainian).
22. Derzhavna stratehiya rehional'noho rozvytku na period do 2020 roku, zatverdzhena postanovoyu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 6 serpnja 2014 r. No 385 [State strategy for regional development for the period up to 2020, approved by the resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of August 6, 2014 No 385]. [Electronic resource]. Access mode: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/385-2014-%D0%BF>(in Ukrainian).
23. Pryrodno-zapovidnyy fond Sums'koyi oblasti (2016). Nature reserve fund of Sumy region]. Atlas-dovidnyk. TOV «Ukrayins'ka Kartografichna Hrupa», Kyiv. (in Ukrainian).
24. Sklyar, V. H., & Sklyar, Yu. L. (2014). Stvorennja novykh terytoriy pryrodno-zapovidnoho fondu yak vazhlyvyi skladnyk rozbudovy strukturykh elementiv ekomerezhi Polis'koyi chastyny Sums'koyi oblasti [Creation of new territories of the nature reserve fund as an important component of the development of structural elements of anecological network of the Polissia part of Sumy region]. *Naukovy visnyk Skhidnoyevropeys'koho Natsional'noho universytetu im. Lesi Ukrainky. Seriya «Biolohichni nauky»*, 13(290), 61–66 (in Ukrainian).
25. Sklyar, M. Yu., & Sklyar, Yu. L. (2016). Ukriplennja strukturykh elementiv ekomerezhi skhidnoyi chastyny Novhorod-Sivers'koho Polissya za rakhunok stvorennja novykh pryrodno-zapovidnykh ob'yektiv [Strengthening the structural elements of the eco-network of the eastern part of the Novgorod-Seversky Polissya by creating new nature-protected objects]. *Visnyk Cherkas'koho universytetu. Seriya: Biolohichni nauky*, 1, 90–97 (in Ukrainian).
26. Sklyar, V. H., & Sklyar, Yu. L. (2003). Systemnyy pidkhid do optymizatsiyi okhorony pryrodnykh kompleksiv[Integrated approach to optimization of protection of natural complexes]. *Ukrai'ns'kyj botanichnyj zhurnal*, 60(4), 388–396 (in Ukrainian).
27. Geografichna encyklopedija Ukrai'ny: [u 3 t.] T. 3. [Geographical encyclopedia of Ukraine. T. 3]. (1998). «Ukrai'ns'ka Radjans'ka Encyklopedija» im. M. P. Bazhana, Kyiv (in Ukrainian).
28. Sheyko, V. M., & Kushnarenko, N. M. (2003). Orhanizatsiya ta metodyka naukovykh doslidnyts'koyi diyal'nosti [Organization and methodology of research activities]. *Znannya–Pres*, Kiev (in Ukrainian).
29. Polevaya geobotanika. (1959). [Field geobotany]. *Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, Moskva*, 1 (in Russian).
30. Polevaya geobotanika. (1964). [Field geobotany]. *Nauka, Moskva-Leningrad*, 3 (in Russian)
31. Grishhenko, V. N. (1997) Provedenie oprosov naselenija dlja sbera faunisticheskoy informacii [Conducting the survey among the public to fauna information collecting]. *Obliki ptahiv: pidhodi, metodiki, rezul'tati, L'viv, Kiiv*, 72–75. (in Russian).

32. Zagorodnjuk, I. V. (2002) Pol'ovij vyznachnyk drobnyh ssavciv Ukraïny [Field identification guide of minute mammals]. Kyïv. (in Ukrainian).
33. Heobotanika: metodychni aspekty doslidzen'. (2018). [Geobotany: methodological aspects of research]. Vyd-vo Lira-K, Kyïv (in Ukrainian).
34. Jakubenko, B. Je., Popovych, S. Ju., & Ustymenko, P. M. (2019). Geobotanika [Geobotany]. Vydavnytstvo Lira-K, Kyïv.
35. Marynych, O. M., Parhomenko, G. O., Petrenko, O. M., & Shyshhenko, P. G. (2003) Udoskonalena shema fizyko-geografichnogo rajonuvannja Ukraïny. [Refined scheme of physico-geographical zonation of Ukraine] Ukr. geograf. z, 1, 16 – 21 (in Ukrainian).
36. Heobotanichne rajonuvannja Ukraïns'koi' RSR / AN URSS, (1977) [Geobotanic zoning of Ukrainian SSR] In-t botaniky im. M. G. Holodnogo. Nauk. dumka, Kyïv (in Ukrainian).
37. Vodnobotni ugiddja Ukraïny. (2006) [Watersheds of Ukraine] Chornomors'ka programa Vetlands Ynterneshnl, Kyïv.
38. Geografichna encyklopedija Ukraïny: [u 3 t.] T. 1. (1989) [Geographical encyclopedia of Ukraine. T. 1]. «Ukraïns'ka Radjans'ka Encyklopedija» im. M. P. Bazhana, Kyïv.
39. Geografichna encyklopedija Ukraïny: [u 3 t.] T. 2. (1990) [Geographical encyclopedia of Ukraine. T. 2]. «Ukraïns'ka Radjans'ka Encyklopedija» im. M. P. Bazhana, Kyïv.
40. Evropejskyj Krasnyj spysok zhyvotnyh y rastenyj, nahodjashhysja pod ugrozoy yscheznovenija vo vsemyrnom masshtabe. (1992). [European Red list of endangered animals and plants world-wide]. OON, N'ju-Jork.
41. Zagorodnjuk, I. V. (2002). Pol'ovij vyznachnyk drobnyh ssavciv Ukraïny [Field identification guide of mammals of Ukraine]. Kyïv.
42. Zlobyn, Ju. A., Skljär, V. G., & Klymenko, A. O. (2013). Populjacyj redkyh vydov rastenyj: teoretycheskye osnovy y metodyka yzuchennja [Populations of plants rare species: theoretical basics and methodology of investigation]. Unyv. knyga, Sumy.
43. Klestov, M. L., Gal'chenko, N. P., & Prjadko, O. I. (2016). Roslynnij ta tvarynnij svit ponyzzja richky Suly [Plants and animals' world of Sula river lowering]. Fitosociocentr, Kyïv.
44. Tjuleneva, V. Y. (1989). Klimat Sumskoj oblasti [Climate of Sumy region]. Sumy.
45. Konvencija pro ohoronu dykoï flory ta fauny i pryrodnyh seredovyshh isnuvannja v Jevropi, Bern, 29 veresnja 1979 [Convention about conservation of wildlife flora and fauna and native habitats in Europe]. [Electronic resource]. Access mode: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_032#Text
46. Kuzemko, A. A., Diduh, Ja. P., Onyshhenko, V. A., Sheffer, Ja. (2018). Nacional'nyj katalog biotopiv Ukraïny [National catalog of biotopes of Ukraine]. FOP Klymenko Ju. Ja., Kyïv.
47. Marynych, A. M., Pashhenko, V. M., & Shyshhenko, P. G. (1985). Pryroda Ukraynskoj SSR. Landshafty y fizyko-geografycheskoe rajonyrovanye [Nature of Ukrainian SSR. Landscapes and physico-geographical zoning]. Nauk. dumka, Kyïv.
48. Metodychni rekomendacii' shhodo provedennja estetychnoi' ocinky terytorii' z metoju zapovidannja [Methodical recommendations about monitoring the territory evaluation with the aim of reserving] (zatverdzheno Nakazom Derzhavnoi' sluzhby zapovidnoi' spravy, vid 21.04.2006 r. za №3).
49. Vernander, P. B., Gogolev, Y. N., & Kovalyshyn, D. Y. (1986). Pryroda Ukraynskoj SSR. Pochvy [Nature of Ukrainian SSR soils]. Nauk. dumka, Kyïv.
50. Pryroda Ukraynskoj SSR. Rastytel'nyj myr (1985) [Nature of Ukrainian SSR. Plants world]. Naukova dumka, Kyïv.
51. Pryrodno-zapovidnyj fond Sums'koi' oblasti: Atlas dovidnyk (2016) [Nature reservation fund of Sumy region]. Kyïv.
52. Chervona knyga Ukraïny. Roslynnij svit. (2009) [Red book of Ukraine. Plants world]. Globalkonsaltyng, Kyïv.
53. Chervona knyga Ukraïny. Tvarynnij svit. (2009) [Red book of Ukraine. Animals world]. Globalkonsaltyng, Kyïv.
54. EUNIS habitat type hierarchical view [Electronic resource]. Access mode: <https://eunis.eea.europa.eu/habitats-code-browser.jsp>
55. European Red List [Electronic resource] (13 files) Access mode: <http://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/redlist/>
56. Bilz, M., Kell, S. P., & Maxted, N., Lansdown, R. V. (2011). European Red List of Vascular Plants. Luxembourg
57. Mosyakin, S. L., & Fedoronchuk, M. M. (1999). Vascular plants of Ukraine: A nomenclatural checklist. Kyïv.
58. The IUCN Red List of Threatened Species [Electronic resource]. Access mode: <https://www.iucnredlist>
59. Zapovidni skarby Sumshchyny (2001). [Reserved treasures of Sumy region]. Dzhherelo, Sumy (in Ukrainian).

Skliar V. G., Doctor (Biological Sciences), Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Skliar Yu. L., PhD (Biological Sciences), Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Bashtovyi M. G., PhD (Biological Sciences), Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Litovka V. V., Teacher, Romny School of I – III degree № 5, Romny Town Council, Romny, Ukraine

Yemets O. M., PhD (Biological Sciences), Assistant Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Sherstiuk M. Yu., PhD (Biological Sciences), Senior Lecturer, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Yaroshenko N. P., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Govenko Ya. S., Student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

BIODIVERSITY OF THE PROPOSED RESERVE «PSHINCHYNE»

According to the results of a study of the valley of the river Khmelivka near the Basivka and Pshinchyne villages, Romny district, Sumy region the biodiversity was firstly characterized and the creation of the reserve with the local value named «Pshinchyne» was offered.

Flora, vegetation and fauna of the territory were studied with the usage of recognized floristical, geobotanical, zoological methods, reconnaissance and route-detailed in particular. We investigated that the dominating part of this valley territory is covered by the

air-watered vegetation represented by the mono-groups of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.). Peat meadows are spread with the domination of *Deshampsia caespitosa* (L.) P. Beauv.). Meadow-steppe groups dominate on the two barrows with the major abundance of *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Festuca valesiaca* Gaudin, *Festuca pratensis* Huds., *Poa pratensis* L., *Carex hirta* L. We marked that within the river valley the trees *Alnus glutinosa* L. (Gaerth.), *Salix fragilis* L., *Populus tremula* L., *Salix triandra* L., *Salix pentandra* L. are actively spread.

The analysis of the fauna of the territory showed that at the riverbed part *Rana ridibund* and *Rana arvalis* are spread. *Natrix natrix* occurred at the coastal part. At the land part it was pointed the representatives of *Capreolus capreolus*, *Lepus europaeus*, *Vulpes vulpes*.

The zoological value of the proposed reserve «Pshinchyne» consists of the 2 flora species declared in the Red book of Ukraine – *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soó. i *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soo. and 23 plant species represented in the Red list of IUCN with the LC range of protection. Among the fauna there are 27 species with the IUCN protection status with the LC range, among them – 19 belong to the lists of annexes II and III of Bern convention. The results of conducted geographic-aesthetical and psycho-aesthetical rating bear evidence to high aesthetical value of the landscape of the river valley Khmelivka near Basivka and Pshinchyne villages and confirmed the expediency of this territory to be included to the nature reserve fund of Sumy region.

Key words: nature reservoir fund, ecological net, nature complexes, zoological value.

Дата надходження до редакції: 05.11.2020 р.

**QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE REGULATORY GENE HSF1 OF *BEMISIA TABACI*
UNDER DIFFERENT TEMPERATURES**

Liu Shunxiao

PhD student

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, China

ORCID: 0000-0002-3304-1795

Lshx_07@163.com

Yu Hao

Doctor (Agricultural Sciences), Associate Professor

Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, China

Yuhao971222@163.com

Vlasenko Volodymyr

Doctor (Agricultural Sciences), Professor

Sumy National Agronomy University, Sumy, Ukraine

ORCID: 0000-0002-5535-6747

vlasenkova@ukr.net

Bemisia tabaci (Gennadius) is one of the most important pests in tropical, subtropical and adjacent temperate regions. *B. tabaci* is a major agricultural pest that is closely watched worldwide. With the widespread application of vegetable greenhouse planting patterns and frequent vegetable and flower transfers, more favorable conditions were created for the occurrence and spread of *B. tabaci*, making it the major pest in China's agricultural production.

The ability of *B.*-biotype to adapt for new environments is closely related to its tolerance to temperature. Heat shock proteins (HSPs) are the group of proteins produced by cells under the induction of stressors, especially environmental high temperature. Heat shock proteins play an important role in the adaptability of organisms to the environment. This experiment mainly was studied from the heat shock protein of *B. tabaci* and its regulatory factors (Heat shock factor 1, *hsf1*). Meanwhile, fluorescence quantitative technology was used to observe the expression of this regulatory factor under different temperature conditions. It is speculated that the HSPs regulatory factor *hsf1* is *B.*-biotype *B. tabaci* and it can induce protection against high temperature stress.

Key words: Plant pest and quarantine objects in agricultural production, pest invasion, *B.*-biotype of *Bemisia tabaci*; biological method of plants protection from pests, regulatory factors, *hsf1*- heat shock factor.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.3.6>

Introduction. *B.*-biotype *Bemisia tabaci* (Gennadius) belongs to the *Homoptera* family. It is a tiny piercing-sucking pest, mainly concentrated in tropical and subtropical regions (Wei et al., 2014; Chen et al., 2014; Coppola et al., 2013; Dogan et al., 2017; Dorta et al., 2012). Since the successful invasion of *B. tabaci* in the mid-to-late 1990s, *B.*-biotype *B. tabaci* has been outbreaks in Chinese vegetable areas, not only in the greenhouse, but also in large numbers in the field (Luo & Zhang, 2000). In recent years, *B. tabaci* has become one of the typical alien invasive species for its great harm to agricultural production to domestic and foreign researchers (Chu Dong et al., 2008; Farooq & Freed, 2018; Feng et al., 2010; Ferron et al., 2015; Fontes et al., 2012; Freed et al., 2011; Gillespie & Crawford, 2015; Glare & Inwood, 2014).

Temperature is an important environmental factor that affects the growth and development of insects. The change of external environment temperature can directly affect the physiological metabolism of the individual, the activity of various enzymes in the individual and the synthesis and release of hormones (Abdel-Raheem et al., 2016; Alavo et al., 2015; Benz, 2015; Foolad & Panthee, 2012). Under the instantaneous heat shock, it is conducive to the occurrence of *B.*-biotype *B. tabaci* population in the summer high temperature season (Cui, 2007a, 2007b). Studies have shown that the molecular chaperone function of heat shock proteins (HSPs) is an important source of heat resistance (Zhang

et al., 2014; Huang et al., 2009; Yang et al., 2016). Heat shock proteins were initially considered to be highly conservative stress proteins produced by organisms under the influence of adverse environmental factors (Javed & Qiu, 2020; Kirkland et al., 2014; Koppert, 2015; Latch & Fallon, 2013). But studies have found that the class of heat shock genes are activated and expressed in non-stimulated cells or expressed at certain stages of biological development (Zhao & Jones, 2012; Binder, 2014; Chandrasekhar et al., 2014; Lovera et al., 2020; Macleod, 2014). Studies have pointed out that organisms may induce the synthesis of such stress proteins under stress environmental conditions such as high temperature, salinity, drought, and osmosis, and function as molecular chaperones in cells (Majeed et al., 2017; Mora et al., 2017; Mustu et al., 2015). The synthesis of more heat shock proteins allows the physiological processes in cells to run smoothly (Mogk et al., 2003; Sangster & Queitsch, 2005).

Heat shock proteins can be divided into HSP90, HSP70, HSP60 and small molecule heat shock proteins according to their relative molecular mass (Bob & Buchannan, 2000; Srensen et al., 2003; Liu et al., 2013; Liu et al., 2014; Nazir et al., 2020). Each family of heat shock proteins has many different forms or differently modified protein molecules (Lu et al., 2014; Jacques, 2003; Christine et al., 2002; Evgen 'ev et al., 2004; Nazir et al., 2019).

Studies have shown that heat shock proteins do not di-

rectly participate in the protection of their intracellular environment in these organisms. (Rehner & Buckley, 2015; Rui, 2018; Sánchez-rodríguez et al., 2018; Sánchez-rodríguez et al., 2016; Saranraj & Jayaprakash, 2017), but through heat shock transcription factors (Heat shock factors, HSFs) bound to the heat shock element (HSE) of the promoter of the heat shock protein gene. To recruit other transcription factors to form a transcription complex to promote the expression of heat shock protein genes (Zhang & Zhang, 2019; King & MacRae, 2015; Wettstein et al., 2012; Verma & Deepthi, 2016; Xu et al., 2019). HSF is a trans-acting factor about 20 nucleotides upstream of the TATA box of the HSP gene that can bind to the heat shock element HSE and activate the transcription of the heat shock protein gene (Zhang et al., 2012; Chen & Zhang, 2015; Yun et al., 2017). According to its function, it is divided into 4 types, including hsf1, hsf2, hsf3 and hsf4 (Snoeckx et al., 2001; Maaroufi & Tanguay, 2013; Maaroufi & Tanguay, 2015), hsf1 is considered to be the main regulatory factor of cell heat shock protein expression (Moutaoufik et al., 2017a; Moutaoufik et al., 2017b).

Heat shock proteins can improve the body's tolerance to adverse environments and enhance the body's or cell's resistance to subsequent lethal stress. At the same time, it also has the characteristics of protecting and repairing proteins, participating in the body's immunity and cross-protection (Auluck et al., 2002; Nakano & Iwama, 2002). When subjected to heat stress or other environmental stresses, a large number of HSPs bind to denatured proteins, thereby releasing HSF from the HSPs-HSF complex. Free HSF is phosphorylated under the action of protein kinases or other amino acid kinases, and becomes active. The trimer is transferred to the nucleus, binds to the HSE sequence in the upstream promoter region of the heat shock gene in the nucleus, then it is phosphorylated by kinases, and starts the expression of heat shock genes (including hsp70) (Kroeger et al., 1993). When the heat shock protein HSPs accumulate to a certain extent, they bind to HSF, HSF and HSE are separated, and transcription stops, thereby realizing feedback inhibition of heat shock response. After obtaining DNA binding activity, oligomerization, and nuclear localization activities, hsf1 regulates the expression of stress-induced heat shock genes, so that organisms can respond to environmental stresses, such as high temperature, protease inhibitors and other stress environments (Wu, 1995; Pirkkala, 2001).

Materials and methods. 1. *Tested materials (B. tabaci).* The adults of B-biotype *B. tabaci* used in the experiment are long-term breeding populations of the Entomological Laboratory of Henan Institute of Science and Technology. The temperature in the greenhouse is 25–28 °C, the relative humidity is 60–70 %, the light comes from sodium lamp irradiation, and the alternating day and night sunshine is 12h:12h. At the same time, attention should be paid to regular species detection with primers such as H16 to ensure the unity of insect species. The host plants for feeding *B. tabaci* are cotton, tomato and bean.

2. *Main materials.* TAE buffer: Purchased from Shanghai Double Helix Biotechnology Co., Ltd., the specification is 400 ml, and stored at room temperature.

Tryptone: Purchased from Beijing Shuangxuan Microbial Culture Medium Product Factory, with a specification of 250 g, and stored in a cool and dry place.

Yeast Dip Powder: Purchased from Beijing Obosing Biotechnology Co., Ltd., the specification is 205 g.

cDNA Synthesis Kit: Primer Script 1st Strand cDNA Synthesis Kit, the item number is D6210A, the specification is 50 times, stored at -20 °C.

RNA extraction kit: purchased from QIAGEN, RNeasy Mini Kit, item number 74104, specification for 50 times, stored at 20 °C at room temperature.

Gel Extraction Kit: purchased from QIAGEN, item number D2500-01, specification for 50 times, stored at room temperature.

DEPC: purchased from Shanghai Solebold Technology Co., Ltd., the specification is 100 ml, stored at 5 °C and protected from light.

3. *Preserving B. tabaci.* In the laboratory, I cut off the blue gun head with scissors and put the big mouth on one end of the rubber tube, then I wrap the other end with gauze, and put the small mouth on, put the small mouth in the cage. I hold the sucker with my mouth, and then the worms are blown into the prepared polypropylene centrifuge tubes (1.5 ml) for later use. Each tube should have more than 200 heads. I take them to the laboratory and put them in a cryogenic processor for 1 hour at low temperature, then freeze them in liquid nitrogen and store -80 °C. Store in an ultra-low temperature refrigerator for later RNA extraction. Set 3 replicates for each treatment.

4. *Instrument sterilization.* We prepared the reagents and utensils used in the experiment. Because RNase is everywhere in the air, it is very easy to degrade in the extraction process. All utensils used in the experiment should be strictly sterilized. The pipette gun head and centrifuge tube should be imported for sterilization. The glass and metal utensils used in the experiment should be dried at 180 °C for 8 hours or baked at 250 °C for more than 3 hours. In the process of RNA extraction, gloves should be changed frequently. The sterilization steps are as follows:

Preparation of DEPC water: Add 600ul DEPC per 600 ml of water to make DEPC water, shake it overnight and the next day, autoclave for 30 minutes to obtain Treated Water.

Treat with 1 ml tip, 1.5 ml tube and grinding rod, use 1/1000 of water (made by mixing DEPC and distilled water in a ratio of 1/1000), soak 1ml tip, 1.5 ml tube and grinding rod overnight. Make sure that the DEPC water fills the entire cavity. The next day, I dry the tip and tube and sterilize them with high temperature and high pressure for 30 minutes. I take it out and place it on the clean bench for later use.

5. *Extraction method of total RNA.* A) Treat the sample at 7 °C. I Take the leaves with eggs, place them in the ultra-low temperature processor, set the temperature to 7 °C, treat them for one hour, I take the eggs under the microscope, repeat three times, each centrifuge tube 150 eggs, and then put it in liquid nitrogen for a few seconds, place it on a clean bench, add 1000 ul Trizol, and let it stand at room temperature for 5 minutes.

B) Add 200 ul of chloroform, shake for 15 s, and let stand for 2 minutes.

C) Centrifuge at 4 °C, rotate at 12000 for 15 minutes, and take the middle layer.

D) Add 500ul isopropanol, gently mix the liquid in the tube, and let it stand at room temperature for 10 minutes.

E) Centrifuge at 4 °C, rotate at 12000 for 10 minutes, and discard the supernatant.

F) Add 1000 ul of 75 % ethanol, gently wash the precipitate, centrifuge at 4 °C, and rotate at 7,500 for 5 minutes. Discard the supernatant.

G) Let it dry, add an appropriate amount of DEPC water to dissolve it (65 °C for 10–15 minutes).

6. *Steps to synthesize cDNA.* We use RACE technology to obtain full-length cDNA, I prepare the following mixture in a sterilized centrifuge tube, and perform it on an ultra-clean workbench. The amount of reagent Oligo DT primer is 1 ul, the amount of dNTP mixture is 1 ul, the amount of template RNA is 6 ul, Rnase Free water consumption Up to 10 ul. After preparation, after incubating at 65 °C for 5 minutes, I quickly take it to the ultra-clean workbench, put it on ice in advance, and then add the following reverse transcription reaction solution to the centrifuge tube. The amount of reagent 10*RT buffer is 2 ul, Mgcl2 the dosage is 4 ul, the dosage of DTT is 2 ul, the dosage of Rnase OUT is 0.5 ul, the dosage of sterile water is 1 ul and the dosage of SsslI is 0.5 ul.

The total volume is 20 ul. After preparation, the reverse transcription reaction is carried out on a PCR instrument. The setting program is 50 minutes at 50 °C, 5 minutes at 85 °C, reverse transcription into cDNA, and then run PCR. The amount of reagent mix is 12.5 ul, the amount of primer 1 is 1 ul, the amount of primer 2 is 1 ul, the amount of cDNA is 1ul, and the amount of sterilized water is 9.5 ul. There are two pairs of primers, one is β -tub-F/R, and the other is P98685-wactR\ P98684-wactF. The

PCR program is 5minutes at 95 °C, 20 second at 55 °C, 20 second at 72 °C, 35 cycles, when the time is up, run the electrophoresis and see the electrophoresis diagram.

7. *Real-time fluorescence quantitative PCR technology.* Through RACE technology, a part of the hsf1 gene sequence (about 900 bp) of *B. tabaci* was amplified. The DNAMAN software analysis verified that the amplified gene sequence accorded with the relevant characteristics of hsf1, and the similarity with the conservative gene sequence of hsf1 reached 66.55 %, can be used for fluorescence quantitative verification. Real-time fluorescent quantitative PCR technology is a method to measure the total amount of products after each polymerase chain reaction (PCR) cycle with fluorescent chemicals in the DNA amplification reaction. In the process of PCR amplification, the PCR process is detected in real time by fluorescent signals.

Results. Through different temperature gradient induction treatments, using spss (13.0) software to analyze statistics, and the significance determination using the new multiple range test (Duncan method), it can be concluded that the highest expression temperature of hsf1 regulatory factors of *Bemisia tabaci* at 9 °C, followed by 39 °C the expression differences at other different temperatures were not significant (Fig. 1).

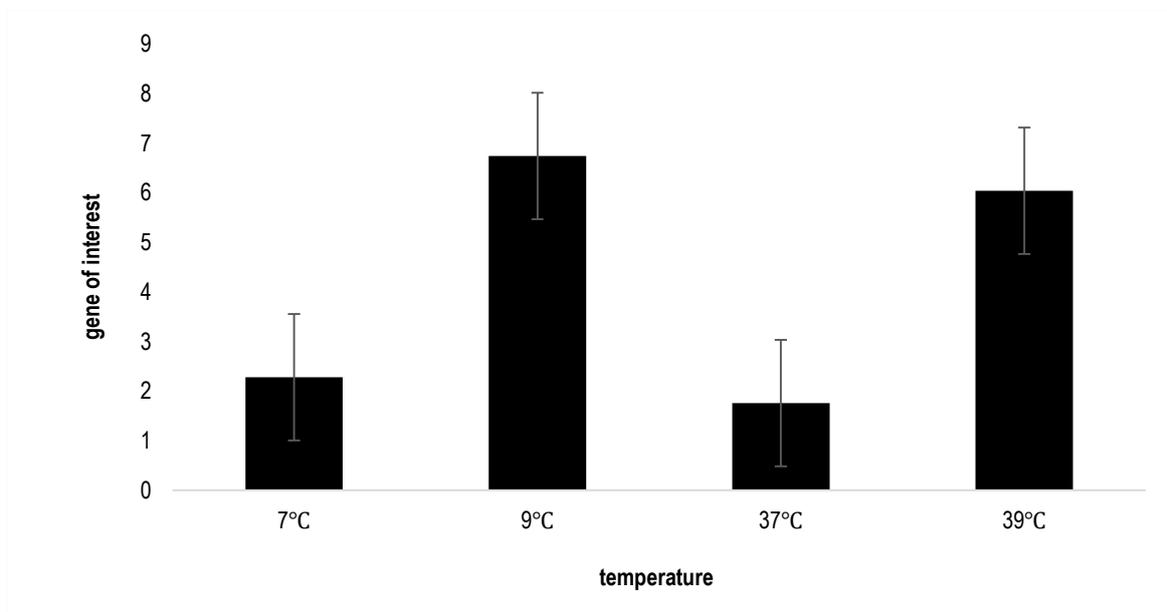


Fig. 1. Hsf1 expression of B-biotype *B. tabaci* at different temperatures.

Fluorescence quantitative PCR technology (RT-PCR) was used to quantitatively detect the expression levels of heat shock protein genes and hsf1 regulatory factors of *B. tabaci* at different temperatures. The results showed that the hsf1 of *B. tabaci* at different growth stages was uniform at low temperature (Fig. 2). There is a significant amount of expression, but

there is no significant amount of expression at high temperature. At the same time, it can be seen that hsf1 expression is induced at low temperature. This can clearly indicate that heat shock proteins are induced and protected by hsf1 regulatory factors.

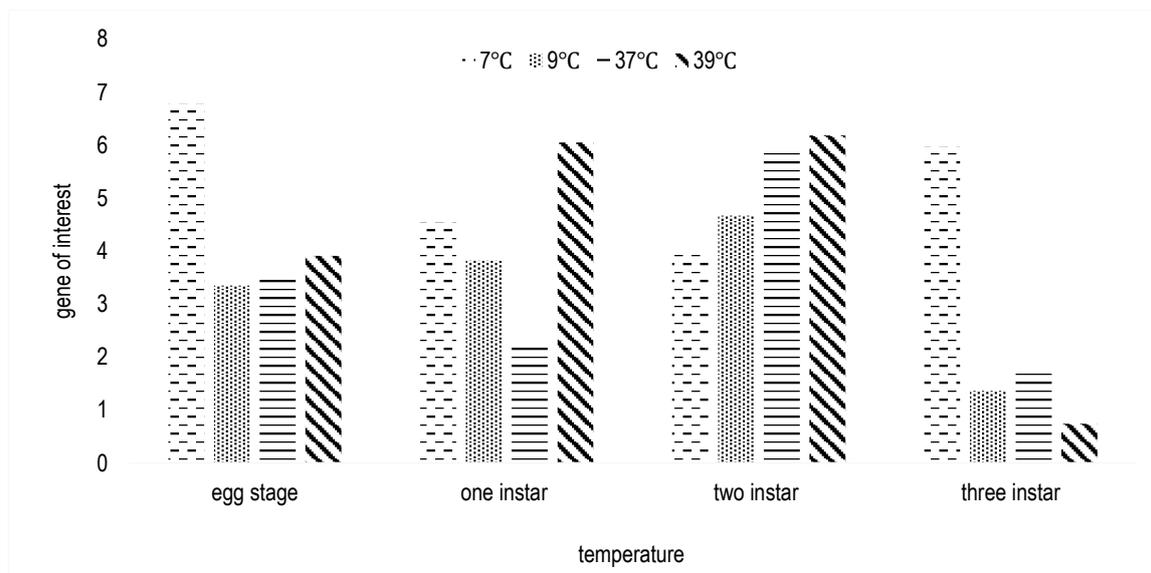


Fig. 2. Differences in expression of hsf1 in different growth stages of *B. tabaci* under various temperatures.

Discussion. In nature, insects are very sensitive to temperature changes and it is difficult to avoid the stress of temperature changes. The adaptive process mechanism of insect tolerance to temperature stress can predict the origin, distribution and dynamics of populations (Holder & Keyhani, 2015; Hoog & Rao, 2015; Jaber & Ownley, 2018). Summer high temperature and dryness are favorable conditions for the exponential growth of the *B. tabaci* population and rampant damage (Shen & Ren, 2007).

The results of this study suggest that hsf1 in *B. tabaci* may be positively correlated with its heat resistance (Geng et al., 2018; Ghanim, 2014; Gianesello et al., 2017; Gilbertson et al., 2015; Guo et al., 2018). The invading *B. tabaci* with stronger heat resistance is subject to environmental pressure in the process of adapting to the new environment, so that it can be selected in the harsh environment. Under environmental stress, it can induce more heat shock protein gene expression, thereby gaining stronger stress resistance.

In the process of long-term adaptation and evolution of insects, the long-term selection of extreme temperatures will affect the temperature adaptability of species. It is difficult for insects to avoid the stress of temperature changes (Kaksonen & Roux, 2018; Kanakala & Ghanim, 2016; Kanakala & Ghanim, 2019; Lei et al., 2020), so that their populations can obtain environmental stress that can be maintained and inherited (Hesketh et al., 2018; Hipp et al., 2017; Hu et al., 2019). When B-biotype *B. tabaci* is subjected to temperature stress, especially extreme temperature stress, heat shock protein factors are rapidly expressed, which can improve the heat tolerance of B-type *B. tabaci* under high temperature, and finally survive the competition (Lü & Wan, 2011).

RT-PCR technology can not only effectively detect gene mutations (Hanan et al., 2020; Hayet et al., 2018), but also accurately detect the expression of oncogenes, which can be used for early diagnosis, classification, staging and prognosis of tumors, and use RT-PCR to detect the expression of various globin genes difference is an effective method for the diagnosis of thalassemia

(Yu, 2003; Glare & Inwood, 2014; Goettel, 2015; Hanan et al., 2020). The expression level of specific genes can reflect the growth and survival status of cells. Quantitative analysis of specific gene transcription levels has become a core part of gene function research (Chen, 2003; Wang, 2007; Boulan et al., 2015; Brodsky, 2012; Brown et al., 2015; Chi et al., 2019; Czosnek et al., 2017; Fiallo-Olivé et al., 2020). Finally, China has established a fluorescent quantitative PCR method, and quantitative detection of genetically modified products has been carried out at some ports (Li et al., 2009).

Conclusion. The strong adaptability to temperature stress of *B. tabaci* is an important reason for its successful invasion and colonization. To study the regulation and function of invasive *B. tabaci* hsf1, reveal the mechanism of *B. tabaci* invasion, verify and improve the theoretical hypothesis of *B. tabaci* invasion mechanism. Further reveal the internal mechanism of *B. tabaci* invasion and its adaptability to temperature stress, enrich and perfect the previous researchers' proposals. The hypothesis of *B. tabaci* invasion and adaptive mechanism provides atheoretical basis for biological invasion control research.

The results of this study provide a basis for the research on the resistance and adaptability of *B. tabaci*, and further verify that the conserved functional gene heat shock protein can be used as one of the methods to study the development of biological systems. To study the production of whitefly heat shock protein, and the law of change can be understand the relationship between its growth and development and various influencing factors, and comprehensive provide new ideas for prevention and treatment. In this study, it was found that different temperatures and humidity had different responses to the heat shock of *B. tabaci*.

In practical production, chemical pesticides with strong endoinhalation were usually used to effectively control *B. tabaci* when the heat shock reaction was strong. Based on the change law of greenhouse temperature and humidity, the research is carried out to prevent and control.

References:

1. Wei Jiao, Lu Zhichuang, Wang Ren & Wan Fanghao. (2014). Comparative analysis of the contents of the heat shock protein genes hsp70 and hsp90 in the three cryptic species of the greenhouse whitefly and the whitefly. *Acta Entomologica Sinica*, 57(6), 647–

2. Luo Chen & Zhang Zhili. (2000). Overview of the research on *Bemisia tabaci* (Gennadius). Beijing Agricultural Sciences, *Bemisia tabaci* Special, 4–15.
3. Chu Dong, Zhang Youjun & Wan Fanghao. (2008). Monitoring of *Bemisia tabaci* biotypes and research on genetic structure. *Insect Knowledge*, 45(3), 353–355.
4. Cui Xuhong, Chen Yanhua, Xie Ming & Wan Fanghao. (2017a). Survival characteristics of *Bemisia tabaci* B-biotype and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) after exposure to adverse temperature conditions. *Acta Entomol. Sin.*, 50(12), 1232–1238.
5. Cui Xuhong, Xie Ming & Wan Fanghao. (2017b). Changes in expression level of heat shock protein 70 gene in *Bemisia tabaci* B-biotype (Homoptera: Aleyrodidae) under high temperature stress. *Acta Entomol. Sin.*, 50(11), 1087–1091.
6. Zhang Ke, Weng Qunfang & Fu Haohao (2014). Research progress of insect heat shock protein 90. *Biotechnology Bulletin*, 02, 15–23.
7. Huang LiHua, Wang ChenZhu & Kang Le (2009). Cloning and expression of five heat shock protein genes in relation to cold hardening and development in the leafminer, *Liriomyza sativa*. *Journal of Insect Physiology*, 55(11), 279–285.
8. Zhao Li Ming & Jones, W. A. (2012). Expression of heat shock protein genes in insect stress responses. *Invertebrate Survival*, 9(1), 93–101.
9. Binder, R. J. (2014). Functions of heat shock proteins in pathways of the innate and adaptive immune system, 193(12), 5765–5771.
10. Chandrasekhar, K., Dileep, A., Ester Lebonah, D., & Pramoda Kumari, J. (2014). A short review on proteomics and its applications. *International Letters of Natural Sciences*, 17, 77–84.
11. Mogk, A., Deuring, E., Vorderwulverwulbecke, S., Vierling, E. & Bukau, B. (2003). Small heat shock proteins, ClpB and DnaK system form a functional triade in reversing protein aggregation. *Molecular Microbiology*, 50(2), 585–595.
12. Sangster, T. A. & Queitsch, C. (2005). The HSP90 chaperone complex an emerging force in plant development and phenotypic plasticity. *Current Opinion in Plant Biology*, 8(1), 86–92.
13. Bob, W.G., & Buchannan, B. (2000). *Biochemistry and molecular biology of plants*. USA, ASPB 983–987.
14. Srensen, J.G., Kristensen, T.N. & Loeschcke, V. (2003). The evolutionary and ecological role of heat shock proteins. *Ecol. Lett.*, 6, 1025–1037.
15. Liu Qiu Ning, Zhu Bao Jian, Dai Li Shang, Fu Wei Wei, Lin Kun Zhang & Liu Chao Liang (2013). Overexpression of small heat shock protein 21 protects the Chinese oak silkworm *Antheraea pernyi* against thermal stress. *Insect Physiology*, 59(8), 848–854.
16. Liu Zhao Hua, Yao Peng Bo, Guo Xing Qi & Xua Bao Hua (2014). Two small heat shock protein genes in *Apis cerana*: characterization, regulation, and developmental expression. *Gene*, 545(2), 205–214.
17. Lu Ming Xing, Hua Jin, Cui Ya Dong & Du Yu Zhou (2014). Five small heat shock protein genes from *Chilo suppressalis*: characteristics of gene, genomic organization, structural analysis, and transcription profiles. *Cell Stress and Chaperone*, 19(1), 91–104.
18. Jacques, R. (2003). Evolution of heat shock protein and immunity. *Developmental and Comparative Immunology*, 27, 449–464.
19. Christine, Q., Todd, A. S. & Susan, L. (2002). Hsp90 as a capacitor of phenotypic variation. *Nature*, 417, 618–625.
20. Evgen'ev, M.B., Zatssepina, O.G., Garbuz, D., Lerman, D.N., Velikodvorskaya, V., Zelentsova, E. & Feder, M.E. (2004). Evolution and arrangement of the hsp70 gene cluster in two closely related species of the virilis group of *Drosophila*. *Chromosoma*, 113(5), 223–232.
21. Zhang Tianhao & Zhang Xianhong (2019). Research progress of insect heat shock proteins. *Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition)*, 39(1), 035.
22. King, A. M. & MacRae, T. H. (2015). Insect heat shock proteins during stress and diapause. *Annual Review of Entomology*, 60, 59–75.
23. Wettstein, G., Bellaye, P. S., Micheau, O. & Bonniaud, P. (2012). Small heat shock proteins and the cytoskeleton: An essential interplay for cell integrity? *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 44(10), 1680–1686.
24. Zhang Zhenyu, Chen Junjie & Yu Rong (2012). Research progress on heat shock factor 1 and its relationship with heat shock protein expression. *Chinese Journal of Burns, Wanfang Data*, 28(1), 78–80.
25. Chen Xien & Zhang Yalin (2015). Identification of multiple small heat-shock protein genes in *Plutella xylostella* (L.) and their expression profiles in response to abiotic stresses. *Cell Stress and Chaperones*, 20(1), 23–35.
26. Snoeckx, L.H., Cornelussen, R.N., Van Nieuwenhoven, F.A., Reneman, R.S. & Van der Vusse, G.J. (2001). Heat shock proteins and cardiovascular pathophysiology. *Physiological Reviews*, 81(4), 1461–1497.
27. Maaroufi, H. & Tanguay, R.M. (2013). Analysis and phylogeny of small heat shock proteins from marine viruses and their cyanobacteria host. *PLoS One* 8: e81207.
28. Morrow, G. & Tanguay, R. M. (2015). *Drosophila* small heat shock proteins: an update on their features and functions. In: Tanguay R.M., Hightower L.E. (eds). *The big book on small heat shock proteins*. Springer International Publishing, Cham, 579–606.
29. Moutaoufik, M. T., Morrow, G., Finet, S. & Tanguay, R. M. (2017a). Effect of N-terminal region of nuclear *Drosophila melanogaster* small heat shock protein DmHsp27 on function and quaternary structure. *PLoS One* 12: e0177821.
30. Moutaoufik, M.T., Morrow, G., Maaroufi, H., Féraud, C., Finet, S. & Tanguay, R. M. (2017b). Oligomerization and chaperone-like activity of *Drosophila melanogaster* small heat shock protein DmHsp27 and three arginine mutants in the alpha-crystallin domain. *Cell Stress Chaperones* 22, 455–466.

31. Auluck, P. K., Chan, H. Y., Trojanowski, J. Q. & Bonini, N. M. (2002). Chaperone suppression of alpha-synuclein toxicity in a *Drosophila* model for Parkinson's disease. *Science*, 295(5556), 865–868.
32. Nakano, K. & Iwama, G. K. (2002). The 70-kDa heat shock protein response in two intertidal sculpins, *Oligocottus maculosus* and *O. snyderi*: relationship of hsp70 and thermal tolerance. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 133(1), 79–94.
33. Kroeger, P. E., Sarge, K. D. & Morimoto, R. I. (1993). Mouse heat shock transcription factors 1 and 2 prefer a trimeric binding site but interact differently with the HSP70 heat shock element. *Molecular and Cellular Biology*, 20, 1810–1813.
34. Wu, C. (1995). Heat shock transcription factors: structure and regulation. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 11, 441–469.
35. Pirkkala, L., Nykanen, P. & Sistonen, L. (2001). Roles of the heat shock transcription factors in regulation of the heat shock response and beyond. *The FASEB Journal*, 15, 1118–1131.
36. Shen, Binbin & Ren, Shunxiang (2007). The influence of several ecological factors on *Bemisia tabaci* population. *Anhui Agricultural Sciences*, 35(3), 758–759.
37. Lü Zhi Chuang & Wan Fang Hao (2011). Using double-stranded RNA to explore the role of heat shock protein genes in heat tolerance in *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Journal of Experimental Biology*, 214(5): 764–769.
38. Yu, Guolong (2003). Application of real-time fluorescent quantitative PCR in medical genetics. *Foreign Medical Genetics Volume*, 26 (3): 125-130.
39. Chen Suhong, Zhang Minli, Mou Hang, Guan Wei, Li Lu & Wang Shengqi (2003). Detection of *Bacillus anthracis* by real-time fluorescent quantitative PCR method. *People's Liberation Army Medical Journal*, 28(3), 268–270.
40. Wang Depeng, Li Hongge, Guo Songchang, Yang Jie, Qi Delin & Zhao Xinquan (2007). Tissue-specific expression of HIF-1 α gene in Qinghai domestic yak. *Anhui Agricultural Sciences*, 35(29), 9173–9175.
41. Li Songqing, Ye Langguang, Li Xuyu & Deng Shuxuan (2009). Design principles and applications of real-time quantitative PCR experiments. *Animal Husbandry and Feed Science*, 30(1), 43–44.
42. Abdel-Raheem, M., Reyad, N.F. & Al-Shuraym, L. (2016). Evaluation of some isolates of Entomopathogenic fungi on some insect pests infesting potato crop in Egypt. *International journal of chemtech research*, 9, 479–485.
43. Alavo, T.B. (2015). The insect pathogenic fungus *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas and its use for pests control: A review. *Journal of experimental biology and agricultural sciences*, 3, 337–345.
44. Benz, G. (2015). Environment In Fuuxa and Tanada. Eds. *Epizootiology of Insect Diseases*. Wiley and Sons, New York, 177–214.
45. Coppola, V., Coppola, M., Rocco, M., Digilio, M. C., Dambrosio, C., Renzone, G. & Corrado, G. (2013). Transcriptomic and proteomic analysis of a compatible tomato-aphid interaction reveals a predominant salicylic acid-dependent plant response. *BMC genomics*, 14, 515.
46. Dogan, Y. O., Hazir, S., Yildiz, A., Butt, T. M. & Cakmak, I. (2017). Evaluation of entomopathogenic fungi for the control of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and the effect of *Metarhizium brunneum* on the predatory mites (Acari: Phytoseiidae). *Biological Control*, 111, 6–12.
47. Dorta, B., Bosch, A. J., Arcas, A. & Ertola, R. J. (2012). High level of sporulation of *Metarhizium anisopliae* in medium containing by-products. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 33, 712–715.
48. Farooq, M. & Freed, S. (2018). Insecticidal activity of toxic crude proteins secreted by entomopathogenic fungi against *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). *Kuwait Journal of Science*, 45.
49. Feng Yuntao, Wu Qingjun, Wang Shaoli, Chang Xiaoli, Xie Wen, Xu Baoyun & Zhang Youjun (2010). Cross-resistance study and biochemical mechanisms of thiamethoxam resistance in B biotype *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Pest Management Science*, 66, 313–318.
50. Ferron, P. (2015). Fungal control – Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology. III. (Eds.) G.A. Kerkut and Gilbert, ed. Pergamon Press, New York, 313–346.
51. Fontes, F.V.H.M., Colombo, C. A. & Lourencao, A. L. (2012). Structure of genetic diversity of *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) populations in Brazilian crops and locations. *Journal of Agricultural Science*, 69, 47–53.
52. Foolad, M. R. & Panthee, D. R. (2012). Marker assisted selection in tomato breeding. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 31, 93–123.
53. Freed, S., Jin, F.L. & Ren, S.X. (2011). Phylogenetics of entomopathogenic fungi isolated from the soils of different ecosystems. *Pakistan Journal of Zoology*, 43, 417–425.
54. Gillespie, A.T. & Crawford, E. (2015). Effect of water activity on conidial germination and mycelial growth of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces* spp. and *Verticillium lecanii*. In *Fundamental and Applied Aspects of Invertebrate Pathology*, 55. Samson, R. A, Vlask, J. M. & Peters, D. Wageningen: Society of Invertebrate Pathology, 254.
55. Glare, T.R. & Inwood, A. (2014). Morphological and genetic characterization of *Beauveria* spp. From New Zealand. *Mycological Research*, 102, 250–256.
56. Dai Tian Mei, Lü Zhi Chuang, Liu Wan Xue & Wan Fang Hao (2017). Selection and validation of reference genes for qRT-PCR analysis during biological invasions: the therability of *Bemisia tabaci* MED. *PLoS ONE* 12: e0173821.
57. Goettel, M.S., Eilenberg, J. & Glare, T. (2015). Entomopathogenic fungi and their role in regulation of insect populations. In: *Comprehensive Molecular Insect Science*, (Eds. L.I., Gilbert, K., Iatrou & S.S., Gill), Amsterdam, 361–405.
58. Hanan, A., Basit, A., Nazir, T., Majeed, M.Z. & Qiu, D. (2020). Anti-insect activity of a partially purified protein derived from the entomopathogenic fungus *Lecanicillium lecanii* (Zimmermann) and its putative role in a tomato defense mechanism against green

peach aphid. *Journal of Invertebrate Pathology*, 170, 107–282.

59. Hanan, A., Nazir, T., Basit, A., Ahmad, S. & Qiu, D. (2020). Potential of *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) as a Microbial Control Agent for Green Peach Aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). *Pakistan Journal of Zoology*, 52(1).

60. Hayet, M., Sundararaj, R. & Vimala, D. (2018). The genus *Encarsia* Forester (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitoids of whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) in India. *Journal of Insect Systematics*, 2, 44–90.

61. Holder, D. J. & Keyhani, N. O. (2015). Adhesion of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* to substrata. *Applied & Environmental Microbiology*, 71, 5260–5266.

62. Hoog, G. S. & Rao, V. (2015). Some new hyphomycetes. *Persoonia*, 8, 207–212.

63. Jaber, L. R. & Ownley, B. H. (2018). Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens? *Biological Control*, 116, 36–45.

64. Javed, K. & Qiu, D. (2020). Protein Elicitor PeBL1 of *Brevibacillus laterosporus* Enhances Resistance against *Myzus persicae* in Tomato. *Pathogens*, 9: 1–57.

65. Kirkland, B.H., Westwood, G.S. & Keyhani, N.O. (2014). Pathogenicity of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to Ixodidae tick species *Dermacentor variabilis*, *Rhipicephalus sanguineus* and *Ixodes scapularis*. *Journal of Medical Entomology*, 41, 705–711.

66. Koppert, B. V. (2015). *Mycotal Verticillium lecanii-m*. <http://www.koppert.com>.

67. Latch, G. C. & Fallon, R. F. (2013). Studies on the use of *Metarhizium anisopliae* to control *Oryctes rhinoceros*. *Entomophaga*, 21, 39–48.

68. Lovera, A., Belaich, M., Villamizar, L., Patarroyo, M. A. & Barrera, G. (2020). Enhanced virulence of *Beauveria bassiana* against *Diatraea saccharalis* using a soluble recombinant enzyme with endo- and exochitinase activity. *Biological Control*, 104–211.

69. Macleod, D. M. (2014). Investigations on the genera *Beauveria* Vuill. and *Tritirachium* Limber. *Canadian Journal of Botany*, 32, 818–890.

70. Majeed, M.Z., Fiaz, M., Ma, C.S. & Afzal, M. (2017). Entomopathogenicity of Three Muscardine Fungi, *Beauveria bassiana*, *Isaria fumosorosea* and *Metarhizium anisopliae*, against the Asian Citrus Psyllid, *Diuraphis citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). *Egypt. Journal of Biological Pest Control*, 27, 211–215.

71. Mora, M.E., Castilho, A.M.C. & Fraga, M.E. (2017). Classification and infection mechanism of Entomopathogenic fungi. *Arquivos do Instituto Biológico*, 84.

72. Mustu, M., Demirci, F., Kaydan, M.B. & Ülgentürk, S. (2015). Laboratory assay of the effectiveness of the entomopathogenic fungus *Isaria farinosa* (Holmsk.) Fries *Sordariomycetes Hypocreales* against the vine mealybug *Planococcus ficus* (Signoret) (Hemiptera: Pseudococcidae), even under the use of fungicides. *International Journal of Pest Management*, 61, 264–271.

73. Nazir, T., Basit, A., Hanan, A., Majeed, M. & Qiu, D. (2019). In Vitro Pathogenicity of some entomopathogenic fungal strains against green peach aphid *Myzus persicae* Homoptera: Aphididae. *Agronomy*, 9, 7.

74. Nazir, T., Hanan, A., Basit, A., Majeed, M. Z., Anwar, T., Nawaz, I. & Qiu, D. (2020). Putative Role of a Yet Uncharacterized Protein Elicitor PeBb1 Derived from *Beauveria bassiana* ARSEF 2860 Strain against *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) in *Brassica rapa* ssp. *pekinensis*. *Pathogens*, 9, 111.

75. Rehner, S.A. & Buckley, E. (2015). A *Beauveria* phylogeny inferred from nuclear ITS and EF1- α sequences: evidence for cryptic diversification and links to *Cordyceps* teleomorphs. *Mycologia*, 97, 84–98.

76. Ruii, L. (2018). Microbial biopesticides in agroecosystems. *Agronomy*, 11, 235.

77. Sánchez-rodríguez, A. R., Raya-díaz, S., Zamarreño, A. M., García-mina, J. M., Delcampillo, M. C. & Quesa-moraga, E. (2018). An endophytic *Beauveria bassiana* strain increases spike production in bread and durum wheat plants and effectively controls cotton leafworm (*Spodoptera littoralis*) larvae. *Biological Control*, 90–102.

78. Sánchez-rodríguez, A.R., Barrón, V., Delcampillo, M.C. & Quesada-moraga, E. (2016). The entomopathogenic fungus *Metarhizium brunneum*: a tool for alleviating Fe chlorosis. *Plant and soil*, 2, 295–310.

79. Saranraj, P. & Jayaprakash, A. (2017). Agrobeneficial Entomopathogenic Fungi-*Beauveria bassiana*: A Review. *Indo-Asian Journal of Multidisciplinary Research*, 3, 1051–1087.

80. Verma, A K. & Deepthi, S. (2016). Abiotic stress and crop improvement: Current scenario. *Advances in Plants and Agriculture Research*, 4, 14950.

81. Xu Hong-Xing, Qian Li-Xin, Wang Xing-Wei, Shao Ruo-Xuan, Hong Yue, Liu Shu-Sheng & Wang Xiao-Wei (2019). A salivary effector enables whitefly to feed on host plants by eliciting salicylic acid-signaling pathway. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2, 490–495.

82. Yun, H.G., Kim, D.J., Gwak, W.S., Shin, T.Y. & Woo, S.D. (2017). Entomopathogenic fungi as dual control agents against both the pest *Myzus persicae* and phytopathogen *Botrytis cinerea*. *Mycobiology*, 45, 192–198.

83. Boulant, S., Stanifer, M. & Lozach, P.Y. (2015). Dynamics of virus-receptor interactions in virus binding, signaling and endocytosis. *Viruses*, 7, 2794–2815.

84. Brodsky, F.M. (2012). Diversity of clathrin function: new tricks for an old protein. *Annu. Rev. Cell Dev. Biol.*, 28, 309–336.

85. Brown, J.K., Zerbini, F. M., Navas-Castillo, J., Moriones, E., Ramos-Sobrinho, R., Silva, J. C. F., Fiallo-Olivé, E., Bridon, R.W., Hernández-Zepeda, C., & Idris, A. (2015). Revision of Begomovirus taxonomy based on pairwise sequence comparisons. *Arch. Virol.*, 160, 1593–1619.

86. Yao Chi, Pan Li Long, Bouvaine S., Fan Yun Yun., Liu Yin Quan, Liu Shu Sheng, Seal, S. & Wang Xiao Wei. (2019). Differential transmission of Sri Lankan cassava mosaic virus by three cryptic species of the whitefly *Bemisia tabaci* complex. *Virology*,

540, 141–149.

87. Czosnek, H., Hariton-Shalev, A., Sobol, I., Gorovits, R. & Ghanim, M. (2017). The incredible journey of begomoviruses in their whitefly vector. *Viruses*, 9, 273.

88. Fiallo-Olivé, E., Pan, L.L., Liu, S. S. & Navas-Castillo, J. (2020). Transmission of begomoviruses and other whitefly-borne viruses: dependence on the vector species. *Phytopathol*, 110, 10–17.

89. Geng Liang, Qian Li-Xin, Shao Ruo-Xuan, Liu Yin-Quan, Liu Shu-Sheng & Wang Xiao-Wei (2018). Transcriptome profiling of whitefly guts in response to Tomato yellow leaf curl virus infection. *Virology J.*, 15, 14.

90. Ghanim, M. (2014). A review of the mechanisms and components that determine the transmission efficiency of Tomato yellow leaf curl virus (Geminiviridae; Begomovirus) by its whitefly vector. *Virus Res.*, 186, 47–54.

91. Gianesello, L., Priante, G., Ceol, M., Radu, C.M., Saleem, M.A., Simioni, P., Terrin, L., Anglani, F. & Prete, D.D. (2017). Albumin uptake in human podocytes: a possible role for the cubilin-amnionless (Cubam) complex. *Sci. Rep.*, 7, 13705.

92. Cohen, A., & Patana, R. (1982). Ontogenetic and stress-related changes in hemolymph chemistry of beet armyworm. *Comparative Biochemistry and Physiology – Part A*, 71, 193–198.

93. De Barro, P. J., Bourne, A., Khan, S. A. & Brancatini, V. L. (2006). Host plant and biotype density interactions-their role in the establishment of the invasive B biotype of *Bemisia tabaci*. *Biological Invasions*, 8, 287–294.

94. Dunbar, H. E., Wilson, A. C. C., Ferguson, R. & Moran, N. A. (2007). Aphid thermal tolerance is governed by a point mutation in bacterial symbionts. *Plos Biology*, 5, 1006–1016.

95. Feder, M. E. & Krebs, R. A. (1997). Ecological and evolutionary physiology of heat-shock proteins and the stress response in: complementary insights from genetic engineering and natural variation. In: Bijlsma, R., Loeschcke, V. eds. *Environmental Stress, Adaptation and Evolution*. Birkhauser Basel, 155–173.

96. Franck, E., Madsen, O., Van, R. T., Ricard, G., Huynen, M. A. & De, J. W. W. (2004). Evolutionary diversity of vertebrate small heat shock proteins. *J. Mol. Evol.*, 59, 792–805.

97. Hu Tao, Huang ChangJun, He Yuting, Castillo-González C., Gui Xiaojian, Wang Yaqin, Zhang Xiuren & Zhou Xueping (2019). β C1 protein encoded in geminivirus satellite concertedly targets MKK2 and MPK4 to counter host defense. *PLoS Pathog*, 15, e1007728.

98. Kaksonen, M. & Roux, A. (2018). Mechanisms of clathrin-mediated endocytosis. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.*, 19, 313–326.

99. Kanakala, S. & Ghanim, M. (2019). Global genetic diversity and geographical distribution of *Bemisia tabaci* and its bacterial endosymbionts. *PLoS One*, 14(3), e0213946.

100. Lei Teng, Zhao Jing, Wang HuaLing, Liu Yin Quan & Liu Shu Sheng (2020). Impact of a novel Rickettsia symbiont on the life history and virus transmission capacity of its host whitefly (*Bemisia tabaci*). *Insect science*, 28(2), 377–391.

Лю Шунсяо, аспірант, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна; Хенанський інститут науки та технології, м Хенань, КНР

Ю Хао, доктор сільськогосподарських наук, доцент, Хенанський інститут науки та технології, м Хенань, КНР

Власенко Володимир Анатолійович, доктор сільськогосподарських наук, професор, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

КІЛЬКІСНИЙ АНАЛІЗ РЕГУЛЯТОРНОГО ГЕНА *hsf1* ВЕМИСІА ТАВАСІ ПРИ РІЗНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Bemisia tabaci (Gennadius) – один з найважливіших шкідників рослин у тропічних, субтропічних та прилеглих помірних регіонах. *B. tabaci* – головний шкідник сільськогосподарства, за яким пильно стежать у всьому світі. Завдяки широкому застосуванню посадки овочів у теплицях та частим суміщенням овочів і квітів були створені більш сприятливі умови для появи та поширення *B. tabaci*, що робить його головним шкідником у сільськогосподарському виробництві Китаю.

Здатність В-біотипу адаптуватися до нових середовищ тісно пов'язана з його толерантністю до температури. Білки теплового шоку (HSP) – це група білків, що виробляються клітинами під індукцією стресових чинників, особливо високої температури навколишнього середовища. Білки теплового шоку відіграють важливу роль в адаптації організмів до навколишнього середовища. Цей експеримент проводиться в основному щодо вивчення білка теплового шоку *B. tabaci* та його регуляторних чинників (фактор теплового шоку 1, *hsf1*). Водночас, була використана кількісна технологія флуоресценції для спостереження за вираженням цього регуляторного чинника за різних температурних умов. Існує припущення, що регуляторним чинником HSPs *hsf1* є В-біотип *B. tabaci*, і він може стимулювати захист від стресу високої температури.

Ключові слова: шкідники рослин у сільськогосподарському виробництві, інвазія шкідника, біологічний захист рослин від шкідників, В-біотип білокрилки тютюнової, регуляторні чинники, *hsf1* – фактор теплового шоку.

Дата надходження до редакції: 03.11.2020 р.

QUANTITATIVE CHANGES OF ENZYME ACTIVITY IN WHEAT INDUCED BY *STREPTOMYCES* SP. STRAIN HU2014

Zhu Hongxia

PhD student

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, China

ORCID: 0000-0003-0113-779X

zhxhg105@163.com

Zhou Feng

PhD, Associate Professor

Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, China

ORCID: 0000-0002-4030-6704

zfhist@163.com

Rozhkova Tetiana

PhD (Biological Sciences), Associate Professor

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

ORCID: 0000-0002-0791-9736

rozhkova8@gmail.com

Biocontrol microorganism have a diverse range of activities and they have been focused on potential biocontrol agents in agriculture. They can induce plant defended response and enhance plant disease resistance. *Streptomyces* sp. produce active metabolites that can inhibit the growth of phytopathogens. Induced resistance is usually indicated by the activity of Peroxidase (POD), Polyphenoloxidase (PPO), and Phenylalanine ammonia-lyase (PAL) or other defense enzymes. The related reports mainly focused on disease control or promoting growth of cash crops or vegetables, but less on wheat presently. Moreover, the information about the concentration of fermentation broth and mycelia of *Streptomyces* affected the quantitative changes of defended enzyme activities is limited. In this study, we started from isolating a *Streptomyces* strain, named *S. sp.* strain HU2014, and demonstrated (POD), (PPO), (PAL) enzymes in different concentration of the mycelia (M) and extracellular filtrate (EF) of the strain with the application of soil drench treatment. The enzyme activities were determined by visible spectrophotometry. The results showed that the activities of POD and PAL at the concentration of 10³-fold dilution of the EF increased significantly to some extent in comparison with untreated control, by 173.86 % ($P < 0.05$) and 71.92 % ($P < 0.05$), respectively. In the range of different concentration of the M, POD and PPO activities were enhanced with the increasing of dilution ratio, but the difference was not significant. It is expected to be an excellent resource for the development of new biological preparations.

Key words: Biocontrol microorganism, induced activity, defense enzymes, crops

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.3.7>

Introduction. Many microorganisms as biocontrol agents and their abundant sources of natural substances which have been studied and developed as commercial products for crop protection (Katz et al., 2016), such as *Bacillus thuringiensis* (Bt) from bacterium (Burgerjon et al., 1977; Cannon, 1993), Topshield (*Trichoderma harzianum* T-22) (Lisa, 2001) from fungus, Jing-gangmysin (in China) and streptomycin sulfate from *Streptomyces*.

Microorganisms become an environmentally and economically viable alternatives to the use of synthetic chemicals in plant growing (Rey et al., 2017). Especially, *Streptomyces* spp. constitute a major clade of the phylum Actinomycetes. These Gram-positive, filamentous prokaryotes are abundant in soils, commonly colonize the rhizosphere and marine sediments or can be caused infections in plants (Bignell et al., 2010; Bulgarelli et al., 2013). Over 50 % of them have been known for their role as producers of useful antibiotics (Chater, 2006; Cheng et al., 2014; Law et al., 2017) and the capacity to produce of secondary metabolism (van der Meij et al., 2017). Since *Streptomyces* were found that they have a diverse range of activities these microorganisms were used for a wide range of applications in different

filed. Researchers focus on potential biocontrol agents in agriculture (Schrey et al., 2008; Viaene et al., 2016).

Plant rhizosphere growth promoting bacteria (PGPR) can induce plant systemic disease resistance (ISR) (Abbasi et al., 2019; Farag et al., 2013; Sadeghi et al., 2017). Another pathway is systemic acquired resistance (SAR) which need pathogen or chemical trigger mediated (Kloeppe et al., 1999; Milikisoyants et al., 2017; Pieterse et al., 2002). Most biocontrol microorganisms have shown that they can induce plants to produce SAR or ISR which strengthen the resistance of plants to pathogens.

The enzymatic activities of PPO, PAL, β -1,3-glucanase and chitinase were significantly enhanced in the rice treated with antifungalmycin N2 plus *Rhizoctonia solani* Kühn (Zhang et al., 2020). *Streptomyces rochei* A-1 treatment significantly increased the activities of POD, superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and PAL, effectively induced the resistance of apple fruit to ring rot (Zhang et al., 2016).

The V76-12 isolate was the most effective treatment tested in reducing leaf spot disease of oil palm seedlings, due to its ability to enhance PAL, POD and PPO activities in the oil palm leaves (Sunpapao et al., 2018). SA from the strain of *Streptomyces diastatochromogenes* KX852460 induced the high activity of

glutathione reductase (GST), catalase (CAD), PAL and PPO in tobacco against *R. solani* AG-3 (Ahsan et al., 2019).

Six endophytes stimulated systemic resistance which was evaluated by seed treatments in pathogen inoculated chickpea (Singh et al., 2017). *Streptomyces rubrogriseus* HDZ-9-47 enhanced the activity of PPO, POD, PAL and SOD in tomato roots (Jin et al., 2016). *S. rochei* D74 and *S. partum* Act12 (Liu et al., 2018) and *S. rochei* strain ZZ-9 (Xie et al., 2019) strongly enhanced the defense activity in wheat leaves. Otherwise, there are few studies investigated that antimicrobials at very low concentrations have high inhibiting effect or eliciting activities (Boukaew et al., 2017; Hennessy et al., 2017; Winding et al., 2004). Balajiu, Kim et al. (2016) studied that paromomycin at lower concentration (1.0 µg/ml) induced the suppression of *Phytophthora capsici* in chili pepper, higher than 100 µg/ml and 1000 µg/ml.

The aim of this study was to reveal the dynamic changes of different enzyme activities in wheat treated with *S. sp.* strain HU2014, and provide the scientific basis for its application in the field.

Materials and methods. 2.1. *Materials.* Soil samples were collected in May 2020 from the field where commonly wheat is grown, in Xinxiang, China (Benton Harbor: N 113.9351°, E 35.3829°), air dried at 25 °C, thoroughly sieved to remove roots and plant residues, and stored until use.

Streptomyces HU2014, kindly provided by Dr. Hu Linfeng of Henan Institute of Science and Technology (HIST), was pre-cultured on potato dextrose agar (PDA) medium at 4 °C before experiment. The mycelia discs were transferred to sterile GPY broth in 250 ml flasks, incubated at 30 °C with shaking at 150 r. min⁻¹ for 28 days. The fermentation broth was centrifuged (8000 r min⁻¹, 4 °C) for 15 minutes to separate the supernatants. The supernatants were filtrated through 0.45 µm candle filters, and then the extracellular filtrate (EF) was stored at 4 °C. The mycelia were incubated for 7 days, filtrated through nylon filter, washed with sterile water, dried with filter paper and stored at 4 °C.

Wheat cultivar of "BN4199" afforded by Breeding Center of HIST was used in this study. The seeds were disinfected with H₂O₂ (30 %) for 2 min and washed thoroughly with sterile distilled water. The seeds were germinated for 12 hours in plastic tray

(30 cm × 20 cm × 3 cm) covered with wet gauze. Subsequently, the germinated seeds were transferred in the pot (12 cm × 12 cm × 9 cm), 15 seeds per pot, placed into growth chamber with the conditions of light (12 h/day) and temperature (27 °C ± 2 °C).

2.2. *Assay of defense enzymes.* The EF was considered as original broth concentration, and five concentrations were set up by adding sterile water to the EF: 10-fold dilution, 10²-fold dilution, 10³-fold dilution, 10⁴-fold dilution and 10⁵-fold dilution. An aliquot was applied by soil drench of 50 ml with 3 replications. The gradient concentration of the M was 0.1 mg/ml, 0.01 mg/ml, 0.001 mg/ml, 0.0001 mg/ml and 0.00001 mg/ml. Sterile water was untreated control. Each experiment had randomized design. Sterile water was untreated control. In ten days after soil drench treatment, leave tissues were collected and weighted, 0.1 g per aliquot for one enzyme activity assay. Then tissues were immediately submerged in liquid nitrogen. Material was ground in mortar with a pestle under liquid nitrogen, transferred into centrifugal tube. The enzyme activity was determined by POD colorimetry (Doerge et al., 1997), PPO colorimetry (Tang et al., 2004) and PAL colorimetry (Aydaş et al., 2013). All detailed steps referred to the instruction of Kit Box (Beijing Solarbio Science & Technology Co., Ltd, in China).

2.3. *Statistical methods.* Statistically significant differences (p < 0.05) in enzyme activity assay were evaluated by an analysis of variance (ANOVA) using SPSS version 16.0 (SPSS Inc. Chicago, IL, United States). All data shown are average value of three (in vitro experiments) biological replicates ± SD.

Results. Induced resistance is usually indicated by the activity of POD, PPO and PAL or other defense enzymes. To estimate the quantitative changes in the plant defense-related enzyme activities of POD, PPO, and PAL in wheat leaves, our pot experiment was conducted under different concentrations of the M and EF with soil drench treatment. With the treatment of the EF (Table 1, Fig. 1), the POD and PAL activities at the concentration of 10³-fold dilution of the EF increased significantly to some extent compared to control, by 173.86 % (P < 0.05) and 71.92 % (P < 0.05), respectively. It was shown that EF of *S. sp.* strain HU2014 can significantly induced the activity of these enzymes in wheat at low concentrations.

Table 1

Effect of the EF of *S. sp.* strain HU2014 on the activity of disease defense enzymes in wheat seedlings

Concentration	POD activity (U/g)	PPO activity (U/g)	PAL activity (U/g)
untreated control	3476.61 ± 273.37d	74.51 ± 3.08abc	7.3 ± 0.72c
Original broth	6870.61 ± 219.65b	83.43 ± 1.40ab	8.38 ± 0.66bc
10-fold dilution	6567.13 ± 135.63b	64.58 ± 6.60c	8.91 ± 1.15b
10 ² -fold dilution	5619.70 ± 145.51c	87.17 ± 7.55a	9.33 ± 0.62b
10 ³ -fold dilution	9522.38 ± 106.33a	69.3 ± 3.85bc	12.55 ± 1.30a
10 ⁴ -fold dilution	3340.89 ± 216.28d	86.79 ± 4.15a	5.78 ± 0.37d
10 ⁵ -fold dilution	2768.14 ± 152.48e	67.23 ± 5.30c	7.99 ± 0.39bc*

*Data in the table are means ± SD. Different lowercase letters in the same column show values that are significantly different at the P < 0.05 level by least significant difference (LSD) test.

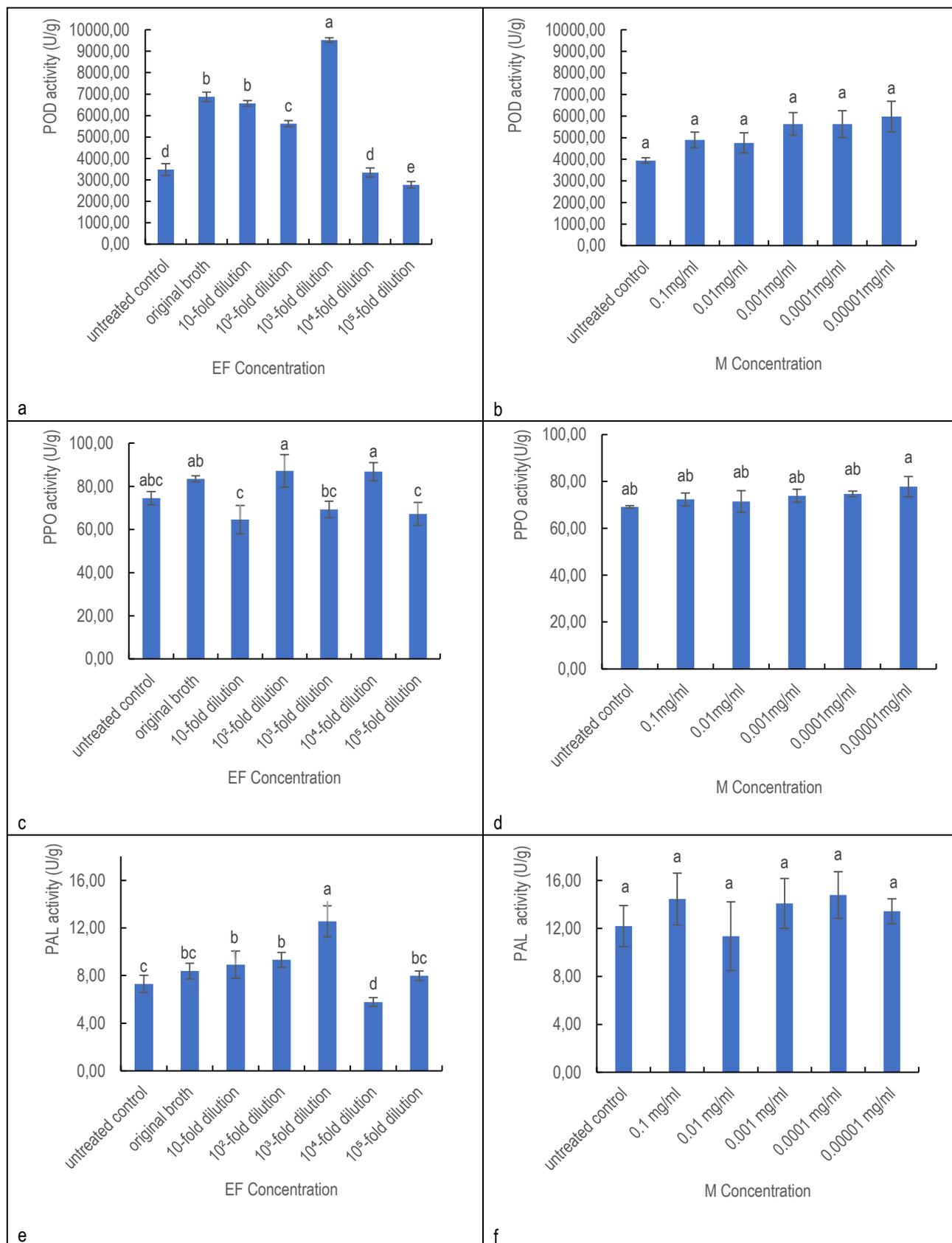


Fig. 1. Quantitative changes in wheat defense enzymes by the EF and M of *S. sp.* strain HU2014.

Although the activity of PPO at the concentrations of 10²-fold dilution and 10⁴-fold dilution increased compared to untreated control, by 16.99 % ($P < 0.05$) and 16.48 % ($P < 0.05$) respectively, the difference was non-significant. With the treatment

of the M (Table 2, Fig. 1), the activities of POD and PPO enhanced with the increasing of dilution ratio in the range of different concentration, but the difference was not significant.

Table 2

Effect of the M of *S. sp.* strain HU2014 on the activity of disease defense enzymes in wheat seedlings

Concentration (mg/ml)	POD activity (U/g)	PPO activity (U/g)	PAL activity (U/g)
untreated control	3940.10 ± 125.56a	69.19 ± 0.50ab	12.20 ± 1.72a
0.1	4903.48 ± 360.60a	72.32 ± 2.75ab	14.45 ± 2.16a
0.01	4759.23 ± 472.73a	71.50 ± 4.63ab	11.35 ± 2.86a
0.001	5635.42 ± 526.09a	73.91 ± 2.79ab	14.08 ± 2.07a
0.0001	5630.14 ± 625.98a	74.69 ± 1.18ab	14.79 ± 1.94a
0.00001	5978.90 ± 704.20a	77.78 ± 4.28a	13.44 ± 1.04a*

*Data in the table are means ± SD, Different lowercase letters in the same column show values that are significantly different at the $P < 0.05$ level by least significant difference (LSD) test.

The activity of PAL (with the exception of 0.01 mg/ml) increased compared to untreated control by 10.16 % ~ 21.23 % ($P < 0.05$), but the difference was non-significant as well.

Discussion. In plant defense system, POD, PPO and PAL are the major defense enzymes, they are used as physiological indexes to identify plant disease resistance (Jinal et al., 2020; Peng et al., 2019). It has been shown in many studies that activities of defense-related enzymes could be altered by microorganisms and their metabolites (Sakineh Abbasi et al., 2019; Van Loon, 1997; Zhao et al., 2012). In our study, the activities of POD and PAL at the concentration of 10³-fold dilution of EF increased significantly to some extent compared to control. In other words, the EF of *S. sp.* strain HU2014 can significantly induce the activity of defense enzymes in wheat at low concentration. From this point of view, the performance of POD and PAL activity coincides with the results of Xie et al. (2019) and Liu et al. (2018). Moreover, in this experiment the increase of induced enzyme activity was higher. Therefore, it was determined that the *S. sp.* strain HU2014 could significantly improve the resistance of

wheat seedlings. The level of enzyme activity with the M was lower than that of the EF. The main reason would be that the mycelia need a certain time to colonize in the rhizosphere and gradually metabolize the active components.

Conclusion. It was found that POD and PAL enzymes had high level of activity at a low dilution of the EF of *S. sp.* strain HU2014 within certain concentration range. Activities of POD and PPO were enhanced with the increasing of dilution ratio in the range of different concentration of M, but the difference was not significant. Characteristics of *S. sp.* strain HU2014 growth in soil need further research. The changes of defense enzymes are related to the induction of plant disease resistance.

In our experiment, *S. sp.* strain HU2014 could induce the enzyme activity without plant pathogenic fungi, so the induction of the strain would follow Jasmonate signaling pathway. Otherwise, the enzyme activities measured at the physiological level of plants were easily affected by some factors, which need to be further verified at the molecular level. Further studies should be focused on wheat disease resistance with RT-PCR assay, metabolic pathways and transcriptomics research.

References:

- Abbasi, S., Safaie, N., Sadeghi, A., & Shamsbakhsh, M. (2019). Streptomyces strains induce Resistance to Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici race 3 in tomato through different molecular mechanisms. *Front Microbiol*, 10, 1–16. doi: 10.3389/fmicb.2019.01505
- Ahsan, T., Chen, J., Zhao, X., Irfan, M., & Wu, Y. (2019). Exometabolomic study of extracellular metabolites in tobacco plant induced by ethyl acetate extracts of *Streptomyces diastatochromogenes* KX852460. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 12(1), 157–165. doi: 10.1080/16878507.2019.1618584
- Aydaş, S. B., Ozturk, S., & Aslım, B. (2013). Phenylalanine ammonia lyase (PAL) enzyme activity and antioxidant properties of some cyanobacteria isolates. *Food chemistry*, 136(1), 164–169. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.07.119
- Bignell, D. R., Huguet-Tapia, J. C., Joshi, M. V., Pettis, G. S., & Loria, R. (2010). What does it take to be a plant pathogen: genomic insights from *Streptomyces* species. *Antonie Van Leeuwenhoek International Journal of General and Molecular Microbiology*, 98(2), 179–194. doi: 10.1007/s10482-010-9429-1
- Boukaew, S., Prasertsan, P., Troulet, C., & Bardin, M. (2017). Biological control of tomato gray mold caused by *Botrytis cinerea* by using *Streptomyces* spp. *Biocontrol*, 62(6), 793–803. doi: 10.1007/s10526-017-9825-9
- Bulgarelli, D., Schlaeppli, K., Spaepen, S., Van Themaat, E. V. L., & Schulze-Lefert, P. (2013). Structure and functions of the bacterial microbiota of plants. *Annual review of plant biology*, 64, 807–838. doi: 10.1146/annurev-arplant-050312-120106
- Burgerjon, A., & Dulmage, H. (1977). Industrial and international standardization of microbial pesticides - I. *Bacillus thuringiensis*. *Entomophaga*, 22(2), 121–129. doi: 10.1007/BF02377833
- Cannon, R. J. (1993). Prospects and progress for *Bacillus thuringiensis*-based pesticides. *Pesticide Science*, 37(4), 331–335. doi: 10.1002/ps.2780370405
- Chater, K. F. (2006). *Streptomyces* inside-out: a new perspective on the bacteria that provide us with antibiotics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 361(1469), 761–768. doi: 10.1098/rstb.2005.1758
- Cheng, G., Huang, Y., Yang, H., & Liu, F. (2014). *Streptomyces felleus* YJ1: potential biocontrol agents against the sclerotinia stem rot (*Sclerotinia sclerotiorum*) of oilseed rape. *Journal of Agricultural Science*, 6(4), 91–98. doi:10.5539/jas.v6n4p91
- Doerge, D. R., Divi, R. L., & Churchwell, M. I. (1997). Identification of the colored guaiacol oxidation product produced by peroxidases. *Analytical biochemistry*, 250(1), 10–17. doi: 10.1006/abio.1997.2191
- Farag, M. A., Zhang, H., & Ryu, C. (2013). Dynamic chemical communication between plants and bacteria through airborne signals: induced resistance by bacterial volatiles. *Journal of Chemical Ecology*, 39(7), 1007–1018. doi: 10.1007/s10886-013-0317-9
- Hennessy, R. C., & Stougaard, P. (2017). Transcriptomic profiling of microbe–microbe interactions reveals the specific

- response of the biocontrol strain *P. fluorescens* In5 to the phytopathogen *Rhizoctonia solani*. *Bmc Research Notes*, 10(1), 1–9. doi: 10.1186/s13104-017-2704-8
14. Jin, N., Lu, X. L., Wen, Y., Liu, Q., & Jian, H. (2016). Effect of *Streptomyces rubrogriseus* HDZ-9-47 on the growth and defense enzymes of tomato. *Acta Phytopathologica Sinica*, 46(6), 833–840. doi: 10.13926/j.cnki.apps.2016.06.013
 15. Jinal, N. H., & Amaresan, N. (2020). Evaluation of biocontrol *Bacillus* species on plant growth promotion and systemic-induced resistant potential against bacterial and fungal wilt-causing pathogens. *Archives of microbiology*, 202, 1785–1794.
 16. Katz, L., & Baltz, R. H. (2016). Natural product discovery: past, present, and future. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, 43(2-3), 155–176. doi: 10.1007/s10295-015-1723-5
 17. Kloeppel, J., Rodriguez-Kabana, R., Zehnder, A., Murphy, J., Sikora, E., & Fernandez, C. (1999). Plant root-bacterial interactions in biological control of soilborne diseases and potential extension to systemic and foliar diseases. *Australasian Plant Pathology*, 28(1), 21–26. doi: 10.1071/AP99003
 18. Law, J., Ser, H. L., Khan, T., Chuah, L., Pusparajah, P., Chan, K.-G., & Lee, L. H. (2017). The potential of *Streptomyces* as biocontrol agents against the rice blast fungus, *Magnaporthe oryzae* (*Pyricularia oryzae*). *Frontiers in Microbiology*, 8, 1–10. doi: 10.3389/fmicb.2017.00003
 19. Lisa, H. (2001). Fungicide bombers. *American Vegetable Grower*, 49(1), 24–25.
 20. Liu, Y. T., Zhang, K., Ma, J. N., Lai, H. X., & Xue, Q. H. (2018). Effects of two *Streptomyces* strains on growth and induced resistance of wheat seedlings *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica* 27(5), 54–62. doi: 10.7606/j.issn.1004-1389.2018.05.007
 21. Milikisiyants, S., Wang, S. L., Munro, R. A., Donohue, M., Ward, M. E., Bolton, D., & Smirnov, A. I. (2017). Oligomeric structure of anabaena sensory rhodopsin in a lipid bilayer environment by combining solid-state NMR and long-range DEER constraints. *Journal of Molecular Biology*, 429(12), 1903–1920. doi: 10.1016/j.jmb.2017.05.005
 22. Peng, G., Zhao, X., Li, Y., Wang, R., Huang, Y., & Qi, G. (2019). Engineering *Bacillus velezensis* with high production of acetoin primes strong induced systemic resistance in *Arabidopsis thaliana*. *Microbiological Research*, 227, 1–12. doi: 10.1016/j.micres.2019.126297
 23. Pieterse, C., Van Wees, S., Ton, J., Van Pelt, J., & Van Loon, L. (2002). Signalling in rhizobacteria-induced systemic resistance in *Arabidopsis thaliana*. *Plant biology*, 4(5), 535–544. doi: 10.1055/s-2002-35441
 24. Rey, T., & Dumas, B. (2017). Plenty is no plague: *Streptomyces* symbiosis with crops. *Trends in plant science*, 22(1), 30–37. doi: 10.1016/j.tplants.2016.10.008
 25. Sadeghi, A., Koobaz, P., Azimi, H., Karimi, E., & Akbari, A. R. (2017). Plant growth promotion and suppression of *Phytophthora drechsleri* damping-off in cucumber by cellulase-producing *Streptomyces*. *Biocontrol*, 62(6), 805–819. doi: 10.1007/s10526-017-9838-4
 26. Schrey, S. D., & Tarkka, M. T. (2008). Friends and foes: streptomycetes as modulators of plant disease and symbiosis. *Antonie Van Leeuwenhoek International Journal of General and Molecular Microbiology*, 94(1), 11–19. doi: 10.1007/s10482-008-9241-3
 27. Singh, S. P., & Gaur, R. (2017). Endophytic *Streptomyces* spp. underscore induction of defense regulatory genes and confers resistance against *Sclerotium rolfsii* in chickpea. *Biological Control*, 104, 44–56. doi: 10.1016/j.biocontrol.2016.10.011
 28. Sunpapao, A., Chairin, T., & Ito, S. (2018). The biocontrol by *Streptomyces* and *Trichoderma* of leaf spot disease caused by *Curvularia oryzae* in oil palm seedlings. *Biological Control*, 123, 36–42. doi: 10.1016/j.biocontrol.2018.04.017
 29. Tang, W., & Newton, R. J. (2004). Increase of polyphenol oxidase and decrease of polyamines correlate with tissue browning in Virginia pine (*Pinus virginiana* Mill.). *Plant science*, 167(3), 621–628. doi: 10.1016/j.plantsci.2004.05.024
 30. Van der Meij, A., Worsley, S. F., Hutchings, M. I., & van Wezel, G. P. (2017). Chemical ecology of antibiotic production by actinomycetes. *Fems Microbiology Reviews*, 41(3), 392–416. doi: 10.1093/femsre/fux005
 31. Van Loon, L. (1997). Induced resistance in plants and the role of pathogenesis-related proteins. *European Journal of Plant Pathology*, 103(9), 753–765. doi: 10.1023/a:1008638109140
 32. Viaene, T., Langendries, S., Beirinckx, S., Maes, M., & Goormachtig, S. (2016). *Streptomyces* as a plant's best friend? *FEMS microbiology ecology*, 92(8). doi: 10.1093/femsec/fiw119
 33. Winding, A., Binnerup, S. J., & Pritchard, H. (2004). Non-target effects of bacterial biological control agents suppressing root pathogenic fungi. *FEMS microbiology ecology*, 47(2), 129–141. doi: 10.1016/S0168-6496(03)00261-7
 34. Xie, Y. Q., Ma, D. D., Yang, S., Li, P., Xu, B. L., & Xue, Y. Y. (2019). Growth promotion effect of *Streptomyces rochei* strain ZZ-9 on wheat seedlings. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 28(8), 1335–1343. doi: 10.7606/j.issn.1004-1389.2019.08.016
 35. Zhang, Q., Yong, D., Zhang, Y., Shi, X., Li, B., Li, G., & Wang, C. (2016). *Streptomyces rochei* A-1 induces resistance and defense-related responses against *Botryosphaeria dothidea* in apple fruit during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 115, 30–37. doi: 10.1016/j.postharvbio.2015.12.013
 36. Zhang, S. W., Yang, Y., Wu, Z. M., & Li, K. T. (2020). Induced defense responses against *Rhizoctonia solani* in rice seedling by a novel antifungalmycin N2 from *Streptomyces* sp. N2. *Australasian Plant Pathology*, 49(3), 267–276. doi: 10.1007/s13313-020-00703-x
 37. Zhao, S., Du, C. M., & Tian, C. Y. (2012). Suppression of *Fusarium oxysporum* and induced resistance of plants involved in the biocontrol of cucumber fusarium wilt by *Streptomyces bikiniensis* HD-087. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28(9), 2919–2927. doi: 10.1007/s11274-012-1102-6

Чжу Хонгксю, аспірант, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна; Хенанський науково-технічний інститут, м. Сінсян, КНР

Чжоу Фенг, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Хенанський науково-технічний інститут, м. Сінсян, КНР

Рожкова Тетяна Олександрівна, кандидат біологічних наук, доцент, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

КІЛЬКІСНІ ЗМІНИ ЕНЗИМНОЇ АКТИВНОСТІ ПШЕНИЦІ, ІНДУКОВАНІ STREPTOMYCES SP., ШТАМ HU2014

Бактерії для біоконтролю мають різноманітний спектр дії й активно застосовуються як потенційні агенти біологічного контролю шкідливих організмів у сільському господарстві. Вони можуть викликати захисну реакцію рослин і підвищувати стійкість рослин до хвороб. *Streptomyces* sp. продукують активні метаболіти, які можуть пригнічувати ріст фітопатогенів. Індукована резистентність, зазвичай, базується на активності пероксидази (POD), поліфенолоксидази (PPO) та аміакліази фенілаланіну (PAL) або інших захисних ферментів. Відповідні дослідження здебільшого були зосереджені на контролі хвороб комерційних культур або овочів, що сприяло зростанню їх врожайів, меншою мірою пшениці. Більше того, інформація про концентрацію ферментативного рідкого середовища та міцелію *Streptomyces*, що впливали на кількісні зміни активності захисних ферментів, обмежена. У цьому дослідженні спочатку було виділено штам *Streptomyces*, якому дали назву HU2014. Згодом було продемонстровано активність ферментів POD, PPO, PAL з різною концентрацією M і EF за обробки штамом ґрунтової сировини. Активність ферментів визначили за допомогою видимої спектрофотометрії. Результати показали, що активність POD та PAL за концентрації 10^{-3} розведення EF в деякій мірі значно зросла, порівняно з необробленим контролем, відповідно на 173,86 % ($P < 0,05$) та 71,92 % ($P < 0,05$). У діапазоні різних концентрацій M, активність POD та PPO посилювалась зі збільшенням коефіцієнта розведення, але різниця не була значною. З результатів видно, що HU2014 в умовах низької концентрації має очевидний вплив на захисні ферменти пшениці, і, як очікується, він може бути активним ресурсом для розробки нових біологічних препаратів.

Ключові слова: бактерії для біоконтролю, індукована активність, захисні ферменти, зернові культури.

Дата надходження до редакції: 02.11.2020 р.

CLONING AND BIOINFORMATICS ANALYSIS OF CADMIUM-RESISTANT GENE *TaSFT2* IN WHEAT

Wu Liuliu

PhD student

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

ORCID: 0000-0001-2345-6789

wuliu1009qqq@163.com

Zhatova Halyna

PhD (Agricultural Sciences), Professor

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

ORCID: 0000-0002-8606-6750

gzhatova@ukr.net

Cadmium is a non-essential trace element which is highly toxic to plants. Because of its high mobility and toxicity, it has become a hot topic to study the molecular mechanism of cadmium uptake and transport by plants and to cultivate new crop varieties resistant to cadmium and low cadmium accumulation. Cd enters into the plant body, it will be absorbed by the root system and gradually transported to the above-ground part. Plants reduce toxic effects by absorbing and transporting heavy metals in different chemical forms and storing them in different organs and tissues. Under cadmium stress, plants produce a variety of physiological and biochemical mechanisms that limit cadmium absorption and transfer to reduce cadmium damage. Cadmium stress induces the expression level of metallothionein gene in gramineous crops (wheat and rice), which has a positive effect on improving plant resistance to cadmium and alleviating cadmium toxicity. It is not clear how the gene causes tolerance to heavy metals. Therefore, this experiment cloned the gene and analyzed the biological information to find the mechanism of cadmium resistance.

The full length of TaSFT2 gene was cloned by RT-PCR. The sequence analysis showed that the ORF gene was 684bp, encoding 228 amino acids, with a molecular weight of 58.542kD and an isoelectric point of 9.16. The results of evolutionary tree analysis showed that wheat TaSFT2 was closely related to maize ZmGot1/Sft2 gene and rice OsGot1/Sft2 protein.

The basic information of TaSFT2 gene can be obtained by chromosome location analysis, intron/exon analysis, ORF analysis and expression profile analysis, etc. By analyzing the basic properties of TaSFT2 protein, hydrophobicity analysis, transmembrane region prediction, signal peptide prediction and similarity prediction, the properties of gene-encoded protein can be preliminarily determined and predicted. In particular, hydrophobicity analysis and transmembrane region prediction can be used to predict whether the gene is membrane protein, which has important reference significance for determining the direction of experimental research.

Key word: cadmium, wheat, tolerance, Cd-resistance, gene sequence analysis.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.3.8>

Introduction. Cadmium is a non-essential trace element which is highly toxic to plants. Growing in cadmium polluted areas will lead to excessive cadmium levels in agricultural products and threaten the health of animals and humans. Therefore, it has become a hot topic to study the molecular mechanism of cadmium uptake and transport by plants and to cultivate new crop varieties resistant to cadmium and low cadmium accumulation.

It was found that the toxic effect of heavy metal cadmium is related to its transport from soil to the aboveground part of plants. During the process of cadmium entering the xylem through the root cortex, through the symplast and extracellular pathways, most of it is deposited in the intercotyledonary cells, and a few of it is transferred to the above-ground parts after arriving at the midcolumn. Studies have shown that when Cd enters into the plant body, it will be absorbed by the root system and gradually transported to the above-ground part. In paddy rice, the running rule is the highest in the root, followed by the stem, leaf sheath and leaves. In rice plant, the accumulation amount is the lowest, while most of the cadmium accumulates in the root (Li et al., 2017; Meixiu et al., 2006; Tanaka et al., 2003; 2003; Wojas et al., 2008). Other authors analyzed that only 2 % of the cadmium in soybeans moved to the stem, with the rest remaining in the roots and only a small portion of the Cd transported to the seeds. In heavy metal enriched plants, the content of Cd in stems and leaves is much higher than that in roots (Zhang et al., 2008). This indicates that cadmium accumulation is different in various crops.

Therefore, the ability of cadmium transport from root to over ground is one of the important mechanisms that determine the tolerance of plants to cadmium. It was showed that in wheat cadmium was first transferred to phloem in ear and then transferred to grain, indicating that phloem transport was the main transport mode for cadmium to enter grain (Herren & Feller, 1997). At the same time, K. Tanaka with colleagues also confirmed that 90 % of cadmium in some grains was transported through phloem (Tanaka et al., 2003). Therefore, the ability of cadmium transport from xylem to phloem in spike is the main determinant of cadmium content in wheat grain, rather than cadmium content in xylem.

In wheat, cadmium in the soil is absorbed and transported to the xylem through the root system of plant, transported upward through the xylem, transferred and accumulated to the above-ground phloem, and finally enriched in wheat grains; it has undergone a series of physiological and biochemical changes (Jian et al., 2020; Song et al., 2017). The process goes through three steps: the first step is the absorption and activation of the root system, the transport of xylem, and the transfer of phloem to grains (Ma Hui et al., 2020; Ghori et al., 2019). Cadmium enters the root vascular column mainly through extracellular and symplast pathways, and metal ions from the soil migrate through extracellular spaces such as cell walls or intercellular spaces and accumulate through the cortical and endocortical tissues. The

symplast pathway is a transport type through which cadmium carrier proteins use the metabolic energy of plants to enter root cells, transfer through the symplast (intercellular ligamentum), and accumulate in the vascular column, including the transport of Ca ion channels, endocytosis, calmodulin, and cationic transporters with low affinity (Choppala et al., 2014). Secondly, cadmium in the xylem enters the duct through transporters, and in the root cytoplasm it can be transported to vacuole, mitochondria and other regional chambers, or loaded from the parenchyma cells of the root tissue into the xylem duct for transport. Then it is transported to the above-ground by transpiration and root pressure over a long distance. The third step is the transport from xylem to phloem. Crops such as wheat is transported from xylem to phloem through the stem node, and then cadmium will be transferred into grains through the phloem of cob (Abedi & Mojiri; 2020).

Plants reduce their toxic effects on plants by absorbing and transporting heavy metals in different chemical forms and storing them in different organs and tissues (Ghori et al., 2019). Under cadmium stress, plants produce a variety of physiological and biochemical mechanisms that limit cadmium absorption and transfer to reduce cadmium damage, among which cadmium transporters and their chelate related transporters play an important role in plant resistance to cadmium toxicity, and cell wall fixation and plasma membrane selective permeability also play a key role. Studies have shown that cadmium stress induces the expression level of metallothionin gene in gramineous crops (wheat and rice), which has a positive effect on improving plant resistance to cadmium and alleviating cadmium toxicity (Chen et al., 2019; Yali et al., 2017).

Various protein families involved in heavy metal transport in plants have been isolated and identified, including the P-type ATPase gene family, the ATP-binding Cassette transporter (ABC) gene family, and the Natural Resistance-Associated macrophage Protein family (NRAMP), Cation Diffusion Facilitator (CDF), H+/Cation Exchanger (CAX) family, Zrt/ Irt-like Protein (ZIP) family, Oligopeptide Transporter (OPT) family for transport of tetrapeptide and pentapeptide, etc. (Ali & Nas., 2018; Huang et al., 2020).

In rice, overexpression of *OsHMA3* and interference with the silencing of *OsNRAMP5* and *OsNRAMP1* reduced the cadmium concentration in stalks and grains, and greatly reduced the absorption and accumulation capacity of Cd^{2+} in plant, indicating its involvement in the absorption and transport of Cd^{2+} (Liu et al., 2019; Russell & Soulimane, 2012; Sasaki, et al., 2014). *Got1/SFT2*-like protein, vesicle transport protein, the gene were involved in metal exclusion and storage, to actively pump metal ions across membranes located either in the plasma membrane (contributing to extruding metals to the cell exterior) or vesicle and vacuole membranes (creating metal storage that can be either kept in the cell or displaced). Examples of these genes include the cation diffusion facilitator transport proteins that are predicted to aid in zinc ion homeostasis and an iron permease gene predicted to transport iron ions across membranes (Takahashi et al., 2014). It was identified the gene scattered across the genome putatively involved in heavy metal tolerance. (Chiang et al.,

2006). The gene encode for transmembrane transporters involved in metal exclusion and storage, immobilization, and ROS detoxification. It is not clear how the gene causes tolerance to heavy metals. Therefore, this experiment cloned the gene and analyzed the biological information to find the mechanism of cadmium resistance.

Materials and methods. Material was wheat variety Bainong 207, supplied by Henan Institute of Science and Technology. PMD-19T vector, *Escherichia coli* (*E. coli*) and *Agrobacterium* GV3101 strains were purchased from TaKaRa biological company.

Seeds of Bainong 207 (*Triticum aestivum* L.) were disinfected with 75 % (v/v) ethanol for 1 min and 2.5 % sodium hypochlorite for 6 min, then germinated on moist filter papers. All seeds were provided by Center for Genetic Improvement of Wheat, College of Life Science and Technology, Henan Institute of Science and Technology. On the 10-th day, uniform and healthy seedlings were transplanted to 4 x 12-hole hydroponics basin under natural light and temperature at 22 ± 2 °C (day/night). The water was continuously aerated and renewed every 3 days.

Wheat genomic DNA samples were prepared using etiolated seedlings as described previously. To prepare total RNA samples from wheat of Bainong 207 organs or seedlings, Trizol reagent (tiangen, Cat. No. 419) was used. To avoid genomic DNA contamination, total RNA samples were treated with an RNase-free DNase kit according to the manufacturer's instructions (Qiagen, <http://www.qiagen.com/>).

Total RNA was extracted from Bainong 207, and the full length CDS of the homologous *Got1/Sft2* (GenBank: LOC109784566) were cloned using the primers of *Got1/Sft2-F* and *Got1/Sft2-R*. cDNA was used to design specific primers based on the conserved sequence of *Got1/Sft2* gene of wheat in GenBank. The amplification product was detected by 2.0 % agarose gel electrophoresis.

Using the SingalP4.1 and TMHMM Server v.2.0 analysis the transmembrane region. NCBI is used to sequence *Got1/Sft2* gene and cloned from wheat Bainong 207 (https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.blastn&PAGE_PE=BlastSearch&LINK_LOC=blasthome). Using ExPASy online website to analyze the hydrophilic/hydrophobic amino acid sequence of the gene (<http://web.expasy.org/cgi-bin/protscale/protscale.pl?1>). Using Mega 5.0 to construct the evolutionary tree.

Results. 3.1. Extraction of total RNA from wheat. The extraction quality of total RNA is the premise that determines the results of this experiment. The extraction of total RNA with high purity and integrity is an important guarantee for RT-PCR. After the extraction of RNA from wheat leaves, the total RNA quality was detected by 0.8 % agar gel electrophoresis, as shown (Fig 1.). The results showed that the extraction effect was satisfied and the integrity was good as well. The value of OD260/280 was detected between 1.7 and 2.0 by ultraviolet spectrophotometer, indicating that the RNA samples obtained in this experiment had high purity, which was used for subsequent reverse transcription experiments and amplified fragments to construct the vector.

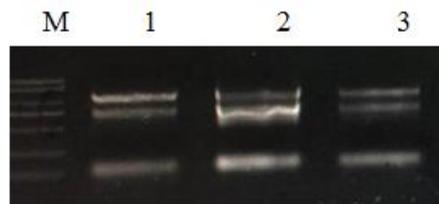
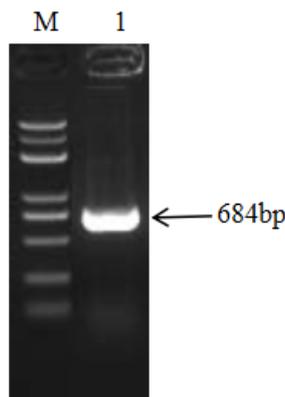


Fig 1 RNA detection by electrophoresis
M: Standard 2000+Marker; 1-5: RNA samples

3.2. Full-length cloning of wheat *TaSFT2* gene. The results showed that the band with the same size as the target fragment (about 750 bp) was amplified (Fig. 2). After the strip was recovered, the plasmid was connected with pMD-19T and

transformed into the competent cells of *E. coli*. After the successful verification by monocloning, the plasmid was extracted and named as pMD-19T-*TaSFT2* plasmid and then it was sequenced.



M: Standard 2000+Marker; 1-4: Amplified band
Fig2. *TaGot1/Sft2* gene PCR amplification

The results showed that the sequence had a complete open reading frame (ORF), with a length of 684bp and encoding 228 amino acids (Fig. 2). The sequence was named *TaSFT2*.

3.3 The sequence analysis and bioinformatics analysis of wheat *TaSFT2* gene. The physical and chemical properties of *TaSFT2* protein were analyzed by Protaparam, and the molecular formula was $C_{2089}H_{3496}N_{684}O_{889}S_{191}$, the relative molecular weight was 58.542kD, and the theoretical isoelectric point pI was 9.169 (Fig. 3). Singal P 4.1 analysis showed that the sequence

was a signal peptide that distinguished the transmembrane region. According to TMHMM Server v.2.0 online analysis, the *TaSFT2* protein has four distinct transmembrane regions (Fig. 4). Using Expsy online website (<http://web.expasy.org/cgi-bin/protscale/protscale.pl?1>), the hydrophilic/hydrophobic property of the amino acid sequence of this gene was analyzed (Fig. 5). The hydrophobic region encoded by *TaSFT2* alternated with the hydrophilic region. Therefore, the *TaSFT2* protein was predicted to be hydrophilic.

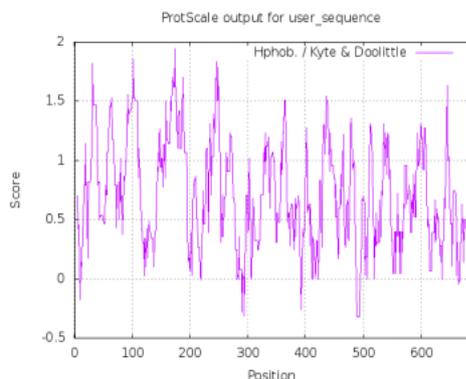


Fig3. Analysis of hydrophilicity and hydrophobicity of *TaGot1/Sft2*

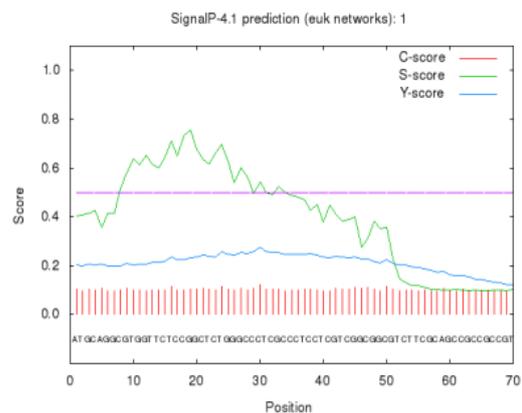


Fig4. The transmembrane region of *TaGot1/Sft2*

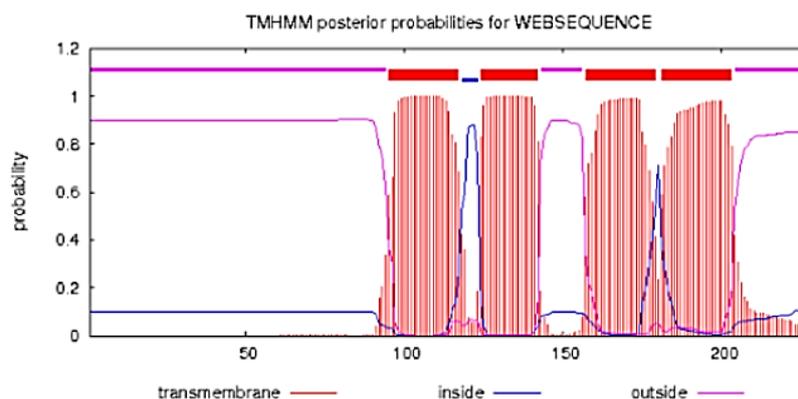


Fig5. Prediction of the transmembrane domain of TaGot1/Sft2

In order to further study the evolutionary relationship of *TaSFT2* gene in different species, the evolutionary tree of *Got1/Sft2* gene in different organisms was constructed through Clustal W comparison in MEGA5.0 and the Neighbor-joining

method. The evolutionary tree was used to analyze the evolutionary relationship between *Got1/Sft2* gene in different species. As shown in Fig. 6., wheat *TaSFT2* has the closest relationship with maize *ZmGot1/Sft2* and rice *OsGot1/Sft2* proteins.

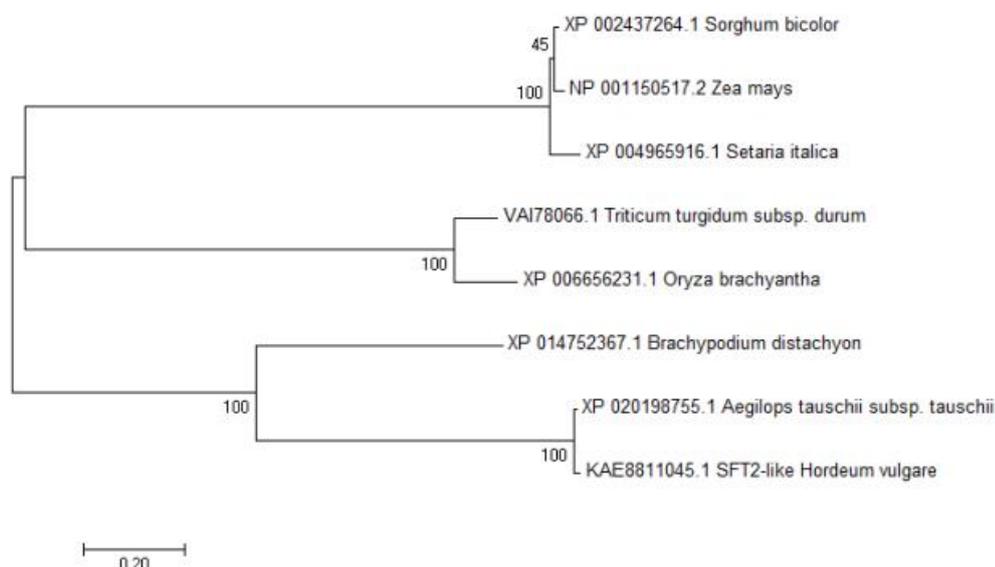


Fig6. Phylogenetic tree analysis of TaGot1/Sft2 and Got1/Sft2 protein of other species

Discussion. In this experiment, the sequence of wheat *TaSFT2* gene was successfully cloned by RT-PCR (Feeney, et al., Huai et al., 2008). The sequence analysis showed that the ORF of the gene was 684bp in length, encoding 228 amino acids in total, with the predicted molecular weight of 58.542kD and the isoelectric point of 9.169. As Y. X. Zhu, & Y. Li (Zhu & Li, 2007) predicted the isoelectric points can be used in the separation of amino acids. In fact, in practical applications, compared with the pKa value of amino acid residues at isoelectric points of amino acids, the effect of pH on the dissociation of amino acid residues can be directly reflected in the protein properties (Bartels & Sunkar, 2005). When the pH is near the isoelectric point (pI) of the protein, the surface charge intensity and hydration ability of the protein are the lowest, and it is easier to precipitate. When pH deviates from pI value appropriately, protein solubility is better. SignalP4.1 analysis showed that the sequence was a non-secretory protein with no signal peptide sites. According to the online analysis of TMHMM Server V. 2.0, *TaSFT2* protein has four distinct trans membrane regions (Figure 3, indicating that this gene

is a membrane protein. Using ExPASy online website <http://web.expasy.org/cgi-bin/protscale/protscale.pl?1>) Hydrophilic / hydrophobic analysis of the amino acid sequence of the gene (Fig. 3–4). Hydrophobic and hydrophilic water appear alternately in *TaSFT2* encoding. In the whole peptide chain, hydrophilic amino acids are evenly distributed, with excess hydrophobic amino acids. Therefore, it is predicted that *TaSFT2* protein is hydrophilic, and the dissolution of protein in aqueous solution is the result of the interaction between protein surface charge and ions in aqueous solution, and water molecules. Too high or too low ionic strength in solution will destroy the hydration layer on the protein surface and promote protein polymerization and precipitation. Few proteins dissolve well in pure water. The dissolution of some proteins in solution requires specific helper molecules (glycerol, urea, arginine, detergent, etc.) (Liu et al., 2014; Patel et al., 2014). In order to further study the evolutionary relationship of SFT2 in different species, DNA sequences were used for developmental analysis to infer and evaluate the evolutionary

relationship of species at the molecular level, which was expressed in the form of a branching graph, namely the evolutionary tree. The evolutionary tree has multiple branches, but it is usually a binary tree. It's either a rooted or an unrooted tree. Rooted trees reflect the chronological order of tree species, while rootless trees only reflect the distance between taxa without reference to who is the ancestor. In other words, the root nodes of root trees are the nearest common ancestor of all taxa, which reflects the evolutionary relationship between taxa, while the rootless trees only reflect the taxa relationship (Whelan & Morrison, 2017). Through comparison of Clustal W in MEGA5.0 and the neighbor-joining method, SFT2 gene evolutionary trees of different organisms were constructed to analyze the evolutionary relationship between SFT2 genes in different species. It was found that TaSFT2 of wheat was closely related to ZmSFT2 of maize and OsSFT2 of rice.

Conclusion. The double helix structure of DNA contains the code of life, and the arrangement and change of four nucleotides contain a lot of genetic and evolutionary information. Since

the Human Genome Project, data on the sequence and structure of nucleic acids (or proteins) has grown exponentially, and computers are essential to the application of such complex data. Therefore, the purpose of bioinformatics research is that people can clarify and understand the biological significance of large amounts of data through various tools such as mathematics and computer science. The basic information of TaSFT2 gene can be obtained by chromosome location analysis, intron/exon analysis, ORF analysis and expression profile analysis, etc. By analyzing the basic properties of TaSFT2 protein, hydrophobicity analysis, transmembrane region prediction, signal peptide prediction and similarity prediction, the properties of gene-encoded protein can be preliminarily determined and predicted. In particular, hydrophobicity analysis and transmembrane region prediction can be used to predict whether the gene is membrane protein, which has important reference significance for determining the direction of experimental research.

References:

1. Wojas, S., Ruszczyska, A., Bulska, E., Wojciechowski, M. & Antosiewicz, D. M. (2007). Ca²⁺-dependent plant response to Pb²⁺ is regulated by LCT1. *Environmental Pollution*, 147, 584–592. doi: 10.1016/j.envpol.2006.10.012
2. Meixiu, X., Wenxiong, L., Xiangxu, C. & Yiyuan, L. (2006). Relationship between cadmium distribution and cadmium tolerance in rice. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2, 379–381.
3. Li, H., Luo, N., Li, Y.W., Cai, Q. Y., Li, H. Y., Mo, C. H. & Wong, M. H. (2017). Cadmium in rice: transport mechanisms, influencing factors, and minimizing measures. *Environmental Pollution*, 224, 622–630. doi: 10.1016/j.envpol.2017.01.087
4. Tanaka, K., Fujimaki, S., Fujiwara, T. & Yoneyama, T. (2003). Cadmium concentrations in the phloem sap of rice plants (*Oryza saliva* L.) treated with a nutrient solution containing cadmium (environment). *Soil Science and Plant Nutrition*, 49(2), 311–313. doi: 10.1080/00380768.2003.10410014
5. Zhang, Y. X., Yu, F., Zhang, Y. Y. & Song, X. Q. (2008). Uptake, translocation and accumulation of cadmium in plant. *Chinese Journal of Ecological Agriculture*, 16(5), 1317–1321. doi: 10.3724/SP.J.1011.2008.01317
6. Herren, T. & Feller, URS. (1997) Transport of cadmium via xylem and phloem in maturing wheat shoots: comparison with the translocation of zinc, strontium and rubidium. *Annals of Botany*, 80(5), 623–628.
7. Jian, M., Zhang, D., Wang, X., Wei, S., Zhao, Y., Ding, Q., Han, Y. & Ma, L. (2020). Differential expression pattern of the proteome in response to cadmium stress based on proteomics analysis of wheat roots. *BMC Genomics*, 21, 343. doi: 10.1186/s12864-020-6716-8
8. Song, Y., Jin, L. & Wang, X. (2017). Cadmium absorption and transportation pathways in plants. *Int. J. Phytoremediat*, 19, 133–141. doi: 10.1080/15226514.2016.1207598
- Ma, H., Jiao X., Xu, X., Li, J., Ni, D., Xu, R., Wang, Y. & Wang, X. (2020). Advances in Physiological and Molecular Mechanisms of 9. Cadmium Metabolism in Rice. *J. Crops*, 36(1), 1–8. doi: 10.16035/j.issn.1001-7283.2020.01.001
10. Ghorri, N., Ghorri, T., Hayat, M. Q., Imadi, S. R., Gul, A., Altay, V. & Ozturk, M. (2019). Heavy metal stress and responses in plants. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 16, 1807–1828. doi: 10.1007/s13762-019-02215-8
11. Choppala, G., Ullah, S., Bolan, N., Saif, S., Iqbal, M., Rengel, Z., Kunhikrishnan, A., Ashwath, N. & Ok, Y. S. (2014). Cellular Mechanisms in Higher Plants Governing Tolerance to Cadmium Toxicity. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 33(5), 374–391. doi: 10.1080/07352689.2014.903747
12. Abedi, T. & Mojiri, A. (2020). Cadmium uptake by wheat (*Triticum aestivum* L.). An Overview. *Plants*, 9, 500. doi: 10.3390/plants9040500
13. Chen, J., Zou, W., Meng, L., Fan, X., Xu, G. & Ye, G. (2019). Advances in the uptake and transport mechanisms and *qtls* mapping of cadmium in rice. *Int. J. Mol. Sci.*, 20(14), 3417. doi: 10.3390/ijms20143417.
14. S Yali, X. & Qingguo, J. Wei. (2017). Research progress on the effects of cadmium stress on rice and its regulation techniques. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 33.10. doi: CNKI:SUN:ZNTB.0.2017-10-002.
15. Ali, M. & Nas, F. (2018). The effect of lead on plants in terms of growing and biochemical parameters: a review. *MOJ Ecology & Environmental Sciences*, 3(4), 265–268. doi: 10.15406/mojes.2018.03.00098
16. Huang, X., Duan, S., Wu, Q., Yu, M. & Shabala, S. (2020). Cadmium accumulation in plants: structure-function relations and tissue-specific operation of transporters in the spotlight. *Plants (Basel)*, 9(2), 223. doi: 10.3390/plants9020223
17. Liu, X.S., Feng, S.J., Zhang, B.Q., Wang, M., Cao, H., Rono, J., Chen, X. & Yang, Z. (2019). OsZIP1 functions as a metal efflux transporter limiting excess zinc, copper and cadmium accumulation in rice. *BMC Plant Biol.*, 19, 283. doi: 10.1186/s12870-019-1899-3
18. Sasaki, A., Yamaji, N. & Ma, J. F. (2014). Overexpression of OsHMA3 enhances Cd tolerance and expression of Zn

- transporter genes in rice. *J. Exp Bot*, 65(20), 6013–6021. doi: 10.1093/jxb/eru340
19. Russell, D. & Soulimane, T. (2012). Evidence for zinc and cadmium binding in a CDF transporter lacking the cytoplasmic domain. *J. FEBS Lett*, 586(24), 4332–4338. doi: 10.1016/j.febslet.2012.10.043
20. Takahashi, R., Ishimaru, Y., Shimo, H., Bashir, K., Senora, T., Sugimoto, K., Ono, K., Suzui, N., Kawachi, N., Ishii, S., Yin, Y.G., Fujimaki, S., Yano, M., Nishizawa, N. K. & Nakanishi, H. (2014). From laboratory to field: OsNRAMP5-knockdown rice is a promising candidate for Cd phytoremediation in paddy fields. *PLoS One.*, 9(6), 98816. doi: 10.1371/journal.pone.0098816.
21. Chiang, H. C., Lo, J. C. & Yeh, K. C. (2006). Genes associated with heavy metal tolerance and accumulation in Zn/Cd hyperaccumulator *Arabidopsis halleri*: a genomic survey with cDNA microarray. *Environ Sci Technol.*, 40(21), 6792–6798. doi: 10.1021/es061432y.
22. Feeney, G. P., Zheng, D. & Kille, P. (2005). The phylogeny of teleost ZIP and ZnT zinc transporters and their tissue specific expression and response to zinc in zebrafish. *Biochimica Et Biophysica Acta*, 1732 (1–3), 88–95. doi: 10.1016/j.bbaexp.2005.12.002
23. Huai, J., Wang M., He, J., Zheng, J., Dong, Z., Lee, H., Zhao, J. & Wang, G. (2008). Cloning and characterization of the SnRK2 gene family from *Zea mays*. *Plant Cell*, 27(12), 1861–1868. doi: 10.1007/s00299-008-0608-8.
24. Zhu, Y. X. & Li, Y. (2007). Modern molecular biology higher education. Eleventh Five-Year national planning materials, Zheng Xiaofeng book Publisher Higher Education Press, 33.
25. Bartels, D. & Sunkar, R. (2005). Drought and Salt Tolerance in Plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24(1), 23–58, doi: 10.1080/07352680590910410
26. Liu, D., Chen, L., Jiang, S., Zhu, S., Qian, Y., Wang, F., Li, R. & Qunwei, Xu (2014). Formulation and characterization of hydrophilic drug diclofenac sodium-loaded solid lipid nanoparticles based on phospholipid complexes technology. *Journal of Liposome Research*, 24(1), 17–26. doi: 10.3109/08982104.2013.826241
27. Patel, A., Cholkar, K. & Mitra, A. K. (2014). Recent developments in protein and peptide parenteral delivery approaches. *Therapeutic Delivery*, 5(3), 337–365. doi: 10.4155/tde.14.5
28. Whelan, S. & Morrison, D. A. (2017). Inferring Trees. *Methods Mol Biol.*, 1525, 349–377. doi: 10.1007/978-1-4939-6622-6_14

Бу Люлю, аспірант, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Жатова Галина Олексіївна, кандидат сільськогосподарських наук, професор, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

КЛОНУВАННЯ ТА БІОІНФОРМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ КАДМІЙ-СТІЙКОГО ГЕНУ *TaSFT2* ПШЕНИЦІ

*Кадмій не належить до основних елементів живлення і є токсичним для рослин. Через його високу мобільність і токсичність актуальним питанням стало вивчення молекулярного механізму поглинання та транспорту кадмію рослинами, а також створення нових сортів сільськогосподарських культур, стійких до кадмію та здатністю до його низького накопичення. Cd потрапляє в організм рослини, поглинається кореневою системою і поступово переноситься в надземну частину. Рослини зменшують токсичну дію кадмію на власний організм, поглинаючи і транспортуючи важкі метали в різних хімічних формах і зберігаючи їх в різних органах і тканинах. Під впливом кадмієвого стресу рослини виробляють різні фізіологічні та біохімічні механізми, які обмежують абсорбцію і перенесення кадмію, для зниження його токсичної дії. Кадмієвий стрес викликає рівень експресії гена металлотіоніна в злакових культур (пшениця і рис), що позитивно впливає на підвищення стійкості рослин до кадмію і зниження токсичності металу. Неясно, як саме ген обумовлює толерантність до важких металів. В цьому експерименті було клоновано ген і проаналізовано біологічну інформацію, щодо пошуків механізму стійкості рослин до кадмію. Повну довжину гена *TaSFT2* клонували за допомогою ОТ-ПЛР. Аналіз послідовності показав, що розмір гена ORF становить 684 пар основ, він кодує 228 амінокислот, з молекулярною масою 58,542 кДа і ізоелектричної точкою 9,16. Результати аналізу еволюційного дерева показали, що *TaSFT2* пшениці був тісно пов'язаний з геном *ZmGot1 / Sft2* кукурудзи і білком *OsGot1 / Sft2* рису.*

*Основну інформацію про ген *TaSFT2* можна отримати за допомогою аналізу місця розташування хромосом, аналізу інтронів / екзонів, аналізу ORF та аналізу профілю експресії тощо. Шляхом аналізу основних властивостей білка *TaSFT2*, аналізу гідрофобності, прогнозування трансмембранної області, сигнального пептиду і прогнозування подібності. можна попередньо визначити й передбачити властивості кодованого геном білку. Зокрема, аналіз гідрофобності й прогноз трансмембранної області можна використовувати для прогнозування, що має важливе значення для визначення напрямку експериментальних досліджень.*

Ключові слова: кадмій, пшениця, толерантність, стійкість до кадмію, ген, секвенування.

Дата надходження до редакції: 30.10.2020 р.