МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
(УНУС)

Факультет агрономії
Кафедра генетики, селекції рослин та біотехнології

Допущено до захисту

«____» _____ 2024 р.

Зав. кафедри, д. с.-г. н., професор

_____ Людмила РЯБОВОЛ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти магістр

СТВОРЕННЯ СТІЙКОГО ДО ДІЇ ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ЦИКОРІЮ КОРЕНЕПЛІДНОГО В УМОВАХ *IN VITRO*

Виконав:

студент ІІ курсу, групи 25 м-а

спеціальності 201 Агрономія

СТАХОВ Іван Юрійович

Керівник – ЛЮБЧЕНКО Андрій, к.с.-г.н., доцент

Умань – 2024

ЗМІСТ

ВСТУП……..……. 3

РОЗДІЛ 1. СЕЛЕКЦІЯ ЦИКОРІЮ КОРЕНЕПЛІДНОГО ТА РЕАКЦІЯ РОСЛИН НА СТРЕС …….. 5

1.1. Стійкість і адаптація рослин до токсичного впливу важких металів..……..……..…. 5

1.2. Значення сорту цикорію коренеплідного в забезпеченні високої врожайності……..……..... 8

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ (особливості цикорію коренеплідного сорту Уманський 97 та Уманський 99)……. 14

РОЗДІЛ 3. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.... 16

3.1. Умови культивування біоматеріалу *in vitro*……..…… 16

3.2. Характеристика базових середовищ ……..... 16

3.3. Схема досліду……..……..... 19

3.4. Методика проведення досліджень……... 20

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ……..... 21

4.1. Добір клітинних ліній цикорію коренеплідного на стійкість до дії іонів барію…….. 21

4.2. Отримання рослин-регенерантів з стійких клітинних ліній……..... 23

4.3. Агробіологічна *ex vitro* оцінка створених рослинних ліній цикорію коренеплідного…….. 26

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВИРОЩУВАННЯ ЦИКОРІЮ КОРЕНЕПЛІДНОГО…… 31

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНЬОГО СЕРЕДОВИЩА..... 34

6.1. Охорона праці під час вирощування цикорію коренеплідного……..…….. 34

6.2. Охорона навколишнього природного середовища під час вирощування цикорію коренеплідного……..…… 36

ВИСНОВКИ……..... 38

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ……..…….... 39

ДОДАТКИ ……..... 47

ВСТУП

Особливо важливе значення має для України розвиток біоенергетики. Важливу ланку біоенергетичного сектору займають енергетичні культури. Враховуючи розвиток аграрної галузі економіки України біоенергетика здатна набагато швидше розвиватись. Згідно з енергетичною стратегією України на період до 2030 року очікується, що енергетичне використання всіх видів біомаси здатне щорічно забезпечити заміщення 9,2 млн. т у. п. викопних палив, у тому числі за рахунок енергетичного використання залишків сільськогосподарських культур [1].

В основному у якості сировини використовуються цукровмісні та крохмаловмісні сільськогосподарські культури для виготовлення біопалива, зокрема біоетанолу. Традиційними джерелами сировини для виробництва етанолу є зернові культури та цукрові буряки. Проте, можливий розвиток вирощування нетрадиційних біонергетичних культур, таких як топінамбур і цикорій коренеплідний, які мають низку переваг. Із 1 тони коренеплодів цикорію під час переробки можливо отримати 80 кг спирту-етанолу, який відповідає всім вимогам і стандартам. Вітчизняна ціна цикорію 2800 грн/т. згідно проведених досліджень, середня врожайність цикорію в межах – 40,0 т/га, що дає змогу отримати 3,2–3,5 т/га спирту, або з 1 т – 90–110 л. Згідно даного показника цикорій кращий зерна пшениці та наближається до показників картоплі. До складу цикорію входять вуглеводи в формі інуліну – складномолекурярних цукрів. Основна технічна цінність інуліну – нерозчинність у холодній воді, лише під дією кислот і відповідної температури поліцукри гідролізуються і переходять в легкорозчинну форму – фруктозу. Фруктоза без особливих витрат перетворюється на форму густого сиропу в рівному об’ємі і концентрації в 1,5–2 рази більше, ніж концентрація бурякового цукру.

Метою роботи було отримання *in vitro* на базі сомаклональної мінливості вихідного матеріалу цикорію коренеплідного стійкого до дії іонів важких металів.

Для досягнення мети було поставлено наступні завдання:

— дослідити вплив іонів барію на калюсну тканину цикорію коренеплідного;
— провести клітинну селекцію *in vitro* цикорію коренеплідного на стійкість до дії важких металів;
— отримати рослини-регенеранти цикорію коренеплідного із відібраних клітинних ліній;
— провести оцінку створеного рослинного матеріалу цикорію коренеплідного за стійкістю до стресового агента.

Об'єкт дослідження: особливості добору *in vitro* клітинних ліній цикорію коренеплідного стійких до дії важких металів, індукування морфогенезу відібраних клітинних ліній та оцінка рослинного матеріалу за рівнем солестійкості.

Предмет дослідження: біотехнологічні методи, відібрані в умовах осмотичного стресу калюсні лінії цикорію коренеплідного та отримані з них рослини-сомаклони.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в удосконаленні використання методів клітинної селекції вихідного матеріалу цикорію коренеплідного, стійкого до дії важких металів.

Практичне значення одержаних результатів. Виділено рослини-регенеранти цикорію коренеплідного сортів Уманський 97, що мали високу комплексну стійкість до хлоридного та сульфатного засолення.

Особистий внесок автора полягає в опрацюванні літературних джерел вітчизняних та зарубіжних авторів, плануванні і проведенні досліджень, статистичній обробці даних та їх узагальненні, формулюванні висновків та рекомендацій кваліфікаційної роботи.

Апробація результатів дипломної роботи. Основні положення кваліфікаційної роботи представлено на засіданнях студентського гуртка кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології Уманського НУС.

РОЗДІЛ 1

1.1. Стійкість і адаптація рослин до токсичного впливу важких металів.

Інтенсивне дослідження стійкості рослин розпочалося в 70-х роках минулого сторіччя і активно продовжується в останні десятиліття. Це зумовлено, принаймні, двома причинами. По-перше, глобальні зміни клімату і зростання антропогенного навантаження на біосферу загострили проблему агроекологічної надійності рослинництва, по-друге, розвиток молекулярної генетики та біохімії сприяє розшифруванню всіх стадій адаптаційного синдрому на новій основі [2]. Стійкість (толерантність) рослин розглядають як здатність їх не лише виживати, а й самовідтворюватися в умовах впливу несприятливих чинників [3]. Неспецифічність толерантності зумовлена тим, що початково вона виробилася як протидія на порушення метаболізму і реакція на вплив стресових чинників (посуха, затоплення, заморозки, висока інтенсивність світла, включаючи УФ) у діапазоні фізіологічної норми організму [4].

У результаті еволюції організми виробили адаптаційний потенціал до різних факторів природного середовища, реалізація якого здійснюється за участю генетичних, біохімічних, фізіологічних і морфологічних механізмів [4]. Значний вплив на розвиток рослин мають різноманітні чинники природного середовища, які, залежно від тривалості й інтенсивності їх впливу, можуть провокувати стрес. У класичному розумінні «стрес» означає «напружений» стан організму під час розвитку ним захисної реакції на різні чинники [5]. Термін «стрес» нині використовують і у розумінні «несприятливий чинник», тобто «стрес-фактор». Багато авторів розглядають «стрес», насамперед, як «захисну реакцію» [6]. Ця концепція характерна для рослин і має назву – фітострес.

Фітострес поділяють на такі фази: фазу реакції, фазу адаптації і, у випадку припинення дії негативних чинників, фазу відновлення [7].

За Г. Сельє, стрес як реакція організму на вплив несприятливих чинників проходить три фази:

1) тривоги;

2) резистентності (адаптації);

3) виснаження [8].

Згідно з уніфікованою (об'єднаною) концепцією стресу, що базується на оригінальній концепції стресу Г. Сельє із доповненнями, у відповідях рослин на стрес виділяють чотири фази:

1) фаза відповіді – реакція тривоги (початок стресу);

2) фаза відновлення – стадія опору (безперервний стрес);

3) кінцева фаза – стадія виснаження (тривалий стрес);

4) фаза регенерації – часткова або повна регенерація фізіологічної функції після припинення впливу стресу і за умови, що рослини не зазнали серйозних пошкоджень, перебуваючи в оптимальному фізіологічному стані та сприятливих умовах росту [8].

Дж. Грайм визначає стрес як чинник, що обмежує ріст рослини, і пропонує розрізняти:

1) стрес, спричинений недостатніми ресурсами (наприклад, води, освітленості, живлення) для підтримки оптимального росту, результатом якого може бути знищення або видалення частин рослини;

2) стрес, зумовлений прямим фізіологічним пошкодженням рослини унаслідок порушення метаболізму [9].

За сучасними уявленнями відповідь клітини (організму) на зміну умов існування здійснюється завдяки гомеостатичним механізмам. Коли ж дія чинників виходить за межі толерантної області, гомеостатичних механізмів стає замало, щоби зберегти інтактність живої системи. Для виживання необхідне включення механізму адаптації, пов'язаного з репресією одних і активацією інших генів, але цей пристосувальний акт може бути тривалим у часі [10].

За будь-яких несприятливих умов у рослинному організмі спостерігаються зміни різноманітних фізіологічних параметрів, що призводить до зниження метаболічної і функціональної активності живої системи,

спрямованих на збереження життєдіяльності [10]. Аналіз динаміки цих змін за стресових умов допомагає виділити первинні порушення, спричинені безпосереднім впливом стресу на клітину, та вторинні відхилення, що є наслідком первинних порушень метаболізму [11].

Вплив техногенного забруднення на рослинні організми відбувається двома шляхами: безпосередньо – внаслідок проникнення токсинів, переважно важких металів, через кореневу систему або продихи листків і включення їх у метаболізм, та опосередковано – через зміни фізико-хімічного складу ґрунту та порушення його біотичних властивостей [12]. Виживання рослин на забруднених територіях забезпечує лабільність їхніх функціональних систем [13]. Адаптаційні зміни рослин – мешканців техногенних екотопів, збільшують витрати енергетичних ресурсів рослинного організму, що призводить до зменшення біомаси, мінімізації розмірів наземної частини рослин, зміни асиміляційних органів.

Існує декілька механізмів, що забезпечують детоксикацію іонів металів і стійкість рослин до індукованого важкими металами стресу. Загалом ці механізми можна поділити на такі дві групи:

1) обмеження проникнення металів у цитозоль рослин;

2) зміни метаболізму клітин, направлені на зниження токсичного впливу важких металів і виведення їх з рослинного організму [14].

Процеси, що належать до першої групи, не можуть повністю запобігти проникненню іонів важких металів у клітину і є максимально ефективні за невисоких концентрацій полютантів у середовищі, а також у випадку їх нетривалого впливу. Різноманітні внутрішньоклітинні механізми детоксикації важких металів забезпечують стійке функціонування рослин в умовах стресу [15]. Більшість внутрішньоклітинних механізмів детоксикації, як і процеси, що обмежують проникнення важких металів, є неселективними. Так, клітинна відповідь, пов’язана з системою теплового шоку, не є вузькоспеціалізованою – це генералізована система, що активує транскрипцію багатьох генів, які забезпечують виживання клітини в несприятливих умовах [16].

Ефективним механізмом детоксикації більшості іонів металів є зв'язування їх органічними кислотами і тіолами у цитоплазмі з наступним виведенням утворених комплексів у вакуолю. Таке зв'язування іонів металів зменшує коефіцієнт активності вільних іонів та їх токсичність. Деякі види рослин мають обмежену здатність виводити іони металів у тонопласт, а тому накопичують метали у вигляді малорухливих сполук безпосередньо в цитоплазмі [17]. Акумуляція у вакуолях – найбільш ефективний механізм детоксикації у толерантних до металів організмів [17]. У цьому випадку стійкі види переважно накопичують токсичні іони в вакуолях коренів і стебел [18]. Метали, які досягнули листків, акумулюються у вакуолях епідермісу [18] і його похідних – трихомах, а також у залозах, які слугують для виведення металів із організму рослин [17]. Залежно від того, чи є синтез сполук, які зв'язують важкі метали, індукованим, або вони утворюються у клітині конститутивно, можна говорити про специфічність і неспецифічність процесу детоксикації.

Одним з важливих засобів адаптації до важких металів є їх зв'язування у клітині низькомолекулярними сполуками. У дослідах, в яких використовували прісноводний мох *Vesicularia dybuana Broth.* та чорноморську водорость *Ulva lactuca L.*, встановлено, що внаслідок підвищення концентрації важких металів у середовищі, їх вміст у рослинах значно зростав, проте нагромадження металів водоростями відбувалося значно слабше, ніж мохами. Частка міді та кадмію у фракції низькомолекулярних водорозчинних сполук цитоплазми і вакуолярного соку у везикулярії була значно більша, ніж у водоростях. Ця ж закономірність, хоча й менше виражена, спостерігається у випадку співставлення частки елементів у ліпідній фракції [19].

Роль полісахаридів у зв'язуванні металів також має досить велике значення. Експериментально встановлено, що у низькомолекулярній фракції білків *V. dybuana* мідь і кадмій присутні у найвищих концентраціях. На кожен відсоток білка цієї фракції припадає 5–6,5 % міді та кадмію від зв'язаних іншими сполуками. Виявлено, що найінтенсивніше зв'язуються ці метали цитоплазматичними білками. Висловлено гіпотезу про наявність у везикулярії специфічних металозв'язуючих білків. Вирішення питання про те, чи вони

синтезуються *de novo*, чи постійно присутні у клітині, може бути предметом спеціальних досліджень. Таким чином, неспецифічне зв'язування важких металів білками у водних бріофітів може бути одним із механізмів детоксикації [20].

Одним з найбільш важливих механізмів детоксикації іонів важких металів вищими рослинами є їх зв'язування багатими на цистеїн білками – фітохелатинами [21]. Надлишок важких металів у середовищі стимулює не лише синтез фітохелатинів, а й зв'язування цими білками через SH-групи значної кількості іонів металів, які потрапляють у клітини [22].

Механізм детоксикації іонів важких металів фітохелатинами складається із декількох стадій:

1) активація фітохелатинсинтетази іоном металу;

2) утворення комплексу з важкими металами;

3) перенесення комплексу у вакуолю. Будь-яке порушення хоча б однієї із стадій детоксикації призводить до зниження толерантності організму до впливу важких металів [23].

Фітохелатини, на відміну від металотіонеїнів (низькомолекулярних білків, що задіяні у детоксикації важких металів у тварин і грибів), утворюються, переважно, внаслідок ферментативної полімеризації глутатіону, а не транскрибуються із відповідних генів. Стимуляція синтезу металозв'язуючих білків залежить від таких параметрів, основними з яких є властивості металу і його концентрація, іонне оточення, видові особливості рослин [24].

Синтез фітохелатинів індукують іони різних важких металів (Cd, Zn, Pb, Ag, Au, Sb, Cu, On), що може свідчити про неспецифічність цього механізму детоксикації [25]. Незважаючи на те, що синтез фітохелатинів індукується різними металами, високий їх вміст істотно корелює із стійкістю до кадмію. Кадмій не належить до необхідних для організмів мікроелементів, для нього не виявлено «концентраційного вікна», в межах якого він міг би стимулювати ростові процеси. Токсичний вплив кадмію прямо корелює з його вмістом у середовищі попри те, що майже 90 % кадмію у рослинних клітинах зв'язується

з фітохелатинами. Очевидно, такий механізм детоксикації Cd^{2+} є універсальним для всіх рослин, оскільки дослідження приблизно 200 видів таксонів *Bryophyta*, *Pteridophyta* і *Spermatophyta* показало, що практично всі вони у відповідь на присутність кадмію починали синтезувати фітохелатини [26].

Іони важких металів індукують синтез ароматичних речовин – фітоалексинів. Механізмом впливу цих сполук вважають тимчасове порушення метаболізму рослин, що виникає як сигнал тривоги і може ініціювати каскад реакцій, що призводить до синтезу і накопичення фітоалексинів. Фітоалексини – ліпофільні сполуки, що локалізуються навколо місця інфекції, спричиненої фітопатогенами [27]. Синтез фітоалексинів можуть індукувати Cd2+, Zn2+, Cu2+, Hg2+, Ni2+, Pb2+ , але підвищені концентрації іонів металів інгібують цей процес. Послаблює синтез і висока температура, внаслідок чого можна зробити висновок, що в умовах одночасного впливу двох стресових факторів – температури і важких металів, фітоалексини не є захисним механізмом рослин. Можливо, цю функцію виконують стресові білки [28].

Неспецифічність впливу стресових факторів на рослинний організм простежується під впливом іонів важких металів: синтез нових або посилення синтезу стресових білків, подібних до білків теплового шоку. Вважають, що гени цих цитоплазматичних білків виникли значно раніше, ніж гени фітохромів [29].

Синтез стресових білків індукують Cd2+, Zn2+, Cu2+, Hg2+, Ag2+, Pb2+ , тоді як Ca 2+ , Al3+, Na2+, Mg2+, Fe2+, Co2+, Ni2+ таких властивостей не виявляють. Неспецифічність відповіді рослини на стресовий вплив несприятливих чинників середовища дає підстави вважати синтез PR–білків, або білків пов’язаних з патогенезом, захисним механізмом в умовах впливу важких металів. Подібність властивостей низькомолекулярних стресових білків і PR–білків підтверджує наявність у рослин різних способів детоксикації хімічних речовин [30]. Різноманітні механізми детоксикації іонів важких металів забезпечують виживання рослин в умовах антропогенно трансформованого середовища [31]. Сукупність морфологічних та фізіолого-біохімічних змін у відповідь на стрес є проявом загального адаптаційного

синдрому живого організму. Дослідження адаптаційного синдрому, його чинників, проявів, фізіолого-біохімічних та молекулярних механізмів належать до фундаментальних проблем біології [32].

Адаптаційний синдром є сукупністю неспецифічних і специфічних стресових реакцій організму. На реалізацію переходу живої системи у стресовий стан і збереження життя за умов цього переходу спрямовані універсальні неспецифічні реакції, характер яких майже не залежить від природи стресового чинника. У літературі [33] висвітлено різноманітні реакції рослинних клітин під впливом екстремальних температур, високої інтенсивності освітлення, нестачі вологи, засолення, оскільки це є найважливіші стресові чинники природного середовища, які впливають на ріст і розвиток рослин. Відповідь рослин на стрес і адаптація їх до несприятливого чинника супроводжується синтезом специфічних стресових білків, змінами метаболічних процесів, проникності мембран і змінами у фітогормональному комплексі рослин [34].

На рівні органів та цілісного організму реакція на вплив стресорів проявляється у гальмуванні клітинних поділів, росту, розвитку, слабкому поглинанні мінеральних елементів, низькій інтенсивності фотосинтезу і активації процесів старіння [35].

Специфічні адаптивні реакції можуть бути характерними для певного чинника, наприклад, закривання продихів і зниження активності ферментів фотосинтезу в умовах яскравого сонячного світла, акумуляція осмопротекторів (проліну та манітолу) в умовах посухи [36].

Ступінь прояву неспецифічних і специфічних реакцій насамперед залежить від сили та тривалості стресу, а також від індивідуальних особливостей рослинного організму. Наприклад, порівняно короткочасний, але сильний стрес більшою мірою зумовлює прояв неспецифічних реакцій, а на тлі тривалого помірного стресу яскравіше розвиваються специфічні реакції. До первинних неспецифічних реакцій, які відбуваються у клітинах рослин в умовах сильного і швидкого наростання впливу будь-якого стрес-фактора належить підвищення проникливості мембран, зміни мембраного потенціалу

плазмалеми та електрохімічних градієнтів іонів (у тому числі вхід Ca2+ у цитоплазму та вихід К + з клітин); підкислення цитозолю, полімеризація елементів цитоскелету, у результаті чого зростає в'язкість цитоплазми; посилюється поглинання кисню, пришвидшується витрачання АТФ, активується розвиток вільнорадикальних реакцій; зростає процес гідролізу і синтезу стресових білків; підвищується синтез етилену та абсцизової кислоти; гальмується ряд метаболічних процесів у клітині та інші [37].

Загальні неспецифічні реакції, які виникають у відповідь на вплив найрізноманітніших факторів, спостерігаються насамперед на клітинному та субклітинному рівнях. Найбільш ранні реакції на вплив стрес-факторів відбуваються на рівні мембран і проявляються у вигляді підвищення проникності мембран, їх деполяризації, гальмування поглинальної здатності, розвитку вільнорадикальних реакцій [38]. Певна кількість вільних радикалів утворюється і в умовах нормального функціонування практично усіх клітинних систем: у мітохондріях, хлоропластах, ендоплазматичному ретикулумі, клітинній стінці й апопласті. У нормальних фізіологічних умовах концентрація вільних радикалів знаходиться на низькому стаціонарному рівні, нетоксичному для клітин і організму. При цьому вони є звичайними метаболітами клітини і беруть участь у процесах проліферації, росту і диференціації клітин, у лігніфікації клітинної стінки, індукують синтез багатьох білків, задіяні у проростанні насіння, а також у процесах старіння, тобто мають важливе значення у життєдіяльності рослин [39].

Стійкість організму до несприятливих чинників корелює з підвищеним рівнем або активністю компонентів системи захисту [40]. Якщо рослинам із системами, які забезпечують як генерацію АФК, так і їх детоксикацію, притаманна вища пластичність в умовах техногенного забруднення природного середовища, тоді вони ефективно функціонують упродовж усього життєвого циклу [41].

Адаптація – це процес формування систем стійкості, які забезпечують ріст та розвиток рослин в несприятливих умовах існування. У результаті аналізу закономірностей реакцій рослин на дію різних абіотичних чинників

можна стверджувати, що процес адаптації складається з двох функціонально відмінних етапів – стрес-реакції та спеціалізованої адаптації. Стрес-реакція спрямована на швидкий короткочасний захист організму від загибелі в умовах дії несприятливого чинника та на ініціацію формування чи мобілізації механізмів спеціалізованої, чи довгострокової стійкості. Стрес-реакція має транзитний характер і забезпечує перехід рослини від нормального до стресового метаболізму завдяки блокуванню несуттєвих для виживання організму метаболічних шляхів і запуску захисних механізмів, насамперед, систем шокової реакції [42].

Адаптація рослин до впливу конкретного чинника скерована на підвищення життєздатності завдяки формуванню спеціалізованих механізмів та забезпеченню „нормального" перебігу онтогенезу в змінених умовах середовища. Прикладом спеціалізованих механізмів адаптації є утворення антифризних білків під впливом низьких температур [43]. Однак, якщо пошкоджуюча дія чинника перевищує захисні та репараційні можливості організму, то неминуче наступає смерть. У цьому випадку організм гине під час стрес-реакції або на стадії спеціалізованої адаптації, залежно від інтенсивності та тривалості впливу несприятливого чинника [44]. На відміну від спеціалізованих систем, загальні механізми стійкості функціонують під час стрес-реакції та забезпечують захист організму за короткочасного впливу на рослини різних несприятливих чинників. Функціонування загальних механізмів стійкості допомагає рослині уникнути значних енергетичних витрат, пов'язаних із необхідністю формування спеціалізованих механізмів адаптації у відповідь на відхилення умов середовища існування організму від норми [45].

Для доказів існування загальних систем стійкості до двох чи декількох стресорів проводяться експерименти по крос-адаптації – процесу підвищення стійкості організму до конкретного чинника в результаті адаптації до чинника іншої природи [46]. Виживання рослин у несприятливих умовах середовища можливе в разі адаптації метаболізму самої рослини, що досягається через перебудову комплексу морфоанатомічних і фізіолого-біохімічних адаптаційних механізмів. Чим більше механізмів адаптації використовує рослина одночасно

на різних рівнях, тим вища стійкість організму. Звичайно рослини здатні адаптуватися до несприятливих умов, проте хронічні чи досить сильні стресові впливи можуть спричиняти значні пошкодження і загибель рослин.

1.2. Значення сорту цикорію коренеплідного в забезпеченні високої врожайності

Першочерговим завданням аграрного виробництва є надійне забезпечення харчової промисловості сировиною, а населення – продуктами харчування. Для того, щоб інтенсифікувати виробництво цикорію коренеплідного, необхідно застосовувати нові технології, за використання яких вирощування культури забезпечить високу врожайність та економічну ефективність. Підвищення ефективності можливе за рахунок удосконалення технології вирощування [47]. Як доведено науковцями, серед всіх елементів технології вирощування на частку сорту в рослинництві припадає до 25 %, а в екстремальних погодних умовах (посуха, епіфітотія, хвороба і шкідники) сорту належить вирішальне значення.

Цикорій коренеплідний характеризується не дуже широким сортовим різноманіттям [48]. Найбільш відомі сортотипи і сорти цикорію коренеплідного, які використаються в Україні: Уманський-99, Уманський-97, Уманський-96, Уманський-95, Софіївський-7, Ярославський та інші. Коренеплоди названих сортів використовуються для одержання розчинної кави або різниш медичних препаратів [49].

Встановлено, що лише в сприятливих ґрунтово-кліматичних умовах зони вирощування рослин можлива значна реалізація генетичного потенціалу сортів цикорію коренеплідного. Стабільність врожайності коренеплодів цикорію лише на 15-30 % належить генетичному фактору. Значна зміна урожайності культури обумовлена впливом агротехнологічних умов, зокрема кількості опадів та температурного режиму у період вегетації рослин та їх змінами впродовж росту і розвитку рослин [50].

Науковцями встановлено, що найбільша кількість накопичення продуктів фотосинтезу у рослин цикорію коренеплідного припадає на репродуктивний період, на що впливає ширина міжрядь, площа живлення, які мають бути такими, щоб рослини повністю закривали ґрунтову поверхню до початку формування коренеплодів. Способи сівби будуть залежати від географічного положення, скоростиглості сорту цикорію коренеплідного, наявності посівної і збиральної техніки, вологозабезпеченості і родючості ґрунту [51].

Для кожної зони вирощування і сорту цикорію коренеплідного є своя оптимальна густота рослин і оптимальна площа живлення однієї рослини. Науково обґрунтовано, що у загущених посівах цикорію коренеплідного через конкуренцію за сонячну інсоляцію, поживні речовини і волога рослину витягують, на них менше листків, коренеплоди формуються нетоварної якості. Особливо це відчутно в роки з недостатнім зволоженням у період формування коренеплодів [52].

У зріджених посівах у рослин цикорію сильно розвивається вегетативна маса, на них утворюється багато листків, через що втрачаються товарні якості коренеплодів і значно зростають втрати врожаю при механізованому збиранні. Також надмірне загущення призводить до вилягання, передчасного пожовтіння і опадання листків, неефективного використання світла, вологи, поживних речовин ґрунту і добрив [53].

Важливим елементом в технології вирощування є підбір високопродуктивних сортів цикорію коренеплідного, які були б більш стійкими до сприятливих умов та ефективно використовували запаси продуктивної вологи ґрунту [54]. Крім цього, суперечливість результатів досліджень щодо визначення чутливості різних сортів до способів розміщення рослин на площі і норм висіву пов’язана, перш за все, зі значною різноманітністю біологічних особливостей сортів, а також за різних географічних умов їх вирощування. Ці питання потребують додаткових фундаментальних досліджень безпосередньо для кожної ґрунтово-кліматичної зони.

В Україні найвищу продуктивність в умовах Правобережного Лісостепу забезпечували сорти цикорію коренеплідного при широкорядному способі

сівби (45 см) з нормою висіву 3-5 кг/га 2-3 млн. шт. [55]. За даними О. В. Ткача [56-59] на чорноземі малогумусному, важкосуглинковому найвищу врожайність коренеплодів цикорію (35 т/га) забезпечили сорти Уманський-99, Уманський-97, Уманський-96.

При виборі сорту перш за все необхідно звернути увагу на зону його поширення, тому що за недостатності екологічної пластичності, сорт який формувався в інших умовах, за продуктивністю в Правобережному Лісостепу не може гарантувати очікуваних результатів урожайності [60]. В.П. Миколайком [61], доведено, що висока врожайність та якість продукції є основною для сорту, але він може реалізувати весь комплекс господарсько-біологічних властивостей лише за оптимальних умов вирощування, коли існує пряма відповідність між потребами у факторах життя у відповідну фазу розвитку рослин цикорію коренеплідного у поєднанні з ґрунтово-кліматичними умовами.

Для одержання запланованої урожайності за оптимальних умов сорт повинен мати відповідний комплекс ознак, перш за все, важливою ознакою придатності сорту до механізованого збирання [62]. Також, посилаючись на те, що сорт є самостійним окремо створюваним фактором в процесі селекції, його роль у підвищенні і стабільності урожайності у сучасному землеробстві значно зросла [63].

Безперечно, що оцінка означеного аспекту щодо сортів цикорію коренеплідного завжди була на першому місці. Друге важливе завдання в оцінці урожайності сортів під час проведення досліджень полягає в необхідності встановлення виходу товарної продукції з одиниці площі посіву, тобто, тієї частки урожаю, яка забезпечує доцільність його використання [64].

РОЗДІЛ 2.

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ (особливості цикорію коренеплідного сорту Уманський 97 та Уманський 99)

В роботі використовували, як вихідний матеріал, калюсну тканину отриману з експлантів рослин цикорію коренеплідного сорту Уманський 97.

Сорт Уманський 97 – створений методом гібридизації Horpachy × Ярославський 30 і повторно-індивідуального добору.

Листя прямостояче, середньої довжини 23–27 см.

Коренеплід жовтувато-білого кольору з білою ніжною м'якоттю, циліндрично-конічної форми, цілком занурений в грунт, довжиною 20–25см, діаметром 9–12 см, поверхня коренеплоду гладенька, без боріздки.

Насінна рослина багатостеблова заввишки 140–170 см. Кількість квіток на одній рослині становить 11–12,5 тис. Маса 1000 насінин становить 1,5–1,8 г.

Середня врожайність коренеплодів становить 40 т/га, вміст інуліну — 17,5 %, збір інуліну з гектара – 7,1 т. Сорт придатний до механізованого збирання [78].

Сорт Уманський 99 – створений методом гібридизації між зразками колекційного розсадника і повторно-індивідуального добору.

Має вертикальну розетку, листова пластинка видовжена, середня за шириною, слабогофрована.

Коренеплід конічної форми жовтувато-білого кольору, довжиною 19–23 см, діаметром 10–14 см, повністю занурений у ґрунт, поверхня коренеплоду гладенька, без боріздки.

Насінна рослина багатостеблова, заввишки 150–170 см, на одній рослині утворюється 12–14 тис. квіток. Маса 1000 насінин — 1,7–1,9 г.

Врожайність коренеплодів 42 т/га, вміст інуліну — 17,5 %, збір – 7,4 т/га. Сорт стійкий до хвороб, придатний до механізованого вирощування та збирання [2].

РОЗДІЛ 3.
УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Умови культивування біоматеріалу *in vitro*

Досліди проводили в біотехнологічній лабораторії Уманського національного університету садівництва впродовж 2010–2011 років. У роботі використовувались методи і умови культивування тканин *in vitro* за Р.Г. Бутенко [41, 42].

При проведенні клітинної селекції в якості вихідного матеріалу використовували калюсну тканину отриману з експлантів рослин цикорію коренеплідного.

Рослинний біоматеріал висаджували на живильні середовища і вирощували при 16-годинному фотоперіоді з інтенсивністю освітлення 2 кЛк, температурному режимі 20–24^{0}С та відносній вологості повітря 75%. Тривалість одного пасажу становила 30–35 діб.

3.2. Характеристика базових середовищ

В роботі використовували середовища за прописами Мурасіге-Скуга та Шенка-Хильдебрандта, які залежно від запланованої програми розвитку модифікували регуляторами росту.

Так, для індукування калюсогенезу до живильного середовища Шенка-Хильдебрандта додавали 0,5 мг/л 6-бензилоамінопурину та 0,1 мг/л 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти.

Склад основного живильного середовища

Компоненти середовища	Кількість речовини, мг/л	
	Середовище Мурасіге–Скуга (MS)	Середовище Шенка–Хильдебранта (SH)
Основні неорганічні поживні речовини:		
NH_4NO_3	1650	–
KNO_3	1900	2500
$CaCl_2 * 2H_2O$	440	200
$MgSO_4 * 7H_2O$	370	400
$(NH_4)_2SO_4$	–	–
KH_2PO_4	170	170
$Na_2H_2PO_4 * H_2O$	–	–
$NH_4H_2PO_4$	–	300
Об’єм вихідного розчину на 1 л середовища, мл	50	50
Джерело мікроелементів: H_3BO_3		
$MnSO_4 * H_2O$	6,2	5,0
$CoCl_2 * 6H_20$	22,3	10,0
$CuSO_4 * 5H_2O$	0,025	0,1
$ZnSO_4 * 7H_2O$	0,025	0,2
$Na_2MoO_4 * 2H_2O$	8,6	1,0
KJ	0,25	0,1
	0,83	1,0
Об’єм вихідного розчину на 1 л середовища, мл	1	2
Джерело заліза F-хелат:		
$FeSO_4 * 7H_2O$	27,8	15,0
Na_2-ЕДТА $* 2H_2O$	37,3	20,0
Об’єм вихідного розчину на 1 л середовища, мл	5	7

Отримання рослин-регенерантів проводили на середовищі Мурасіге-Скуга при повній відсутності ауксинів та підвищених концентраціях цитокінінів (1,0 мг/л 6-БАП); укорінення — на середовищі Мурасіге-Скуга з додаванням ІОК у концентрації 1,0 мг/л.

3.3. Схема досліду

Клітинну селекцію цикорію коренеплідного проводили на живильних середовищах, до яких в якості стресового чинника додавали $BaCl_2$. Для визначення впливу іонів барію на культуру тканин цикорію коренеплідного в першому досліді калюсні тканини з високими морфогенними показниками, масою 25–30 мг (50 шт в кожному варіанті) висаджували на селективні середовища з різними концентраціями солей хлориду барію (0,25; 0,5; 1,0; 1,5 мМ).

Після першого пасажування біоматеріалу на стресових середовищах відбирали клітинні лінії, які здатні рости на середовищах з різною концентрацією хлориду барію. Калюсні лінії, отримані на субстратах з низьким вмістом $BaCl_2$, в наступних пасажах пересаджували на середовища з вищими концентраціями солей, збільшуючи тиск стресового агента. Після 3–4 пасажувань на селективних фонах стійкі калюсні лінії переносили на контрольне (неселективне) середовище, де вони вирощувались протягом одного–двох пасажів, після чого їх знову повертали у стресові умови з підвищеною концентрацією селективного чинника.

З метою отримання рослин-регенерантів відселектовані клітинні лінії переносили на регенераційні живильні середовища (MS+1,0 мг/л 6-БАП). Регенерацію проводили як в присутності стресового агента, так і без нього (контрольний варіант). Концентрацію стресового агента, при якому проводили регенерацію рослин, обирали з таким розрахунком, щоб створювався високий стресовий тиск, але калюси повністю не втрачали здатність до морфогенезу.

Після мікроклонального розмноження модифікованих ростових живильних середовищах, отриманий клонований рослинний матеріал цикорію коренеплідного переносили в селективні умови вирощування з максимально допустимою концентрацією стресового чинника для проведення ретестування та виділення номерів з комплексною стійкістю.

3.4. Методика проведення досліджень

Основним показником стійкості біоматеріалу до стресових факторів є виживання калюсних ліній, різниця між їх ростом на селективних середовищах у порівнянні з контролем та збереження ними морфогенних властивостей.

Для визначення інтенсивності наростання калюсів, біоматеріал зважували на початку та в кінці кожного пасажу. Інтенсивність наростання визначали за формулою Кепліна:

$$W = \frac{W_t - W_0}{W_0},$$

де W – відносний приріст маси;

W_0 – початкова маса калюсу;

W_t – кінцева маса калюсу;

Такий спосіб оцінки дає можливість уникнути помилок від впливу на ріст тканин величини експланту.

Приріст біомаси в стресових умовах вираховували у відсотках до контролю (тобто до росту калюсної тканини на неселективному середовищі).

Морфогенні властивості індукованих калюсів оцінювали за шестибальною шкалою:

5 — калюс жовтий або світло-жовтий із зеленими осередками, цілком структурований без розпушених водянистих ділянок;

4 — калюс жовтий або світло-жовтий із зеленими осередками, структурований, але має 20,0–30,0 % розпушених ділянок;

3 — калюс частково містить жовті структуровані ділянки без зелених осередків і на 70,0 % складається з обводнених клітин;

2 — калюс розпушений і обводнений;

1 — лише невелика частина експланту утворює морфогенний калюс;

0 — експлант гине, калюсогенез не відбувається.

Морфогенними вважалися калюси оцінені на 5–3 бали.

При ретестуванні рослин-регенерантів вираховували відсоток виживання матеріалу та його біометричні показники (висота, розвиток листкового апарату, коефіцієнт розмноження).

РОЗДІЛ 4
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Добір клітинних ліній цикорію коренеплідного на стійкість до дії іонів барію

Для визначення стресового впливу хлориду барію на культуру калюсних тканин цикорію коренеплідного, мікрокалюси вирощували на середовищах з різною концентрацією селективного чинника.

Дія хлориду барію викликає сильний стрес та знижує активність проліферації калюсної тканини цикорію (рисунок 1). Нестійкі до $BaCl_2$ калюси втрачали обводненість, темнішали та через 10–12 діб культивування відмирали.

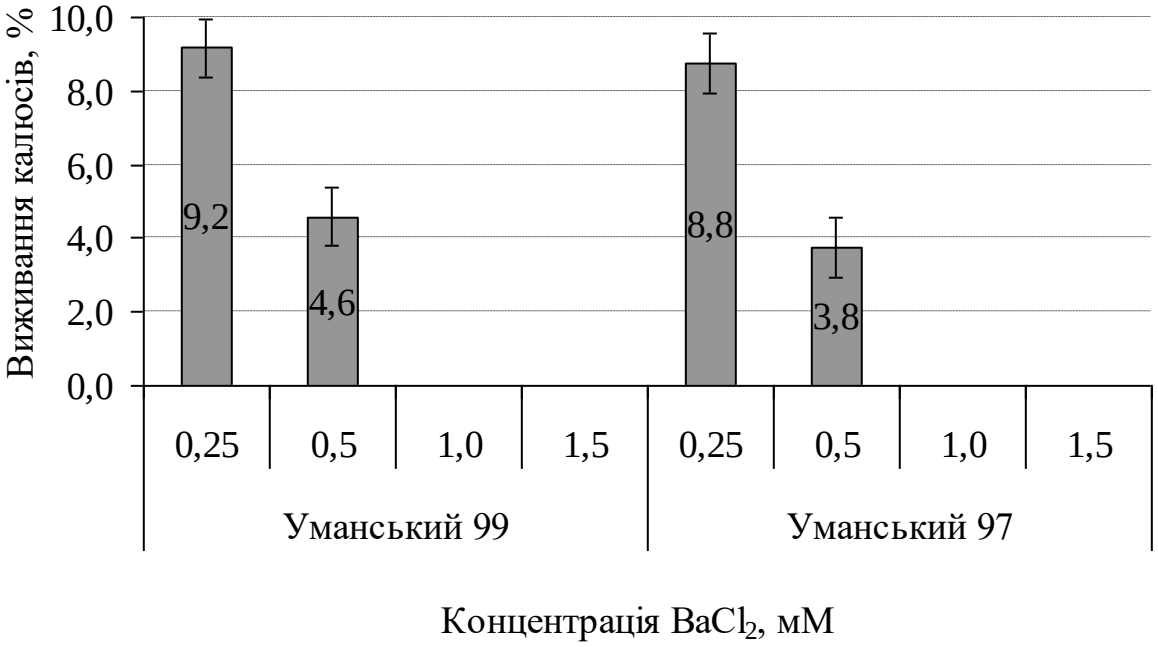

Рис. 1. Збереженість калюсної тканини цикорію коренеплідного залежно від сортових особливостей та концентрації $BaCl_2$

Частка життєздатних мікрокалюсів за 0,25 мМ концентрації хлориду барію у сорту Уманський 99 склала 9,2 %, а сорту Уманський 97 – 8,8 %.

Підвищення вмісту хлориду барію в живильному середовищі до 0,5 мМ знижувало кількість морфогенних калюсів сорту Уманський 99 до 4,6 %, а сорту Уманський 97 — до 3,8 %. На субстратах з вищою концентрацією

селективного чинника спостерігали повний некроз біоматеріалу.

Нестійкі до дії іонів барію мікрокалюси через 3–4 доби культивування на селективних фонах втрачали показники морфогенності, набували темного забарвлення, а через 10–12 діб гинули.

Для добору стійких генотипів цикорію коренеплідного проводили ступеневу селекцію *in vitro*: клітинні лінії, які було одержано на середовищах з низьким вмістом хлориду барію, переносили на субстрати з вищою концентрацією стресового агента.

Добір біоматеріалів за концентрації іонів барію 0,5 мМ відбувався впродовж чотирьох пасажів (рисунок 2).

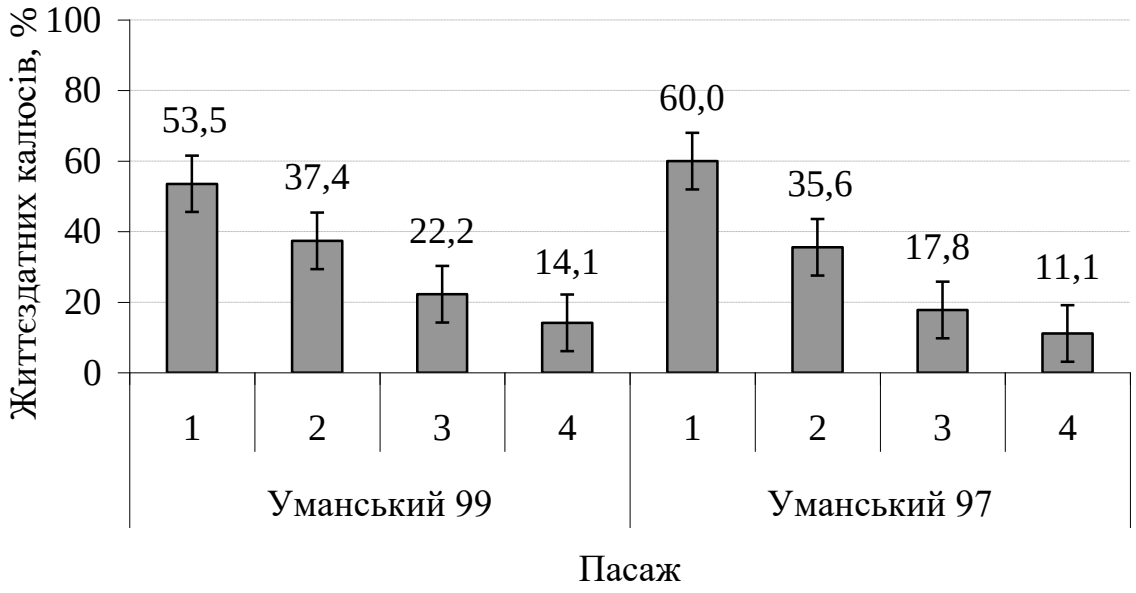

Рис. 2. Збереженість калюсних тканин цикорію коренеплідного за 0,5 мМ концентрації $BaCl_2$ залежно від сортових особливостей та тривалості культивування

У кінці першого субкультивування частка проліфероактивного біоматеріалу для сорту Уманський 99 становила 53,5 %, а для сорту Уманський 97 – 60,0 %. Після четвертого пасажу показник життєздатних мікрокалюсів зберігався сталим і становив 14,1 % та 11,1 % відповідно.

Відібрані за концентрації іонів барію 0,5 мМ стійкі калюсні лінії переносили

на неселективні культиваційні фони для нарощування біомаси та повторно повертали на живильні субстрати зі стресовим чинником. відселектовані клітинні лінії зберігали резистентність до стресової дії $BaCl_2$.

Наступний етап клітинної селекції був проведений за 1,0 мМ концентрації хлориду барію в живильних середовищах.

Ba^{2+}-стійкі калюсні лінії, що культивувались впродовж шести пасажів на живильних середовищах з 0,5 мМ концентрацією хлориду барію, переносили на субстрати з 1,0 мМ вмістом $BaCl_2$ (рисунок 3)

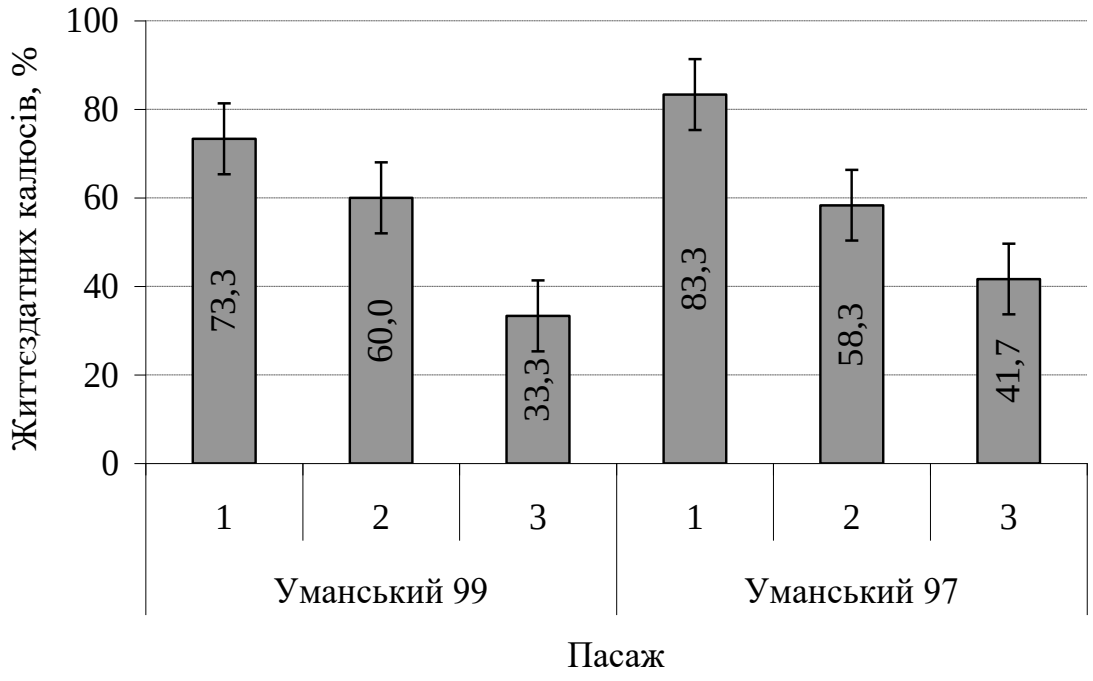

Рис. 3. Збереженість калюсних тканин цикорію коренеплідного за 1,0 мМ концентрації $BaCl_2$ залежно від сортових особливостей та тривалості культивування

Елімінація нечутливих клітинних ліній цикорію коренеплідного за концентрації 1,0 мМ $BaCl_2$ у живильному середовищі проходила впродовж трьох субкультивувань.

Після першого пасажу клітинні лінії сорту Уманський 99 забезпечили збереженість з показником 73,3 %, а для сорту Уманський 97– 83,3 %. Після другого субкультивування відмічено 100 % збереженість біоматеріалів. Проте остаточне ранжування ліній завершилось після третього пасажу. Частка стійких

до 1,0 мМ концентрації $BaCl_2$ мікрокалюсів, в середньому за генотипами склала 37,5 % відносно до початкової кількості біоматеріалу.

Відібрані клітинні лінії, після культивування в оптимальних умовах, знову повертали на селективні середовища. Присутність у селективному субстраті 1,5 мМ хлориду барію викликала повну загибель біоматеріалу.

У результаті клітинної селекції вдалось відібрати толерантні до негативної дії іонів барію клітинні лінії цикорію коренеплідного. відселектовані лінії характеризувались різним рівнем стійкості до стресового чинника. Це вплинуло на інтенсивність проліферації калюсної тканини, та збереження нею морфогенних властивостей. Ростові характеристики відселектованих калюсних ліній цикорію коренеплідного подано в таблиці 3.

Відібрані клітинні лінії характеризувались індивідуальними показниками як на селективних фонах, так і в контрольному варіанті досліду.

Залежно від генотипу, відносний приріст біоматеріалів у контрольному варіанті варіював від 4,2 до 9,7 пункти. За 0,25 мМ концентрації хлориду барію в селективному середовищі цей показник в середньому за генотипами становив 3,7 пункти, що було на 41 % менше контролю. Хлорид барію в концентрації 0,5 мМ знижував приріст біомаси вказаних генотипів в середньому на 58 %, до контролю.

Калюсні лінії 99/163, 99/172, 97/160, 97/178 мали найвищу стійкістю до стресового впливу іонів барію. Максимально допустима концентрація $BaCl_2$ в культуральному субстраті, за якої лінії зберігали життєздатність, становила 1,0 мМ. Відмічені стійкі клітинні лінії цикорію коренеплідного зберігали регенераційну здатність на задовільному рівні.

Таблиця 3

Відносний приріст відібраних калюсних ліній цикорію коренеплідного залежно від генотипу та концентрації $BaCl_2$

Калюсна лінія	Концентрація хлориду барію (*фактор В*), мМ			
	0	0,25	0,5	1,0

(*фактор А*)	ΔW	ΔW	%	ΔW	%	ΔW	%
99/152	5,1	2,9	56,3	2,23	43,8	0,0	0,0
99/156	6,5	3,0	46,8	2,20	34,0	0,0	0,0
99/163	9,1	6,1	67,0	4,83	53,3	1,54	17,0
99/172	4,2	3,0	71,8	2,33	55,1	0,76	18,1
99/181	6,0	3,5	58,5	2,17	36,1	0,0	0,0
97/157	6,6	2,6	39,5	1,47	22,1	0,0	0,0
97/160	5,1	3,8	73,7	2,98	58,5	1,05	20,7
97/165	4,5	2,5	55,8	1,90	42,0	0,0	0,0
97/178	9,7	6,1	62,3	4,05	41,7	1,73	17,8

Для ліній 99/152, 99/156, 99/181, 97/157, 97/165 гранична межа концентрації $BaCl_2$. при якій калюси зберігали життєздатність, була 0,5 мМ. При цьому відносний приріст тканин залежно від генотипу становив 1,5–2,2 пункти, що складало 22–43 % від контролю, регенераційна здатність цих клітинних ліній була на низькому рівні.

Отже, в ході проведеної ступеневої клітинної селекції вдалось відібрати клітинні лінії цикорію коренеплідного (99/163, 99/172, 97/160, 97/178) з високою стійкістю до негативної дії іонів барію.

4.2. Отримання рослин-регенерантів з стійких клітинних ліній

За ведення клітинної селекції *in vitro*, одним із найбільш складних етапів є індукування морфогенезу клітинних ліній та отримання рослин-регенерантів. Регенерацію інтактних рослин проводили як на середовищах з хлоридом барію, так і без нього (контрольний варіант). Концентрацію селективного чинника обирали щоб створювався високий стресовий вплив на біооб’єкти, проте калюси повністю не втратили життєздатності.

За створення оптимальних умов культивування, калюсна тканина цикорію

коренеплідного має високі регенераційні показники: морфогенез спостерігали у понад 88 % мікрокалюсів, за інтенсивності 30–35 регенерантів з одного мікрокалюса. Морфогенез проходив як через соматичний ембріоїдогенез, так і шляхом органогенезу. Проте, внаслідок тривалого культивування біоматеріалу на селективних середовищах спостерігалось значне пригнічення морфогенних характеристик калюсних тканин. Регенераційні процеси відселектованих ліній проходили впродовж трьох пасажів.

Найінтенсивніше морфогенез проходив у першому пасажі на живильних середовищах без селективного фактора. Залежно від генотипу інтенсивність морфогенезу становила від 3,6 до 7,4 рослин з одного мікрокалюса. З кожним наступним субкультивуванням показники регенерації знижувались на 45–74 %. Наявність $BaCl_2$ в регенераційних середовищах знижувало отримання регенерантів на 46 % у порівнянні з контрольним варіантом.

Відібранні біоматеріали характеризувалися індивідуальними морфогенетичними показниками, як в стресових умовах, так і в контрольному варіанті (таблиця 4). Найвищу інтенсивність морфогенезу відмічено у клітинної лінії 97/178 – загалом за три субкультивування було регенеровано 76 інтактних рослин. Незважаючи на невисокі регенераційні показники калюсна лінія 99/172, у порівнянні з іншими генотипами, у меншій мірі реагувала на присутність $BaCl_2$ в регенераційному середовищі.

Таблиця 4

Ортимання рослин-регенерантів з калюсних ліній цикорію коренеплідного стійких до дії іонів барію

Калюсна лінія	Отримано рослин-регенерантів				
	всього	на середовищах без селективного фактора		на середовищах у присутності селективного фактора	
	шт.	шт.	%	шт.	%
99/163	62	42	67,7	20	32,3

99/172	37	23	62,2	14	37,8
97/160	60	42	70,0	18	30,0
97/178	76	49	64,5	27	35,5
Всього	235	156	66,4	79	33,6

Отже, у результаті проведеної клітинної селекції із стійких до дії іонів барію калюсних ліній цикорію коренеплідного загалом було отримано 235 інтактних рослин, з яких 66,4 % було отримано за оптимальних умов та 33,6 % на селективних середовищах у присутності іонів барію.

4.3. Агробіологічна *ex vitro* оцінка створених рослинних ліній цикорію коренеплідного

Рослинні лінії цикорію коренеплідного з найвищою стійкістю до селективного чинника, після мікроклонального розмноження та адаптації у теплиці переносили у відкритий грунт для проведення їхньої оцінки за комплексом господарсько-цінних ознак.

Відселектовані рослинні лінії цикорію коренеплідного мали індивідуальні біометричні показники: маса та форма коренеплоду, вміст інуліну; розвиток листової поверхні. Ці характеристики є господарсько-цінними, оскільки вони формують продуктивність посіву та визначають придатність рослин до механізованого вирощування та збирання.

У досліджуваних ліній листова пластинка мала індивідуальну форму, розмір та забарвлення. Залежно від генотипу листки мали темно-зелене забарвлення, видовжену, еліптичну або округлу форму з гладеньким, зубцюватим або велико зубцюватим краєм. Висота листової розетки варіювала від 25,6 до 41,6 см, кількість листків на рослині — від 24 до 37 шт. Листки на голівці коренеплоду розміщувались щільно по спіралі (таблиця 5).

Таблиця 5

Морфологічні характеристики листового апарату сомаклональних ліній

цикорію коренеплідного

Генотип	Кількість листків		Висота розетки	
	шт.	до стандарту, %	см	до стандарту, %
Уманський 97	34,3	-	31,1	-
97/160-34	29,1	84,8	33,2	106,8
97/160-37	37,1	108,2	32,4	104,2
97/160-40	26,5	77,3	37,2	119,6
97/160-52	26,3	76,7	40,6	130,5
97/178-42	35,5	103,5	37,4	120,3
97/178-54	28,6	83,4	34,4	110,6
Уманський 99	35,7	-	30,8	-
99/163-52	37,5	105,0	29,4	95,5
99/163-56	23,6	66,1	27,4	89,0
99/163-67	37,3	104,5	37,2	120,8
99/163-71	33,3	93,3	31,6	102,6
99/163-73	28,5	79,8	37,4	121,4
99/172-45	26,3	73,7	25,6	83,1

Також відмічено відмінності за морфологічними показниками коренеплодів (таблиця 7). Діаметр коренеплоду досліджуваних рослинних ліній залежно від генотипу варіював від 3,2 до 5,0 см, довжина — від 16,4 до 24,8. Коренеплоди мали конічну форму. Така форма та розміри коренеплодів ліній цикорію вказують на можливість їхнього механізованого збирання.

Таблиця 7

Морфологічні характеристики коренеплодів сомаклональних ліній цикорію коренеплідного

Генотип	Діаметр коренеплоду	Довжина коренеплоду	Маса коренеплоду

	см	до стандарту, %	см	до стандарту, %	г	до стандарту, %
Уманський 97	4,5	–	22,3	–	166,7	–
97/160-34	3,2	71,1	16,4	73,5	101,4	60,9
97/160-37	4,3	95,6	24,4	109,4	164,7	98,8
97/160-40	4,3	95,6	19,8	88,8	131,3	78,8
97/160-52	3,9	86,7	16,6	74,4	80,0	48,0
97/178-42	5,0	111,1	21,6	96,9	185,3	111,2
97/178-54	3,7	82,2	18,8	84,3	144,4	86,7
Уманський 99	4,7	–	24,8	–	157,0	–
99/163-52	5,0	106,4	23,8	96,0	186,8	119,0
99/163-56	4,0	85,1	19,8	79,8	95,5	60,8
99/163-67	4,7	100,0	24,2	97,6	190,0	121,0
99/163-71	4,2	89,4	18,8	75,8	93,0	59,2
99/163-73	4,5	95,7	21,0	84,7	100,4	63,9
99/172-45	3,9	83,0	16,4	66,1	83,0	52,8

Найважливішим елементом в структурі врожаю цикорію є маса коренеплоду. Маса коренеплодів досліджуваних зразків у кінці першого року вегетації коливалась від 80 до 190 г. Найбільшу масу коренеплодів мали лінії 97/178-42 (маса коренеплоду становила 185,3 г), 99/163-52 (маса коренеплоду становила 186,5 г) та 99/163-67 (маса коренеплоду становила 190,0 г), що перевищувало показники сортів-стандартів на 11,2 – 21,0 %.

Однією із головних ознак, що визначають цінність селекційного матеріалу є урожайність. Показники врожайності створеного селекційного матеріалу цикорію коренеплідного подано в таблиці 8.

Таблиця 8

Урожайність сомаклональних ліній цикорію коренеплідного

Генотип	Урожайність коренеплодів

	т/га	% до стандарту
Уманський 97	33,0	–
97/160-34	20,1	60,9
97/160-37	32,6	98,8
97/160-40	26,0	78,8
97/160-52	15,8	47,9
97/178-42	36,7	111,2
97/178-54	28,6	86,7
Уманський 99	31,5	–
99/163-52	37,0	117,5
99/163-56	18,9	60,0
99/163-67	37,6	119,4
99/163-71	18,4	58,4
99/163-73	19,9	62,7
99/163-73	16,4	52,1
$НІР_{05}$	*1,7*	–

Врожайність сортів-донорів експлантів Уманський 97 та Уманський 99 відповідно становила 33,0 та 31,5 т/га. В створених біотехнологічними методами селекційних номерів урожайність варіювала від 15,8 до 37,6 т/га. Урожайність номерів 97/160-52, 99/163-56, 99/163-52, 99/163-71, 99/163-73 становила 47,9–86,7 % від урожайності сортів стандартів і становила 15,8–28,6 т/га. Урожайність рослинної лінії 97/160-37 становила 32,6 т/га, що було на рівні з сортом стандартом Уманський 97.

Найвищу врожайність коренеплодів із досліджуваних сомаклональних ліній мали номери 97/178-42 (36,7 т/га), 99/163-52 (37,0 т/га) та 99/163-67 (37,6 т/га), що перевищувало даний показник у сортів стандартів на 11,2; 17,5 та 19,4 % відповідно.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ЦИКОРІЮ КОРЕНЕПЛІДНОГО

Потенціал України в сфері агробізнесу дуже великий за рахунок найбільшої серед європейських країн площі сільськогосподарських угідь. За оцінками експертів, «Площа сільськогосподарських земель є найбільшою в Європі — 41,5 млн га (70 % території країни), з них 32,5 млн га використовуються для вирощування сільськогосподарських культур [65]. В умовах глобалізаційних змін слід розуміти, що стабільна система забезпечення продовольчої безпеки населення, розвиток агропромислового комплексу та харчової промисловості є важливими факторами для підвищення економічного добробуту країни [66]. Впровадження інноваційної моделі розвитку вимагає інтенсифікації сільськогосподарського виробництва із використанням науково обґрунтованих сівозмін із вирощуванням високопродуктивних культур і застосуванням передових агротехнологий за раціонального використання місцевих ґрунтово-кліматичних ресурсів і засобів інтенсифікації [67, 68].

Беззаперечною є думка професора В. Ю. Ільїна, який зазначає, що саме «підвищення ефективності аграрних підприємств за рахунок продукції в сучасних умовах є вагомою і актуальною проблемою аграрної економіки усіх регіонів України» [70]. Як показують наукові дослідження, основними критеріями, що визначають доцільність впровадження наукових розробок у виробництво є рівень економічної ефективності визначених елементів застосованої технології вирощування. Передова виробнича практика свідчить, що елементи технології вирощування, які відзначаються максимальним рівнем урожайності та одночасно — нижчим рівнем енерговитрат на виробництво продукції вважаються найбільш економічно вигідними [69].

Ціна на коренеплоди цикорію коренеплідного

Генотип	Врожайність, т/га	Витрати, грн./га	Собівартість, грн./т	Ціна, грн./т	Вартість валової продукції, грн./га	Прибуток, грн./га	Рівень рентабельності, %
Уманський 97	33	65156	1974	3150	103950	38794	59,5
97/160-34	20,1	60254	2998	3150	63315	3061	5,1
97/160-37	32,6	65004	1994	3150	102690	37686	58,0
97/160-40	26	62496	2404	3150	81900	19404	31,0
97/160-52	15,8	58620	3710	3150	49770	-8850	-15,1
97/178-42	36,7	66562	1814	3150	115605	49043	73,7
97/178-54	28,6	63484	2220	3150	90090	26606	41,9
Уманський 99	31,5	64586	2050	3150	99225	34639	53,6
99/163-52	37	66676	1802	3150	116550	49874	74,8
99/163-56	18,9	59798	3164	3150	59535	-263	-0,4
99/163-67	37,6	66904	1779	3150	118440	51536	77,0
99/163-71	18,4	59608	3240	3150	57960	-1648	-2,8
99/163-73	19,9	60178	3024	3150	62685	2507	4,2
99/163-73	16,4	58848	3588	3150	51660	-7188	-12,2

РОЗДІЛ 6.

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Охорона праці під час вирощування цикорію коренеплідного

Всі працівники підприємств незалежно від характеру їх трудової діяльності, підлеглості, стажу роботи проходять інструктажі з питань охорони праці. Мета інструктажу – навчити працівника правильно і безпечно для себе і оточуючих виконувати свої трудові обов’язки. Інструктажі за часом і характером проведення поділяються на вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий.

6.2. Охорона навколишнього природного середовища під час вирощування цикорію коренеплідного

Лише поєднання глибоких знань з охорони праці з високою професійною підготовкою спеціалістів біотехнологів, високою трудовою дисципліною й відповідальністю за доручену справу дасть можливість службовим особам, відповідальним за стан охорони праці, досягти високих результатів.

Отже, основними елементами створення безпечних умов праці є:

— вчасне проведення інструктажів з охорони праці;

— дотримання санітарно-гігієнічних норм;

— забезпечення працівників повноцінним харчуванням в зв'язку з шкідливими умовами праці, спецодягом та засобами індивідуального захисту, створення сприятливих умов для відпочинку;

— контроль з боку спеціалістів за дотриманням правил техніки безпеки і охорони праці працівниками.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що 1,0 мМ концентрація хлориду барію в живильному середовищі є граничною для відбору біоматеріалу цикорію коренеплідного за проведення клітинної селекції *in vitro*.
2. З’ясовано, що проведення регенерації відселектованих клітинних ліній в присутності хлориду барію знижує їхні морфогенні показники у порівняні з контрольним варіантом в середньому за генотипами на 46 %.
3. В результаті оцінки *ex vitro* отриманих сомаклональних ліній виділено селекційні номери (97/178-42, 99/163-52 та 99/163-67), що поєднують стійкість до дії іонів барію з високою урожайністю та технологічністю коренеплодів. Вказані генотипи рекомендовано до подальшого залучення в селекційний процес культури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ткач О.В. Науково-теоретичне обґрунтування і агротехнічні основи вирощування Цикорію коренеплідного в умовах Правобережного Лісостепу України : дис. на здобуття наук д-ра с.-г. наук : 06.01.09 «Рослинництво». Кам'янець-Подільський, 2020. 499 с.
2. Колупаєв Ю.Є. Стресові реакції рослин (молекулярно-клітинний рівень). Харків, 2001. 173 с.
3. Коршиков І.І. Стійкість і адаптація деревних рослин до дії полютантів. Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть. К.: Фітосоціоцентр, 2001. С.48–52.
4. Шакирова Ф.М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция. Уфа: Гилем, 2001. 160 с.
5. Топчій Н.М. Вплив важких металів на фотосинтез. Фізіологія і біохімія культурних рослин. 2010. Т. 42. № 2. С. 95–106.
6. Фатєєва Н.Ю. Токсична дія важких металів на живі організми та шляхи її зменшення. Актуальні питання сьогодення. 2018. Том 7. С.107–110.
7. Поліщук О.В., Подорванов В.В., Ситник С.К. Вплив іонів цинку на протонний перенос в ізольованих хлоропластах шпинату. Доп. НАН України, 2007. № 8. С. 174–178.
8. Selye, H. Stress without distress. In L. Levi (Ed.), *Society, stress, and disease*, 1987. *Vol. 5. Old age* pp. 257–262.
9. Grime J.P., Rincon E.R., Wickerson B.E. Bryophytes and plant strategy theory // Botanical Journal of the Linnean Society,1990. N 104. P. 175–186.
10. Колупаєв Ю.Є. Роль основних сигнальних інтермедіатів у формуванні адаптивних реакцій рослин на дію абіотичних стресорів // Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку: у 2 т. Т. 1. К.: Логос, 2009. С. 166–195.
11. Razanov S. F., Tkachuk O. P., Razanova A. M., Bakhmat M. I., Bakhmat O. M. Intensity of heavy metal accumulation in plants of *Silybum marianum* L. in conditions of field rotation. Ukrainian Journal of Ecology. 2020. 10 (2). 131–136.

12. Yakovets L. Assessment of the ecological condition of agricultural soils in Ukraine. Agriculture and Forestry. 2021. № 3 (22). P. 186–195.
13. Валерко Р. А. Особливості біотестування антропогенно забруднених ґрунтів з метою їх екотоксичної оцінки. Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів». Харків, 2013. № 2. С. 262–266.
14. Yakovets L. Changes in heavy metals content in winter wheat grain and flour under right-bank forest-steppe conditions. Agriculture and Forestry. 2019. № 4 (15). С. 214–221.
15. Мазур В. А., Ткачук О. П., Яковець Л. А. Екологічна безпека зернової та зернобобової продукції : монографія. Вінниця : Твори, 2020. 442 с.
16. Vradiy O. Analysis of the efficiency of using the culinary processing of mushrooms in order to reduce the concentration of heavy metals in them. Сільське господарство та лісівництво. 2020. №17. С. 209–222.
17. Tkachuk O. P., Viter N. G., Pankova S. O., Titarenko O. M., Yakovets L. A. The current environmental state of the field protective forest belts of the forest steppe of Ukraine. International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES). 2023. № 13/2. P. 1–6.
18. Мазур В. А., Ткачук О. П., Яковець Л. А. Екологічна безпека зернової та зернобобової продукції : монографія. Вінниця : Твори, 2020. 442 с.
19. Лугова Г. А., Карпець Ю. В., Вайнер А. О., Колупаєв Ю. Є. Індукування стійкості рослин проса до абіотичних стресорів дією жасминової кислоти. Фізіологія рослин: досягнення та нові напрямки розвитку; за ред. В.В. Моргуна. Київ: Логос, 2017. С. 346–353.
20. Rask A. M., Larsen S. U., Andreasen C., Kristoffersen P. Determining treatment frequency for controlling weeds on traffic islands using chemical and non-chemical weed control. Weed Research. 2013. V. 53. P. 249–258. doi: 10.1111/wre.12019
21. Claerchout S., Recheul D., De C. B. Sensitivity of Echinochloa crus — galli populations to maize herbicides: a comparison betveen cropping systems. Weed

Research. 2015. V. 55. P. 470–481.
22. Lemcoff J. H., Loomis R. S. Nitrogen influences on yield determination in maize. Crop Sci. 1986. V. 26, № 4. P. 1017–1022.
23. Jordan N. R., Davis A. S. Middle-wey strategies for sustainable intensication of agriculture. Bio Sci. 2015. V. 65. P. 513–519. doi: org/10.1093/ biosci/biv033
24. Swanton C. J., Nkoa R., Blackshaw R. E. Experimental methods for crop-weed competition studies. Weed Sci. 2015. V. 63. P. 2–11. doi: 10.1614/ WS-D-13-00062.1
25. Екологія: підручник для студентів вищих навчальних закладів / кол. Авторів ; за загальною ред. О. Є. Пахомова; худож.- оформлювач Г. В. Кісель. Харків : Фоліо, 2014. 666 с.
26. Приседський Ю. Г., Лихолат Ю. В. Адаптація рослин до антропогенних чинників : підручник. Вінниця : ТОВ "Нілан-ЛТД", 2017. 98 с.
27. Приседський Ю. Г. Характеристика стійкості деревних та чагарникових рослин до забруднення повітря сполуками сірки, фтору та нітрогену. Вісник Харківського національного університету, 2014. № 21. С. 162–167.
28. Разумова С. Т. Екологія рослин з основами ботаніки та фізіології : конспект лекцій. Одеса. 2013. 197 с.
29. Рожко О. В. Стрес у рослин та способи зниження його наслідків. Агробізнес сьогодні. 2017. URL: http://agrobusiness.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/2524-stres-u-roslyn-tasposoby-znyzhennia-ioho-naslidkiv.html.
30. Скляр В. Г. Екологічна фізіологія рослин : підручник ; за заг. ред. Ю. А. Злобіна. Суми : Університетська книга, 2015. 271 с.
31. Caldwell Roger L. Effects of Air Polln on Vegetation. Progressive Agriculture in Arizona, 2016. P. 10–11
32. Нестеренко О. Г. Модифікація радіобіологічних реакцій рослин гороху (*Pisum sativum* l.) абіотичними стресорами : дис. канд. біол. наук. Київ, 2019. 157 с.
33. Raza A., Razzaq A., Mehmood S. S., Zou X., Zhang X., Lv Y. & Xu J. Impact of climate change on crops adaptation and strategie. *Plants* 2019, *8* (2), 34.
34. He T. & Li C. Harness the power of genomic selection and the potential of

germplasm in crop breeding for global food security in the era with rapid climate change. Crop J., 2020. 8. pp. 688–700. https://doi.org/10.1016/j.cj.2020.04.005

35. Hossain M. A., Liu F., Burritt D.J., Fujita M., Huang B. (Eds.). PrimingMediated Stress and Cross-Stress Tolerance in Crop Plants. Academic Press. 2020. https://doi.org/10.1016/C2018-0-02626-2
36. Wang X., Cai J., Zhou Q., Dai T.B. & Jiang D. Physiological Mechanisms of Abiotic Stress Priming Induced the Crops Stress Tolerance: A Review. Scientia Agricultura Sinica, 2021. 54 (11), pp. 2287-2301. https://doi.org/10.3864/j.issn.0578- 1752.2021.11.004
37. Liu H., Able A.J. & Able J.A. Priming crops for the future: rewiring stress memory. Trends in Plant Science, 2022. 27, No. 7. https://doi.org/10.1016/ j.tplants.2021.11.015
38. Fu P., Jaiswal D., McGrath J. M., Wang S., Long S. P. & Bernacchi C. J. Drought imprints on crops can reduce yield loss: Nature's insights for food security. Food and Energy Security, 2022. 11 (1), e332. https://doi.org/10.1002/fes3.332
39. Johnson R. & Puthur J.T. Seed priming as a cost effective technique for developing plants with cross tolerance to salinity stress. Plant Physiology and Biochemistry, 2021. 162, pp. 247–257. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.02.034
40. Liu X., Quan W. & Bartels D. Stress memory responses and seed priming correlate with drought tolerance in plants: an overview. Planta, 2022. 255, 45. https://doi.org/ 10.1007/s00425-022-03828-z
41. Racette K., Zurweller B., Tillman B. & Rowland D. Transgenerational stress memory of water deficit in peanut production. Field Crop Res., 2020. 248, 107712. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107712
42. Crisp P. A., Ganguly D., Eichten S. R., Borevitz J. O. & Pogson B. J. Reconsidering plant memory: intersections between stress recovery, RNA turnover, and epigenetics. Sci. Adv., 2016. 2, No. 2, e1501340. https://doi.org/10.1126/sciadv.1501340
43. Louis N., Dhankher O. P. & Puthur J. T. Seed priming can enhance and retain

stress tolerance in ensuing generations by inducing epigenetic changes and trans-generational memory. Phisiol. Plant., 2023. 175, (2), e13881. https://doi.org/10.1111/ppl.13881

44. Bhadouriya S. L., Mehrotra S., Basantani M. K., Loake G. J. & Mehrotra, R. Role of chromatin architecture in plant stress responses: An update. Front. Plant Sci., 2021. 11, 603380. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.
45. Li P., Yang H., Wang L., Liu H., Huo H., Zhang C., Liu A., Zhu A., Hu J., Lin Y. & Liu L. Physiological and transcriptome analyses reveal short-term responses and formation of memory under drought stress in rice. Front. Genet., 2019. 10, 55. https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00055
46. Devireddy A. R., Zandalinas S. I., Fichman Y. & Mittler R. Integration of reactive oxygen species and hormone signaling during abiotic stress The Plant Journal, 2021. 105 (2), pp. 459-476. https://doi.org/10.1111/tpj.15010
47. Уланич О. І., Вдовенко С. А., Ковтунюк З. І. та ін. Біологічні особливості і вирощування малопоширених овочів: навч. посіб. / за ред. О.І. Уланич. Умань: Сочінський М.М., 2018. С. 104–107,
48. Труш С. Г. Методи отримання вихідних селекційних матеріалів цикорію коренеплідного. Цукрові буряки. Київ, 2005. № 2. С. 16 – 17.
49. Миколайко В. П. Особливості насінництва цикорію коренеплідного. Генетика і селекція: досягнення та проблеми: матер. Міжнар. наук. конф. (м. Умань 18–20 березня 2014 р.). Умань: ВПЦ Візаві, 2014. С. 79–80.
50. Гументик М. Я. Особливості цикорію кореневого і агротехніка його вирощування. Зб. наук. праць ІЦБ УААН. Київ,2003. Вип. 5. С. 339–341
51. Зуєв М. М., Гументик М.Я. Розміщення головок коренеплодів цикорію над поверхнею грунту. Цукрові буряки. Київ, 2002. № 2. 29 с
52. Кінах В. А., Борисюк В. О. Інтенсифікація виробництва цикорію кореневогонеобхідна вимога часу. Зб. наук. праць ІЦБ УААН. Київ, 1994. С. 127–130.
53. Кузмич В. М. Удосконалення технології вирощування цикорію кореневого в умовах північно–західного лісостепу України: дис. ... к. с.-г. наук: 06.01.09. Інститут земледелия УААН. Київ, 1998. 125 с

54. Файдюк В. В. Врожайність і якість гібридного насіння залежно від технології його вирощування. Зб. наук. праць Інституту цукрових буряків. Київ, 2003. №5. С. 134–135.
55. Яценко А. О. Цикорій коренеплідний: Біологія, селекція, виробництво і переробка коренеплодів: навч. посіб. Умань: ФІЦБ УААН, 2003. 161 с.
56. Ткач О. В. Особливості формування маси коренеплодів цикорію залежно від мінерального живлення. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків: зб. наук. праць / ІБКіЦБ НААНУ. К.: ФОП Корзун Д.Ю., 2019. Вип. 27. С. 55–67
57. Ткач О. В. Особливості росту і розвитку рослин цикорію коренеплідного до і після перезимівлі. Науково-виробничий фаховий журнал Вісник Полтавської державної аграрної академії. Вип. 1. Полтава: ПДАА, 2020. С. 74–80
58. Ткач О. В. Урожайність коренеплодів цикорію залежно від густоти рослин Таврійський науковий вісник. Науковий журнал. Херсон, 2020. Вип. 112. С. 150–156.
59. Ткач О. В. Зберігання коренеплодів цикорію залежно від строків сівби. Міжвідомчий тематичний збірник «Зрошуване землеробство». Херсон, 2020. Вип. 73. С. 107–111.
60. Доронін В. А., Миколайко В. П. Продуктивність і якість насіння цикорію коренеплідного залежно від умов вирощування. Вісник Сумського НАУ. Суми, 2016. Вип. 9 (32). С. 70–73.
61. Миколайко В. П. Цикорій коренеплідний – стратегічна і перспективна біоенергетична культура України. Матер. Всеукр. наук. конф. молодих учених, присвяченій 170-й річниці від дня заснування Уманського національного університету садівництва (м. Умань 11–12 березня 2014 р.,). Київ: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2014. С. 52–54.
62. Кузьміч В. М., Яценко А. О. Рекомендації по вирощуванню цикорію кореневого. Самчики: ХІАВ НААНУ, 2010. 15 с.
63. Манько О. А. Вивчення господарсько-цінних та морфологічних ознак коренеплодів вихідних форм цикорію коренеплідного *Cichorium intubys* L.:

Зб. наук. праць Уманського НУС. Умань, 2017. Вип. 91. Ч.1.: Сільськогосподарські науки. С. 164–172

64. Gu W.Y. Li J.G. Chicory seeds: a potential source of nutrition for food and feed. Journal of Animal & Plant Sciences, 2012. Vol. 13, Issue 2. P. 1736–1746.
65. Аксьонова О. В. Сучасний стан та тенденції розвитку агробізнесу. Вісник ХНАУ. Серія: Економічні науки. 2019. № 4. Т. 1. С. 259–266.
66. Dolzhykova I., Irtyshcheva I., Ponomarova M. Conceptual fundamentals of development of the food security system. Baltic Journal of Economic Studies. Vol. 5 N 2. Riga: Publishing House “Baltija Publishing”, 2019. 262 p. P 57–64. DOI: https://doi.org/10.30525/2256- 0742/
67. Юркевич Є. О., Коваленко Н. П., Бакума А. В. Агробіологічні основи сівозмін Степу України: монографія. Одеса: ВМВ, 2011. 237 с.
68. Примак І. Д., Рошко В. Г., Демидась Г. І. Раціональні сівозміни в сучасному землеробстві. Біла Церква: БДАУ, 2003.384 с.
69. Лимар А. О. Баштанництво України: монографія. Миколаїв. Миколаївський державний аграрний університет, 2007. 232 с.
70. Ільїн В. Ю. Економічна ефективність виробництва аграрної продукції як фактор підвищення конкурентоспроможності аграрних підприємств України. Ефективна економіка, 2015. № 5.
71. Гандзюк М. П., Желібо Є. П., Халімовський М. О. Основи охорони праці: Підруч. для студ. вищих навч. закладів. К.: Каравела, 2003. 408 с.
72. Івах Р. В., Бедрій Я.І., Білінський Б. О., Козяр М. М. Основи охорони праці. Навчальний посібник. К.: Кондор, 2011. 464 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

ЗБІРНИК СТУДЕНТСЬКИХ НАУКОВИХ ПРАЦЬ УМАНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ САДІВНИЦТВА



приурочена 160-річчю від дня народження видатного науковця у галузі біологічних наук, професора Й. К. Пачоського

Факультет агрономії

Умань 2024

ДОДАТОК А

УДК 330(063)

Рекомендовано до друку вченою радою факультету агрономії Уманського національного університету садівництва, протокол № 6 від 27 квітня 2024

Редакційна колегія:

О. О. Непочатенко – доктор економ. наук (*відповідальний редактор*);
В. П. Карпенко – доктор с.-г. наук (*заступник відповідального редактора*);
С. П. Полторецький – доктор с.-г. наук;
А. О. Яценко – доктор с.-г. наук;
Л. О. Рябовол – доктор с.-г. наук;
Г. М. Господаренко – доктор с.-г. наук;
В. О. Єщенко – доктор с.-г. наук;
Н. М. Полторецька – кандидат с.-г. наук;
Ю. І. Накльока – кандидат с.-г. наук;
С. П. Коцюба – кандидат с.-г. наук;
О. Ю. Стасінєвич – кандидат с.-г. наук;
С. О. Третьякова – кандидат с.-г. наук (*відповідальний секретар*).

Автори вміщених матеріалів висловлюють свою думку,
яка не завжди збігається з позицією редакції.

Збірник студентських наукових праць Уманського національного університету садівництва. Факультет агрономії / Редкол.: О. О. Непочатенко (відп. ред.) та ін. Умань: 2024. 43 с.

Збірник містить доповіді студентів ОР молодший бакалавр і бакалавр та магістрів, які були розглянуті на Всеукраїнській студентській науковій конференції, яка приурочена приурочена 160-річчю від дня народження видатного науковця у галузі біологічних наук, професора Й. К. Пачоського, що відбулася 25 квітня 2024 року в м. Умань.

Розраховано на студентів, аспірантів, викладачів, наукових співробітників та фахівців, які працюють у АПК України.

ДОДАТОК А

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1. РОСЛИННИЦТВА

БЕЗКОРОВАЙНА АНАСТАСІЯ. INFLUENCE OF MINERAL FERTILISERS ON THE PRODUCTIVITY OF MAIZE HYBRIDS..... 5

CHABANIUK YA. E.GLOBAL COMPETITIVENESS OF WHEAT CULTIVATION..... 6

БІЛОВОДСЬКИЙ СЕРГІЙ. INFLUENCE OF SOWING PARAMETERS ON GRAIN SORGHUM PRODUCTIVITY..... 7

ЗАЇКА Т СІВБА ОЗИМИХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР: ЯК ПОДБАТИ ПРО МАЙБУТНІЙ ВРОЖАЙ..... 10

ГАЙДАЙ В. ІСТОРІЯ ПОХОДЖЕННЯ ТАБАКУ..... 12

NEPOKRYTA I. FENNEL..... 12

ІЛЬНІЦЬКИЙ ВІТАЛІЙ. INFLUENCE OF FERTILISATION ON SPRING BARLEY PRODUCTIVITY..... 13

MOSKALENKO D.S., LOMAKO O. V MERKMALE DER WACHSENDEN LYALEMANTSIA 15

КЛИБАНСЬКИЙ МАКСИМ. THE ROLE OF THE VARIETY IN THE FORMATION OF SEED PRODUCTIVITY OF PLANTS..... 16

КРУГЛОВ БОГДАН. GROWTH AND DEVELOPMENT OF GRAIN SORGHUM UNDER CONDITIONS OF FOLIAR FERTILISATION..... 17

MOSKALENKO D.S., HRYNIUK DAR'IA, SINKEVYCH M. V. MERKMALE DES ANBAUS UND TECHNOLOGISCHE MERKMALE DES ANBAUS VON MACLEA..... 19

МІЗЕРАКА ЯРОСЛАВ. THE INFLUENCE OF SEEDING RATES ON THE PRODUCTIVITY OF PEAS..... 20

МЕЛЬНИК НАЗАРІЙ. INFLUENCE OF MACRO- AND MICROFERTILISERS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF MAIZE..... 22

ШЕФКІН Артур. DISTRIBUTION AND DIRECTIONS OF WINTER RYE (*Secale cereale* L.) 24

SHAPOVALENKO A. CASTOR OIL IS A DANGEROUS AND VALUABLE PLANT..... 25

ПІРОГ ДЕНИС. FEATURES OF WEED CONTROL IN SOYBEAN CROPS..... 27

ТКАЧЕНКО РОМАН DISTRIBUTION AND ECONOMIC IMPORTANCE OF PEA CROPS..... 28

СЕКЦІЯ 2. ГЕНЕТИКИ, СЕЛЕКЦІЇ РОСЛИН ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ 30

KATSAVAL V. A., SMOLIN B. O., USE OF BIOTECHNOLOGICAL METHODS IN BREEDING SUGAR BEET..... 30

MUSHENKO V. M., STAKHOV I. IU., SUSHKEVYCH V. O., ECONOMIC IMPORTANCE AND BREEDING OF ROOT CHICORY..... 31

GONCHARUK O. O., KACHUR A. R. ANALYSIS OF HYBRID POPULATIONS *TRITICUM AESTIVUM* L. × *TRITICUM SPELTA* L. BY YIELD CAPATHITY 33

СЕКЦІЯ 3. АГРОХІМІЇ І ГРУНТОЗНАВСТВА

ЛУЦЕНКО Є. С. ПРОДУКТИВНІСТЬ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ..... 35

ГАВА Д. В. ДИНАМІКА ВМІСТУ МІНЕРАЛЬНОГО АЗОТУ У ГРУНТІ ПІД ПШЕНИЦЕЮ ЯРОЮ ЗА РІЗНИХ НОРМ АЗОТНИХ ДОБРИВ 36

НОСОВ В. Ю. ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ ГРУНТУ ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ БУРЯКУ ЦУКРОВОГО..... 37

СЕКЦІЯ 4. ЗАГАЛЬНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

PINDUS Zoya. ANALYSE DE LA ROTATION DES GRANDES CULTURES DANS LA RÉGION

ДОДАТОК А

Literature:

1. Українець А. І., Штангеєва Н. І., Клименко Л. С. Технології цукропродуктів і цукрозамінників: навч. посібник. Київ: НУХТ, 2009. 231 с.
2. Красняк О. П., Амонс С.Е, Ринок цукру: проблеми та перспективи *Ефективна економіка*. 2020. № 1. http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/1_2020/66.pdf
3. Чорна Т., Гусятинська Н. Споживання цукру: світові тренди. *Товари і ринки*. 2023. № 3. С. 33–38.
4. Петренко С. Д., Петренко О. В. Кормовиробництво: електронний підручник. chrome://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://agroscience.com.ua/sites/default/files/library/files/user585/kormovyrobnyctvo.pdf
5. Калетнік Г. М. Виробництво та використання біопалив: Підручник. Вінниця: Консоль, 2015. 408 с.
6. Любченко І. О., Рябовол Л. О., Любченко А. І. Використання культури *in vitro* в адаптивній селекції рослин. *Збірник наукових праць УНУС*. 2016. Вип. № 88. С. 126–139.
7. Поліщук В В., Карпук Л М., Пушка І. М., Сержук О. П., Поліщук Т. В. Стерилізація рослинного матеріалу буряка цукрового в залежності від типу стерилізатора, концентрації і експозиції стерилізації *in vitro*. *Вісник Уманського НУС*. 2015. № 1. С. 71–76.
8. Редько В. І., Роїк М. В., Недяк Т. М., Бех Н. С., Слуцька Н. П. Повільно ростучі *in vitro* колекції цукрових і кормових буряків як метод збереження їх генетичного різноманіття. *Збірник наукових праць Інституту цукрових буряків*. 2008. № 10. С. 231–234.
9. Чугункова Т. В Використання клітинної селекції для створення стійких форм буряків. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2009. Т. 41. № 6. С. 509–515 С.
10. Кляченко О. Л. Комплексна селекція *in vitro* буряків цукрових (*Beta vulgaris* L.) на посухостійкість та солестійкість. *Біологічні системи*. 2018. Т. 10. Вип. 1. С. 14–19.
11. Коломієць Ю. В. Кляченко О. Л., Ващенко Л. М. Використання індукованого мутагенезу в селекції стійких до бактеріозів цукрових буряків. *Науковий вісник Ужгородського університету: серія Біологія*. 2006. Вип. 18. С. 137–143.
12. Рябовол Л. О., Рябовол Я. С. Створення вихідного гаплоїдного та гомодиплоїдного матеріалу буряка цукрового з використанням гіногенетичної стимуляції. *Вісник Уманського НУС*. 2012. №1–2. С. 43–50.

ECONOMIC IMPORTANCE AND BREEDING OF ROOT CHICORY

Mushenko V. M., 14-м-а group, Faculty of Agronomy
Stakhov I. Iu., 15-м-а group, Faculty of Agronomy
Sushkevych V. O., 16-м-а group, Faculty of Agronomy
Scientific advisor – Candidate of Agricultural Sciences, Liubchenko A. I.

Biological features and chemical composition make root chicory (Chichorium intybus L.) a valuable agricultural crop for various purposes. The main storage substance of chicory roots is inulin. Inulin (C6H10O6) is a substance that belongs to the group of carbohydrates, is a white powder, soluble in water, which has significant hygroscopicity. It has a slightly sweet taste. Under the action of dilute acids, it is hydrolyzed with the formation of α-fructose and a small amount of glucose. A solution of inulin upon hydrolysis forms fructose and glucose in a ratio of 12:1. The

ДОДАТОК А

amount of inulin in root crops is 14–16 % (and up to 20 %). In addition, raw root juice contains 2.0–3.0 % fruit sugar, 1.2–4.0 % protein, 0.6 % essential oil [1–3].

Humanity has been growing chicory since ancient times. At first it was used only as a medicinal plant.

The high medicinal properties of chicory are due to the specific chemical composition of the raw material. Chicory roots are rich in water-dissolved inulin, a polysaccharide that is used in the diet of people with diabetes as a substitute for sugar and starch. These parts of the plant also contain the bitter-tasting glycoside intibin, resinous and tannic substances, organic acids, chicory, choline, proteins, fats, essential oils, vitamins A, B1, B2, C, PP, manganese, sodium, phosphorus [4–6].

The use of chicory is useful for people prone to diabetes, for the prevention of kidney and liver stones. Chicory preparations are widely used for the treatment of trophic ulcers, gastritis, bone fractures, rheumatism, heart disease, liver cirrhosis, hypochondria, inflammation of the pancreas. A decoction of chicory flowers is used as a sedative for neuroses, mental disorders and insomnia [7].

The popularity of chicory increased when at the end of the 18th century in Germany, as a result of heat treatment of chicory roots, a substitute for coffee was first made. Chicory drinks have a positive effect on the nervous, cardiovascular and digestive systems. Europeans liked the new drink, which was called «Prussian coffee». Large chicory plantations were planted in this region, and the first chicory-coffee factories appeared at the same time [8].

Chicory is used as a forage crop. Chicory leaves can be mowed three to five times during the growing season. Chicory roots are twice as nutritious as fodder beets. Chicory leaves and roots have medicinal properties and are used in veterinary medicine [9, 10].

Chicory is a valuable honey plant. The nectar productivity of one hectare of sowing is about 100 kg. In addition, chicory flowers do not stop releasing nectar in cold and rainy weather [11].

Recently, the use of chicory for the production of ethanol, as a source of an alternative type of biofuel, is promising. The yield of alcohol from one centner of root crops is ten liters. With the yield of root crops at the level of 30–40 t/ha, chicory is on a par with such highly productive energy crops as sorghum, sugar beets, and corn. In addition, the saccharification process of inulin is more complete and faster than that of starch, which makes it possible to reduce the cost of production by 1.5 times [12–14].

Despite the value of chicory, the areas of its cultivation remain insignificant. Chicory is grown abroad in the Czech Republic (7,000 ha), Belgium (9,000 ha), the USA (3,000 ha), Poland (3,000 ha) and other countries. In Ukraine, root chicory is grown on an area of 2.5–3 thousand hectares in Zhytomyr and Khmelnytskyi regions. Mainly, raw materials are processed into coffee-chicory products [15].

Only three varieties of chicory have been added to the State Register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine for 2023. Two varieties (Alexandrite and Chrysolite) were created by the French breeding company SAS Florimond Desprez Veuve et Fils. Tsezar varieties were created by scientists of the «Mayak» research station of the Institute of Vegetable and Melon Growing of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine [16].

In order to increase the cultivation of chicory, it is necessary to intensify work on the creation of new varieties. Modern varieties of chicory should ensure the yield of root crops at the level of 40–50 t/ha, have high quality products, be suitable for thickened crops and mechanized growing technologies. In addition, varieties must be adapted to negative environmental factors, resistant to diseases and pests.

Literature:

ДОДАТОК А

1. Jurgoński A., Milala J., Juśkiewicz J., Zduńczyk Z., Król B. Composition of chicory root, peel, seed and leaf ethanol extracts and biological properties of their non-inulin fractions. Food Technology and Biotechnology. 2011. Vol. 49. № 1. P. 40–47.
2. Борисюк В. О., Маковецький К. А., Яценко А. О. Взаємозв'язок сухої речовини та інуліну в коренеплодах цикорію коренеплідного. Цукрові буряки. 2001. № 3. С. 8–9.
3. Jangra S. S., Madan V. K. Proximate, mineral and chemical composition of different parts of chicory (Cichorium intybus L.). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2018. Vol. 7. Iss. 5. P. 3311–3315.
4. Бахмат М. І., Кващук О. В., Хоміна В. Я. Лікарське рослинництво: навч. Посібник. Камянець Подільський: ПП «Медобори-2006», 2011. 249с.
5. Abbas Z. K., Saggu S., Sakeran M. I., Zidan N., Rehman H. Ansari A. A. Phytochemical, antioxidant and mineral composition of hydroalcoholic extract of chicory (Cichorium intybus L.) leaves. Saudi Journal of Biological Sciences. 2015. № 22 (3). P. 322–326.
6. Upadhaya V. K., Pandey D., Singh S. P., Taj G. Chicory (Cichorium intybus): an ethno-medicinal herb with wide spectrum medicinal properties. Plant Secondary Metabolites For Human Health. 2021. № 12. P. 150–169.
7. Janda K., Gutowska I. Geszke-Moritz M. Jakubczyk K. The Common Cichory (Cichorium intybus L.) as a source of extracts with health-promoting properties – a review. Molecules. 2021. № 26. https://doi.org/10.3390/molecules26061814
8. Яценко А. О. Цикорій: біологія, селекція, виробництво і переробка коренеплодів. Умань: ФІЦБ, 2003. 157 с.
9. Бабич А. О. Кормові і лікарські рослини у XX–XXI століттях. Київ: Аграрна наука, 1996. 497 с.
10. Li G., Kemp P. D. Forage chicory (Cichorium intybus L.): a review of its agronomy and animal production. Advances in Agronomy. 2005. Vol. 88. P. 187–222.
11. Бондарчук Л. І. Атлас медоносних рослин України. Київ: Урожай, 1993. 272 с.
12. Гументик М. Я., Бондар В. С. Цукроносні культури як сировина для виробництва етанолу. Цукрові буряки. 2006. № 6. С. 20–21.
13. Єщенко О. В., Манько О. А. Світові тенденції виробництва біоетанолу та використання для цього в Україні як сировини буряків цукрових та цикорію коренеплідного. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2016. Вип. 88 (1). С. 156–164.
14. Бахмат М. І., Ткач О. В., Моргун А. В. Використання цикорію коренеплідного як біоенергетичної культури для виробництва біоетанолу. Таврійський науковий вісник. 2019. № 110. Т. 1. С. 14–18.
15. Сливченко А. М., Яценко А. О. Проблеми вирощування цикорію коренеплідного. Цукрові буряки. 2002. № 2. С. 20–21.
16. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. https://minagro.gov.ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslin

ANALYSIS OF HYBRID POPULATIONS *TRITICUM AESTIVUM* L. × *TRITICUM SPELTA* L. BY YIELD CAPATHITY

Goncharuk O. O., Kachur A. R., 14-m-a group, faculty of agronomy
Scientific advisor: candidate of agricultural sciences, associate professor Diordiieva I. P.