

І.В. Демчук, к.с.-г.н.

Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН України

## ОСОБЛИВОСТІ ПІДТРИМАННЯ ОЗДОРОВЛЕНИХ МІКРОКЛОНІВ КАРТОПЛІ В КОЛЕКЦІЯХ *IN VITRO*

Досліджено властивості оздоровлених клонових ліній картоплі в залежності від терміну культивування *in vitro*. Тривалість перебування сортозразків в умовах *in vitro* впливає на біологічні і сортові ознаки колекційних мікроклонів картоплі, а також може призводити до змін у структурній організації геномної ДНК.

**Ключові слова:** картопля, оздоровлення, мікроклони, термін культивування, колекція *in vitro*.

**Постановка проблеми.** Майже сорок років матеріал для відтворення еліти сортів картоплі в Україні отримують як на основі добору клонів, так і шляхом прискореного розмноження безвірусних мікроклонів, оздоровлених методами біотехнології. Оздоровлення кожного сорту – складний технологічний процес, який потребує значних матеріальних витрат і продовжується не менше двох років. Тому в науково-дослідних установах та селекційних центрах, де займаються створенням вихідного матеріалу картоплі для потреб первинного насінництва, доцільно підтримувати колекції мікроклонів оздоровлених сортів *in vitro*.

Спосіб підтримання таких колекцій шляхом послідовних живцювань, запропонований у 1970 році [1], є широкоживаним по цей день. Проте, серед науковців і практиків не існує однозначної думки щодо терміну культивування мікроклонів *in vitro*, впродовж якого колекційні зразки зберігають життєздатність і продуктивність, а відтак, і свою реальну цінність. Наприклад, у центрі біотехнологічних досліджень рослин «EVIKA» (Естонія) дійшли висновку, що зберігання генетичних ресурсів картоплі у вигляді меристемних рослин впродовж десятиліть не впливає на стабільність генотипів [2]. За іншим повідомленням [3, 4], деякі сорти неможливо було впізнати у польовій культурі після тривалого безперервного депонування пробіркових рослин на штучних середовищах з гормонами, ретардантами або консервуючими агентами. Повідомляють також [5], що одним з наслідків тривалого культивування рослин картоплі *in vitro* є майже повна втрата ними здатності укорінюватись при пересаджуванні у ґрунт.

З метою визначення терміну безпроблемного культивування мікроклонів в колекціях *in vitro*, та оптимізації умов підтримання колекції, в лабораторії вірусології Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва досліджено зміни, пов'язані з тривалістю культивування картоплі *in vitro*. У статті систематизовано дані спостережень за різновіковими мікроклинами оздоровлених сортів картоплі, отримані впродовж 2002-2011 років.

**Методи досліджень.** Пробіркові рослини колекційних клонових ліній підтримувались на базовому агаризованому середовищі Мурасіге-Скуга шляхом послідовних живцювань у стандартних умовах [6]. Вірусологічний контроль здійснювали методом електронної мікроскопії та ІФА.

Бульбове потомство досліджуваних мікроклонів вирощували на дворядкових ділянках у відкритому ґрунті. Колекційні мікроклони сортів Повінь та Луговська (терміни перебування *in vitro* 2 з половиною та 18 років) порівнювали з відповідними безвірусними мікроклонами, щойно введеними *in vitro*, а також з елітними клонами цих сортів. Порівняння різновікових клонових ліній з елітним матеріалом за продуктивністю проводили, починаючи з другої бульбової репродукції досліджуваних ліній.

Статистичний аналіз отриманих результатів здійснювали за допомогою пакету комп'ютерних програм STATISTICA 6.0.

**Результати та їх обговорення.** Відомо, що під тиском специфічних умов культивування пробіркова рослина формується як «особливий культуральний фенотип», пристосований до даних умов і доцільний тільки в даних умовах [7]. Слід також мати на увазі, що мікроклон – сукупність рослин, отриманих шляхом живцювання від одного первинного регенеранта, – має дві характеристики віку. Під загальним віком мікроклона ми маємо на увазі термін від моменту отримання того самого регенеранта, «нащадки» якого культивуються як оздоровлений колекційний зразок. Загальний вік мікроклонів, що вивчались, становив від 25 до 1 року перебування в умовах *in vitro*. На відміну від загального віку мікроклона, кожна окрема рослина, сукупність яких на даний час складає цей мікроклон, має власний вік і живе від живцювання до живцювання 3-4 тижні.

Отже, мікроклон слід розглядати як єдиний живий організм в часі, що безперервно росте, старіє, та, пристосовуючись до найменших змін умов культивування, змінюється сам. Основними проблемами, як і основними причинами вибраковки зразків, при культивуванні колекції мікроклонів оздоровлених сортів слід вважати нагромадження в рослинах бактеріальних і

вірусних інфекцій, а також природне старіння зразків.

Так, мікроклони, що культивувались *in vitro* понад 10 років, мають звичайний фенотип пробіркової рослини, без проблем утворюють мікробульби, але майже повністю втрачають здатність жити в інших умовах. Коефіцієнт приживання рослин таких зразків у ґрунті має зворотну залежність від їх загального віку і становить менше 15% у відкритому та 21,4-60,0%

у захищеному ґрунті. В окремих випадках отримати бульбове потомство старих зразків можна було тільки через висаджування розсади з пророщених мікробульб.

Рослини другого бульбового покоління колекційних зразків, що перебували *in vitro* понад 10 років, мають уповільнені темпи росту, аномально малий габітус і коефіцієнт розмноження 1,0-2,9 при масі клону від 11,8 до 72,1 г. (табл. 1).

Таблиця 1

**Продуктивність бульбових поколінь мікроклонів за тривалого перебування *in vitro***

Сорт	Термін культивування <i>in vitro</i> , років	Коефіцієнт розмноження в бульбових поколіннях		Продуктивність клонів другого бульбового покоління	
		першому	другому	маса, г	кількість бульб
Ласунак	16	1,4	2,9	72,1 ± 8,55	2,9 ± 0,30
Витязь	13	0,5	1,0	11,8 ± 1,46	1,0 ± 0,00
Нестерівська	18	0,4	2,3	23,8 ± 5,32	2,3 ± 0,49

Подібні результати були отримані групою російських вчених [8], які вважають, що зміни гормонального статусу рослин, які відбуваються під впливом тривалого культивування *in vitro*, є однією з причин слабого розвитку їхньої кореневої системи і низького рівня адаптаційних процесів.

Іншою з можливих причин зниження життєздатності і продуктивності старих колекційних мікроклонів, ми вважаємо, ендодітне бактеріальне забруднення культури. Як правило, відбувається внаслідок порушення технологічних умов: в рослинах швидко розмножуються або привнесені (наприклад, з погано проавтклавованого середовища), або «власні» бактерії. Картоплі, як і іншим рослинам, притаманна певна ендодітна мікрофлора (так звані «potato-associated bacteria» [9]). Ці бактерії під час ініціації культури *in vitro* можуть лишатися в експлантах і регенерантах та розповсюджуватись під час мікроклонування. В природних умовах ендодітні бактерії утворюють з рослиною-господарем стійкі асоціації на основі мутуалістичних взаємин, а в специфічних умовах *in vitro* ця рівновага порушується, що може призводити до аномалій у розвитку рослин. Вплив бактерій на рослину-господаря в культурі тканин залежить від концентрації бактеріальних клітин і може проявлятися у широкому спектрі – від повного пригнічення, що є однією з причин втрати життєздатності пробіркових рослин, до стимуляції росту рослин, що виражається, зокрема, у кращому розвитку кореневої системи рослини *in vitro*. Звичайно бактерії розмножуються до критичних концентрацій тоді, коли рослина знаходиться у стресовому стані (наприклад, культивування при підвищеній температурі). З пробіркових рослин колекційних мікроклонів виділено асоціації, утворені бактеріями родів *Bacillus*, *Clavibacter* та *Pseudomonas* [10]. Зрозуміло, що ризик зростання концентрації бактерій в рослинах росте із збільшенням терміну культивування

мікроклонів. Нагромадження внутрішньої бактеріальної інфекції є причиною бракування колекційних зразків у 48,8% випадків.

Щорічні вірусологічні перевірки колекції методом електронної мікроскопії показали, що з часом у колекційних мікроклонах, що підтримуються *in vitro* шляхом послідовних живцювань, може діагностуватись вірусна інфекція, яка не виявлялась зразу після оздоровлення [11]. Отримані нами дані узгоджуються з даними інших дослідників [12-14]. Вважають, що це та інфекція, репродукція якої була тимчасово подавлена, або та, яка в попередньо тестованих рослинах лишалась невиявленою тому, що була в концентраціях нижче порогу чутливості методів тестування [12], а з часом під дією стресових для рослин умов (наприклад, перепади температури культивування), накопичилась до концентрації, що дозволяють її виявити. Віруси можуть перебувати також у дефектній формі [13, 14].

В наших дослідженнях виявлення вірусних часток при чергових перевірках було причиною бракування колекційних мікроклонів у 44,2% випадків. Як правило, інфіковані рослини *in vitro* візуально не відрізняються від здорових і чудово ростуть як на поживних середовищах, так і у ґрунті. Але, на відміну від здорових, продуктивність хворих рослин при репродукуванні в ґрунті дуже швидко знижується. Так, урожай інфікованої клонової лінії сорту Беллароза впродовж трьох років досліджень знижувався зі 139,8 % до 83,3 % порівняно з вихідними неоздоровленими клонами, що слугували контролем.

Продуктивність колекційних мікроклонів знижується також внаслідок їх природного старіння, про що свідчать трирічні дані порівняння урожаю різновікових клонових ліній двох сортів. Мікроклон П-1 сорту Повінь перебував *in vitro* 2,5 роки, а Л-1 сорту Луговська – 18. Рослини було розмножено та висаджено у відкритий ґрунт. Для порівняння було висаджено

рослини мікроклонів цих же сортів (П-2 та Л-2 відповідно), термін перебування *in vitro* становив півроку. Встановлено, що відмінності між клоновими лініями обох сортів у першому

бульбовому поколінні за масою клонів і кількістю бульб під кущем є статистично достовірними (табл. 2).

Таблиця 2  
Порівняння продуктивності різновікових ліній колекційних зразків у першому бульбовому поколінні

Сорт	Лінія	Продуктивність клону		Коефіцієнт варіації, %	
		кількість бульб, од.	маса, г	за кількістю бульб	за масою клону
Повінь	П-1	5,7 ± 0,41	152,3±22,18	24,7	42,4
	П-2	<b>4,3 ± 0,29*</b>	<b>264,2±23,74*</b>		
Луговська	Л-1	3,2 ± 0,37	22,6±3,23	43,7	75,3
	Л-2	<b>6,4 ± 0,75*</b>	<b>117,6±10,75*</b>		

Примітка. \* виділено значення, які достовірно відрізняються за *t*-тестом ( $p \leq 0,05$ )

Різниця у масі клонів обох ліній одного сорту тим більша, чим більша різниця у загальному віці ліній (індивідуальний, або власний, вік рослин всіх ліній був однаковий – 24-25 днів). Коефіцієнт варіації для ліній сорту Повінь, де різниця у загальному віці мікроклонів становить 2 роки, свідчить про середній рівень варіювання ознак. Коефіцієнт варіації для ліній сорту Луговська, де вікова різниця між мікроклонами становить 17,5 років, за кількістю бульб свідчить про високий рівень варіювання, а за масою клону – про дуже високий рівень варіювання ознаки.

За результатами дворічних порівнянь продуктивності досліджуваних ліній з урожаєм елітних клонів відповідних сортів (ЕК) зроблено висновок, що лінії П-2 та Л-2 не поступаються або перевищують урожай ЕК як за масою клонів, так і за кількістю бульб. Рослини колекційного зразка П-1 не поступаються за урожаєм ЕК, лише незначно зменшуючи кількість бульб під кущем, а у рослин, що походять з колекційного зразка Л-1 у другому бульбовому поколінні спостерігається суттєве зменшення маси клонів, що призводить до недобору середнього урожаю (табл. 3, 4).

Таблиця 3

Продуктивність різновікових клонових ліній у порівнянні з елітним матеріалом

Сорт	Клонова лінія	Маса клону в бульбових поколіннях, г		Середнє за 2 роки	
		другому	третьому	г	%
Повінь	ЕК	688,5 ± 43,19	654,8 ± 102,22	670,1 ± 57,98	100,0
	П-1	576,3 ± 51,09	854,6 ± 43,77	728,1 ± 44,39	108,7
	П-2	<b>750,5 ± 39,30*</b>	882,9 ± 63,73	<b>822,7 ± 40,85*</b>	122,8
Луговська	ЕК	657,6 ± 34,15	691,8 ± 54,29	676,2 ± 32,91	100,0
	Л-1	<b>120,3 ± 18,95*</b>	859,0 ± 71,33	523,2 ± 89,25	77,4
	Л-2	<b>483,8 ± 34,92*</b>	<b>861,8 ± 50,81*</b>	690,0 ± 51,59	102,1

Примітка. \* виділені значення, що достовірно відрізняються від ЕК за *t*-тестом

Таблиця 4

Кількість бульб у клонах різновікових ліній у порівнянні з елітним матеріалом

Сорт	Клонові лінії	Кількість бульб в бульбових поколіннях, од.		Середнє за 2 роки	
		другому	третьому	шт.	%
Повінь	ЕК	9,2 ± 0,73	8,8 ± 0,74	9,0 ± 0,51	100,0
	П-1	<b>8,6 ± 0,79*</b>	7,8 ± 0,52	8,2 ± 0,45	91,1
	П-2	<b>11,9 ± 0,43*</b>	<b>11,3 ± 0,41*</b>	<b>11,5 ± 0,30*</b>	127,8
Луговська	ЕК	7,8 ± 0,39	10,5 ± 0,93	9,3 ± 0,60	100,0
	Л-1	<b>4,5 ± 0,50*</b>	11,8 ± 0,69	8,5 ± 0,90	91,4
	Л-2	<b>5,4 ± 0,52*</b>	11,4 ± 1,00	8,7 ± 0,88	93,5

Примітка. \* виділені значення, що достовірно відрізняються від ЕК за *t*-тестом

Результат однофакторного дисперсійного аналізу переконливо доводить, що на продуктивність першого та другого бульбових поколінь колекційних зразків істотно впливає їх загальний вік, тобто термін їх перебування *in vitro* (табл. 5). Колекційні клонові лінії відновлюють свій продуктивний потенціал у третьому бульбовому поколінні, що відповідає рівню супереліти (або еліти за іншими схемами). В

середньому за 2 роки порівнянь з елітними клонами недобір урожаю колекційного зразка сорту Луговська був суттєвим і склав 22,6%. Продуктивність колекційного зразка сорту Повінь була на рівні елітних клонів.

Сорт Санте (AGRICO) відомий українським картоплярам більше двох десятиків років. Він дуже пластичний і вирощується у багатьох країнах. Нам довелося спостерігати суттєві відмінності

між клоновими лініями різного походження не тільки за масою і кількістю бульб, але й за їх формою і кольором м'якуша. Не виключено, що ці відмінності є результатом тривалого культивування матеріалу *in vitro*. Нами описано [15] результати ампліфікації геномної ДНК мікробульб різновікових клонових ліній сорту

Санте з RAPD-праймерами. Продукти реакції мікроклонів, які перебували *in vitro* від 5 до 25 років, відрізнялись кількістю утворених фрагментів, що свідчить про відмінності у структурі ДНК цих ліній.

Таблиця 5

**Результати статистичного аналізу фактору впливу тривалості культивування *in vitro* на показники продуктивності мікроклонів в бульбових поколіннях (ANOVA)**

Сорт	Різниця у загальному віці ліній, років	Бульбові покоління					
		перше		друге		третє	
		<i>p</i>	$\eta$ , %	<i>p</i>	$\eta$ , %	<i>P</i>	$\eta$ , %
Повінь	2	0,003338	42,57	0,014573	28,86	0,717508	0,61
Луговська	17,5	0,000029	89,96	0,000000	82,30	0,974481	0,00

Аналізуючи багаторічні результати, можемо пропонувати заміну безперервного послідовного живцювання рослин як способу підтримання колекційних зразків *in vitro* «періодичним» способом їх культивування. Цей спосіб, на відміну від першого, дозволяє мікророслинам проходження основних етапів онтогенезу: фази активного росту живця, фази уповільнення росту та переходу до бульбоутворення, бульбоутворення, періоду глибокого спокою мікробульб та пробудження мікробульб з наступним 3-4-кратним живцюванням рослин. Цей спосіб є більш наближеним до природних ритмів, але разом з тим є також цілком стерильним і зберігає всі переваги культивування *in vitro*.

**Висновки.** Систематизуючи результати описаних досліджень, дійшли висновку, що колекційні зразки оздоровлених сортів можуть

безперервно культивуватися *in vitro* не більше трьох років за умови періодичного вірусологічного та мікробіологічного контролю їх стану і суворого дотримання всіх вимог технології вирощування картоплі *in vitro*. Суттєве зниження адаптивного і продуктивного потенціалу клонових ліній за тривалого перебування картоплі *in vitro* відбувається внаслідок змін гормонального статусу рослин, ускладнених взаємодією пробіркових рослин з бактеріями і вірусами; під впливом комплексу специфічних умов *in vitro* можуть відбуватись зміни у структурі геномної ДНК.

Колекційні зразки, які перебували *in vitro* понад 10 років, втратили свою цінність як оздоровлений вихідний матеріал картоплі.

**Перспективи подальших досліджень.** Необхідно відпрацювати методи тривалого збереження зразків картоплі *in vitro*.

**Список використаної літератури**

1. Винклер Г. Н. Применение черенкования безвирусных растений картофеля методом культуры меристем / Г. Н. Винклер, Р. Г. Бутенко // Физиология растений. – 1970. – Т.17, № 4. – С. 851-853.
2. Коткас К. Сохранение генетических ресурсов картофеля *in vitro* / К. Коткас // Новое в семеноводстве картофеля. Материалы научно-практической конференции, посвященной памяти ученого-семеновода И.И.Адамова (14-16 июля 2000 г.). – Минск. – 2000. – С. 18.
3. Мусин С. М. Итоги и перспективы создания безвиридного генобанка картофеля / С. М. Мусин, В. В. Бойко, А. В. Бабоша, О. А. Кондакова, Ю. Ф. Дрыгин // Научные труды: Вопросы картофелеводства. Материалы научно-практической конференции «Научное обеспечение картофелеводства России: состояние, проблемы» (к 70-летию ВНИИКХ). – М.: ВНИИКХ, 2001. – С. 262-276.
4. Мусин С. М. Мифы, ошибки и фальсификации в истории селекции картофеля / С. М. Мусин // Достижения науки и техники АПК. – 2004. – № 6. – С. 28-35.
5. Мардамшин А. Г. Влияние длительности культивирования картофеля *in vitro* на приживаемость растений при переходе от гетеротрофного питания к автотрофному / А. Г. Мардамшин, Г. Г. Шарафутдинова // Биотехнология. – 2000. – №3. – С. 38-41.
7. Принципы и методы получения безвирусного семенного и посадочного материала основных сельскохозяйственных культур: Методические указания / Ю. М. Шелудько, Ю. И. Власов, С. В. Щербакова и др. – М.: ВАСХНИЛ. – 1981. – 44 с.
8. Реуцкий В. Г. Жизнеспособность растений картофеля *in vitro*. Анализ проблемы и методика оценки / В. Г. Реуцкий, П. А. Родионов, Е. С. Зубей, Н. С. Ашихмина // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. Центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». – Минск, 2007. – Т. 12. – С. 93-104.
9. Шарафутдинова Г. Г. Сравнительный анализ гормонального баланса растений картофеля различной длительности культивирования *in vitro* / Г. Г. Шарафутдинова, А. Г. Мардамшин, А. Р. Мустафина, Г. Р. Кудоярова // Вестник Башкирского университета. – 2001. – № 2 (II). – С. 133-135.
10. Hollis J.P. Bacteria in healthy potato tissue / J.P. Hollis // Phytopathology. – 1951. – № 44. – P. 351-366.

11. Фітопатогенні бактерії. Фітонцидологія, алелопатія: Зб. статей учасників Міжнародної наукової конференції (4-6 жовтня 2005 р., м. Київ). – Житомир: Державний агроекологічний університет, 2005 / Демчинська М. І., Демчук І. В., Петренко О. М., Волкова І. В., Мороз С. М. Ендофітні бактерії, які спричиняють аномалії розвитку рослин картоплі при мікроклональному розмноженні - С. 34-37.
12. Демчук І. В. Проблеми оздоровлення картоплі методами біотехнології / І. В. Демчук, М. М. Зарицький // Сільськогосподарська мікробіологія: Міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Чернігів: ЦНТЕІ, 2010. – Вип. 10. – С.179-194.
13. Жукова М. І. Особенности экологии вируса скручивания листьев картофеля в Белоруссии / М. И. Жукова // Биоресурсы и вирусы: II Міжнародна конференція. – К.: Фітосоціоцентр, 1998. – С. 81.
14. Мамчур А. Е., Станова О.М., Погорилько Н. А., Зарицький Н. М. К вопросу о природе возбудителя скручивания листьев на картофеле, оздоровленном методом культуры меристем // IX Всесоюзное совещание по иммунитету растений к болезням и вредителям. Минск, сентябрь 1991 г. – Минск, 1991. – Т. II. – С. 186-187.
15. Нурмисте Б. Х. Метод меристемнотканевой культуры в семеноводстве картофеля с точки зрения наследственной вирусной инфекции / Б.Х.Нурмисте // Современные проблемы семеноводства картофеля на безвирусной основе – Владивосток, 1985. – С. 18-23.
16. Демчук І. В. Вплив терміну культивування *in vitro* на властивості оздоровлених мікроклонів картоплі / І. В. Демчук // Аграрна наука і освіта. – 2007. – Т. 8, № 5-6. – С. 32-37.

*Исследованы свойства оздоровленных клоновых линий картофеля в зависимости от сроков культивирования in vitro. Продолжительность пребывания сортообразцов в условиях in vitro влияет на биологические и сортовые признаки коллекционных микроклонов картофеля, а также может приводить к изменениям в структурной организации геномной ДНК.*

*Ключевые слова:* картофель, микроклоны, срок культивирования, коллекция in vitro.

*Properties of virus-free potato meristem clones are investigated subject to terms of in vitro cultivation. Duration of in vitro period has influence on biological and variety properties of potato meristem clones and can change the structure of genomic DNA.*

*Key words:* potato, potato meristem clones, the period of cultivation, the in vitro collection.

Дата надходження в редакцію: 01.03.2012 р.

Рецензент Н.С. Кожушко.

УДК 575.222.73:581.1:633.11

**О.Л. Січняк**, к.б.н., доцент

**В.А.Топтіков**, к.б.н., доцент, старший науковий співробітник

**А.А. Поліненко**, студентка

**В.Ю. Давіденко**, студентка

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

### **СОЛЕСТИЙКІСТЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ СПЕКТРІВ ПЕРОКСИДАЗИ ТА ЕСТЕРАЗИ У ПШЕНИЧНО-ЧУЖОРІДНИХ ГІБРИДІВ ЗА УМОВ СОЛЬОВОГО СТРЕСУ**

*У гетерогенній популяції гібридів F<sub>2</sub> між чутливими до хлориду натрію сортами м'якої пшениці та неповними пшенично-пирійними амфідиплоїдами НАД 1 (Triticum aestivum × Thinopyrum ponticum) і НАД 2 (T. aestivum × Th. intermedium) виділені гібриди, які характеризуються середньою стійкістю до сольового стресу. Виділені гібриди відрізняються від чутливих форм за характером зміни спектру пероксидази і естерази в умовах сольового стресу.*

*Ключові слова:* пшениця, Thinopyrum, амфідиплоїди, сольовий стрес, пероксидаза, естераза.

**Постановка проблеми, аналіз останніх досліджень та публікацій.** За оцінкою Міжнародного Ґрунтового центру (Нідерланди), в результаті діяльності людини вже деградувало більш як 15 % усієї площі світової суші, в тому числі близько 12 % – засолено через неправильне зрошення [1]. Актуальна ця проблема і для України, особливо її півдня, де обмежена кількість опадів, розвинута зрошувальна система, велика кількість штучних водоймищ приводять до засолення ґрунтів. Нині

14,8 % загальної площі поливних земель в Україні піддані ерозії, 1,5 % - перезволоженню, більш 4 % є солонцюватими і засоленими. Збільшення мінералізації ґрунтових вод загрожує вторинним засоленням земель [2]. Іригація і підйом рівня води концентрують солі в зоні кореня хлібних злаків. Більшість видів польових культур надзвичайно чутливі до солі і, отже, їхні врожаї обмежені на засолених землях. Одним з рішень даної проблеми є розвиток толерантних до солі культур.