

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЯВІВ КИСНЕВОГО ЕФЕКТУ У ХРОНІЧНО ОПРОМІНЕНОГО НАСІННЯ ГОРОХУ

Досліджено формування кисневого ефекту післядії хронічного опромінення насіння як результату накопичення та зберігання в сухому насінні вільних радикалів. Кисневий ефект проявляється переважно на початкових етапах розвитку зародка. Показана можливість модифікації проявів кисневого ефекту речовинами з антиоксидантними властивостями.

Кисневий ефект полягає у посиленні пошкоджуючої дії іонізуючого випромінювання на живі тканини в присутності кисню, що пояснюється здатністю індукованих іонізуючим випромінюванням вільних радикалів утворювати з киснем шкідливі перекисні сполуки [4–6].

Посилення дії іонізуючого випромінювання на живі об'єкти в присутності кисню може спостерігатись і на забруднених радіонуклідами територіях, де рослинний покрив перебуває в умовах хронічного опромінення.

Вплив хронічного опромінення на насіння рослин проявляється як безпосередньо в пошкодженні різних структур і, найголовніше, хромосом, зародка, так і в накопиченні вільних радикалів, що можуть тривалий час зберігатись в ньому. Вільні радикали пізніше при проростанні насіння взаємодіють з киснем оточення і утворюють надзвичайно токсичні перекисні сполуки, що значно посилює негативний вплив іонізуючого випромінювання.

Можна передбачити, що реалізація кисневого ефекту повинна найбільше проявлятися на етапі проростання насіння і буде залежати від кількості доступного кисню. А це, в свою чергу, залежить від особливостей ґрунту та його вологості. Таким чином, особливості аерації ґрунту можуть впливати на реалізацію післядії опромінення. Природні популяції рослин, що існують на різних за аерацією ґрунтах навіть за умови однакового рівня радіоактивного забруднення, опиняються під різним навантаженням.

Матеріали і методи

Досліджували насіння гороху (сорт Чернігівський), який протягом 7 місяців опромінювали гамма-променями від капсули з розчином $^{137}\text{CsNO}_3$

при потужності дози 14,2 мР/год. Сумарна доза опромінення становила 7 Гр. Неопромінене насіння слугувало контролем. Насіння гороху перед пророщуванням замочували на 12 годин у воді. Вміст кисню у воді змінювали штучно дегазацією (попереднім кип'ятінням) та аерацією води. Останню здійснювали за допомогою постійного барботування повітрям, що давало змогу збільшити вміст розчиненого кисню у воді до 3 % при температурі +23 °С.

Рослини вирощували на звичайній воді до двотижневого віку, тобто доти, поки розвиток відбувається за рахунок поживних речовин сім'ядолей. Вплив кисню оцінювали за схожістю, енергією проростання, довжиною та накопиченням біомаси 14-денними проростками.

Модифікацію кисневого ефекту проводили з використанням природних антиоксидантів. З цією метою насіння перед пророщуванням замочували на 12 годин у 2%-ному водному екстракті плодів шипшини собачої (*Rosa canina* L.), що мають антиоксидантні властивості, обумовлені вмістом речовин фенольної природи [3].

Результати і обговорення

На початкових етапах розвитку рослин реалізується пошкоджуюча дія несприятливих факторів і, зокрема, опромінення насіння. Результати, наведені у табл. 1, свідчать про вищі показники проростання у хронічно опроміненого насіння. Слід зазначити, що при малих дозах (для гороху — 3–7 Гр) спостерігаються ефекти радіостимуляції, які виявляються у прискоренні росту та накопиченні біомаси. За А. М. Кузнім, в основі ефекту радіостимуляції лежать збільшення проникності мембран та накопичення відповідальних за дерепресію генів тригер-

ефекторів, природа яких до кінця ще не з'ясована [2].

Для виявлення кисневого ефекту у хронічно опроміненого насіння та можливостей його корекції було проведено два досліди.

В наших експериментах ми не створювали різні концентрації кисню протягом всього періоду хронічного опромінення, а варіювали його концентрацією в середовищі проростання в період переходу насіння від стану спокою до активного розвитку. Така постановка експерименту, на нашу думку, може вважатися коректною з огляду на специфіку об'єкта — сухе насіння. Відомо, що після опромінення в сухому насінні тривалий час зберігаються вільні радикали [1],

що згодом можуть проявити себе після зволоження і початку розвитку зародка.

Результати проростання опроміненого і контрольного насіння гороху за різних умов аерації середовища наведені у табл. 1. Енергія проростання і загальна схожість хронічно опроміненого насіння достовірно зменшувалась у присутності кисню. Замочування у воді, збагаченій киснем, дещо зменшувало енергію проростання неопроміненого насіння, хоча і не впливало на загальну схожість.

Збільшення кисню в середовищі замочування не впливало на ріст коренів, але незначно стимулювало ріст стебел і накопичення ними біомаси (таблиці 2 і 3). У випадку з хронічним опро-

Таблиця 1

Вплив аерації на проростання насіння гороху в нормі та за умов хронічного опромінення

Варіант	Енергія проростання, %	Коефіцієнт впливу	Схожість, %	Коефіцієнт впливу
Контроль + дегазована вода	48,8 ± 0,3	<u>1,000</u>	63,1 ± 0,4	<u>1,000</u>
Контроль + аерована вода	44,8 ± 0,2	0,918*	62,4 ± 0,2	0,989
Хр. опром. + дегазована вода	76,1 ± 0,2	<u>1,000</u>	86,3 ± 0,1	<u>1,000</u>
Хр. опром. + аерована вода	65,3 ± 0,1	0,858*	75,2 ± 0,2	0,871*

Таблиця 2

Вплив аерації середовища проростання на довжину 14-денних проростків гороху в нормі та за умов хронічного опромінення

Варіант	Довжина стебла, мм	Коефіцієнт впливу	Довжина кореня, мм	Коефіцієнт впливу
Контроль + дегазована вода	222,2 ± 1,66	<u>1,000</u>	113,3 ± 3,59	<u>1,000</u>
Контроль + аерована вода	257,3 ± 6,80	1,158*	118,1 ± 4,30	1,043
Хр. опром. + дегазована вода	297,2 ± 4,71	<u>1,000</u>	133,1 ± 3,20	<u>1,000</u>
Хр. опром. + аерована вода	294,4 ± 7,14	0,991	131,3 ± 3,02	0,986

Таблиця 3

Вплив аерації середовища проростання на накопичення біомаси 14-денними проростками гороху в нормі та за умов хронічного опромінення

Варіант	Суха вага 10 стебел, г	Коефіцієнт впливу	Суха вага 10 коренів, г	Коефіцієнт впливу
Контроль + дегазована вода	0,460 ± 0,014	<u>1,000</u>	0,275 ± 0,010	<u>1,000</u>
Контроль + аерована вода	0,643 ± 0,021	1,398*	0,324 ± 0,023	1,178*
Хр. опром. + дегазована вода	0,643 ± 0,029	<u>1,000</u>	0,282 ± 0,008	<u>1,000</u>
Хр. опром. + аерована вода	0,672 ± 0,009	1,045*	0,308 ± 0,012	1,092*

* Відмінність достовірна за критерієм Стьюдента ($P = 0,05$).

Таблиця 4

Вплив екстракту плодів шипшини *R. canina* L. на проростання насіння гороху в нормі та за умов хронічного опромінення

Варіант	Енергія проростання, %	Коефіцієнт впливу	Схожість, %	Коефіцієнт впливу
Контроль + вода	49,2 ± 0,4	1,000	67,1 ± 0,3	1,000
Контроль + екстракт шипшини	54,6 ± 0,3	1,110*	72,1 ± 0,2	1,075*
Хр. опром. + вода	62,2 ± 0,6	1,000	85,3 ± 0,1	1,000
Хр. опром. + екстракт шипшини	79,4 ± 0,3	1,274*	92,6 ± 0,3	1,086*

* Відмінність достовірна за критерієм Стьюдента ($P=0,05$).

мшенням різниця у вмісті кисню ніяк не впливала на довжину коренів і стебел гороху, слабо стимулювало накопичення біомаси рослин.

Дані, наведені у табл. 4, свідчать, що введення антиоксидантного екстракту стимулювало проростання насіння як у контролі, так і при опроміненні. За умов хронічного опромінення екстракт шипшини істотно збільшував енергію проростання. В нормі антиоксидантний препарат мало впливав на ростову реакцію рослин, навіть дещо стримував ріст у довжину стебел та коренів, стимулюючи при цьому накопичення ними біомаси. В умовах хронічного опромінення екстракт шипшини на ростові реакції гороху практично не впливав. Ймовірно, радіопротекторна дія екстракту могла найбільше виявитися саме на етапі проростання насіння внаслідок нейтралізації продуктів вільнорадикального окиснення.

За результатами проведених досліджень можна зробити два основних висновки.

По-перше, вплив кисню на "післядію хронічного опромінення" може проявлятися на одно-

му з початкових етапів розвитку рослин, а саме на етапі проростання.

По-друге, можлива корекція "післядії" хронічного опромінення антиоксидантними препаратами, що виявляється у кращій здатності насіння рослин до проростання.

Все це свідчить про те, що при проростанні опроміненого насіння в дію вступають вільні радикали, що зберігались у сухому насінні після опромінення. На цьому етапі при взаємодії з киснем середовища може проявлятися типовий кисневий ефект, корекція якого можлива введенням антиоксидантів.

Таким чином, проведені експерименти свідчать про те, що на територіях з підвищеним рівнем радіоактивного забруднення умови аерації ґрунту визначають реальну пошкоджуючу дію хронічного опромінення на насіння рослин, а це, в свою чергу, може проявитись у відмінностях виживання популяцій, що тривалий час ростуть за різних умов аерації ґрунту.

1. Бідзіля М. І. Вільні радикали в опроміненіх рослинах та насінні.— К.: Наукова думка, 1972.— 210 с.

2. Гродзинский Д. М. Радиобиология растений.— К.: Наукова думка, 1989 — 384 с.

3. Гродзинський А. М. та ін. Лікарські рослини: Енциклопедичний довідник.—К.: "Укр. Енциклопедія", 1992.— 544 с.

4. Гудков И. Н. Клеточные механизмы пострадиационного восстановления растений.— К.: Наук. думка, 1985.— 224 с.

5. Конгер А. Д. Биологическое последствие в облученных семенах и долгоживущие радикалы.— В кн.: Восстановление клеток от повреждений.— М.: Атомиздат, 1969. С. 46—55.

6. Adams J. D., Ni/an R. A., Gunthard H. M. After effect of ionizing radiation in barley II Northwest Sci., 1955.— V. 29.— N3, — P. 101 — 108.

Vyshenska I. G.

THE OXYGEN EFFECT INVESTIGATION OF CHRONICALLY IRRADIATED PEA SEEDS

The oxygen effect of chronically irradiated pea seeds has been investigated as a result of accumulation of free radicals in dry seeds. Oxygen effect was observed mainly at the first stages of embryo development. It was shown the possibility of oxygen effect modification by substances with antioxidant properties.