

ВПЛИВ РАДІОАКТИВНИХ РЕЧОВИН НА РОСЛИНИ

Ткач Г. М.

Технічний коледж ТНТУ ім. І. Пулюя

e-mail: tkach_halya@mail.ru

Аварія на ЧАЕС – одна з найкрупніших техногенних катастроф світу. За даними наукового комітету ООН із впливу атомної радіації, аварія на Чорнобильській АЕС спричинила викид у навколишнє середовище найбільшої кількості радіоактивних речовин за весь період використання ядерної енергетики і перетворила унікальні за чистотою території Полісся в зону екологічної катастрофи.

Під час аварії з реактора в атмосферу було викинуто до 100% радіоактивних благородних газів, 20-50% ізотопів йоду, 12-30% ^{134}Cs , ^{137}Cs , 3-4% ^{144}Ce , ^{95}Zn , ^{99}Mo , ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{103}Ru , ^{141}Ce , ^{154}Eu , ^{155}Eu , ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{241}Pu та інші легкі радіонукліди [8].

Відомо, що наземна рослинність є першим бар'єром, який затримує радіоактивні речовини [7]. Затримання рослинами твердих аерозолів залежить від фітомаси на одиницю площі, швидкості вітру, розміру аерозольних частинок, відносної вологості повітря, форми, розміру, властивостей поверхні листя та інших надземних органів рослин. Найбільшою біомасою на одиницю площі характеризуються лісові біоценози. Затримування радіочастинок лісом глобальних випадіннь складає 50 – 100%. Цей коефіцієнт може зменшуватися до 20% у листяних насадженнях після листопаду. За здатністю затримувати радіоактивні викиди елементи підстилаючої поверхні розташовуються у ряді: сосновий молодняк - середньовіковий сосняк - листяні ліси - луки і посіви - рілля.

Ступінь впливу іонізуючого випромінювання на рослини визначається потужністю джерела випромінювання, тривалістю його дії

на рослини [4].

Розрізняють гострий та хронічний вплив іонізуючого випромінювання на рослину. Під час гострого опромінення найбільше ушкоджуються клітини, що перебувають у стані активного поділу. У рослин виявлено також дистанційну дію випромінювання, коли з опроміненої частини в неопромінені переносяться речовини, здатні пошкоджувати меристеми [6,7].

Різні органи рослин по-різному реагують на опромінення: найчутливішими є генеративні, потім – органи, що на момент опромінення складаються із тканин, які активно діляться. При цьому, на рівні органів цілої рослини виявляються зміни архітекτονіки: змінюється морфологія трахей і трахеїд; у коренів посилюється розгалуження, порушується утворення корневих волосків. Може змінитись порядок розміщення листків, філотаксис, виникають фасціації, пухлинні утворення, іноді змінюється тип галуження. Окрім цього, має місце зміна форми листка, порядок жилкування; стимулювання утворення калюсу, що призводить до розвитку місцевих розростань або до появи бруньок в незвичних місцях. На місці таких розростань нерідко утворюються корінці. Іноді радіація вповільнює ріст або прискорює процеси цвітіння у рослин [3,7].

Слід зазначити, що летальний вплив радіації на рослинні клітини може відбуватися двома шляхами: через ушкодження їх генетичного апарату, що спричиняє репродуктивну загибель клітин, або за безпосереднього руйнування клітин. Щоб спричинити загибель клітин безпосередньо, необхідна доза в 3-4 рази більша, ніж для того, щоб позбавити її здатності до поділу. Іонізуюче випромінювання навіть у дуже великих дозах (1000-2000 Гр) не відразу вбиває вегетуючі рослини. Останні довго після опромінення можуть залишатися тургорними,

зеленими та, навіть, здатними накопичувати пластичні речовини, хоча здатність клітин меристеми до поділу вже безповоротно втрачена [4].

У рослин, що одержали дозу близьку до летальної, згодом можливе відновлення процесів життєдіяльності. Разом з тим, низькі дози, легко витримувані під час короткочасного опромінення, стають летальними за тривалої дії. Це так званий ефект накопичувальної дії радіації на рослину. Таким чином, загибель рослини після опромінення може реалізуватись як дуже віддалений етап променевого ушкодження [2, 3].

Вплив іонізуючого випромінювання на органи й тканини рослини залежить від поглинутої дози. Зі збільшенням поглинутої дози в меристемах можуть спостерігатися клітини збільшених розмірів, як наслідок затримки їх поділу. Це призводить до передчасної їх диференціації і прискореного старіння. Повне припинення розвитку і росту листя настає при дозі іонізуючого опромінення близько 90 Гр [5, 6]. Однак, якщо під час хронічного опромінення порушується мітотична активність, то поряд з пригніченням росту рослини часто спостерігаються морфологічні зміни: булавоподібні верхівки стебел, пагони без бруньок, змінений порядок розміщення листя.

Такі морфологічні меристематичні аномалії – радіоморфози – можуть з'явитися у будь-якому органі рослини, якщо на момент опромінення вони перебували на стадії примордіальних горбочків (первинних меристематичних зачатків). За відповідних доз іонізуючого випромінювання спостерігаються характерні особливості реакції конусів наростання – утворення летальних, некротичних ушкоджень його клітин. Як правило, ушкодження з'являються у клітинах початкової зовнішньої (ініціальної) зони і закінчуються порушеннями внутрішньої [3, 4].

Значно рідше під дією іонізуючого випромінювання виникають аномалії розвитку окремих органів, зумовлені соматичними мутаціями,

що контролюють морфогенез. Якщо в процесі клітинних поділів такі мутагенні клітини не ліквідуються, виникають органи зміненої морфологічної структури. За своєю природою вони належать до генетичних, що передаються спадково.

Стосовно вегетативних органів, то, наприклад, опромінення листя, що росте, призводить до зменшення його приросту, тоді як на листя, що завершило ріст, іонізуюче випромінювання майже не впливає. Опромінення листя, що перейшло до поверхневого росту, мало впливає на форму його листкових пластинок. Опромінення листя зі сформованими хлоропластами не впливає на їх забарвлення, а опромінення молодого листя та листкових зачатків призводить до появи крапчастого і темнішого забарвлення. Характерною реакцією на опромінення є потовщення листкових пластинок, що перебуває в прямій залежності від дози та в зворотній від сформованості листя до моменту опромінення [3, 7].

Зазначимо, що іонізуюче випромінювання може призвести до порушення регуляторних процесів та ростових кореляцій. При цьому пригнічення росту головного стебла зумовлює зменшення апікального домінування та посилення росту бокових пагонів. Так, у пошкоджених дерев 1986 р. та навесні 1987 р. спостерігалися порушення в ритміці росту, орієнтації пагонів, морфогенетичних процесах. Під впливом високих доз іонізуючого випромінювання змінювалася структура та хімічні властивості деревини, також порушувалася будова похідних камбію, що зумовлювало зниження радіального приросту деревини стовбура. У 1986 р. у сосни та ялини спостерігали підвищення щільності ранньої деревини. Зниження щільності пізньої деревини було на ділянках з підвищеними поглинутими дозами – 1,5-2 Гр та вище. При поглинутій дозі в 20-25 Гр зменшення щільності пізньої деревини зберігалось до 1988 року [1, 2, 5].

Найчутливішою до впливу іонізуючого випромінювання у рослин є репродуктивна сфера. Найбільш вразливим є процес мікроспорогенезу. На ділянці з високим рівнем радіаційного пошкодження (8-25 Гр) на чоловічих пагонах сосни спостерігалось утворення нещільних колосків мікростробілів, окремі збільшені стробіли при цьому розміщувалися на подовженій осі незімкнuto.

Одним з яскравих проявів дії іонізуючого випромінювання на сосну є зміна термінів її «цвітіння». Слабкий рівень радіаційного забруднення – 0,7-2,3 Гр за сумарною поглинутою дозою порівняно з контролем прискорює перебіг мікроспорогенезу у сосни на 1-2 дні, а поглинута доза 3,5-4,7 Гр уповільнює розвиток спорогенних клітин. При дозах 10 Гр цвітіння практично не було [3].

Дослідження радіочутливості мікроспорогенезу у сосни звичайної показало, що з усього циклу розвитку чоловічих генеративних органів мейоз є найбільш критичним періодом. У стиглому пилку сосни, особливо з ділянок з високим рівнем радіаційного забруднення, в 5-6 разів частіше, ніж в контрольних зразках, траплялися пилинки з різними морфологічними порушеннями. У насінневих зачатках, в яких розвиток архегонію дуже пригнічувався, зародок не запліднювався і не розвився. На третій рік після гострого опромінення однозначних висновків про зв'язок кількості порушень під час формування у жіночих статевих клітин та зародка, що призводили до загибелі насінневих зачатків, з поглинутою дозою не було встановлено [1, 3, 7].

Визначено, що радіочутливість насіння у різних видів рослин різниться в десятки разів. На радіочутливість насіння істотно впливає вологість та насиченість киснем. Більша радіочутливість вологого насіння зумовлена посиленням у ньому метаболічних процесів, коли частина клітин переходить до активного синтезу ДНК і починається підготовка

клітин до мітозу. За впливу на насіння малих доз іонізуючого випромінювання іноді спостерігається його стимулююча дія, що виявляється в прискоренні початкового росту проростків. Протягом росту рослин цей ефект зникає. Радіостійкість насіння визначали за енергією його проростання. При дослідженні насіння 10 родин деревних порід виявлено, що найбільш радіочутливе насіння ялини звичайної, для якої летальна доза становила всього 50 Гр. Для ялиці сибірської та сосни звичайної летальна доза близька до 100 Гр, для берези - понад 100, для різних видів жимолості - близько 300, для клена татарського до 60, липи дрібнолистої - понад 600 Гр. [4, 5, 6]

Отже, радіочутливість насіння визначається такими біологічними та фізико-хімічними чинниками, як стан зародка, вік, розміри, біохімічний склад, вологість, наявність кисню, температура зберігання, доза та потужність опромінення. Таким чином, вплив іонізуючого випромінювання на окремі органи рослини протягом онтогенезу змінюється за ступенем вираженості променевого ефекту та за спектром реакцій на опромінення: на початкових етапах онтогенезу – порушення первинних органів та гальмування ростових процесів; на заключних етапах – порушення формування життєздатного насіння [2, 8].

Література

1. Анненков Б.Н. Основы сельскохозяйственной радиологии. – М.: Агропромиздат, 1999. – 287 с.
2. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: Навч. посібник / В.С. Джигирей – К.: Знання, 2004. – 309 с.
3. Краснов В.П. Особливості накопичення цезію-137 рослинами на Українському Поліссі / В.П. Краснов, О.О. Орлов // Укр. ботан. журнал. – 1995. – Т. 52, № 4. – с. 472-478

4. Куликов Н.В. Радиоэкология почвенно-растительного покрова / Н.В. Куликов, И.В. Молчанова – Свердловськ: УрО АН СССР, 1990. – 170 с.
5. Маргулис У.Я. Атомная энергия и радиационная безопасность / У.Я. Маргулис. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 224 с.
6. Орлов А.А. Интенсивность накопления цезию-137 видами живого напочвенного покрова дубовых и сосново-дубовых лесов в сугрудках Украинского Полесья / А.А. Орлов, В.П. Краснов // Проблемы экологии лесов и лесопользования в Полесье Украины. – вып. 4. – Житомир, 1996. – с. 25-30
7. Сельскохозяйственная радиоэкология./ Алексахин Р.М., Васильев А.В.; под. ред. Алексахина Р.М. – М.: Экология, 1992. – 400 с.
8. Чернобыльская катастрофа (Гл. ред. В.Г. Барьяхтар). - Киев, Наукова думка, 1996. – 575 с.

МАЛОВІДОМІ СТОРІНКИ АТОМНИХ АВАРІЙ

¹Чарторинський В. Ю., ²Газилишин Б. В.

¹начальник військово-медичної служби Управління Служби безпеки України в Тернопільській області, учасник ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС у 1986 році, полковник медичної служби у запасі.

²голова Тернопільського обласного комітету ветеранів ядерних випробовувань.

До написання цих рядків нас спонукала розповідь очевидця тих недалеких подій, які передували на весь світ відомій Чорнобильській атомній катастрофі. Завіса таємності привідкрита, і відомості про трагедію тридцятирічної давності стали доступні громадськості. Що ж сталося того літнього дня за тисячі кілометрів від нас на Далекому Сході, в