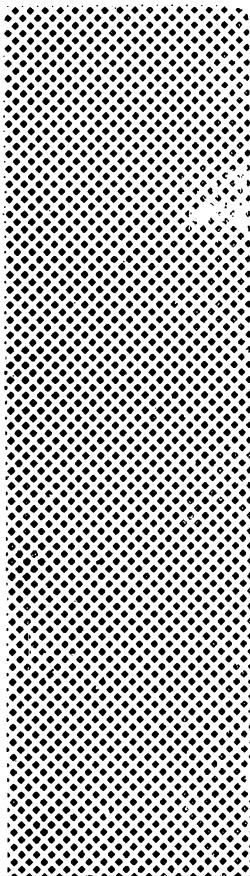


АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

НАУЧНЫЕ
ДОКЛАДЫ



**РАДИОУСТОЙЧИВОСТЬ
И ПОСТЛУЧЕВОЕ
ВОССТАНОВЛЕНИЕ
РАСТЕНИЙ**

СВЕРДЛОВСК

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Институт экологии растений и животных

Препринт

РАДИОУСТОЙЧИВОСТЬ
И ПОСТЛУЧЕВОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ
РАСТЕНИЙ

Свердловск 1989

УДК 577.39:57.02

Радиоустойчивость и постлучевое восстановление растений:

Препринт. Свердловск: УрО АН СССР, 1989.

Рассматриваются результаты изучения проявления в чреде поколений радиоизотопного действия малых доз предварительно-го гамма-облучения, а также последствий однократного облуче-ния семян растений.

Представлены новые данные о радиоустойчивости семян не-которых видов древесных растений, о влиянии условий постра-диационного хранения на посевные качества семян сосны и ивы.

Приведены материалы, характеризующие зависимость накоп-ления радионуклидов растениями гороха от предпосевного гам-ма-облучения семян в малых дозах.

Ответственный редактор доктор биологических наук,
профессор Н.В.Куликов

Рецензент кандидат биологических наук Ю.А.Терешин

д 21002 - 69 (89) Б0 - 1989
055 (01) 7

(C) УрО АН СССР, 1989

Л.К.АЛЫШЦ, С.В.ТАРЧЕВСКАЯ, А.М.СЕРГЕЕВ, Н.В.КУЛИКОВ
ПРОЯВЛЕНИЕ РАДИОЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ГАММА-
ОБЛУЧЕНИЯ СЕМЯН РАСТЕНИЙ В ЧРЕДЕ ПОКОЛЕНИЙ

Нами было показано повышение устойчивости генетических структур клеток корневой меристемы семян растений (по критерию хромосомные aberrации) к повреждающему лучевому воздействию повторного облучения в ответ на предварительное облучение покоящихся семян гамма-радиацией относительно малых дозах [3, 4, 5]. Наблюдаемый радиозащитный эффект в клетках корневой меристемы прорастающих семян гороха объяснили активацией работы внутриклеточных репарирующих ферментов, вызванной предварительным облучением семян в малых дозах [2]. Этот эффект четко проявляется в первый год после лучевых воздействий. В процессе онтогенеза растений и формирования новой генерации семян хромосомные повреждения либо восстанавливаются, либо элиминируются [1]. Результаты наших исследований подтверждены на других растительных объектах при использовании разных критериев лучевого поражения [6, 7].

Цель настоящей работы состояла в том, чтобы проследить, сохраняется ли повышенная устойчивость генетических структур клеток, полученная в результате предварительного облучения семян в малых и средних дозах в последующих поколениях.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Проведено две серии опытов на семенах гороха сортов "Красноуфимский-70" и "Чишминский мелкосемянный" (влажность 12%). Более ранние работы проводили на горохе сорта "Капитал", который существенно отличается по своей радиочувствительности от сортов гороха, использованных в данной работе [3]. Наиболее радиочувствительным является сорт гороха "Капитал" - наиболее

радиорезистентными сортами "Красноуфимский-70" и "Чишминский мелкосемянный".

В первой серии опытов покоящиеся семена гороха сорта "Чишминский мелкосемянный" в Р-поколении (родительском) облучали гамма-лучами цезия-137 в дозах 1,0; 5,0; 25,0 и 50,0 Гр при мощности дозы 0,22 Гр/с. Путем последовательного пересева получены семена первого (F_1), второго (F_2) и третьего (F_3) поколений. В F_3 -поколении покоящиеся семена всех указанных выше вариантов были облучены повторно в дозе 70,0 Гр.

Во второй серии опытов покоящиеся семена гороха "Красноуфимский-70" в Р-поколении облучали гамма-лучами в дозе 1,0 Гр а затем в F_3 -поколении в набухшем состоянии – в дозе 35,0 Гр.

Критерием радиобиологической реакции служили хромосомные aberrации в клетках корневой меристемы проростков в первом пострадиационном митозе. Для этого корешки фиксировали однократно, а при изучении зависимости "время-эффект" – многократно. Окраску проводили ацетолакmoidом. Хромосомные aberrации учитывали в анафазах корневой меристемы проростков. Объем выборки составил 16-30 корешков на экспериментальную точку.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице I приведены данные о числе клеток с хромосомными aberrациями в корневой меристеме прорастающих семян гороха при облучении покоящихся семян в интервале доз от 1,0 до 50,0 Гр.

Видно, что при облучении покоящихся семян гороха сорта "Чишминский мелкосемянный" доза в 1,0 Гр не увеличивает достоверно число клеток с хромосомными aberrациями по сравнению с контрольным вариантом, а при дозе 50,0 Гр уровень поврежденных

Таблица I

Зависимость изменения числа клеток
с хромосомными аберрациями от дозы
облучения

Доза облучения покоящихся семян, Гр	Поврежденные клетки, %
0 – контроль	2,9±1,6
1,0	3,4±1,0
5,0	9,0±2,6
25,0	18,6±3,2
50,0	39,4±2,9

клеток составляет 39,4%. Путем последовательного пересева от указанных вариантов были получены семена F_1 - и F_2 -поколений, которые дополнительному лучевому воздействию не подвергались. Несмотря на то, что эти семена ведут свое происхождение от облученных родительских форм, число поврежденных клеток в корневой меристеме не превышает уровень контрольного варианта (табл.2).

По-видимому, в процессе онтогенеза растений и формирования новой генерации семян хромосомные повреждения в значительной степени восстанавливаются и частично удаляются.

В таблице 3 представлены экспериментальные данные, полученные в результате облучения покоящихся семян в дозе 70,0 Гр в F_3 -поколении. В Р-поколении (родительском) эти семена, как уже указывалось выше, подвергались лучевому воздействию в дозах 1,0; 5,0; 25,0 и 50,0 Гр.

Облучение покоящихся семян F_3 -поколения в дозе 70 Гр показало, что предварительное лучевое воздействие в Р-поколении в до-

Таблица 2

Зависимость изменения числа клеток с хромосомными аберрациями в корневой меристеме проростков F_1 - и F_2 -поколений при облучении семян в Р-поколении

	Доза облучения покоящихся семян в Р-поколении, Гр	Поврежденные клетки в корневой меристеме проростков F_1 - и F_2 -поколений, %
F_1	0+0	3,4±1,8
	1+0	5,0±2,9
	5+0	2,2±1,0
	25+0	3,2±1,2
	50+0	3,6±1,4
F_2	0+0+0	2,5±0,8
	1+0+0	3,8±1,6
	5+0+0	3,7±1,2
	25+0+0	2,8±1,1
	50+0+0	4,0±1,7

Таблица 3

Зависимость изменения числа клеток с хромосомными аберрациями в корневой меристеме проростков F_3 -поколения при облучении семян в дозе 70,0 Гр

Суммарная доза облучения, полученная в Р- и F_3 -поколениях, Гр	Поврежденные анафазы, %
0+0+0+70	56,6±4,8
1+0+0+70	34,6±5,1
5+0+0+70	37,0±6,2
25+0+0+70	31,1±3,0
50+0+0+70	29,9±3,2

зах 1,0; 5,0; 25,0 и 50,0 Гр не прошло бесследно. Число клеток с хромосомными аберрациями в этих вариантах достоверно меньше, чем при облучении только в дозе 70,0 Гр, но без предварительного облучения в Р-поколении.

В том случае, когда при облучении семян в Р-поколении используются малые дозы, можно предположить, что облучение семян в таких дозах способствует более эффективному восстановлению клеток от первичных цитогенетических повреждений при последующем облучении семян в высокой дозе в F_3 -поколении.

Об этом свидетельствуют данные, полученные при изучении зависимости "время-эффект" во второй серии опытов (рис. I).

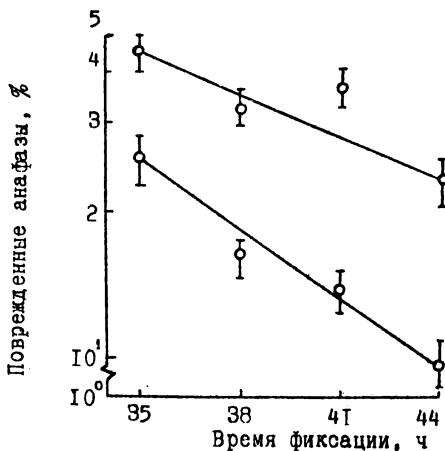


Рис. I. Число клеток с хромосомными аберрациями в зависимости от интервала времени между облучением в дозе 35 Гр и фиксацией проростков

1 - облучение набухших семян в дозе 35,0 Гр в F_3 -поколении без предварительного облучения в Р-поколении.
2 - облучение набухших семян гороха в дозе 35,0 Гр в F_3 -поколении с предварительным облучением семян в Р-поколении в дозе 1,0 Гр.

Видно, что линия регрессии для варианта без предварительного облучения лежит на уровне от 45 до 2% и количество поврежденных клеток уменьшается от первой фиксации к последней ($t_{st} = 2,2$; $t_{0,05} = 2,12$). В варианте с предварительным облучением семян в дозе 1,0 Гр в Р-поколении и последующем облучении дочерних семян в F_3 -поколении в дозе 35,0 Гр, количество поврежденных клеток также снижается от первой фиксации к последней ($t_{st} = 2,0$; $t_{0,05} = 2,12$), а линия регрессии лежит на уровне от 25 до 8%. Сравнение коэффициентов регрессии подтверждает статистически достоверную разницу между вариантами ($t_{st} = 4,08$; $t_{0,01} = 2,76$). Аналогичный эффект наблюдался нами ранее при облучении покоящихся семян в малой дозе и последующем облучении этих же семян в набухшем состоянии в высокой дозе в течение одного поколения. Снижение эффекта под влиянием предварительного облучения семян в малой дозе вероятнее всего связано с более эффективной работой систем репарации клеток от первичных цитогенетических повреждений [3, 4]. В полученном нами снижении числа поврежденных клеток в корневой меристеме проростков при предварительном облучении покоящихся семян в малой дозе в Р-поколении и последующем облучении их потомков в высокой дозе в F_3 -поколении процессы пострадиационного восстановления играют также существенную роль, заметно изменения радиочувствительность семян, являющихся потомками Р-поколения, облученного в малой дозе.

При дозах 25,0 и 50,0 Гр в меристеме корня гороха образуется соответственно 18,6 и 39,4 % поврежденных клеток. При дозе 25,0 Гр в процессе онтогенеза не наблюдалось гибели растений, их рост и развитие не отличались от контрольного ва-

рианта. При дозе 50,0 Гр достоверные отличия от контроля также не были обнаружены. Нет оснований полагать, что в экспериментальной выборке остались только наиболее радиорезистентные особи. Поэтому мы считали, что в формировании конечного лучевого эффекта и в этих вариантах существенная роль принадлежит репарационным процессам.

ВЫВОДЫ

1. Показано, что с увеличением дозы гамма-облучения в диапазоне от 1,0 до 50,0 Гр происходит увеличение поврежденных клеток в корневой меристеме проростков.

При последовательном пересеве семян, полученных от этих облученных вариантов, уровень поврежденных клеток в меристеме корня не отличается от контрольного варианта в F_1 - и F_2 -поколениях.

2. Облучение покоящихся семян F_3 -поколения в дозе 70,0 Гр показало, что предварительное лучевое воздействие в Р-поколении в дозах от 1,0 до 50,0 Гр снижает число клеток с хромосомными аберрациями по сравнению с вариантом без предварительного облучения.

3. Изменение радиорезистентности генетических структур клеток в последующих поколениях при облучении родительских форм в малых и средних дозах предположительно связывается с активацией процессов пострадиационного восстановления.

ЛИТЕРАТУРА

- I. Альтиц Л.К., Куликов Н.В. Цитогенетический эффект действия малых доз ионизирующей радиации на семена растений. - Действие ионизирующих излучений на семена и вегетирующие растения. 1988, Свердловск, с.3-7.

2. Альшиц Л.К., Куликов Н.В., Шевченко В.А., Юшков П.И.
Изменение радиочувствительности семян гороха под
влиянием малых доз радиации. - Радиобиология, 1981,
т.21, № 3, с.459-462.
3. Куликов Н.В., Альшиц Л.К. Повышение радиоустойчивости
генетических структур растительных клеток в результате
предварительного гамма-облучения семян в малых
дозах. - Экология, 1989, № 1, с.3-8.
4. Куликов Н.В., Альшиц Л.К., Позолотин А.А., Тарчев-
ская С.В. Изменение радиочувствительности растений
в результате предварительного лучевого воздействия.
- Радиобиология, 1971, т.II, № 4, с.630-632.
5. Позолотин А.А., Альшиц Л.К. К вопросу о влиянии пред-
варительного гамма-облучения на последующую радио-
чувствительность семян гороха. - Радиобиология, 1974,
т.14, № 1, с.415-417.
6. Howard Alma and F.Q.Cowie. Induced Resistance in a Desmid
Closterium moniliferum.- Radiation Res., 1976, v.65,
p.540-549.
7. Leenhouts H.P., M.J.Sijssma, M.Litwiniszyn, C.Broertjes and
K.H.Chadwick. Radiation stimulated repair in saintpaulia
cells in vivo:-In Radiation Biology and Chemistry, 1979,
Amsterdam, p.227-236.

Н.В.КУЛИКОВ, С.В.ТАРЧЕВСКАЯ, Л.К.АЛЫШИЦ, О.А.ПОРОЗОВА
ВЛИЯНИЕ ОДНОКРАТНОГО ПРЕДПОСЕВНОГО ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ СЕМЯН
ГОРОХА НА РАДИОУСТОЙЧИВОСТЬ ИХ В ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЯХ

Изучение действия радиации на проявление отдаленных эффектов в последующих поколениях у животных и растений привлекает внимание исследователей ввиду актуальности проблемы, включающей в себя ряд вопросов радиоэкологического, природоохранного и прогностического значения. Результаты, полученные в работах этого плана, не всегда однозначны. Некоторыми авторами отмечается стимуляция роста и развития растений в течение 3-5 поколений после однократного предпосевного облучения [3, 4, 5] ; другие авторы указывают на отрицательное влияние гамма-облучения семян родителей на темпы роста и развития растений в F_1 и выравнивание показателей морфогенеза в F_2 [2]. Стойкие изменения, зафиксированные у потомков облученных родителей, передаваемые из поколения в поколение свидетельствуют о приобретении ими иных, в сравнении с исходными, свойств.

В настоящей работе изучали влияние однократного предпосевного гамма-облучения семян гороха на их радиоустойчивость в некоторых последующих поколениях.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В опыте использованы семена сорта "Чишминский мелкосемянный". В первый год опыта семена родителей (Р-поколение) перед посевом облучали в дозах 25 и 100 Гр с помощью гамма-установки типа "Игур-І" (необлученные - контроль). В дальнейшем семена на протяжении 7 лет высевали в вегетационные сосуды, в течение вегетации проводили визуальные наблюдения за ростом и развитием растений, в конце сезона производили их уборку, учитывали

урожай [5]. В приведенных в настоящей статье лабораторных экспериментах семена гороха некоторых репродукций (при влажности 12%) были подвергнуты провокационному облучению в массированной дозе, позволяющему выявить различия между исследуемыми вариантами семян по их реакции на облучение в разных пострадиационных поколениях (F_3 , F_6 , F_7). Для цитологического анализа семена F_3 облучали в дозе 70 Гр и F_6 в дозе 150 Гр, затем замачивали на 24 часа в водопроводной воде, выкладывали в чашки Петри с влажным песком и проращивали при температуре + 22°С. Через 60 часов с начала намачивания проростки фиксировали в смеси Карнума, окраску препаратов производили ацетолакмойдом. Хромосомные aberrации учитывали в первом пострадиационном митозе, в каждом варианте анализировали по 30 корешков [1]. В другой серии экспериментов семена F_7 разных вариантов облучали в дозе 100 Гр, выкладывали в чашки Петри с влажным песком в 3-х повторностях и проращивали в термостате при + 22°С, учитывали всхожесть семян в процентах от общего числа высеваемых и длину проростков на 7-й день с начала проращивания.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Критерий "частота хромосомных aberrаций в клетках" позволяет зафиксировать изменения, вызванные действием радиации, на ранних этапах развития семени. На рис. I показана зависимость частоты клеток с хромосомными aberrациями в проростках семян F_3 и F_6 -поколений при облучении их в массированных дозах от дозы облучения семян родителей. Как видно из рисунка, облучение семян Р в дозе 25 и 100 Гр значительно увеличивает число хромосомных aberrаций в клетках в сравнении с вариантом без облуче-

чения. В семенах F_3 , облученных перед проращиванием в дозах 25 и 100 Гр, частота повреждений клеток в зародышевой корневой меристеме в 1,5–2 раза меньше в сравнении с вариантом, где семена Р не подвергались облучению. Аналогичный результат получен на семенах F_6 , где доза массированного облучения была равна 150 Гр: в том варианте, где семена Р не подвергались облучению, в клетках корневой меристемы наблюдается 80–94% хромосомных aberrаций; при облучении семян родителей в дозе 25 Гр, а семян F_6 в дозе 150 Гр число повреждений в клет-

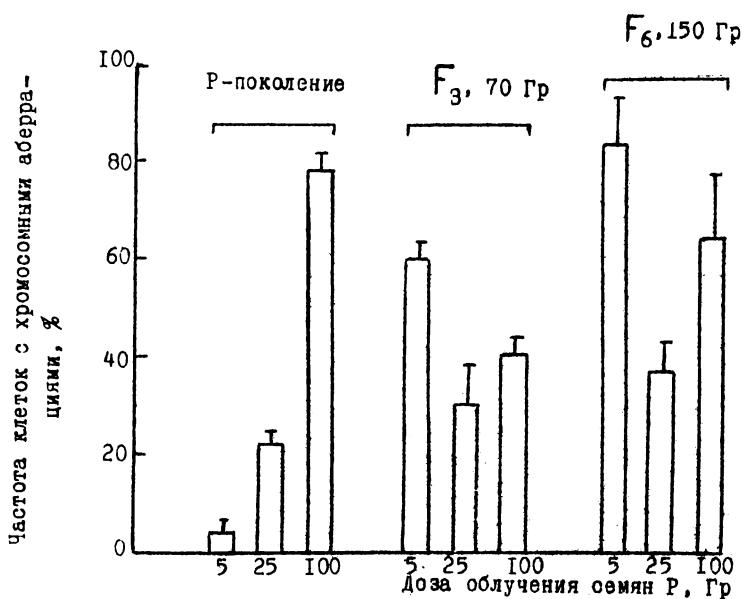


Рис. I. Зависимость частоты поврежденных клеток в семенах гороха, облученных в F_3 и F_6 в массированных дозах, от дозы предпосевного облучения семян родителей (Р).

как снижается более, чем в 2 раза; при дозе облучения семян Р 100 Гр этот показатель снижается до 60-70%, но различия статистически недостоверны.

В таблице I приведены результаты, показывающие изменение реакции семян 7-го поколения на облучение в зависимости от дозы облучения семян Р-поколения, оцененных по всхожести и длине проростков. Из таблицы видно, что воздействие в дозе 100 Гр на семена, не подвергавшиеся облучению в Р-поколении, оказывает значительный радиобиологический эффект: длина проростков снижает в 1,5 и более раза, а число проросших семян на 30% меньше по сравнению с контролем. Анализ данных, полученных в вариантах, где семена в Р-поколении были облучены в дозах 25 и 100 Гр, а в F_7 в дозе 100 Гр показывает отсутствие радиобиологического эффекта.

Таблица I

Зависимость всхожести семян и длины проростков при облучении семян гороха F_7 в массированных дозах от дозы облучения, полученной семенами Р-поколения

Доза облучения семян F_7 , Гр Доза облучения семян Р-поколения, Гр	0		100	
	Длина проростков, мм	Всхожесть, %	Длина проростков, мм	Всхожесть, %
0	67,1 \pm 3,5	57	40,3 \pm 3,1	40
25	73,2 \pm 5,4	70	78,6 \pm 5,1*	63
100	95,8 \pm 5,5	80	75,3 \pm 4,1*	80

* Различия статистически достоверны

Сравнение вариантов опыта в пределах одинаковой дозы облучения семян F_7 показывает следующее. Облучение семян гороха Р-поколения в дозах 25 и 100 Гр не оказывает влияния на длину 7-дневных проростков при отсутствии облучения их в F_7 . При облучении семян F_7 в дозе 100 Гр наблюдается снижение радиобиологического эффекта в опытных вариантах в сравнении с контролем - длина проростков в вариантах 25-100, 100-100 в 1,5 и более раз больше, чем в контроле 0-100 ($t_{st} = 4,7$ и 3,80 соответственно при $t_{0,05} = 2,1$).

Дальнейший анализ данных таблицы I по критерию "Всхожесть семян" подтверждает факт влияния дозы облучения семян в Р-поколении на чувствительность их к облучению в F_7 . Значения показателя в опытном и контрольном вариантах различаются в 1,6-2 раза, увеличиваясь при возрастании дозы облучения семян Р; отмеченная зависимость характерна не только для вариантов, где семена F_7 были облучены в массированных дозах, но и при отсутствии лучевого воздействия.

Таким образом, рассмотренный выше материал показывает, что предпосевное облучение семян родителей в дозах 25 и 100 Гр оказывает существенное влияние на лучевой эффект в семенах последующих поколений, выражаящийся в повышении их радиоустойчивости.

ВЫВОДЫ

I. Установлено, что гамма-облучение родительского поколения семян гороха в дозах 25 и 100 Гр вызывает радиозадиный эффект по критерию "хромосомные aberrации" у потомков F_3 и F_6 -поколений при предпосевном облучении их в массированных дозах.

2. Показано увеличение радиоустойчивости семян гороха F_7 -поколения по всхожести семян и длине проростков в вариантах с предварительным облучением родительского поколения, что может быть связано с отбором наиболее радиорезистентных форм в облученной популяции растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ганасси Е.Э., Лямин Э.А., Аптикаева Г.Ф., Эйдус Л.Х. Статистический анализ радиационного поражения растительных клеток в связи с вариабельностью экспериментальных данных. - Генетика, т.УП, № 12, 1971, с.30-38.
2. Позолотина В.Н., Журавская А.Н. Отдаленные последствия предпосевного гамма-облучения семян *Dahlia variabilis* L. в поколениях P , F_1 , F_2 . - В кн.: Действие ионизирующих излучений на семена и вегетирующие растения. - Свердловск, 1988, с.18-26.
3. Порядкова Н.А., Макаров Н.М., Куликов Н.В. Опыты по радиостимуляции культурных растений. - Тр. института биологии УФАН СССР, вып.13, 1960, с.19-33.
4. Рарох В.А. Влияние многократных гамма-облучений на мутационный процесс у гречихи. - В кн.: Чувствительность организмов к мутагенным факторам и возникновение мутаций. Вильнюс, 1982, с.54-55.
5. Тарчевская С.В., Порозова О.А., Йлдашева Н.В. Влияние однократного предпосевного гамма-облучения на развитие растений и посевые качества семян гороха в последующих поколениях. - В кн.: Действие ионизирующих излучений на семена и вегетирующие растения. Свердловск, 1988, с.27-33.

В.Н.ПОЗОЛОТИНА
ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ
СЕМЯН *TARAXACUM OFFICINALE* WIGG.

Важным аспектом проблемы радиочувствительности является изучение внутривидового разнообразия организмов по их реакции на лучевое воздействие. Индивидуальная изменчивость является проявлением генотипической разнородности организмов в популяции, реализующейся в конкретных условиях внешней среды, она играет основную роль в эволюционных процессах [5, 7]. Оценка радиочувствительности вида, популяции будет неполной без учета различных форм изменчивости этого признака. Неоднородность семенного материала является одной из причин противоречивости оценок радиочувствительности объектов, полученных разными авторами [9].

Индивидуальную изменчивость можно оценить косвенно, изучая радиочувствительность семян с отдельных растений, выращенных в однородных условиях. Этот метод использован нами при оценке разных форм изменчивости радиочувствительности уральских берес [2, 3]. Для одуванчика (*Taraxacum officinale* Wigg.) этот метод еще более удобен, поскольку растения размножаются нередуцированным партеногенезом без псевдогамии, то есть зародыш развивается из нередуцированных клеток зародышевого мешка без оплодотворения. Каждое материнское растение производит потомство подобное себе [1, 8].

Цель настоящей работы: подобрать удобный критерий и оценить индивидуальную изменчивость радиочувствительности семян одуванчика.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исходный семенной материал собран из одной природной популяции в бот.саду УрО АН СССР. На специальных площадках с выровненным агрофоном в условиях, исключающих конкуренцию, из этих семян были выращены растения. Семена для данного опыта собирали с 10 растений, фенотипически отличающихся друг от друга по величине листьев и степени их рассеченности.

Весной, после естественного выхода семян из состояния покоя, их облучали на гамма-установке ^{60}Co типа "Исследователь" при мощности дозы 41,4 Гр/с в дозах 100, 250, 500 и 750 Гр. Контролем служили необлученные семена. Прорашивали семена в чашках Петри на увлажненном субстрате. Опыт ставили в трех повторностях по 100 семян в каждой. Радиационный эффект оценивали по энергии прорастания, всхожести семян и выживаемости одномерзячных проростков. Критериями изменчивости признаков служили коэффициенты вариации (C_V) и лимиты. Математическая обработка по методу дисперсионного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Усредненные данные о зависимости энергии прорастания, всхожести семян и выживаемости проростков от дозы облучения представлены в таблице I. Энергия прорастания семян, облученных в дозах 100, 250, 500 и 750 Гр, в среднем практически не отличается от контроля. Этот показатель, характеризующий скорость роста на ранних этапах, у разных растений очень изменчив. Так, в контроле у растения 2 на седьмой день проросло 7,3% семян, а у растения 4 - 89,3% (лимиты), это обусловило высокие коэффициенты вариации по признаку энергии прорастания. Отсутствие различий между контрольными и облученными рас-

Таблица I

Зависимость от дозы облучения энергии прорастания, всхожести семян и выживаемости проростков одуванчика

Показатель	Доза, Гр	X	Лимиты	C _V
Энергия прорастания, %	0	57,1±7,4	7,3-89,3	22,0
	100	58,3±9,2	II,6±86,0	26,8
	250	57,8±8,2	5,3±87,4	24,1
	500	58,1±6,0	10,0-81,5	17,6
	750	57,9±6,0	I4,0-86,2	17,6
Всхожесть, %	0	84,1±4,1	56,7-93,0	8,3
	100	85,3±4,6	55,7-93,3	8,2
	250	84,4±3,2	58,3-94,6	6,4
	500	85,3±3,5	53,2-93,3	7,0
	750	86,0±3,0	54,6-94,6	5,8
Выживаемость, %	0	68,4±5,6	48,6-91,3	13,9
	100	68,3±5,9	44,9-85,3	14,7
	250	46,8±5,1	10,6-71,3	18,5
	500	24,6±5,9	4,8-64,9	40,6
	750	6,6±2,6	0-39,2	66,9

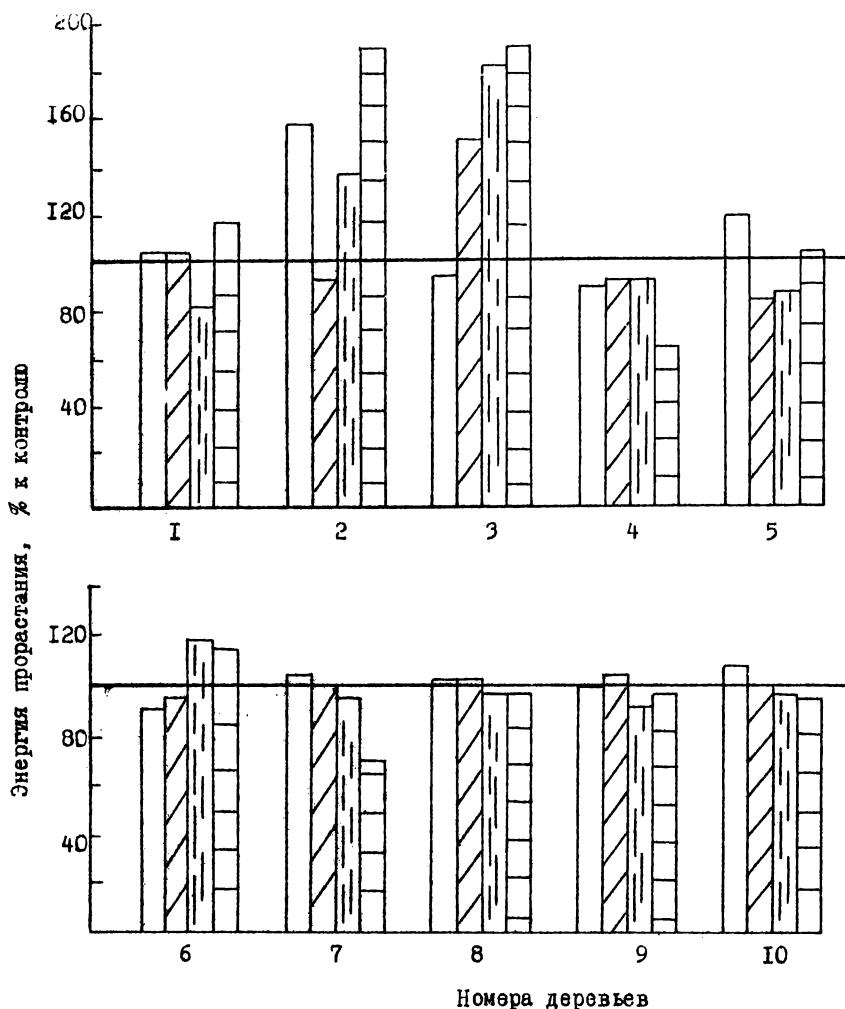


Рис. I. Энергия прорастания разных растений в зависимости от дозы облучения. — линия контроля

□ - 100 Гр, ▨ - 250 Гр, ▨▨ - 500 Гр, ▨▨▨ - 750 Гр

тениями по средним значениям энергии прорастания еще не означает, что реакция на облучение по этому критерию у разных растений была одинакова. Для сравнения радиочувствительности семян с разных растений абсолютные значения энергии прорастания перевели в относительные - % к контролю (рис.1). Из рисунка видно, что у двух растений (4 и 7) наблюдается снижение энергии прорастания при облучении в дозе 750 Гр по сравнению с контролем. Различия достоверны, $t_{S} = 7,9$ и $7,0$ соответственно, при $t_{0,05} = 4,3$. У растений 2 и 3 высокие дозы радиации стимулировали скорость процесса прорастания.

Облучение семян во всем диапазоне доз не оказало какого-либо влияния на их всхожесть (табл.1). Амплитуда изменчивости этого показателя, судя по коэффициентам вариации и лимитам, невелика как в контроле, так и в вариантах с облучением. Всхожесть семян малоинформативна в качестве оценки радиочувствительности отдельных растений, по этому критерию невозможно выделить в выборке чувствительные или устойчивые формы.

Жизнеспособность проросших семян в контроле и в вариантах с облучением оказалась неодинакова, через месяц проявилась достоверная зависимость выживаемости проростков от дозы облучения. Изменчивость выживаемости, оцененная по C_v , возрастает с увеличением дозы (табл.1). Оценка радиочувствительности по относительному показателю "выживаемость, % к контролю", позволила выделить в выборке наиболее устойчивые растения, как 5 и 6 и наиболее чувствительные как растения 2, 7, 8, для которых доза 750 Гр оказалась летальной (рис.2). Стимуляция темпов прорастания, отмеченная у некоторых растений при облучении, дальнейшего развития не получила. Обработка данных по методу

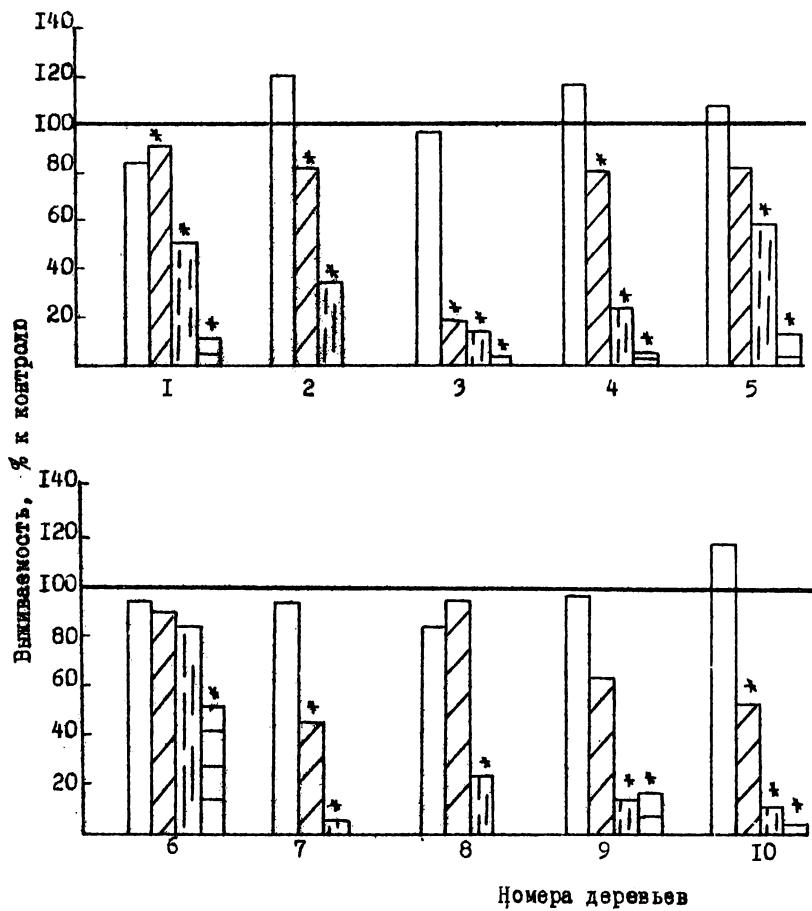


Рис.2. Выживаемость растений одуванчика в зависимости от дозы облучения (обозначения те же, что на рис.1).

дисперсионного анализа подтверждает значимость различий отдельных растений по радиочувствительности и зависимость выживаемости проростков от дозы облучения (табл.2).

Таблица 2

Результаты дисперсионного анализа по выживаемости однолетних растений одуванчика (% к контролю)

Фактор изменчивости	Число степеней свободы	Сумма квадратов	Средний квадрат	F	$F_{0,01}$
A доза облуч.	4	200687	50171	203,16	3,48
В Индивид. различия	9	18570	2063	8,35	2,56
Е Ошибка	100	24696	246		

Используя результаты дисперсионного анализа, можно вычислить отдельные компоненты дисперсии, среднеквадратичные отклонения и коэффициент вариации, характеризующий индивидуальную изменчивость радиочувствительности [6]. Для этого средний квадрат Q нужно принять равным математическому ожиданию среднего квадрата EQ , $EQ = \sigma_e^2 + n \cdot a \cdot \sigma_b^2$, отсюда $\sigma_b^2 = (EQ - \sigma_e^2) / n \cdot a$, $C_v = \sigma_b / \bar{x} \cdot 100$, где σ_e^2 - средний квадрат ошибки, n - число повторностей в опыте, a - число градаций фактора "доза облучения". Результаты вычислений свидетельствуют, что $C_v = 12,6$. Следовательно, изменчивость по признаку радиочувствительность у растений из одной популяции одуванчика при условии однородности внешних факторов сравнима с таковой у берес из некоторых типов леса [3].

Таким образом, начальные процессы, обуславливающие прорастание семян одуванчика, очень устойчивы к облучению. Следовательно, энергия прорастания и всхожесть семян не пригодны в качестве критериев оценки радиочувствительности. На стадии развития настоящих листьев и роста корней, когда начинают активно функционировать меристемы, происходит массовая гибель проростков. Многие выжившие через месяц проростки в вариантах с дозами 750, 500 Гр, а у отдельных растений с дозой 250 Гр (отмечены на рис.2 - *) имеют очень мелкие неправильной формы листья, длина корней у них 0,5-1,5 см, тогда как в контроле 3-6 см, у некоторых облученных растений наблюдаются зоны некроза на кончиках корней. Значит, вероятность гибели в дальнейшем для этих растений значительно выше, чем для необлученных. Это подтверждают полученные нами ранее данные по выживаемости одуванчика после предпосевного облучения в полевом вегетационном эксперименте [4]. В лабораторном опыте наиболее надежным критерием оценки радиочувствительности является выживаемость проростков после развития у них настоящих листьев. По этому показателю установлены достоверные индивидуальные различия растений одуванчика по их реакции на лучевое воздействие.

ВЫВОДЫ

1. Установлена зависимость выживаемости одномесячных проростков одуванчика от дозы предпосевного облучения семян. LD_{50} лежит в диапазоне 250-500 Гр для разных растений.

2. Установлены достоверные различия между отдельными растениями в реакции их семян на облучение. Индивидуальная изменчивость радиочувствительности оценивается $C_v = 12,6$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поддубная-Арнольди В.А. Цитоэмбриология покрытосеменных растений. М.: Изд."Наука", 1976, 508 с.
2. Позолотина В.Н. Индивидуальная изменчивость радиочувствительности семян двух видов бересы. - Экология, 1980, № 4, с.52-56.
3. Позолотина В.Н. Экологическая изменчивость радиочувствительности семян бересы бородавчатой. - Экология, 1982, № 4, с.88-90.
4. Позолотина В.Н. Пострадиационные изменения в росте и развитии у *Taxus officinale* Wigg. В сб.: Действие ионизирующих излучений на семена и вегетирующие растения. Свердловск, 1988, с.9-17.
5. Семериков Л.Ф. Популяционная структура видов древесных растений на примере видов дуба европейской части СССР и Кавказа. М.: Наука, 1986, 163 с.
6. Хикс Ч. Основные принципы планирования эксперимента. М.: Мир, 1967, 406 с.
7. Шварц С.С. Внутривидовая изменчивость млекопитающих и методы ее изучения. - Зоол.ж., 1963, т.42, вып.3, с.417-433.
8. Darlington C.D. Chromosome Botany and the Origins of Cultivated Plants. London, 1963, 232 p.
9. Mergen F., Cummings J. Germination of *Pinus rigida* seeds after gamma-irradiation. (Effects of post-irradiation treatments moisture content and individual trees).- Rad. Botany, 1965, v.5, n.1, p.39-51.

В.Н.ПОЗОЛОТИНА, Н.В.КУЛИКОВ, А.Н.ЖУРАВСКАЯ
НЕКОТОРЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ
ЕЛИ СИБИРСКОЙ

Радиочувствительность семян разных видов растений, в том числе и хвойных, изучалась во многих работах [6, 9, II]. Однако, в радиоэкологическом отношении оценка радиочувствительности организмов по первым стадиям прорастания семян не достаточна. Большой интерес представляет изучение отдаленных последствий облучения, проявляющихся на более поздних этапах развития. Подобные данные получены лишь для небольшого числа видов древесных растений [3, 10].

Известно, что в разных географических зонах популяции растений формируются на фоне различных климатических условий, что предопределяет специфику их структуры. Географическая изменчивость более всего изучена по морфологическим параметрам и значительно меньше работ по изменчивости физиологических свойств [4, I3]. Поэтому важной задачей является исследование особенностей лучевой реакции у семян одного вида ели, сформировавшихся в разных климатических зонах.

В настоящей работе приводятся данные по изучению влияния предпосевного облучения на морфогенез сеянцев ели в течение 3 лет и сравнительная характеристика радиочувствительности семян ели сибирской из Уральского и Якутского регионов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В первой серии опытов использовали семена ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) , собранные в ельниках Среднего Урала. Семена облучали на гамма-установке ^{137}Cs типа "Игур" при мощности дозы 1,38 сГр/с. Дозы облучения: 1; 2,5; 5,0; 10,0;

15,0; 20,0; 30,0; 40,0 Гр. Семена проращивали на влажном субстрате в чашках Петри. Наклонувшиеся семена переносили в почву, объем почвы для каждой повторности составлял 30x20x10 мм. Повторность в опыте четырехкратная. Наблюдения за ростом и развитием сеянцев проводили в течение 3 лет, учитывая их выживаемость и морфологические параметры.

Вторая серия опытов проводилась в лабораторных условиях. Использованы семена ели сибирской, собранные в один сезон в окрестностях г.Свердловска (состав насаждения 10 Е.с.), в Алданском районе (состав насаждения 9Л Е.с.) и в районе Сангаря в 100 км вверх по течению р.Лены, на острове (состав насаждения 10 Е.с.). Возраст деревьев 90-100 лет, возобновление семенного происхождения, состояние насаждений в Якутском регионе угнетенное. Различия в климате Уральской и Восточносибирской зоны значительны [1]. В сезон сбора семян в Якутии среднемесячные температуры в январе составили -32-45⁰С, опускаясь до -51-58⁰, на Урале были -14-19⁰С. Зима в Якутии малоснежная, но снеговой покров лежит более 7 месяцев, что на 2 месяца дольше, чем на Урале. Период со среднесуточной температурой ниже -10⁰ в Якутии длится более 5 месяцев, на Урале около 4 месяцев. Лето в Восточной Сибири теплое, среднемесячные температуры июля на Урале и в Якутии близки, но теплых дней с среднесуточной температурой выше 10⁰С набирается в Якутии только 2 месяца, тогда как на Урале их бывает более 3 месяцев. Такие климатические условия обуславливают короткий вегетационный период у растений в Якутской зоне. Большое влияние на формирование фитоценозов в Восточной Сибири оказывает широко распространенная там вечная мерзлота [2].

Семена из разных зон облучали одновременно на том же гамма-источнике в дозах 5, 10, 15, 20, 25, 30 Гр. Проращивали на влажном субстрате в чашках Петри при температуре 24–28° и естественном освещении (в июне). Радиационный эффект оценивали по энергии прорастания семян, их всхожести и по выживаемости одномесечных проростков, к числу выживших относили проростки с раскрытыми семядолями, так как многие наклонувшиеся семена в вариантах с облучением не способны к дальнейшему развитию.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты первого опыта показали наличие четкой зависимости энергии прорастания семян от дозы их предпосевного гамма-облучения. Задержку прорастания вызвала уже доза 2,5 Гр, однако в вариантах с дозами облучения от 2,5 до 15 Гр задержка была временной (табл. I). Достоверное снижение всхожести семян происходит при дозах облучения 20 Гр и выше. К концу сезона произошел существенный отпад проростков во всех вариантах полевого опыта. В последующие годы выживаемость снижалась незначительно.

По морфологическим показателям у 3- летних сеянцев если отмечается стимуляция ростовых процессов при дозах облучения от 1 до 10 Гр (табл. I). Подобная реакция на относительно малые дозы радиации описана у многих видов растений [8]. Явно подавляющее действие на рост сеянцев оказали дозы 30 и 40 Гр, в этих вариантах у немногочисленных выживших сеянцев боковые побеги имели укороченные междоузлия, у некоторых хвоя была голубоватого оттенка.

Опытные посадки можно рассматривать в качестве моделей популяций, при этом в вариантах с облучением обнаружены откло-

Таблица I

Влияние облучения семян на их всхожесть,
на выживаемость и морфогенез сеянцев ели сибирской

Дозы, Гр	Энергия пропагастан, %	Всхожесть, %	Выживаемость 1 год, %	Выживаемость 2 г., %	Выживаемость, 3 год, %	Длина побега, см	Число боковых ветвей, см
0	64,0±3,4	82,0±2,0	42,0±6,2	36,3±6,2	35,5±6,2	13,4±0,5	3,8±0,2
1,0	52,5±6,3	84,3±2,5	43,8±3,7	36,5±5,1	35,5±4,5	16,4±0,5	4,8±0,2
2,5	36,8±7,3	84,0±1,1	39,8±4,8	37,2±6,2	36,0±6,4	15,5±0,5	5,0±0,2
5,0	34,5±1,4	78,8±2,2	47,0±4,5	41,0±4,8	40,8±5,6	14,9±0,5	5,0±0,3
10,0	26,3±5,0	81,8±6,5	41,5±4,8	38,8±3,4	34,5±3,9	17,0±0,6	5,7±0,3
15,0	8,0±2,8	77,3±3,1	44,8±3,6	36,5±1,1	34,0±1,1	14,6±0,4	4,7±0,3
20,0	10,3±2,8	65,8±3,7	30,5±2,2	24,0±3,6	22,0±4,5	12,7±0,5	4,6±0,3
30,0	6,3±1,7	53,3±2,8	13,3±2,2	7,5±1,9	6,8±2,0	8,0±0,8	3,7±0,4
40,0	1,5±0,5	29,0±3,9	4,3±1,7	2,3±1,4	1,8±1,1	7,7±6,0	2,0±0,6

* – Различия статистически достоверны при Р = 0,95

нения от нормального гауссовского распределения морфологических признаков, присущего контрольным растениям (рис. I). Стимулирующие дозы вызывают смещение моды вправо, а подавляющие – влево от контроля, и в том, и в другом случае выборки дифференцируются и кривые распределения многогорбины. Это свидетельствует об индивидуальной изменчивости растений по их реакции на облучение. Ранее такие типы структурных нарушений наблюдались нами в модельных популяциях бересклета в постлучевой период [5].

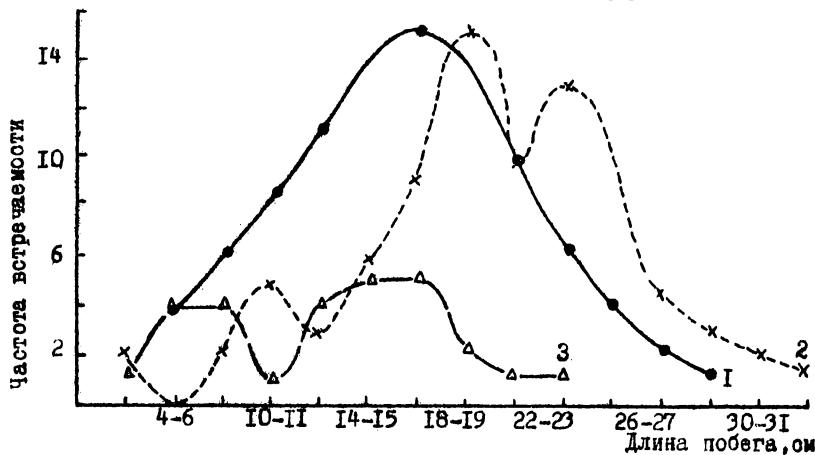


Рис. I. Кривые распределения признака "длина побега".

I – контроль

2 – 10 Гр – дозы облучения семян

3 – 30 Гр

Во второй серии опытов сравнивали реакцию на облучение семян яли сибирской, собранных в разных климатических зонах. Морфологически семена существенно отличаются по размерам, форме, окраске, однако масса 1000 шт. семян практически одинакова.

	Уральская	Сангарская	Алданская зоны
Масса 1000 шт. г	4,9±0,1	4,4±0,1	4,7±0,1
Длина семени, см	3,9±0,1	3,6±0,2	4,5±0,1

Особенностью семян ели из якутского региона являются медленные темпы прорастания. На седьмой день их энергия прорастания была в 5 и более раз ниже, чем у семян уральской зоны (табл.2).

Таблица 2
Сравнительная характеристика семян ели сибирской
из разных климатических зон

Зона	Уральская		Сангарская		Алданская		
	Доза, Гр	Энергия прораст. %	Выживаемость, %	Энергия прораст.	Выживаемость, %	Энергия прораст. %	Выживаемость, %
0	41,3±4,2	59,3±3,4	6,5±1,1	41,5±3,9	8,7±1,7	46,0±9,2	
5	35,3±2,5	60,7±10,9	3,5±2,0	44,5±5,6	6,7±0,8	51,3±3,4	
10	32,0±4,2	65,3±2,5	3,5±2,2	53,0±3,9	4,7±1,7	40,7±9,2	
15	25,3±4,2	63,3±3,4	1,5±0,6	44,5±8,4	2,0±0,0	40,0±9,2	
20	14,0±5,0	46,7±6,7	0,5±0,2	32,0±4,5	1,3±0,8	32,7±2,5	
25	14,7±2,5	44,0±2,5	0	38,5±3,9	4,0±1,7	40,0±7,0	
30	11,3±0,8	31,3±1,7	0	30,0±7,3	0	29,6±5,6	

Выявились достоверная зависимость всхожести семян от дозы облучения у якутских и уральских семян ели, причем разницы в лучевом эффекте по этому показателю между регионами не наблюдается. В прогностическом плане более информативен критерий выживаемости, поскольку часть наклонувшихся облученных семян не способна к дальнейшему развитию (табл.2). С увеличением

дозы облучения выживаемость проростков снижается, обработка результатов по методу дисперсионного анализа подтверждает значимость этой зависимости ($F_{\text{доза}}=10,1$, при $F_{0,05}=2,3$). Достоверны и различия между регионами по выживаемости проростков ($F_{\text{регион}}=14,5$, при $F_{0,05}=3,2$), но обусловлены они не спецификой радиационного эффекта, а разным уровнем выживаемости, который у яли из Уральской зоны выше. Таким образом, в нашем эксперименте не наблюдалось различий в реакции на лучевое воздействие у семян яли сибирской, сформировавшихся в разных климатических зонах. Однако, в ряде работ на нескольких видах растений показано наличие географической изменчивости радиочувствительности [7, 12]. Вопрос нуждается в дальнейшем изучении с учетом других форм изменчивости, прежде всего, индивидуальной и хронологической. Важно также учесть сезонные биоритмы и условия прорашивания семян.

ВЫВОДЫ

1. Трехлетние наблюдения показали, что облучение семян в дозах 20 Гр и выше подавляющее действует на рост и развитие сеянцев яли сибирской.

2. Установлено, что облучение семян в дозах от 2,5 до 10 Гр вызвало задержку их прорастания, однако у трехлетних сеянцев в этих вариантах проявился достоверный стимуляционный эффект по морфологическим критериям.

3. Семена яли сибирской, полученные из древостояев Уральской и Якутской зон, не различаются существенно по радиочувствительности.

ЛИТЕРАТУРА

I. Алисов Б.П. Климатические области и районы СССР. М.: ОГИЗ,

1947, 212 с.

2. Глуздаков С.И. К вопросу о влиянии вечной мерзлоты на состав и распределение растительности в Восточном Саяне. - Вестник МГУ, № 4, 1957, с.233-238.
3. Киселева В.Н., Йшков П.И. Устойчивость двух видов березы с различной пloidностью к гамма-облучению. - В сб.: Генетические последствия загрязнения окружающей среды. М., 1980, вып.3, с.189-191.
4. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М., Наука, 1972, 283 с.
5. Позолотина В.Н., Куликов Н.В. Особенности пострадиационного восстановления в модельных популяциях березы. - Экология, 1988, № 1; с.28-33.
6. Преображенская Е.И. Радиоустойчивость семян растений. М.: Атомиздат, 1971, 232 с.
7. Преображенская Е.И. Влияние условий выращивания на изменчивость и взаимосвязь радиоустойчивости семян с содержанием белка. - Радиobiология, т.XVIII, вып.3, 1978, с.461-465.
8. Савин В.Н. Действие ионизирующих излучений на целостный растительный организм. М.: Энергоатомиздат, 1981, 120 с.
9. Спэрроу А.Х., Вудвелл Дж.М. Чувствительность растений к хроническому γ -облучению. - В кн.: Вопросы радиоэкологии. М.: Атомиздат, 1968, с.57-86.
10. Спэрроу А.Х., Шейпер Л.А., Вудвелл Дж.М. Радиочувствительность сосны (*Pinus rigida*) в условиях 10-летнего хронического γ -облучения ^{60}Co . В кн.: Вопросы радиоэкологии. М., Атомиздат, 1968, с.109-132.

- II. Тарчевская С.В. Влияние гамма-лучей кобальта-60 на семена некоторых видов хвойных растений. - В сб.: Действие ионизирующих излучений на гидробионты и наземные растения. Свердловск, 1970, с.33-45.
- I2. Тихомиров Ф.А., Федотов И.С. Радиочувствительность семян различных популяций сосны обыкновенной. - Радиобиология, т.25, № 3, с.419-422.
- I3. Ohba K., Simak M. Effect of X-rays on seeds of Scotpine (*Pinus sylvestris* L.) from different provenances.- *Silvae Genetica*, 1961, v.10, n.3, p.84.

О.А.ПОРОЗОВА

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ПОСТРАДИАЦИОННОГО ХРАНЕНИЯ СЕМЯН СОСНЫ НА ИХ ВСХОЖЕСТЬ И ВЫЖИВАЕМОСТЬ СЕЯНЦЕВ

Известно, что температура пострадиационного хранения семян оказывает существенное влияние на их посевные качества [1-8]. С повышением температуры хранения облученных семян возрастает число поврежденных клеток в зародышевой меристеме корня [2,3], снижается энергия прорастания и всхожесть [3,4,6-8]. Однако мало изучены отдаленные последствия пострадиационного хранения семян при разной температуре, и необходимо проведение дальнейших исследований в этом направлении.

Целью настоящей работы является изучение влияния температурного фактора во время пострадиационного хранения семян сосны обыкновенной на их всхожесть и выживаемость сеянцев в условиях вегетационного опыта.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Воздушно-сухие семена *Pinus silvestris* L., влажности 7% облучали гамма-квантами ^{137}Cs на установке типа "ИГУР-1" в дозах 7,5 и 15 Гр при мощности дозы 1,4 сГр/с. Облученные и необлученные семена хранили 7 суток в эксикаторе при постоянной влажности воздуха и температуре 5, 20 и 28°C, а затем высевали по 100 штук в вегетационные сосуды со смесью почвы и песка (3:1 по объему). Одновременно высевали и семена сосны сразу после облучения в этих же дозах (контроль). После посева сосуды размешали на открытой площадке. Влажность почвы в сосудах поддерживали поливом. Учитывали грунтовую всхожесть семян и выживаемость сеянцев через 90 суток после посева. Повторность в опытах трехкратная. Достоверность различий между вариантами опыта оце-

нивали по критерию Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Грунтовая всхожесть необлученных семян сосны, высеванных после хранения в течение 7 суток при разной температуре, колебалась от $47\pm5,4$ до $56\pm4,7\%$. Различия между вариантами опыта по этому критерию оказались статистически недостоверными. Грунтовая всхожесть облученных семян приведена на рис. I, на кото-

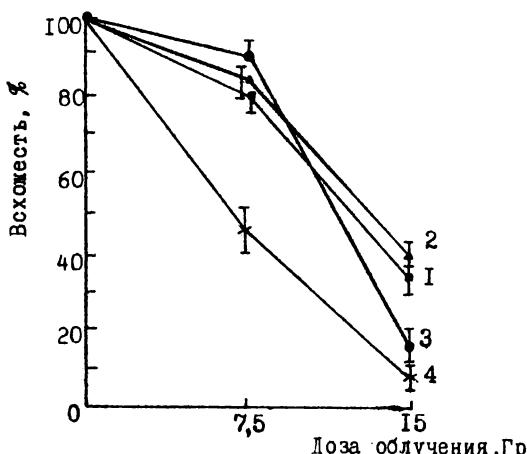


Рис. I. Влияние дозы гамма-облучения и температуры пострадиационного хранения семян сосны обыкновенной на их грунтовую всхожесть % к числу проросших необлученных семян. 1-контроль (без хранения после облучения); 2-хранение при 5°C ; 3-хранение при 20°C ; 4-хранение при 28°C .

ром видно, что предпосевное гамма-облучение в дозе 7,5 Гр не влияет на грунтовую всхожесть семян, высеванных сразу после облучения и через неделю хранения при температуре 5 и 20°C . Хранение семян, облученных в этой дозе, при температуре 28°C приводит к снижению грунтовой всхожести в два раза по сравнению с контролем. Облучение семян в дозе 15 Гр вызывает существенное

снижение их всхожести как при посеве сразу после облучения, так и после хранения. При этом всхожесть облученных семян, хранившихся при температуре 5°, сходна со всхожестью облученных семян, не подвергшихся пострадиационному хранению, и составляет 35% к контролю. Хранение при температуре 20 и 28° семян, облученных в дозе 15 Гр, снижает число проросших семян до 12-15%.

Учет выживших сеянцев спустя 90 суток после посева позволил оценить отдаленные последствия хранения облученных семян сосны.

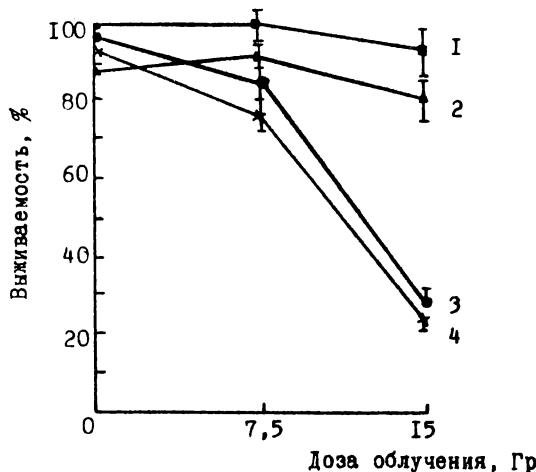


Рис.2. Влияние температуры пострадиационного хранения семян сосны обыкновенной на выживаемость 90-дневных сеянцев (% к числу проросших семян). Обозначения те же, что на рис.1.

На рис.2 видно, что отпад сеянцев, появившихся из необлученных семян, не превышает 10% и не зависит от температуры хранения. Незначительным оказался отпад сеянцев, развившихся

из семян, облученных в дозе 15 Гр и высеванных сразу после облучения. Наблюдается отпад небольшого числа сеянцев, которые появились из семян, облученных в дозе 15 Гр и хранившихся до посева при температуре 5°С. Около 75% сеянцев погибло в течение первого вегетационного периода в вариантах опыта с хранением семян, облученных в этой дозе и затем хранившихся при температуре 20 и 28°С.

Таким образом, хранение в течение 7 суток при температуре 5° семян сосны, облученных в дозах 7,5 и 15 Гр, не оказалось статистически достоверного влияния на их грунтовую всхожесть, а пострадиационное хранение семян при температуре 20 и 28° снижало ее. Опыты также показали, что сеянцы сосны, появившиеся из облученных семян, менее жизнеспособны, если посев проводить не сразу, а спустя неделю после облучения.

С повышением температуры пострадиационного хранения семян сосны с 5° до 20° резко снижается жизнеспособность сеянцев, появившихся из таких семян. Повышение температуры хранения семян с 20° до 28° не оказалось существенного влияния на жизнеспособность развивающихся из них сеянцев.

Анализ литературных данных и результатов рассмотренного выше опыта показывает, что как при кратковременном (1 и 24 часа) [4], так и при более длительном (7 суток) хранении облученных семян сосны с повышением температуры пострадиационного хранения возрастает не только торможение их прорастания, но и гибель сеянцев. При этом усиление повреждения семян во время пострадиационного хранения сильнее отражается на их всхожести, чем на выживаемости сеянцев в течение первого вегетационного периода.

ВЫВОДЫ

1. Хранение в течение 7 суток при температуре 5⁰С семян сосны обыкновенной, облученных в дозах 7,5 и 15 Гр, не влияет на их грунтовую всхожесть и слабо снижает выживаемость сеянцев в течение первого вегетационного периода. Повышение температуры пострадиационного хранения семян до 20 и 28⁰С приводит к возрастанию потери их всхожести и усилению отпада сеянцев, вызываемых предпосевным гамма-облучением.

2. Усиление поражения семян сосны при пострадиационном хранении в большей степени проявляется в подавлении их прорастания и в значительно меньшей степени – в гибели сеянцев в течение первого года вегетации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атаян Р.Р. Модификация радиобиологических реакций клеток сопутствующими облучению факторами. – В кн.: Чтения памяти Н.В.Тимофеева-Ресовского, Ереван, изд.АН Арм.ССР, 1983, с.41-55.
2. Лаура М.П. Модификация лучевого поражения и эффект хранения у семян *Pinus silvestris* L.. – Автореф.канд.дисс., Л., 1966. 24 с.
3. Лаура М.П. Возможности модификации радиационного повреждения семян сосны. – В кн.: Модификация эффекта ионизирующей радиации у растений. Рига: "Зинатне", 1971, с.61-69.
4. Позолотина В.Н. Влияние пострадиационного хранения на жизнеспособность семян двух разнопloidных видов бересклета. – В кн.: Радиоустойчивость семян растений и ее изменчивость. Свердловск, 1980, с.3-13.
5. Порозова О.А. Влияние температурного фактора в пострадиаци-

- онный период на развитие лучевого поражения в семенах сосны. - В кн.: Радиоустойчивость семян растений и ее изменчивость. Свердловск, 1980, с.14-18.
6. Тарчевская С.В. Радиочувствительность сосны на ранних стадиях развития. - Автореф.канд.дисс., Свердловск, 1975, с.24.
7. Тарчевская С.В., Йшков П.И., Каширо Ю.П. Зависимость всхожести семян сосны от условий пострадиационного хранения. - В кн.: Радиоустойчивость семян растений и ее изменчивость. Свердловск, 1980, с.19-34.
8. Atayan. Interaction on factors modifying the radiosensitivity of dormant seeds: a review.-Int.J.Radiat.Biol., 1987, vol.52, N6, p.827-845.

С.В.ТАРЧЕВСКАЯ, И.В.МОЛЧАНОВА, Е.Н.КАРАВАЕВА, Н.И.ШЕХУРИНА
ВЛИЯНИЕ ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ СЕМЯН ГОРОХА В МАЛОЙ ДОЗЕ НА
РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ И ПОСТУПЛЕНИЕ В НИХ ^{90}Sr И ^{137}Cs .

Известно, что облучение семян и вегетирующих растений в относительно малых дозах может интенсифицировать процессы обмена веществ, вызывая ускорение темпов роста и развития, увеличение биомассы и урожайности растений [2]. Этот прием используется в сельскохозяйственной практике [4]. Установлено также, что гамма-облучение покоящихся семян гороха в малых дозах повышает их устойчивость к последующему лучевому воздействию [1, 3]. Учитывая сказанное, можно ожидать, что у растений, облученных перед посевом в малых дозах и выращиваемых на загрязненных радионуклидами участках, изменится уровень поступления радионуклидов в растения и будут модифицированы радиobiологические реакции.

Целью настоящей работы является изучение влияния предпосевного гамма-облучения семян гороха в малых дозах на поступление радионуклидов в растения, а также на рост и развитие этих растений на почвах с повышенным содержанием стронция-90 и цезия-137.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Покоящиеся семена гороха сорта "Чишминский мелкосемянный" облучали в дозе 1,0 Гр на гамма-установке типа "Игур-1" при мощности дозы 1,43 сГр/с. После облучения опытные и контрольные (необлученные) семена высевали в вегетационные сосуды с почвенно-песчаной смесью (3:1). Одна группа сосудов содержала чистую почвенную смесь, а другая заполнялась смесью, в которую предварительно вносили водные растворы радионуклидов

стронция-90 и цезия-137 из расчета: $^{90}\text{Sr} = 1,85$ и $3,7 \times 10^7$ Бк/кг, $^{137}\text{Cs} = 1,85 \times 10^7$ Бк/кг почвы. Повторность каждого варианта опыта 3-кратная. В течение вегетации проводили визуальные наблюдения за ростом и развитием растений, а в конце опыта, при разборке, определяли вес надземной массы растений и вес семян. Далее производили радиометрию зольных проб различных частей растений, при этом из пробы отбирали и просчитывали по 3 повторности.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведенные опыты показали, что грунтовая всхожесть семян во всех вариантах, включая контроль, была одинаковой. По времени появления I-го листа, длине стеблей, числу ярусов, наступлению фазы цветения и образования бобов заметных различий растения также не имели. Как видно из табл. I, предпосевное облучение семян гороха в дозе 1,0 Гр на фоне загрязнения почвы радионуклидами не оказало статистически достоверного влияния на морфогенез и урожай растений.

На рис. I представлены данные, характеризующие накопление радионуклидов в растениях гороха. Можно отметить, что в растениях опытных вариантов концентрация радионуклидов несколько выше, чем в контроле, хотя различия статистически недостоверны. Последнее, по-видимому, объясняется сравнительно небольшим объемом анализируемого в опыте материала, однако тенденция, отражающая влияние изучаемого фактора, очевидна. Это подтверждается результатами, полученными при определении величины коэффициентов накопления радионуклидов для разных органов растений гороха по вариантам опыта (табл. 2). Видно, что в вариантах, где семена перед посевом были облучены в дозе 1,0 Гр, коэффи-

Таблица I

Влияние предпосевного облучения покоящихся семян гороха в дозе 1,0 Гр на рост и развитие растений по вариантам опыта (опыт – облучение в дозе 1,0 Гр, контроль – без облучения).

Варианты опыта и концентрации радионуклидов в почве, Ек/кг		Вес сырой массы 1-го растения, г.	Число бобов на 1 растение, см растения, г. шт.	Длина бобов, см	Число горошин на 1 боб, шт. на горошину, г	Средний вес однородных бобов, г	Число горошин на 1 боб, шт. на горошину, г	Средний вес однородных бобов, г
0	опыт	2,8 ± 0,27	2,1 ± 0,21	2,3 ± 0,16	2,9 ± 0,11	0,11 ± 0,006	0,10 ± 0,008	0,10 ± 0,008
	контроль	3,4 ± 0,47	1,0 ± 0,18	2,8 ± 0,37	3,3 ± 0,23	0,10 ± 0,008		
137Cs , опыт	3,4 ± 0,46	1,3 ± 0,27	2,7 ± 0,31	3,6 ± 0,15	0,14 ± 0,009	0,14 ± 0,001	0,14 ± 0,001	0,14 ± 0,001
	контроль	3,1 ± 0,37	1,8 ± 0,28	2,7 ± 0,27	3,5 ± 0,15	0,14 ± 0,001		
$1,85 \times 10^7$ Sr^{90} , опыт	3,1 ± 0,50	2,0 ± 0,50	2,9 ± 0,22	3,5 ± 0,11	0,07 ± 0,004	0,10 ± 0,008	0,10 ± 0,008	0,10 ± 0,005
	контроль	2,3 ± 0,31	1,8 ± 0,37	2,5 ± 0,18	3,4 ± 0,16	0,10 ± 0,008		
90Sr , опыт	2,2 ± 0,28	2,0 ± 0,28	2,5 ± 0,21	3,3 ± 0,13	0,10 ± 0,005	0,10 ± 0,004	0,10 ± 0,004	0,10 ± 0,004
	контроль	2,1 ± 0,35	2,6 ± 0,55	2,5 ± 0,12	3,2 ± 0,15	0,10 ± 0,004		

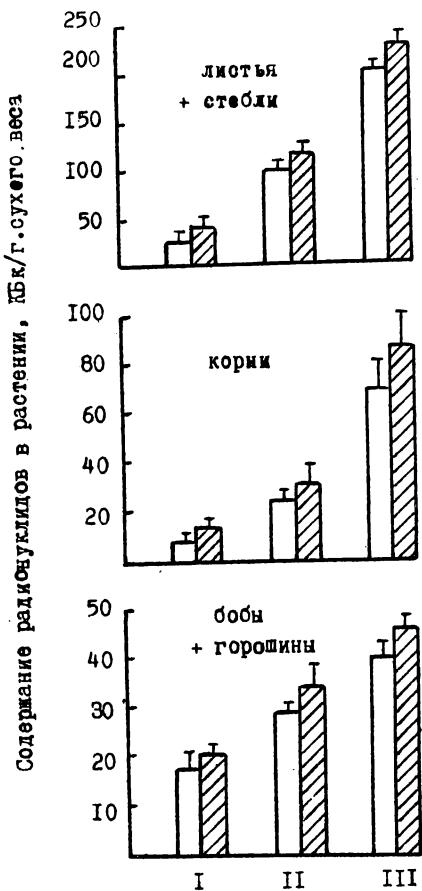


Рис. I. Влияние предпосевного гамма-облучения семян в дозе 1,0 Гр на накопление ^{90}Sr и ^{137}Cs в растениях гороха

— контроль без облучения;

— облучение в дозе 1,0 Гр.

I — ^{137}Cs , концентрация в почве $1,85 \times 10^7 \text{Бк/кг}$,

II — ^{90}Sr , концентрация в почве $1,85 \times 10^7 \text{Бк/кг}$,

III — ^{90}Sr , концентрация в почве $3,7 \times 10^7 \text{Бк/кг}$.

Таблица 2

Влияние предпосевного гамма-облучения семян гороха в дозе 1,0 Гр на коэффициенты накопления радионуклидов для различных органов растений

Варианты опыта и Листья концентрация ра- дионуклидов в почве, Бк/кг		Корни	Створки боба	Горошины
^{137}Cs , опыт	0,99 \pm 0,47	0,49 \pm 0,11	1,01 \pm 0,27	0,60 \pm 0,063
$1,85 \times 10^7$ конт- роль	0,77 \pm 0,31	0,23 \pm 0,09	0,50 \pm 0,08	0,45 \pm 0,090
^{90}Sr , опыт	5,49 \pm 1,11	2,38 \pm 0,45	4,75 \pm 0,37	0,19 \pm 0,05
$1,85 \times 10^7$ конт- роль	4,83 \pm 1,61	0,75 \pm 0,15	3,88 \pm 0,29	0,16 \pm 0,02
^{90}Sr , опыт	5,70 \pm 0,72	1,51 \pm 0,26	3,63 \pm 0,35	0,16 \pm 0,02
$3,7 \times 10^7$ конт- роль	4,90 \pm 2,50	1,37 \pm 0,41	3,42 \pm 0,53	0,16 \pm 0,02

* - различия коэффициентов накопления в опытном и контролльном вариантах статистически достоверны

коэффициенты накопления ^{90}Sr и ^{137}Cs для листьев, корней и створок бобов заметно выше, чем в контроле; для горошин величина этого показателя по ^{90}Sr в опыте и контроле не имеет различий, коэффициенты накопления ^{137}Cs для горошин примерно на 25% выше в опытном варианте.

Таким образом облучение семян гороха перед посевом в дозе 1,0 Гр не оказалось существенного влияния на морфогенез и урожай растений. Некоторое увеличение накопления радионуклидов растениями опытных вариантов можно, по-видимому, считать следствием проявления эффекта радиостимуляции, связанного с повышением интенсивности обменных процессов после облучения семян в относи-

тельно малой дозе.

ВЫВОДЫ

1. Предпосевное облучение семян гороха в дозе 1,0 Гр не оказалось заметного влияния на морфогенез растений и формирование урожая.

2. Под влиянием предпосевного облучения семян гороха в дозе 1,0 Гр отмечено некоторое увеличение поступления $^{90}S\acute{z}$ и ^{137}Cs в растения при концентрации радионуклидов в почве $1,85 \times 10^7$ Бк/кг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альшиц Л.К., Тарчевская С.В. О возможности изменения лучевого поражения семян гороха стимулирующими дозами ионизирующей радиации. - В сб.: Модификация лучевого поражения семян растений. Свердловск, 1983, с.3-II.
2. Кузин А.М. Стимулирующее действие ионизирующего излучения на биологические процессы. М.: Атомиздат, 1977, с.133.
3. Куликов Н.В., Альшиц Л.К., Позолотин А.А., Тарчевская С.В. Изменение радиочувствительности растений в результате предварительного лучевого воздействия. - Радиобиология, 1971, т.II, вып.4, с.630-632.
4. Питиримова М.А., Батыгин Н.Ф. Перспективы использования ионизирующих излучений. - Селекция и семеноводство, № 2, 1985, с.51-53.

Т.А.ЧУЕВА, П.И.ЮШКОВ

ВЛИЯНИЕ ПОСТРАДИАЦИОННОГО ХРАНЕНИЯ СЕМЯН *Salix pentandra L.*
НА ИХ ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА

Исследования показали, что степень поражения облученных семян растений во время их хранения может оставаться без изменений [1] или возрастать [2-9, 14-16]. Усиление лучевого поражения семян при их хранении (эффект хранения) зависит от дозы облучения, от длительности и условий хранения, таких как влажность, температура, газовый состав [2, 4, 5, 7-9, 11, 15]. В формировании эффекта хранения участвуют различные процессы, одни из которых обусловливают раннее, другие – более отдаленное во времени усиление лучевого поражения семян. Полагают, в частности, что определенный вклад в эффект пострадиационного хранения вносят ускоренные облучением процессы естественного старения семян [2,3]. В связи с этим представляет интерес изучение проявления эффекта пострадиационного хранения у семян ивы, которым свойствены быстрые темпы естественного старения [10, 17] и у которых данный эффект не исследован.

Цель этой работы – изучить влияние дозы гамма-облучения, влажности семян во время и после облучения и длительности хранения на радиобиологический эффект у семян ивы пятитычинковой.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исходным материалом в опытах служили свежесобранные семена ивы пятитычинковой *Salix pentandra L.* Было проведено две серии опытов. В первой серии опытов воздушно-сухие семена (влажность 8%) подвергли гамма-облучению в дозах 100 и 150 Гр при мощности дозы 48,6 сГр/с на установке типа "Исследователь". Часть семян высевали сразу после облучения, а остальные –

после хранения при постоянной влажности 8%, при температуре 20⁰С в течение 15 и 30 суток.

Во второй серии опытов семена влажности 2 и 8%, помещенные в герметически запаянные полиэтиленовые пакетики, облучали в дозах 90 и 120 Гр, после чего облученные и контрольные семена хранили в течение 45 суток при той же влажности, при которой облучали. В течение этого времени семена низкой влажности находились в эксикаторе над силикагелем, а воздушно-сухие – в эксикаторе над насыщенным раствором MgCl₂ при температуре 20⁰С. Влажность семян контролировали перед облучением и перед посевом. Контролем в обеих сериях опытов служили необлученные семена. По окончании хранения семена высевали по 50 штук на влажные бумажные фильтры в чашки Петри и прорачивали на свету при температуре 27–29⁰С. Повторность в опытах четырехкратная. Радиоустойчивость семян оценивали по всхожести и числу 30-дневных растений с корнями (процент растений с корнями к общему их числу). Последний критерий отражает жизнеспособность сеянцев ивы, поскольку проростки, у которых в течение первого месяца жизни не появились корни, в дальнейшем погибают на стадии семядолей [12,13]. Достоверность различий между опытными и контрольными вариантами оценивали по критерию Стьюдента при $t_{0,05}=2,4$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. I видно, что хранение воздушно-сухих необлученных семян ивы при температуре 20⁰С в течение 15 и 30 суток не влияет на их всхожесть, но наблюдается тенденция увеличения числа 30-дневных сеянцев без корней с возрастанием срока хранения семян. Однако различия между хранившимися и не хра-

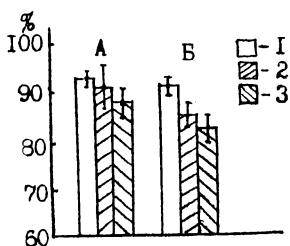


Рис.1. Зависимость посевных качеств необлученных семян ивы пятитычинковой от сроков их хранения. Срок хранения: I-0 суток; 2-15 суток; 3-30 суток. А-всхожесть, %; Б-число растений с корнями,% к общему числу растений.

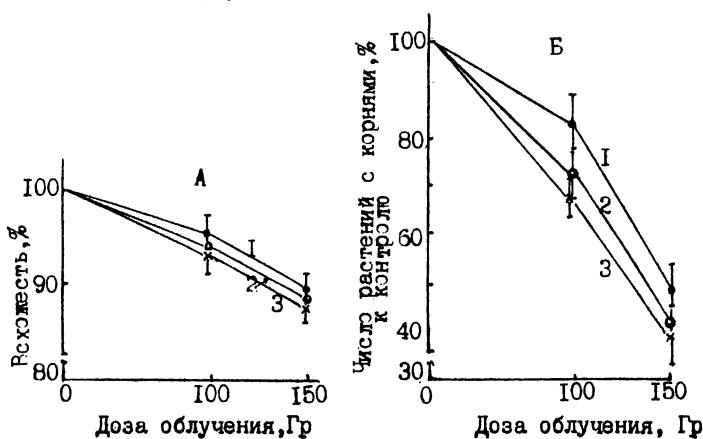


Рис.2. Зависимость посевных качеств семян ивы пятитычинковой от дозы гамма-облучения и длительности пострадиационного хранения. Сроки хранения: I-0 суток; 2-15 суток; 3-30 суток. А-всхожесть, %; Б-число 30-дневных растений с корнями.

нившимися семенами по этому показателю статистически недостоверны ($t_{опыт} = 1,9$).

Облучение семян в дозах 100 и 150 Гр снижает их всхожесть при посеве без пострадиационного хранения и приводит к уменьшению числа жизнеспособных сеянцев, причем при дозе 150 Гр - в два раза. Хранение облученных семян в течение 15 и 30 суток не усиливает их радиационное поражение (рис.2).

Во второй серии опытов показано (рис.3), что хранение при комнатной температуре в течение 45 суток необлученных семян влажности 2 и 8% приводит к статистически достоверному снижению всхожести первых ($t = 3,4$) и не влияет существенно на всхожесть вторых ($t = 1,6$). У 78 и 89% проростков, появившихся соответственно из сухих и воздушно-сухих семян, имелись в 30-дневном возрасте корни. Следовательно, хранение необлученных семян разной влажности в течение 45 суток обусловило увеличение числа нежизнеспособных проростков. На рис.4,А видно, что гамма-облучение семян ивы влажности 2 и 8% в дозе 90 Гр вызвало снижение всхожести; но оно оказалось статистически недостоверным как при посеве семян без хранения, так и после 45-дневного хранения (соответственно $t_{опыт} = 1,4$ и $1,9$). Облучение семян обеих влажностей в дозе 120 Гр непосредственно перед посевом также не вызвало достоверного снижения всхожести. Продолжительная отсрочка посева облученных в этой дозе воздушно-сухих семян не влияет на их всхожесть. Однако хранение в течение того же срока семян низкой влажности, облученных в дозе 120 Гр, приводит к достоверному снижению их всхожести ($t_{опыт} = 2,6$).

Проращивание сухих и воздушно-сухих семян сразу после

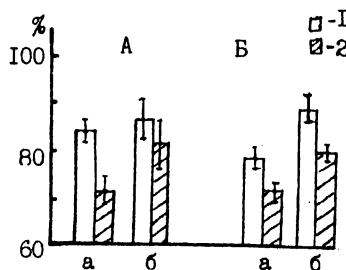


Рис.3. Влияние хранения необлученных семян ивы пятитычинковой разной влажности на их посевные качества. Сроки хранения: 1-0 суток; 2-45 суток
Влажность семян: а-2%; б-8%. А-всходесть, %;
Б-число 30-дневных растений с корнями, % к общему числу растений.

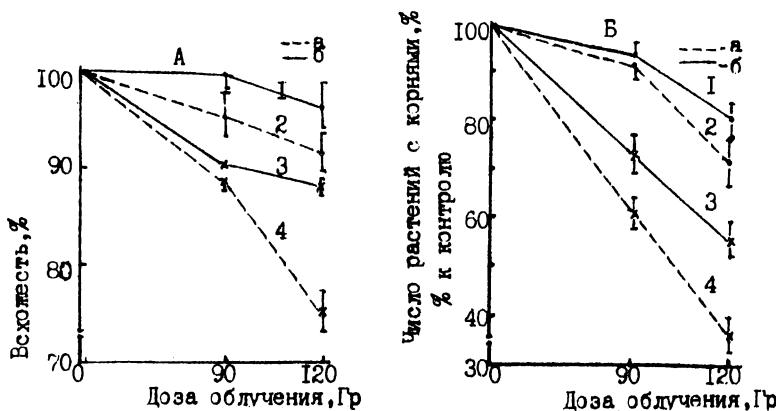


Рис.4. Зависимость посевных качеств семян ивы пятитычинковой от дозы гамма-облучения и длительности пострадиационного хранения. Сроки хранения: 1,2-0 суток; 3,4-45 суток. Влажность семян: а-2%; б-8%. А-всходесть, %; Б-число 30-дневных растений с корнями.

облучения в дозе 90 Гр вызвало достоверное снижение числа 30-дневных растений с корнями (рис.4 Б). Если семена той и другой влажности облучали в дозе 120 Гр, то при посеве их без предварительного хранения число жизнеспособных растений снижалось на 28 и 20% по сравнению с контролем. Пострадиационное хранение в течение 45 суток семян, облученных в этой дозе, вызывает дополнительное снижение числа сеянцев с корнями на 25 и 36% ($t_{опыт} = 3,8$). При этом эффект пострадиационного хранения сильнее выражен у семян, которые облучали и затем хранили при влажности 2%.

Итак, опыты показали, что у семян ивы пятитычинковой, облученных в дозах 100 и 150 Гр, уровень поражения, обнаруженный при посеве сразу после облучения, остается без изменений через 15 и 30 суток последующего хранения. Но к достоверному уменьшению числа растений с корнями приводит хранение семян в течение 45 суток после облучения в дозах 90 и 120 Гр. У необлученных семян ивы влажности 2% к концу первого месяца хранения наблюдается тенденция к ухудшению посевных качеств, а через 45 суток хранения – статистически достоверное их снижение. Ухудшение посевных качеств необлученных семян влажности 2% в процессе хранения свидетельствует об их старении [7]. Следовательно, у семян ивы пятитычинковой эффект пострадиационного хранения развивается на фоне интенсивного естественного старения. При этом факторы, способствующие ускорению старения необлученных семян (низкая влажность семян, длительные сроки хранения), усиливают и развитие эффекта пострадиационного хранения. Кроме этого, усиление лучевого поражения семян ивы, происходящее во время их пострадиа-

ционного хранения, в большей степени отражается в торможении образования корней, чем в ингибировании прорастания.

Следует отметить, что у семян сосны и березы усиление лучевого поражения происходит при более коротких сроках хранения, когда посевные качества необлученных семян остаются без изменений [8, 9, II]. Приведенные данные показывают, что развитие эффекта пострadiационного хранения зависит не только от дозы облучения, условий и срока хранения, но и от биологических особенностей семян растений.

В развитии эффекта пострадиационного хранения у семян растений выделяют два компонента: быстрый и медленный [3], или близкий и дальний [2]. При этом быстрый компонент эффекта хранения проявляется в период от нескольких часов до 1-2 суток после облучения [3]. Из данных, приведенных выше, следует, что быстрый компонент эффекта хранения у семян ивы пятитычинковой отсутствует и проявляется только медленный компонент.

ВЫВОДЫ

1. Гамма-облучение воздушно-сухих семян ивы пятитычинковой (влажность 8%) в дозах 100 и 150 Гр вызывает снижение их всхожести и числа жизнеспособных проростков. Хранение облученных семян в течение 15 и 30 суток при температуре 20⁰C не изменяет степень их первоначального лучевого поражения.

2. У семян ивы влажности 2 и 8%, облученных в дозах 90 и 120 Гр, пострадиационное хранение при 20⁰C в течение 45 суток вызывает усиление радиационного поражения, возрастающее как с увеличением дозы облучения, так и с уменьшением влажности.

3. Эффект пострадиационного хранения у семян ивы пятитычинковой проявляется на фоне их интенсивного естественного хранения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев А.С. Сохранность действия рентгеновских лучей на пшеницу. - Бюлл.МОИП, отдел биол., 1936; т.45, № 6, с.433-440.
2. Гудков И.Н. К вопросу о механизме "эффекта хранения" в облученных семенах растений. - Радиобиология, 1973, т.13, вып.1, с.140-145.
3. Иванов В.И. Радиобиология и генетика арабидопсиса. Проблемы космической биологии. М.: Наука, 1974, т.27, 192 с.
4. Лайра М.И. Эффект хранения у облученных семян сосны *Pinus silvestris* L. . - Изв.АН Латв.ССР, 1966, сер.биол., № 9, с.91-94.
5. Лайра М.И. Возможности модификации радиационного повреждения семян сосны. - В кн.: Модификация эффекта ионизирующей радиации у растений. Рига, Зинатне, 1971, с.61-69.
6. Нечитайлло Г.С. Радиочувствительность и старение семян *Allium fistulosum* L. - Радиобиология, 1969, т.9, вып.5, с.774-776.
7. Овчаров К.Е. Физиологические основы всхожести семян. М.: Наука, 1969, 280 с.
8. Позолотина В.Н. Влияние пострадиационного хранения на жизнеспособность семян двух разнопloidных видов бересклета. - В кн.: Радиоустойчивость семян и ее изменчивость. Свердловск, 1980, с.3-13.
9. Попцов А.В., Буч Т.Г. О факторах, способствующих сохране-

нию всхожести семенами ивы. - Докл. АН СССР, 1952, с. 489-492.

- I0. Порозова О.А. Радиочувствительность семян сосны в зависимости от их влажности и сроков хранения после облучения. - Экология, 1983, № 3, с.82-84.
- II. Тарчевская С.В., Йшков П.И., Калиро Ю.П. Зависимость всхожести семян сосны от условий пострадиационного хранения. - В кн.: Радиоустойчивость семян растений и ее изменчивость. Свердловск, 1980, с.19-34.
- I2. Чуева Т.А., Йшков П.И. Изменение радиоустойчивости семян *Salix pentandra* L. в зависимости от длительности их намачивания. - В кн.: Действие ионизирующих излучений на растения. Свердловск, 1985, с.61-67.
- I3. Йшков П.И. Влияние гамма-облучения семян *Salix pentandra* L. на их всхожесть и морфогенез проростков. - В кн.: Действие ионизирующих излучений на растения. Свердловск, 1985, с.48-60.
- I4. Atayan K.R. Interaction of factors modifying the radiosensitivity of dormant seed; a review - Int.J.Radiat.Biol., 1987, v.52, N 6, p.827-845.
- I5. Caldecott R.S. Seedling height, oxygen, availability, storage and temperature; their relation to radiation-induced genetic and seedling injury in barley - In: Effects ionizing radiation on seeds. Vienna, IAEA, 1961, p.3-24.
- I6. Ivem H. Neuere Untersuchungen über die Wirkung der Röntgenstrahlen auf Pflanzen. - Strahlentherapie, 1925, Bd.19, H 3, s.413-416
- I7. Junttila O. Seed germination and viability in five *Salix* species. - Astarte, 1976, v.9, N 1, p.19-24.

П.И.ЮШКОВ
ВЛИЯНИЕ ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ НА СЕМЕНА
Salix caprea L.

Из многих видов ивы в радиобиологическом отношении в большей степени изучена ива пятитычинковая [7-13]. Для получения полной радиобиологической характеристики рода *Salix* необходимо изучение действия ионизирующей радиации на семена и вегетирующие растения других видов ивы, особенно тех, которые по биологическим свойствам существенно отличаются от ивы пятитычинковой. Одним из таких видов является ива козьи *Salix caprea L.*, широко распространенная не только на Урале, но и в других регионах страны [5]. Семена этого вида ивы отличаются от семян ивы пятитычинковой значительно более коротким периодом созревания, быстрой потерей всхожести, большей амплитудой температурного оптимума прорастания [1, 4, 14], а также меньшей полиднотью – 2п у ивы козьей равна 38, у ивы пятитычинковой – 76 [6]. О радиостойчивости семян ивы козьей в литературе имеются лишь весьма краткие сведения [13].

В настоящей работе приводятся результаты изучения действия предпосевного гамма-облучения семян ивы козьей на их прорастание и морфогенез проростков. Кроме этого, оценивается возможность использования критериев радиационного поражения семян этого вида ивы, ранее примененных в опытах с ивой пятитычинковой [9].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В опытах использовали смесь свежих семян с 10 деревьев ивы козьей из насаждения с составом 8Б 2С с ивой козьей во втором ярусе. Тип леса – березняк разнотравный. Воздушно-су-

хие семена (влажность 8%) облучали гамма-квантами ^{60}Co на установке типа "Исследователь" в дозах 50, 75, 100, 150, 200, 250 и 300 Гр при мощности дозы 50,4 сГр/с. Контролем служили необлученные семена. Сразу после облучения семена высевали по 50 штук в чашки Петри на влажную вату, накрытую фильтровальной бумагой. Повторность в опытах четырехкратная. Семена прорашивали на рассеянном естественном свете при дополнительном люминесцентном освещении (суммарная освещенность 3500 лк, фотопериод 12 час.) при температуре воздуха в помещении днем $27\text{--}29^{\circ}\text{C}$, ночью - $18\text{--}20^{\circ}\text{C}$. В определенные сроки после посева учитывали общее число проросших семян, а также число проростков со следующими признаками: а) с раскрытыми семядолями, б) с корнями, в) с одним или двумя листьями, г) с тронувшимся в рост эпикотилем.

Наблюдения за ходом прорастания семян и морфогенезом проростков проводили через 6, 9, 12, 15, 24, 48 и 72 часа, а затем через 5, 10, 15, 20, 25 и 35 суток после посева. Семя считали проросшим, если из него вытянулся гипокотиль, вокруг основания которого появился венчик из волосков, а семядоли стали отличными от гипокотиля [9]. На рисунках приведены доверительные интервалы при $P = 0,95$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основании наблюдений за динамикой прорастания семян и появления отдельных органов у проростков ивы козьей составлена фенограмма, в которой указаны сроки прохождения некоторых начальных этапов онтогенеза в зависимости от дозы гамма-облучения (рис. I). Время вступления в ту или иную фенофазу первых, иногда единичных, растений принято за ее начало, фазу считали

завершённой, если в неё вступило не менее 90% проростков. На рис. I видно, что прорастание необлученных и облученных семян ивы козьей началось через 9 часов после посева их на влажный субстрат и во всех вариантах опытов продолжалось в течение 6 часов. Гамма-облучение семян в диапазоне доз 50–300 Гр не влияет на прорастание. Раскрытие семядолей у контрольных и облученных растений началось через 12 часов после посева, однако у облученных растений эта фенофаза оказалась более продолжительной. Через 16 часов после посева отмечено начало появления первых листьев.

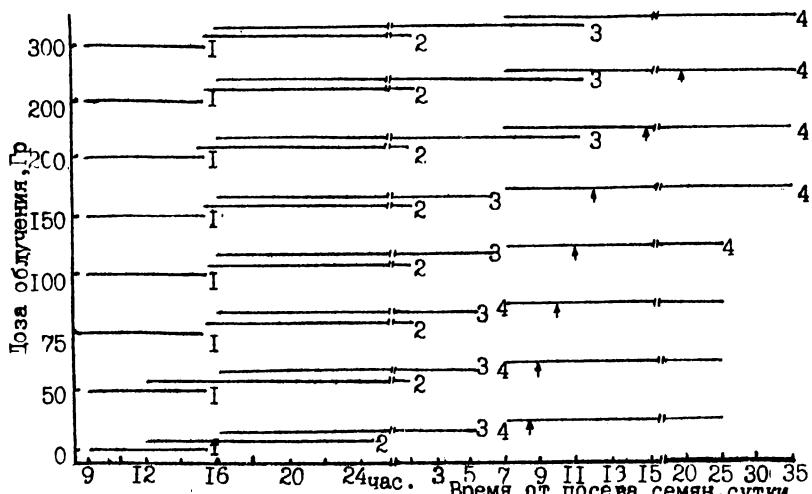


Рис. I. Влияние гамма-облучения семян ивы козьей на их прорастание и на прохождение проростками фаз морфогенеза. 1 - прорастание семян; 2 - раскрытие семядолей; 3 - появление корня; 4 - появление первого листа. (Стрелкой отмечено время появления первого листа у 50% растений).

ления первичного корня у необлученных и облученных проростков, а завершение данной фенофазы зависит от дозы облучения семян. Так, если в контроле и в варианте с облучением семян в дозах

50 и 75 Гр появление корней у проростков продолжалось в течение 6 суток, то при дозах 200-300 Гр - на протяжении II суток после посева.

Появление первого настоящего листа у проростков в контроле и при облучении семян в дозах 50-200 Гр наблюдается через 7 суток после посева, а при облучении в дозах 250 и 300 Гр - на сутки позднее. Завершение фенофазы в контроле и при облучении семян в дозах 50-100 Гр отмечено через 25 суток после посева. Облучение семян в интервале доз 150-300 Гр тормозит образование листьев, и к концу 35-дневного опыта у части растений отсутствовали листья. Гамма-облучение снижает и темпы образования листьев у проростков. Так, первый лист у 50% растений появился при облучении семян в дозах 50-100 Гр на 1-3 суток, при дозах 200 и 250 Гр - на 7-13 суток позднее, чем в контроле, а при дозе 300 Гр даже в конце 35-дневного опыта листья образовались менее чем у 50% проростков.

Зависимость листообразования у проростков ивы козьей от дозы гамма-облучения представлена также на рис.2. Видно, что облучение семян в диапазоне 50-100 Гр задерживает вступление значительного числа проростков в фазу образования листьев. Однако спустя две недели после посева в контроле и при дозах облучения 50-100 Гр около 90% проростков имели листья. Облучение семян в дозах 150-300 Гр оказалось угнетающим действие на образование листьев. Так, при дозе облучения 150 Гр листья образовались у 72%, а при дозах 250 и 300 Гр - приблизительно у 17% растений. Доза облучения семян, вызвавшая снижение числа растений с листьями в два раза, составила 200 Гр.

На рис.2 также видно, что облучение семян в интервале

доз 50-100 Гр не влияет на формирование второго листа, но более высокие дозы облучения (150-300 Гр) тормозят появление второго листа. Число растений со вторым листом при дозах облучения семян 150 и 250-300 Гр оказалось соответственно на 22 и 52% меньше, чем в контроле. При этом облучение в дозах 250 и 300 Гр вызвало сильную деформацию листовых пластинок.

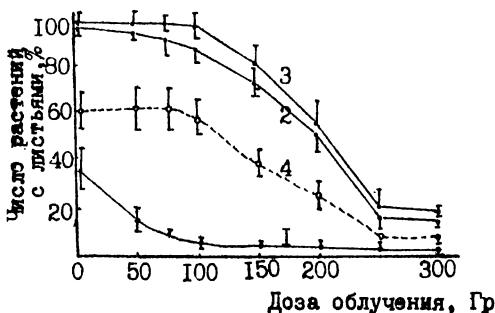


Рис.2. Влияние гамма-облучения семян ивы козьей на появление первого (1-3) и второго (4) листьев у проростков разного возраста. Время после посева: 1-7 суток; 2-20 суток; 3 и 4 - 35 суток.

Через 14 суток после посева у молодых растений ивы во всех вариантах опытов отмечено начало вытягивания эпикотиля (рис.3).

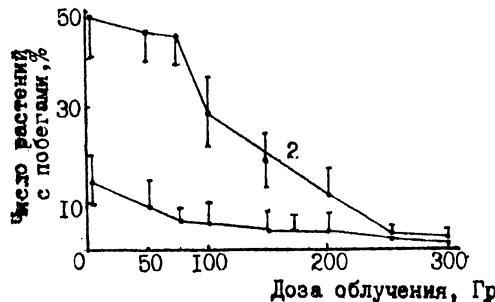


Рис.3. Зависимость числа 35-дневных растений ивы козьей с верхушечным побегом от дозы гамма-облучения. Время после посева: 1-14 суток; 2-35 суток.

На рис.3 видно, что вступление растений ивы в эту фазу онтогенеза угнетается гамма-облучением семян в диапазоне доз 50–300 Гр. К концу опыта у 40% контрольных растений наблюдается рост эпикотиля. Облучение в дозах 50 и 75 Гр не оказывает существенного влияния на рост верхушечного побега. Дозы 100–200 Гр сильно задерживают, а дозы 250 и 300 Гр полностью тормозят образование верхушечного побега.

Итак, опыты показали, что облучение гамма-квантами ^{60}Co воздушно-сухих семян ивы козьей в интервале доз 50–300 Гр при мощности дозы 50,4 сГр/с не оказывает влияния на их прорастание и на появление первичного корня у проростков, в слабой степени тормозит раскрытие семядолей, вызывает задержку образования листьев и даже полное торможение его у части растений. При этом доза облучения семян ивы козьей, вызывающая подавление листообразования у 50% сеянцев, то есть снижающая в два раза по сравнению с необлученным контролем число жизнеспособных растений, составляет 200 Гр.

Интересно сравнить радиоустойчивость семян ивы козьей и ивы пятитычинковой, биологические свойства которых существенно различаются [I, 4, I4]. Оказывается, что семена ивы козьей радиоустойчивее семян ивы пятитычинковой, облучение которых в дозе 100 Гр вдвое уменьшает число 35-дневных сеянцев с листьями [9]. Таким образом, семена ивы козьей с меньшей пloidностью ($2n=38$) значительно радиоустойчивее семян ивы пятитычинковой с большей пloidностью ($2n=76$). Однако, разная радиорезистентность семян этих видов растений обусловлена не только их различной пloidностью. Отсутствие тесной связи радиоустойчивости семян растений с их пloidностью было также установлено в опы-

так с семенами диплоидного и тетраплоидного видов берес [2, 3]. Возможно, более высокая радиоустойчивость семян ивы козьей определяется большей завершенностью формирования зародышей, более высокой физиологической готовностью к прорастанию зрелых семян. Действительно, в условиях лабораторного опыта семена ивы козьей начинают прорастать через 9 часов, семена ивы пятитычинковой – через 48 часов после посева, первичный корешок появляется соответственно в первые часы и через 1-5 суток после начала прорастания [9].

Опыты показали, что наиболее объективными и удобными критериями радиационного поражения семян ивы козьей из числа использованных в наших опытах оказались следующие: число 30-дневных растений с листьями и число растений с верхушечным побегом. В число критериев радиоустойчивости семян ивы козьей не могут быть включены энергия прорастания (из-за раннего и дружного прорастания), всхожесть семян и число растений с открытыми семядолями, так как процессы, связанные с прорастанием семян и растяжением клеток зародыша, значительно радиоустойчивее морфогенетических процессов, определяемых деятельностью верхушечных меристем .

ВЫВОДЫ

1. Предпосевное облучение гамма-квантами ^{60}Co воздушно-сухих семян ивы козьей в интервале доз 50-300 Гр при мощности дозы 50,4 сГр/с не влияет на прорастание семян, на раскрытие семядолей и появление корней у проростков.

2. Облучение семян в интервале доз 50-300 Гр вызывает задержку листообразования и даже полное торможение его у части проростков. Доза гамма-облучения семян ивы козьей, вызыва-

ющая подавление листообразования у 50% растений составляет около 200 Гр. По этому критерию семена диплоидного вида *Salix caprea* в два раза радиоустойчивее семян тетрапloidного вида *Salix pentandra*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буч Т.Г. Вопросы хранения семян ив и тополей. Исследования по биологии и биохимии прорастания. Тр. Главн.ботан. сада. М.: Изд.АН СССР, 1960, т.УП, с.219-239.
2. Киселева В.Н., Йшков П.И. О сравнительной радиочувствительности березы пушистой и бородавчатой. Радиобиология, 1977, т.17, вып.1, с.133-136.
3. Киселева В.Н., Йшков П.И. Устойчивость двух видов березы с различнойплоидностью к γ -облучению. - В кн.: Генетические последствия загрязнения окружающей среды. М.: 1980, вып.3, с.189-191.
4. Попцов А.В., Буч Т.Г. О факторах, способствующих сохранению всхожести семян ивы. - Докл.АН СССР, 1962, т.83, с.489-492.
5. Правдин Л.Ф. Ива, ее культура и использование. М.: Изд. АН СССР, 1952, 168 с.
6. Хромосомные числа цветковых растений. Под ред.А.А.Федорова. Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1969, 926 с.
7. Чуева Т.А. Радиоустойчивость семян *Salix pentandra* L. разной влажности. - В кн.: Действие ионизирующих излучений на семена и вегетирующие растения. Свердловск, 1988, с.57-61.
8. Чуева Т.А., Йшков П.И. Зависимость радиоустойчивости семян *Salix pentandra* L. от продолжительности их на-

- мачивания. - В кн.: Действие ионизирующих излучений на семена и вегетирующие растения. Свердловск, 1988, с.49-56.
9. Йшков П.И. Влияние гамма-облучения семян *Salix pentandra* L. на их прорастание и морфогенез проростков. - В кн.: Действие ионизирующих излучений на растения. Свердловск, 1985, с.48-60.
10. Йшков П.И. Сравнительная радиоустойчивость семян и проростков *Salix pentandra* L. . - В кн.: Действие ионизирующих излучений на семена и вегетирующие растения. Свердловск, 1988, с.34-43.
- II. Йшков П.И. Влияние предпосевного гамма-облучения и света на прорастание семян *Salix pentandra* L. . - В кн.: Действие ионизирующих излучений на семена и вегетирующие растения. Свердловск, 1988, с.44-48.
12. Йшков П.И., Чуева Т.А. Изменение радиочувствительности семян *Salix pentandra* L. в зависимости от длительности их намачивания. - В кн.: Действие ионизирующих излучений на растения. Свердловск, 1985, с.61-76
13. Йшков П.И., Шабуров В.И., Чуева Т.А. Радиоустойчивость семян и черенков некоторых видов ив. - Тезисы докладов II Всесоюзной конференции по сельскохозяйственной радиологии. Обнинск, 1984, т. I, с.138-139.
14. Junnttila O. Seed germination and viability in five *Salix* species. - Astarte, 1976, v.9, N 1, p.19-24.

П.И.ЮШКОВ, Т.А.ЧУЕВА
РАДИОУСТОЙЧИВОСТЬ ПОКОЯЩИХСЯ И ПРОРАСТАЮЩИХ СЕМЯН
БЕРЕЗЫ БОРОДАВЧАТОЙ

Установлено, что радиоустойчивость семян и растений снижается в период от начала их намачивания до появления проростка [1, 2, 5, 6]. В природных условиях при повышенном фоне радиации длительность пребывания набухших семян в состоянии наиболее высокой чувствительности к действию ионизирующих излучений во многом определяет и "критичность" (в радиобиологическом отношении) начального этапа онтогенеза растения. Однако у многих видов растений, семена которых использовали в радиобиологических опытах, сравнительное изучение радиоустойчивости покоящихся и прорастающих семян не проведено. К числу таких растений относится и береза. С целью восполнить этот пробел изучали сравнительную радиоустойчивость семян березы бородавчатой (*Betula verrucosa* Ehrh.) в воздушно-сухом состоянии и через разное время их намачивания.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Семена березы бородавчатой облучали гамма-квантами ^{60}Co на установке типа "Исследователь" в дозах 100, 125 и 150 Гр при мощности дозы 44,1 сГр/с в воздушно-сухом состоянии (влажность 8%) и через 1,5; 3, 6, 24 и 48 часов после начала намачивания. Контролем служили необлученные семена. Сразу после облучения семена высевали по 50 штук в чашки Петри на влажные бумажные фильтры и проращивали на свету (освещенность 3500 лк) при фотопериоде 12 часов и температуре 27–29°С. Повторность в опытах четырехкратная. Критериями радиоустойчивости семян служили их всхожесть, число выживших и число жизне-

способных 15-дневных проростков. Семена считали проросшими, если длина появившегося корешка превышала длину семени. Число проростков, выживших к 15-дневному возрасту, приводится в процентах к числу проросших семян. К жизнеспособным проросткам относили те, у которых в 16-дневном возрасте длина корня была не менее 5 мм. Предварительные опыты показали, что, как правило, проростки этого возраста с более короткими корнями позднее погибали в фазе семядолей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Попадая на влажный субстрат семена березы интенсивно поглощают воду, и спустя 30 минут после посева их влажность составляет 53% (рис. I).

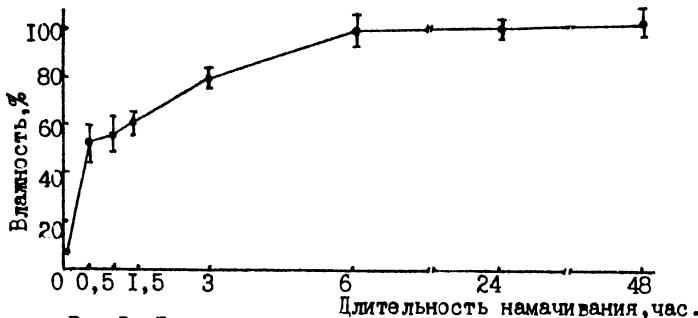


Рис. I. Динамика поглощения воды семенами березы бородавчатой.

В течение следующего часа содержание воды в семенах достигает 60%. Затем темп поглощения воды семенами возрастает и через 3 часа после посева влажность равняется 80%. Насыщение семян водой происходит через 6 часов после посева, когда содержание воды в них составляет 100%. В дальнейшем до начала появления проростков влажность семян остается без изменений. В тексте семена березы, находившиеся на влажном субстра-

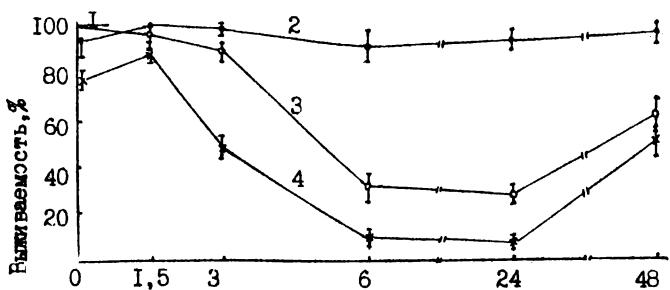


Рис.2. Влияние гамма-облучения покоящихся, набухающих и набухших семян на выживаемость 15-дневных проростков (% к числу проросших семян). I - контроль; 2 - 100 Гр; 3 - 125 Гр; 4 - 150 Гр.

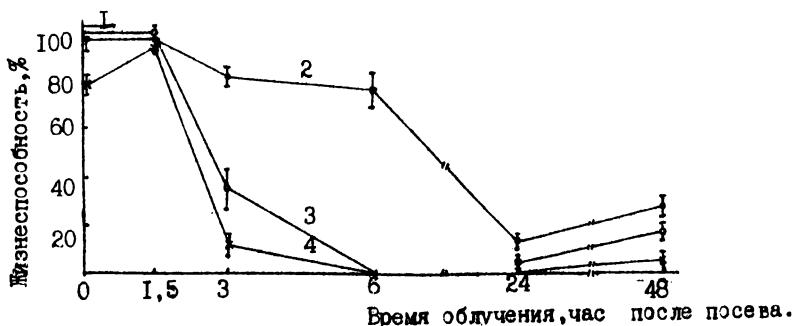


Рис.3. Влияние гамма-облучения покоящихся, набухающих и набухших семян на число жизнеспособных 15-дневных проростков. I - контроль; 2 - 100 Гр; 3 - 125 Гр; 4 - 150 Гр

те первые 3 часа, называются набухающими, а 6 часов и более – набухшими.

Опыты с гамма-облучением воздушно-сухих семян березы показали, что дозы 100, 125 и 150 Гр не влияют на всхожесть. Так, в контроле всхожесть составляла $82,6 \pm 0,8\%$, у облученных семян – от $81,6 \pm 1,7$ до $79,9 \pm 1,6\%$. Облучение в этих дозах набухающих и набухших семян березы также не изменило их всхожесть. На рис.2 и 3 дана характеристика радиоустойчивости покоящихся и прорастающих семян березы с использованием других критериев: выживаемость и число жизнеспособных проростков. Показано, что гамма-облучение воздушно-сухих семян в дозах 100 и 125 Гр не влияет на выживаемость проростков, облучение в дозе 150 Гр снижает ее на 20% по сравнению с контролем. Через 1,5 часа после посева радиоустойчивость семян не отличается от таковой необлученных семян. Облучение в дозе 100 Гр через 3 часа после посева и в более поздние сроки не влияет на выживаемость проростков, а дозы 125 и 150 Гр снижают число выживших растений. Наиболее сильное снижение выживаемости проростков наблюдается при облучении семян через 6 и 24 часа намачивания. Перед началом прорастания (48 часов после посева) выживаемость проростков, которые развились из семян, облученных в дозах 125 и 150 Гр, несколько возрастает.

Качественно сходная картина изменения радиоустойчивости семян березы бородавчатой при переходе их от покоящегося состояния к прорастанию наблюдается, если лучевое поражение оценивать по числу жизнеспособных растений. Отметим лишь, что облучение семян в дозах 125 и 150 Гр через 6 и 24 после посева вызывает практически полное торможение роста корней у про-

ростков. Однако число жизнеспособных проростков возрастает, если семена облучают через 48 часов намачивания.

Представленные выше результаты опытов показывают, что увеличение влажности семян березы бородавчатой с 7 до 60% в течение 90 минут намачивания несколько повышает их устойчивость к гамма-облучению. Намачивание семян в течение 3 часов приводит к поглощению содержания в них воды до 80% и к снижению радиоустойчивости. Насыщение семян березы водой (влажность 100%) происходит через 6 часов после посева. К этому времени чувствительность семян к облучению резко возрастает и сохраняется на достигнутом уровне, по крайней мере, до конца первых суток, а к началу прорастания несколько снижается. Например, при облучении в дозе 150 Гр семян через 1,5 часа после посева выживаемость проростков составила 90%, при облучении через 3, 6 и 48 часов соответственно 50, 10 и 50% к контролю. Аналогичное закономерное изменение радиоустойчивости набухающих и набухших семян березы бородавчатой проявляется при оценке с помощью другого критерия – числа жизнеспособных проростков.

Отсутствие влияния на всхожесть семян березы гамма-облучения в дозах 100 и 150 Гр обусловлено тем, что их прорастание определяется, в основном, не делением клеток зародышевого корешка, а их растяжением, то есть процессом более радиоустойчивым, чем деление клеток [5].

Опыты с семенами берески подтвердили отсутствие прямой связи между содержанием воды в набухших семенах и их радиочувствительностью [1,5]. Снижение радиоустойчивости семян в период перехода их от покоя к прорастанию определяется состоянием ДНК в клетках зародыша [3], а также физиологическими из-

менениями, происходящими в них.

Сравнение радиоустойчивости семян березы бородавчатой в период от начала намачивания до прорастания с таковым у семян ивы пятитычинковой [5] показывает, что при одинаковой длительности этого периода у данных видов растений в условиях лабораторного эксперимента (48 часов) снижение радиоустойчивости у семян березы бородавчатой начинается через 3 часа, а у семян ивы пятитычинковой - через 0,5 часа после начала намачивания [5]. Но наиболее резкое снижение радиоустойчивости семян обоих видов растений происходит в течение первых 6 часов после посева. Из приведенных данных видно, что в изменении радиоустойчивости семян разных видов древесных растений проявляются как общие, так и видоспецифичные черты.

ВЫВОДЫ

1. Гамма-облучение в дозах 100, 125 и 150 Гр семян березы бородавчатой в воздушно-сухом состоянии и через разные промежутки времени от начала намачивания (1,5 часа после посева) до начала прорастания (48 часов после посева) не влияло на их всхожесть.

2. Радиоустойчивость семян березы бородавчатой, оцениваемая по выживаемости и жизнеспособности 15-дневных проростков, начинает снижаться через 3 часа намачивания, становится наименьшей через 6 и 12 часов намачивания и несколько возрастает перед прорастанием (48 часов намачивания).

ЛИТЕРАТУРА

- I. Альшиц Л.К. О характере изменения радиочувствительности семян в процессе их набухания и прорастания. - Тр.Ин-та экологии растений и животных УНЦ АН СССР, Свердловск,

- 1975, вып.75, с.82-89.
2. Бреславец Л.П. Растение и лучи Рентгена. М.: Изд.АН СССР, 1946, I96 с.
3. Савин В.Н., Архипов М.В. К вопросу о механизме радиочувствительности семян высокой влажности. - Докл.АН СССР, 1975, т.210, № I, с.213-222.
4. Чуева Т.А., Щеков П.И. Зависимость радиоустойчивости семян *Salix pentandra* L. от продолжительности их намачивания. - В кн.: Действие ионизирующих излучений на семена и вегетирующие растения. Свердловск, 1988, с.49-56.
5. Щеков П.И. Влияние гамма-облучения семян *Salix pentandra* L. на их прорастание и морфогенез проростков. - В кн.: Действие ионизирующих излучений на растения. Свердловск, 1975, с.48-56.
6. Щеков П.И., Чуева Т.А. Изменение радиочувствительности семян *Salix pentandra* L. в зависимости от длительности их намачивания. - В кн.: Действие ионизирующих излучений на растения. Свердловск, 1985, с.61-67.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1. Альшиц Л.К., Тарчевская С.В., Сергеев А.М., Куликов Н.В. Проявление радиозащитного действия предварительного гамма-облучения семян растений в чреде поколений.	3
2. Куликов Н.В., Тарчевская С.В., Альшиц Л.К., Порозова О.А. Влияние однократного пред- посевного гамма-облучения семян гороха на радиоустойчивость их в последующих поколе- ниях.	11
3. Позолотина В.Н. Индивидуальная изменчивость радиочувствительности семян <i>Taxus</i> <i>officinale</i> Wigg.	17
4. Позолотина В.Н., Куликов Н.В., Журавская А.Н. Некоторые экологические аспекты радиочувст- вительности ели сибирской.	26
5. Порозова О.А. Влияние температуры и постстра- дационного хранения семян сосны на их вхожесть и выживаемость сеянцев.	35
6. Тарчевская С.В., Молчанова И.В., Караваева Е.Н., Шехурина Н.И. Влияние гамма-облучения семян гороха в малой дозе на развитие растений и поступление в них ^{90}Sr и ^{137}Cs .	41
7. Чуева Т.А., Йшков П.И. Влияние пострадиаци- онного хранения семян <i>Salix pentandra</i> L. на их посевные качества.	47

стр.

- | | |
|--|----|
| 8. Йшков П.И. Влияние гамма-облучения на семена
<i>Salix caprea</i> L. | 56 |
| 9. Йшков П.И., Чуева Т.А. Радиоустойчивость по-
коящикся и прорастающих семян бересы бородав-
чатой. | 65 |

РАДИОУСТОЙЧИВОСТЬ
И ПОСТЛУЧЕВОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ
РАСТЕНИЙ

Препринт

Рекомендовано к изданию Ученым советом
Института экологии растений и животных
и РИСО УрО АН СССР

Ответственный за выпуск - В.Н.Позолотина

Подписано к печати 23.05.89 НС 17131 Формат 60x84/16
Бумага типографская. Печать офсетная.
Усл.печ.л. 4,75 . Уч. изд. л. 3,0 . Тираж 200. Цена 30 коп
Заказ ? 957

Институт экологии растений и животных УрО АН СССР,
Свердловск, 8 Марта, 202.

Цех № 4 п/о "Полиграфист", Свердловск, Тургенева, 20,