

УДК 504.5020.267:630\*176.321.3

## ДИНАМИКА ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ СЕМЯН БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ОБЛУЧЕНИИ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИЕЙ \*

**И.В. ДАШИЧЕВА,  
И.Н. ГЛАЗУН**

*Брянская государственная  
инженерно-технологическая  
академия, Россия, 241037,  
Брянск, пр. Станке Димитрова, 3*

*E-mail: BGITakajSPLS@yandex.ru*

У родительских особей выявлена тенденция увеличения всхожести семян с увеличением мощности экспозиционной дозы, отмечен эффект радиоадаптации, у потомков - противоположная тенденция связи и реакция по типу «доза-эффект».

Ключевые слова: береза повислая, семена, всхожесть, радиация

### Введение

В результате аварии на Чернобыльской АЭС произошло радиоактивное загрязнение значительных территорий, покрытых лесом, в РФ, Беларуси и Украине. Возникла необходимость изучения лесных насаждений, произрастающих на данных территориях, оценки влияния ионизирующих излучений на наследственный материал живых организмов. В работах Ф.А. Тихомирова [1] и Г.М. Козубова с соавторами [2] отмечено, что у древесных пород наиболее восприимчива к воздействию ионизирующих излучений генеративная сфера. Многие исследования связаны с искусственным облучением семян растений [3]. Выделены слабоустойчивые, среднеустойчивые и высокоустойчивые семена 700 видов растений [4]. Из древесных наиболее чувствительны семена ели, менее - пихты, сосны, березы, липы [5].

Одним из основных критериев состояние женской репродуктивной сферы древесных растений в условиях радиоактивного загрязнения является их способность формировать семена. На постоянных пробных площадях получены данные о всхожести семян у родительских особей и семенного потомства березы повислой.

### Объекты и методы исследования

В середине июля 2009-2011 гг. на 5 участках в насаждениях Красногорского участкового лесничества Брянского управления лесами (1 - зона отчуждения, плотность загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  (ПЗП) свыше 40 Ки/км<sup>2</sup> (урочища «Заборье-1», «Буковец»); 2 - зона с ПЗП = 15-40 Ки/км<sup>2</sup> (урочища «Заборье-2», «Николаевка»); 3 - зона с ПЗП = 1-5 Ки/км<sup>2</sup> (урочище «Летяхи»)) и в контроле (насаждения Брянского сельского лесничества и Брянского лесничества с естественным радиационным фоном - 10-12 мкР/ч) было собрано по 30-50 женских сережек с 5-15 модельных родительских деревьев березы (41-60 лет - V-VI классы возраста) (родительские особи) и деревьев первого поколения (11-20 лет - II класс возраста). Ежегодно проводились измерения мощности экспозиционной дозы (МЭД) у-излучения на высоте 1 м и на почве дозиметром ДРГ-01Т1 в пятикратной повторности.

Проращивание семян проводилось по ГОСТ 13056.6-97 [6] на растильном аппарате при температуре около +25°C. От каждого модельного дерева бралось по 200 семян. Учет всхожести велся ежедневно в течение 20 дней. Определяли энергию прорастания за 7 дней, техническую и абсолютную всхожесть. Класс качества семян устанавливали по ГОСТ 13857-95 [7].

\* Работа выполнена в рамках мероприятия 1.4 ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы, Соглашение № 14.А18.21.2006

**Результаты и их обсуждение**

В целом всхожесть семян у родительских особей и семенного потомства березы в 2009-2011 гг. из радиоактивно загрязненных насаждений достаточно высокая (более 30%) - семена кондиционные на всех участках (табл. 1).

Таблица 1

**Всхожесть семян (%) и ее корреляция с МЭД у родительских особей и семенного потомства березы за 2009—2011 гг.**

Урочище	Покло-ние	МЭД, мкР/ч (в числит. - на h 1 м, в знаменат. - на почве)	Средненоголетние			Показатели корреляции с МЭД		Класс качества семян
			M±mx	5	C, %	r±mr	tфакт	
Заборье-1	PP	86.8±12.11 124.6±11.80	52.54±8.123	14.070	26.78	-0.999 ±0.0055	182.62	II
	F1	70.5±10.11 96.1±15.03	35.92±9.790	16.960	47.22	-0.977 ±0.2153	4.54	II
Буковец	PP	84.7±1.85 172.86±23.44	36.39±16.130	27.937	76.78	-0.925 ±0.3799	2.43	II
	F1	32.3±0.11 37.8±0.17	61.75±17.750	25.100	40.65	-	-	II
Николаевка	PP	37.0±1.94 53.4±1.49	42.38±16.083	27.856	65.73	-0.802 ±0.5979	1.34	II
	F1	48.3±9.11 61.6±13.62	41.25±15.020	26.020	63.06	-0.342 ±0.9398	0.36	II
Заборье-2	PP	39.8±2.25 65.25±5-75	29.81±17.813	25.191	84.50	-	-	III
	F1	32.9±4.52 40.3±10.31	46.04±10.310	17.860	38.80	-0.246 ±0.9692	0.25	II
Летяхи	PP	13.8±0.54 17.6±1.70	39-74±17.018	29.476	74.17	0.896±0.4438	2.02	II
	F1	14.5±0.93 14.8±1.64	34-14±9.090	15.740	46.11	0.926±0.3775	2.45	II
Контроль	PP	10.6±0.43 12.4±0.69	39-04±12.982	22.485	57.60	-	-	II
	F1	9.4±0.82 11.3±0.57	39-61±16.743	29.000	73.21	-	-	II

Примечание: Табл при P=95% - 12.71, при P=99% - 63.66; при P=99.9% - 636.62.

В большинстве лет наблюдения наиболее высокие показатели зафиксированы на пробных площадях с наибольшим уровнем загрязнения, причем значения всхожести в контрольных насаждениях и на участках с максимальным уровнем загрязнения близки. Лишь в 2009 г. в урочищах «Заборье-2» и «Николаевка» у семенного потомства и в 2010 г. в урочищах «Летяхи» и «Николаевка» у родительских особей всхожесть семян была выше, чем на наиболее загрязненном участке («Заборье-1») и в контроле (Рис. 1).

Наиболее высокая средненоголетняя всхожесть семян у родительских особей березы отмечена в урочище «Заборье-1» (52.54%) - на участке с максимальным уровнем радиоактивного загрязнения, наименьшая (29.81%) - на участке со средним уровнем радиоактивного загрязнения («Заборье-2»), однако различия незначительны (табл. 1); у потомков - «Буковец» (61.75%) и «Летяхи» (34.14%) соответственно, однако различия незначительны (табл. 1) даже при P=95%) (см. табл. 1). Всхожесть семян родительских особей и семенного потомства достоверно не различается (табл. 1), однако по средненоголетним показателям она выше у родительских особей в урочищах «Заборье-1», «Николаевка» и «Летяхи», а в урочищах «Буковец», «Заборье-2» и контроле - она несколько выше у потомства, чем у родительских особей.

Высокий уровень вариабельности (С=21-40%) по шкале С.А. Мамаева [8] всхожести семян отмечен у родительских особей на участках зоны отчуждения с максимальным уровнем загрязнения («Заборье-1», С=26.78%), у семенного потомства - в урочище «Заборье-2» (С=38.80%), на остальных участках - он является очень высоким (более 40%).

Корреляционный анализ связи всхожести семян родительских особей и потомства березы с МЭД в каждой из радиоактивно загрязненных популяций по годам не выявил закономерных зависимостей: коэффициенты корреляции имеют невысокие значения и недостоверны (см. табл. 1). Динамика всхожести семян не носит прямолинейного характера. Интересно отметить, что всхожесть семян родительских особей на участке с максимальным уровнем радиоактивного загрязнения («Заборье-1») закономерно возрастает по годам в соответствии со снижением МЭД - от 37.00% до 64.42% (рис. 1), что подтверждается данными корреляционного анализа ( $r = -0,999$ ,  $t_{факт} > t_{табл}$  при  $P = 99\%$ ) (см. табл. 1). На другом участке, с ПЗП от 40 до 80 Ки/км<sup>2</sup> («Буковец»), всхожесть семян также сначала возросла с уменьшением МЭД (от 18.9% в 2009 г. до 64.8% в 2010 г.), в последующем году произошло ее снижение (в 2011г. - 35.32%), причем минимальное значение, как и на всех остальных участках, за весь исследуемый период зафиксировано в 2009 г. На всех участках наибольших значений всхожесть достигала в 2010 г., что, по-видимому, связано с климатическими условиями (жаркое, сухое лето).

Таким образом, на участке с максимальным уровнем загрязнения («Заборье-1», ПЗП от 40-80 Ки/км<sup>2</sup>), по-видимому, уже произошел процесс радиоадаптации и даже проявился стимулирующий эффект хронического облучения малыми дозами ионизирующей радиации, выражающийся в повышении всхожести семян.

Корреляционный анализ связи среднепопуляционных показателей посевных качеств семян родительских особей березы с МЭД по годам и в среднем за весь исследуемый период (табл. 2) позволил установить положительную тенденцию связи для всхожести за 2009-2011 гг. по всем участкам с контролем и в радиоактивно загрязненных популяциях ( $r_{факт} < r_{табл}$  даже при  $P = 95\%$ ). Лишь в 2010 г. в радиоактивно загрязненных популяциях зафиксирована отрицательная тенденция связи всхожести семян с МЭД ( $r = -0,192$ ,  $t_{факт} < t_{табл}$  даже при  $P = 95\%$ ).

Таблица 2

**Корреляционный анализ посевных качеств семян  
родительских особей березы с МЭД**

Посевные качества семян	Показатели корреляции	Коэффициент корреляции (r) посевных качеств семян с МЭД по годам			Средне-многолетние
		2009	2010	2011	
По всем пробным площадям (с контролем)					
Всхожесть	$r \pm m r$	+0.423± 0.5231	+0.008± 0.5000	+0.266± 0.4820	+0.365± 0.4655
	$t_{факт}$	0.809	0.015	0.551	0.784
Радиоактивно загрязненные насаждения					
Всхожесть	$r \pm m r$	+0.305± 0.6735	-0.192± 0.5667	+0.600± 0.4619	+0.389± 0.5320
	$r_{факт}$	0.452	0.338	1.299	0.730

Примечание: по всем пробным площадям  $t_{табл}$  при  $P = 95\%$  - 2.78, при  $P = 99\%$  - 4.60, при  $P = 99.9\%$  - 8.61; для радиоактивно загрязненных насаждений  $r_{табл}$  при  $P = 95\%$  - 3.18, при  $P = 99\%$  - 5.84, при  $P = 99.9\%$  - 12.92.



Рис. 1. Динамика всхожести семян березы за 2009-2011 гг.:  
 А - родительские особи; Б - семенное потомство

По среднемноголетней всхожести семян как при анализе всех пробных площадей ( $r=+0.365$ ), так и в радиоактивно загрязненных насаждениях ( $r=+0.389$ ) зафиксирована положительная тенденция связи с МЭД ( $r_{\text{факт}} < r_{\text{табл}}$  даже при  $P=95\%$ ), что, по видимому, свидетельствует о процессах радиоадаптации и даже стимулировании прорастания семян под воздействием малых доз ионизирующей радиации.

Корреляционный анализ связи среднепопуляционных показателей у потомков с МЭД по годам и в среднем за весь исследуемый период (табл. 3) позволил установить отрицательную тенденцию связи для всхожести за 2010-2011 гг. по всем участкам с контролем и в радиоактивно загрязненных популяциях в 2011 г. ( $r_{\text{факт}} > r_{\text{табл}}$  даже при  $P=95\%$ ). В 2009-2010 гг. в радиоактивно загрязненных популяциях и в 2009 г. по всем пробным площадям, включая контроль, зафиксирована положительная тенденция связи всхожести семян с МЭД ( $r=-0.192$ ,  $r_{\text{факт}} < r_{\text{табл}}$  даже при  $P=95\%$ ). По среднемноголетней всхожести семян как при анализе всех пробных площадей ( $r=-0.056$ ), так и в радиоактивно загрязненных насаждениях ( $r=-0.182$ ) зафиксирована лишь отрицательная тенденция связи с МЭД ( $r_{\text{факт}} < r_{\text{табл}}$  при  $P=95\%$ ), то есть у семенного потомства выявлено ингибирование репродуктивных процессов под влиянием хронического радиоактивного загрязнения по типу «доза-эффект», что, возможно, связано с еще не сформированными адаптивными механизмами и эффектом накопления нарушений, как в результате непосредственного воздействия ионизирующего излучения, так и получения нарушений от родителей.

Таблица 3

**Корреляционный анализ посевных качеств семян потомков березы с МЭД**

Посевные качества семян	Показатели корреляции	Коэффициент корреляции (r) посевных качеств семян с МЭД по годам			Среднемноголетние
		2009	2010	2011	
По всем пробным площадям (с контролем) (N=6)					
Всхожесть	$r_{\text{ИШ}}$	+0.349± 0.5410	-0.052± 0.4993	-0.029± 0.4998	-0.056± 0.499
	$r_{\text{факт}}$	0.646	0.103	0.059	0.112
Радиоактивно загрязненные насаждения (N=5)					
Всхожесть	$r_{\text{ИШ}}$	+0.116± 0.7023	+0.182± 0.5678	-0.166± 0.5694	-0.182± 0.5680
	$r_{\text{факт}}$	0.165	0.320	0.290	0.321

Примечание: по всем пробным площадям для  $r_{\text{табл}}$  при  $P=95\%$  - 2.78, при  $P=99\%$  - 4.60, при  $P=99.9\%$  - 8.61; для радиоактивно загрязненных насаждений для  $r_{\text{табл}}$  при  $P=95\%$  - 3.18, при  $P=99\%$  - 5.84, при  $P=99.9\%$  - 12.92.

**Заключение**

Одним из основных критериев состояния женской репродуктивной сферы древесных растений является их способность формировать семена. На постоянных проб-

ных площадях получены данные о всхожести семян у родительских особей и семенного потомства березы повислой за 2009-2011 гг. В радиоактивно загрязненных насаждениях у березы в целом отмечается довольно высокая всхожесть семян (семена кондиционные). У родительских особей выявлена тенденция увеличения всхожести семян с увеличением МЭД, отмечен эффект радиоадаптации, у потомков - отрицательная тенденция связи и реакция по типу «доза-эффект».

#### Список литературы

1. Тихомиров Ф.А. Влияние ионизирующих излучений на репродуктивную способность древесных растений // Лесоведение. - 1973. - №3. - С. 65-76.
2. Козубов Г.М., Таскаев А.И. Радиобиологические и радиоэкологические исследования древесных растений. - СПб: Наука, 1994. - 256 с.
3. Гродзинский Д.М. Радиобиология растений. - Киев: Наукова думка, 1989. - 282с.
4. Преображенская Е.И. Радиоустойчивость семян растений. - М.: Агропромиздат, 1971. - 231 с.
5. Кудинов М. А. Внешняя среда и формирование устойчивости у древесных растений. - Минск: Наука и техника, 1986. - 167 с.
6. ГОСТ 13056.6-97. Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести. - М.: Изд-во стандартов, 1997. - 28 с.
7. ГОСТ 13857-95 Семена деревьев и кустарников. Посевные качества Технические условия. - М.: Изд-во стандартов, 1997. - 12 с.
8. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. - М.:Наука, 1972. - 283 с.

## DYNAMICS OF SOWING QUALITIES OF SEEDS OF A SILVER BIRCH AT CHRONIC RADIATION BY IONIZING RADIATION

**I.V. DASHICHEVA,  
I.N. GLASUN**

*Bryansk state academy  
of engineering and technology,  
Stanke Dimitrova prospect 3,  
241037, Bryansk,  
Bryansk region, Russia*

*E-mail: BGITAkafS-  
PLS@yandex.ru*

At parental individuals the tendency of increase in germination of seeds with increase in power of an exposition dose is revealed, the effect of radio adaptation is noted, descendants have opposite tendency of communication and reaction on the «dose - effect» type.

Keywords: silver birch, seeds, germination, radiation