

<https://doi.org/10.52676/1729-7885-2024-4-108-112>

УДК 575.224.23: 633/635:546.11.027*3 (282.247.423.4)

ССП АУМАҒЫНДА ӨСЕТІН АҚ ШИДІҢ (*ACHNATHERUM SPLENDENS*) ЦИТОГЕНЕТИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІ

К. С. Минкенова*, А. В. Паницкий, А. Н. Мамырбаева

ҚР ҰҰО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» филиалы, Курчатов, Қазақстан

* Байланыс үшін E-mail: minkanova@nnc.kz

Өсімдіктердің цитогенетикалық көрсеткіштеріне ^3H радионуклидінің ықтимал әсерін зерттеу үшін құрамында ^3H радионуклидінің мөлшері жоғары жер асты сулары көтерілетін аймақта өсетін өсімдіктерді зерттеулер жүргізілді. Шидің (*Achnatherum splendens*) цитогенетикалық көрсеткіштері зерттелінді. Өсімдіктердің цитогенетикалық құрылымына ^3H радионуклидінің әсері бағаланды. Зерттеу барысында осы экспериментте зерттелген концентрация аясында шидің (*Achnatherum splendens*) цитогенетикалық құрылымына ^3H радионуклидінің әсері анықталды.

Түйін сөздер: ^3H радионуклиді, хромосомалық абберрациялар, ақ ши, Шаған өзені.

КІРІСПЕ

Семей сынақ полигонының (ССП) аумағындағы жалғыз жер үсті су ағыны – Шаған өзені Ертіс өзенінің (өз.) сол жағалауы болып табылады. 15.01.1965 ж. термоядролық жарылыс нәтижесінде Шаған өз. мен Ащысу өз. түйіскен жерінде «Атом көлі» жасанды су қоймасы пайда болды [1–3]. Шаған өз. радиоактивті ластануы «Балапан» алаңында жүргізілген жерасты ядролық сынақтарына байланысты түзілді. Шаған өз. суларында ^{137}Cs , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{90}Sr радионуклидтердің үлестік белсенділігі өлшеу аппаратурасының анықтау шегінен төмен [4]. Шаған өз. суларындағы ^3H радионуклидінің жоғары үлестік белсенділігі «Атом көлінен» 5 км төменірек жерде анықталды [5].

Сондықтан экожүйе құрамбөліктерінің ^3H радионуклидімен ластануы мәселесі өткір болып тұр.

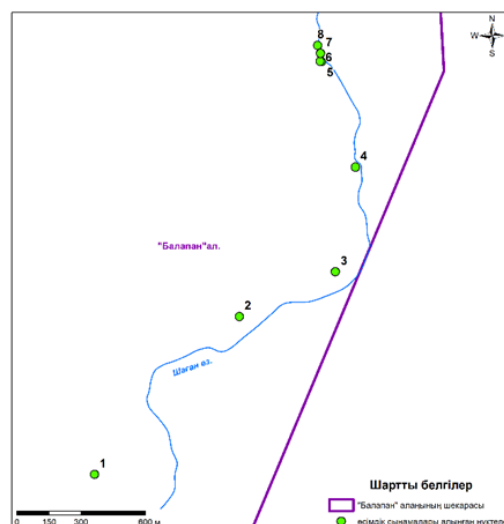
Зерттеудің негізгі мақсаты Шаған өз. бойындағы суда және жағалау өсімдіктерінде ^3H радионуклиді жоғары мөлшерде шоғырланған аймақта өсетін ақ шидің (*Achnatherum splendens*) цитогенетикалық көрсеткіштеріне ^3H радионуклидінің ықтимал әсерін зерттеу болып табылады.

1. ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

1.1. Тәжірибелік-эксперименттік учаскені таңдау

Бұрын алынған мәліметтер негізінде Шаған өз. аймағындағы өсімдіктердің цитогенетикалық көрсеткіштерін зерттеу үшін топырақ-климаттық жағдайлары бірдей, бірақ өсімдіктерде ^3H радионуклидінің әртүрлі шоғырлануы бар 8 зерттеу алаңы айқындалды. Шаған өз. ССП-ның шығыс шекарасы бойымен ағып өтеді. 1-суретте Шаған өз. бойынан өсімдік сынамаларын алу орындары (1-ден 8-ге дейінгі нүктелер) көрсетілген.

Зерттеу объектісі ретінде – ақ ши (*Achnatherum splendens*) өсімдігі таңдалды. Әрбір алаңда өсуіне қарай ақ ши (*Achnatherum splendens*) іріктеліп алынды. Экспедиция барысында сынама алынған жерлерде радиациялық параметрлерді өлшеу жүргізілді. γ -сәулесін шығарудың эквиваленттік дозасының қуаты (ЭДҚ) табиғи радиациялық фон деңгейінде –



1-сурет. Шаған өзенінің жағасында шидің (*Achnatherum splendens*) сынамаларын алу нүктелерінің орналасу сұлбасы

0,07–0,25 мкЗв/сағ, β – бөлшектер ағынының тығыздығы <10 жиіл/(мин·см 2) аспайды.

1.2. Өсімдіктердің бос суындағы ^3H радионуклидін анықтау

^3H радионуклидінің шоғырлануын анықтау үшін өсімдіктердің жер үсті бөліктері таңдалды. Өсімдіктердің жер үсті бөлігіндегі бос судан ^3H радионуклиді анықталды. Өсімдіктегі бос су арнайы қондырғыны қолдана отырып конденсациялау арқылы алынды [6]. Қондырғы салқындататын бетпен және өсімдіктерден буланған ылғалды жинауға арналған контейнермен жабдықталған өсімдік үлгілері салынатын жабық контейнер болып табылады.

Дайындалған үлгілерде ^3H радионуклидінің үлестік белсенділігін өлшеу TRI-Carb 2900 TR ЖС-спектрометрінде сұйықсцинтилляциялық спектрометрия әдісімен жүргізілді. [7].

1.3. Дозаны есептеу

Ішкі дозаны есептеу формуласы келесі түрде берілген:

$$D = \frac{q \cdot f \cdot E \cdot 1,6 \cdot 10^{-13}}{m}, \text{ бұл жердегі } (1)$$

D – тіндердегі альфа, бета-сәулеленудің сіңірілген дозасы; q – мүшедегі белсенділік; f – сәуле шығарудың кванттық шығысы (бета-сәулелену үшін ^3H кванттық шығуы 100% құрайды); E – сәулелену энергиясы, бета-сәулелену үшін орташа ($^3\text{H} - 5 \text{ кэВ}$); m – мүшенің массасы [8].

Сіңірілген доза тек өсімдіктердің вегетациялық кезеңін және өсімдік үлгілерінен алынған бос суды ескере отырып есептеледі.

1.4. Ақ шиді (*Achnatherum splendens*) цитогенетикалық зерттеу

Цитогенетикалық зерттеу үшін ақ ши (*Achnatherum splendens*) тұқымдары таңдалды. Зертханалық зерттеу барысында өніп шығатын өсімдік тұқымдарының меристема тамырларының бірінші митозындағы хромосомаларға цитогенетикалық талдау жүргізу әдістемесі басшылыққа алынды [9].

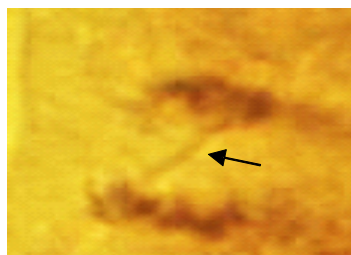
Цитогенетикалық зерттеулер барысында шөпте-сін өсімдіктердің негізгі түрлерінің өніп келе жатқан тұқымдарының тамырларының апикальды меристемасындағы хромосомалық абберрация жиілігіне талдау жүргізілді. Талдау кезінде көпірлер, фрагменттер және митоздық ауытқулар сияқты патологиялар ескерілді. Цитогенетикалық талдау AXIOSKOP 20 микроскопын пайдаланып, объективті $\times 10$, $\times 40$, $\times 100$ (май иммерсиясы) ұлғайта отырып жүргізілді.

1-кесте. Өсімдіктердегі ^3H радионуклидінің мөлшері және сіңірілген дозақуаты

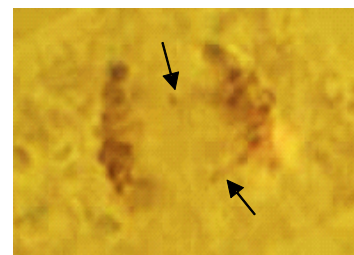
Сынама алу нүктелерінің №	Далалық радиометрия			^3H үлестік белсенділігі (кБк/кг)	Сіңірілген дозаның қуаты (мГр/с)
	гамма $h=0 \text{ см}$	гамма $h=1 \text{ м}$	бета		
	мкЗв/сағ		жиіл/(мин·см ²)		
1	0,07	0,07	<10	35±3,0	2,2·10 ⁻¹⁴
2	0,14	0,11	<10	35±3,0	2,2·10 ⁻¹⁴
3	0,10	0,09	<10	95±9,0	6,0·10 ⁻¹⁴
4	0,08	0,09	<10	45±4,0	2,8·10 ⁻¹⁴
5	0,15	0,15	<10	1,5±0,1	9,4·10 ⁻¹⁶
6	0,18	0,21	<10	1,5±0,1	9,4·10 ⁻¹⁶
7	0,25	0,16	<10	1,5±0,1	9,4·10 ⁻¹⁶
8	0,20	0,16	<10	3,0±0,3	1,9·10 ⁻¹⁵



а)



б)



в)

Ескерту: (ұлғ. 100x10) а) қалыпты хромосома; б) жалғыз көпір түріндегі абберрация; в) қос көпір түріндегі абберрация

2-сурет. Ақ шидің (*Achnatherum splendens*) митозының патологиясы

2. НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

Өсімдіктердің бос суындағы ^3H радионуклидінің мөлшері және өсімдіктерге дозалық жүктемені бағалау

Өсімдіктер өсіп тұрған жерлеріндегі далалық радиометрияның нәтижелері және өсімдіктердің бос суындағы ^3H радионуклидінің үлестік белсенділігі мен сіңірілген дозаның қуаты 1-кестеде көрсетілген.

Радионуклидтік талдауларға сәйкес өсімдіктерде ^3H радионуклиді барлық нүктелерде тіркелген. Ақ шидегі (*Achnatherum splendens*) ^3H радионуклидінің мөлшері 1,5 кБк/кг-нан 95 кБк/кг-ға дейін болып табылады.

Далалық радиометрия деректері фондық мәндер деңгейінде ($\beta - <10 \text{ жиіл}/(\text{мин} \cdot \text{см}^2)$, $\gamma_0 - 0,07 - 0,25 \text{ мкЗв}/\text{сағ}$) орын алған. Таңдап алынған учаскелерде өсетін шидің (*Achnatherum splendens*) вегетативті мүшелерінде сіңірілген дозасының қуаты сәйкесінше $9,4 \cdot 10^{-16}$ -дан $6,0 \cdot 10^{-14} \text{ мГр}/\text{с}$ аралығында құбылады.

Ақ ши (*Achnatherum splendens*) өскіндеріндегі тұқымның меристемалық тамыршаларындағы цитогенетикалық әсерлер

Аберрациялар туні. Тамыр меристемасының барлық жасушаларының ішінде хромосомалық абберрациялардың жиілігі мен спектрін бағалау үшін қалыпты ағып жатқан ана-телофазалары бар жасушалар және осы кезеңдердің қалыпты ағымының әртүрлі бұзылулары бар жасушалар қарастырылды. 2-суретте шидегі (*Achnatherum splendens*) митоздың ауытқулары көрсетілген.

**ССП АУМАҒЫНДА ӨСЕТІН АҚ ШИДІҢ (*ACHNATHERUM SPLENDENS*)
ЦИТОГЕНЕТИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІ**

*2-кесте. Ши (*Achnatherum splendens*) өскіндеріндегі цитогенетикалық бұзылулардың жиілігі мен спектрі*

³ H УБ, кБк/кг	қаралды және зерттелді				аберрациялар мөлшері					аберрантты жасушалардың жиілігі %
	тамырлар саны	ана-телофаза жасушаларының саны	аберрантты жасушалар	аберрациялардың жалпы саны	көпірлер		фрагменттер		g	
					m'	m''	f'	f''		
3,0±0,3	38	338	3	3	1	1	0	0	1	0,9±0,5
1,5±0,1	41	364	2	2	2	0	0	0	0	0,5±0,3
1,5±0,1	26	279	2	2	1	0	1	0	0	0,7±0,5
1,5±0,1	19	186	2	2	1	0	0	0	1	1,0±0,7
35±3,0	23	142	3	3	2	0	1	0	0	2,0±1,2
35±3,0	37	270	5	6	3	1	0	1	1	1,9±0,8
45±4,0	49	286	4	4	1	1	2	0	0	1,4±0,7
95±9,0	45	300	6	6	3	0	3	0	0	2,0±0,8

Ескерту: f' және f'' – жалғыз және қос фрагменттер; m' және m'' – жалғыз және қос көпірлер; m'+f' – хроматидті көпірлер мен фрагменттер; m''+f'' – хромосомалық көпірлер мен фрагменттер; g – хромосомалардың артта қалуы

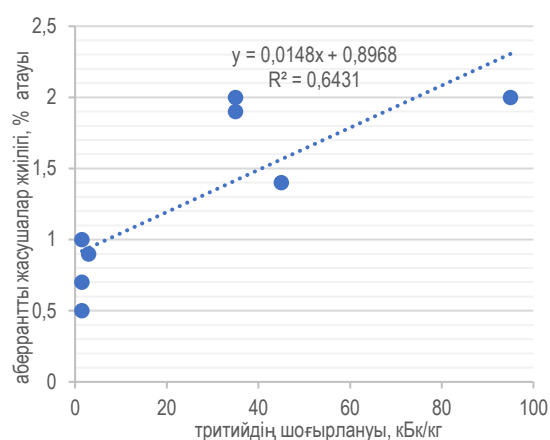
Аберрантты жасуша жиілігінің өзгеруі. Ши (*Achnatherum splendens*) тұқымындағы митоздағы аберрантты жасушалардың жиілігін және өсімдіктердің бос суындағы ³H радионуклидінің үлестік белсенділігін зерттеу нәтижелері 2-кестеде көрсетілген.

Ұсынылған 2-кестеде шидің (*Achnatherum splendens*) хромосомалық бұзылуларының ең көп мөлшері ³H радионуклидінің 35–95 (кБк/кг) бастап жинақталуы кезінде байқалатыны көрсетілген, мұнда хромосомалық бұзылулардың жиілігі 2,0%-ға дейін жетеді, аз ластанған нүктелердегі аберрантты жасушалардың жиілігі 0,5±0,3% диапазонында болды, бұл көптеген жабайы және дәмді дақылдар үшін аберрантты жасушалардың стихиялық жиілігінің әдеттегі диапазонына жақын (0,5–1,0%) [10].

Аберрация спектрінде жалғыз және қос көпірлер, фрагменттер және хромосомалардың артта қалуы анықталды. Жиыны шидің (*Achnatherum splendens*) тұқымынан 278 тамыр зерттелді, зерттелген ана-телофаза жасушаларының саны 2165 болды. Зерттелген барлық эксперименттік учаскелерде жалғыз көпірлер басым. Ақ шидегі фрагменттер ³H радионуклидінің мөлшері 1,5, 35, 35, 45, 95 кБк/кг болған кезде пайда болды. ³H радионуклидінің мөлшері 3, 1,5 және 35 кБк/кг болған кезде таңдап алынған өсімдіктердегі бөліну ұршығында хромосомалардың артта қалуы байқалды. Осы өсімдіктегі қос фрагмент шидегі (*Achnatherum splendens*) ³H радионуклидінің мөлшері 35 кБк/кг болған кезде анықталды.

**Аберрантты жасушаның шығу жиілігінің
сіңірілген дозаға тәуелділігі**

Сіңірілген доза қуатының максималды мәндері бар нүктелер шидегі (*Achnatherum splendens*) ³H радионуклидінің үлестік белсенділігінің максималды нүктелерімен сәйкес келеді, сондықтан тәуелділік өсімдіктердегі ³H радионуклидінің үлестік белсенділігіне негізделген. 3-суретте цитогенетикалық бұзылулар жиілігінің шидегі (*Achnatherum splendens*) ³H радионуклидінің шоғырлануына желілік тәуелділігі көрсетілген. Алынған деректерді талдау шидегі (*Achnatherum splendens*) бос суда ³H радионуклидінің мөлшері 1,5-тен 95 кБк/кг-ға дейін өзгертетінін көр-



3-сурет. Аберрантты жасуша бөлшектерінің шығуының шидегі (*Achnatherum splendens*) тритий шоғырлануына тәуелділігі

сетті, сонымен қатар аберрантты жасушалардың жиілігі 0,9%-дан 2,0%-ға дейін өседі.

Шидегі (*Achnatherum splendens*) құрылымдық мутациялардың басым түрі химиялық ластаушы заттектердің әсер ету мүмкіндігін көрсететін хроматидті абберрациялар болды. Аз үлесті – хромосомалық абберрациялар радиациялық әсер ету маркерлері құрады [11]. Хромосомалардың құрылымдық зақымдануының бұл көрінісі радиациялық та және химиялық та ластаушы заттектердің әсерімен байланысты болуы мүмкін.

Қорытынды

Ши (*Achnatherum splendens*) өсімдіктерінің бос суындағы ³H радионуклидінің максималды мөлшері 95 кБк/кг құрайды. ³H радионуклидінің анықталған мөлшері шегінде зерттелген өсімдік түріндегі хромосомалық бұзылулардың шығуының ³H радионуклидінің үлестік белсенділік деңгейіне желілік тәуелділігі анықталды.

Бұл зерттеулер Қазақстан Республикасының Энергетика министрлігінің «Қазақстан Республикасында атом энергетикасын дамыту» ғылыми-техникалық бағдарламасы (IRN – BR24792713) негізінде қаржыландырылды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. Акчурин И.А. Семей ядролық полигоны. Құрылуы, қалыптасуы, қызметі / И.А. Акчурин. – М.: Голден-Би, 2007. – 225 б.
2. КСРО ядролық сынақтары: полигондардың қазіргі радиоэкологиялық жағдайы / В.А. Логачев ред-ған. – М.: АТ. бас., 2002. – 639 б.
3. Э.Г. Батырбеков. Семей сынақ полигонын кешенді радиоэкологиялық зерттеу / Э.Г. Батырбеков, А.О. Айдарханов, В.А. Витюк [және басқ.]. – ҚР ҰЯО РМК, 2021. – 340 б.
4. Айдарханов А.О. Бұрынғы Семей сынақ полигонындағы Шаған өзенінің жайылмасының радиоактивті ластану сипаттамасы: биол.ғыл.канд. автореф. дис.: 03.01.01 / Айдарханов Асан Оралханович. – Обнинск, 2013.
5. Айдарханов А.О., Лукашенко С.Н., Субботин С.Б., Эдомин В.И., Генова С.В және басқ., Шаған өз. экожүйесінің жай-күйі және оны қалыптастырудың негізгі механизмі // Қазақстанның радиоэкологиясының өзекті мәселелері [Радиациялық қауіпсіздік және экология институтының 2007-2009 жылдардағы еңбектер жинағы] / А.О. Айдарханов, С.Н. Лукашенко, С.Б. Субботин [және басқ.]. – Павлодар: Баспа үйі, 2010. – 2-шығ. – Б. 9–55.
6. Лукашенко С.Н., Ларионова Н.В., Зарембо В.П. Қазақстан Республикасының инновациялық патенті. № 29721. Үлгілерден су алу қондырғысы //Электронды бюллетень. Астана, 2015. – бюллетень № 4. [Электрондық ресурс] URL: <http://kzpatents.com/4-ip29721-ustrojstvo-dlya-izvlecheniya-vody-iz-obrazcov.html>.
7. Тритий. Судың сапасы – берілген шоғырлануға сәйкес келетін тритий белсенділігін анықтау – сцинтилляциялық есептеудің сұйық әдісі. Қазақстан Республикасында есептік тіркеу 2000.03.07 № 116/149: Халықаралық стандарт ISO 9698/1989.
8. Моисеев А.А. Дозиметрия және радиациялық гигиена бойынша нұсқаулық / А.А. Моисеев, В.И. Иванов. – М: Энергоатомиздат, 1984. – 292 б.
9. Паушева З.В. Өсімдік цитологиясы бойынша семинар / З.В. Паушева. – М.: Колос, 1980. – 225 б.
10. Geras'kin S., Evseeva T., Oudalova A. Plants as a tool for the environmental health assessment. Encyclopedia of Environmental Health. Second edition. – Elsevier, 2019. – Vol. 5. – P. 239–248.
11. Streffer, C. Low dose exposures in the environment. Dose-effect relations and risk evaluation/ C. Streffer, H. Bolt, D. Follesdal [et al.]. – Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2004. – 471 p. – ISBN 978-3-662-08422-9.

REFERENCES

1. Akchurin I.A. Semey yadrolyk poligony. Quryluu, kalyp-tasuy, kyzmeti / I.A. Akchurin. – M.: Golden-Bi, 2007. – 225 b.
2. KSRO yadrolyk synaktary: poligondardyn kazirgi radioekologiyalyk zhardayy / V.A. Logachev red-ghan. – Moscow: AT. bas., 2002. – 639 p.
3. E.G. Bатыrbekov. Semey synaq poligonyn keshendi radioekologiyalyk zertteu / E.G. Bатыrbekov, A.O. Aydarkhanov, V.A. Vityuk [zhane basq.]. – QR YYaO RMK, 2021. – 340 p.
4. Aydarkhanov A.O. Bұrynғы Semey synaq poligonyn-dary Sharan ozeniniң zhayylmasynың radioaktivti lastanu sipattamasy: biol.ryl.kand. avtoref. dis.: 03.01.01 / Aydarkhanov Asan Oralkhanovich. – Obninsk, 2013.
5. Aydarkhanov A.O., Lukashenko S.N., Subbotin S.B., Edomin V.I., Genova S.V zhane basq., Sharan öz. ekozhyyesiniң zhay-kyyi zhane ony qalyptastyrudyn negizgi mekhanizmi // Qazaqstannың radioekologiyasynың özehti мәseleleri [Radiatsiyalyk қаuiпsizdik zhane ekologiya institutynың 2007-2009 zhyldardary еңбекter zhinary] / A.O. Aydarkhanov, S.N. Lukashenko, S.B. Subbotin [zhane basq.]. – Pavlodar: Baspa yui, 2010. – 2-shyf. – P. 9–55.
6. Lukashenko S.N., Larionova N.V., Zarembo V.P. Qazaqstan Respublikasynың innovatsiyalyk patenti. No. 29721. Ylgilerden su alu kondyryғыs // Elektrondy byulleten'. Astana, 2015. – byulleten' No. 4. [Elektrondyк resurs] URL: <http://kzpatents.com/4-ip29721-ustrojstvo-dlya-izvlecheniya-vody-iz-obrazcov.html>.
7. Tritiy. Sudyn sapasy – berilgen shoryrlanufa sәykes keletin tritiy belsendiligin anyқтаu – stsintillyatsiyalyk esep-teudin sұyуk әdisi. Qazaqstan Respublikasynda esep-tik tirkeu 2000.03.07 No. 116/149: Khalykaralyk standart ISO 9698/1989.
8. Moiseev A.A. Dozimetriya zhane radiatsiyalyk gigiena boyynsha nұskaulyk / A.A. Moiseev, V.I. Ivanov. – Moscow: Energoatomizdat, 1984. – 292 p.
9. Pausheva Z.V. Ösimdik tsitologiyasy boyynsha seminar / Z.V. Pausheva. – Moscow: Kolos, 1980. – 225 p.
10. Geras'kin S., Evseeva T., Oudalova A. Plants as a tool for the environmental health assessment. Encyclopedia of Environmental Health. Second edition. – Elsevier, 2019. – Vol. 5. – P. 239–248.
11. Streffer, C. Low dose exposures in the environment. Dose-effect relations and risk evaluation/ C. Streffer, H. Bolt, D. Follesdal [et al.]. – Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2004. – 471 p. – ISBN 978-3-662-08422-9.

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЧИЯ БЛЕСТЯЩЕГО (*ACHNATHERUM SPLENDENS*)
ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО НА ТЕРРИТОРИИ СИП

К. С. Минкенова*, А. В. Паницкий, А. Н. Мамырбаева

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

* E-mail для контактов: minkanova@nnc.kz

Для изучения возможного влияния радионуклида ^3H на цитогенетические показатели растений были проведены исследования растений, произрастающих в зоне разгрузки грунтовых вод с большим содержанием радионуклида ^3H . Исследованы цитогенетические показатели чия (*Achnatherum splendens*). Оценено влияние радионуклида ^3H на цитогенетическую структуру растений. В процессе исследований выявлено влияние радионуклида ^3H на цитогенетические эффекты чия (*Achnatherum splendens*) при исследуемых концентрациях в данном эксперименте.

Ключевые слова: радионуклид ^3H , хромосомные аберрации, чий блестящий, р. Шаган.

CYTOGENETIC PARAMETERS OF THE CHEE GRASS (*ACHNATHERUM SPLENDENS*)
GROWING AT THE STS AREA

K. S. Minkanova*, A. V. Panitskiy, A. N. Mamirbayeva

Branch "Institute of Radiation Safety and Ecology" RSE NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

* E-mail for contacts: minkanova@nnc.kz

To study the possible effect of ^3H on the cytogenetic parameters of plants, studies were conducted on plants growing in the ground water discharge zone with a high content of ^3H . Cytogenetic parameters of chee grass (*Achnatherum splendens*) have been studied. The effects of ^3H on the cytogenetic structure of plants were evaluated. In the course of research, the effect of ^3H on the cytogenetic effects of chee grass (*Achnatherum splendens*) at the studied concentrations in this experiment was revealed.

Keywords: radionuclide ^3H , chromosomal aberrations, chee grass, Shagan river.