

J. KALAM

KAHEVALENTSETE METALLIDE SOOLADE LAHUSTEGA ODRASEEMNETE KIIRITUSJÄRGSE TÖÖTLEMISE MÖJUST KIIRGUSKAHJUSTUSE KUJUNEMISELE γ_1 -PÖLVKONNAS

Varasemates kiirgusresistentsust käsitlevates uurimustes ei ole küllaldast tähelepanu pööratud erinevustele kiiritusjärgsetes väliskeskkonna tingimustes. Käesolevaks ajaks on aga kogunenud andmeid, mis räägivad agrofooni ja meteoroloogiliste tingimuste mõjust kiirguskahjustuste kujunemisele. Samuti on kindlaks tehtud, et kiiritusjärgsetest taastumisprotsessidest võtavad osa mittemutageensed, kuid ainevahetusprotsessidele mõju avaldavad faktorid (Nilan jt., 1962; Orav, 1965; Хвостова jt., 1965), et happeliste muldade lupjamine ja P, K ning Mg muldaviimine vähendavad radioaktiivse kiirguse toimet (Hallik, 1959). Eespool toodu on kooskõlas ka Bacqi ja Alexanderi skeemiga, mille kohaselt kiirguskahjustus areneb ainevahetusprotsessides (Бак jt., 1963). Samal ajal on näidatud, et kahevalentsete metallide ioonid põhjustavad muutusi kromosoomgarnituuris (Rosen, 1964). Ulatuslikumad andmed kahevalentsete kationide osast kiirguskahjustuse kujunemisel aga puuduvad.

Katsed kahevalentsete metallide soolade lahuste kiirguskahjustust modifitseeriva toime uurimiseks odral rajati ENSV TA Eksperimentaalbioloogia Instituudis 1967. aasta vegetatsiooniperioodil, samas tehti ka γ_1 analüüs. Need katsed kujutavad endast loogilist jätku samas instituudis varem toimunud uurimistele modifitseerivate keskkonnatingimuste mõju kohta kiirguse füsioloogilise ja geneetilise kahjustuse kujunemisel, mille käigus näidati agrofooni, sealhulgas lämmastiktoitumise ja vee-reežiimi, samuti külviaegade modifitseerivat toimet (Opav, 1960, 1962, 1966; Opav jt., 1968a; Opav jt., 19686).

Käesolevas uurimuses kirjeldatud katsete objektiks oli Skandinaavia päritoluga suvioder 'Domen'. Kasutati Eksperimentaalbioloogia Instituudis reprodutseeritud eliitseemneid. 1967. aasta kevadel kiiritati õhukuivad seemned Tallinna Vabariiklikus Onkoloogia Dispanseris ^{60}Co γ -kiirtega seadmel «Луч-1», kasutades doose 6 ja 8 kr. Kiiritatud seemneid leotati 16 tunni jooksul kahevalentsete metallide soolade järgmiste kontsentratsioonidega lahustes:

MgSO_4	— 0,25, 1,0, 2,0	mM
MnSO_4	— 0,5, 2,0, 4,0	„
FeSO_4	— 0,25, 1,0, 2,0	„
CuSO_4	— 0,25, 1,0, 2,0	„
ZnSO_4	— 0,25, 1,0, 2,0	„

Leotatud seemned külvati põllule kolmes korduses käsitsi 1 m pikkus-tesse ridadesse 50 seemne kaupa reavahega 20 cm. Saak koristati tai-

mede kaupa, mis võimaldab edaspidi kasvatada järgnevaid põlvkondi perekonniti.

Katse- ja kontrolltaimedel määrati

- 1) arenemisfaasid Rudenko järgi (Руденко, 1950),
- 2) perioodiline lineaarse pikkuse juurdekasv (vegetatsiooniperioodi jooksul teostati kuus mõõtmist),
- 3) taimede arv ja hävimine,
- 4) morfoloogilised näitajad (täisküpsuses taimede viljakandvate võrsete ja viljatute võrsete arv, taimede kõrgus, kõrre läbimõõt, pea pikkus ja laius, ohte pikkus, pea tihedus, pähkute ja terade arv peas) ja
- 5) morfoloogilised muutused (kaksikpead, lokkis ohted, täielik või osaline steriilsus).

Kõik andmed töödeldi variatsioonstatistiliselt.

Katsetest selgus, et kiiritusjärgne töötlemine kahevalentsete metallide soolade lahustega mõjutab tunduvalt γ_1 -põlvkonna kiirguskahjustuse kujunemist. Kahjustuse iseloomustamiseks kasutati koefitsienti K , mis kujutab endast katsevariandi ja kontrollvariandi täisküpsuseni jõudnud taimede arvu suhet. Tulemused on esitatud tabelis 1 ning neist nähtub, et

Tabel 1

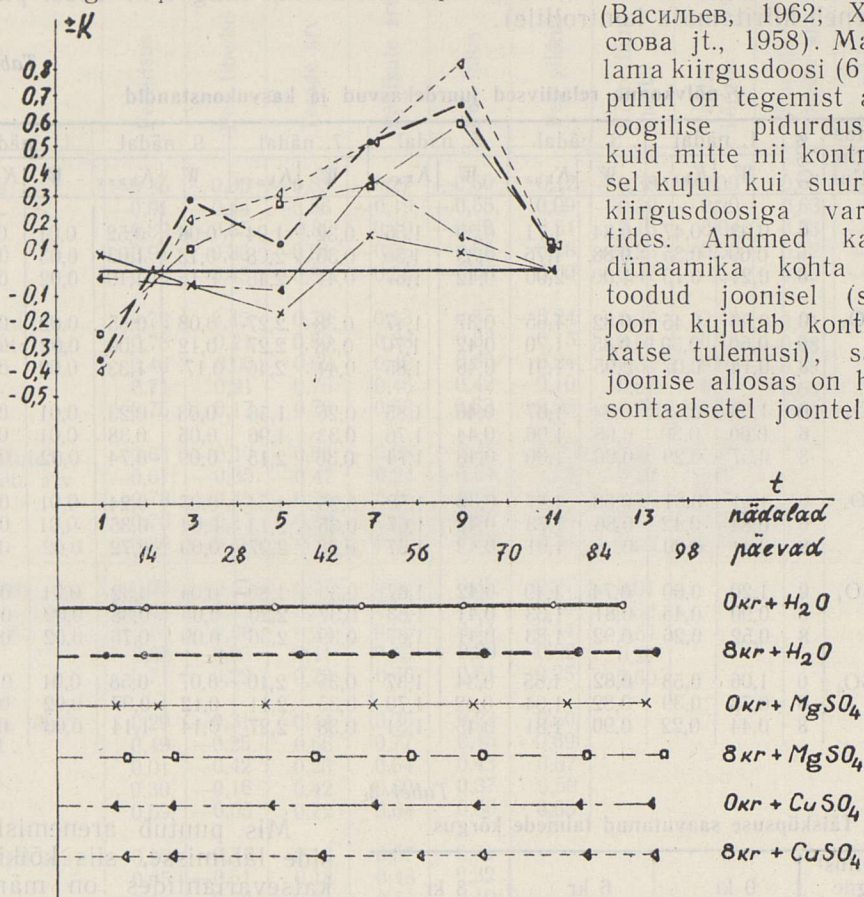
 γ_1 -põlvkonna taimede säilivus

Kiiritus- järgne töötlus	Konts., mM	Tärkamine, %			Vegetatsioonipe- riodi jooksul hä- vinenud taimed, %			Koristamiseni säi- linud taimed, %			K	
		0 kr	6 kr	8 kr	0 kr	6 kr	8 kr	0 kr	6 kr	8 kr	6 kr	8 kr
H ₂ O	0,00	52,8	48,5	37,0	11,8	14,6	16,5	41,0	33,9	20,5	82,9	50,0
CuSO ₄	0,25	43,0	47,1	34,0	11,0	15,8	14,0	32,0	31,3	20,0	76,3	48,8
	1,00	49,3	47,5	34,3	10,3	15,0	14,1	39,0	32,5	20,2	79,3	49,3
	2,00	43,0	47,7	36,0	10,5	14,9	16,0	32,5	32,8	20,0	80,0	48,8
FeSO ₄	0,25	51,5	48,3	41,5	12,0	14,5	19,0	39,5	33,8	22,5	82,4	54,9
	1,00	54,0	49,6	42,0	11,5	14,8	19,4	42,5	34,8	22,6	84,9	55,1
	2,00	53,0	48,5	40,0	14,5	14,6	19,0	38,5	33,9	21,0	82,6	51,2
ZnSO ₄	0,25	56,9	51,6	43,0	7,4	13,6	19,5	49,5	38,0	23,5	92,6	57,3
	1,00	54,2	50,8	43,2	4,7	14,6	19,7	49,5	36,2	23,5	88,3	57,3
	2,00	53,5	49,7	41,2	8,5	15,2	17,7	45,0	34,5	23,5	84,1	57,3
MnSO ₄	0,50	54,0	49,5	43,0	8,4	12,5	17,0	45,6	37,0	26,0	90,2	63,4
	2,00	58,5	52,2	44,0	8,7	12,2	16,5	49,8	40,0	27,5	97,6	67,1
	4,00	44,0	51,9	39,7	10,0	12,4	15,0	34,0	39,5	24,7	95,9	60,2
MgSO ₄	0,25	55,7	49,0	37,5	8,4	8,5	12,0	47,3	40,5	25,5	98,8	62,2
	1,00	60,1	53,2	45,3	7,8	11,3	15,8	52,3	41,0	29,5	100,0	71,9
	2,00	45,6	49,0	44,5	4,6	10,7	18,2	41,0	38,3	26,3	93,4	64,1

kiirguskahjustust suurendab seemnete töötlemine CuSO₄-lahusega mõlema kasutatud kiirgusdoosi puhul. Töötlemine teiste kahevalentsete metallide soolade lahustega aga vähendas kiirguskahjustust, kusjuures suurima positiivse efekti andis MgSO₄ 1,0 mM kontsentratsiooniga lahus. Kiirgusdoosi 6 kr puhul $K_{Mg} = 1,0$, s. t. et koristamisel oli katsevariandi taimede arv sama mis kiiritamata kontrollil. Järjestades saadud tulemused vastavalt positiivsele efektile kiirguskahjustuse vähendamise suunas, saame järgmise rea: $K_{Cu} < K_{Fe} < K_{Zn} < K_{Mn} < K_{Mg}$.

Taimede lineaarse juurdekasvu mõõtmised näitavad, et kiiritatud taimed jäid märgatavalt maha kontrolltaimedest nii kasvu tempo kui ka taimede kõrguse poolest. Sellist kasvupidurdust on täheldatud ka varem

(Васильев, 1962; Хво-стова jt., 1958). Madalana kiirgusdoosi (6 kr) puhul on tegemist analoogilise pidurdusega, kuid mitte nii kontrastsel kujul kui suurema kiirgusdoosiga variantides. Andmed kasvu dünaamika kohta on toodud joonisel (sirgjoon kujutab kontrollkatse tulemusi), sama joonise allosas on horisontaalsetel joontel tä-



Kasvukonstantide hälbed ja arengufaaside läbimise ajad.

histatud arengufaaside läbimise ajad. Kasvukonstant K_{kasv} on arvutatud valemist

$$K_{\text{kasv}} = W \left(\frac{t_1 + t_2}{2} \right)$$

kus t_1 ja t_2 on taimede vanus nädalates. W — relatiivne juurdekasv ajaühikus — on leitud S. Brody ja I. Schmalhauseni valemist (Лакин, 1968):

$$W = \frac{\lg V_2 - \lg V_1}{(t_2 - t_1) \lg e}$$

mis on saadud tuntud orgaanilise kasvu valemi $V = V_0 e^{Wt}$ logaritmimeerimise teel.

Jooniselt näeme, et nii kõvera kaju kui ka kasvukonstandi poolest on kiiritatud variantidest kontrollile kõige lähedasem MgSO₄-lahusega töödeldud variant, CuSO₄-lahusega töödeldud kiiritatud variant on lähedane kiiritatud kontrollile. Andmed W ja K_{kasv} kohta on esitatud tabelis 2. MnSO₄-, FeSO₄- ja ZnSO₄-lahused vähendavad kiirguse negatiivset mõju ja asuvad oma toimelt CuSO₄ ja MgSO₄ vahepeal.

Erinevused taimede kõrgustes vegetatsiooniperioodi lõpul (tab. 3) on enamikus küll katsevea piires, kuid siingi võib täheldada, et CuSO₄-

lahus suurendab (taimede keskmine kõrgus on väiksem kiiritatud kontrollist), $MgSO_4$ -lahus aga vähendab kiirguse kahjulikku mõju (taimede keskmine kõrgus on suurem kiiritatud kontrollist ning 6 kr doosi puhul läheneb kiiritamata kontrollile).

Tabel 2

γ_1 -põlvkonna relatiivsed juurdekasvud ja kasvukonstandid

Kiiritus- järgne töötlus	Doos	1. nädal		3. nädal		5. nädal		7. nädal		9. nädal		11. nädal	
		W	K_{kasv}	W	K_{kasv}	W	K_{kasv}	W	K_{kasv}	W	K_{kasv}	W	K_{kasv}
H_2O	0	0,93	0,47	0,84	1,71	0,39	1,56	0,32	1,94	0,06	0,52	0,01	0,15
	6	0,69	0,35	0,88	1,76	0,39	1,55	0,35	2,08	0,13	1,03	0,03	0,31
	8	0,21	0,10	1,00	2,00	0,42	1,67	0,41	2,46	0,15	1,19	0,02	0,23
$CuSO_4$	0	0,90	0,45	0,82	1,65	0,37	1,47	0,38	2,27	0,08	0,65	0,02	0,15
	6	0,60	0,30	0,85	1,70	0,42	1,70	0,38	2,27	0,12	1,00	0,02	0,19
	8	0,14	0,07	0,95	1,91	0,46	1,85	0,41	2,46	0,17	1,33	0,02	0,24
$FeSO_4$	0	1,03	0,52	0,84	1,67	0,46	1,85	0,26	1,56	0,03	0,23	0,01	0,08
	6	0,60	0,30	0,98	1,96	0,44	1,76	0,33	1,96	0,05	0,38	0,01	0,12
	8	0,57	0,29	0,90	1,80	0,43	1,74	0,36	2,15	0,09	0,74	0,02	0,20
$ZnSO_4$	0	1,61	0,81	0,63	1,27	0,38	1,52	0,25	1,51	0,03	0,24	0,01	0,08
	6	0,84	0,42	0,86	1,73	0,42	1,67	0,35	2,13	0,04	0,35	0,01	0,15
	8	0,41	0,20	0,95	1,91	0,42	1,67	0,38	2,27	0,09	0,72	0,02	0,19
$MnSO_4$	0	1,20	0,60	0,74	1,49	0,42	1,67	0,30	1,80	0,04	0,32	0,01	0,11
	6	0,90	0,45	0,81	1,63	0,41	1,63	0,37	2,20	0,05	0,38	0,02	0,15
	8	0,52	0,26	0,92	1,83	0,41	1,67	0,39	2,36	0,09	0,76	0,02	0,20
$MgSO_4$	0	1,06	0,53	0,82	1,65	0,34	1,37	0,35	2,10	0,07	0,58	0,01	0,15
	6	0,78	0,39	0,82	1,64	0,42	1,70	0,35	2,11	0,12	0,97	0,02	0,22
	8	0,44	0,22	0,90	1,81	0,45	1,81	0,38	2,27	0,14	1,14	0,03	0,26

Tabel 3

Täisküpsuse saavutanud taimede kõrgus

Kiiritus- järgne töötlus	0 kr	6 kr	8 kr
H_2O	73,1±0,91	69,0±1,08	67,7±1,15
$CuSO_4$	70,9±0,94	68,5±1,03	67,1±0,92
$FeSO_4$	73,3±0,63	70,2±0,88	68,6±0,89
$ZnSO_4$	73,4±0,70	70,9±0,72	69,0±0,84
$MnSO_4$	73,4±0,61	71,3±0,68	69,4±0,83
$MgSO_4$	74,0±0,79	71,7±0,91	69,7±0,82

Tabel 4

Vegetatsiooniperioodi pikkus

Kiiritus- järgne töötlus	0 kr	6 kr	8 kr
H_2O	87,2±0,3	92,0±0,4	91,9±0,6
$CuSO_4$	87,2±0,3	92,7±0,5	92,9±0,7
$FeSO_4$	87,3±0,2	89,1±0,4	89,6±0,5
$ZnSO_4$	86,7±0,3	88,7±0,3	89,3±0,6
$MnSO_4$	87,0±0,2	89,2±0,3	90,1±0,4
$MgSO_4$	89,1±0,3	92,5±0,4	94,1±0,5

Mis puutub arenemistaa-
side läbimisse, siis kõikides
katsevariantides on märgatav
tendents, et kiiritatud taimed
jäädav võrsumisfaasist alates
arengus maha. Üldine vegetatsiooniperioodi pikkus (tab. 4) on kiiritatud variantidel suurem kui kontrolltaimedel. Samuti on täheldatav mõningane katse kasutatud kahevalentsete metallide soolade lahuste spetsiifiline mõju. $ZnSO_4$ lühendab, $MgSO_4$ pikendab vegetatsiooniperioodi. $CuSO_4$ -lahusega töödeldud variantidel esineb arengu mahajäämine algfaasides (tärgamine hilineb, samuti hilineb kolmanda lehe ilmumine).

Kirjanduses on vähe andmeid odrasaagi ja tema struktuuri elementide vahe-

liste korrelatiivsete seoste, samuti tera kvaliteedi ja kliimaatiliste tingimuste vahelise korrelatsiooni kohta. Vähesed olemasolevad andmed aga näitavad siin paljude tugevate korrelatiivsete seoste esinemist. Nii selgub H. Kүүtsi töödest (Күүтс, 1968), et tugevad seosed valitsevad terasaagi ja vegetatsiooniperioodi pikkuse, produktiivvõrsete arvu ja temperatuuri ning produktiivvõrsete arvu ja vegetatsiooniperioodi pikkuse vahel. Käesolevas töös on püütud selgitada morfoloogiliste näitajate vaheliste seoste muutumist olenevalt ^{60}Co γ -kiirguse doosist ja seemnete kiiritusjärgsest töötlemisest kahevalentsete metallide soolade lahustega. Selleks tehti põldkatsetest saadud arvulise materjali korrelatsioonanalüüs. Üldse oli katses 51 varianti kolmes korduses. Iga variandi igast kordusest tehti iga morfoloogilise tunnuse kohta, mida oli kokku üheksa, 100 määramist. Seega saadi iga morfoloogilise tunnuse kohta 15300 arvulist näitajat. Lisaks neile haaras korrelatsioonanalüüs veel kaks arvulist näitajat: 1) kiirgusdoos kiloröntgenites ja 2) fertiilsuse % (terade ja pähikute suhe peavõrse peas, %-des).

Analüüsi tulemused on koondatud tabelisse 5 ning neist nähtub, et mitmete morfoloogiliste tunnuste vahel on tugev korrelatsioon kõrgel tõenäosuse tasemel, samuti esineb terve rida tunnuste paare, millede vahel korrelatsioon puudub. Enam huvi pakuvad aga sellised tunnuste paarid, millede juures on täheldatav korrelatsiooni sõltuvus kiiritusjärgseks töötlemiseks kasutatud soolalahusest. Üheks selliseks paariks on *kiirgusdoos — pähikute arv*. CuSO_4 -, FeSO_4 -, ZnSO_4 -lahusega töötlemisel puudub nende vahel korrelatsioon, MnSO_4 puhul $r = -0,36$, mis on usaldatav tõenäosusega $P < 0,05$ ja väljendab nõrka negatiivset seost, MgSO_4 puhul $r = -0,55$, mis väljendab tugevat negatiivset seost ($P < 0,01$). Paari *kiirgusdoos — pea pikkus* puhul on tegemist tugeva positiivse seosega — $r = 0,51$ ($P < 0,01$), kui seemneid on töödeldud ZnSO_4 -lahusega. Teiste lahuste puhul siin seos puudub. Mitmete paaride (sealhulgas *produktiivvõrsete arv — pähikute arv*, *pähikute arv — pea tihedus*) kohta arvutatud korrelatsioonikoefitsientide väärtused näilavad korrelatsiooni tugevnenemist vastavalt kiiritusjärgseks töötlemiseks kasutatud kahevalentsete metallide soolade lahustega järjestuses $\text{CuSO}_4 < \text{FeSO}_4 < \text{ZnSO}_4 < \text{MnSO}_4 < \text{MgSO}_4$. See vastab reale, mis saadi kiirguskahjustuse kujunemist iseloomustades. On huvitav märkida, et samasse järjestusse asetuvad kõnesolevates katsetes kasutatud soolades esinevad kahevalentsed metallid ka normaalpotentsiaali (E^0) järgi.

Kõikides kiiritatud variantides esines üksikuid järsked morfoloogilisi muutusi, nagu peade või kõrte hargnemist, lakkis ohteid ja steriilsust. Nende väikese esinemissageduse tõttu aga ei ole võimalik midagi öelda nende esinemise sõltuvuse kohta kasutatud soolalahustest. Kõige enam esines osalist steriilsust, kusjuures selgus, et kiiritusjärgne CuSO_4 -lahusega töötlemine ei vähenda ^{60}Co γ -kiirgusest tingitud osalist steriilsust. Kiiritamata kontrollvariandis oli fertiilsus 92,6%, kiiritamata, kuid CuSO_4 -lahusega töödeldud variandis aga 94,5%. Kiiritatud variantides olid need näitajad 6 kr doosi puhul vastavalt 81,7 ja 81,6% ning 8 kr puhul 68,0 ja 68,6%. Kiiritatud variantides mõjusid fertiilsusele positiivselt ZnSO_4 , MnSO_4 ja MgSO_4 : 6 kr doosi puhul oli fertiilsus vastavalt 84,3, 83,9 ja 83,7%, 8 kr doosi puhul — 78,2, 73,5 ja 68,9%.

Arutelu

Et ioniseeriv kiirgus põhjustab oksüdatsiooni-reduktsiooni potentsiaali (ORP) tõusu kiirituse algusest alates, on meil tegemist radiokeemilise protsessiga, mis on seotud tugevalt oksüdeerunud produktide moodustumisega. Kiiritusjärgne redutseerimine on aga füsioloogiline protsess. Rakk

reageerib temas väliskeskkonna mõjudel toimuvatele muutustele, ja kui need muutused on kahjulikud, paralüseerib neid. Seetõttu on kiiritusest tingitud ORP muutused kiiresti mööduvad (Васильев, 1962). Eeltoodust järeldub, et ORP normaliseerimiseks on algselt vajalikud reduktsiooni-protsessid. Nendes protsessides kulutatakse ära suuremal või vähemal määral rakus olevad taandajad ning normaalse elutegevuse jätkamiseks peaks kaasa aitama täiendav taandajate sisseviimine kiiritatud kudesse. Käesolevas töös kirjeldatud katsetes kasutatud kahevalentsete metallide soolades esinevatest metallidest on kõige aktiivsemad taandajad Zn, Mg, Mn. Nende taandavate omadustega saabki nähtavasti mingil määral seletada positiivset toimet kiirguskahjustuse vähendamisel.

Viimasel ajal on paljud uurijad kindlaks teinud seosed metallide ioonide ja nukleiinhapete vahel, kusjuures rõhutatakse, et kahevalentsetel metallidel on nukleiinhapete struktuuri stabiliseerimisel suur bioloogiline tähtsus tänu «sandwich»-tüüpi molekulaarsetele seostele (Власюк jt., 1968). Kuna seemnete kiiritusjärgne töötlemine katses kasutatud soolahustega rikastab seemneid kahevalentsete metallidega, siis võib oletada, et selline töötlemine stabiliseerib nukleiinhapete struktuure ning aitab vähendada kiiritusest tingitud kahjustusi.

Ca ja Mg defitsiidi puhul aitavad kahevalentsed katioonid säilitada kromosoomide terviklikkust (Сидоров jt., 1960). Teiselt poolt näitasid R. A. Kleese, D. C. Rasmusson ja L. H. Smith (1968), et Ca, Sr, Mg ja Mn akumulatsioon odrataimedes korreleerub positiivselt ja kõrgel tasemel, ning avaldasid arvamust, et Ca ja Sr akumulatsiooni odrataimedes kontrollib sama geneetiline süsteem. Eelnevale tuginedes võib arvata, et kromosoomide kui eluliselt vajaliku kompleksi terviklikkuse säilitamiseks on taimedes välja kujunenud võimalus, kus ühe elemendi (kahevalentse metalli) puudumist (defitsiiti) võib korvata teise või teiste elementidega (kahevalentsete metallidega), mis loomulikult peavad olema füüsikalis-keemiliste omaduste poolest lähedased, nagu seda on näiteks Sr, Ca, Mg ja Mn.

Lähtudes eespool toodust ja käesolevas töös kirjeldatud katsete tulemustest, võib järeldada, et töötlemiseks kasutatud kahevalentsete metallide soolade lahuste toime kujutab endast nende lahuste taandavate ja nukleiinhapete struktuure stabiliseerivate omaduste summat. Et kahevalentsete metallide nii taandavaid omadusi kui ka füüsikalis-keemiliste omaduste sarnasust peegeldab normaalpotentsiaal E^0 , siis peaksid kasutatud soolad kiirguskahjustuse kujunemist mõjutava toime järgi järjestuma järgmiselt: CuSO_4 , FeSO_4 , ZnSO_4 , MnSO_4 , MgSO_4 . Seejuures CuSO_4 süvendab, teised aga vähendavad kiirguskahjustust, kuna $E^0_{\text{Cu}}=0,34$, $E^0_{\text{Fe}}=-0,44$, $E^0_{\text{Zn}}=-0,76$, $E^0_{\text{Mn}}=-1,18$ ja $E^0_{\text{Mg}}=-2,37$, mida kinnitavad ka katsetulemused.

Hiljuti avaldatud töös näitab NSVL TA korrespondentliige A. Kuzin, et muutuva valentsiga metallide vabade kahevalentsete ioonide (Fe^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} jt.) sisalduse ja kiirgustundlikkuse vahel valitseb positiivne korrelatsioon (Кузин jt., 1969). Käesolevas töös kirjeldatud katsetulemused võib lugeda nendega kooskõlas olevaiks, arvestades, et kiiritusjärgne töötlemine kahevalentsete metallide sulfaatide lahustega ei suurenda niivõrd vabade kahevalentsete katioonide sisaldust, vaid rikastab seemneid hüdrolüüsi tulemusel tekkivate $[\text{Metall}(\text{OH})]^+$ ioonide ja hüdrooniumioonidega, mis võivad esineda prootonite doonoritena ja nähtavasti prootoni ühinemise kaudu kiirituse tagajärjel tekkinud paaristumata elektroniga vabade radikaalide toimel ($\text{R}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{RN}$) vähendada kiirguskahjustust.

Järeldused

1. Kahevalentsete metallide soolade lahustega töötlemine mõjutab kiirguskahjustuse kujunemist odral.
2. Praktiliselt kasutataval määral vähendab kiirguskahjustust kiiritatud seemnete töötlemine $MgSO_4$ - ja $MnSO_4$ -lahusega.
3. 6 kr puhul annab $MgSO_4$ 1,0 mM lahusega töötlemine kontrolliga võrdse taimede säilivuse, mis pakub huvi praktilise sordiaretuse seisukohalt.
4. Kiirguskahjustust mõjutava toime järgi järjestuvad katses kasutatud soolalahused vastavalt neis sisalduva kahevalentse metalli normaalpotentsiaali algebralisele väärtusele.

KIRJANDUS

- Hallik O., 1959. Radioaktiivse kiirguse toime sõltuvus väetamisest. Eesti Põllumajanduse Akadeemia teaduslike tööde kogumik **12** : 3—12.
- Kleese R. A., Rasmusson D. C., Smith L. H., 1968. Genetic and environmental variation in mineral element accumulation in barley, wheat and soybeans. *Crop Sci.* **8** (5) : 591—593.
- Nilan R., Konzak C., Harle J., Heiner R., 1962. Interrelation of oxygen, water and temperature in the production of radiation-induced effects in plants. *Sdbd. Strahlentherapie* **51** : 171—182.
- Oraav T., 1965. Väliskeskonna mõjust mutageneesi hilisele etapile. *ENSV TA Toimet., Biol. Seeria* **14** (4) : 462—470.
- Rosen G. von, 1964. Mutation induced by the action of metal ions in *Pisum*. II. Further investigations on the mutagenic action of metal ions and comparison with the activity of ionizing radiations. *Hereditas* **51** (1) : 89—134.
- Бак З., Александр П., 1963. Основы радиобиологии. М.
- Васильев И. М., 1962. Действие ионизирующих излучений на растения. М.
- Власюк П. А., Климовицкая З. М., Бидзия Н., 1968. Применение метода ЭПР для изучения способности марганца к комплексообразованию с нуклеиновыми кислотами. *Биохимия растений и микроорганизмов. Тезисы докл.* **18** : 169—170.
- Кузин А. М., Газиев А. И., 1969. Антирадикальная активность тканей и радиочувствительность. *Докл. АН СССР. Биология* **184** (1) : 221—224.
- Кюйтс Х. Д., 1968. О лучших сортах ячменя в Эстонии и влияние азотных удобрений на урожай ячменя и его качество. Автореф. дисс. канд. с.-х. н. Тарту.
- Лакин Г. Ф., 1968. Биометрия. М.
- Ораав Т. А., 1960. Влияние гамма-лучей ^{60}Co на рост и развитие некоторых злаковых. *Тр. Ин-та экспериментальной биологии АН ЭССР* **1** : 156—169. Таллин.
- Ораав Т. А., 1962. Индуцированные гамма-облучением наследственные изменения у ячменя и их зависимость от условий выращивания. *Тр. Ин-та экспериментальной биологии АН ЭССР* **2** : 52—70. Таллин.
- Ораав Т. А., 1966. О влиянии внешних условий на поздний этап процессов мутагенеза. *Уч. зап. Тартуского гос. ун-та* **185** : 481—489.
- Ораав Т. А., Шангин-Березовский Г. Н., Ораав И. С., 1968а. Действие низких концентраций этиленimina на физиологический эффект радиации при гамма-облучении семян различного происхождения. *Изв. АН ЭССР. Биология* **17** (1) : 20—28.
- Ораав Т. А., Ораав И. С., 1968б. Действие различных фонов азотного питания и обработки этиленимином на генетический эффект гамма-облучения. В сб.: *На пути к обновлению земли*. Таллин.
- Руденко А. И., 1950. Определение фаз развития сельскохозяйственных растений. М.
- Сидоров Б. Н., Хвостова В. В., 1960. Факторы, влияющие на генетический эффект ионизирующих излучений. *Итоги науки. Биол. науки* **3** : 176—228. М.
- Хвостова В. В., Делоне Н. Л., Сорокина О. Н., Турков В. Л., Целищев С. П., Чайкина К. В., 1958. Развитие проростков мягкой пшеницы из семян, облученных тепловыми нейтронами. *Биофизика* **3** (4).
- Хвостова В. В., Эльшунин К. А., 1965. Частичное снятие повреждающего эффекта излучений в семенах ячменя. *Радиобиология* **5** (1) : 136—139.

Ю. КАЛАМ

**О ВЛИЯНИИ ПОСТРАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЯЧМЕНЯ
РАСТВОРАМИ СОЛЕЙ ДВУХВАЛЕНТНЫХ МЕТАЛЛОВ
НА ЭФФЕКТ ОБЛУЧЕНИЯ В γ_1 -ПОКОЛЕНИИ**

Резюме

Семена ярового ячменя сорта 'Домен' после облучения в дозах 6 и 8 кр были обработаны растворами солей двухвалентных металлов. Для обработки использовались водные растворы в концентрациях: $MgSO_4$, $FeSO_4$, $CuSO_4$, $ZnSO_4$ — 0,25 мМ, 1,0 мМ, 2,0 мМ и $MnSO_4$ — 0,5 мМ, 2,0 мМ, 4,0 мМ. Влияние обработки на эффект облучения оценивалось в полевых опытах. Учитывались выживаемость, константа роста по Броди и Шмальгаузену, высота растений в конце вегетационного периода, прохождения фаз развития, изменение коррелятивных связей между морфологическими показателями и фертильность. Полученные данные показывают, что пострadiaционная обработка семян влияет на образование радиационного эффекта, причем обработка раствором $CuSO_4$ усугубляет, а обработка другими использованными растворами солей двухвалентных металлов уменьшает радиационное повреждение. Наибольший положительный эффект был получен при обработке семян, облученных 6 кр, раствором $MgSO_4$ в концентрации 1,0 мМ (что дало одинаковую выживаемость с контролем). По уменьшению радиационного повреждения использованные соли двухвалентных металлов находятся в следующей последовательности: $CuSO_4 < H_2O < FeSO_4 < ZnSO_4 < MnSO_4 < MgSO_4$.

Институт экспериментальной биологии
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
26/III 1969

J. KALAM

**THE INFLUENCE OF THE POST-IRRADIATIONAL TREATMENT OF
BARLEY SEEDS WITH THE SOLUTIONS OF SALTS OF BIVALENT
METALS UPON THE EFFECT OF RADIATION IN γ_1 -GENERATION**

Summary

Barley seeds of the 'Domen' variety were exposed to various doses (6 and 8 kr) of gamma-rays and then treated with 0.25 mМ, 1.0 mМ or 2.0 mМ aqueous solution of $MgSO_4$, $FeSO_4$, $CuSO_4$, $ZnSO_4$ and with 0.5 mМ; 2.0 mМ or 4.0 mМ aqueous solution of $MnSO_4$. For comparison, seeds treated with distilled water were used. The influence of the post-irradiational treatment was determined by the results of field-tests, taking into consideration the survival index, the constant of growth by Brody and Schmalhausen, height of the plants at the end of the vegetation period, passing of the stages of development, and the change of correlations between morphological data and fertility. On the grounds of the data obtained, it was concluded that post-irradiational treatment of barley seeds has an influence upon the development of radiation-induced damage. The treatment with the $CuSO_4$ solution increases the radiation damage, whereas solutions of the other salts of bivalent metals used show an opposite effect. The greatest positive effect was obtained when seeds exposed to the 6 kr were treated with 1.0 mМ $MgSO_4$ solution (the survival index is equal to that in control series). By the decrease of the radiation damage, the used solutions of salts may be arranged in an order as follows: $CuSO_4 < H_2O < FeSO_4 < ZnSO_4 < MnSO_4 < MgSO_4$.

Academy of Sciences of the Estonian SSR,
Institute of Experimental Biology

Received
March 26, 1969