

Wpływ nieorganicznych bodźców chemicznych na wzrost i rozwój roślin

Stymulację wzrostu i rozwoju roślin przy pomocy nieorganicznych bodźców chemicznych zapoczątkował Raulin (19) 1869, którego badania ograniczały się do roślin niższych. Jednym z pierwszych, który przeniósł te doświadczenia na rośliny wyższe był Loew (12, 13). Dodawał on do gleby znikomo małe ilości różnych związków chemicznych, które normalnie uważane są za trujące dla roślin. Pierwsze wyniki ogłosił w 1903 r. Zapoczątkowały one całą serię prac w tej dziedzinie zarówno samego Loewa jak i jego uczniów (Aso, Sawa, Uschiyama) oraz innych badaczy (B. Schulze, Bertrand, Hiltner). Badania te wykazały, że użyte sole działają stymulująco, nie są jednak niezbędne dla życia roślin i dlatego nie mogą być zaliczane do nawozów. Bertrand nazwał te związki „dopełniającymi” lub „katalitycznymi nawozami”, wśród których najważniejszą rolę przypisywał solom manganu.

Dalsze, bardziej precyzyjne doświadczenia wykazały, że obecność w minimalnych ilościach niektórych spośród tych pierwiastków jest niezbędna dla normalnego wzrostu i rozwoju roślin. Położyły one podwaliny pod nową gałąź wiedzy o mineralnym odżywianiu roślin, tj. nauki o mikroelementach, co nie będzie przedmiotem dalszych rozważań w artykule.

Od powyższej metody stymulacji trzeba odróżnić bodźcowanie polegające na przedsięwzięciu traktowaniu nasion roztworami soli metali zarówno zaliczanych do mikro- jak i makroelementów, co do których wiadomo, że roślina posiada je w dostatecznej ilości. Badania tego rodzaju prowadzili Wollny (1885), C. Kraus (1878 — 1881). Później do tego zagadnienia wraca C. Eberhart. Kraus i Eberhart moczyli nasiona w wodzie studziennej, Wollny zaś w roztworach różnych soli. Ujemne wyniki prac Wollny'ego zraziły na długo badaczy do tego tematu i dopiero w dwudziestych latach bieżącego stulecia powrócono do niego w związku ze stosowaniem moczenia nasion w różnych preparatach chemicznych w walce ze szkodnikami roślin.

M. Popow (15, 16, 17), zoolog bułgarski, ogłosił w latach 1922 — 1923 wyniki badań nad skutkami jednorazowego traktowania nasion różnymi bodźcami chemicznymi. Punktem wyjścia dla niego były poprzednie badania nad zjawiskiem sztucznej partenogenezy u jeżowca i podziału komórkowego niektórych wymoczków pod działaniem bodźców zewnętrznych. Popow przypuszczał, że te związki chemiczne, które wywołują sztuczną partenogenezę u jeżowca, powinny okazywać działanie stymulujące również na nasiona i na rozwijające się z tych nasion rośliny.

Na podstawie uzyskanych wyników Popow przyjmuje, że efekt jednorazowego stosowania bodźca przed siewem przedłuża się do końca okresu wegetacyjnego rośliny.

Według Popowa następujące związki posiadają własności stymulujące: 1) tlenek węgla; 2) sole magnezu, manganu, potasu, sodu, żelaza, fosforu, rtęci i arsenu; oraz 3) związki organiczne, jak alkohole, aldehydy, kwasy organiczne, fenole, fenolokwasy i alkaloidy.

Zarówno optymalna koncentracja bodźca, jak i czas jego działania, muszą być indywidualnie dobrane dla każdej rośliny. Koncentracja stymulującego roztworu w danych konkretnych warunkach ma duże znaczenie i dla optymalnego działania waha się w zależności od rodzaju związku od ułamków procentu do kilku procent. Czas zaś traktowania według Popowa waha się od kilku minut do kilkudziesięciu godzin.

Po moczeniu nasiona suszy się i według Gleisberga (współpracownik Popowa) mogą być one przechowywane przez jeden rok nie tracąc zdolności kiełkowania.

W szeregu publikacji ogłoszonych w „Zellstimulationsforschungen“ Popow i współpracownicy (Gleisberg, Paspalew i inni) podali zdumiewające rezultaty otrzymane na drodze przedsięwziętego stosowania bodźców chemicznych. Dla ilustracji tych wyników warto przytoczyć doświadczenia wazonowe z gryką, gdzie rośliny kontrolne ważyły 4,8 g, traktowane zaś 12,9 g, oraz doświadczenia polowe z pszenicą, w których Popow otrzymał następujące zbiory z poletek o powierzchni 1000 m²: z poletka kontrolnego 180 kg ziarna; z poletek traktowanych: 312 kg, 266 kg, 206 kg.

Wielka szkoda, że w publikowanych przez Popowa wynikach nie podaje się nazwy stymulatora, jego koncentracji, ani warunków traktowania i dlatego doświadczenia te nie mogły być sprawdzone. Mimo to jednak wiosną 1925 r. powstały w Niemczech duże przedsiębiorstwa handlowe, które wykupiły od Popowa patent na produkcję mieszanin stymulujących i sprzedawały je początkowo z dużym powodzeniem.

Jeszcze przed ogłoszeniem prac przez Popowa analogiczne doświadczenia prowadził w Leningradzie N. A. Finikow (3). Stwierdził on dodatnie działanie bodźców chemicznych na wzrost młodych kiełków grochu, gryki oraz częściowo pszenicy. W Niemczech pozytywne wyniki uzyskał w 1925 r. A. Kern (8) mocząc przez jedną godzinę nasiona gorczycy w 5% roztworze mocznika. Zabieg ten działał podobnie, jak silne nawożenie azotowe. Dodatkowo wyniki otrzymał on także stosując fluorek sodu, jodek potasu i azotan sodu. Autor ten na podstawie własnych wyników doszedł do dość paradoksalnych wniosków, że liczne nawozy mogą być zastąpione przez moczenie nasion w roztworach różnych stymulatorów. Poza tym wyniki prac Popowa potwierdzili w Niemczech O. Heuser (7), L. Linsbauer i Makkus.

Równocześnie ukazało się dużo prac, które nie potwierdziły wyników Popowa i poddały ostrej krytyce jego założenia metodyczne. Na pierwszy plan wysuwa się tu praca G. Gassnera (4), który uznaje bezpośrednie działanie bodźców chemicznych, odrzuca jednak możliwość ich dalszego oddziaływania w trakcie wzrostu rośliny. Obszerny materiał dowodowy przytacza też w swoich pracach G. Bredemann (1), który badał w latach 1924 — 1926 wpływ różnych soli oraz oryginalnych mieszanek „A i B“ Popowa na rozwój żyta, pszenicy, jęczmienia, fasoli i gryki. Stwierdził on ujemne działanie stosowanych przez siebie bodźców na urodzaj gryki i znikomo mały przyrost zbioru jęczmienia. U pozostałych roślin nie stwierdził Bredemann żadnych zmian. Uważa on, że całe zagadnienie sty-

mulacji sprowadza się do zmiany szybkości kiełkowania, która może mieć korzystny lub szkodliwy wpływ, zależnie od warunków glebowych, klimatycznych itp. Nie może być jednak mowy o jakimkolwiek stałym, pozytywnym efekcie. Wielu innych badaczy stwierdza to samo, a na Zjeździe Niemieckich Rolniczych Stacji Doświadczalnych w Lüneburgu we wrześniu 1925 r. poddano ostrej krytyce praktyczne stosowanie stymulatorów w rolnictwie.

Po II wojnie światowej badacze bułgarscy, kontynuując prace Popowa, uzyskali zachęcające wyniki. Obecnie w Bułgarii przedsięwzięte traktowanie nasion bodźcami chemicznymi, jako jeden ze sposobów podniesienia wydajności w rolnictwie, objęte jest planem gospodarczym (8,18). Przykładowo można tu wymienić następujące wyniki: nasiona buraków cukrowych moczone kolejno po 36 godzin w 0,1% wodnym roztworze hydrochinonu, 0,05% wodnym roztworze bromku potasu oraz w 0,05% wodnym roztworze takadiastazy i wysiane w 1953 r. na powierzchni 320 ha dały wyższą plonów w porównaniu z zasiewami kontrolnymi od 10 do 24%, przy czym buraki stymulowane zawierały 1% więcej cukru niż kontrolne. Zasiewy kukurydzy na powierzchni 3200 ha w tym samym roku dały wyższą plonów od 10 do 35%, zasiewy tytoniu 9 — 20% w porównaniu z kontrolnymi.

Ciekawsze i bardziej obiecujące z punktu widzenia naukowego są te prace, w których starano się eksperymentalnie wyjaśnić na czym polega istota wpływu nieorganicznych bodźców chemicznych, drogą badania zmian w metabolizmie i własnościach fizyko-chemicznych plazmy, to znaczy drogą szukania wskaźników działania stymulatorów w przemianach fizjologicznych, biochemicznych i biofizycznych organizmu roślinnego. Literatura na ten temat jest bardzo skąpa i fragmentaryczna.

W latach 1925 — 1926 w ZSRR S. I Żegałow (25) i inni usiłowali powtórzyć prace Popowa, nie otrzymali jednak zwiększenia plonów. Wtedy badacze ci postanowili wyjaśnić jak działają różne stymulatory w okresie kiełkowania nasion. N. E. Prokopienko badał aktywność różnych enzymów w nasionach roślin kontrolnych i stymulowanych. Badał on wpływ chlorku magnezu i chlorku manganu na grykę, pszenicę i żyto, oznaczając aktywność katalazy, amylazy i peroksydazy oraz dla każdej kombinacji oznaczał pH wyciągu komórkowego. Wyniki tych prac podają tabele 1 i 2.

Tabela 1

Wpływ 10-godzinnej moczenia nasion żyta w 3% roztworze chlorku magnezu (wyniki w ml n/10 KMnO_4 w stosunku do 100 powietrznie suchych ziarn)

Wiek kiełków	Katalaza			Peroksydaza		
	nasiona suche	H ₂ O	MgCl ₂	nasiona suche	H ₂ O	MgCl ₂
2 doby	23,16	23,46	38,90	155,29	120,49	136,55
4 doby	25,01	12,70	15,36	218,61	202,81	248,63
6 dób	6,46	6,34	6,39	224,50	240,72	239,85
8 dób	—	—	—	148,77	126,62	149,79

Jak widać z tabeli 1 maksimum aktywności katalazy w kombinacji nie traktowanej wystąpiło w kiełkach 4-dniowych, w traktowanych zaś proces ten został przyspieszony o 2 dni i maksymalny przyrost katalazy był większy od maksimum nie traktowanych.

Tabela 2

Wpływ 5-godzinne go moczenia nasion gryki w 3% $MgCl_2$ i $MnCl_2$

Wiek kiełków	Katalaza			Amylaza			pH		
	$MgCl_2$	H_2O	$MnCl_2$	$MgCl_2$	H_2O	$MnCl_2$	$MgCl_2$	H_2O	$MnCl_2$
2 doby	35,23	32,48	15,73	27,96	24,91	1,79	6,64	6,64	6,07
4 doby	65,24	54,25	16,46	42,81	29,95	16,03	6,24	6,47	5,91
6 dob	12,42	16,40	10,45	35,91	37,43	25,76	6,07	6,07	5,60

Zwiększoną aktywność zarówno katalazy, jak i amylazy, uzyskano w 4-dniowych kiełkach przy traktowaniu $MgCl_2$. Wpływ $MnCl_2$ był hamujący we wszystkich wariantach doświadczenia. W dalszych doświadczeniach stosowano mieszaniny stymulatorów, jak np. $MgCl_2 + MgSO_4 + MnSO_4 + KCl$, którymi traktowano pszenicę ozimą przez 3, 6, 12 i 24 godzin, równoległe kontrole były moczone w wodzie. Maksymalną aktywność katalazy uzyskano po 12 godz. moczenia. Po 24 godz. aktywność katalazy w kiełkach spada. Największy przyrost aktywności peroksydazy otrzymano po 6 i 12 godz. moczenia. Przebadano również wpływ oryginalnych mieszanek „A i B” Popowa. Oba stymulatory dały zupełnie wyraźny wzrost aktywności zarówno katalazy, jak i peroksydazy. Przyrost ten był większy niż przy stosowaniu poprzednich stymulatorów.

Badania te wykazały, że traktowanie nasion stymulatorami wpływa na zwiększenie aktywności enzymów, przy czym długość moczenia zdaniem wymienionych badaczy powinna być tematem dodatkowych badań. Zdaniem Żegałowa ważne jest zwrócenie bacznej uwagi na I okres rozwoju roślin i wyjaśnienie długości działania bodźca we wszystkich fazach wzrostu rośliny, a przede wszystkim należy wyjaśnić fizjologiczną rolę stymulatorów.

Turkova (22) w ZSRR, opryskując młode roślinki lnu słabym roztworem H_2O_2 , otrzymała zwiększenie zdolności redukcji jodu przez tkanki, wyrażonej w zwiększeniu zawartości zredukowanej formy kwasu askorbinowego, zredukowanego glutationu, polifenoli i innych związków redukujących. Wyniki tych doświadczeń wykazały, że zdolność redukcji jodu przy braku boru jest obniżona zarówno w liściach, jak i w korzeniach; H_2O_2 natomiast, tak jak i bor, wyraźnie zwiększa tę aktywność w korzeniach, nie wpływając jednak na zwiększenie jej w liściach.

Inna grupa badaczy zajmowała się badaniami nad wpływem bodźców chemicznych na fotosyntezę i oddychanie. Pirson (14) w 1937 r. wykazał w szeregu prac, że dodatek do pożywki soli potasu już po upływie 30 minut zwiększa intensywność fotosyntezy u *Chlorelli* wyhodowanej na pożywce bez potasu i równocześnie obniża intensywność oddychania. Pirson badał również wpływ na fotosyntezę innych jedno- i dwuwartościowych kationów oraz niektórych anionów. Stwierdził on, że jon wapniowy nie

wpływa ani na fotosyntezę, ani na oddychanie. Odnośnie anionów autor stwierdził zwiększenie fotosyntezy i oddychania pod wpływem bodźcowania jonem azotanowym, któremu autor przypisuje specyficzne działanie.

W obszernych pracach Komissarowa z roku 1937 (11), który wprowadzał roztwory soli do przestrzeni międzykomórkowych liści pszenicy, owsa i jęczmienia oraz moczył liście w roztworach azotanów różnych 1, 2 i 3-wartościowych metali oraz fosforanów sodu, potasu i wapnia, stwierdzono zwiększenie intensywności fotosyntezy i oddychania. Zdaniem autora występuje tu działanie zarówno anionu, jak i kationu, a takie lub inne działanie zależy od stężenia stymulatora. I tak np. azotany wapnia i magnezu silniej zwiększają wydzielanie się tlenu w procesie fotosyntezy u pszenicy niż azotany sodu i amonu w tej samej koncentracji.

Schulte (20) w 1942 r. prowadził podobne badania na *Chlorella pyrenoidosa* i nie stwierdził różnic zarówno w oddychaniu, jak i w fotosyntezie.

W roku 1945 Brilliant (2) prowadziła badania na *Elodea canadensis* i stwierdziła, że łądźki *Elodea* moczone przez 20 minut w roztworze hipotonicznym CaCl_2 wydzielają 3 — 5 razy więcej tlenu w procesie fotosyntezy, a moczone w roztworze hipotonicznym MgCl_2 1,5 — 2 razy więcej. Zauważyła ona również wzrost oddychania, jednak dużo słabszy przy CaCl_2 . Wyniki prac Brilliant ilustrują tabele 3, 4, 5 i 6.

Tabela 3

Intensywność fotosyntezy u *Elodea canadensis* zależnie od obecności w roztworze CaCl_2 i MgCl_2

Kontrola	Fotosynteza w mg O_2 w ciągu 1 godz. na 1 g.s.m.					
	CaCl_2			MgCl_2		
	I	II	III	I	II	III
2,30	2,4	12,2	12,5	2,6	4,4	4,2
3,65	3,9	16,6	15,8	4,7	7,2	5,7
2,10	2,0	6,1	5,6	2,7	3,9	4,1
2,50	2,3	9,4	7,4	1,6	3,8	2,8
1,80	2,6	7,6	—	2,2	3,4	—

Uwaga: Kombinacje I i III przetrzymywano przez 20 minut przed doświadczeniem w 0,15 n hipotonicznym roztworze CaCl_2 i MgCl_2 i następnie eksponowano: kombinację I w wodzie, kombinację III w tym samym roztworze soli. Kombinację II eksponowano bezpośrednio w roztworze danej soli bez uprzedniego moczenia roślin w tym roztworze.

Podobne doświadczenia wykonała Brilliant z zastosowaniem $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ i $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ i otrzymała wyniki podane w tabelach 4 i 5.

Brilliant oznaczała również lepkość protoplazmy. Gałązki *Elodea canadensis* umieszczono przez 15 minut w 0,15 n roztworze badanej soli, a następnie po przemyciu wodą poddawano plazmolizie w 0,7 i 1,0 M roztworze chlorku sodowego. Wyniki zestawione są w tabeli 6.

Jeszcze inny kierunek reprezentuje grupa badaczy radzieckich, która stara się uzyskać kierunkową zmienność organizmów roślinnych pod wpływem nieorganicznych bodźców chemicznych. Prace te mają na celu

Tabela 4

Intensywność fotosyntezy u *Elodea canadensis* zależnie od obecności w roztworze $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ i $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$

Kontrola	Fotosynteza w mg O_2 w ciągu 1 godz. na 1 g.s.m.					
	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$			$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$		
	I	II	III	I	II	III
3,95	2,0	6,2	7,4	2,70	5,00	5,7
2,25	—	3,0	3,5	3,70	5,10	5,7
2,10	—	2,5	—	2,55	3,75	—
3,80	—	—	—	3,50	5,60	5,4

Tabela 5

Intensywność oddychania u *Elodea canadensis* zależnie od obecności w roztworze $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ i $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$

Kontrola	Oddychanie w mg O_2 w ciągu 1 godz. na 1 g.s.m.					
	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$			$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$		
	I	II	III	I	II	III
1,5	5,6	2,0	2,6	1,8	1,8	2,6
1,3	9,1	1,5	2,6	2,0	1,4	2,8
1,4	5,8	1,3	—	1,9	1,2	—
1,4	5,4	1,1	—	1,6	1,5	—
1,4	3,8	1,8	—	1,2	1,7	—

uzyskanie zwiększonej odporności roślin na niskie lub na wysokie temperatury i duże odwodnienie tkanek.

I tak Wietuchowa (23) przeprowadziła w latach trzydziestych doświadczenia nad zwiększeniem odporności pszenic ozimych przez moczenie nasion przed siewem w roztworach pierwiastków alkalicznych. Wychoząc z założenia, że istnieje zależność między odpornością roślin na niskie temperatury a stopniem hydrofilności ich koloidów komórkowych, wysunęła ona przypuszczenie, że związki nieorganiczne, które powodują trwałe zwiększenie hydrofilności koloidów plazmatycznych (nie uszkadzając ich), powinny zwiększyć odporność roślin na niskie temperatury.

Badania wstępne wykazały stabilizujące działanie soli i wodorotlenków metali alkalicznych (litu, potasu, sodu) na koloidy otrzymane z liści pszenicy ozimej. Na tej podstawie autorka przeprowadziła doświadczenia z przedsięwzięciem moczeniem nasion w tych roztworach i zamrażaniem otrzymanych z nich kielków w temperaturach od -4 do -7°C . Następnie określała ona względną mrozoodporność na podstawie odsetka pozostałych przy życiu roślin. Wietuchowa otrzymała zachęcające wyniki przy stosowaniu wyżej wymienionych związków w stężeniach 0,01 — 0,001 n. Stężenie 0,1 n większości badanych związków hamowało wyraźnie siłę kiełkowania i zmniejszało mrozoodporność kielków. Niektóre związki, jak cytrynian litu, rodanek potasu, wykazały szkodliwe działanie już

Tabela 6

Oznaczanie lepkości protoplazmy na podstawie szybkości plazmolizy

C z a s p l a z m o l i z y						
koncentr. NaCl	H ₂ O	Ca(NO ₃) ₂	Mg(NO ₃) ₂	H ₂ O	CaCl ₂	MgCl ₂
0,7 M	2'05"	3'50"	0'05"	—	—	—
0,7 M	2'20"	5'20"	0'50"	—	—	—
0,7 M	2'35"	4'10"	1'25"	—	—	—
0,7 M	2'40"	3'55"	0'15"	—	—	—
0,7 M	3'25"	3'29"	0'20"	—	—	—
0,7 M	1'19"	2'30"	0'10"	—	—	—
0,7 M	3'48"	4'20"	1'20"	—	—	—
0,7 M	2'58"	—	1'20"	—	—	—
1,0 M	5'30"	—	—	1'50"	2'40"	0'56"
1,0 M	5'10"	—	—	1'25"	2'55"	1'05"
1,0 M	5'20"	—	—	1'56"	2'15"	0'45"
1,0 M	5'08"	9'45"	3'37"	0'50"	2'15"	—
1,0 M	4'43"	7'38"	—	1'20"	1'50"	0'55"
1,0 M	5'45"	8'48"	4'17"	1'10"	2'30"	0'50"
1,0 M	4'38"	5'20"	3'02"	—	—	—

w stężeniach 0, 01 n. W następnym etapie autorka badała w ciągu zimy rośliny otrzymane z nasion przedsięwzięcie bodźcowanych. Do doświadczenia wzięła ona trzy odmiany pszenicy ozimej różniące się stopniem zimotrwałości. Autorka oznaczała względną zimotrwałość przez bezpośrednie zamrażanie i oznaczanie ilości roślin pozostałych przy życiu. Stwierdziła ona wyraźny wzrost odporności roślin na niskie temperatury w ciągu zimy w wyniku przedsięwziętego bodźcowania. Ilustruje to tabela 7.

Autorka stwierdziła również wyraźny wzrost hydrofilności koloidów plazmatycznych u roślin doświadczalnych w porównaniu z roślinami kontrolnymi. Wyjątkowo łagodne zimy w latach 1937/1938 i 1938/1939 nie pozwoliły wykazać reakcji roślin traktowanych w naturalnych warunkach polowych, gdyż również u roślin kontrolnych nie stwierdzono żadnych uszkodzeń. Natomiast ilościowa i jakościowa ocena plonu nie wykazała ujemnego wpływu stosowanych przed siewem stymulatorów.

Kiczigin (10) uzyskał zwiększoną odporność na przymrozki wiosenne młodych roślin zbóż jarych w wyniku moczenia nasion przed siewem w następujących roztworach: chlorku potasu, fosforanu sodu (dwuzasadowy) i azotanu amonu. Stężenie roztworów 0,05 n, czas moczenia — 48 godz. w temperaturze 18 — 20°C. Wschody nasion traktowanych były o około jedną dobę opóźnione w porównaniu z kontrolnymi. Autor zamrażał roślinki w temperaturze — 4 i — 7°C w fazie wykształcenia pierwszego liścia. Uzyskał on następujące wyniki: przedsięwzięte traktowanie nasion azotanem amonu zmniejszyło u wszystkich badanych odmian (cztery jęczmienia i jedna pszenicy) odsetek roślin uszkodzonych wskutek zamrażania a u uszkodzonych zwiększyła się w porównaniu z kontrolą zdolność odbi-

Tabela 7

Względna zimotrwałość pszenicy ozimej w ciągu zimy
Zima 1938/1939 (procent pozostałych przy życiu roślin po zamrażaniu w ciągu doby)

Odmiana	1239			Ukrainka				Kooperatorka			
	data wzięcia próby z pola i temperatura zamrażania w °C										
wariant	3/XI -10°	17/I -15°	21/I -15°	3/II -13°	3/XI -10°	17/I -10°	3/II -13°	3/XI -10°	14/I -15°	21/I -15°	3/II -13°
Kontrola (nasiona suche)	59	68	59	73	00	65	81	0	35	42	24
Kontrola (nasiona moczone w wodzie)	63	66	53	72	0	—	86	8	—	48	19
NaCl 0,01 n	96	84	93	84	55	84	86	32	69	55	51
K ₃ C ₆ H ₅ O ₇ 0,01 n	89	88	82	88	62	80	98	28	65	45	55
NaOH 0,01 n	87	78	81	88	75	78	85	46	72	68	36
Mocznik 0,01 n	90	81	—	78	74	—	84	30	—	—	26
Kwas mleko- wy 0,01 n	93	77	—	95	—	—	87	27	—	—	29

jania. U roślin bodźcowanych chlorkiem potasu zmniejszył się również odsetek roślin uszkodzonych wskutek zamrażania, lecz równocześnie zmniejszyła się zdolność odbijania u roślin uszkodzonych. Zachowanie się roślin stymulowanych Na₂HPO₄ było pośrednie. Godne uwagi jest spostrzeżenie, że spośród badanych odmian jęczmienia najsilniej zareagowały na przedsięwzięte działanie bodźców odmiany najmniej odporne na niskie temperatury, najslabiej zaś odmiana najbardziej zimotrwała.

Bardzo ciekawe i znacznie pełniejsze są badania Genkel'a (5,6) nad stymulowaną odpornością roślin na suszę atmosferyczną i glebową oraz wysokie temperatury. W latach trzydziestych Genkel i współpracownicy hartowali rośliny na suszę przez moczenie nasion w wodzie a następnie ich podsuszanie. Zabieg ten stosowali kilkakrotnie — przeważnie trzy razy — zmniejszając stopniowo ilość wody. Badacze stwierdzili, że następujące rośliny reagują pozytywnie na tego rodzaju przedsięwzięte hartowanie nasion: miękkie i twarde pszenice, owies, proso, jęczmień, groch, burak cukrowy, ziemniak, gryka, tytoń i kukurydza. Rośliny hartowane dały większe plony niż kontrolne w warunkach niesprzyjających; w warunkach zaś dostatecznego zaopatrzenia w wodę dały również zwyżki plonów (od kilku do 41,1%). Przedsięwzięte hartowanie nasion wywołało istotne zmiany anatomo-fizjologiczne u badanych roślin. Przede wszystkim wzrosła hydrofilność koloidów protoplazmy, co stwierdzono oznaczając próg koagulacji białek. Był on zawsze nieco wyższy u roślin hartowanych w porównaniu z kontrolnymi (tabela 8).

Ciekawe są spostrzeżenia Popowej (5). Stwierdziła ona, że zmiany stanu koloidów plazmy powstałe w wyniku przedsięwziętego hartowania

Tabela 8

Roślina	Wariant doświadczenia	Temperatura koagulacji białek w °C	
		kłosa	liście
Milturum 0321	kontrola	67	58
	hartowane	73	60
Caesium 0111	kontrola	69	—
	hartowane	82	—
Owies „Złoty deszcz“	kontrola	—	56
	hartowane	—	62

zachodzą głównie w zarodku a nie w bielmie. Temperatura koagulacji białek zarodka i białek bielma z nasion kontrolnych jest prawie jednakowa; u nasion hartowanych zaś próg koagulacji białek zarodka podniósł się o kilka — kilkanaście stopni, podczas gdy bielma bardzo tylko nieznacznie.

Drugą charakterystyczną zmianą fizjologiczną u roślin hartowanych było wzmoczenie procesów oddechowych przy równoczesnej ich stabilizacji. Toteż podczas suszy zaobserwowano u nich znacznie mniejsze straty substancji organicznej niż u roślin kontrolnych. Rośliny doświadczalne wykazały również bardziej intensywny przebieg i większą wydajność procesów fotosyntetycznych w porównaniu z roślinami kontrolnymi zarówno podczas suszy, jak i w warunkach optymalnego uwodnienia.

Badania enzymatyczne wykazały u roślin hartowanych wzrost aktywności katalazy oraz przewagę procesów syntezy sacharozy nad jej hydrolizą w warunkach niedostatecznego zaopatrzenia w wodę, podczas gdy u roślin kontrolnych w tych samych warunkach przeważała hydroliza sacharozy nad jej syntezą (badania robione były metodą infiltracji próżniowej w modyfikacji Kursanowa). Związane jest to prawdopodobnie ze wzrostem hygrofilności komórek roślin hartowanych.

Kałmykow (5) stwierdził wzrost ciśnienia osmotycznego u roślin hartowanych. Doszedł on do wniosku, że wzrost ciśnienia osmotycznego przy równoczesnym wzroście hygrofilności koloidów plazmatycznych powinien sprzyjać zwiększeniu hydrofilności komórek roślin hartowanych. Przyjęcie to zostało następnie potwierdzone przez badania Genkel'a i Kołotowej (5).

Naugolnych i Skorochodowa (5) stwierdzili, że w wyniku przedsięwzięcia moczenia i podsuszania nasion zmieniają się własności anatomiczne badanych roślin. Hartowane w ten sposób rośliny nabierają cech kserycznych: zwiększa się ilość szparek na jednostce powierzchni liścia, ulegają zmniejszeniu komórki przysporkowe i komórki naskórka, następuje zagęszczenie żyłek liściowych itp.

Trzeba podkreślić, że zmiany anatomiczne i fizjologiczne, o których była mowa, zachowały się u hartowanych roślin do końca życia indywidualnego. Dzięki temu znosiły one lepiej niż kontrolne zwiędnięcie i przegrzanie tkanek, co odbijało się też dodatnio na plonie.

Począwszy od roku 1947 Genkel i współpracownicy (6) prowadzili systematyczne badania nad przedsięwzięciem hartowaniem słonecznika (odmia-

na Żdanowskiej 8281). Nasiona moczoło jednorazowo (gdyż przekonano się, że efekt jednorazowego zastosowania bodźca odpowiada efektowi wielokrotnego moczenia i podsuszania) w wodzie studziennej w ilości 60% masy suchych nasion i następnie suszono w temperaturze pokojowej w ciągu 2 — 4 dni.

Wielostronne badania wykazały, że pod wpływem przewidzianej stymulacji zmieniają się w sposób zasadniczy własności koloidów plazmatycznych: wzrosła znacznie ich hydrofilność, lepkość i elastyczność oraz zwiększyła się ilość wody związanej osmotycznie w komórkach. Zgodnie z poglądami autorów wzrost tych wskaźników u roślin hartowanych świadczy o zwiększonej wytrzymałości ich komórek i tkanek na odwodnienie oraz podwyższenie temperatury. Przypuszczenia te potwierdzono następnie badaniami bezpośrednimi. Uzyskane wyniki ilustruje tabela 9.

Tabela 9

Własności protoplazmy liści słonecznika — odmiana Żdanowskiej 8281
(VIII liść, faza krzewienia, średnie z sześciu oznaczeń)

Wariant doświadczenia	Ciśn. osmot. soku komórk. w atm.	Lepkość protopl. w min. (metoda plazmolit.)	Elastyczn. "protopl. w min.	Temperatura koagulacji białek protoplazmat. w °C	Wytrzymałość na odwodnienie (ilość pozost. przy życiu komórek po podsuszeniu w eksykatorze)
Kontrola Rośliny hartowane	14,3 16,0	27 45	17 22	51 53	11 30

U roślin hartowanych stwierdzono też intensyfikację procesów oksydoredukcyjnych, co przejawiało się we wzroście aktywności peroksydazy i intensywniejszym wydzielaniu dwutlenku węgla w procesach oddechowych. Ilustruje to tabela 10.

Tabela 10

Intensywność oddychania liści słonecznika — odmiana Żdanowskiej 8281
(średnie z pięciu oznaczeń)

Wariant doświadczenia	CO ₂ w mg na 1 g suchej masy w ciągu 1 godz.		
	IV liść (faza weget.)	VIII liść (faza krzew.)	VIII liść (faza kwitnienia)
Kontrola Rośliny hartowane	22,2 25,9	13,9 19,4	12,6 16,4

Autorzy stwierdzili u roślin hartowanych charakterystyczne objawy kseromorfizmu swoistego rodzaju („kseromorfizm funkcjonalny“ — jak go nazwał Genkel) w budowie anatomicznej liści i korzeni, a mianowicie: zwiększenie światła naczyń korzeniowych, wzrost ilości szparek na jednostce powierzchni liścia oraz zmniejszenie wymiarów komórek naskórka przy równoczesnym zwiększeniu ogólnej powierzchni liści. Świadczy to

o stymulującym wpływie przedsewnego hartowania nasion na procesy wzrostowe u słonecznika.

W wyniku omówionych zmian fizjologicznych i anatomicznych rośliny hartowane okazały się bardziej wytrzymałe na chwilowe niedostatki wody i przegrzanie tkanek podczas suszy niż rośliny kontrolne. Dlatego też podczas suszy dały one większe plony (od kilkunastu do 50%).

Inną stroną zagadnienia przedsewnego stymulacji jest kwestia, czy zmiany powstałe u roślin wskutek bodźcowania przekazywane są potomstwu. Genkel (6) prześledził to na trzech pokoleniach w miejscowości Kamiennaja Stiep (pustynia) i na czwartym pokoleniu w warunkach podmoskiewskich, a więc znacznie bardziej wilgotnych. Badania własności plazmy (lepkość, hydrofilność, elastyczność) oraz intensywności procesów oddechowych i aktywności enzymatycznej dały wskaźniki zbliżone do otrzymanych u roślin bezpośrednio hartowanych. Dotyczy to również plonów, co przykładowo charakteryzuje tabela 11.

Tabela 11

Plon słonecznika — odmiana Żdanowskij 8281
(Doświadczenie 1953 r. pod Moskwą; dane z trzech powtórzeń)

Doświadczenie	Wysokość roślin w cm (śr. z 30 oznaczeń)	Ogólna liczba koszyczków	Obwód koszyczków w cm (śr. z 30 oznaczeń)	Ogólna masa suchych nasion w kg	Plon nasion w % do kontroli
Kontrola	71,4	48	69,4	2,9	100,0
Traktowane w 1953 r.	82,7	50	74,7	4,4	152,0
I pokolenie	81,2	50	75,2	4,3	148,7
IV pokolenie	80,9	48	75,4	4,2	142,2

Próby spotęgowania nowonabytych cech w następnych pokoleniach na drodze powtórnego hartowania za pomocą tych samych zabiegów nie dały zadowalających wyników. Genkel przypuszcza, iż związane jest to ze specyfiką reagowania żywej plazmy na bodźce zewnętrzne; wywołanie reakcji związane jest z przekroczeniem progu wrażliwości. Toteż, aby otrzymać wyraźną zmianę w normie reagowania żywej komórki, musi być bardzo znacznie zwiększona siła działającego bodźca. Warto zwrócić uwagę na ewolucję poglądów autora na tę sprawę: w poprzednich pracach Genkel stał na stanowisku stopniowo pogłębiającego się procesu hartowania, co znalazło wyraz m. in. w stosowaniu kilkakrotnego moczenia i podsuszania nasion przed siewem.

W latach 1950/1951 Szkolnik i współpracownicy (21) stosowali przedsewną stymulację nasion pszenicy jarej, jęczmienia i słonecznika. Moczyli oni nasiona w roztworach kwasu bornego (1 g H_3BO_3 na 9 litrów wody), siarczanu manganu i siarczanu cynku (po 3 g na 10 litrów wody) w ciągu 24 godzin przy wilgotności stanowiącej 45% masy powietrznie suchych nasion. Następnie nasiona podsuszano do wagi pierwotnej. Autorzy otrzymali większe plony u roślin traktowanych oraz przyrost w plonie azotu ogólnego i białkowego. Przyrost był nie tylko wyższy niż u roślin kontrolnych, ale wyższy nawet niż u roślin hartowanych metodą Genkela.

Najlepsze efekty dało bodźcowanie przy pomocy kwasu bornego. Przykładowo można podać wyniki otrzymane dla słonecznika (tabela 12).

Tabela 12

Doświadczenie	Średni plon z poletka o pow. 40 m ²		% oleju w nasionach	Ilość oleju z poletka	
	w kg	w %		w kg	w %
Kontrola	3,07	100	51,4	1,58	100
1-krotne bodźc. metodą Genkela	3,19	104	54,3	1,73	109
w roztworze H ₃ BO ₃	3,41	111	53,2	1,81	115
„ MnSO ₄	3,16	103	54,9	1,73	109
„ MnSO ₄					
plus do gleby	3,12	102	55,1	1,72	109

Zachęcające też wyniki otrzymano w doświadczeniach z lucerną oraz pszenicą jarą i jęczmieniem stymulowanym kwasem bornym w myśl wskazówek autora. Szkolnik uważa zatem, że zagadnienie nawożenia borem może i powinno być rozwiązane w ZSRR na drodze przedsięwziętego moczenia nasion w roztworach kwasu bornego.

Interesujące są wyniki badań Wigorowa (24) nad dynamiką pochłaniania przez ziarna pszenicy i rozmieszczeniem w nich pierwiastków z roztworów stymulatora. Analizując krzywą pobierania miedzi z roztworu przez ziarno pszenicy autor dochodzi do wniosku, że jest to reakcja o charakterze adsorpcji. Nagromadzenie zaś pochłoniętego z roztworu składnika nie jest równomierne dla całego nasienia: 4 — 6 razy więcej (w przeliczeniu na jednostkę suchej masy) gromadzi się go w zarodku niż w bielmie. Ilustruje to tabela 13

Tabela 13

*Rozmieszczenie Cu i Mn w zarodku i pozostałej części ziarna pszenicy
(bielmo i błony nasienne)*

Roztwór	Znaleziono mg Cu lub Mn w 1000 sztuk ziaren			Znaleziono mg Cu lub Mn w 10 g suchej substancji		
	całe ziarno	zarodek	bielmo	całe ziarno	zarodek	bielmo
CuSO ₄ : 0,0033M	1,9	0,3	1,6	0,7	2,3	0,6
CuSO ₄ : 0,01 M	5,3	1,2	4,2	1,9	9,2	2,5
MnSO ₄ : 0,033M	4,6	1,15	3,4	1,6	9,0	1,3
MnSO ₄ : 0,1M	15,1	3,3	11,8	5,4	25,4	4,4

Innym i zupełnie nowym typem stymulacji stosowanej w ostatnich latach jest traktowanie nasion i zielonych roślin substancjami promienio-

twórczymi. Badania nad tego typu stymulacją prowadzone są zarówno w ZSRR jak i w krajach zachodnich. Wyniki tych badań są często sprzeczne ze sobą. Badacze Związku Radzieckiego stosują następujące metody tego rodzaju stymulacji:

1. Przewidywane działanie na nasiona pierwiastków promieniotwórczych.
2. Moczenie ziarna w roztworach zawierających naturalne i sztuczne pierwiastki radioaktywne.
3. Traktowanie roślin w glebie substancjami radioaktywnymi.
4. Ciągłe naświetlanie zasiewów promieniami γ radioaktywnego kobaltu Co^{60} .

Wyniki tych doświadczeń są zebrane w pracy A. M. Kuzina (26) referowanej na Międzynarodowej Konferencji Pokojowego Wykorzystania Energii Atomowej w Genewie w 1955 r.

Przy przewidzianym traktowaniu poszczególnych nasion stosowano następujące ilości energii promienistej:

nasiona żyta	750 — 1000 r
„ grochu	350 — 500 r
„ rzodkiewki	500 — 1000 r
„ kapusty	1000 — 2000 r
„ ogórków	100 — 300 r

W wyniku takiego traktowania uzyskano w stosunku do kontroli dłuższe korzonki w 3—5-dniowych kiełkach żyta, rzodkiewki, grochu i ogórków. W doświadczeniu polowym z rzodkiewką otrzymano 40% zwiększenie plonów, a w przypadku kapusty do 19%.

Przygotowawcze studia porównawcze krótkiej ekspozycji dużymi ilościami energii promienistej i długiej ekspozycji małymi porcjami z Co^{60} wykazały, że przy dłuższym czasie ekspozycji możliwe jest obniżenie ilości tej energii.

Innym typem tego rodzaju stymulacji jest moczenie nasion w roztworach zawierających naturalne i sztuczne substancje radioaktywne. Jak wykazały badania dłuższe działanie rozcieńczonych roztworów z pierwiastkami wysyłającymi promieniowanie β i γ dają lepsze wyniki niż ekspozycja krótka w roztworach stężonych. Najlepsze wyniki otrzymano stosując mieszaniny pierwiastków z β i γ promieniowaniem o aktywności rzędu 0,2 do 0,5 mC/litr. Nasiona moczone przez 24 godziny. W ten sposób przebadano następujące rośliny: groch, fasolę, bób, soję, lucernę, pszenicę, jęczmień, owies, proso, grykę, buraki cukrowe, len, kukurydzę i pomidory. Uzyskano zwiększenie plonów średnio 16% dla strączkowych i około 10% dla pozostałych.

Powyższe metody stymulacji są interesujące, ponieważ materiałem stymulującym mogą być produkty uboczne pracy stosu atomowego.

Odmienną formą stymulacji jest traktowanie gleby pierwiastkami radioaktywnymi w postaci mikroelementów.

Jak wynika z prac Drobkova, Gellerna, Stoklasa i innych podobne traktowanie gleby małymi stężeniami (10^{-12} — 10^{-9} c/l lub c/kg gleby) radioaktywnych pierwiastków radu, uranu i toru dają pozytywne wyniki w zwiększeniu plonów. Wyniki te nie są jednak zgodne z danymi opubli-

kowanymi przez Komisję Energii Atomowej USA, gdzie stwierdza się, że stosowanie uranu, radu i aktynu w preparatach nawozowych nie daje ani pozytywnych ani też negatywnych wyników.

W serii 8-letnich doświadczeń w ZSRR z hodowlą szeregu roślin otrzymano wyniki zestawione w tabeli 14.

Tabela 14

Rok	Roślina	Zbiór w %% w stosunku do kontroli	
		rad. $1 \cdot 10^{-9}$ C/kg	uran $1 \cdot 10^{-4}$ C/kg
1947	ziemniaki (kłąby)	124,2	137,3
1948	kapusta (handlowa)	113,3	138,8
1949	owies (ziarno)	133,9	123,6
1950	tymotka + koniczyna (siano)	110,9	118,1
1950	„ „ „ II pokos	112,7	168,9
1951	pszenica jara (ziarno)	133,8	135,5
1952	buraki czerwone pastewne (korzen.)	110,0	129,6
1953	słonecznik (kiszonka)	111,3	122,8
1954	ziemniaki (kłąby)	132,1	121,9

W tych doświadczeniach stwierdzono także wpływ pierwiastków radioaktywnych na wzrost ilości brodawek korzeniowych u roślin motylkowych.

A. M. Kuzin stwierdza jednak, że dopóki nie zostanie wyjaśniony dokładnie wpływ działania pierwiastków promieniotwórczych na organizm ludzki i zwierzęcy, dopóty nie można będzie stosować tego rodzaju stymulacji na szerszą skalę.

Inną z kolei metodą stymulacji jest ciągłe oddziaływanie (1—3 miesięcy) promieni γ z Co^{60} na rosnące kultury rolne. W ten sposób zdołano podwyższyć zawartość sacharozy w buraku cukrowym o 0,3 — 1,2% przy 19,4% sacharozy w kontroli.

Wyniki uzyskane przez badaczy radzieckich powtórzył Grankhall z współpracownikami. Wielu jednak badaczom nie udało się powtórzyć tych prac.

Autor niniejszej pracy A. M. Kuzin usiłując interpretować rozbieżności w wynikach badań nad tymi zagadnieniami stwierdza, że: „duże rozbieżności w wynikach są dowodem, że doświadczenia te były prowadzone na różnych glebach, w różnych warunkach klimatycznych, że nie ma pełnego rozpracowania teorii stymulacji i że zagadnienie to może być rozwiązane tylko wtedy, gdy zespoli się w tym kierunku wysiłki badaczy wszystkich krajów“.

Jak wynika z referowanych wyżej prac sprawa wpływu nieorganicznych bodźców chemicznych na wzrost i rozwój roślin nie jest w literaturze naukowej dostatecznie opracowana. Uzyskane przez różnych badaczy wyniki są często sprzeczne ze sobą. Nie pozostało to z pewnością bez wpływu na fakt, że problem ten nie wzbudził dotychczas należytego zainteresowania wśród biochemików, biofizyków i fizjologów roślin. Wydaje nam się, że zagadnienie to jest ważne i interesujące zarówno teoretycznie jak i z punktu widzenia praktyki rolniczej.

Głębsze i pełniejsze wyjaśnienie, na czym polega istota działania nieorganicznych bodźców chemicznych na organizm roślinny, może nas zbliżyć do głębszego zrozumienia szeregu podstawowych problemów fizjologicznych, że wymienimy przykładowo: skład i struktura plazmy, istota wrażliwości — istota reakcji komórek i tkanek roślinnych na bodźce zewnętrzne, fizjologiczne podstawy procesu biologicznej adaptacji, funkcja fizjologiczna poszczególnych składników mineralnych. Z drugiej zaś strony stymulacja przy pomocy nieorganicznych bodźców chemicznych — stosowana oczywiście w sposób rozsądny, w oparciu o znajomość procesów zachodzących pod jej wpływem w roślinie — wydaje nam się jednym z obiecujących sposobów wywoływania kierunkowych zmian u roślin i wzrostu produktywności w rolnictwie.

Wydaje nam się, że przy obecnym stanie wiedzy w tej dziedzinie badania należałoby koncentrować głównie wokół następujących zagadnień: możliwie pełne i wszechstronne poznanie zmian zachodzących w organizmie roślinnym pod wpływem określonych bodźców, mechanizm działania bodźca, wrażliwość rośliny i podatność jej na działanie bodźca w różnych fazach jej indywidualnego rozwoju, przekazywanie nowonabytych cech potomstwu itd.

LITERATURA

1. Bredemann G.: Weitere Versuche über Saatgutstimulierung. Landw. Jahrbücher, Bd. 63, 1926.
2. Brilliant W. A.: Zawisimost' fotosinteza ot niekotorych solewych wozdieistw. Sowietskaja Botanika, t. XV, nr 2, 1947.
3. Finikow N. A.: Wlijanije priedwaritielnowo namacziwanija siemian w raztworach chimiczeskich reaktiwow na razwitiie i rost rastienij. Trudy Leningradskowo Obszczestwa Jestiestwoispytatielej, tom LIV, wyp. 3, 1924.
4. Gassner G.: Der Gegenwärtige Stand der Stimulationsfrage. Berichte d. Deutsch. Bot. Ges. Bd. XLIC.H.6.1926.
5. Genkel P. A.: Ustojcziwost rastienij k zasuchie i puti jejo powyszenija. Wyd. 1946 r.
6. Genkel P. A., Margolina K. P.: O nasliedowanij priobrietionnych swoistw u podsołniecznika. Fizjołogija Rastienij, 1, 1954.
7. Heuser O.: Zellstimulationsversuche. Deutsche Landw. Presse, 1924.
8. Iljew P.: Uczenie Akadematika Metodija Popowa ob obszczekletocznoj stimulacij i primienienije mietoda stimulirowanija w Bołgarii dla powyszenija urożajnosti sielskochozajstwiennych kultur. Referat wygłoszony przez J. Iljewa na Międzynarodowym Zjeździe Studentów-Rolników w 1954 r. w Sofii.
9. Kern A.: Zellstimulation. Biolog. Zentralblatt, Bd. 45, H. 2. 1925.
10. Kiczigin A. A.: K woprosu o wozmożnych prijomach powyszenija ustojcziwosti wschodow jarowych, ziernowych kultur protiv wiesiennich zamorozkow. D. A.N.t. 88, nr 1, 1953.
11. Komissarow D. A.: Wlijanije kationow i anionow mineralnych solej na fotosintez u wyższych rastienij. Trudy Inst. Fizjoł. Rastienij, t. 1. Wyp. II. 1937.
12. Loew O.: Biologische Möglichkeiten zur Hebung des Ernteertrages. Biolog. Zentralblatt, 1924.
13. Loew O.: Biologische Möglichkeiten zur Hebung des Ernteertrages. Biolog. Zentralblatt, 1925.

14. Pirson A.: Über die Wirkung von Alkaliionen auf Wachstum und Stoffwechsel von Chlorella. *Planta*, vol. 29, 1939.
15. Popoff M.: Über die Stimulierung der Zellfunktionen. *Biolog. Zentralblatt*, Bd. 42, 1922.
16. Popoff M.: Biologische Möglichkeiten zur Hebung des Ernteertrages. *Biolog. Zentralblatt*, Bd. 43, 1923.
17. Popoff M.: Zells- und Saatgutstimulation und die Reiz- und Düngungsverfahren. *Biol. Zentralblatt*, Bd. 44, 1924.
18. Popow M.: Uwieliczenie urozajności sielskochoziajstwiennych rastienij stimurowaniem siemian. *Izwiestija na Biologiczeskaja Institut*, t. III, 1953.
19. Raulin: Etudes chimiques sur la végétation. *Annales d. Sc. Nat.* XI. 1869.
20. Schulte E.: Modellversuche über die Einwirkung von NPK auf Entwicklung und Assimilation von Chlorella. *Bodenkunde und Pflanzenernährung*, Bd. 26(71), 1942.
21. Szkolnik M. J., Makarowa N. A., Płanikiewicz J. E.: O przedposiewnom zakaliwanij rastienij k zasuchie w roztworie bornoj kisloty. *D. A. N. t. 84*, nr 4, 1952.
22. Turkowa N. S.: *Woprosy Agrotiechniki*, 1940.
23. Wietuchowa A. A.: Fizjologiczeskije przyczyny ustoicziwosti rastienij protiv moroza i opyt powyszenija jejo chemiczeskim wozdiejstwijem na siemiena. *Dokłady Wsiesojuznowo Sowieszczanija po Fizjologii Rastienij*, wyp. 1, 1946.
24. Wigorow L. I.: Pogłoszczenie i raspriedielenije mikroelementow u ziernowok pszenicy. *D. A. N. t. 94*, nr 1, 1954.
25. Żegałow S. I.: Stimulowanie siemian po mietodu prof. M. Popowa. *Nauczno-Agronomiczeskij Żurnał*, nr 2, 1927.
26. Kuzin A. M.: The Utilisation of Ionizing Radiation in Agriculture. *Materiały z Międzynarodowej Konferencji Pokojowego Wykorzystania Energii Atomowej w Genewie w 1955 r.*

U w a g a: Pozycje 3, 11, 12, 19 cytowane za S. I. Żegałowem (25).