Utlenione związki próchniczne jako stymulatory kiełkowania nasion

*Combinaisons humiques oxydées comme stimulateurs de la germination
des graines*

Z. GUMIŃSKA

Wpływ substancji próchnicznych, rozpuszczalnych w wodzie (a w szczególności humianu sodowego), na organizm rośliny badany był przez wielu autorów. W pracy ogłoszonej wraz z S. Gumińskim w Acta Soc. Bot. Pol. (1953) wyraziliśmy pogląd, iż fizjologiczne działanie próchnicy polega na oksydoredukcyjnym działaniu układu rdzenia chinonowego humianu i że układ ten funkcjonuje jako akceptor wodoru w procesie oddychania korzeni, przy niedostatku tlenu w podłożu rośliny. Dalsze badania Gumińskiego i współpracowników (1955) wykonane nad przemianą gazową korzeni oraz nad wegetacją siewek zbożowych w kulturach wodnych i piaskowych (1957) potwierdziły ten pogląd.

W 1953 r. Christiewa opublikowała pracę, w której badała również wpływ humianu na rośliny. Autorka oznaczała przemianę gazową nasion w aparacie Warburga i doszła do konkluzji, że humian wzmacnia intensywność ich oddychania, przy czym wzrasta ilość pobranego tlenu.

Jentys w swej pracy pt. „O alkalicznych wydzielinach nasion (1921) wyraża pogląd, że wyodrębnione z nasion garbniki wywierają fizjologiczny wpływ na kiełkowanie.

Zważywszy na podobieństwo fizjologicznego działania garbników i humianu, znane mi z dawniej przeprowadzonych doświadczeń (1953), wszystkie wyżej opisane wyniki skłoniły mnie do postawienia hipotezy roboczej, że próchnica, działając utleniająco, wywierać może wpływ na kiełkowanie nasion, a w szczególności, że dobrze utleniony humian sodowy może stymulować kiełkowanie przy niedostatku tlenu.

Jako konkretne zadanie postawiłam sobie zbadanie wpływu humianu sodowego oraz substancji naturalnych i syntetycznych, chemicznie zbliżonych na kiełkowanie nasion w zależności od warunków tlenowych śro-

dowiska oraz zbadanie wpływu humianu na przemianę gazową nasion również w zależności od tychże warunków.

CZĘŚĆ I

WPLYW PRÓCHNICY NA ZDOLNOŚĆ KIEŁKOWANIA NASION

Metoda ogólna doświadczeń

Doświadczenia przeprowadzano porównawczo stosując różnicowanie warunków tlenowych. Na tle różnych warunków tlenowych porównywano działanie związków próchnicznych i innych, chemicznie zbliżonych, na kiełkowanie nasion.

Do doświadczeń użyto następujących substancji: 1. humianu sodowego naturalnego, 2. „humianu sodowego sztucznego“ sporządzonego z p-chinonu, 3. wodnego wyciągu z liści bukowych, 4. wyciągu wodnego z liści herbaty, 5. kompostu ogrodniczego.

Humian sodowy naturalny otrzymano stereotypową metodą z kompostu ściółkowego. (Usunięcie kationów metalicznych 1% kwasem solnym, prze-mywanie wodą destylowaną, ekstrakcja 2% NaOH, koagulacja HCl, płukanie wodą destylowaną, ponowna solwatacja wodą lekko zalkalizowaną NaOH). Humian o pH około 7 poddano ogrzewaniu w autoklawie przez godzinę w temperaturze 120°C celem wzmożenia jego aktywności fizjologicznej (Gumiński i Gumińska 1953).

„Humian sztuczny“ sporządzano w następujący sposób: 1 g p-chinonu rozpuszczano w 1 litrze wody destylowanej, następnie zalkalizowano kilkoma kroplami rozcieńczonego NaOH, po czym roztwór wstrząsano celem utlenienia tlenem powietrza. Ciemnobrunatny koloid skoagulowano następnie kwasem solnym, odsączono, osad prze-myto wodą destylowaną i solwatowano w bardzo rozcieńczonym NaOH. Otrzymany roztwór koloidowy o pH około 7 ogrzewano w autoklawie, podobnie jak humian naturalny.

Wyciąg z liści przygotowano przez ekstrakcję 100 g świeżych liści bukowych w 200 ml wody wodociągowej w temp. około 70°C w ciągu godziny; pH wyciągu około = 7.

Wyciąg liści herbaty sporządzono przez podgrzewanie 5 g liści suchszych w 200 ml wody w ciągu godziny przy temp. około 70°C; pH wyciągu około 7.

Kompost używany do doświadczeń sporządzony był z liści różnych gatunków roślin. Okres fermentacji trwał 1 rok; pH kompostu około 6.

Celem zorientowania się w reagowaniu kiełkujących nasion na warunki tlenowe, przeprowadzono doświadczenia wstępne. Kiełkowano nasiona pszenicy w piasku (w wazonach) stosując różne jego nawilgocenie. Prze-

konano się, że różnice w wilgotności piasku odpowiadające rozpiętości pomiędzy 65% i 100% jego nasiąkliwości * nie wywoływały wyraźnych zmian w kiełkowaniu nasion. Stałe nawilgocenie piasku do 120% jego nasiąkliwości hamowało całkowicie kiełkowanie. Natomiast przy wilgotności piasku, odpowiadającej 65% jego nasiąkliwości, nasiona kiełkowały optymalnie. Przyjmując zatem jako graniczne punkty ekstremalne z jednej strony stałą wilgotność równą 120% nasiąkliwości piasku i z drugiej strony stałą wilgotność równą 65% nasiąkliwości, przeprowadzono próby porównawcze w zmiennych warunkach wilgotności. Rozpoczynano doświadczenie przy wilgotności, odpowiadającej 120% nasiąkliwości piasku, a następnie dopuszczano do stopniowego podsychania aż do wilgotności, odpowiadającej 100% nasiąkliwości piasku. Celem niedopuszczenia do obniżenia wilgotności poniżej 100% nasiąkliwości ważono codziennie wazoniki i dolewano wody. W tych warunkach otrzymano częściowe zmniejszenie zdolności kiełkowania nasion. Obliczeń kiełków dokonywano codziennie aż do całkowitego wykiełkowania nasion. Do doświadczeń użyto wody wodociągowej.

Po przeprowadzeniu tych doświadczeń orientacyjnych przystąpiono do wykonania właściwych badań. Przeprowadzono je, stosując kilka różnych metod, które opisane będą w ciągu dalszego tekstu. Doświadczenia przeprowadzano w temp. około 20°C.

Metoda I

Nasiona szeregu gatunków roślin (według tabel 1, 2, 3, 4, 5, 6) wysiewano do doniczek z piaskiem (doniczki zawierały po 1 kg piasku). Wszystkie doniczki stały na talerzykach z wodą. W jednej połowie obiektów doświadczalnych utrzymywano stałą wilgotność piasku, odpowiadającą 65% jego nasiąkliwości, w drugiej połowie zaś zalewano piasek wodą w ilości odpowiadającej 120% jego nasiąkliwości, po czym dopuszczano do podsychania do 100% nasiąkliwości. Do każdej doniczki wysiewano 10 nasion suchych (w doświadczeniu z ogórkami — tabela 5 — nasion 12) o uprzednio sprawdzonej sile kiełkowania około 100%. Nasiona wysiewano wg przyjętych przepisów ogrodniczych przykrywając je warstwą piasku kilkumilimetrowej grubości — zależnie od wielkości nasienia. W poszczególnych doświadczeniach używano następujących substancji: 1. humianu naturalnego w ilości 0,01 g do 0,5 g na 1 kg piasku (humian dawano w roztworze); 2. kompost w ilości 5 g powietrznie suchego kompostu na 1 kg piasku; 3. wyciąg z liści bukowych 10 ml na 1 kg piasku. Każda kombinacja była przeprowadzona w 5 powtórzeniach.

* Pojemność wodna używanego piasku wynosiła 7,2%.

Tabela 2

Triticum vulgare

 Ilość wykiełkowanych nasion. Średnie z 5 powtórzeń (po 10 nasion)
 Quantité des graines germinées. Moyennes de 5 répétitions (à 10 graines)

Wysiano 23.IX. Semé 23.IX.	Wilgotność stała = 65% nasiąkliwości L'humidité constante = 65% de l'imbibition			Wilgotność zmienna: do 5 dni = 120% nasiąkliwości, po 5 dniach = 100% nasiąkliwości L'humidité variable: jusqu'à 5 jours = 120% de l'imbibition, après 5 jours = 100% de l'imbibition		
	Kontrola Contrôle	Humian so- du 100 mg L'humate de soude	Kompost 5 g Com- poste	Kontrola Contrôle	Humian so- du 100 mg L'humate de soude	Kompost 5 g Com- poste
Po 5 dniach Après 5 jours	7,6	9,0	9,1	0	0	0
Przedział ufności Intervalle de con- fiance	2,7					
Po 12 dniach Après 12 jours	10	10	10	0,8	4,4	4,8
Przedział ufności Intervalle de con- fiance	3,4					

o wilgotności odpowiadającej 120% jego nasiąkliwości dopuszczając stopniowo do podsychania aż do wilgotności odpowiadającej 100% nasiąkliwości. Do doświadczeń użyto wody wodociągowej. Stymulujące działanie humianu sporządzonego z chinonu wystąpiło wyraźnie na życie i pszenicy. Załączona tabela 7 ilustruje wyniki tych doświadczeń.

Metoda III

W zlewkach objętości 200 ml umieszczałam po 50 nasion i zalewałam 5 cm wysokości warstwą wody wodociągowej, względnie roztworu humianu. Nasiona pozostawały w stworzonych w ten sposób złych warunkach tlenowych przez 5 dni. Następnie wykładałam je na talerzyki z wilgotną bibułą, a po 24 godzinach od chwili wyłożenia liczyłam ilość nasion wykiełkowanych. Tą metodą uzyskałam największe różnice w kiełkowaniu

Tabela 5

Cucumis sativus

Ilość wykiełkowanych nasion. Średnie z 5 powtórzeń (po 12 nasion)
 Quantité des graines germinés. Moyennes de 5 répétitions (à 12 graines)

Wysiano 12 sztuk Semé 12 pièces	Wilgotność stała = 65% nasiakliwości L'humidité constante = 65% de l'imbibition			Wilgotność zmienna: do 5 dni = 120% nasiakliwości, po 5 dniach = 100% nasiakliwości L'humidité variable: jusqu'à 5 jours = 120% de l'imbibition, après 5 jours = 100% de l'imbibition		
	Kontrola Contrôle	Humian so- du 100 mg L'humate de soude	Kompost 5 g Com- poste	Kontrola Contrôle	Humian so- du 100 mg L'humate de soude	Kompost 5 g Com- poste
Po 6 dniach Après 6 jours	11,8	11,4	12	0,2	6,0	2,4
Przedział ufności Intervalle de con- fiance	1,11			0,87		
Po 9 dniach Après 9 jours	12	12	12	3,4	8,8	6,0
Przedział ufności Intervalle de con- fiance				4,2		

nasion pszenicy, następnie sałaty, żyta, potem jęczmienia i ogórków. Różnice uzyskane na owsie nie wykraczały poza przedział ufności. Tabele 8, 9 i 10 ilustrują te wyniki.

Kiełkowanie nasion odrzuconych przez Stację Oceny Nasion

Z kolei przeprowadziłam badania nad nasionami, które Stacja Oceny Nasion we Wrocławiu odrzucała jako takie, które straciły siłę kiełkowania. Chcąc się przekonać, czy próchnica może wpłynąć na wzmoczenie ich siły kiełkowania zastosowałam dwie metody: pierwsza była podobna do II metody opisanej powyżej, tzn. nasiona moczyłam przez 24 godziny w różnych roztworach próchnicy, następnie kiełkowałam je w wilgotności i temperaturze analogicznej, jaką dla tych gatunków stosowała Stacja Oceny Nasion. Inna metoda dotychczas w pracy nie stosowana (w tabelach nazwana IV) polegała na tym, że przez cały okres kiełkowania podsiąkała próchn-

Tabela 6

Brassica napus.

Ilość wykiełkowanych nasion. Średnia z 5 powtórzeń (po 10 nasion)
 Quantité des graines germinées. Moyenne de 5 répétitions (à 10 graines)

Wysiano 12 sztuk Semé 12 pièces	Wilgotność stała = 65% nasiąkliwości L'humidité constante = 65% l'imbibition					Wilgotność zmienna: do 5 dni = 120% nasiąkliwości po 5 dniach = 100% nasiąkliwości L'humidité variable: jusqu'à 5 jours = 120% de l'imbibition, après 5 jours = 100% de l'imbibition					
	Kontrola Contrôle	Humian scdu	Humian sodu	Humian scdu	Humian syntet. z chinonu	Kontrola Contrôle	Humian sodu	Humian sodu	Humian scdu	Humian syntet. z chinonu	
		L'humate de soude 0,5%o	L'humate de soude 0,1%o	L'humate de soude 0,01%o	L'humate de soude 0,01%o		L'humate de soude 0,5%o	L'humate de soude 0,1%o	L'humate de soude 0,01%o	L'humate de quinson synthet.	
Po 8 dniach Après 8 jours	7,8	8,6	9,3	7,6	8,6	9,4	0,6	0,8	0,4	0,6	0,4
Przedział ufności Intervalle de confiance		0,7						1,0			
Po 15 dniach Après 15 jours	10	10	10	10	10	10	5,6	8,8	8,2	8,9	8,5
Przedział ufności Intervalle de confiance								1,9			

Tabela 7

Ilość wykiełkowanych nasion. Średnie z 5 powtórzeń (po 10 nasion)
 Quantité des graines germinées. Moyennes de 5 répétitions (à 10 graines)

	Kontrola Contrôle	Humian sodu L'humate de soude 0,5%	Humian sodu L'humate de soude 0,1%	Humian sodu L'humate de soude 2,2	Humian syntet. z chironu L'humate synthet. de quinson		Wyciąg liści buka Extrait de feuilles de hêtre 10 ml
					0,1 ⁰ / ₁₀₀	1/0,01 ⁰ / ₁₀₀	
<i>Secale cereale</i>							
Po 11 dniach Après 11 jours	0,6	2,4	3,2	2,2	5,0	2,4	
Przedział ufności Intervalle de confiance		2,5					
<i>Hordeum vulgare</i>							
Po 10 dniach Après 10 jours	1,6	3,0	2,8	1,2	2,0	4,0	
Przedział ufności Intervalle de confiance		2,7					
<i>Triticum vulgare</i>							
Po 6 dniach Après 6 jours	2,6	1,6	3,6	2,2	7,6	7,0	4,0
Przedział ufności Intervalle de confiance		2,2					

Tabela 8

Liczba wykiełkowanych nasion. Średnie z 5 powtórzeń (50 sztuk)
 Quantité des graines germinées. Moyennes de 5 répétitions (50 pièces)

	Kontrola Contrôle	Humian sodu L'humate de soude 1‰	Humian sodu L'humate de soude 1/10‰	Humian syntet. z chinonu L'humate synthet. de quinson 1/10‰	Humian syntet. z chinonu L'humate synthet. de quinson 1/100‰
<i>Triticum vulgare</i> Przedział ufności Intervalle de confiance	19,4	38,0	29,8	45,8	34,6
		7,5			
<i>Lactuca sativa</i> Przedział ufności Intervalle de confiance	25,2	32,2	43,2	38,2	38,0
		8,6			
<i>Secale cereale</i> Przedział ufności Intervalle de confiance	5,8	19,4	15,0	22,2	16,6
		9,8			

Tabela 9

Ilość wykiełkowanych nasion. Średnie z 5 powtórzeń
 Quantité des graines germinées. Moyennes de 5 répétitions

Wysiano 50 sztuk Semé 50 pièces	Kontrola Contrôle	Humian sodu L'humate de soude 1 ‰	Humian sodu L'humate de soude 1/10 ‰	Humian chinonu L'humate de quinson 1/10 ‰	Humian syntetyczny z chinonu L'humate synthet. de quinson 1/100 ‰
<i>Cucumis sativus</i> Przedział ufności Intervalle de confiance	6,8	6,6	9,2	15,2	12,4
		6,6			
<i>Hordeum vulgare</i> Przedział ufności Intervalle de confiance	0,8	1,4	1,4	4,8	1,2
		2,2			
<i>Avena sativa</i> Przedział ufności Intervalle de confiance	3,4	3,6	3,6	4,2	4,6
		2,2			

Tabela 10

Ilość wykiełkowanych nasion. Średnie z 5 powtórzeń
 Quantité des graines germinés. Moyennes de 5 répétitions

Wysiano 50 sztuk Semé 50 pièces	Kontrola Contrôle	Wyciąg z liści herbaty Extrait de feuilles du thé (5 g sur 200 ml.)	10-krotnie rozcieńcz. 10-fois dilué
<i>Triticum vulgare</i>	11	15,8	40,4
Przedział ufności Intervalle de confiance		8,4	

nica o danym stężeniu, natomiast przedtem nasiona nie były moczone. Na talerzyk wylewałam roztwór próchnicy, na tym talerzyku stawiałam szalkę Petriego wyścieloną bibułą, na której kiełkowały nasiona (50 sztuk). Bibuła tak była założona, że roztwór próchnicy stale podsiąkał przez bibułę z talerzyka na szalkę Petriego, Tabela 11 przedstawia ciekawsze wyniki (wykonałam dużo prób obu metodami) w odniesieniu do szeregu gatunków nasion.

Doświadczenia obu metodami były prowadzone równocześnie. Kontrolę dla obu metod stanowiły nasiona kiełkowane na bibule przepojonej wodą wodociągową.

Kiełki liczone były codziennie.

U gatunku *Viola* jedynie przy zastosowaniu IV metody i tylko przy najsilniejszym stężeniu uwidacznia się stymulacja.

Poniżej umieszczone tabele przedstawiają reakcje nasion cebuli: trzech próbek odmiany „Wolskiej” i jednej próbki odmiany „Żytawskiej”. W dwu przypadkach przy użyciu II metody nie widać działania próchnicy wykraczającego poza przedział ufności, w dwu pozostałych jest widoczne działanie próchnicy o największym stężeniu. Przy użyciu IV metody w dwu badanych partiach nasion cebuli widać działanie wszystkich stężeń próchnicy.

Przy badaniu nasion marchwi tylko moczenie metodą II w najbardziej stężonym roztworze humianu sodowego dało wyniki wykraczające poza przedział ufności.

Co do nasion *Aquilegia* sp., to różne stężenia humianu sodowego zastosowane obu metodami dały rezultaty pozytywne.

Podobne zjawisko, jakie zauważyłam u cebuli, wystąpiło u rośliny lekarskiej *Hyoscyamus niger* (lulka czarnego) w doświadczeniach mgr Ireny Adamczyk. Kiełkowanie nasion lulka jest zwykle bardzo nierównomierne. Ocena kiełkowania metodami laboratoryjnymi nastrocza duże trudności, gdyż te same nasiona, które

Tabela 11

Ilość wykielkowanych nasion. Średnie z 5 powtórzeń (po 50 nasion)
 Quantité des graines germées. Moyennes de 5 répétitions (à 50 graines)

Nasiona odrzucone przez Stację Oceny Nasion Les graines rejetées par la Station d'éva- luation des graines	Kontrola Contrôle	Métoda II — Méthode II				Métoda IV — Méthode IV			
		Humian sodu L'humate de soude 1 %	Humian sodu L'humate de soude 1/10 %	Humian sodu L'humate de soude 1/100 %	Humian sodu L'humate de soude 1 %	Humian sodu L'humate de soude 1/10 %	Humian sodu L'humate de soude 1/100 %	Humian sodu L'humate de soude 1/100 %	Humian sodu L'humate de soude 1/100 %
<i>Viola tricolor</i>	5,0	6,3	7,3	7,0	12,0	6,0	2,0		
Przedział ufności Intervalle de confiance		2,5							
<i>Allium cepa</i> var. „Żytawska”	1,3	1,7	2,3	2,7	4,0	10,0	11,0		
Przedział ufności Intervalle de confiance		2,3							
<i>Allium cepa</i> var. „Wolska” a)	31,0	43,7	33,7	35,7	34,0	37,0	42,0		
Przedział ufności Intervalle de confiance		3,1							
<i>Allium cepa</i> var. „Wolska” b)	40,0	48,0	38,0	38,0	46,0	38,0	39,0		
Przedział ufności Intervalle de confiance		6,8							
<i>Allium cepa</i> var. „Wolska” c)	0,3	0,0	0,3	0,0	42,0	39,0	23,0		
Przedział ufności Intervalle de confiance		1,5							
<i>Daucus carota</i>	1,3	4,3	0,3	2,3	2,0	2,0	1,0		
Przedział ufności Intervalle de confiance		1,8							
<i>Aquilegia</i> sp.	1,0	4,0	4,7	4,7	0,0	6,0	8,9		
Przedział ufności Intervalle de confiance		3,0							

wykazują w laboratorium niską siłę kiełkowania, w gruncie kiełkują dobrze. Mgr Irena Adamczyk, pracując w Poznaniu w Instytucie Roślin Lekarskich, opracowywała różne metody kiełkowania tych nasion w laboratorium. Na podstawie poprzednich naszych prac na temat stymulującego działania humianu sodowego i sztucznych próchnic, syntetyzowanych z wielofenoli (1953), zastosowała moczenie w roztworach humianu sodowego i pirokatechiny. Moczenie od 6 do 24 godzin w 10% roztworze próchnicy lub 2% roztworze pirokatechiny dało dodatnie wyniki, umożliwiające laboratoryjnie ocenić siłę kiełkowania nasion lulka. Praca ta nie została opublikowana, więc materiału cyfrowego nie przytaczam*.

Z Zakładu Ogrodnictwa WSR we Wrocławiu otrzymałem od prof. Litniewskiego nasiona pietruszki odmiany „Berlińskiej“, szpinaku odmiany „Uniwersal“, marchwi odmiany „Londyńskiej“, cebuli odmiany „Wolskiej“ przechowywane przez trzy lata w różnych opakowaniach: 1) skrzynia drewniana, 2) karton, 3) puszka metalowa niehermetyczna, 4) szkło hermetycznie zamknięte, 5) szkło otwarte, 6) torba papierowa, 7) torba papierowa podklejona, 8) tkanina papierowa, 9) tkanina papierowa podklejona, 10) juta, 11) juta podklejona, 12) tkanina lniana, 12) tkanina lniana podklejona, 14) bez opakowania — pryzma. Wszystkie te nasiona przebadalam kiełkując je według metody IV opisanej wyżej (przy podsiąkaniu humianu sodowego o różnym stężeniu, a w kontroli przy podsiąkaniu wody). Próby kiełkowania bez próchnicy wykazały, że pietruszka, cebula i szpinak przechowywane w szkłe hermetycznie zamkniętym w znacznym stopniu straciły siłę kiełkowania.

Nasiona cebuli „Wolskiej“ utraciły częściowo siłę kiełkowania i to nie tylko te, które były przechowywane w hermetycznie zamkniętym naczyniu szklanym, lecz także i te, które przechowywano w puszcze metalowej (nie hermetycznej) oraz w kartonie.

Na kiełkowanie pietruszki próchnica nie wywarła żadnego wpływu, natomiast na cebuli i szpinaku widzimy duży wpływ stymulujący kiełkowanie, wykraczający poza przedział ufności. Zwłaszcza szpinak, który przy kiełkowaniu w wodzie wykazał siłę kiełkowania 1%, pod wpływem próchnicy o stężeniu 0,1% wykiełkował w 43,7% (tabela 12 podaje niektóre ważniejsze wyniki).

CZĘŚĆ II

POMIARY PRZEMIANY GAZOWEJ KIEŁKUJĄCYCH NASION

Wyniki uzyskane w doświadczeniach z kiełkowaniem nasion tłumaczyć można było w ten sposób, że humian sodowy wpływał na ich oddychanie. Należało więc wykonać oznaczenia oddychania kiełkujących nasion, by

* Informacja prywatna.

Tabela 12

Nasiona przechowywane przez 3 lata w różnych opakowaniach badane metodą IV

Ilość wykiełkowanych nasion. Średnie z 5 powtórzeń (po 100 nasion)

Graines conservés pendant 3 ans dans des divers emballages, examinés par méthode IV

Quantité des graines germées. Moyennes de 5 répétitions (100 graines)

	Kontrola Contrôle	1% Humian sodu L'humate de soude	1/10% Humian sodu L'humate de soude	1/100% Humian sodu L'humate de soude
<i>Allium cepa</i> var. „Wolska“ przechowywana w szkle hermetycznym conservés dans le verre hermétiquement fermé	3,0	3,3	6,3	8,7
Przedział ufności Intervalle de confiance	3,3			
<i>Allium cepa</i> var. „Wolska“ przechowywana w kartonie conservés dans le carton	39,7	50,3	46,3	47,3
Przedział ufności Intervalle de confiance	5,9			
<i>Spinacia oleracea</i> var. „Uniwersal“ przechowywana w szkle hermetycznie zamkniętym conservés dans le verre hermétiquement fermé	1,0	5,7	43,7	0,0
Przedział ufności Intervalle de confiance	3,8			

przekonać się, czy tłumaczenie to jest słuszne. Ponieważ humian sodowy wpływał stymulująco na kiełkujące nasiona w warunkach niedostatku tlenu, należało wykonać pomiary pobieranego tlenu i wydzielanego dwutlenku węgla w warunkach dostępu tlenu jak również i przy niedostatku tlenu, bez działania humianu sodowego i z jego działaniem.

Metoda I

Na podstawie schematu aparatu do badania oddychania, przedstawionego w podręczniku fizjologii roślin F. A. Rubina, zmontowałam ten aparat i zrobiłam pomiary ilości pobranego tlenu.

W eksykatorze (1) umieszczałam na szalkach Petriego nasiona pszenicy, uprzednio moczone przez dwa dni w wodzie lub w roztworze humianu sodowego (100 mg na 1 litr). Na miejsce pobranego przez nasiona tlenu, napływał tlen względnie azot, umieszczony w cylindrze (5), a woda z butli (7) przedostawała się rurką (6) do cylindra zajmując wolną przestrzeń po tlenie lub azocie. W lejku (2) umieszczałam 10 ml 2-normalnego NaOH, który pochłaniał wydzielany przez nasiona dwutlenek węgla. Nasiona umieszczone były w części (1) aparatu na szalkach Petriego, wyścielonych bibułą zmoczoną wodą wodociągową, względnie 0,001% roztworem humianu sodowego. Nasiona te uprzednio moczone były przez 48 godzin odpowiednio w wodzie wodociągowej lub w 0,001% roztworze humianu.

Ryc. 1. Schemat aparatu do badania oddychania wg F. A. Rubina

Ze względu na to, że humian sodowy, którym przepojona była bibuła, pochłaniał niewymierną ilość dwutlenku węgla, zdołano w tych doświadczeniach oznaczyć jedynie ilość pobieranego przy oddychaniu tlenu.

Doświadczenia przeprowadzano w termostacie, przy stałej temperaturze 27°C.

Gdy pobierany przez roślin tlen uzupełniany był z zapasu tego gazu, mieszczącego się w cylindrze, wówczas przy dodatku humianu sodowego ilość pobranego tlenu zwiększała się w stosunku do kontroli (tab. 13).

Tabela 13

Ilość pobranego tlenu w ml w ciągu 24 godzin
 Nasiona pszenicy przy dopływie tlenu (100 sztuk)
 Quantité d'oxygène consommé dans ml pendant 24 h.
 Graines de froment en présence d'oxygène (100 pièces)

Kontrola — Contrôle	129,7 ± 1,5
Humian sodowy (100 mg w 1 l)	
L'humate de soude (100 mg dans 1 l)	152,48 ± 8,0

Gdy natomiast na miejsce pobranego przez rośliny tlenu z cylindra napływał azot, wówczas przy dodatku humianu sodowego nasiona pobrały mniej tlenu niż w kontroli, czyli odwrotnie niż w doświadczeniu poprzednim (tabela 14).

Tabela 14

Ilość pobranego tlenu w ml w ciągu 24 godzin
 Nasiona pszenicy przy dopływie azotu (500 sztuk)
 Quantité d'oxygène consommé dans ml pendant 24 h.
 Graines de froment en arrivée d'azote (500 pièces)

Kontrola — Contrôle	284,8 ± 7,5
Humian sodowy (100 mg/l)	
L'humate de soude (100 mg dans 1 l)	232,0 ± 7,5

Zaznaczyć należy, że w doświadczeniu drugim warunki tlenowe oddychających nasion pogorszone zostały nie tylko w ten sposób, że na miejsce pobieranego tlenu napływał azot, ale także i przez to, że użyto umyślnie 5-krotnie większej ilości nasion. Jeśli porównać ilość pobranego tlenu w obu doświadczeniach, to stwierdzić można, że pojedyncze nasienie pobrało w drugim doświadczeniu w porównaniu do pierwszego około dwukrotnie mniej tlenu. Świadczy to o istotnie gorszych warunkach tlenowych przy oddychaniu nasion w drugim doświadczeniu.

Wynik wskazuje na to, iż w dobrych warunkach tlenowych humian stymuluje pobieranie tlenu; przy niedostatku tlenu natomiast hamuje proces pobierania tlenu.

Niestety nie można było oznaczyć równocześnie wydzielania dwutlenku węgla, nie uchwycono więc wpływu humianu na oddychanie beztlenowe nasion.

W tym celu przeprowadzono doświadczenia przy pomocy odmiennych metod.

Metoda II

Nasiona, jak uprzednio, moczyłam 2 dni w wodzie lub w roztworze humianu sodowego (100 mg na 1 litr). Następnie 50 nasion przymocowywałam w gazie opatrunkowej do korka „erlenmajerki“; kolbę Erlenmajera napelniałam wodą lub roztworem humianu sodowego. W korku tkwiły 2 rurki z gumkami i zaciskami. Pod ciśnieniem wprowadzałam azot i usuwałam wodę (bądź też roztwór humianu). Zamknięcia były zupełnie szczelne. Po 40 godzinach posługując się jedną z rurek wprowadzałam na dno „erlenmajerki“ 10 ml dwunormalnego NaOH. Po 48 godzinach od początku doświadczenia wyjmowałam korek z nasionami, a NaOH wraz z pochłoniętym CO₂, wydzielonym przez kiełkujące nasiona miareczkowałam dwunormalnym H₂SO₄*. Nasiona moczone w humianie sodowym znacznie liczniej kiełkowały i wydzielały znacznie więcej CO₂ (tabela 15).

Tabela 15

Kiełkowanie w atmosferze azotu. Średnie
z 6 powtórzeń (po 50 sztuk)

Germination dans l'atmosphère d'azote pure
Moyennes de 6 répétitions (à 50 pièces)

	Kontrola Contrôle	Humian sodo- wy L'humate de soude
Ilość wydzielonego CO ₂ w ml po 48 godz. Quantité du gaz carbonique degagé pendant 48 h.	16,1±1,0	38,6±4,7
Ilość wykiełkowanych na- sion (z 50 użytych do do- świadczenia) Quantité des graines germinés	7,4±2,4	28,4±6,1

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Metodyka stosowana w opisanych doświadczeniach części I pracy opiera się na praktyce ogrodniczej. Stosując ją rezygnowałam z precyzyjności oznaczania warunków tlenowych kiełkujących nasion. W zamian zaś

* Miareczkowano w obecności fenolftaleiny, a następnie oranżu metylowego. Ilość H₂SO₄ zużytego do miareczkowania w obecności oranżu metylowego mniej ilość H₂SO₄ zużytego do miareczkowania w obecności fenolftaleiny określa ilość wydzielonego CO₂, przy czym 1 ml w tej różnicy zużytego 2-normalnego H₂SO₄ odpowiada 88 mg lub 44,5 ml CO₂.

umożliwiłam łatwiejszą transpozycję uzyskanych wyników do praktyki ogrodniczej. Stosując różne nasycenie wodą używanego do doświadczeń piasku uzyskiwałam niewątpliwie zróżnicowanie warunków tlenowych podłoża kiełkujących nasion, co wystarczało mi do rozstrzygnięcia postawionego w pracy problemu — równocześnie zaś uzyskane wyniki dawały bezpośrednie wskazówki dla praktyki ogrodniczej. Pamiętać należy, że ogrodnik, a w znacznie większej jeszcze mierze rolnik, zdany jest na los przypadku przy wysiewie roślin. Złe warunki aeracyjne podłoża podczas kiełkowania nasion mogą znacznie obniżyć ich energię, a nawet i siłę kiełkowania. Na podstawie uzyskanych wyników mogę stwierdzić, że zastosowanie w takich warunkach odpowiednich preparatów humusowych bądź wyciągów liściowych, a nawet kompostu, w znacznej mierze zdoła sytuację poprawić.

Wyniki doświadczeń wykonanych w części I niniejszej pracy świadczą, że humian naturalny sporządzony z kompostu oraz „humian syntetyczny“ uzyskany przez utlenienie i polimeryzację chinonu, a także wodne wyciągi z liści zawierających wielofenole (garbniki) wykazują wybitne działanie stymulujące przy kiełkowaniu nasion. Działanie to jednak występuje wyraźnie jedynie wtedy, gdy normalny metabolizm uległ zakłóceniu i nasiona tracą częściowo siłę kiełkowania.

Z doświadczeń tych można wnosić, że chodzi tu nie tyle o adsorpcję bądź absorpcję szkodliwych produktów przemiany materii przez substancje próchniczne lub im podobne, lecz raczej o utleniające działanie badanych stymulatorów.

Doświadczenia te uprawniają do postawienia hipotezy, że badane substancje zastępują tlen atmosferyczny przy oddychaniu kiełkujących nasion, podobnie jak humian zastępuje tlen przy oddychaniu korzeni (Gumiński i współpracownicy 1955). Jest rzeczą interesującą, że dodatek kompostu do piasku, w którym kiełkują nasiona, powoduje podobny skutek jak dodanie roztworu humianu. Dowodzi to faktu, że czynna w kompoście fizjologicznie substancja dociera do nasion. Jest rzeczą oczywistą, że w przypadku stosowania kompostu trzeba go użyć znacznie więcej aniżeli przy stosowaniu humianu.

Szczegółowszego omówienia wymagają doświadczenia poświęcone wymianie gazowej kiełkujących nasion.

Przy obfitym dostępie tlenu stwierdzono wzrost pobierania tego gazu pod wpływem humianu. Wynik ten zgodny z doświadczeniami Christie'ego (1953) tłumaczyć należy odwracalną oksydoredukcją związków próchnicznych, usprawniającą oddychanie tlenowe. Pewne światło na to zagadnienie rzucają badania Flaig'a i Saalbach'a wykonywane równocześnie z moimi (1955 i 1956). Przeprowadzali oni doświadczenia bio-

chemiczne nad wpływem tymohydrochinonu (jako substancji modelowej, mogącej służyć do syntezy kwasów huminowych) na oddychanie kiełkujących nasion. Wyniki ich doświadczeń wskazują, że układ tymohydrochinon-tymochinon może służyć jako przenośnik wodoru w procesie biologicznego utleniania.

Odpowiednie teorie biochemicznych funkcji wielofenoli i chinonów znaleźć można w podręcznikach chemii fizjologicznej. Christiewa podaje w tym względzie oryginalną koncepcję biochemiczną (1953) opartą na teoriach Bacha i Pałładina. Bliżej wnikać w to zagadnienie na tym miejscu nie mogę, gdyż moje doświadczenia nie uprawniają mnie do tego.

Przy ograniczeniu stężenia tlenu (doświadczenie z dopływem azotu) humian nie stymulował pobierania tlenu — przeciwnie, w doświadczeniu tym pod wpływem humianu pobieranie tlenu zostało zredukowane w stosunku do kontroli. Wynik ten można by tłumaczyć dwojako: albo humian hamował intensywność oddychania, albo skierował metabolizm oddechowy na tory fermentacyjne.

Ze względu na niemożność prawidłowego oznaczania wydzielania CO_2 , doświadczenie to nie rozstrzyga tej alternatywy.

Odpowiedź przynosi doświadczenie następne, przeprowadzone w atmosferze azotu. W tych warunkach stwierdzono równocześnie stymulację wydzielania CO_2 i stymulację kiełkowania nasion pod wpływem humianu. Ten wynik przemawia za przyjęciem drugiej alternatywy w tłumaczeniu poprzedniego doświadczenia.

Wyniki wszystkich trzech doświadczeń, zmierzających do wykrycia wpływu humianu na oddychanie kiełkujących nasion, można zinterpretować razem następująco: w przypadku obfitego dostępu powietrza humian stymuluje (ułatwia) tlenowe oddychanie, natomiast przy braku względnie niedostatku tlenu stymuluje (ułatwia) jakąś fermentację.

Doświadczenie trzecie (w atmosferze azotu) zasługuje na specjalną uwagę. Wykazano w nim bowiem równocześnie stymulację kiełkowania i wydzielania CO_2 . Należy zatem rozważyć, w jakim stosunku przyczynowym zaobserwowane zjawiska do siebie pozostają. Nasuwają się tu trzy możliwości: 1) nie ma żadnej korelacji, gdyż wzmożone wydzielanie CO_2 może pochodzić z oddychania (fermentacji) rozwijających się na powierzchni mikroorganizmów; 2) wzmożone pod wpływem próchnicy kiełkowanie nasion powoduje produkcję CO_2 i 3) stymulacja beztlenowego oddychania nasion powoduje wzrost energii kiełkowania nasion.

Rozważmy te możliwości: gdybyśmy przypuścili, że wzmożenie produkcji CO_2 przypisać należy stymulacji metabolizmu bakterii, wówczas równoległa stymulacja kiełkowania nasion stałaby się zagadką. Jak bo-

wiem wytłumaczyć energiczniejsze kiełkowanie bez wzmożenia produkcji CO_2 przez same nasiona? Przyjęcie korelacji pomiędzy wzmożeniem produkcji CO_2 i stymulacją kiełkowania nasion jest logiczną koniecznością.

Możliwość druga — wzmożenie produkcji CO_2 jako następstwo stymulacji kiełkowania kryje w sobie postulat logiczny, że stymulacja ta nastąpiła na innej drodze, aniżeli metabolizm oddechowo-fermentacyjny. Ale czynnikiem ograniczającym energię kiełkowania nasion był brak tlenu. A zatem jak można przypuścić stymulujące działanie humianu na innej drodze, jak tylko przez kompensację tego hamującego czynnika?

Wydaje się, że z całą koniecznością należy przyjąć możliwość trzecią, tj. kompensację niedostatku względnie braku tlenu i ułatwienie procesu fermentacji nasion przez humian. Stymulację kiełkowania nasion tłumaczyć należy jako skutek wzmożonego oddychania beztlenowego, a nie jego przyczynę.

W świetle wyników niniejszej pracy znajdują wytłumaczenie spostrzeżenia Jentysa odnośnie wydzielin kiełkujących nasion. Wydzielane przez kiełkujące nasiona garbniki w warunkach niedostatku tlenu mogłyby grać analogiczną rolę jak stosowane przeze mnie wyciągi liści.

Doświadczenia nad stymulacją kiełkowania nasion, które utraciły częściowo siłę kiełkowania podczas składowania, są luźno związane z głównym celem pracy. Nie były one przeprowadzane przy celowym różnicowaniu warunków kiełkowania i wyniki ich nie mówią nic o mechanizmie działania związków próchnicznych. Stanowią one raczej pierwszą próbę zastosowania poznanych w poprzednich doświadczeniach własności stymulacyjnych związków próchnicznych do praktyki ogrodniczej. Próba ta dała na ogół wyniki pozytywne; na ich podstawie można mieć nadzieję, że w wielu przypadkach uda się przy pomocy związków próchnicznych pobudzić do kiełkowania nasiona, praktycznie do siewu niezdatne.

Wydaje się, że wyniki wszystkich opisanych w tej pracy doświadczeń, mogą dać pewne konkretne wskazówki dla praktyki ogrodniczej i rolniczej. Humian sodowy zarówno naturalnego pochodzenia, jak też i sporządzony z chinonu, a także wyciągi wodne liści niektórych gatunków roślin a nawet kompost mogą być używane do stymulacji kiełkowania nasion przy niekorzystnych warunkach aeracyjnych podłoża. Można też próbować stymulacji przy częściowej utracie siły kiełkowania nasion. Wyniki opisanych doświadczeń dają równocześnie wyraźną wskazówkę, że skuteczność wypróbowanych przeze mnie związków próchnicznych i im podobnych zależy bardzo silnie od warunków kiełkowania. Wyniki te wskazują też wyraźnie na to, że nie można przy stosowaniu praktycznym tych związków podawać gotowych recept co do używania określonych stężeń i czasu ich działania. Ponadto wyraźnie należy podkreślić,

że nasiona poszczególnych gatunków i odmian wykazują bardzo różną wrażliwość na działanie związków próchnicznych. Jest rzeczą oczywistą, że owe różnice międzygatunkowe czy międzyodmianowe pogłębiać się mogą jeszcze bardzo znacznie przy kiełkowaniu w temperaturach bardziej ekstremalnych. Wreszcie pamiętać należy o różnym stanie dojrzałości nasion i ich życiowej aktywności. Rozpatrywanie tych zjawisk oczywiście wykracza poza ramy tej pracy, a wspominam o nich z tego względu, aby podkreślić, że uzyskane wyniki mogą dać jedynie ogólne wskazówki dla praktyki ogrodniczej i rolniczej oraz mogą dać podstawę do pewnych specjalnych badań nad kiełkowaniem roślin, nie mogą natomiast posłużyć jako gotowe recepty dla praktyki.

WNIOSKI

1. Używane w opisanych doświadczeniach związki próchniczne i im podobne stymulują kiełkowanie wielu gatunków nasion w warunkach niedostatku tlenu.
2. Stymulację tę należy tłumaczyć wpływem na oddychanie nasion.
3. Nasiona różnych gatunków roślin wykazują niejednakową wrażliwość na stężenie poszczególnych używanych związków.
4. Przy pomocy tych związków można w niektórych przypadkach wzmoczyć wydatnie siłę kiełkowania, utraconą przez nasiona podczas ich składowania.

STRESZCZENIE

Przeprowadzono doświadczenia nad wpływem następujących substancji na kiełkowanie nasion: 1) humianu sodowego naturalnego, 2) „humianu sodowego sztucznego“ sporządzonego z p-chinonu, 3) kompostu, 4) wyciągu z liści bukowych, a ubocznie także z liści herbaty. Do doświadczeń użyto nasion różnych gatunków roślin.

Doświadczenia przeprowadzono porównawczo w zróżnicowanych warunkach tlenowych, przy czym zastosowano kilka różnych metod. Wyniki wskazywały jednoznacznie przy stosowaniu wszystkich użytych metod, iż wpływ badanych substancji przejawia się przy niekorzystnych warunkach tlenowych kiełkowania, zanika natomiast w dobrych warunkach tlenowych. Różne gatunki roślin wykazywały przy tym różny stopień wrażliwości na działanie badanych substancji; o ile jednak wpływ występował, to zawsze pojawiał się przy niedostatku tlenowym.

Pomiary przemiany gazowej nasion, kiełkujących w atmosferze czystego azotu, wykazały, że humian sodowy znacznie wzmaga intensywność oddychania (wydzielanie dwutlenku węgla), przy czym równocześnie stwierdzono odpowiednie zwiększenie siły kiełkowania nasion. Natomiast w powietrzu o normalnym składzie znaleziono tendencje do silniejszego pochłaniania tlenu pod wpływem humianu.

W osobnych doświadczeniach wykazano możliwość wzmożenia siły i energii kiełkowania, zastosowując badane substancje wobec nasion, które utraciły częściowo zdolności kiełkowania.

Ogród Botaniczny

Uniwersytetu we Wrocławiu

(Wpłynęło dn. 9.10.1957 r.)

RÉSUMÉ

Des expériences ont été entreprises sur l'influence des substances suivantes sur la germination des graines: 1. humate naturel de sodium, 2. humate artificiel de sodium obtenu de p-quinon, 3. composte, 4. extrait des feuilles de hêtre et parallèlement aussi des feuilles de thé. Des graines de différentes espèces de plantes ont été utilisées dans les expériences.

Les expériences ont été effectuées comparativement dans des conditions d'oxygène différenciées au moyen de plusieurs méthodes différentes. Les résultats, obtenus à partir de toutes les méthodes, indiquaient, que l'influence des substances examinées se manifeste dans les conditions d'oxygène défavorables pour la germination, et disparaît dans les bonnes conditions d'oxygène. Différentes espèces de plantes accusaient différents degrés de sensibilité aux substances examinées, mais si leur influence se manifestait, c'était toujours quand la quantité d'oxygène était insuffisante.

Les mesures de l'échange gazeux des graines germant dans une atmosphère d'azote pur ont démontré que l'humate de sodium augmente considérablement l'intensité de la respiration (secrétion du gaz carbonique). En même temps on a constaté une augmentation correspondante de la puissance de germination des graines. Par contre dans l'air à composition normale l'humate provoquait une tendance à une plus forte absorption d'oxygène.

Dans des expériences à part, on a démontré la possibilité d'accroître la puissance et l'énergie de la germination en appliquant les substances examinées, aux graines ayant partiellement perdu la capacité de germination.

LITERATURA

- Christiewa Ł. A., 1953, Poczwowiedeniye 10: 46—59.
 Flaig W. n. Saalbach E., 1956, 2. Pflanzenern. Düng- u. Bodenkunde 71: 215.
 Flaig W. n. Saalbach E., 1956, 2. Pflanzenern. Düng- u. Bodenkunde 72: 1—7.
 Gumiński S. i Gumińska Z., 1953, Acta Soc. Bot. Pol. 22: 771—785.
 Gumiński S., Czerwiński W., Unger E., Bacowa A., 1955, Acta Soc. Bot. Pol. 25: 723—731.
 Gumiński S., Bacowa A., Sumara M., Szczerbińska S., 1957, Zeszyty Naukowe W. S. R. we Wrocławiu 8: 215—237.
 Jentys S., 1922, Rozprawy Wydziału Mat.-Przyr. Polskiej Akademii Umiejętności ser. B. 62: 93—137.
 Rubin F. A., 1954, Fizjologia rastenij, Moskwa, Sowietskaja Nauka.