La relation entre les certaines qualités physicochimiques des composés humiques et leur activité biologique

S. GUMIŃSKI et J. SULEJ

INTRODUCTION

Les expériences exécutées avec les cultures aquatiques des tomates (Gumiński, Gumińska et Sulej 1965) et les études de la fermentation dans les cultures de levure (Badura 1965) nous ont convaincus que l'influence positive des composés humiques sur les organismes végétaux consiste surtout dans les propriétés sorbantes de ces composés par rapport aux certains cations. Cet effet qui peut être appelé compensateur apparaît distinctement quand les conditions de l'absorption de ces cations par les plantes sont désavantageuses (manque ou surabondance). En premier lieu cela se rapporte au fer. Outre cela nous avons constaté qu'à l'aide des „humates" artificiels (substances modèles) ont peut gagner, dans les conditions susmentionnées, les effets physiologiques tout à fait semblables à ceux qu'on obtient à l'application des humates naturels (Gumiński et Gumińska 1953; Badura 1965).

Cependant les composés humiques représentent une idée collective; la sorption des ions par ceux-ci ne peut pas être considérée comme une simple résultante de l'activité des composés particuliers et alors il faut prendre en considération l'influence réciproque des composants de l'humus exercée sur eux-mêmes. A fin d'obtenir une image plus claire de la puissance de la sorption des ions par des si-nommés humates, employés dans les travaux physiologiques cités ci-dessus, E. Unger (1965) a décomposé l'humate de sodium par l'application des dissolvants convenables d'une colonne d'adsorption et ensuite elle a caractérisé la force de lier les ions par des fractions de l'humate singulières en exécutant comparativement l'extraction du fer à l'aide de deux composés chélatants aux différentes forces de lier.

En acceptant les résultats de cet ouvrage comme un point de départ, nous avons décidé d'étudier la dépendance de l'activité biologique des fractions, obtenues ainsi, de leurs qualités physicochimiques, déterminées par Unger.

MÉTHODES

En imitant le procédé indiqué par Unger, on a appliqué la manière d'agir comme suit: On a traité par l'acide chlorhydrique de 1% le compost de feuilles (compost agé d'un an), tachant d'éliminer les cations métalliques, ensuite on l'a lavé avec de l'eau distillée jusqu'à la disparition de la réaction contre les chlorures et les

cations de fer. Ensuite on a extrait les composés de l'humus par l'hydrate de sodium de 1%, puis on a soumis l'extrait alcalin à l'action de l'acide chlorhydrique de 15% en coagulant les acides humiques. On a lavé le précipité avec de l'eau distillée et on l'a dissous dans l'hydrate de sodium fortement dilué, obtenant de cette façon la dissolution mélangée de l'humate de sodium et des acides humiques avec un pH à peu près 7,5. La solution a été évaporée et deséchée dans la température de chambre. La poudre obtenue brune foncée a été soumise à l'action du mélange de l'acétone et de l'eau (2 : 1) pendant 24 heures en employant 1 g de poudre avec 140 ml de solvant. Une partie de la substance s'est dissoute, l'autre est montrée insoluble. Le résidu indissous noir-brun a été déterminé comme la fraction I.

Fig. 1. La rapidité de la précipitation de fer exprimée en $\gamma/10 \text{ ml}$ de la solution nutritive

A — au commencement; B — après 1 heure; C — après 5 heures; D — après 10 heures; E — après 24 heures

Szybkość opadania Fe wyrażona w $\gamma/10 \text{ ml}$ pożywki

A — początek; B — po 1 godz.; C — po 5 godz.; D — po 10 godz.; E — po 24 godz.

On a laissé passer la solution brune foncée par la colonne d'adsorption préparée de l'oxyde d'aluminium neutre de la première activité (d'après Brockmann). La quantité de Al_2O_3 a été 200 g, le diamètre de la colonne 4 cm. Comme l'éluat on a employé l'acétone avec de l'eau dans la proportion de 2 : 1. Une partie de solution de l'humate a passé par la colonne sans adsorption sur l'oxyde d'aluminium. Cette fraction brune-foncée a reçu le numéro II. Sur la colonne on a adsorbé trois fractions aux niveaux différents: en haut No. III brune foncée, plus bas No. IV brune claire et le plus bas No. V à couleur de cacao. Après la coupure de la colonne d'adsorption on a extrait les fractions particulières de NaOH dilué pendant que l'extraction n'a pas été totale au sens de l'analyse quantita-

tive. Les fractions obtenues ont été tournoyées dans le but de le dégager de l'oxyde d'aluminium, puis elles ont été évaporées, desséchées et le résidu sec a été pesé.

Ensuite on a déterminé la teneur du fer dans les fractions particulières et dans l'ensemble des composés humiques qui n'étaient pas defractionnés (humate primordial). On s'est servi de la méthode colorimétrique en employant α , α' -bipyridile après avoir brûlé les substances humiques par voie humide.

Afin d'étudier les forces de joindre le fer par les substances particulières on les a soumis à l'action des dissolutions de chélateurs à force différente, notamment à celle du cupferron et de 8-oxyquinoline. 1 ml de solution aqueuse de 1 % de fraction en question a été soumis à l'action de 1 ml de solution aqueuse du cupferron de 5 % et de 5 ml de chloroforme, éventuellement de 2 ml de solution chloroformique de 8-oxyquinoline (1 %) et on a exécuté l'extraction en employant des entonnoirs séparateurs. Cette manière d'agir a mené à l'enlèvement partiel du fer des substances humiques. La quantité de fer enlevé a été déterminée en se servant de la méthode mentionnée ci-dessus.

En outre les fractions particulières ont été soumises à l'action de la solution du sulfate de fer dans la proportion de 56, γ Fe, (10^{-6} Mol.) pour 1 ml de solution de la substance humique de 1 %. Après cela on a extrait le fer à l'aide du cupferron ou bien de 8-oxyquinoline (comme ci-dessus). On a déterminé la quantité de fer extrait et lié fixément par les substances humiques particulières.

Plus amples détails de la méthode représentée le lecteur peut trouver dans l'ouvrage de E. Unger (1965).

Outre cela on a étudié la faculté des fractions particulières de maintenir le fer dans la dissolution en présence des sels minéraux de la solution nutritive (employée pour les cultures à l'eau). Dans ce but on a rempli les cylindres de verre (au fond rond) de la solution (décrite ci-dessous) et après on a supplé les solutions des fractions particulières de l'humus dans la proportion de 100 mg de matière sèche d'humus sur un litre de cette solution. Ensuite on a analysé le contenu du fer dans les échantillons prises à l'aide d'une pipette de la couche supérieure du liquide immédiatement après avoir rempli les verres (et après avoir agité la solution) dans 1 heure, après 5 heures, 10 heures et 24 heures, tachant de ne pas agiter le liquide. Le volume de cylindre a été à peu près 150 ml, $\varnothing$ environ 8 cm.

L'aliment que nous avons employé d'une manière stéréotype pour les expériences avec les cultures à l'eau a été composé de la manière suivante:

Sur 1 litre d'eau distillée:

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ — 0,71 g

KNO_3 — 0,57 g

$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,28 g

$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ — 0,14 g

$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ — 0,12 g

Microéléments A—Z

d'après Hoagland

(avec Mo)

Les pH des solutions ont été stabilisés (après avoir ajouté la fraction) à la valeur de 6,5 en usant NaOH ou bien HCl dans les dissolutions très diluées.

L'activité biologique de la fraction a été testée à l'aide des cultures à l'eau de

Fig. 2. Cultures aquatiques des tomates (20.X — 17.XI). Solution non aérée. Fraction: 1, 2, 3, 4, 5, „le total” (6), le témoin (7), et une culture aérée (8).

Kultury wodne pomidorów (20.X. — 17.XI.). Pożywka nie przewietrzana. Frakcje 1, 2, 3, 4, 5, „całość” (6) kontrola (7) i kultura przewietrzana (8).

jeunes plants de tomates (3 expériences) aussi bien qu'a l'aide de la culture de la levure (1 expérience).

Après être germés dans le sable, ces jeunes plantes de tomates dans la phase de leur premier feuillage, ont été placés un à un dans les cylindres de verre, décrits ci-dessus, remplis d'aliment. On a employé l'aliment, dans la composition décrite plus haut, préparé sur l'eau de conduite en fixant le pH à niveau de 6,4 (dans la deuxième expérience à niveau de 6,0). Pendant la troisième expérience on a employé les bocaux de verre de demi-litre. L'aliment a été versé dans les récipients à la veille, avant de mettre les plantes, ajoutant en même temps les substances humiques convenables en forme des dissolutions dans la proportion de 100 mg de la matière sèche sur 1 litre d'aliment. Cela permettait d'obtenir la différenciation de la concentration du fer dans la couche supérieure de l'aliment avant d'y placer les racines des jeunes plantes. Les cultures ont été différenciées en aérées et non-aérées. Les cultures avec l'aliment non-aéré (sans le bouger) ont été traitées comme un test spécifique pour la manifestation de l'effectivité des substances humiques (Gumiński 1950; Gumiński, Gumińska et Sulej 1965). Six répétitions parallèles ont été appliquées. Les plantes poussaient dans les serres à la lumière du jour habituelle. Leur croissance a été observée de même que les symptômes éventuels de la chlorose et quand l'expérience avait été totalement accomplie on a désigné les finales pH des cultures et la matière sèche des plantes. Les détails concernant les schémas des expériences particulières, le temps et les conditions de chaque expérience sont fournis sur les tableaux des résultats.

Pour cultiver la levure on employait le medium de Dzierzbicki en stabilisant le pH à niveau de 6,5 d'après l'ouvrage de Badura (1965). L'application de pH s'écartant de l'optimum permettait — dans nos expériences — de révéler éventuellement l'influence préservative des humates (conformément aux résultats du travail de Badura). Les petits ballons à la capacité de 100 ml étaient remplis de ce milieu versant à chacun d'eux 10 ml de solution nutritive et ajoutant des particulières

substances humiques en concentration de 0,1% à compte de la matière sèche. Après la stérilisation, les milieux dans les ballons étaient inoculés en ajoutant 0,1 ml de suspension de la levure à l'extinction fixée. On employait la levure de la race D 43. Les cultures étaient mises dans une étuve à température de 27°C. et y gardées pour 24 ou bien 48 heures. Passé ce délai, la levure était tuée à l'aide de l'aldehyde formique et on a désigné le nombre de cellules dans les ballons particuliers en employant le microscope et la caméra de Fuchs-Rosenthal. On a appliqué six répétitions parallèles dont les résultats ont été présentés comme les moyennes pour les objets particuliers mis à l'expérience.

LES RÉSULTATS

Le procédé chimique décrit a conduit à séparer les fractions des composés humiques suivantes: I une partie insoluble dans le mélange de l'acétone et de l'eau, II soluble et qui ne pouvait être adsorbée sur la colonne chromatographique (passant par la colonne), et trois fractions solubles et s'adsorbant sur la colonne à la hauteur différente (III, IV, et V). On a constaté que la fraction I renferme le fer au plus grand degré, ensuite vient l'ensemble des composés (indivisé); la fraction II en possède beaucoup aussi, cependant les fractions III, IV et V ne contiennent que des traces du fer. La coloration de ces substances de même que leur contenu du fer sont démontrés dans le tableau 1.

Tableau 1 — Tabela 1

Certaines propriétés des fractions humiques
Pewne właściwości frakcji próchnicznych

Fraction Frakcja	Degré de l'adsorption à Al_2O_3 Stopień adsorbacji na Al_2O_3	Couleur Barwa	Contenu de Fe en mg/g Zawartość Fe w mg/g
Total Całość	—	brun brunatna	5,1
Fraction I Frakcja I	insoluble nierozpuszczalna	brune noire brunatnoczarna	7,9
Fraction II Frakcja II	inadsorbée nie adsorbowana	brune foncée ciemnobrunatna	3,5
Fraction III Frakcja III	adsorption forte b. silnie	brune foncée ciemnobrunatna	trace śląd
Fraction IV Frakcja IV	adsorption mediocre średnio	brune claire jasnobrunatna	trace śląd
Fraction V Frakcja V	adsorption faible słabo	de cacao kakaowa	trace śląd

L'extrait du fer à l'aide du cupferron et de la 8-oxyquinoline a mis en évidence la différence de la puissance de joindre de ce cation par des substances particulières.

Tableau 2 — Tabela 2

Quantités de fer extraites des fractions particulières à l'aide du cupferron ou de 8-oxyquinoline
Ilości Fe wyekstrahowane z poszczególnych frakcji przy pomocy kupferonu lub 8-o-chinolinę

Fraction Frakcja	Les quantités de fer dans 1 ml de solution à 1% Ilości Fe w 1 ml roztworu 1%					
	Le contenu avant l'extraction Nie ekstrahowane		Extraites avec cupferron Ekstrahowane kupferonem		Extraites avec 8-cxyqinoline Ekstrahowane 8-c-chinoliną	
	γ	%	γ	%	γ	%
	2	3	4	5	6	7
1						
Total Całość	51	100	34	67	24	47
Fraction I Frakcja I	79	100	41	51	14	18
Fraction II Frakcja II	35	100	32	91	6	17
Fraction III Frakcja III	trace ślad	100	trace ślad	—	trace ślad	—
Fraction IV Frakcja IV	trace ślad	100	trace ślad	—	trace ślad	—
Fraction V Frakcja V	trace ślad	100	trace ślad	—	trace ślad	

Dans le tableau 2 qui illustre ces résultats ce qui saute aux yeux c'est la différence de l'efficacité de l'extrait du fer à l'aide de deux chélateurs de l'ensemble de la substance humique (indivisé) et des fractions respectives. En particulier la fraction II s'est comportée d'une manière caractéristique en retournant presque tout le contenu de son fer au cupferron tandis qu'un tout petit fragment seulement à la 8-oxyquinoline. Par rapport à la force de lier le fer on peut classer les substances analysées de la manière suivante:

a) à l'égard du cupferron: $I > \text{l'ensemble} > II$

b) à l'égard de la 8-oxyquinoline: $II \geq I > \text{l'ensemble}$.

Quant aux fractions III, IV et V qui ne contiennent que des traces du fer il n'y a pas de moyen de les caractériser de cette façon.

L'introduction des quantités supplémentaires de fer aux substances analysées suivie d'une extraction différentielle a révélé que les fractions particulières joignent les quantités plus grandes de fer avec une force diverse. Faisant l'analyse des résul-

tats numériques réunis dans le tableau 3 on peut mettre en rang les substances étudiées à l'égard de la force de lier les quantités de fer supplémentaires de la façon suivante:

$$(I \text{ et } II) \geq \text{l'ensemble} > III > (IV \text{ et } V)$$

Conformément à l'attente le cupferron comme un chélateur plus fort a enlevé des substances étudiées (dans tous les cas) la partie plus grande de fer lié que la 8-oxyquinoline a pu le faire.

Tableau 3 — Tabela 3

Quantités de fer extraites à l'aide du cupferron relativement de 8-oxyquinoline, ainsi que liées par les fractions après avoir ajouter du sulfate de fer

Ilości Fe wyekstrahowane kupferonem lub 8-o-chinoliną, oraz związane przez frakcje po dodaniu $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

Fraction Frakcja	Supplément de Fe 56γ pour 1 ml de solution à 1% Dodano 56γ Fe do 1 ml roztworu 1%							
	extrait à l'aide de cupferron wyekstra- howane kupferonem		lié par les fractions de l'humus związane przez frakcje		extrait à l'aide de 8-oxy- quinoline wyekstra- howane 8-o-chinoliną		lié par les fractions de l'humus związane przez frakcje	
	γ	%	γ	%	γ	%	γ	%
I	2	3	4	5	6	7	8	9
Total Całość	78	79	12	21	55	55	25	45
Fraction I Frakcja I	83	75	14	25	46	57	24	43
Fraction II Frakcja II	67	62	21	38	36	53	26	46
Fraction III Frakcja III	48	86	8	14	40	72	16	28
Fraction IV Frakcja IV	53	95	3	5	46	82	10	18
Fraction V Frakcja V	51	91	5	9	42	75	14	25

On a calculé selon la formule: $a-b=c$, $56\gamma-c=x$

a = quantité de fer extraite après avoir ajouter la dose supplémentaire de ce element (rubrique 2 et 6).

b = quantité de fer extraite primairement (tableau 2, rubrique 4 et 6).

x = quantité de fer lié supplémentairement par les substances humiques.

Obliczeń dokonano w/g następującego wzoru: $a-b=c$, $56\gamma-c=x$

a = ilość Fe wyekstrahowanego z danej próby (tabela 3, rubryka 2 i 6).

b = ilość Fe wyekstrahowanego bez dodatku $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (tabela 2, rubryki 4 i 6).

x = obliczone ilości związanego żelaza (podane w rubrykach 4 i 8).

Tableau 4 — Tabela 4

Cultures aquatiques des tomates: 18/VI — 2/VII 1965.

Kultury wodne pomidorów w okresie od 18/VI — 2/VII 1965.

	Matière sèche — résultats moyens en mg. Średnia sucha masa w mg. Solution nutritive non aérée Niewietrzone						Matière sèche — résultats moyens en mg. Średnia sucha masa w mg. Solution nutritive aérée Wietrzone						Intervalle de con- fiance Przedział ufności			
	Témoin Kontrola	Total Całość	Fractions — Frakcje					Témoin Kontrola	Total Całość	Fractions — Frakcje						
			I	II	III	IV	V			I	II	III		IV	V	
Pousses Pędy	24,1	49,1	24,1	67,3	21,6	30,8	30,8	16,6	130,0	68,3	88,3	100,0	103,3	88,3	108,3	42
Racines Korzenie	10,8	19,5	11,6	21,6	10,8	13,3	11,6	5,8	37,5	27,5	29,1	28,3	30,8	32,5	35,0	7
pH finale końcowe	5,4—5,6	5,6—5,8	5,6—5,8	6,0	5,6	5,4—5,6	5,6		6,0	5,6	5,6	5,6—6,0	5,4—5,8	5,6—5,8	6,0	

Temperature $\pm 20^{\circ}\text{C}$, l'humidité de l'air $\pm 80\%$ Temperatura $\pm 20^{\circ}\text{C}$, wilgotność pow. $\pm 80\%$.

Tableau 5 — Tabela 5

Cultures aquatiques des tomates: 11/IX — 30/IX 1965. (sans aération)

Kultury wodne pomidorów w okresie od 11/IX — 30/IX 1965 r. (bez przewietrzania)

Fraction Frakcja	Matière sèche — résultats moyens en mg Średnia sucha masa w mg		pH finale pH końcowe	Verdure Zieleń
	pousses pędy	racines korzenie		
Tot. I Całość	94,0	28,0	5,8—6,6	vert zielone
Fraction I Frakcja I	45,0	13,3	6,0—6,3	chlorotique chlorotyczne
Fraction II Frakcja II	132,5	33,3	5,8	vert zielone
Fraction III Frakcja III	39,1	12,5	6,4—7,0	chlorotique chlorotyczne
Fraction V Frakcja IV	67,0	17,6	6,4—7,0	chlorotique chlorotyczne
Fraction V Frakcja V	59,0	18,0	6,6—6,8	chlorotique chlorotyczne
Témoin Kontrola	39,1	12,5	5,8—6,4	chlorotique chlorotyczne
Intervalle de confiance Przedział ufności	5,5	3,6		

Temperature $\pm 20^{\circ}\text{C}$, l'humidité de l'air $\pm 80\%$.Temperatura $\pm 20^{\circ}\text{C}$, wilgotność pow. $\pm 80\%$.

Les expériences de la faculté de maintenir le fer dans la dissolution de l'aliment minéral (de la protection contre la précipitation du résidu du phosphate ou bien de l'hydrate de fer) ont donné une image claire des différences parmi les substances étudiées. Leur activité, sous ce point, peut être mis en rang d'une façon suivante:

$$\text{II} > \text{l'ensemble} > \text{I} > (\text{III, IV et V}),$$

pendant que le groupe dernier de composés n'a pas presque montré d'activité. Du diagramme (fig. 1) inséré on peut voir nettement que la fraction II décide quant à l'activité préservative de l'humate contre la précipitation du résidu des composés de fer.

Les expériences avec les jeunes plants de tomates, faites en trois termes, ont donné des résultats conformes. Parmi toutes les substances étudiées c'est à peine la fraction II et „l'ensemble” qui ont influé d'une manière caractéristique (protectrice) sur la formation de la verdure et de la croissance des jeunes plants dans les

cultures non-aérées (immobiles); en même temps l'effectivité de la fraction II a été toujours plus grande que celle de l'ensemble de composés humiques indivisés. D'autres fractions ne protégeaient pas les plantes contre la chlorose et leur influence sur la croissance des jeunes plants était très faible et même pas toujours avantageuse.

Comme d'habitude dans nos expériences, dans les cultures aérées, les substances humiques ne causaient pas d'effet positif; on a même constaté une entrave de la croissance des jeunes plants (spécialement par „l'ensemble”).

Tableau 6 — Tabela 6

Cultures aquatiques des tomates: 20/X — 17/XI 1965. (sans aération)

Kultury wodne pomidorów w okresie od 20/X — 17/XI 1965 r. (bez przewietrzania)

Fractionj Frakcja	Matière sèche — resultats moyens en mg Średnia sucha masa w mg		pH finale pH końcowe	Verdure Zieleń
	pousses pędy	racines korzenie		
Total Całość	125,0	34,1	5,0	vert zielone
Fraction I Frakcja I	60,0	21,6	5,2	chlorotique chlorotyczne
Fraction II Frakcja II	159,1	50,0	5,0	vert zielone
Fraction III Frakcja III	30,5	14,1	5,4	chlorotique chlorotyczne
Fraction IV Frakcja IV	43,3	23,3	5,2—5,4	chlorotique chlorotyczne
Fraction V Frakcja V	56,6	19,1	5,4	chlorotique chlorotyczne
Témoin Kontrola	76,6	31,6	5,2—5,4	chlorotique chlorotyczne
Intervalle de confiance Przedział ufności	15,9	3,0		

Temperature $\pm 20^{\circ}\text{C}$, l'humidité de l'air $\pm 80\%$.Temperatura pow. $\pm 20^{\circ}\text{C}$, wilgotność pow. $\pm 80\%$.

Les effets numéraux des expériences avec la désignation des conditions de la végétation ont été fournis dans les tableaux 4,5 et 6; outre cela une photographie illustre la troisième expérience. Les comptes de la quantité de cellules de levure après la culture de 24 heures et de 48 heures montrent que les fractions II et I de même que les composés humiques infractionnés („l'ensemble”) favorisent éminemment la multiplication de cellules. Cependant les fractions s'adsorbant sur la colonne ainsi donc les fractions III, IV et V agissent beaucoup plus faiblement. Leur influence

„stimulante” (préservative) ne se montre distinctement qu’après 48 heures et même, le premier jour, la fraction IV semble d’entraver la multiplication de la levure. Les effets numériques sont présentés dans le tableau 7.

Tableau 7 — Tabela 7

Quantité de cellules des levures recomptée à 1 camera de Fuchs —
Rosenthal. Moyens de six repetitions
Ilości komórek drożdżowych w przeliczeniu na 1 komorę Fuchs —
Rosentahla. Średnia z 6-ciu powtórzeń

Substances humiques Substancje humusowe	Après 24 heures po 24 godzinach	Après 48 heures po 48 godzinach
Total Całość	11 438	34 216
Fraction I Frakcja I	10 482	30 520
Fraction II Frakcja II	12 300	40 136
Fraction III Frakcja III	2 040	11 557
Fraction IV Frakcja IV	3 345	19 742
Fraction V Frakcja V	5 544	13 477
Témoin Kontrola	3 628	6 518

DISCUSSION

Les fractions des composés humiques, obtenus à l’aide des méthodes décrites par Unger (1965), ont démontré les propriétés tout à fait semblables à celles citées par l’auteresse. C’est entendu alors, que la méthode démontrée par elle présente des résultats à reproduire quoiqu’il faut souligner que la précision de la qualité de l’oxyde d’aluminium est difficile et son impropre préparation exclue une convenable division chromatographique des substances étudiées. Nous en sommes assurés au cours de notre expérience.

Une certaine différence, dans les effets obtenus par nous, à l’égard de l’étude de Unger consiste en cela que nous n’avons pas gagné, du tout, de fraction à peu près incolore, passant par la colonne, cependant que Unger l’a obtenue et désignée comme fraction II. C’est pourquoi, commençant dès le No. II, notre nomenclature diffère de celle de Unger par une chiffre d’ordre (notre fraction No. II correspond à la fraction No. III dans l’ouvrage de Unger). Nous pensons que le fait de n’avoir pas obtenu la fraction mentionnée ci-dessus ne soit pas une différence essen-

tielle parce que Unger la considère comme le résidu de l'acide fulvique resté en conséquence de sa séparation de l'humate pas tout à fait précise.

La comparaison des propriétés physicochimiques des substances étudiées avec les résultats des expériences physiologiques démontre des convergences entre l'apparition de certaines propriétés des substances particulières et leur activité dans les tests biologiques. Ces convergences se montrent semblables dans les deux tests exercés mais pas identiques.

La fraction II a démontré la plus forte activité positive dans les cultures aquatiques non-aérées, à part d'elle ce n'est que l'humate infractionné („l'ensemble") qui a agi d'une façon décidemment favorable. Ici nous avons affaire avec la corrélation de la faculté de maintenir le fer dans la solution des sels minéraux, démontrée par ces substances humiques. Cette propriété est une vertu primordiale pour notre test biologique parce que, comme nous le savons, dans les cultures à solution non-aérée et pas bougée les jeunes plants périssent à cause de manque de fer qui tombe sous la forme du précipité au fond du récipient, inaccessible pour les racines des jeunes plants qui ne peuvent pas l'atteindre (Gumiński, Gumińska et Sulej 1965; Czerwiński 1967). Le résultat de l'expérience paraît clair si l'on considère en outre, que les deux substances mentionnées contiennent des quantités de fer remarquables et relativement sans difficulté remises au chélateur plus fort (cupferron).

Néanmoins il faut prendre en considération la constatation de la manque d'activité biologique de la fraction I, qui pourtant démontre quelques possibilités (quoiqu'elles soient beaucoup plus moindres) de maintenir le fer dans la solution et qui en outre est riche en fer. Vu que cette fraction d'une part soutient le fer dans la solution dans le cours du temps absolument plus faiblement que „l'ensemble" (et sans comparaison plus mal que la fraction II), subissant la coagulation évidente, et que d'autre part elle remet le fer au cupferron moins facilement, c'est alors pourquoi le résultat du test des jeunes plants n'étonne guère.

La fraction II démontre sans doute les plus grandes valeurs dans ces conditions d'expériences: elle maintient parfaitement le fer dans la solution et le rend facilement au chélateur fort (cupferron), retenant sa quantité remarquable en face du chélateur faible (8-oxyquinoline). Ces qualités de la fraction II permettent les racines de prendre le fer dans l'aliment sous une forme convenables pour elles, joignant ce cation à l'aide des chélateurs endogènes desquels parlent Brown et ses collaborateurs (1960). En effet cette fraction agit le plus avantageusement dans les cultures aquatiques non-aérées des jeunes plants de tomates.

Dans le test de levure la fraction II et l'ensemble de composés indivisés ont exercé une influence positive la plus forte sur la multiplication des cellules; néanmoins la fraction I a montré une activité semblable. D'autres fractions se sont montrées remarquablement moins actives quoique leur influence positive sur la multiplication des cellules eût apparu sans aucun doute.

On voit ici la coïncidence de la puissance de lier le fer par des substances particulières et de leur activité dans le test biologique. Mais la faculté de maintenir le fer dans la solution ne semble pas jouer un grand rôle dans cette expérience. C'est

tout à fait compréhensible vu que la levure reste au fond des récipients et la question de maintenir le fer dans la solution n'a pas ici d'importance fondamentale. Comme il résulte de l'ouvrage de Badura (1965) à l'exemple duquel nous avons employé ce test, l'importance des composés ne peut pas être amenée au fait qu'ils alimentent la levure du fer, mais il faut la désigner plutôt comme l'absorption préservative compensant la proportion défavorable des ions à un pH impropre. La force de lier des ions de fer par des substances humiques particulières, désignée par nous, n'est ici qu'une mesure relative de faculté de sorption par les composés étudiés, mais pas l'indice directe de la possibilité de livrer le cation qui apparaît à son minimum physiologique (comme dans le test précédent).

On peut dire que la convergence de ces propriétés physicochimiques des substances étudiées, qui se sont révélées, et de leur activité dans les deux tests biologiques peut être expliquée par le rôle correspondant exécuté par les composés humiques dans les conditions spécifiques des expériences présentées.

Quand nous considérons le rôle des humates à cet égard, il faut réfléchir à la dominante effectivité biologique de la fraction II aussi bien dans le premier test que dans le deuxième. Si dans le premier cas on peut l'expliquer par la faculté de maintenir le fer dans la solution, dans le deuxième alors cette affaire semble n'avoir pas d'importance. Il est vrai que cette fraction contient beaucoup de fer, pourtant moins que „l'ensemble” et distinctement moins que la fraction I. Donc sa plus grande effectivité biologique ne consiste pas en cela. Nous en pouvons chercher les causes aussi bien dans la plus grande possibilité de remettre le fer au cup-ferron et alors dans la plus faible force de lier en comparaison avec la fraction I (tableau 2) ou bien dans une qualité tout à fait autre et pas mentionnée dans la discussion jusqu'à présent. La fraction II notamment se dilue dans le mélange de l'acétone et de l'eau et passe par la colonne de l'oxyde d'aluminium sans s'adsorber. Outre cela, comme nous l'avons déjà mentionné, elle est beaucoup plus résistante à la coagulation dans la solution des sels minéraux. Une telle façon d'agir propre à cette fraction suggère une idée qu'elle peut plus facilement pénétrer à l'intérieur de la cellule que les autres substances étudiées. En connection avec les recherches de Prat (1963) il faudrait attirer l'attention sur cette possibilité.

Enfin il convient de mentionner l'observation d'inhibition exécutée par les substances étudiées sur la croissance des tomates et la multiplication de la levure. Ce phénomène a paru distinctement dans les cultures aérées des tomates et ce n'est pas pour la première fois que nous le rencontrons (Gumiński 1947; Gumiński, Gumińska et Sulej 1965) et l'explication de ce fait exige des expériences à part. Cela peut être le revers du même phénomène de la sorption, mais aussi bien il se peut qu'il consiste en une affaire tout à fait différente.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Badura L., 1965, O mechanizmie „stymulującego” wpływu humianu sodu na proces fermentacji alkoholowej i rozmnażanie drożdży, *Acta Soc. Bot. Pol.* **34**:287.
Brown J. C., Tiffin L. O. and Holmes R. S., 1960, Competition between chelating agents and root as factor affecting absorption of iron and other ions by plant species, *Plant Physiol.* **35**:878.

- Czerwiński W., 1967, Znaczenie humianu sodowego w kulturach wodnych pod kątem widzenia czynnika minimum, *Acta Soc. Bot. Pol.* (w druku) en imprimerie.
- Gumiński S., 1947, Stymulujący i trujący wpływ kwasów humusowych na organizmy niższe, *Acta Soc. Bot. Pol.* **18**:91.
- Gumiński S., 1950, Badania nad warunkami i mechanizmem działania związków próchnicznych na organizm roślinny, *Acta Soc. Bot. Pol.* **20**:589.
- Gumiński S. i Gumińska Z., 1953, Chemiczne podstawy podobnego działania fizjologicznego próchnicy oraz wyciągów wodnych z liści niektórych gatunków roślin, *Acta Soc. Bot. Pol.* **22**:771.
- Gumiński S., Gumińska Z. i Sulej J., 1965, Effect of humate, agar-agar and EDTA on the development of tomato seedlings in aerated and non aerated water cultures, *J. Exp. Bot.*, **16**:151.
- Prát S., 1963, Premeability of plant tissues to humic acids, *Biologia Plantarum*, **5**:279.
- Unger E., 1965, Badania nad zdolnością wiązania żelaza przez niektóre związki próchniczne, *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Rolniczej we Wrocławiu, Rolnictwo XIX*, Nr. **60**:83.

*Zależność między właściwościami fizykochemicznymi niektórych substancji
próchnicznych i ich efektywnością biologiczną*

Streszczenie

Rozdzielono humian sodowy, uzyskany z kompostu, stosując chromatografię kolumnową według metodyki podanej przez E. Unger (1965). Następnie, stosując konsekwentnie metodykę tej autorki, oznaczono zawartość żelaza w humianie sodowym oraz w pięciu frakcjach tejże substancji. Dokonując ekstrakcji żelaza przy pomocy dwóch chelatorów o różnej sile wiązania kationów określono w przybliżeniu tę właściwość dla poszczególnych badanych substancji próchnicznych. Przez dodanie dalszych ilości żelaza i następującą po tym ekstrakcję wspomnianymi chelatorami (8-oksychinoliną i kupferonem) uzyskano dodatkowe informacje o zdolności wiązania kationów żelaza przez humian i jego frakcje. Otrzymane wyniki pokrywały się z wnioskami pracy Unger.

Ponadto zbadano zdolności tychże substancji próchnicznych do utrzymywania żelaza w oztworze soli mineralnych (pożywki stosowanej do kultur wodnych roślin wyższych).

Z kolei przeprowadzono doświadczenia, zmierzające do zbadania efektywności biologicznej poszczególnych substancji próchnicznych, w których określono uprzednio wspomniane właściwości fizykochemiczne. Zastosowano dwa testy biologiczne, opracowane w uprzednich badaniach (Gumiński 1950, Gumiński, Gumińska i Sulej 1965 oraz Badura 1965): przeprowadzono doświadczenia z kulturami wodnymi siewek pomidorów (ze szczególnym uwzględnieniem kultur z pożywką nie poruszaną) oraz kultury drożdży (przy pH odbiegającym od optimum).

Stwierdzono wyraźną zależność efektywności biologicznej badanych związków próchnicznych od określonych właściwości fizykochemicznych poszczególnych substancji.

Niniejsza praca była subwencionowana przez Komitet Botaniczny Polskiej Akademii Nauk.

Autorzy wyrażają podziękowanie P. Mgr Marii Graczej za cenną pomoc techniczną przy doświadczeniach wegetacyjnych.