

S. PRÁT

## O VLIVU HUMUSOVÝCH SUBSTANCÍ NA METABOLISMUS ROSTLINY

Práce Bronislawa Niklewského daly tak pevný základ výzkumu humusových látek, že po řadu desetiletí stále ještě pokračuje nejen v Polsku, nýbrž i za jeho hranicemi. Polsko-československá splupráce se od prvního symposia Humus a rostlina v Poznani 1957 stále těsněji rozvíjí; nynější program sjezdu Fysiologické sekce Polskiego Towarzystwa Botanicznego je možno po druhém pražském symposiu 1961 považovat za pokračování tradice na tomto třetím symposiu.

O příznivém vlivu humusových látek na rostliny, na jejich růst, se vědělo dávno a není třeba uvádět příklady. Dodnes je však velmi těžké tyto vlivy vysvětlit a odůvodnit. Dalším pokrokům ve sledování vlivu humusových látek na buněčný metabolismus brání především to, že nevíme, zdali, jak a v jaké formě jsou různé frakce humusových látek do buňky přijímány, jsou-li v rostlinách měněny, jak rychle a v jaké formě jsou po rostlinách rozváděny. Studium vlivu humusových látek na buněčný metabolismus však předpokládá, abychom především byli dobře informováni o tom, které frakce humusových látek do buněk pronikají, jak rychle, kam a v jakém množství se v rostlinách šíří.

Sledovat, jak různé látky do buněk pronikají a jak tam působí na látkovou přeměnu, je úkol velmi těžký i u jednoduchých sloučenin, na něž známe dobré mikrochemické reakce. Tím obtížnější je pak u složitých sloučenin o ne zcela jasném chemickém složení. Proto o pronikání humusových látek do buněk nívíme nic spolehlivého.

Velmi dobrá metoda stanovení permeability je analýza buněčné šťávy z vakuoly velkých buněk. Užil jsem této metody u větviček *Nitella*; udržovala se svěží v koncentracích až do 1000 mg/l K-humátu ve vodovodní vodě po dobu dvou týdnů i déle. Kapka buněčné šťávy vytrysklá z velké přestřižené buňky internodia byla zachycena na filatračním papíře; nebylo v ní však možno ani fluorescencí ani reakcí s p-fenylendiaminem ani redukcemi reakcemi dokázat humusovou kyselinu. Stejně se zatím nepodařilo dokázat humusovou kyselinu v gutační šťávě obilí (*Triticum*, *Secale*), jež bylo pěstováno v humusní půdě nebo v živném roztoku s humáty. Je tedy první nutný předpoklad nalézt reakce o vyšší citlivosti.

Humusová kyselina má však jednu výhodu. Je to sloučenina hnědě zbarvená a její roztoky jsou temně hnědé. Je tedy možno pokusit se o to, sledovat toto zbarvení přímo, bez jakékoliv reakce. Podmínka je užívat vysokých koncentrací. Není

však třeba obávat se toho, že by buňky poškozovaly, ovšem za vhodných podmínek. V literatuře se uvádí, že vyšší koncentrace humusových látek rostliny poškozují a je možnost uvést pro to řadu příkladů. Zdá se však, že leckdy jsou to průvodní okolnosti, např. nevhodná kyselost nebo alkalita, nevyhovující poměr složek roztoku nebo obdobně. Roztok kaliumhumátu v destilované vodě není jedovatý ani v hodně velkých koncentracích. Koncentrace 1000 mg/l je nepochybně neobvykle vysoká. Je však možno pracovat s ní docela dobře, poněvadž např. rostliny *Tradescantia*, *Coleus*, *Impatiens*, *Pelargonium*, *Bryophyllum* a j. tvořily v tomto roztoku velmi dobře adventivní kořeny a to právě kolem řezné plochy, kde na řezu byly vysrážené humusové kyseliny nejvíce nahromaděny. Ponoříme-li odříznuté větvičky různých rostlin do roztoku humátu řeznou plochou, vniká roztok do vodičských pletiv a je zde vylučována temně hnědá sraženina. Je to už za jeden až dva dny, tedy v době kratší, nežli se tvoří adventivní kořeny.

Velmi nápadně se kyselina humusová sráží v cévních svazcích, obvykle v cévách u různých rostlin: *Pelargonium zonale*, *Coleus hybridus*, *Tradescantia fluminensis*, *Tradescantia purpusi*, *Impatiens sultani*, *Tulipa*, *Asparagus officinalis*, *Aesculus hippocastanum*, *Solanum tuberosum*, *Bryophyllum gaigermontianum*, *Br. creatum*.

Velmi dobře to lze pozorovat i na řezech bulvou cukrovky (*Beta vulgaris saccharifera*). Když řezu cukrovkovým kořenem byly přelity tenkou vrstvičkou roztoku humátu draselného (1000 mg/l), bývají průřezy cévních svazků zřetelně temně hnědou barvou už po jedné hodině. I na vzduchu nebo pod tenkou vrstvičkou vody se průřezy cévních svazků barví hnědavě, ale jen na povrchu a bývá to zřetelné teprve po více než dvanácti hodinách. Za tuto dobu jsou cévní svazky v humátu zbarveny už velmi intenzivně (skoro černě) a sraženina v cévách se rozšířila do hloubky aspoň jeden až tři mm hluboko. Je tedy rozdíl od kontroly velmi zřetelný.

U některých rostlin se zřetelně žlutě až hnědě barvily blány buněčné a to i v buňkách, jež bylo pak možno dobře plasmolyzovat, jež tedy byly živé (*Beta vulgaris*). Zatím při těchto pokusech mnoho nepomohla fluorescence. Je však možno uvést, že často za zonou buněk se žlutě zbarvenou blanou, jež nefluoreskovaly, byly tři až čtyři vrstvy buněk, jež jevily zřetelnou žlutozelenou fluorescenci. Zdá se, jakoby snad dále postupovala nějaká frakce oddělená obdobou jakési chromatografie.

Na transpiraci není pronikání humátu do rostlin závislé, poněvadž probíhá celkem zcela obdobně i při silně snížené nebo zamezené transpiraci ve vlhkém vzduchu nebo u rostlin zbavených listů.

Dosud popisované pokusy se týkaly apikálních částí rostlin s neporušeným vrcholem. Výsledky jsou poněkud jiné, učiníme-li 3 až 15 cm dlouhých segmentů rostlinných lodyh, jimž byl odříznut i vrchol. Postavíme-li tyto segmenty spodní řeznou plochou do nádobek s roztokem kaliumhumátu, zbarví se po jednom až dvou dnech intenzivně cévní svazky do výšky 5 až 10 mm od spodní řezné plochy. Pak následuje zona slábnoucího zbarvení a pak nezbarvené cévní svazky. Ale pod

horní řeznou plochou (od horní řezné plochy směrem k basi) byly cévní svazky (cévy) zase 5 až 10 mm zřetelně až velmi intenzivně zbarveny.

Je těžko tento zjev vysvětlit. Může jít o změny koncentrace; ve střední zóně může koncentrace humátu klesnout pod hranici zřetelného zbarvení a pod horní řeznou plochu by se humát zadrženým proudem mohl zase hromadit. Není však vyloučena ani možnost (enzymatické?) redukce kyseliny humusové v nezbarvené zóně stonku a oxydace u horní řezné plochy, kde má kyslík přístup. Chemickou reakci a odbarvení humusové kyseliny popsal V. C. Farmer a R. I. Morrison (1960) a A. Burges (1963). V tomto případě by tedy byla možnost, že humusové kyseliny se účastní oxydoredukčního metabolismu v buňce. (Srovnej L. A. Christěva 1965). Je proto možno uvést i to, že jsou-li celé segmenty stonku ponořeny do roztoku, tedy za částečně anaerobních podmínek, zbarvení cév nebývá zřetelné. Také je-li horní řezná plocha nebo její část potřena pastou, nebývají cévy tak zřetelně zbarveny. Velmi dobře se pro tyto pokusy hodí např. 3 až 5 cm dlouhé segmenty stébel kukuřice (*Zea mais*) nebo 2 až 6 cm i delší stňoky tulipánu (*Tulipa*) bez listu i s částí listu i segmenty stonku klíčících rostlin maďalu (*Aesculus hippocastanum*).

O kyselině huminové je možno říci celkem totéž, co bylo uvedeno o kyselině humusové. Hymatomelanová kyselina se chová obdobně, šíří se snad o něco rychleji.

Fulvokyseliny nejsou tak intenzivně zbarveny a u některých rostlin (*Begonia*, *Bryophyllum*) nelze tedy zbarvení v pletivu (v cévách) pozorovat; u některých rostlin však (*Coleus*, *Impatiens*, *Tulipa*) se v cévách, hlavně pod horní řeznou plochou, tvoří zřetelné sraženiny. Poněvadž jak fulvokyseliny tak jejich soli jsou rozpustné, je nutné uvažovat o tom, že v těchto rostlinách jsou fulvokyseliny polymerisovány a pak sráženy ve formě huminových kyselin nebo jejich solí.

Je těžko zodpovědět otázku, dostává-li se kyselina humusová do rostliny pasivně nebo aktivně; zatím je možno uvést pouze tolik, že do inverzně (tedy apikální částí s odříznutým vrcholem, horní řeznou plochou) do roztoku postavených segmentů proniká humusová kyselina obdobně jako do segmentů v normální poloze. U stonků různým způsobem usmrcených (teplem vodní páry, ponorem do vařící vody, ve vzdušném prostoru nasyceném toluenem nebo amoniakem) se cévní svazky nebarvily; nejčastěji bylo celé pletivo stonku zbarveno difusně šedohnědě.

Analýsa a kvantitativní hodnocení pokusů o pronikání humusových látek je velmi obtížné, poněvadž jejich výsledky jsou sice zřetelné a stejnoměrné, ale kvantitativně velmi variabilní a to jak podle druhu i odrůdy rostlin, tak podle podmínek pokusu (stáří rostliny, orgán, vlhkost vzduchu; v tomto případě nejde o transpirační proud, nýbrž o rychlost vysychání horní řezné plochy).

Na prvním sympoziu Humus a rostlina v Poznani roku 1957 jsem měl možnost zmínit se o tom, jak jsme připravili radioaktivní kyselinu humusovou. Pozdější pokusy s těmito preparáty byly publikovány (Prát 1958 až 1964). Výsledky s kulturami bez bakterií potvrdily výsledky získané v nesterilních vodních kulturách.

Důležité je, že i v pokusech s radioaktivním humátem byly při autoradiografii

zjištěny zony velmi různé koncentrace, především silná aktivita v kořenech, jež byla působena jednak povrchovou sorpcí, jednak aktivitou vnitřních pletiv, především cévních svazků. Aktivita horních, neponořených částí kořene a hypokotylů a spodních částí stonku byla často podstatně nižší, až pod hranici citlivosti; ale mladé listy a zvláště vegetační vrcholy jevíly na autoradiogramech zase silnou aktivitu. Je tedy možno i při autoradiografii pozorovat obdobné zony, jako při pokusech o srážení humusové kyseliny v cévách.

Důležité výsledky daly i předběžné pokusy s mikroautoradiografií: i uvnitř buněk kořenů ve vnitřních buňkách kůry kořene rajčat (*Lycopersicum esculentum*) byla ve sterilních kulturách sice v malém procentu buněk (kolem 4%), ale zřetelně zjištěna aktivní granula při mikroautoradiografii (L. Beneš, Biofyzikální ústav ČSAV, Brno.).

Zatím nemůžeme vyložit nesouhlas pokusů o velmi pomalém pronikání humusových kyselin do rostlin a pokusů, jež ukazují jejich poměrně rychlý a velmi značný vliv. Nejdéle je známo, jak humusové látky působí příznivě na růst.

S otázkou vlivu na růst je úzce spojena otázka na ovlivněnou fázi růstu, t.j. především otázka, podporují-li humusové látky růst embryonální, ovlivňují-li přímo dělení jader, buněk, nebo působí-li hlavně na růst prodlužovací, růst buněk do délky. Podle pokusů Jany Fišerové (1962, 1964) nelze tuto otázku zodpovědět jednoznačně. Záleží na koncentraci. Osvědčený objekt jsou rostliny cibule *Allium cepa*, jejichž klíčenci byli při délce kořene 1 až 3 mm přeneseni do příslušného roztoku (nebo kontrola do destilované vody). Výsledky je možno stručně reprodukovat asi takto:

V roztoku kaliumhumátu 10 mg/l byl růst do délky proti kontrole průkazně zvýšen o 20 až 90%, ale počet dělicích buněk se celkem nelišil od kontroly. V koncentraci humátu 100 mg/l byl růst do délky od 24 hodiny zvýšen asi stejně; od 48 hodiny byl však průkazně zvýšen i počet mitos. I v koncentraci 1000 mg/l byl délkový růst kořenů zvýšen, ale počet mitos se průkazně zvýšil teprve po 90 hodinách.

Příznivý vliv humusových sloučenin byl leckdy vysvětlován tím, že byly řazeny mezi růstové látky, nebo tím, že obsahují různé látky řazené mezi růstové stimulatory, jež dříve bývaly označovány i jako fytohormony. Podle toho, že humusové látky působí příznivě na růst, mohli bychom je jistě označovat jako růstové stimulatory. Ale tohoto označení dnes užíváme pravidelně pro sloučeniny určitého chemického typu; je na ně také řada různých charakteristických biologických testů, zkoušek. Nejběžnější jsou růstové stimulatory typu heteroauxinu, to jest kyseliny indolyloctové a celé řady odbobných sloučenin.

S J. Řeřábkem jsme v souběžných seriích zkoušeli různé testy na auxinové látky jednak s kyselinou indolyloctovou, jednak s humusovými kyselinami a to s preparátem fy. Riedl de Haen, Seelze, Hannover, i různými přirozenými humusovými substancemi (rašelina, slatina, oxyhumolity). Především to byl klasický test na koleoptile ovsu i v modifikaci cylindrového testu na koleoptile pšenice růstový a zakřivovací test lodyh a řapíků různých rostlin (*Coleus*, *Tradescantia*,

*Plectranthus, Aesculus, Lycopersicum, Vicia faba*) i provokace adventivních kořenů nátěrem lanolinové pasty. Dále i test opadávání řapíkových pahýlů po odříznutí čepele listu *Coleus* a R. Dostála test růstu úžlabních pupenů děloh po dekapitaci lodyžky. Ve všech případech byly tyto zkoušky s heteroauxinoidy pozitivní, naproti tomu s humusovými substancemi negativní.

Podle pokusů St. Lhotského je vliv heteroauxinoidů na růst řasových kultur nezřetelný nebo žádný; naproti tomu humáty se uplatňují jako velmi účinné stimulatory růstu řas i sinic; i tyto případy tedy ukazují, že humusové látky nelze srovnávat se stimulatory heteroauxinovými.

Vliv humátů na metabolismus rostlin se projevuje velmi různým způsobem. Podle vnějších podmínek je různý vliv na příjem a transport vody, na celkový obsah sušiny (Prát 1964, p. 83). Vliv na kvalitativní složení popela je velmi značný (Prát 1957).

Také pokusy o vlivu humátů na obsah volných cukrů byly publikovány (Činčerová 1962, 1963).

Zd. Opatrný vypracoval jednoduchou a dobrou modifikaci metodiky na chromatografické stanovení alifatických organických kyselin. Touto metodou stanovil, že obsah organických kyselin ve zralých obilkách pšenice (*Triticum aestivum* cv. *Pyšelka*) je nízký, ale během bubření a hlavně klíčení rychle stoupá. Po první fázi klíčení byl vzestup obsahu organických kyselin v dalších dnech pozvolnější. V listech se obsah kyselin během růstu zvyšoval, v kořenech však obsah kyselin, zejména Krebsova cyklu (jablečná, citronová) zřetelně klesal. Odlišný metabolismus kořenů se projevil i v odlišném kvalitativním složení. Např. kyselinu akonitovou zjistil Opatrný pouze v nadzemních částech, v kořenech se ji nepodařilo stanovit.

Vliv humátu přidaného k minerálnímu roztoku byl obdobně jako v jiných pokusech (Činčerová 1962, 1963) přítomností minerálních látek stírán. Hlavní výsledky pokusů Zd. Opatrného jsou znázorněny v přehledné tabulce.

Už na symposiu v Poznani jsem mohl uvést kvantitativní údaje o zvýšeném obsahu pigmentů u rostlin pěstovaných s humáty (Prát 1957). Proto se dalo čekat, že by humáty snad mohly kompenzovat inhibiční vlivy streptomycinu na tvorbu chlorofylu. To se však naprosto nepotvrdilo. St. Lhotský máčel naklíčené obilky pšenice (*Triticum aestivum* cv. *Pyšelka*) a ječmene (*Hordeum vulgare* cv. *Valtický*) po 24 hodin v  $10^{-3}$  nebo  $10^{-4}$  M roztoku streptomycinu ve vodě nebo v roztoku K- nebo Na-humátu 100 mg/l se stejným množstvím streptomycinu. Kultury po vlivu humátu se streptomycinem byly stejně albikátní jako kultury máčené ve streptomycinu bez humátu. Vliv streptomycinu potlačoval silně růst koleoptile a listu a hlavně kořenů. Rostliny po vlivu streptomycinu rostly s humáty podstatně lépe, ale zůstávaly albikátní.

Podle dosavadních pokusů J. Havránkové neovlivňuje humát celkový obsah lipidů u pšenice.

Sv. Fialová (nepublikováno) sleduje vliv humátů na množství nukleových

Tabulka 1

Varianta:	Obilka		Šestidenní rostliny (jeden list)										
	suchá	po 24 hod. bubření	kořeny kultury ve			listy							
			H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O + humát	Ž.r.**	Ž.r. + humát	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O + humát	Ž. r.	Ž. r. + humát			
Kyselina akonitová	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
citronová	++	++	-	+	++	++	+	++	++	++	++	++	++
fumarová	-	++	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+
jablečná	-	+	++	++	++	++	+	+	+	+	+	+	+
jantarová	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
vinná	-	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
X*)	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Rf 0 až 0,1	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Rf 0,23	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rf 0,35	-	+	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-
Rf 0,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+

\*) kyselina glutamová?

\*\*) Knopův živný roztok 3 díly + H<sub>2</sub>O jeden díl.

kyselin v mladých rostlinách pšenice (*Triticum aestivum* cv. *Pyšelka*). Pokusy ukazují vyšší obsah nukleových kyselin při rychlejším růstu.

Prudký vzestup obsahu ribonukleové kyseliny mezi prvním a třetím dnem po přenesení do roztoku Na-humátu ve vodě souhlasí s obdobím nejvyššího růstu a také s relativně vyšším obsahem dusíku v kořenech. Při přepočtu na jednotku sušiny je procento RNK vyšší u rostlin z roztoku humátu nežli z roztoku ve vodě. Obsah DNK je vyšší pouze při přepočtu na jednu rostlinu; při přepočtu na sušinu je množství v rostlinách z vody i z humátu stejné.

Přímo nebo nepřímě ovlivňují humáty enzymatický systém. Nejpodrobněji jsou analysovány pochody dýchací (L. A. Christěva, Št. Gumiński, M. Šmídová).

V kořenových špičkách pšenice nepozorovala J. Havránková histochemickými metodami zřetelný rozdíl v lokalizaci a obsahu nespecifické esterázy mezi kulturami bez humátu a s humátem.

V pokusech Al. Činčerové se vliv kultivačního živného roztoku, v němž rostliny byly pěstovány, projevil na aktivitě glutamových transaminás z rostlin pšenice. Nejvyšší aktivity dosahovaly preparáty z rostlin pěstovaných v minerálních roztocích bez ohledu na přítomnost kaliumhumátu. Kaliumhumát zvýšil aktivitu transamináz pouze v kořenech rostlin, které byly pěstovány ve vodě a které projevíly vlivem humátu růstovou stimulaci a zvýšené množství volných cukrů, kyseliny glutamové a alaninu. Význačné rozdíly byly v aktivitě tkání z nadzemních částí a kořenů rostlin (Činčerová 1964).

V další etapě práce Činčerová navázala na tyto poznatky a sledovala transaminační reakce s kyselinou asparagovou a asparaginem. Zdroje enzymu: 1) amoniumsulfátová frakce, 2) čerstvé dialysované extrakty. Sledované transaminační reakce: aspartát — glutamát, aspartát — alanin, asparagin — glutamát, asparagin — alanin. Výsledky pokusů ukázaly značný rozdíl mezi glutamovými a asparagovými transaminázami. Asparagové transaminázy měly nejnižší aktivitu ve variantách živného roztoku (v růstově nejsilnější variantě) a nejvyšší ve vodě, tedy v růstově nejslabší variantě. Varianty s humátem měly v těchto pokusech „střední“ aktivitu, protože i růstově vykazovaly střední hodnoty. Výrazněji se v těchto pokusech vliv humátu neprojevil. Nízká aktivita enzymů spolu s nízkými hladinami endogenní kyseliny asparagové a jejího amidu charakterisovala tedy intenzivně rostoucí rostliny s dobrou zásobou živin. Rozdíly v aktivitě tkání (nadzemní část a kořeny) však byly opět výrazné. Stejně jako v pokusech s glutamovými transaminázami měly kořenové tkáně vyšší enzymatickou aktivitu.

Výklad vlivu humusových látek na organismy a na jejich metabolismus je nutno rozdělit na dva směry. Zmiňuji se o tom proto, že někdy nebývají tyto směry dosti přesně rozlišovány nebo definovány. Je to především vliv celého komplexu organických látek v přírodě, v půdě; je však nutno zdůraznit, že jak přirozené humusové látky tak izolované preparáty humusových kyselin obsahují i minerální látky, to je popel. Tyto minerální složky jednak modifikují vliv organických substancí — stačí poukázat na často diskutovaný vliv železa a mikroprvků; jednak

zase humáty značně mění vliv těchto prvků a proto mikroprvky v nich obsažené působí podstatně jinak ve vodě nebo v minerálním živném roztoku nežli za přítomnosti chelatisujících humátů. Tak např. v roztoku s humáty je toxicita různých prvků podstatně nižší (St. Lhotský 1955, 1960).

M. Šmídová (nepublikováno) srovnávala kultury rostlin pšenice (*Triticum aestivum* cv. *Pyšelka*) v destilované vodě, v roztoku Na-humátu (100 mg/l) a kultury s odpovídající koncentrací NaOH a KOH ( $4 \cdot 10^{-4}$  N) ve vodě.

Tabulka 2

Průměrný obsah celkového dusíku				
Na-humát	NaOH	H <sub>2</sub> O	KOH	K-humát
v nadzemní části v % sušiny				
2,5	2,4	2,3	2,4	2,60
v % kontroly				
110	104	100	106	113
mg N v jedné rostlině v nadzemní části				
0,66	0,43	0,30	0,48	0,55
v % kontroly				
220	143	100	160	183
v kořenech v % sušiny				
1,7	1,8	1,7	2,—	1,7
v % kontroly				
103	109	100	118	103
mg N v kořenech jedné rostliny				
0,12	0,11	0,08	0,11	0,09
v % kontroly				
150	137	100	137	112

Tabulka 3

Intensita dýchání kořenových špiček				
Na-humát	NaOH	H <sub>2</sub> O	KOH	K-humát
ml O <sub>2</sub> na 1 g čerstvé váhy za 10 minut				
170	125	103	125	138
v % kontroly				
165	121	100	121	134



Vliv K-humátu a Na-humátu ve srovnání s odpovídající koncentrací příslušného hydroxydu se lišil podle toho, posuzujeme-li délkový růst, čerstvou (svěží) váhu nebo sušinu. I obsah celkového dusíku a intenzita dýchání se lišily.

Dále je v přirozených humusových látkách v půdě řada různých působků, erginů, tj. vitaminů, enzymů, růstových látek a podobných sloučenin. O tom je dnes už v literatuře velmi mnoho zpráv; tyto sloučeniny růst rostlin různým způsobem ovlivňují (Prát 1964, p. 68 n.). Půdy mohou někdy obsahovat i různé jedovaté organické látky.

Druhý směr se týká vlivu izolovaných humusových preparátů. Poněvadž humusové substance působí velmi silně na růstové pochody, byly někdy označovány jako růstové látky; jak jsme však ukázali jejich vliv se podstatně liší od růstových látek skupiny auxinoidů. To můžeme zatím pouze konstatovat, vysvětlení je nutno hledat. I když humusové látky nedávají pozitivní výsledky testů na růstové stimulatory, ovlivňují patrně některé metabolické pochody obdobně jako auxiny (W. Flaig, L. A. Christěva 1965).

Mluvil jsem stále o rostlinách, ale v poslední době se množí práce i o vlivu humusových látek na živočichy. Od prvních pokusů prof. Št. Gumiňského s amebami až k dnešním zkouškám přidávat humusové látky ke krmivu (J. Badal, VI. Zalabák a VI. Škoda 1965) je však ještě dlouhá cesta k výkladu; o vlivu na metabolismus živočišné buňky víme stále ještě méně nežli o vlivu na rostliny.

Pokusy o výklad vlivů humusových substancí na metabolismus jdou různým směrem. Důležitý je účinek chelatisační, ale sám o sobě k výkladu nestačí.

Humusové látky ovlivňují pochody dýchací a mají značný vliv na různé enzymatické systémy.

Některé pokusy ukazují vztah vlivu humátů k pochodům fosforylačním (J. Řeřábek, W. Flaig).

R. 1958 jsem uvedl jako jednu z možných teorií o vlivu humusu hypothesu, že kyseliny humusové působí reakci volných radikálů; tehdy to nebylo možno experimentálně doložit, poněvadž nebyla aparatura o dostatečné citlivosti. Dnes však se už píše o volných radikálech v uhlí i v populárně vědeckých příručkách. I přímo v humusových kyselinách jsou volné radikály předpokládány (Ziechman, Kickuth 1961) a práci amerických chemiků (Steelink, Tollin, Reid 1962) byly v jedné molekule kyseliny humusové dokázány nejméně dva druhy volných radikálů (chinoidní). Na význam toho pro biologické neenzymatické kondensační reakce poukázali H. Aurich, D. Mücke a R. Obenaus (1963). Zdá se, že vliv humátů na růst není specifický. Při růstu zrychleném jinými vlivy než humátem, lze pozorovat obdobné změny v metabolismu, jako při vlivu humátů. Bude nutno podrobně sledovat metabolismus nejrůznějších sloučenin a aktivitu různých enzymů, abychom pak ze srovnávacích studií mohli odvodit vztahy mezi ovlivněním růstu různými chemickými i fyzikálními vlivy.

## LITERATURA

Publikace o humusu jsou sestaveny v bibliografii:

- Prát S.: Literatura o humusu. ČSAV, cyklostyl, Praha, 1960. 555 pp. (2675 citací s indexem).
- Z novějších publikací uvádíme:
- Acta agrobotanica 9: 1—198, Warszawa 1960.
- Aurich H., Mücke D., Obenaus R.: Zur Biochemie der Huminsäuren. II. Acta biol. med. germ. 11 (3): 311—322, 1963.
- Burges A., Walkden S. B., Hurst H. M., Dean F. M., Hirst M.: Nature of Humic Acids. Nature 199 (4894): 696—697, VII., 1963.
- Christěva L. A.: O jedinstve v mechanizme dějsvija fiziologičeski aktivnych veščestv. Tezisy dokladov naučnoj konferenciji po itogam naučnoisledovatel'skoj raboty instituta za 1963 god. Minist. sel'skochoz. SSSR, Dněpropetrovskij sel'skochoz. inst. Izd. Promin, Dněpropetrovsk, 1965, p. 6—9.
- Činčerová A.: Über den Einfluss der Humussäure auf die Veränderungen der freien Zucker in Weizenpflanzen. Vlijanije gumusovoj kisloty na dinamiku svobodnych sacharidov pšenici. Stud. a. Humus 47—62, ČSAV, Praha, 1962.
- Činčerová A.: Der Einfluss von Humussäure auf das Wachstum und Veränderungen des freien Zuckergehaltes bei Winterweizenpflanzen, die im Dunkeln kultiviert wurden. Biologia Plant. 5 (2): 109—119, 1963.
- Činčerová A.: The Effect of Humic Acid on Transamination in Winter Wheat Plants. Biol. Plant 6 (3): 183—188, 1964.
- Farmer V. C., Morrison R. I.: Chemical and Infrared Studies on Phragmites Peat and its Humic Acid. Scient. Proceed. Royal Dublin Soc. Ser. A, 1 (4): 85—104, 1960.
- Fišerová J.: Frekvence mitos v závislosti na růstu. Diplom. práce přírodověd. fak. University Karlovy, 1962, 75 pp.
- Flaig W.: Chemie der Humusstoffen. Suomen Kemistilehti A 33: 229—251, 1960.
- Flaig W.: Über den Einfluss von Verbindungen aus gerottetem Stroh auf den pflanzlichen Stoffwechsel. On the Influence of Compounds from Rotted Straw on the Metabolism of Plants. Stud. a. Humus, 67—73, 1962.
- Gumiński St., Gumińska, Z.: Pośredni i bezpośredni wpływ związków próchnicznych na organizm rośliny wyższej. Zeszyty naukowe Szczecin 149—156, 1962.
- Guminovyje udobrenija. Teorija i praktika ich primeněnija. (Red. S. S. Dragunov, L. A. Christěva). Gosud. izdat. sel'skochoz liter. Ukrainskoj SSR. Kiev, 1962, 652 pp.
- Kononova M. M.: Organičeskoje veščestvo počvy. Izd. AN SSSR, 1963, 315 pp.
- Kvěť J.: Biologické působení rašeliny a rašelíniku. Diplomová práce. přírodověd. fak. University Karlovy, Praha 1955.
- Kvěť J.: Vliv rozpustných složek rašeliny a rašelíniku na růst kultur řas. Preslia 30: 126—137, 1958.
- Lhotský St.: Studie biologické aktivity zemitěho hnědého uhlí, tak zvaného kapucínu, na kulturách řas. Statja o vlijaniji zemlistých vidov burych uglej, tak nazývaemych kapucinov, na kultury vodoroslej. The influence of some kinds of soft lignite on the cultures of Algae. Universitas Carolina, Biologica 1 (2): 155—213, 1955.
- Lhotský St.: O pływie próchnic na glony. The influence of humic substances on the cultures of algae. Acta agrobotanica 9 (1): 113—116, 1960.
- Opatrná-Fišerová J.: Der Einfluss von K-Humat auf Teilung und Längenwachstum der Wurzelspitzenzellen von Allium cepa. Biologia pant. 6 (2): 122—131, 1964.
- Opatrný Zd.: Distribuce organických sloučenin v rostlině. (Metabolismus organických sloučenin v závislosti na humusu). Dipl. práce, Přírodov. fak. UK, Fysiologie rostlin 5, 1963, 72 pp.
- Prát, S. Čatský J., Melichar O.: Vliv humusových látek (oxyhumolitu) na rostliny. The Effect of Humus Substances (Oxyhumolits) on Plants. Acta Societatis Botanicorum Poloniae 26 (2): 69—91, 1957.

- Prát S.: Humifizierungsvorgänge und Bedeutung des Humus. Procesy na gumificiranie i značenie na gumusa. Sbornik ot naučni trudove po biologija i medicina v pamet na Metodij Popov. Bulgar. akad. na naukite 219—226, Sofia, 1958.
- Prát S.: Distribution of the Humus Substance-Fractions in Plants. *Biologia Plantarum* 3 (4): 308—312, 1960.
- Prát S.: Permeability of Plant Tissues to Humic Acids. *Biologia Plantarum* 5 (4): 279—283, 1963.
- Prát S.: Humus a jeho význam. ČSAV, Praha 1964, 166 pp.
- Řeřábek J.: Vliv huminových kyselin na růst a metabolismus rostlinné buňky. Kandid. práce přírodov. fak. University Karlovy, Praha 1963, 60 pp, 52 grafů.
- Scheffer F., Ulrich B.: Humus und Humusdüngung Bd. 1. Lehrb. d. Agrikulturchemie u. Bodenkunde Teil III. Stuttgart 1960, 266 pp.
- Steelink C., Tollin G., Reid T.: Humic Acid Contains Stable. Free Radicals. *Chem. Engng. News* 40: 53—54, Sept. 24., 1962.
- Studies about Humus (Red. S. Prát VI. Rypáček). ČSAV, Praha, 1962.
- Šmídová M.: O vplywie humianu na oddychanie pszenicy. The Influence of Humate on the Respiration of Wheat. *Acta Agrobotanica* 9 (1): 129—143, 1960.
- Šmídová M.: The Influence of humus Acid on the Respiration of Plant Roots. Vlijanije gumusovoj kisloty na dychanije kornej rastenij. *Biologija Plantarum* 2 (2): 152—164, 1960.
- Šmídová M.: Über den Einfluss von Na-Humat auf die Oxydations-Reduktions-Prozesse in den Wurzeln von Winterweizenpflanzen. Vlijanije gumata-Na na oksidovosstavitelnyje processy v kornjach rastenij ozimoj psenici. *Stud. a. Humus* 291—304, 1962.
- Zalabák V., Škoda V.: Rašelinové výluhy v krmných dávkách zvířat. *Zemědělec* 14 (XLVII, 23): 2—3, 9. VI. 1965.
- Ziechmann W., Kickuth R.: Die Struktur der Huminsäuren (Zur Theorie der Huminstoffe). *Kolloid-Ztscher.* 174 (1): 38—46, 1961.