

Oskars Purmalis
Jānis Šīre

HUMUSVIELAS UN TO IZMANTOŠANAS IESPĒJAS

SATURS

Kas ir humusvielas?	3
Humusvielu izcelsme	5
Humusvielu nozīme organiskā oglekļa biogeoķīmiskajā aprites ciklā	6
Humusvielu nozīme vidē	7
Humusvielu izdalīšanas metodes	9
Humusvielu molekulu iespējamā struktūra	12
Humusvielu izmantošanas jomas	16
Humusvielu izmantošana degradētas vides rekultivācijā	21
Humusvielu bioloģiskā aktivitāte un to izmantošana medicīnā un farmācijā	24
Humusvielu un humātu izmantošana rūpniecībā	27
Izmantotā literatūra	31

KAS IR HUMUSVIELAS?

Kad redzam augsnes tumšo krāsu, mēs to uztveram kā augsnes auglības rādītāju. Tomēr ne tikai augsnes krāsu, bet arī tās auglību, kā arī daudzas citas īpašības nosaka noturīgas, dabiskas izcelsmes augsnes organiskās vielas – humusvielas. Zinātniski tās var definēt kā bioloģiski noturīgas, lielmolekulāras, heterogēnas uzbūves dabiskas izcelsmes organiskās vielas ar plašu krāsu spektru (no dzeltenas līdz melnai) (Stevenson, 1982). Humusvielas ir atrodamas ūdeņos, to nogulumos, augsnē. Tās veido nozīmīgu daļu fosilo organisko nogulumu (ogles, lignīts, kūdra).

Vecums

Humusvielu vecums atkarībā no to atrašanās vietas var būt ļoti dažāds. Humusvielas, kas atrodas ūdeņos vai atkritumos, ir dažus gadus vai tikai dažus mēnešus vecas, bet tās, kas atrodas jūras ūdeņos, ir vairākus simtus gadu senas. No fosilajiem nogulumiem (lignīta, leonardīta, kūdras utt.) izdalīto humusvielu vecums var sasniegt pat vairākus miljonus gadu (Steinberg, 2003). Latvijas apstākļos šādas humusvielas nav sastopamas, jo augsne un purvu masīvi ir veidojušies pēc ledus laikmeta.



1. attēls. Humusvielas veidojas augsnē, kūdrā

Izmērs

Molekulu izmērs var svārstīties no 400 līdz pat 1 000 000 oglekļa vienībām – daltoniem.

Spēja mijiedarboties

Humusvielām piemīt izteikta spēja veidot kompleksus ar metāliem, spēja šķīdināt hidroforas organiskas vielas, kā arī samazināt šķīdumu virsmas spraigumu. Tāpēc humusvielas var būtiski ietekmēt vides īpašības, arī bioloģisko procesu norisi tajā (Hessen and Tranvik, 1998).

Pēc šķīdības pakāpes ūdenī pastāv trīs frakcijas:

- **humīns** – humusvielu frakcija, kas nešķīst ūdenī;
- **humīnskābes** – humusvielu frakcija, kas šķīst ūdenī, ja $\text{pH} > 2$;
- **fulvoskābes** – humusvielu frakcija, kas šķīst ūdenī, pastāvot jebkuram pH (Aiken et al., 1985).



2. attēls. Humusvielas iedala 1) fulvoskābes; 2) humīnskābes; 3) humīns



3. attēls. Organisko vielu transformācijas evolūcija – humusvielu veidošanās

HUMUSVIELU IZCELSME

Humusvielas var veidoties dažādās vidēs, un šādām humusvielām ir autohtona izcelsme, vai arī tās var tikt ienestas no saistītām vidēm (allohtonā izcelsme), piemēram, augsnes humusvielām ieskalojoties virszemes vai pazemes ūdeņos (Aiken et al., 1985).

Tās radušās sekundārās sintēzes (humifikācijas) rezultātā, satrūdot un transformējoties biomolekulām, kas veidojušās no atmirušiem organismiem mikroorganismu iedarbībā uz organiskajām atliekām. Humifikācija ir ļoti sarežģīts bioķīmisks process (augu un dzīvnieku atlieku sadalīšanās, organisko vielu mineralizācija, mikroorganismu iedarbība uz organiskajām atliekām u.c.), kuras rezultātā notiek organisko vielu sadalīšanās, tālāka transformācija un akumulācija kādā no vidēm (Kļaviņš, 1998).

Humifikācijas procesā mikroorganismi noārda un metabolismam patērē lielāko daļu no organisko atlieku sastāvā esošo ogļhidrātu, lipīdu, nukleīnskābju un olbaltumvielu, un šī mikroorganismu veiktā barības vielu asimilācija ir uzskatāma par pirmo soli humusvielu veidošanās procesā. Dažas no minētajām vielām, piemēram, cukuri un ciete, ir vieglāk sadalāmas, turpretī celuloze un hemiceluloze mikroorganismu darbības ietekmē noārdās grūtāk, bet tauki, vaski un lignīns ir visnoturīgākie pret bioloģisko degradāciju (Ziechmann, 1994).

Humifikācijas procesu raksturs dažādās vidēs nosaka zināmu līdzību dažādas izcelsmes humusvielu sastāvā. Vienlaikus jāpiebilst, ka atkarībā no humifikācijas apstākļiem vidē, tās fizikāli ģeogrāfiskajiem apstākļiem, bioloģisko procesu intensitātes humusvielu īpašības var stipri atšķirties (atšķirīgas ir, piemēram, augsnes, kūdras un ūdeņu humusvielas).

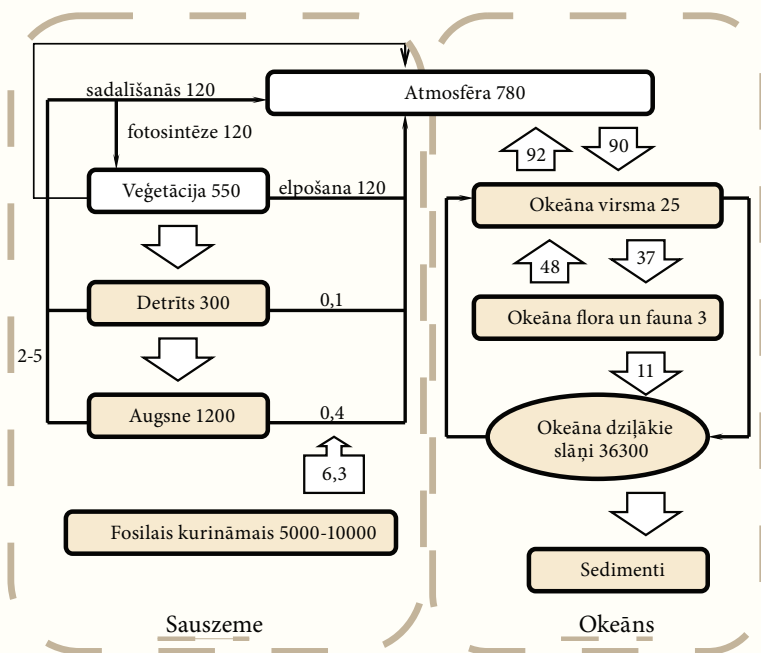
Humifikācijas procesu ātrumu raksturo vairāki parametri:

- materiāla daudzums, kas tiek iesaistīts humifikācijas procesā;
- konsumentu (heterotrofisko organismu) kopienas, kuras pārtiek no organiskajām vielām;
- vides apstākļi (temperatūra, vides reakcija, oksidēšanās-reducēšanās apstākļi u.c.).

Humifikācijas sekmēšana ir nozīmīga augsnes veidošanās procesos (kompostēšana).

HUMUSVIELU NOZĪME ORGANISKĀ OGLEKĻA BIOĢEOĶĪMISKAJĀ APRITES CIKLĀ

Humusvielas veido augsnes, ūdeņu un daudzu fosilo oglekli saturošo minerālu (kūdras, sapropeļa, brūnogļu) galveno masu. Uz Zemes humusvielas ir $2-3 \times 10^{10}$ t (Jones and Bryan, 1999), un tāpēc tās var uzskatīt par visizplatītāko organisko vielu. Lielākie humusvielu krājumi atrodas izšķīdušā veidā Pasaules okeānā (4. att.), tās veido arī augsnes organiskās vielas (Ziechman, 1994).



4. attēls. Oglekļa biogeoķīmiskās aprites cikls (tilpes (Gt) un plūsmas (Gt/gadā)) (Hedges and Oades, 1997)

HUMUSVIELU NOZĪME VIDĒ

Humusvielu uzbūve ļauj tām mijiedarboties ar dažādu vielu grupām, piemēram, neorganiskajiem joniem, veidojot sāļus un kompleksus savienojumus, kā arī ar hidroforām organiskām vielām (Aiken et al., 1985; Ziehmman, 1994). Humusvielu spēja aktīvi mijiedarboties ar dažādām vidē esošām vielām nosaka to lielo nozīmi dabā noritošajos procesos (5. att.), bet vienlaikus, ņemot vērā to lielo masu dažādās vidēs (augsnē, kūdrā), tās spēj būtiski ietekmēt pašas vides īpašības, arī bioloģisko procesu norisi tajā.

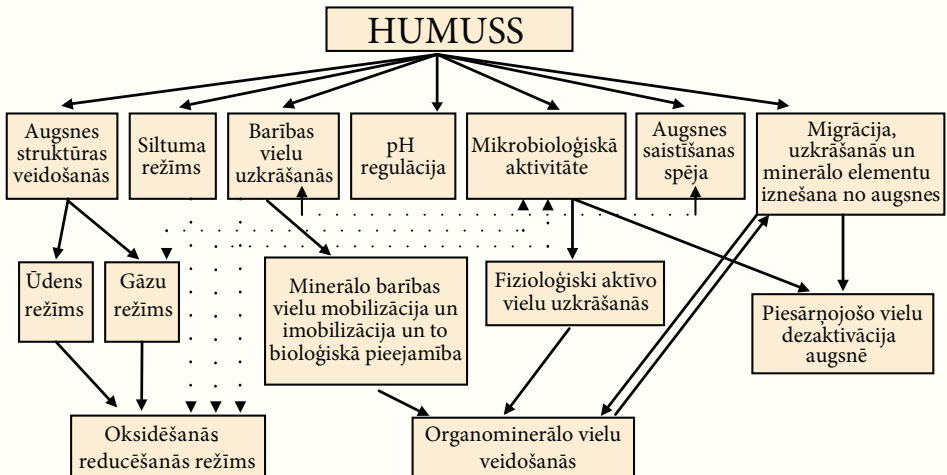
Humusvielu nozīmīgākās īpašības vidē norisošajos procesos ir šādas:

- 1) *noturība pret ķīmisko un bioloģisko degradāciju* – humusvielas ir noturīgas pret mikrobiālo degradāciju, tādēļ to vecums var sasniegt pat 15 000 un vairāk gadu (Stevenson, 1982);
- 2) *humusvielas ir stabīlas* arī attiecībā pret vidē sastopamo skābju, bāzu un oksidētāju iedarbību. Intensīva humusvielu degradācija notiek fotoķīmiski, sevišķi katalizatoru klātbūtnē;
- 3) *spēja saistīties ar augsnes un ūdens minerālajiem komponentiem un organiskajiem savienojumiem* (Stevenson, 1982), kas ietekmē piesārņojošo vielu migrācijas raksturu (Kļaviņš, 1998);
- 4) *spēja saistīties ar metālu joniem* – humusvielās ir augsts tādu funkcionālo grupu saturs, kuras nosaka humusvielu spējas veidot savienojumus ar metālu joniem. Tāpēc ar humusvielām bagātos ūdeņos metāli galvenokārt atrodas nevis brīvu jonu, bet gan humīnskābju un fulvoskābju sāļu un kompleksu savienojumu veidā (Buffle, 1988). Līdz ar to humusvielas ietekmē metālu (īpaši smago metālu) transportu un atrašanos vidē.

Humusvielu spējai veidot stabilus kompleksus ar augsnes vai ūdens neorganiskajiem un organiskajiem komponentiem ir liela nozīme vides piesārņojuma līmeņa mainībā, kā arī piesārņojošo vielu transformācijas procesā. Galvenokārt atzīmējamas šādas galvenās humusvielu funkcijas vidē:

- 1) *akumulatīvā funkcija* – augsnē uzkrājas ar humusvielām saistītie dzīvo organismu barošanās elementi: 90–99% N, ievērojama daļa P un S, kā arī K, Ca, C, Mn, Fe un gandrīz visi mikroelementi;
- 2) *transporta funkcija* – to nosaka minerālo un organisko vielu ģeoķīmisko plūsmu veidošanās, īpaši ūdens vidē, kur veidojas noturīgi, bet relatīvi viegli šķīstoši humusvielu savienojumi ar metālu katjoniem, hidroksīdiem, dažādām organiskajām vielām un alumosilikātiem.

- 3) *regulējošā funkcija* nosaka daudzus vidē norisošos procesus:
 - augsnes struktūras un fizikālo īpašību veidošanos,
 - līdzsvara uzturēšanu jonu apmaiņas reakcijās, skābju–bāzu apmaiņu,
 - augu barošanos (regulē minerālo komponentu šķīšanu ūdenī un pieejamību dzīvajiem organismiem),
 - augsnes siltuma režīma regulēšanu (ietekmē spektrālās atstarošanas spējas, augsnes masas siltumietilpību un siltumvadāmību),
 - augsnes ķīmiskā sastāva diferenciācijas procesus.
- 4) *aizsargfunkcija* – humusvielas darbojas kā “ģeokīmiskā barjera”:
 - aizsargā augsni no sausuma un pārmērīga mitruma,
 - pasargā augsni no erozijas un deflācijas,
 - saglabā augsnes fizikālās īpašības, pastāvot antropogēnām slodzēm,
 - mazina toksisko vielu negatīvo iedarbību un migrāciju vidē.
- 5) *fizioloģiskā funkcija* izpaužas galvenokārt kā humusvielu tiešā fizioloģiskā iedarbība uz augiem un mikroorganismiem (Орлов, 1990).



5. attēls. Humusvielu loma augsnes veidošanā, produktivitātē un aizsardzībā (pārveidots pēc Орлов и др., 2002)

HUMUSVIELU IZDALĪŠANAS METODES

Humusvielu izdalīšanu no vides apgrūtina tas, ka tās atrodas saistītā veidā gan ar detritu un citām organiskām vielām (gan mazmolekulārām, gan lielmolekulārām vielām), gan ar neorganiskām vielām un minerāliem. Šī iemesla dēļ ļoti apgrūtināta ir augsti attīrītu humusvielu paraugu iegūšana, nedegradējot to sākotnējo lielmolekulāro struktūru. Vēl aizvien ir aktuāli pētījumi par humusvielu ekstrakcijas metodēm.

Šobrīd ir izstrādāts daudz ekstrakcijas metožu, bet, lai nodrošinātu humusvielu paraugu salīdzināmību, tiek rekomendēts lietot standartmetodes (Stevenson, 1982), kuru izmantošana nodrošina minimālas humusvielu īpašību izmaiņas un makromolekulu degradāciju.

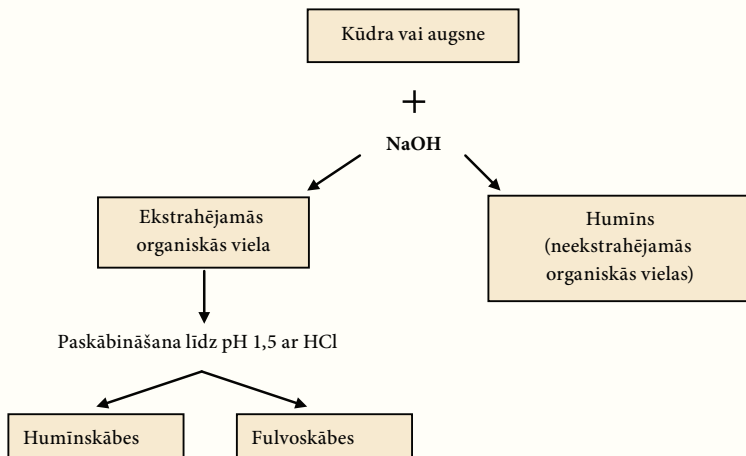


6. attēls. Humīnākāju koncentrēts ūdens šķīdums ir tumši brūnā krāsā: ar skābi tās izgulsnējas kā pastveida nogulsnes, bet ūdens fāzē paliek kā fulvoskābes

Ideālai ekstrahēšanas metodei no kūdras un augsnes (līdzīgas prasības tiek izvirzītas arī humusvielu izdalīšanai no citām dabas vidēm) jāatbilst četriem kritērijiem:

- 1) metode nedrīkst mainīt izdalītā materiāla dabiskās īpašības;
- 2) ekstrahētajām humusvielām jābūt brīvām no neorganiskajiem piemaisījumiem, piemēram, māla daļiņām un daudzvērtīgiem katjoniem;
- 3) ekstrahēšana ir ideāla, ja iegūtas humusvielu frakcijas ar visplašāko molekulmasu spektru;
- 4) metode lietojama humusvielu izdalīšanai no dažādām vidēm.

Humusvielu ekstrakcijai no cietas fāzes paraugiem izmantojami sārmu metālu hidroksīdi, karbonāti, hidroģēnkarbonāti, pirofosfāti, kā arī citi savienojumi (Aiken et al., 1985). Visplašāk kūdras humusvielu ekstrahēšanai izmanto NaOH šķīdumus (6. att.), jo tie salīdzinājumā ar citiem ekstrahentiem ļauj izdalīt 30–60% augsnes vai kūdras humusvielu. Starptautiskā humusvielu pētnieku savienība (IHSS) iesaka izmantot standartmetodi – ekstrahēšanu ar NaOH šķīdumu un paskābināšanu ar HCl (7. att.), kā arī piedāvā standartizētus paraugus ekstrahēšanai no dažādām vidēm.



7. attēls. Kūdras un augsnes humusvielu ekstrahēšanas un frakcionēšanas shēma

Humusvielu nešķīstošo frakciju – humīnu galvenokārt veido organiskās vielas, kuras raksturo liels daudzums hidroforu struktūru. Humusvielu nešķīstošās frakcijas – humīna izdalīšanai, kā arī attīrīšanai rekomendē augsni, kūdru vai nogulumus apstrādāt ar HCl, HF un HCl–HF šķīdumiem. Šāda veida apstrāde maina organisko vielu ķīmisko struktūru, tāpēc tiek piedāvāta metilizobutiltketona metode (Rice and MacCarthy, 1989). Saskaņā ar šo metodi pēc ekstrakcijas ar metilizobutiltketonu humusvielas tiek izolētas suspensijas veidā. Tādējādi tiek samazināta ekstrakcijas procesa ietekme uz izdalītā materiāla īpašībām.

Humusvielu izdalīšana no ūdens salīdzinājumā ar to izdalīšanu no augsnēs un kūdras ir sarežģītāka procedūra. Humusvielu koncentrācija ūdenī ir ievērojami mazāka (pat 1–10 mg/L), tomēr, izmantojot vairākas ūdens humusvielu īpašības, ir iespējams tās izdalīt pat niecīgu organiskā oglekļa koncentrāciju gadījumā (Kļaviņš 1998) :

- humusvielām ir liela molekulmasa;
- humusvielas spēj veidot nešķīstošus kompleksus ar smagajiem metāliem;
- karboksilgrupu klātbūtne molekulā un spēja mijiedarboties ar anjoniem;
- hidrofobais uzbūves bloks humusa molekulā un spēja mijiedarboties ar hidrofobām molekulām.

Šīs īpašības nosaka to, ka ūdeņu humusvielu izdalīšanai tiek izmantota ultrafiltrācija (Wershaw and Aiken, 1985), izolēšana sāļu veidā (Fe, Pb, Cu fulvāti vai humāti) vai izmantojot sorbentus (XAD), anjonītus (DEAE celuloze) vai polimērus (Kļaviņš, 1998).

Pēdējos gados ļoti aktīvi dažādās jomās tiek izmantotas ultraskaņas tehnoloģijas. Arī humusvielu ekstrakcija ar ultraskaņu ir pētīta, taču pastāv vairāki ierobežojumi, piemēram, šajā procesā var notikt humusvielu struktūras degradācija, tāpēc šī metode netiek ieviesta kā standartmetode. Bez ultraskaņas izmantošanas pastāv arī citas efektīvas ekstrahēšanas metodes (kavitācija, elektroizlāde, tvaika sprādziens), taču tās visas stipri ietekmē arī pašu materiālu.

Mūsdienās humusvielas saturošus produktus piedāvā daudzi ražotāji. Arī Latvijā tiek ražoti un izplatīti vairāki lauksaimniecībā izmantojami humusvielu šķīdumu preparāti.

HUMUSVIELU MOLEKULU IESPĒJAMĀ STRUKTŪRA

Ņemot vērā to, ka humusvielām ir heterogēna uzbūve un to sastāvs var atšķirties atkarībā no ieguves vides, kā arī mainīties ekstrakcijas procesā, noteikt to struktūru ir liels izaicinājums. Taču pētījumi šajā jomā turpinās un tiek piedāvāti jauni humusvielu hipotētiskās uzbūves modeļi.

Pilnveidojoties zināšanām par humusvielu veidošanos un attīstoties jaunām pētniecības metodēm, mainījušies arī priekšstati par humusvielu molekulu uzbūvi. Humusvielu struktūru modeļu izstrādē neizdala atsevišķi augsnes, kūdras un ūdeņu humusvielas. Pastāv vairākas pieejas humusvielu struktūras noteikšanai, un tās var iedalīt šādās grupās:

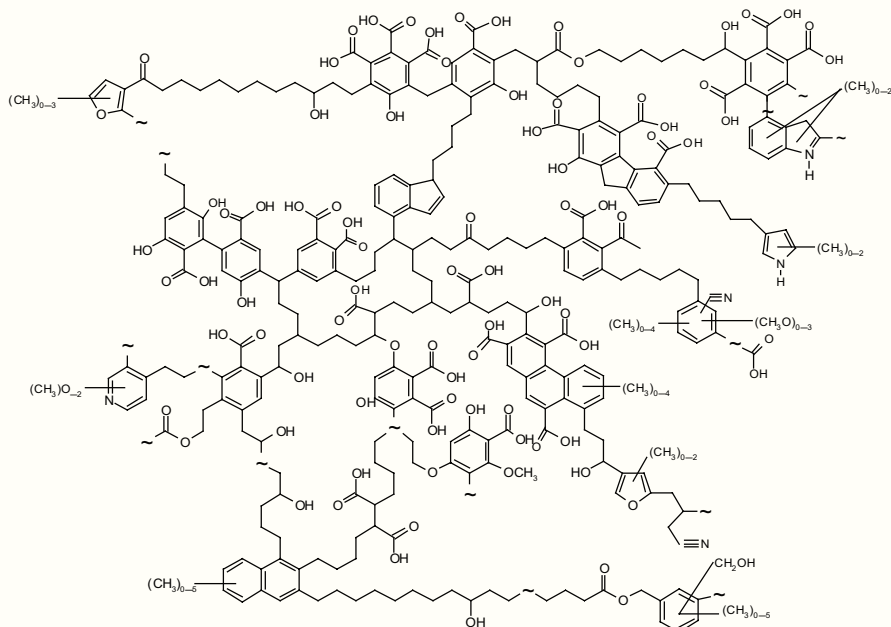
- 1) teorētiskā pieeja izmanto atsevišķus humusvielu raksturlielumus: element-sastāvu, spektrālās īpašības, skābes-bāzes īpašības, esošos humusvielu molekulu uzbūves modeļus;
- 2) degradācijas pieeja pamatota uz mazmolekulāro savienojumu analīzi, kurus iegūst, sadalot humusvielas. Iegūtos datus izmanto humusvielu struktūru modeļu izveidošanai;
- 3) nedestruktīvā pieeja pamatota uz analīzes metodēm, kuras minimāli ietekmē humusvielu oriģinālo struktūru;
- 4) humusvielu struktūru modeļu izveidošana, pamatojoties uz pētījumiem par humusvielu nozīmi apkārtējā vidē.

Ņemot vērā to, ka ilgu laiku nebija vienotas koncepcijas par standartizētām humusvielu paraugu iegūšanas metodēm, aprakstītie struktūras modeļi bija principiāli atšķirīgi. Pirmos humusvielu struktūru modeļus (1930–1950) izstrādāja, pamatojoties uz tā laika priekšstatiem par augsnes humusa struktūru un izmantojot samērā trūcīgo informāciju par pētāmo materiālu. Humusvielas tika attēlotas kā telpiskas struktūras, kuras veido kondensēti aromātiskie gredzeni ar alifātiskām sānvirknēm – karboksilgrupām un hidroksilgrupām. Šie modeļi parādīja humusvielu nozīmi organiskā materiāla transformēšanā un to iespējamo nozīmi ogļu, naftas un citu fosilo nogulumu veidošanā.

Otra pieeja balstījās uz dažādu struktūrelementu (kondensētu hinoidālu struktūru, lignīna atlikumu) grupēšanu, iegūstot hipotētiskas struktūras, kas izmantojamas, lai izskaidrotu dažādas humusvielu īpašības (Dragunov, 1948). Kaut gan piedāvātais modelis balstījās uz 20. gs. 40. gadu zināšanām par humusvielu

īpašībām un struktūru, tajā parādījās galvenās humusvielu īpašības, ko eksperimentāli izdevās pierādīt tikai 20. gs. 90. gados.

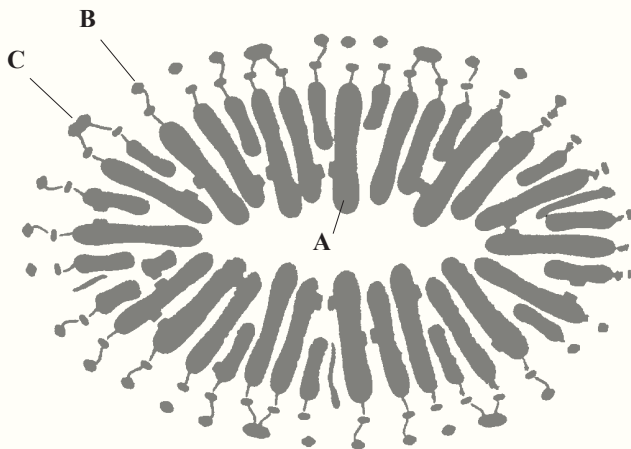
Būtiskas informācijas trūkums par humusvielu struktūru noteica teorētisku humusvielu modeļu izveidošanu, kas galvenokārt izpaudās kā zināmu ideju brīva kombinācija, piemēram, 60. un 70. gados piedāvātā humusvielu molekulas struktūra tika balstīta uz zināšanām par lignīna struktūru 60. gados. Savukārt 70. gados fulvoskābju molekulas struktūrā tika atklāti aromātiskie un alifātiskie komponenti, kas aizvietoti ar skābekli saturošām funkcionālām grupām. Taču vēlāk tika izvirzīta hipotēze, ka fulvoskābes molekulai ir mazāk aromātisko struktūru nekā humīnskābes molekulai, jo tā satur mazāk C un vairāk H. Tādēļ fulvoskābēm ir vāji izteikts aromātisko ogļūdeņražu centrs un tās vairāk satur alifātiskās sānvirknes (Орлов, 1990).



8. attēls. Humīnskābes makromolekula (pēc Schulten and Schnitzer, 1993)

Pavērsienu humusvielu īpašību izpētē izraisīja humusvielu makromolekulu degradēšanas metodes izmantošana, ko ieteica Šnicers (Schnitzer). Šo metodoloģiju plaši izmanto arī šodien. Humusvielu sadalīšanai izmanto tādus procesus kā oksidēšanu, reducēšanu, hidrolīzi un termisko degradēšanu (pirolīzi). Rezultātā tika izstrādāts humīnskābes modelis (8. att.). Izveidotā modeļa makromolekulas vispārīgā formula ir šāda: $C_{308}H_{328}O_{90}N_5$.

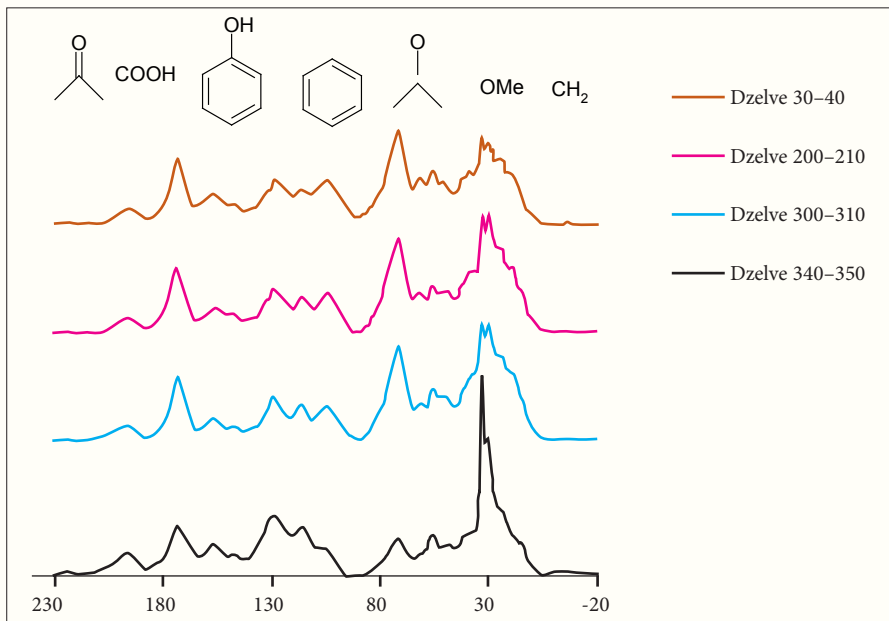
Attīstoties priekšstatiem par humusvielu uzbūvi, tos papildina jaunas koncepcijas, saskaņā ar kurām humusvielas tiek uzskatītas par micellu agregātiem, respektīvi, dabas vidē humusvielas veido supramolekulārus agregātus. Tā kā humusvielu makromolekulā ir gan polārie gan nepolārie reģioni, tad, humusvielu saturam ūdens šķīdumā pārsniedzot kritisko micellu koncentrāciju, veidojas agregāti, kuru iekšpusē atrodas hidrofofākas molekulu daļas (alifātiskās ķēdes, aromātiskās un poliaromātiskās struktūras), bet micellu virsmu veido humusvielu sastāvā esošās polārās grupas (karboksilgrupas un fenolu hidroksilgrupas) (Wershaw, 1986).



9. attēls. Humusvielu micellārās uzbūves shematiskais attēlojums: A – amfifilā humusvielu molekula; B, C – ar humusvielām saistītie joni

Humusvielu struktūras analīzei izmanto arī nedegradējošās metodes: UV-Vis, IS spektrofotometriju, elektronu paramagnētisko rezonansi (EPR), kodolmagnētisko rezonansi, rentgenstaru analīzi, elektronmikroskopiju, elektrondifrakciju, viskozitātes un virsmas spraiguma noteikšanu, dažādas metodes molekulmasas noteikšanai (piemēram, gelfiltrāciju), titrimetrijas metodi u.c. Pēdējā laikā šīm metodēm ir bijusi galvenā nozīme humusvielu struktūras noteikšanā. Piemēram, izmantojot IS spektrometriju, var noteikt saišu tipus humusvielas molekulā un ar EPR spektrometriju atšķirt grupas, kuras satur brīvos radikāļus.

Lai gan tiek piedāvāti daudz un atšķirīgi humīnskābju un fulvoskābju uzbūves modeļi, pētījumi par humusvielu struktūru un īpašībām vēl turpinās, jo neviens no esošajiem modeļiem pilnībā neatspoguļo humusvielu īpašības un esošie priekšstati par organiskās vielas humifikācijas gaitu un bioloģiskās degradācijas procesiem nespēj izskaidrot to struktūru izveidošanos.



10. attēls. Humusvielu (izdalītas no Dzelves purva) KMR spektri (kodolmagnētiskās rezonances spektri) un atbilstošās funkcionālās grupas

HUMUSVIELU IZMANTOŠANAS JOMAS

Humusvielu nozīme lauksaimniecībā

Humusvielas augsnē ir enerģijas avots tajā mītošajiem organismiem, jo tiem atšķirībā no virszemes augiem nav pieejama enerģija, kas rodas fotosintēzes procesā. Šis ir iemesls, kāpēc organisko vielu klātbūtnei ir milzīga nozīme augsnē notiekošo metabolisma reakciju nodrošināšanai. Tādi augsnes organismi kā aļģes, rauga sēnes, baktērijas, sēnes, nematodes, mikoriza u.c. veic tādas būtiskas funkcijas kā augsnes auglības un struktūras uzlabošanu, kā arī veicina augu augšanu un aizsardzību pret dažādām slimībām. Piemēram, augsnē esošās baktērijas rada polisaharīdu kompleksus, ar kuru palīdzību tiek veidotas augsnes piciņas (agregāti), uzlabojot augsnes struktūru. Aktinomicētes izdala antibiotikas, kas, uzņemtas augos, ļauj tiem kļūt neuzņēmīgākiem pret dažādām slimībām.

Humusvielas ir ne tikai enerģijas avots augsnē noritošajiem procesiem. Tām ir liela nozīme ūdens piesātinājuma nodrošināšanai un uzturēšanai. Ūdens ir galvenais aģents augsnēs, kas nodrošina vielu šķīšanu, to plūsmu un uzņemšanu augos. Lidzīgas struktūras augsnē humusvielu spēja noturēt ūdeni augu sakņu sistēmas tuvumā ir septiņas reizes augstāka nekā tādas pašas augsnes mālu daļiņām. Tāpēc, lietojot humusvielas saturošu mēslojumu, var iegūt augstākas ražas arī ilgstošākos sausuma periodos. Līdz ar spēju ietekmēt ūdens režīmu, tiek nodrošināts arī augsnes temperatūras režīms, kas tiek regulēts ar iztvaikošanas palīdzību (Орлов, 1990).

Humusvielas augsnē ir arī efektīvs kompleksveidotājs, kas kopā ar baktēriju radītajiem cukuriem un mālu minerāliem veido kompleksus. Kompleksu veidošana kopā ar spēju ietekmēt mitruma režīmu ir svarīgs augsnes struktūras veidotājs un uzlabotājs. Irdenāka augsnes struktūra uzlabo pārējos augšņu komponentus – gāzu apmaiņu ar atmosfēru, ūdens infiltrāciju, spēja veidot kompleksus būtiski ietekmē arī dažādus toksīnus (nikotīns, fenoli, antibiotikas, aflatoksīns u.c. pesticīdi), ar tiem gan veido kompleksus, gan arī iekļauj tos savā struktūrā, tādējādi samazinot to toksiskumu. Mikrobiālās degradācijas procesu rezultātā veidoto kompleksu pastāvēšanas laiks vidē tiek samazināts.

Humusvielām ir liela nozīme augsnes buferkapacitātes nodrošināšanā, līdz ar to augsnes ir izturīgākas pret paskābināšanos. Humusvielas ietekmē reakcijas ar metālu joniem, samazinot to kustīgumu un toksiskumu, t.i., humusvielu un smago

metālu veidotie kompleksi ir mazāk toksiski augiem (piemēram, dzīvsudraba un kadmija savienojumi) vai kompleksa sastāvā kļūst nešķīstoši (svina savienojumi), tādējādi augi smagos metālus nevar uzņemt. Uzturot augsnes pH vērtības tuvu neitrālai reakcijai, tiek nodrošināts, ka Al savienojumi ir nešķīstoši un augi tos neuzņem savā struktūrā.

Humusvielu reakcijas ar metālu joniem nav vērstas tikai vienā virzienā, t.i., tie netiek padarīti tikai augiem neuzņemami. Kompleksi ar tādiem elementiem kā Fe, Cu, Zn, Mg, Mn, Ca kļūst augiem pieejamāki un pilda mikroelementu funkcijas. Humusvielu regulējošā funkcija augsnē izpaužas arī kā metālu kompleksu – helātu veidošanās ar metālu joniem, elektrostatisks saistot pozitīvi lādētos metālu jonus uz humusvielu virsmas. Rezultātā var tikt kavēta mineralizācija (mazāk veidojas jauni minerāli, piemēram, Fe veidotais ortšteina podzola slānis, kā arī samazinās augsnes sasāļošanas risks), jo augsnēs ar augstu humusvielu saturu samazinās dažādu metālu savienojumu (karbonātu, oksīdu, sulfīdu, hidroksīdu) daudzums. Humusvielu savienojumi pasargā fosfātus no nešķīstošu savienojumu veidošanās, bet augi tos viegli atbrīvo ar dažādām organiskajām vielām, ko izdala to sakņu sistēmas (Орлов, 1990).

Humusvielu nozīme augu augšanas stimulēšanā

Galvenās augu augšanas stimulējošie faktori ir ūdens piesātinājuma nodrošināšana, augsnes struktūras uzlabošana, spēja saistīt mikroelementus. Vairāki autori savos darbos minējuši, ka humusvielas stimulē augu makroelementu K, N, P, Ca un Mg uzņemšanu. Iedarbības mehānisms no vienas puses darbojas kā kompleksu veidošana, kas samazina vielu šķīdību, tāpēc tās tik ātri neizskalojas no augsnes vai nenokļūst atmosfērā, bet no otras puses augiem vieglāk ir uzņemt organominerālos komponentus nevis minerālus. Šis atziņas ir saskaņā ar pētījumiem, kuros noskaidrots, ka galvenais iemesls straujam biogēno elementu koncentrācijas pieaugumam gruntsūdeņos un ražas apjomu degradācijai ir bijusi humusvielu zemā koncentrācija augsnē.

Veicot salīdzinājumu, kā humusvielas spēj ietekmēt augu sakņu sistēmas pieaugumu, secināts, ka augiem, kas apstrādāti ar humusvielām vai audzēti ar humusvielām bagātā augsnē, ir par 20–50 % lielāka sakņu sistēma, taču tikai pastāvot nosacījumam, ja tiek izmantotas humusvielas ar relatīvi mazu molekulmasu un optimālu to koncentrāciju. Parasti ieteicamā koncentrācija ir 10–100 mg/L. Augu lapu apsmidzināšana ar humusvielām intensificē ogļhidrātu veidošanos

augu lapās. Humusvielas tādējādi laika gaitā nokļūst gan augu saknēs, gan augsnē, iedarbojoties kā papildu barības vielas, ko var uzņemt augi vai metabolisma reakcijās iesaistīt augsnes mikroorganismi. Augu lapu apsmidzināšanai paredzētie humusvielu preparāti parasti nepārsniedz koncentrāciju 50 mg/L. Lai gan ir minēti daudzi pozitīvi humusvielu izmantošanas efekti, ļoti augstas to koncentrācijas iedarbojas kā metabolisma procesu kavētāji. Par to liecina purvos labi saglabājušās kultūrvēsturiskās vērtības (Steinberg, 2003).

Pastāv uzskats, ka humusvielas iedarbojas arī uz šūnu membrānām, tādējādi palielinot dažādu elementu plūsmu caur tām. Tā kā humusvielām ir gan hidroforās, gan hidrofilās struktūras, tiek uzskatīts, ka humusvielas spēj mainīt šūnu fosfolipīdu elektrostātisko lādiņu, kas ir atbildīgs par jonu plūsmu. Aplūkojot humusvielu iedarbību šūnu līmeni, ir atrastas sakarības, kas liecina, ka, izmantojot organiskās skābes (humīnskābes, fulvoskābes), ir novērojams informatīvā RNS pieaugums šūnās, kas savukārt atbild par dažādiem bioķīmiskajiem procesiem. Līdz ar to pieaug arī dažādu enzīmu apjoms, kas paātrina vairāku katalītisku reakciju ātrumu, pozitīvi ietekmējot arī ATF sintēzi šūnās.



11. attēls. Kūdrā atrasts mumificēts cilvēka ķermenis



12. attēls. Humusvielas saturošu mēslojumu mūsdienās plaši izmanto lauksaimniecībā

Humusvielu preparāti augu augšanas stimulēšanai

Gan Latvijā, gan pasaulē ir pieejami daudzi un dažādi humusvielu šķīdumi. To pagatavošana pamatojas uz kūdras, komposta vai kāda cita organiskā materiāla apstrādi ar kālija hidroksīdu. Ekstrahētais šķīdums vai suspensija tiek piedāvāts patērētājiem, kuri to pēc ieteiktajām devām var sagatavot lietošanai. Tirdzniecībā pieejami arī produkti ar pievienotām nepieciešamām barības vielām vai mikroelementiem, kā arī specializēti humusvielu preparāti, kas domāti lietošanai, piemēram, balkona puķu, orhideju mēslošanai utt.

Latvijas ražotāji piedāvā produktus dažādām augu sabiedrībām: kartupeļiem, tomātiem, graudaugiem, zāliem, augļukokiem, zemenēm, telpaugiem un dažādiem dekoratīvajiem kokiem, krūmiem un puķēm.

Humusvielu preparāti atstāj labvēlīgu ietekmi uz augu augšanu:

- Palielina ražību un uzlabo garšas īpašības, samazina nitrātu atlieku daudzumu produktos.
- Puķēm paildzina ziedēšanas laiku un veicina bagātīgāku ziedēšanu.
- Paaugstina augu izturību pret nelabvēlīgiem augšanas apstākļiem (sausums, slimības u. c.).
- Uzlabo sēklu dīgspēju, stādu un spraudeņu iesakņošanos.
- Sekmē sakņu sistēmas attīstību, augu augšanu un augļu aizmešanos.
- Uzlabo augsnes struktūru.



13. attēls. Vairāki ražotāji piedāvā humusvielas saturošus produktus izmantošanai lauksaimniecībai

HUMUSVIELU IZMANTOŠANA DEGRADĒTAS VIDES REKULTIVĀCIJĀ

Tā kā humusvielu struktūrā relatīvi augstās koncentrācijās ietilpst karboksilgrupas, hidroksilgrupas un citas funkcionālās grupas, kuras var veidot koordinatīvas saites ar metālu joniem, kā arī kompleksus ar organiskajām vielām, tās ļoti veiksmīgi var izmantot piesārņotas vides rekultivācijai.

Kompleksu veidošana ar metālu joniem

Humusvielu un metālu jonu mijiedarbībai ir liela nozīme – tās ietekmē metālu kustīgumu un toksiskumu, tiem nonākot dabas vidē. Ir pierādīts, ka humusvielas nosaka metālu atrašanās formas gan dabas ūdeņos, gan nogulumos. Nozīmīgi, ka tikai $\frac{1}{3}$ saistīšanas kapacitātes nosaka jonu apmaiņas reakcijas, bet pārējās nodrošina kompleksveidošanas spēja. Humusvielu virsmas platība ir aptuveni 2000 m²/g, kas ir ievērojami augstāka par citu vidē esošo minerālu virsmas platību un ir viens no galvenajiem faktoriem, kas ietekmē humusvielu–metālu mijiedarbības intensitāti.

Ir pierādīts, ka humusvielas vidē veicina vai ir tiešs cēlonis daudzu metālu jonu reducēšanai, kas ietekmē metālu kustīgumu vidē – piemēram, Fe³⁺ par Fe²⁺, Cr⁶⁺ par Cr³⁺. Taču veikti arī pētījumi, kas ir pierādījuši, ka humusvielas pazemes vidē var noteikt apglabātu radioaktīvo vielu kustīguma palielināšanos (Giesy et al., 1986), kā arī paaugstināt Hg kustīgumu piesārņotās vidēs. Metālu un humusvielu mijiedarbības rezultātā ievērojami samazinās metālu jonu toksiskums (Porta and Ronco, 1993). Daudzus humusvielu–metālu kompleksus raksturo būtiski pazemināta šķīdība salīdzinājumā ar citām dabas vidē sastopamām organiskajām vielām.

Kompleksu veidošana ar organiskajām vielām

Organisko vielu pozitīvā iedarbība un toksiskums dabas vidē ir atkarīgs no to sadalījuma starp dažādiem vides elementiem. Organisko piesārņojošo vielu izplatību dabā ietekmē humusvielas, kuras sastopamas koloīdo daļiņu un izšķīdušā veidā, kā arī adsorbētas uz augsnes un nogulumus veidojošiem minerāliem. Humusvielu un organisko vielu mijiedarbības rezultātā var mainīties to īpašības un iedarbība dabas vidē. Šādu mijiedarbību rezultātā (Kļaviņš, 1998)

- palielinās nejonogēno hidrofobo organisko vielu šķīdība;
- samazinās jonogēno organisko vielu šķīdība;

- samazinās organisko vielu gaistamība;
- tiek izmainīta organisko vielu reaģētspēja;
- bioakumulācijas intensitāte mainās atkarībā no piesārņojošo organisko vielu daudzuma vidē;
- palielinās organisko vielu saistīšanas intensitāte ar sedimentu daļiņām.

Svarīga daudzu organisko vielu īpašība ir to hidrofbums (vielas tieksme atgrūst ūdens molekulas). Hidrofobo organisko vielu fizikālķīmiskās īpašības ietekmē to bioloģisko pieejamību. Organiskās vielas, kuras saista humusvielas, ir mazāk pieejamas zooplanktonam, zivīm un bentosa organismiem nekā vielas izšķīdušā formā (Kļaviņš, 1998).

Minētās humusvielu īpašības un to nozīme vidē nosaka humusvielu izmantošanas jomas ūdeņu attīrīšanā un dažādu sorbentu izgatavošanā un izmantošanā.

Humusvielu un organisko vielu saistīšanās intensitāte ir atkarīga no šo vielu struktūras, kompozīcijas, molekulu lieluma, aromātiskuma pakāpes, koncentrācijām un pH vērtībām vidē (piemēram, pesticīdu ķīmisko īpašību un sastāva lielā variabilitāte) (Chin et al., 1997).

Ūdeņu attīrīšana

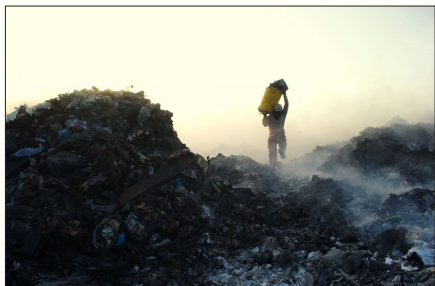
Humusvielas un to modifikācijas produktus var izmantot notekūdeņu attīrīšanai, lai tos atbrīvotu no toksiskiem metālu savienojumiem. Tās ļoti veiksmīgi var izmantot aerācijas tankos kā piedevas, lai absorbētu taukus, eļļas, organiskas izcelsmes šķidrumus un suspendēto materiālu. Ir arī ļoti specifiskas lietojuma jomas, piemēram, izmantot tās kā polimēru koagulantu piedevu, lai no ūdens izgulsnētu šķīstošas organiskas vielas. Humusvielas var izmantot kā piedevu, kas samazina šķidrumu zudumus (to skaitā organiskiem šķīdinātājiem, urbšanas šķidrumiem utt.) infiltrācijas procesos lagūnās, karjeros un piesārņotās teritorijās.

Sorbenti

Humusvielām piemīt spēja ietekmēt virsmas spraigumu, jo tām ir liela virsmas platība, to sastāvā ir tādas funkcionālās grupas kā fenolu hidroksilgrupas, karboksilgrupas u.c., kas nosaka spēju absorbēt, adsorbēt un selektīvi ekstrahēt dažādus organiskos un neorganiskos materiālus. Izmantojot šīs humusvielu īpašības, tās veiksmīgi var lietot kā specializētus filtrus, ekstrahētājus un šķīdumus

hromatogrāfijai. Ļoti plaši tos var izmantot ūdeņu attīrīšanai, kas piesārņoti ar dažādām suspensijām, eļļām, metāliem u.c. (<http://www.humapon.cn/Industry.html>)

Ir pierādīts, ka kūdru un humusvielas var izmantot kā biosorbentus kadmija un cinka saistīšanai (Twardowska et al., 1999).



14. attēls. Humusvielu izmantošana degradētas vides rekultivācijā

Avots: <http://www.flickr.com/photos>

HUMUSVIELU BIOLOĢISKĀ AKTIVITĀTE UN TO IZMANTOŠANA MEDICĪNĀ UN FARMĀCIJĀ

Humīnskābes ir galvenais kūdras organisko vielu komponents, kura ārstējošās īpašības ir pazīstamas kopš senatnes. Kūdras ārstējošā ietekme tika novērota jau Babilonijā un Romas impērijā (Priegnitz et al., 1986). Mūsdienās pierādīts, ka kūdrai piemīt nozīmīgas antivīrusu, pretiekaisuma, hormonālo sistēmu stimulējošas, profibrinolītiskas un smago metālu saistīšanas spējas. Humusvielas var mainīt dažādu enzīmu, sevišķi ādā esošu enzīmu aktivitāti. Šis ir iemesls relatīvi plašai humusvielu izmantošanai vannas sāļu un ādas masku gatavošanā. Kombinācijā ar dažādiem konservantiem tās tiek izmantotas dažādu slimību ārstēšanai, tām piemīt potenciāls cīņai ar vēzi.

Detalizēta humusvielu pretvīrusu aktivitātes izpēte sākusies pēc veiksmīgas cīņas ar mutes un nagu sērgu, izmantojot kūdras putekļus saturošus pakaišus. Jau pirmie pētījumi laboratorijas apstākļos pierādīja, ka humīnskābes ir efektīvas pret *coxsackie A 9*, *influenza A* un *herpes simplex* vīrusu. Citi pētījumi apstiprināja humusvielu spēju nomākt AIDS izraisītājus, cilvēka imūndeficīta vīrusa 1. un 2. tipu (HIV-1, HIV-2), citomegalovīrusu un govju baku vīrusu. Visbiežāk humīnskābju nomācošais efekts ietekmē vīrusa dalīšanās sākuma stadijas un vīrusa adsorbciju – traucē viriona piestiprināšanos šūnai (Klöcking, 1994).

Pierādīts, ka humusvielu ķīmiskās un biķīmiskās īpašības var tikt izmantotas medicīnā (Flaig, 1997). Atbrīvojot dažādus radikāļus, tās spēj cīnīties ar iekaisumiem un paātrināt brūču dzīšanu, tāpēc var tikt izmantotas terapijā pret infekcijas slimībām. Tāpat zināms, ka humusvielas saista trombīnu, kas izraisa trombozi, veicinot asins pieplūdi un līdz ar to arī brūču dzīšanu.

Izmantojot dažādas kompreses, humusvielu pretiekaisuma iedarbība jau ilglaicīgi ir izmantota gan cilvēku ārstēšanā, gan veterinārmedicīnā. Ar kūdras aplikumiem cilvēkiem ir sekmīgi ārstēti reimatisks artrīts, hroniski un subhroniski ģenitāliju iekaisumi, sastopama informācija arī par sekmīgu parodontozes, dermatīta, ekzēmas, apdegumu, izgulējumu un iekaisušu brūču ārstēšanu (Zsunshuj et al., 1981). Veterinārmedicīnā kūdras terapija ir veiksmīgi izmantota pietūkumu, artrītu, kontūziju, akūta un hroniska gastrīta ārstēšanā.

Kopš kūdras bitumena frakcijā atklāja estrogēnas vielas, notikuši daudzi mēģinājumi noteikt to ķīmisko sastāvu (Zsunshuj et al., 1981). Humusvielu

estrogēnā aktivitāte ir pētīta kastrētām pelēm. Rezultāti parādīja ievērojamu estrogēno aktivitāti Allena–Doisija testā (Allen–Doisy Test) – aptuveni 5000 reižu augstāku nekā gaidīts (Klőcking, 1994). Šie rezultāti norāda, ka tieši humusvielas nosaka kūdras estrogēno aktivitāti.

Tikai jaunākie pētījumi par humusvielu pretiekaisuma iedarbību dod ticamus izskaidrojumus par iedarbību biokīmiskā līmenī – humīnskābes stimulē enzīma sintēzi, kas savukārt katalizē pretiekaisuma mediatoru sintēzi (Klőcking, 1994).

Humusvielām piemīt izteikta profibrolītiskā aktivitāte olvadu iekaisuma gadījumos. Pēc ķirurģiskas iejaukšanās sterilizācijas nolūkos, kā arī lai novērstu olvadu sekundāru salīpšanu un nosprostošanos, izmanto kūdras terapiju. Pēc terapijas fibrīni (olbaltumvielas, kas izraisa asins sarecēšanu) degradējas šķīstošos fibrīnu degradācijas produktos, tādējādi novēršot asins sarecējumu veidošanos un veicinot brūces sadzīšanu.

Ekspementi ar žurkām ir pierādījuši, ka kūdras ekstrakta vannām pēc ķirurģiskas iejaukšanās ir tieša brūču sadzīšanu veicinoša ietekme. Tas būtu izskaidrojams ar paātrinātu fibrīnu degradāciju humusvielu ietekmē. Šajā sakarā humusvielas varētu lietot trombu likvidācijā (Klőcking, 1994).

Ir pieejams liels daudzums informācijas par dabiskas izcelsmes humīnskābju spēju saistīt smagos metālus (Klőcking, 1994). Īpaša nozīme ir faktam, ka šai sakarā atkarībā no uzņemšanas veida tiek mainītas metālu jonu toksikoloģiskās īpašības. Uzņemot šos metālus orāli, to toksiskums samazinās, saistoties ar humusvielām, bet pieaug, uzņemot humusvielu metālu savienojumus parenterāli. Arī veterinārijā ir nozīmīga humusvielu spēja samazināt smago metālu intoksikāciju. Rohus (Rochus, 1983) novēroja, ka jau nelielas humusvielu koncentrācijas (0,1%) pārtikā bija pietiekamas, lai ievērojami samazinātu svina un kadmija asimilāciju žurkām.

Nesenā pētījumā pierādīts, ka humusvielas var inducēt apoptozi cilvēka endoteliālajās šūnās. Izmantojot visai augstas koncentrācijas (50–200 mg/L), pierādīta to ietekme uz šūnu dalīšanos, tās var sekmēt hromatīna kondensāciju un DNS fragmentāciju. Aģenti, kas veic humusvielu agregāciju (vielas, kas veido hellātus ar Ca, vitamīnu E) var nomākt humusvielu inducēto apoptozi. Līdz ar to uzskatāms, ka humusvielas var būt būtisks faktors, kas lielos to uzņemšanas daudzumos var veicināt „melnās kājas slimību” (Blackfoot disease) (Hseu et al., 2002).

Humusvielu arsēna komplekss ietekmē adenozīna trifosfāta (ATF) asimilāciju sarkanajās asins šūnās (eritrocītos), bet augstās to koncentrācijās var izraisīt

lipīdu peroksīdu veidošanos, līdz ar to sekmē stresa attīstību limfocītos (Hseu and Yang, 2002).

Humusvielas piedāvā izmantot zivju audzēšanā. Šteinbergs (Steinberg, 2003) secinājis, ka lielākā daļa līdz šim izmantoto ūdens attīrīšanas piedevu, kuras piejauc ūdenim, lai kavētu kaitīgu aļģu un dažādu parazītu attīstību, zivīm izraisa toksiskus, kancerogēnus un teratogēnus efektus, tādējādi saīsinās to dzīvošanas ilgums. Savukārt humusvielu lietošana ne tikai uztur ūdens tīrību, bet arī palielina zivju, to ikru un kāpuru dzīvotspēju, samazina dažādu infekciju iespēju, kā arī veic kaitīgu metālu un ksenobiotiķu imobilizāciju. Galvenā problēma ir tā, ka humusvielas, kas iegūtas no vieniem un tiem pašiem avotiem un vienādām metodēm, ir ar lielu variabilitāti, bez tam daudzās valstīs humusvielas nav atļauts izmantot terapijā (Steinberg, 2003).



15. attēls. Humusvielu izmantošana zivju audzēšanā

Avots: <http://www.flickr.com/photos>

HUMUSVIELU UN HUMĀTU IZMANTOŠANA RŪPNIECĪBĀ

Urbšanas šķīdumi

Humusvielas var izmantot kā urbšanas šķīdumus, kas veidoti uz ūdens bāzes. Šajā gadījumā humusvielām ir trīs pamatīpašības:

- tās samazina urbšanas šķidruma viskozitāti un pārvēršanos želejā,
- kalpo kā šķīdinātājs, deflokulants, dispersants un reoloģiskais aģents,
- kalpo kā šķidrums zudumu samazinošs līdzeklis.

Īpaši panākumi šajā jomā gūti, izmantojot kālija humātus.

Bateriju un akumulatoru ražošanā

Virsmas aktivitātes ietekmēšanu ir novērtējuši akumulatoru un bateriju ražotāji – humusvielas var izmantot bateriju un akumulatoru darbības ilguma palielināšanai, jo tās var mainīt kapacitāti un morfoloģiju svina un svina sulfātu savienojumiem uzlādes un izlādes laikā. Galvenās to īpašības ir bateriju un akumulatoru uzlādes potenciāla paaugstināšana un pašizlādes samazināšana.

Cementa un betona rūpniecībā

Humusvielas var izmantot arī betona un cementa rūpniecībā, jo tās kā piedevas ne tikai nemaina betona sastāvu, bet arī uzlabo tā mehāniskās īpašības. Tās var lietot arī kā piedevas cementa un betona blīvuma kontrolei. Humusvielu hidrofbā daba tiek izmantota, kad nepieciešams samazināt virsmas uzsūkšanas spēju. Betona un cementa rūpniecībā tiek izmantota humusvielu spēja samazināt virsmas spraigumu. Tas ļauj variēt betona sastāvu – cieto daļiņu sadalījumu tajā, paplašinot betona lietojuma jomas.

Papīra un kartona ražošanā

Visbiežāk tās lieto tumšās krāsas iegūšanai, kā arī par piedevām eļļām, vaskiem un sveķiem, kā izturīgus aģentus ūdens vidē, barjeru veidojošiem pārklājumiem papīra rūpniecībā. Tas ir iespējams, jo humusvielas var mainīt vasku, eļļu un sveķu īpašības, kā arī veikt barjeras funkciju, lai novērstu dažādu nešķīstošu daļiņu nokļūšanu nepiemērotās vietās.

Keramikas izgatavošanā

Humusvielas tradicionāli izmanto keramikas gatavošanā kā mitrinātāju un dispersijas veidotāju. Lai sāktu no māliem gatavot dažādus izstrādājumus, tos ir nepieciešams samitrināt un uzbriedināt, ko veiksmīgi var izdarīt ar humusvielām. Tās pašlaik tiek izmantotas arī dažādu glazūru pagatavošanā. Humusvielu izmantošana ļauj samazināt ražošanas izmaksas, panākot, ka gatavais produkts ir ar augstāku blīvumu, kā arī samazināt to plaisāšanu.

Asfalta rūpniecībā

Šajā nozarē humusvielu izmantošanas iespējas ir plašas. Tās tiek lietotas kā asfalta modifikācijas produkti jumtu materiāliem, dažādām mastikām, hermētiķiem, pārklājumiem u.c. Sakarā ar humusvielu dispersiju veidošanas spējām tās var izmantot inertu, pret lieci un plaisāšanu izturīgu materiālu izgatavošanai, kā arī lietot kā piedevas, lai modificētu dažādas plūsmas, izsmidzināšanu un virsmas adhēziju. No humusvielām var veidot inertus šķidrumus un tādus šķidrumus, kuru klātbūtne ietekmē dažādu asfalta šķīdinātāju iespiešanos un iztvaikošanu. Ņemot vērā humusvielu stabilitāti, tās izmanto kā stabilizatorus uz asfalta bāzētiem pārklājumiem, kā arī lai uzlabotu asfalta ilgūžību un termisko stabilitāti.

Gumijas ražošanā

Izmantojot humusvielu organofilās īpašības un spēju neļaut šķidrumiem veidot želejveida struktūru, tās izmanto kā piedevas, krāsvielas, gumijas īpašību modifikatorus (elastība, noturība pret novecošanos, plaisāšanu, UV iedarbību), specializētus antioksidantus, krāsas pigmentu disperģentu un plastificētāju.

Tintes ražošanā

Humusvielu krāsu dažādība ir ierobežota, tāpēc tās tiek izmantotas galvenokārt melnās tintes ražošanā vai kā aģenti tintes modificēšanai, šķidruma plūsmas kontrolei, kā melnās krāsas pigments un disperģents. Īpaša nozīme ir humusvielu koloidālo šķīdumu spējai ietekmēt eļļu un šķīdinātāju infiltrāciju porainos materiālos.

Krāsu un rūpniecisko pārklājumu ražošanā

Humusvielas izmanto to pašu īpašību dēļ, kuras novērtē tintes ražotāji. Visbiežāk tās lieto koksnes, ādas un paklāju ietonēšanai un krāsošanai.

Enzīmu imobilizācija

Ļoti šaura un specifiska lietojumu joma ir enzīmu imobilizācija, kas noris humusvielu hidrofobo un virsmaktīvo īpašību dēļ.

Ziedes un smērvielas

Humusvielu stabilitāte arī augstās temperatūrās un spēja veidot kompleksus ar dažādām organiskajām vielām ir par iemeslu to izmantošanai smērvielu rūpniecībā. Humusvielas kā piedevas var mainīt dažādu gēlu struktūras, uz ziepju bāzes veidotu smērvielu, kā arī uz organiskas izcelsmes vielu un mālu bāzes veidotu ziežu īpašības.

Līdzekļi pret putu veidošanos

Humusvielu spēja ietekmēt virsmas spraigumu un to hidrofoībā daba ir īpašību kopums, ko izmanto, lai ražotu nešķīstošus vai šķīdrus līdzekļus pret putu veidošanos. Izmantošanu ierobežo humusvielu melnā krāsa (<http://www.humapon.cn/Industry.html>).

Pārtikas ražošanā un konservēšanā

Pievēršot uzmanību apstāklim, ka kūdras purvos atrasti labi saglabājušies pat 1800 gadus veci pārtikas produkti, kas nav cietuši pat no anaerobo baktēriju iedarbības, Painters (Painter 1998) atklājis, ka humusvielas var kalpot kā konservanti, līdz ar to radot pilnīgi jaunu pieeju pārtikas konservācijai. Humusvielas var izmantot kā mikroorganismu darbības kavētājas, kas saista visus slāpekli saturošus savienojumus, arī aminoskābes un enzīmus (saistītas tiek tieši to aminogrupas).



IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- Aiken G. R. (1985)** Isolation and concentration techniques for aquatic humic substances. In: *Humic substances in soil, sediments and water* (Eds. Aiken, G. R., McKnight, D.M., Wershaw, R. L., MacCarthy, P.) N.Y.: Wiley
- Buffle, J. (1988)** Complexation reactions in aquatic systems. Ellis Horwood: Chichester.
- Chin Y. P., Aiken G. R., Danielsen M. K. (1997)** Binding of pyrene to aquatic and commercial humic substances: the role of molecular weight and aromaticity. In: *Environ. Sci. Technol.*, **31**, 1630-1635
- Dragunov C. C., Zhelokhotseva H. H., Strelkova E. J. (1948)** A comparative study of soil and peat humic acids. In: *Pochvovedeniye*, **7**, 409-420 (in Russian)
- Flaig, W. (1997)** Aspects of the biochemistry of the healing effects of the humic substances from peat, In: *Humic substances, peats and sludges: health and environmental aspects*. (Eds.: Hayes M. H. B., Wilson W. R.) Royal Society of Chemistry, Cambridge, 346-356
- Giesy P. J., Geiger A. R., Kevern R. N., Alberts J. J. (1986)** UO_2^{2+} - humate interactions in soft, acid, humate – rich waters. In: *J. environ. Radioactivity*, **4**, G. B.: Elsevier, 39-64
- Hedges I. J., Oades J. M. (1997)** Comparative organic geochemistries of soils and marine sediments. *Org. Geochem.*, **27**, 319-361
- Hessen D.O., Tranvik L. (1998)** Aquatic humic substances: Ecology and Biogeochemistry. *Ecological Series* **133**. Heidelberg, 346 pp.
- Hseu Y. Ch., Huang H. W., Wang S. Y., Chen H. Y., Lu F. J., Gau R. J., Yang H. L. (2002)** Humic acid induces apoptosis in human endothelial cells. In: *Toxicology and applied Pharmacology*, **182**, 34-43
- Hseu Y. Ch., Yang H. L. (2002)** The effects of humic acid – arsenate complexes on human red blood cells. In: *Environ. Res.*, **A 89**, 131-137
- Jones, M. N., Bryan, N. D. (1999)** Colloidal properties of humic substances. *Adv. Colloids Int. Sci.* **78**, 1-48.
- Klößing R. (1994)** Humic substances as potential therapeutics. In: *Humic substances in the global environment and implications on human health*, (Eds. N. Senesi, T. M. Miano), Elsevier N. Y., 1245-1257
- Kļaviņš M. (1998)** Aquatic humic substances. Latvian University, Rīga, 234 pp.
- Painter J. T. (1998)** Carbohydrate polymers in food preservation: an integrated view of the Maillard reaction with special reference to discoveries of preserved foods in Sphagnum – dominated peat bogs. In: *Carbohydrate polymers*, **36**, N. Y.: Elsevier, 335-347

- Porta A. A., Ronco E. A. (1993)** Cu (II) acute toxicity to the rotifer *Brachionus calyciflorus*, as affected by fulvic acids of freshwater origin. In: *Environmental pollution*, **82**, G. B.: Elsevier, 263-267
- Priegnitz H. (1986)** Wasserkund und Badelust, Koehler & Amelang, Leipzig
- Rice J. A., MacCarthy P. (1989)** Isolation of humin by liquid-liquid partitioning. *Sci. Total Environ.*, **81/82**, 61-69
- Rochus W. (1983)** Z. Physiother., **35**, 23-30
- Schulten H. R., Schnitzer M. (1993)** A state of the art structural concept for humic substances. *Naturwissenschaften*, **80**, 29-30
- Steinberg E. W. (2003)** Ecology of humic substances ion freshwaters, Springer – Verlag Berlin Heidelberg
- Stevenson F. J. (1982)** Humus Chemistry – Genesis, Composition, Reactions. N.Y.: John Wiley and Sons.
- Twardowska I., Kyzioł J., Goldrath T., Avnimelech Y. (1999)** Adsorption of zinc peat from peatlands of Poland and Israel. In: *Journal of geochemical exploration*, **66**, B. V.: Elsevier, 387 – 405
- Wersahw, R. L. (1986)** A new model for humic materials and their interactions with hydrophobic organic chemicals in soil – water and sediment – water systems. *J. Contam. Hydrol.*, **1**, 29-45
- Ziechmann W. (1994)** *Humic substances*. Mannheim: BI Wissenschafts Verlag
- Zsunshuj V., Tschen P., Njanzy L., and Sjaona T. (1981)** Untersuchungen des antiphlogistischen Effektes von Huminsäuren. In: *Torf in der Medizin. Symposium der Kommission VI der IMTG* (Eds. Plötnner G. und Weber U.) Bad Elster, 358-362
- Орлов Д. С. (1990)** Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации, издательство Московского университета.
- Орлов Д. С., Садовникова Л. К., Лозановская И. Н. (2002)** Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. Москва: Высшая школа. 334