әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті.
Биология және биотехнология факультеті
Биотехнология кафедрасы

Фототрофты микроорганизмдер биотехнологиясы
пәні

МИКРОБАЛДЫРЛАР МЕН ЦИАНОБАКТЕРИЯЛАР НЕГІЗІНДЕ ЛАСТАНҒАН СУДЫҢ БИОМОНИТОРИНГІ

Дәріскер: Какимова Ардак Болатовна

Алматы 2026

Қазіргі заманның маңызды мәселесі - бұл антропогендік белсенділіктің артуы нәтижесінде табиғи сулардың сапасының және су жүйелерінің күйінің нашарлауы.

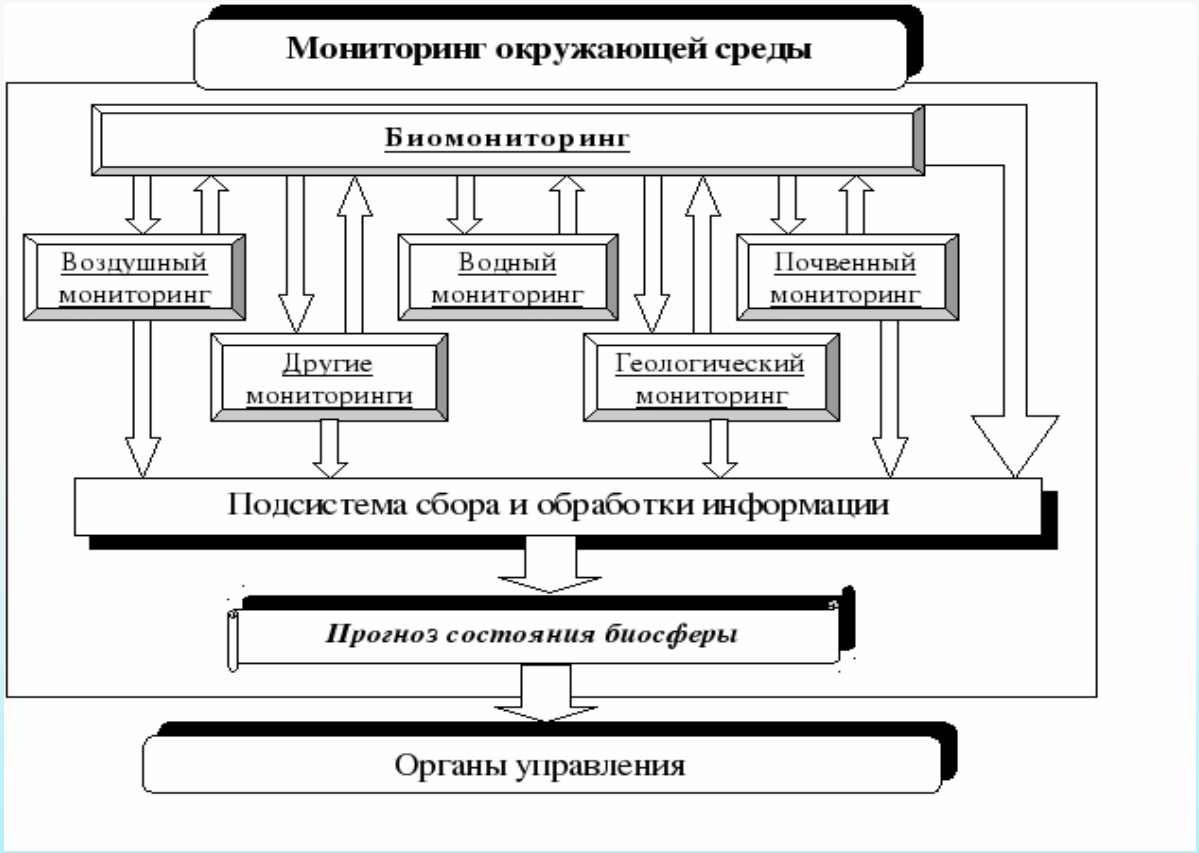
Жалпы қоршаған ортаның ластануында шешуші рөлді өзендерге ағызуды бағыттайтын өндірістік кәсіпорындардың қызметі алады деп саналады.





Ластануды заманауи ауыл шаруашылығы және жаппай мал өсіру, интенсивті ұрықтандыру және өсімдіктерді қорғау құралдары туғызады.

Химиялық әдістермен қоршаған ортадағы токсиканттар деңгейіне бақылау орнату белгілі бір қиындықтарды тудырады, сонымен қатар қоршаған ортаның жай-күйін көрсетудің физико-химиялық әдістері экожүйелердің белгілі бір ластануға реакциясы туралы сұраққа тікелей жауап бермейді. Осыған байланысты суды, топырақты және ауаны биологиялық талдау әдістері үлкен маңызға ие.



Биомониторинг - бұл бұрыннан жасалған және нақты жүзеге асырылған далалық және зертханалық зерттеулер бағдарламасына сәйкес биологиялық параметрлер бойынша экожүйелердің күйін үнемі бақылау, бұл кезде көрсеткіштерді сандық өлшеу де жүзеге асырылады.





Биомониторингтің басты артықшылығы - қоршаған ортаның сапасы мен оның ластану дәрежесін биотаның күйі бойынша тірі материяны ұйымдастырудың әртүрлі деңгейлерінде бағалау (биомолекулалар мен жасушалардан, органоидтарды қоса алғанда, организмдер тобына дейін).

Биомониторинг екі негізгі әдісті қамтиды:

Биотестинг - бұл судың сапасын тікелей бағалаудың жедел әдісі, атап айтқанда, кәсіпорындардың ағынды суы, топырақ, жем және т.б. тірі организмдерге немесе сыналатын объектілер деп аталатын ерекше ластаушы заттардың немесе уытты заттардың әсерін эксперименттік анықтау жолы (әдетте зертханалық жағдайда).



Биоиндикация – су биоценозының жағдайын индикаторлы ағзалардың немесе биоценоздың түрлік құрамын талдауға негізделген судың ластану деңгейін бағалау жүйесі.



Биоиндикатор – (латын тілінен *indicator* – көрсеткіш) ортада бар-жоғына және жағдайына байланысты қоршаған ортаның қаиеті мен ластану деңгейіне сипаттама беретін ағзалар, түр, популяция.

Белгілі бір сыртқы орта факторларымен тіршілігі тығыз байланыста болатын және қоршаған орта жағдайын бағалауда қолданылатын ағзалар немесе ағзалардың қауымдастықтары ***биоиндикаторлар*** деп аталады.

Биоиндикаторды таңдау өлшемдері:

- *тез жауап;*
- *сенімділік (қателік <20%);*
- *қарапайымдылық;*
- *бақылау мүмкіндіктері (табиғатта үнемі болатын объект).*

Биоиндикатор түрлері:

1. Сезімтал. Нормадан айтарлықтай ауытқулармен тез әрекет етеді.
2. Жинақтаушы. Әсерді бұзушылықтарсыз жинақтайды.

Биоиндикаторларды екі сипаттаманы қолдану арқылы сипаттауға болады: ерекшелігі мен сезімталдығы.

Егер индикаторлы түр тіршілігінің қалыпты көрсеткіштерінің айтарлықтай ауытқушылықтарымен жауап берсе, онда ол *сезімтал биоиндикаторлар* деп аталады. Егер антропогенді әсердің жиналуы тез көрініс беретін бұзылыстарды туындатпаса, онда ол *аккумулятивті индикатор* деп аталады.

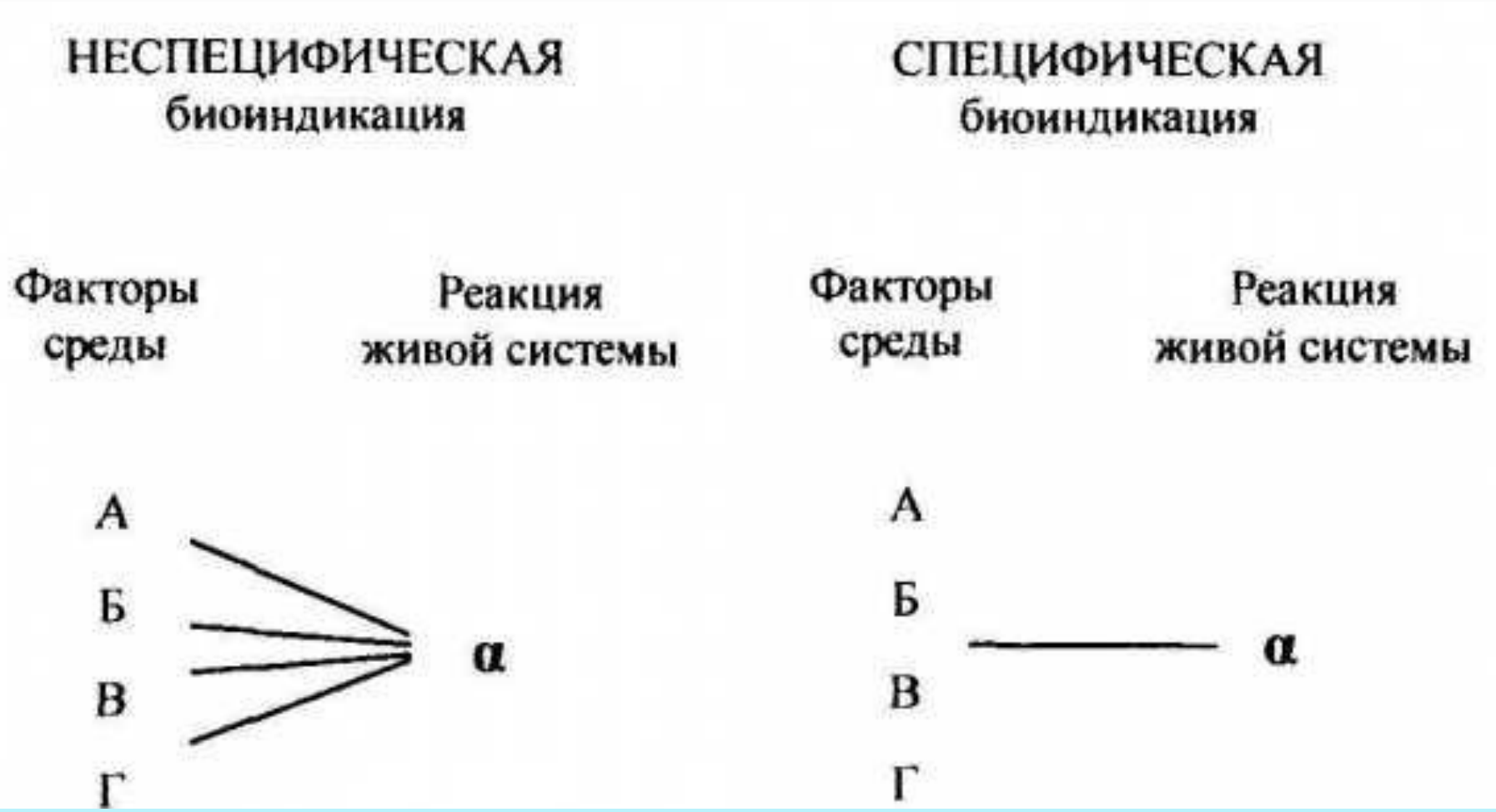
Биоиндикацияның бірнеше түрлі формалары бар

Егер әр түрлі антропогенді факторларға екі бірдей реакция туындаса, онда ол **арнайы емес биоиндикация** болып саналады.

Егер өзгерістерді белгілі бір фактордың әсерімен байланыстыруға болса, онда **арнайы биоиндикация** деп аталады.

Табиғи жүйелердің антропогендік әсерлерге жауаптарының көпшілігі арнайы емес екенін атап өткен жөн.

Биоиндикация формалары



Зерттелетін (тест) организмдер - биоиндикаторлар (өсімдіктер мен жануарлар), олар ауаның, судың немесе топырақтың сапасын зертханалық тәжірибеде бағалауға қолданылады.

Зерттелетін организмдердің мысалдары:

- ***бір жасушалы жасыл балдырлар (хлорелла, хламидомоналар, лихен требоуксия және т.б.);***
- ***қарапайымдылар: инфузория-аяқ киім;***
- ***буынаяқтылар: дафния және асшаяндарды шаян тәрізділер;***
- ***мүктер: мниум,***
- ***гүлдену: дәнді дақылдар, сарымсақ.***

Ластанудың биоиндикациясында қоршаған ортаның ластану деңгейі мен ластаушы заттың мазмұны (жинақталуы) және / немесе организмнің реакциясы арасындағы сызықтық корреляцияны көрсететін организм ең жақсы көрсеткіш болып табылады.

Жалпы, биоиндикация мақсатында қолданылатын организмдерге қойылатын негізгі талаптарды былайша қорытындылауға болады:

- зерттелетін экожүйеде, егер мүмкін болса, көп мөлшерде және біртекті қасиеттерге ие биоиндикациялық объектілердің болуы;
- организмнің биоиндикаторының әр түрлі тіршілік ету ортасында кең көрінуі және кең географиялық таралуы;
- сәйкестендірудің қарапайымдылығы және материал алу кезінде қол жетімділік
- ;
- биоиндикаторлардың қол жетімділігі мен қолданылуында маусымдық айырмашылықтар жоқ;
- биоиндикатордың стрессордың әсеріне / жинақталуына салыстырмалы тұрақтылығы
- ;
- организмнің реакциясы мен стрессордың экожүйеге әсер ету деңгейі арасындағы корреляцияның болуы..

Балдырлардың түр құрамы, таралу сипаты, құрылымы, фитомасса индикаторлары және акваторияның балдырлармен көбею аймағы су ортасының биоиндикациясы кезіндегі су объектілерінің экологиялық жағдайын көрнекі түрде көрсете алатын белгілер ретінде әрекет етеді.

Теңіз балдырларының әр түрлі түрлері су ортасының көптеген ластаушыларына, соның ішінде ауыр металдарға әр түрлі төзімділікке ие болғандықтан, биологиялық сынау кезінде балдырлардың кең таксономиялық спектрін қолдану ұсынылады.

Органикалық заттарға микробалдырларға қатысты мұндай ұғым - сапробтармен ажыратылады. Сапробтар дегеніміз:

гидробионттардың биогенді және органикалық заттармен ластанған су қоймасында болу мүмкіндігі;

су қоймасы биогенді және антропогендік органикалық заттармен ластанған кезде индикаторлы түрлердің болуымен су экожүйесінің химиялық және биологиялық сипаттамаларының өзгеру дәрежесі, әдетте құрамында күшті токсиканттар жоқ.

Әдетте ластанған су айдындарында сіңімділіктің 4 дәрежесі (аймақтары) бар:

Олигосапробты аймақ ластанудан мүлдем арылған және әдетте оттегімен шамадан тыс қаныққан. Популяция түрлері бойынша ең алуан түрлі, бірақ алдыңғы аймақтарға қарағанда сан жағынан әлдеқайда аз.

Биохимиялық процестердің табиғаты бойынша α-мезосапробтық аймақ полисапробтыққа жақын, бірақ мұнда бос оттегі бар; күкіртті сутек және метан жоқ.

Сонымен қатар, ластанбаған (ксеносапробты) аймақ (х) ерекшеленеді.

Полисапробты аймақ тұрақсыз органикалық заттардың және олардың анаэробты ыдырау өнімдерінің көптігімен, белок қосылыстарының едәуір мөлшерімен сипатталады. Бос оттегі жоқ, оның нәтижесінде биохимиялық процестер регенеративті сипатта болады. Суда күкіртсутек, көмірқышқыл газы, метан, аммиак жиналады. Популяцияның негізін сапофиттік бактериялар құрайды, олардың саны 1 мл суда жүздеген миллион жасушаларға жетеді. Полисапробты суларды мекендейтін түрлердің саны аз, бірақ олар өте көп мөлшерде дамиды.

β-мезосапробты аймақ алдыңғы аймақтардан тотығу процестерінің тотықсыздандырғыштардан басым болуымен ерекшеленеді. Көптеген өсімдіктердің қарқынды фотосинтезінің арқасында жазда су оттегімен қаныққан.

Сонымен қатар, ластанбаған (ксеносапробты) аймақ (х) ерекшеленеді.

Су объектілеріне сапробтылық деңгейінің жоғарылауымен әр түрлі ластану деңгейіне белгілі микроорганизмдердің, өсімдіктер мен жануарлардың кейбір түрлері жоғалады

Осы негізде түрлер анықталды - белгілі бір тіршілік ету жағдайының көрсеткіштері

Индикатор түрлері және олардың көптігі су қоймасының (немесе оның аумағының, немесе бір сынаманың) сапробтар индексін [S] есептеу үшін қолданылады.

Ластанбаған су қоймасының сапробтылық индексі 1-ден аспайды, ең лас - 4-4,5. 4

Сапробты балдық шкаласы көпшілікпен мақұлданған.

Көбінесе, өте ластанған немесе ағынды суларды көрсететін сапробтылық деңгейлерін қоса алғанда, 8 балдық шкала қолданылады: олар изосапробты (i), метасапробты (м), гиперсапробты (h) және ультрасапробты (u) аймақтар

Кесте 1 - Дәрежелер (аймақтар) және сапробтылық индекстері

Су қоймасының сапробтылық дәрежесі (аймағы)	**Сапробтылық нндексі**
Ксеносапробтылық аймақ (x) Олигосапробтылық аймақ (o) Бэта-мезосапробтылық аймақ (βm) Альфа- мезосапробтылық аймақ (αm) Полисапробтылық аймақ (p)	0,00-0,5 0,51-1,5 1,51-2,5 2,51-3,5 3,51-4,5
изосапробтылық (i) метасапробтылық (m) Гиперсапробтылық (h) Ультрасапробтылық (u)	4,51-5,5 5,51-6,5 6,51-7,5 7,51-8,0

Биологиялық маңызы бар гидрохимиялық көрсеткіштер олигосапробтыдан полисапробты аймақтарға дейін нашарлайды.

Гидробионттардың тыныс алуына қажет еріген оттегінің мөлшері азаяды, процестердің тотығу сипаты тотықсыздандырғышпен араласып кетеді.

Азот қосылыстарының нитратты формаларының құрамы нитраттың жоғарылауымен және одан әрі аммиактың бос аммиак түзілуіне дейін азаяды.

Кесте 2 - Сапробтылық дәрежесі және су сапасының кейбір көрсеткіштерінің сәйкес мәндері.

Судың сапалық көрсеткіштері	Сапробтылық дәрежесі			
	Олиго-сапробты	Бето-мезо-сапробты	Альфа-мезо-сапробты	Полисапробты
Су қоймасының күйі	Таза	Орташа ластанған	Ластанған	Лас, өте лас
Сапробтылық индексі	<1,75	<2,5 3(2-3)	<3,25 4(4-6)	>3,25 5(4-6)
Судың сапасы класы	2(1-2)	0,4-0,8	0,8-1,5	1,5-5,0
Аммонийлі азот, мг/л	<0,4	0,3-0,5	0,5-1,0	1,0-8,0
Азот нитраттары, мг/л	<0,3	0,05-0,07	0,07-0,1	0,1-0,3
Фосфаттар, мг/л	<0,05	80-90>50	50-80>30	5-50<30
, %	90-100>70	3-5	5-7	7-10
БПК, мг/л	0-3	50-100	100-1000	1000-20 000
Коли-индекс*, мг/л	<50			

**Коли-индекс - 1 мл судағы E. coli саны, бактериялардың ластану көрсеткіштерінің бірі.*

Жоғарыда аталған сапробты аймақтар сипаттамаларынан судың сапасы нашарлаған сайын гидробионттардың таксономиялық құрамы нашарлайды, ал жекелеген түрлердің саны көбейеді және полисапробты аймағында үлкен болуы мүмкін екендігі туындайды.

$$S = \sum_i s_i J_i / \sum_i J_i$$

мұндағы S - су қоймасының сапробтылық индексі; i - түрдің реттік нөмірі; si - i-ші типтегі сапробтылық дәрежесі; i-типтің ji-индикаторлық салмағы; n - түрлердің жалпы саны.

Сапробтылық индексі

Сапробтылық индексін есептеу кез-келген типтегі су қоймасы үшін бүкіл қауымдастықтың немесе эро бөліктің индикаторлық түрлеріне негізделген. Анықталған түрлердің саны аз болған кезде, олардың сапаға қабілеттілік индексі бойынша бағалау дәлдігі **төмендейді.** Қазіргі уақытта сапробтылық индексін есептеудің екі нұсқасы бар:

- Пантле және Букку бойынша (индикаторлық түрлерін қолданумен, бірақ олардың тіршілік ету ортасын есепке алмай);
- Сладечек модификациясындағы Пантл және Букк бойынша - индикатор түрлерін қолданумен және олардың көптігін ескере отырып жүргізіледі.

Қазіргі уақытта сапробтылық индексін есептеудің екі нұсқасы бар: - Пантле және Букку бойынша (индикаторлық түрлерін қолданумен, бірақ олардың тіршілік ету ортасын есепке алмай); Сладечек модификациясындағы Пантл және Букк бойынша - индикатор түрлерін қолданумен және олардың көптігін ескере отырып жүргізеді.

Сапробтылық индексін дәлірек есептеу үшін (x) түріндегі сапробтық валенттілік ұғымы енгізіледі, ол судың әр түрлі қабілеттілік деңгейлерінде кездесетіндігін көрсетеді. Бұл 10-ға дейін қосылатын бірнеше сандар:

$$(Xx + Xo + X\square m + X\ p = 10).$$

Биоиндикацияда келесі аспектілер өте маңызды:

- әдіснаманы дұрыс таңдау, атап айтқанда, зерттеу нәтижелеріне әсер етуі мүмкін қоршаған орта факторларын ескеру (мысалы, ауа райы жағдайлары, жылдың маусымы; синергетикалық әсер етуі мүмкін немесе керісінше, басқалардың жағымсыз әсерін әлсіретететін ластанудың бірнеше түрі және т.б.).
- сынама алу нүктелері мен қайталану санының дұрыс таңдалуына байланысты зерттеулердің нақтылығы (егер қайталанулар көп болса, сіз математикалық өңдеу жасай аласыз);
- нәтижелер мен болжауды неғұрлым дұрыс түсіндіру мүмкіндігін беретін ұзақ мерзімді бақылау (зерттеу).
- әр түрлі жүйелік және экологиялық статустағы организмдерді қолдана отырып, ландшафттың барлық блоктарын зерттеудің күрделілігі;

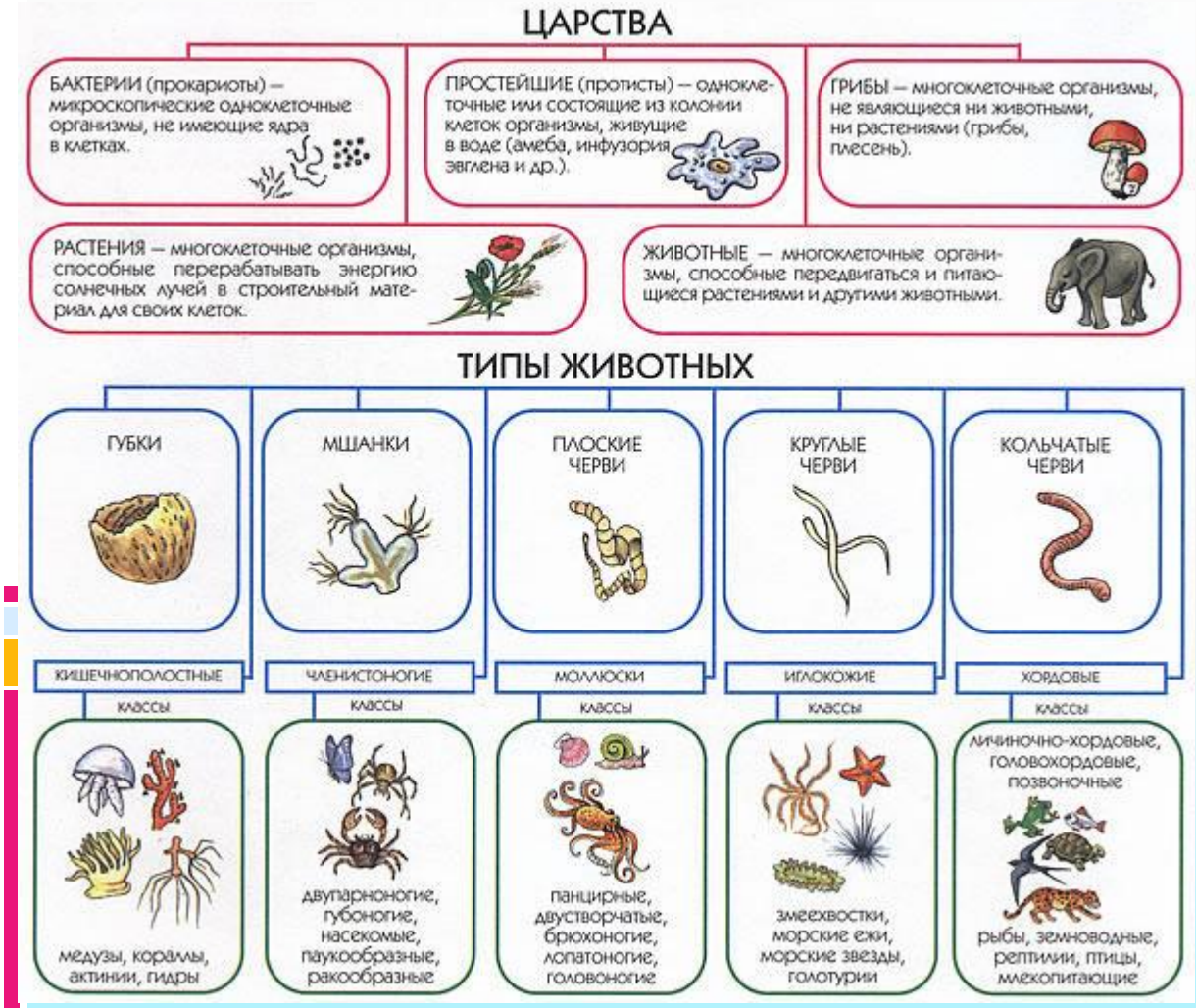
Биотестілеу әдісі қайда қолданылады:

есептеу әдісімен белгіленген 5-ші қауіптілік класын растау қажет;

қалдықтардың сапалық және сандық құрамын анықтау мүмкін емес;

есептеу әдісімен алынған қалдықтардың қауіптілік класын көрсеткенде

Зерттелетін объектілердің уыттылығын бағалау үшін әр түрлі елдердің зерттеушілері түрлі организмдерді сынақ жүйесі ретінде қолданады: бактериялардан сүтқоректілерге дейін.



Барлық биотесттердің түпкі мақсаты модельдік организмдердегі зерттелетін объектінің қауіпсіздігін немесе басқа қасиеттерін бағалау және алынған нәтижелер негізінде адам мен / немесе жануарлар организмдерінің осы объектіге реакциясын болжау болып табылады.

Ең танымал тест-объектілер:



гүлдену: бидай саман, крест тәрізді салат.



жәндіктер

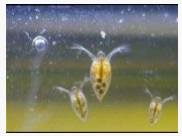
Біздің елде дамыған және бекітілген тестілік жүйелердің тек ректәріздер (дафния немесе цериодафниакс), балдырлар (сценесмус немесе хлорелла) және балық (гуппи немесе зебра) бойынша биотестілер заңдастырылған.



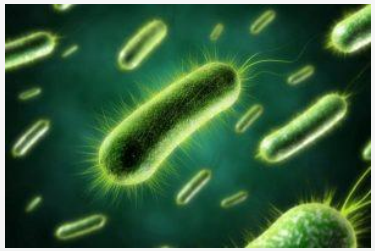
мох: мниум;



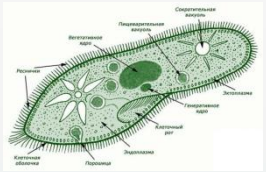
балықтар;



буынаяқтылар: дафния және артемия



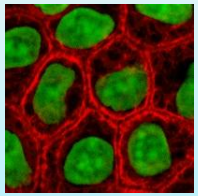
бактериялар;



Қарапайымдылар,: инфузория-туфелька;



бір жасушалы жасыл балдырлар (хлорелла, лихен требуксия және басқалары);



адам мен жануар тіндерінің жасушаларының дақылдары;

Тиісінше, сыналатын объектілердің уыттылығы туралы дәлірек ақпарат алу үшін, олардың ерекшеліктерін ескере отырып, бірнеше сынақ объектілерін бір уақытта қолдану ұсынылады.

Биологиялық сынау кезінде сынақ объектісін таңдау биотестілеу мен қоршаған ортаның ластануын бақылаудың маңызды міндеттерінің бірі болып табылады.

Бүгінгі таңда барлық сынақ нысандары арасында микробалдырларға ерекше назар аударылуда

Балдырлар, жоғары су өсімдіктері сияқты, су экожүйелерінде өндіруші организмдер тобы

Олар органикалық заттарды синтездеуде, сондай-ақ табиғи сулардың сапасын қалыптастыруда жетекші рөл атқарады, бұл олардың әртүрлі класстардағы заттардың (ауыр металдар, хлор, фосфор және хлор-белсенді қосылыстар, жер үсті және үстіңгі заттар) уыттылығын бағалау үшін кең қолданылуына әкелді.

Осы факторлардың барлығы балдырларды судағы ластаушы заттардың экологиялық және балық аулау стандарттарын (ПДК және ОБУВ) белгілеу үшін, сондай-ақ ағынды сулардың қауіптілік класын анықтау үшін міндетті зерттеу объектілерінің қатарына қосылуына әкелді.

Кесте 3 - Биотестілеуде организмдердің әр түрлі таксономиялық топтарын қолдану мүмкіндіктері

Тест-организм	Өлшенетін параметр	Анықтау принципі
Бактерия *(Photobacterium)*	-саны O2 тұтыну (тыныс алу); - нитрификация	-микроорганизмдер - оттегі электродтары кіріс пен шығыстағы еріген оттегінің концентрациясының айырмашылығын өлшейді; - токсиканттың болуы нитрификациялауды тежейді: кіріс және шығыс бөлігінде NH3 концентрациясы өзгеріссіз қалады
Балдырлар		
Scenedesmus, Chlorella, Nitella	-фотосинтездің қарқындылығы; - флуоресценция; -жасушалардың протоплазмалық мембранасының реакциясы	- фотосинтезді басу - флуоресценцияның баяулауы - балдыр жасушаларының мембранасының күйін тіркеуге арналған электрофизиологиялық әдіс

Омыртқасыздар		
ірі омыртқасыздар (өзен шаяны)	- активтілік - тыныс алу	-тыныс алудың өзгеруін тіркеу - респирометр, оттегінің концентрациясы - оксиметр (белсенділіктің төмендеуі және тыныс алу)
Дафнии	-кеуде аяғының қозғалысы	-ластаушы заттар аяқтың қозғалу жылдамдығын төмендетеді
инфузории, коловратки, артемии	- фототаксис	- Фототаксиса бұзылуы
Моллюскалар		
Екі қабатты	қол жуғышты жабу реакциясы	-қақпақты тезірек жауып тастаңыз
Балықтар		
. Радужды форелі, европалық сазан, кохосос, теңіз тілі, смарида, жасыл құлақ алабұға, арктикалық чар және басқалары	-«Жөтел» рефлексі, еріген оттегінің жұмсалу жылдамдығы, тамырларының қозғалуы, болдырмау реакциясы, реотаксис, қан құрамының өзгеруі, жүрек соғу жиілігі, дене қалпы және т.б.	- Брадикардия, қандағы глюкоза деңгейінің жоғарылауы, артериялық қысымның төмендеуі, гемоглобин мен эритроциттер деңгейінің жоғарылауы, лейкоциттердің төмендеуі, қимыл-қозғалыс белсенділігінің төмендеуі, улы заттардан аулақ болуға жауап беру («тұрғын» аймағынан шығу), желбезектің тітіркенуі, әдетте желбезектер (жөтел рефлексі), желбезек төбелерінің қозғалу жиілігін арттыру және т.б.

Балдырларды қолдана отырып, стандартты сынақ жағдайларын жасаған кезде, сынақ объектісі бірнеше негізгі талаптарды қанағаттандыруы керек.

Балдырлар белгілі бір экожүйенің планктондар қауымдастығында кеңінен ұсынылған, эврибионды болуы керек

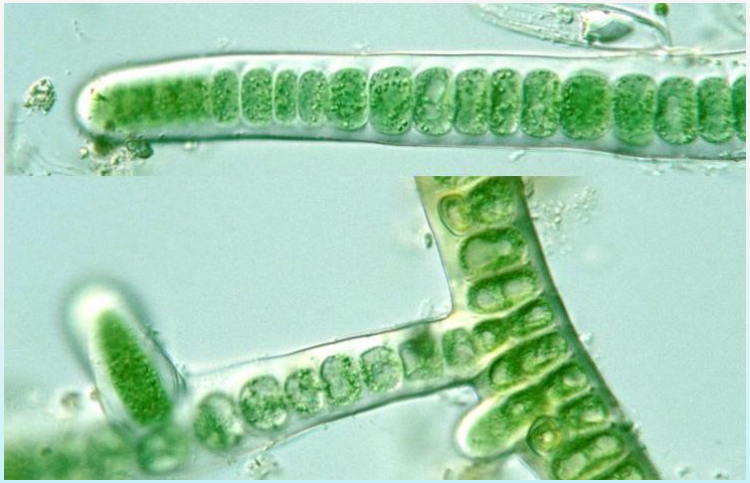
Оларды зертханалық жағдайда стандартты ортада өсіру оңай, өсімдіктердің тұрақты және біркелкі өсуін қамтамасыз етеді

Сыналған балдырлар цикл түзілмей белсенді өсуін сақтай отырып, даму циклінің тыныш кезеңдеріне - спораларға ие болуы керек.

Сынақ мақсаттары үшін зерттелген экожүйенің табиғи планктонынан оқшауланған, түрге сәйкестендірілген және синхронды дамып келе жатқан мәдениетте негізінен бинарлы бөліну арқылы көбейетін бір жасушалы балдырлар жақсы сәйкес келеді.

Соңғы жылдары биомониторингте фототрофты микроорганизмдерге ерекше назар аударылды, олардың сулары экожүйелердің ластануын жедел талдау үшін өмірдің қысқа циклі және көбею жылдамдығы жоғары, бұл жасуша популяциясын зертханада бірнеше ұрпақ бойы бақылауға мүмкіндік береді.

Chlamydomonas мен *Parachlorella* жасыл балдырлары экологиялық биотехнологиядағы ең қолайлы модель нысандары болып табылады.



Хламидомоналар мен парахлорелла жасыл микробалдырларының жабайы және мутантты штамдарының өсуіне және көбеюіне ластаушы заттардың әсерін зерттеу биологиялық ортаны ластайтын факторлардың биологиялық әсері туралы біліміміздің арттыру үшін ғана емес, сонымен қатар сынақ жүйелерін толықтыру үшін де қызығушылық тудырады.

Балдырлар дақылын қолдану арқылы биотестілеу әдісі бақылауға қатысты эксперименттік сынақта (токсиканттардың әсерінен) олардың сипаттамаларының өзгеруін (параметрлер санының артуы, флуоресценция және т.б.) анықтауға негізделген.

Бимониторинг кезінде балдырлардың белгілі бір металға әртүрлі төзімділігін анықтайтын ауыр металдармен эксперименттер жүргізіліп, әртүрлі бөлімдерге ғана емес, сонымен қатар бір таксономиялық топтың түрлеріне де қатысты болды.

Сонымен қатар, балдырлардың ауыр металдардың біреуінің әрекетіне төзімділігі, ол анықталғандай, басқа тексерілген металдарға төзімділікті алдын-ала анықтамайды.

Осылайша, теңіз планктонында кеңінен ұсынылған бес диатомдық түрлердің арасында тексерілген металдардың улы әсері кейде екі реттік шамамен ерекшеленді.

Сынап балдырлар үшін ең улы болып шықты, ол өсірудің өсуін тежеді, бұл өсудің артта қалу фазасының ұзаруымен, хлорофилл құрамының төмендеуімен және жасушалардың бөліну жылдамдығымен көрінді.

Әр түрлі таксономиялық топтардың балдырларының тұрақтылығындағы айырмашылықтар ауыр металдардың қоршаған ортадағы концентрациясына байланысты және метаболизмі мен балдырлар жасушаларының морфологиясының ерекшеліктері бойынша әр түрлі әсер ету механизмдеріне байланысты.

Судың улылығы (токсобность воды) - су организмдерінің улы ортада тіршілік ету қабілеті.

Тіршілік ету ортасының уыттылығы су токсикологиясының, ең алдымен биотестілеу әдістерімен белгіленеді.

Ол уыттылық дәрежесін анықтау үшін биологиялық объектілерді (сыналатын организмдер) қолдану арқылы жүзеге асырылады.

Алайда, зерттелетін организмдердің шектеулі санының реакциясын ескеруге негізделген биотестілеу әдістері биотестілеу нәтижелерін табиғи су объектілерінің бүкіл биотасына таратуға мүмкіндік бермейді.

Басқа токсикологиялық зерттеулер сияқты ластанған табиғи сулардың, ағынды сулардың, кез-келген субстраттар мен материалдардан алынған сығындылардың уыттылығын бағалауға болады.

Уытты заттар

қышқылдар, фенолдар, БАЗ және басқа да қосылыстар

мұнай және оны қайта өңдеу өнімдері

АМ қосылыстары (әсіресе сынап, қорғасын, кадмий; пестицидтер, әсіресе хлор және фосфорорганикалық заттар)

Қоршаған ортадағы токсиканттардың өзара әрекеттесуі және синергетикалық немесе атагонистік сипаттағы организм ағзалары биомаркерлердің реакциялық реакцияларында интеграцияланған.

Ластаушы заттардың әсер етуінің кумулятивті әсерін көрсететін биомаркерлерді антропогендік ластануға сезімтал су экожүйелерінің күйін зерттеуде кеңінен қолдануға болады.

Әлемдік ластаушы заттардың ішінде гидросфераға түсудің көптеген жолдары бар АМ ерекше қауіпті. Биосферада айналатын АМ гидробионттарда, соның ішінде трофикалық тізбектің бірінші буынының фотосинтетикалық организмдер деңгейінде жинақталады, бұл су экожүйелерінің жұмыс жасауына негіз болады, бұл алғашқы өндіріс өндірісіндегі бұзылуларға әкеледі.

Осыған байланысты балдырлардың антропогендік факторлардың әсеріне жауаптары ең маңызды болып табылады және нәтижесінде олардың құрылымдық-функционалдық сипаттамаларының өзгеруі тіршілік ету ортасы ретінде су ортасының сапасының өзгеруі немесе бұзылуының репрезентативті индикаторы бола алады.

Бұл биологиялық бақылау мақсатында микробалдырлар қауымдастығының күйінің көптеген параметрлерін қолдануға негіз болады.

Балдырлардың АМ жинақтау қабілеті оларды биотестілеу, бақылау, ластану деңгейін болжау, сондай-ақ олардың өзін-өзі тазарту процестеріндегі рөлін анықтау үшін қолдану мүмкіндігін көрсетеді.

Сонымен қатар, микробалдырлар экспериментте жазылған ұзақ уақытқа созылатын токсикалық әсерлер мен олардың реакцияларының биомаркері (немесе биоиндикаторы) ретінде қызмет ете алады, су экожүйелерінде қайтымсыз өзгерістер басталғанға дейін алдын-алу шараларын қабылдауға, жақсартуға мүмкіндік береді.

Кесте 4 - Металдың теңіз балдырлары дақылына әсері

Балдырлар	Металдар (мг/л)			
	$HgCl_2$	$CdCl_2$	$CuCl_2$	$PbCl_2$
Chlamydomonas palla	5–25/15*	25–500/200	50–150/100	500–2000/1 000
Prasinocladus marinus	10–50/25	50 ≥ 500/> 250	50 ≥ 250/150	500 ≥ 2000/> 1 000
Pavlova pinguis	5–20/10	25 ≥ 100/50	250 ≥ 500/> 250	500 ≥ 2000/> 1 000
Chaetoceros didymus	5–20/15	50 ≥ 100/ >> 75	25 ≥ 50/> 25	1 000 ≥ 2000/ >> 1 000
Cylindrotheca closterium	10–20/7,5	5–50/25	100 ≥ 500/250	>>> 2 000
Fragilaria pinnata	5–25/15	50 ≥ 250/100	250 ≥ 1000/500	>>> 2 000
Lauderia borealis	5–10/> 5	50 ≥ 250/100	25 ≥ 150/< 100	500–1000/ << 750
Phaeodactylum tricornutum	5–25/15	100 ≥ 1000/ 500	500 ≥ 1000/ < 1 000	1 000 ≥ 2000/ >> 1 000
Monallanthus salina	5–25/10	50–250/100	100–1000/500	>>> 2 000
Cryptomonas pseudobaltica	10–25/ 12,5	25–500/100	50–500/250	1 000 ≥ 2000/ >> 1 000
Porphyridium marinum	5–25/15	25 ≥ 500/250	10–50/25	250–1000/> 500

* - бөлгіш металдың концентрациясын береді, бұл бақылаумен салыстырғанда культураның өсуін 50% тежейді.

Су ортасының генотоксикалығын бағалау экологиялық мониторингтің негізгі міндеттерінің бірі болып табылады.

Биотестинг қоршаған ортаның уыттылық деңгейін сипаттауға мүмкіндік береді және мутагенді факторларды анықтайды, оларды уақтылы анықтау олардың тірі ағзаларға кері әсерін төмендету бойынша шаралар қабылдауға мүмкіндік береді.





Жер үсті сулары ағынды сулардан шыққан улы химикаттармен ластанған

Ластанған судың әртүрлі қосылыстары тірі жасушалардың ДНҚ-мен әрекеттесуге қабілетті, сондықтан генотоксикалық әсер етеді.

Генотоксикалықты химиялық (пластмасса, шайыр немесе резеңке) және тоқыма өнеркәсібінен, сондай-ақ целлюлоза мен қағаз фабрикаларынан шыққан ағынды суларда табуға болады.

- Генотоксиндердің қосымша көздері ДНҚ-ны зақымдайтын пестицидтерден тұратын ауылшаруашылық дренажы және қалалық ағынды сулар болып табылады.

- Жер үсті суларындағы генотоксикалық әлеуетті бағалау экологиялық мониторингтің негізгі міндеттерінің бірі болып табылады.

- Су биоценозының әр түрлі деңгейлерін зерттеу экологиялық бақылаудың маңызды аспектісі болып табылады.



Назарларыңызға рахмет