PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(19) ČESKÁ REPUBLIKA

ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **11.08.2010**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **22.02.2012**

(Věstník č. 8/2012)

(21) Číslo dokumentu:

2010-612

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

A01N 59/16	(2006.01)
C02F 1/00	(2006.01)
C02F 103/04	(2006.01)

(71) Přihlašovatel:
Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, CZ

(72) Původce:
Zbořil Radek RNDr. Ph.D., Olomouc, CZ
Mašláň Miroslav Prof. RNDr. CSc., Těšetice, CZ
Maršálek Blahoslav doc. Ing. CSc., Brno, CZ

(74) Zástupce:
INPARTNERS GROUP, Ing. Dušan Kendereški, Lidická 51, Brno, 60200

(54) Název přihlášky vynálezu:

Použití ultramalých částic železa pro likvidaci, prevenci a omezení masového rozvoje vodních květů sinic

(57) Anotace:

Použití ultramalých částic železa k likvidaci, prevenci a omezení masového rozvoje vodních květů sinic, které vykazují vysokou a selektivní toxicitu vůči sinicím spočívající v multiplikativním a souběžném účinku zahmujícím současnou destrukci buněk sinic, imobilizaci uvolněných toxinů a zabránění jejich masivního uvolnění do vodního sloupce, koagulačně-flokulační efekt a preventivní účinek spojený s vyvázáním fosforu jakožto hlavního nutričního elementu sinic.

CZ 2010 - 612 A3

PV 2010 - 612

11.08.10

POUŽITÍ ULTRAMALÝCH ČÁSTIC ŽELEZA PRO LIKVIDACI, PREVENCI A OMEZENÍ MASOVÉHO ROZVOJE VODNÍCH KVĚTŮ SINIC

Oblast techniky

Vynález se týká použití ultramalých částic železa pro likvidaci, prevenci a omezení rozvoje sinic a jejich růstu a spadá do oblasti čištění všech typů povrchových vod, například vod v rekreačních, vodárenských, technologických a rybochovných vodních nádržích, ve vodních tocích, rybnících, jezerech a jiných vodních útvarech.

Dosavadní stav techniky

Doposud jsou a byly k likvidaci vodních květů sinic z vodních ploch využívány nebo testovány různé fyzikální, chemické a biologické metody a technologie, které se liší mechanismem, selektivitou a efektivitou účinku vůči sinicím, mírou prevence růstu sinic, mírou ovlivnění vodního ekosystému po aplikaci technologie a v neposlední řadě technickým řešením a ekonomickou náročností. Níže uvedený přehled charakterizuje existující využívané technologie s důrazem na jejich nedostatky a nevýhody, plynoucí z jejich fyzikální či chemické podstaty:

Techniky založené na eliminaci fosforu jako hlavního nutričního elementu sinic (např. Conley DJ, Paerl HW, Howarth RW, Boesch DF, Seitzinger SP, Havens KE, Lancelot C, Likens GE, Science 323 (2009) 1014). Nevýhody – nedochází k destrukci buněk sinic ani k odbourání toxických metabolitů sinic. Tyto techniky jsou dominantně založené na vysrážení fosforu pomocí síranů a chloridů železa, resp. solí hliníku.

Chemické metody využívající algicidy (např. Maršálek B, Drábková M, Maršálková E, Feldmannová M, Jančula D., Omezení masového rozvoje planktonních sinic: sumarizace metod. In: CYANOBACTERIE 2006 (Maršálek B, Feldmannová M, Maršálková E, editors); 2006, Botanický ústav AV ČR, Průhonice, ČR, pp 114 - 131). Nevýhody – krátkodobý účinek, neselektivita účinku s negativním dopadem i na vyšší organismy, nemají preventivní charakter.

Technologie využívající flokulanty a koagulanty (např. Maršálek B, Bláha L, Bláhová L, Babica P, Czech Republic - Management and regulation of the cyanobacteria and cyanotoxins. In: Current approaches to cyanotoxin risk assessment, risk management and regulations in different countries (Chorus I, ed.); 2005, WaBoLu

Federal Environmental Agency, (Umweltbundesamt), Dessau, Germany; pp. 37-39). Nevýhody – nedochází k destrukci buněk, reverzibilní proces s krátkodobým účinkem, neselektivita účinku s negativním dopadem i na vyšší organismy, především na zooplankton, nemají preventivní účinek.

Oxidační technologie - např. ozonizace a metody založené na použití peroxidu vodíku (např. Annadotter H, Cronberg G, Aagren R, Lundstedt B, Nilsson PA, Strobeck S, Hydrobiologia 396 (1999) 77). Nevýhody – neselektivita účinku s negativním dopadem i na vyšší organismy, uvolnění toxinů sinic do vodního sloupce, nemají preventivní účinek, jsou z technického a bezpečnostního hlediska náročně realizovatelné.

Fyzikální techniky - např. elektrokoagulační a ultrazvukové technologie (např. Zhang GM, Zhang PY, Fan MH, Ultrasonics and Sonochemistry 16 (2009) 334). Nevýhody – obtížné technologické řešení pro dekontaminaci velkých ploch, krátkodobý a pouze lokální účinek, neselektivita účinku s negativním dopadem i na vyšší organismy, uvolnění toxinů sinic do vodního sloupce, nemají preventivní účinek.

Ekotechniky - např. destratifikace či aerace (např. Becker A, Herschel A, Wilhelm C, Hydrobiologia 559 (2006) 85; Cooke GD, Welch EB, Perterson SA, Nichols SA, Restoration and Management of Lakes and Reservoirs, 3rd. Edition., 2005, Boca Raton, Taylor and Francis; Graneli E, Jefferson T, Tirner T, Ecology of Harmful Algae, 2008, Berlin, Springer). Nevýhody – obtížné technologické řešení pro dekontaminaci velkých ploch, vysoká energetická a finanční náročnost.

Metody založené na biotických interakcích - např. interakce bakterie – plísně - viry – sinice (např. Jorgensen SE, Logffler H, Rast W, Straskraba M, Lake and Reservoir Management, 2005, Amsterdam, Elsevier; Nimptsch J, Wiegand C, Pflugmacher S, Environmental Science & Technology 42 (2008) 8552, Slováčková H, Maršálek B, Biotické vztahy ve vodních ekosystémech a možnosti omezení rozvoje sinic. In: Cyanobacterie 2008 (Maršálek B, Vinklárková D, Maršálková E, editors); 2008, Brno, Czech Republic, pp 84-93). Nevýhody – technologicky obtížné řešení pro dekontaminaci velkých ploch, omezená a nepředvídatelná účinnost, ovlivnění jiných biotických vztahů, např. ryby – zooplankton – sinice, se ukazuje pro management rozvoje sinic nepoužitelné.

11.09.10

Metody využívající fotodynamický efekt za použití fotosenzitizátorů (např. Maršálek et al. Užitný vzor ČR 20504). Nevýhody - nutnost inicializace světlem, nemají preventivní účinek, uvolnění toxinů sinic do vodního sloupce.

Společným nedostatkem a nevýhodou všech zmíněných a používaných postupů a technologií je většinou pouze jeden dominantní mechanismus účinku, který neřeší komplexně problematiku likvidace sinic a prevence jejich růstu, tj. žádná z uvedených technik nedokáže současně:

- nevratně destruhovat buňky sinic
- zabránit masivnímu uvolnění toxinů z buněk
- vyvázat fosfor jako klíčový nutriční element a plnit tudíž preventivní roli
- plnit koagulačně-flokulační efekt zabraňující fotosyntéze a podporující sedimentaci degradované biomasy
- mít selektivní účinek vůči sinicím s výrazně nižší toxicitou vůči vyšším organismům v ekosystému.

Podstata vynálezu

Vynález si klade za úkol navrhnout použití železa ve formě ultramalých částic železa k likvidaci, prevenci a omezení rozvoje vodních květů sinic způsobem nevratné destrukce buněk sinic za podmínky vyvázání fosforu a selektivního účinku na sinice.

Uvedené nevýhody výše zmíněných technologií a postupů řeší navrhované použití ultramalých částic železa pro likvidaci, prevenci a omezení masového rozvoje vodních květů sinic, které vykazují vysokou a selektivní toxicitu vůči sinicím, jehož podstata spočívá v multiplikativním a souběžném účinku zahrnujícím současnou destrukci buněk sinic, imobilizaci uvolněných toxinů a zabránění jejich masivního uvolnění do vodního sloupce, koagulačně-flokulační efekt a preventivní účinek spojený s vyvázáním fosforu jakožto hlavního nutričního elementu sinic.

K destrukci buněk sinic dochází v důsledku oxidativního stresu vyvolaného aplikací nanočástic železa a v důsledku pronikání uvolňovaných iontů železa buněčnou membránou a následné precipitaci hydroxidu (hydroxid-oxidu) železitého uvnitř buněk. Výhodou navrhovaného způsobu tedy je destrukce buněk a tudíž nevratný a dlouhodobý účinek.

Při aplikaci nanočástic železa, přestože dochází k výrazné destrukci buněk, není vyvolán masivní nárůst toxinů sinic ve vodním sloupci. Zabránění uvolnění toxinů souvisí s jejich imobilizací na povrchu produktů oxidace nanoželeza, vykazujících velkou plochu povrchu (až 400 m^2/g) a vysokou sorpční kapacitu, a s následnou postupnou degradací toxinů. Další výhodou navrhovaného použití je tedy imobilizace a degradace uvolněných toxinů sinic.

Netoxické produkty oxidace nanočástic železa vykazují flokulační vlastnosti a vytváří společně s biomasou rozložených sinic dobře sedimentující agregáty. Další výhodou navrhovaného použití je flokulační efekt nanočástic železa a produktů jejich oxidace.

Aplikace nanočástic železa ve vodném prostředí způsobí vysrážení biodostupného fosforu ve formě nerozpustných fosforečnanů a tudíž výrazné snížení obsahu rozpustného fosforu jako hlavního nutričního elementu sinic. Další výhodou navrhovaného použití je tedy preventivní účinek.

Výhodou navrhovaného použití je také vysoká a selektivní toxicita nanočástic železa vůči sinicím. Toxicita nanočástic železa vůči vyšším organismům jako jsou řasy, dafnie, vodní rostliny a ryby je 20x až 100x nižší v porovnání s toxicitou vůči sinicím.

Výhodou navrhovaného použití je snadné přizpůsobení způsobu jeho technické realizace podmínkám daného ekosystému (možnost aplikace nanoželeza v disperzích, v prášku, ve formě bariér, na pevných nosičích; aplikace přímo na vodních nádržích nebo na přítocích). Jako zvláště výhodné pro likvidaci, prevenci a omezení masového rozvoje vodních květů sinic se jeví použití kapalné disperze ultramalých částic železa. Ultramalé částice železa mohou být s výhodou pro likvidaci, prevenci a omezení masového rozvoje vodních květů sinic použity také v pevné fázi pomocí prášku tvořeného ultramalými částicemi železa.

V neposlední řadě výhodou navrhovaného použití je souběžný a multiplikativní účinek všech výše zmíněných mechanismů (destrukce buněk sinic, imobilizace uvolněných toxinů, flokulační účinek, odstranění fosforu, selektivní toxicita) umožňující dlouhodobou likvidaci sinic a prevenci jejich růstu bez negativních vlivů na vyšší organismy a vodní ekosystém.

Ultramalé částice železa mohou také při likvidaci, prevenci a omezení masového rozvoje vodních květů sinic s výhodou tvořit součásti jiných přípravků používaných k likvidaci a prevenci růstu sinic.

11.05.10

Přehled obrázků na výkresech

Vynález bude blíže osvětlen na přiložených výkresech, kde obr. 1 znázorňuje ekotoxikologická data prokazující vysokou a selektivní toxicitu nanočástic železa vůči sinicím. Toxicita je zde vyjádřená v jednotkách toxicity TU (TU=1/EC50, kde EC50 je střední efektivní koncentrace), obr. 2 znázorňuje snímky ze skenovacího elektronového mikroskopu: A – buňky sinic před interakcí s nanočásticemi železa, B – nanočástice železa před interakcí se sinicemi, C – roztrhané buňky sinic po interakci s nanoželezem a obklopené produktem oxidace nanoželeza, D – výrazně deformované buňky sinic obalené produktem transformace nanoželeza, obr. 3 vlevo znázorňuje – Mössbauerovo spektrum změřené po interakci nanoželeza se sinicemi v kultivačním médiu demonstrující tvorbu Fe $(OH)_3$ jako oxidačního produktu, zatímco obr. 3 vpravo znázorňuje snímek sinice z transmisního elektronového mikroskopu po interakci s nanoželezem; vysoký kontrast naznačuje průnik iontů Fe membránou a tvorbu hydroxidu železitého uvnitř i na povrchu buněk. Ve výřezu je pro srovnání povrch buňky sinice, která nebyla v interakci s nanoželezem, obr. 4 ukazuje snímek ze skenovacího elektronového mikroskopu demonstrující flokulační efekt hydroxidu železitého a tvorbu kompaktní biomasy obsahující destruované a deformované buňky sinic. Ve výřezu – SEM/EDX prvková analýza biomasy vzniklé v kultivačním médiu po aplikaci nanoželeza (Al pochází z podložky pro měření), obr. 5 znázorňuje koncentraci microcystinu uvolněného do vodního sloupce po aplikaci nanoželeza o různé koncentraci (10-500 mg/L) ve srovnání s aplikací herbicidu Paraquat (50 mg/L) a úrovní microcystinu v kontrolním vzorku sinic bez aplikace jakýchkoliv přípravků a obr. 6 nahoře zobrazuje odměrné válce se sinicemi bez přídavku nanoželeza (kontrolní vzorek, vlevo), s přídavkem vodné disperze nanoželeza o koncentraci 10 mg/L (uprostřed) a s nanoželezem o stejné koncentraci 10 mg/L dávkovaným v prášku (vpravo), foceno bezprostředně po dávkování nanoželeza. Obr. 6 dole zobrazuje odměrné válce se sinicemi bez přídavku nanoželeza (kontrolní vzorek, vlevo), s přídavkem vodné disperze nanoželeza o koncentraci 10 mg/L (uprostřed) a s nanoželezem o stejné koncentraci 10 mg/L dávkovaným v prášku (vpravo), foceno tři dny od přídavku nanoželeza.

11.08.10

Příklady provedení vynálezu

Vysokou a selektivní toxicitu ultramalých částic železa vůči sinicím lze demonstrovat na příkladu komerčních povrchově nestabilizovaných nanočástic elementárního železa se střední velikostí 50 nm (produkt Ecopure, dodavatel NANOIRON, s.r.o), jejichž toxicita byla testována vůči sinicím *Microcystis aeruginosa* a také vůči řadě dalších vodních organismů (obr. 1).

Ekotoxikologická data ukazují, že toxicita ultramalých částic železa vůči sinicím je o 2-3 řády vyšší než vůči dafniím a rybám. Například hodnota EC50 pro *Daphnia magna* byla stanovena 1093 mg/L a pro testované ryby (*Poecilia reticulata*) byly hodnoty EC50 opakovaně vyšší než 2500 mg/L.

Vysoká selektivita účinku nanočástic železa je patrná také z hodnot EC50 zjištěných pro vodní rostliny (*Sinapis alba*). Hodnota EC50 stanovená pro zelené vláknité řasy *Cladophora glomerata* je dokonce vyšší než 5000 mg/L, tj. o dva řády vyšší než hodnota EC50 stanovená pro sinice *Microcystis aeruginosa* (50 mg/L).

Vysoce selektivní toxicita nanočástic železa vůči sinicím souvisí s vícenásobným mechanismem účinku. Především, při interakci nanočástic železa se sinicemi dochází prokazatelně k destrukci buněk a porušení buněčné membrány, jak je patrné ze snímků ze skenovacího elektronového mikroskopu na obr. 2 (C a D). Pro srovnání jsou na obr. 2 (A a B) uvedeny také snímky původních buněk sinic a nanočástic železa před vzájemnou interakcí.

Schopnost destrukce buněk sinic pomocí nanoželeza pravděpodobně souvisí s oxidativním stresem, který nanoželezo ve vodném prostředí vyvolá a který byl pozorován také v případě účinku na jiné gram-negativní bakterie typu *Escherichia coli* (Lee et al. 2008). Tento buněčný stres je vyvolán především $OH^{\cdot}$ radikály, které jsou intenzivně produkovány při reakci nanoželeza s vodou. Odlišný charakter a složení buněčné membrány u vyšších organismů zabezpečuje jejich dostatečnou ochranu před oxidativním stresem vyvolaným aplikací nanoželeza a je důvodem selektivní toxicity nanoželeza vůči sinicím.

K selektivní toxicitě nanoželeza vůči sinicím a schopnosti destrukce buňky může ovšem také přispívat obecně známá vysoká afinita sinic k iontovému Fe, které nanoželezo produkuje reakcí s vodou. Iontové Fe tak prochází buněčnou

membránou a uvnitř buňky pak dochází v prostředí nadbytku kyslíku k jeho vysrážení ve formě hydroxidu železitého. Tvorba hydroxidu železitého jako oxidačního produktu při interakci nanoželeza se sinicemi byla jednoznačně prokázána Mössbauerovou spektroskopií (obr. 3 vlevo). Skutečnost, že sinice mohou svou nadměrnou afinitou vůči Fe spáchat „buněčnou sebevraždu" dokumentuje i vysoce kontrastní snímek z transmisního elektronového mikroskopu naznačující tvorbu hydroxidu železitého uvnitř i na povrchu buňky (obr. 3 vpravo). Tvorba hydroxidu železitého na povrchu a v okolí buněk souvisí s interakcí iontového Fe s radikály, které sinice produkují. Bylo jednoznačně prokázáno, že obsah hydroxidu železitého vzniklého oxidací nanoželeza v kultivačním roztoku se sinicemi je až čtyřikrát vyšší než v případě, když je nanoželezo ponecháno po stejnou dobu ve stejném roztoku bez přítomnosti sinic.

Hydroxid železitý vznikající po interakci nanoželeza se sinicemi třemi uvedenými mechanismy (precipitace uvnitř buněk po průniku iontového Fe, vznik na povrchu buněk interakcí iontového Fe s radikály produkovanými sinicemi a vznik reakcí s vodou) má silně flokulační charakter a vytváří společně s roztrhanými či deformovanými buňkami sinic kompaktní biomasu (obr. 4), která nemá nadále nanodimensionální charakter a může postupně ochotně sedimentovat ke dnu, kde dochází k přirozenému rozkladu biomasy. Prvková analýza provedená s využitím SEM/EDX analýzy na části biomasy (obr. 4 výřez) ukazuje kromě prvků přítomných v kultivačním médiu pouze na přítomnost Fe a O (ze struktury hydroxidu železitého) a také C (z degradovaných buněk sinic).

Přestože objektivně dochází po aplikaci ultramalých částic železa k destrukci buněk sinic, provedená měření potvrzují, že se nezvyšuje obsah toxinů sinic ve vodním sloupci (obr. 5). Uvolněný microcystin je imobilizován na povrchu nanoželeza a produktů jeho transformace a nedochází tudíž k jeho uvolnění do vodního sloupce. Tato schopnost imobilizace je dána stanovenou obrovskou specifickou plochou povrchu hydroxidu železitého (až 400 m^2/g) a tudíž jeho velkou sorpční kapacitou. Schopnost imobilizace může být navíc významně podpořena přitažlivou interakcí microcystinu a hydroxidu železitého v důsledku jejich opačného náboje. Ke skutečnosti, že nedochází k nárůstu microcystinu ve vodním sloupci může také přispívat částečná chemická degradace microcystinu v důsledku aplikace

nanoželeza. Z obr. 5 je patrné, že při aplikaci nanoželeza o koncentraci 50 mg/L, která odpovídá hodnotě EC50, je množství uvolněného microcystinu o řád nižší ve srovnání s aplikací komerčního herbicidu (Paraquat) o stejné koncentraci.

Kromě výše demonstrovaných efektů nanoželeza, které byly potvrzeny při interakci se sinicemi typu *Microcystis aeruginosa* (selektivní toxicita, destrukce buněk, imobilizace microcystinu, flokulační efekt), byl také potvrzen výrazný pokles fosforu, jakožto klíčového nutričního elementu sinic. Bylo prokázáno, že nZVI v koncentraci 50 mg/L je schopno odstranit až 80% biodostupných rozpustných fosforečnanů z původní koncentrace (100 μg/L), která je běžná v povrchových vodách obsahujících sinice. Schopnost nanoželeza vysrážet fosfor ve formě nerozpustných fosforečnanů má ve vztahu k sinicím také významný preventivní účinek.

Na obrázku 6 je demonstrován toxický účinek ultramalých částic železa vůči sinicím při aplikaci ve formě vodné disperze i při aplikaci v práškové formě s následnou homogenizací. Odměrné válce na obr. 6 vlevo reprezentují vodnou disperzi obsahující sinice bezprostředně po odebrání z vodní nádrže Vranov, 27. 7 2010, (válec nahoře), zatímco odměrný válec dole reprezentuje stejnou disperzi po třech dnech bez jakýchkoliv úprav (30. 7. 2010). Odměrné válce na obr. 6 uprostřed reprezentují vodnou disperzi obsahující sinice bezprostředně po dávkování nanoželeza (27. 7. 2010) ve formě vodné diperze o koncentraci 10 mg/L (válec nahoře uprostřed), zatímco odměrný válec dole uprostřed reprezentuje stejnou disperzi po třech dnech působení nanoželeza (30. 7. 2010). Odměrné válce na obr. 6 vpravo reprezentují vodnou disperzi obsahující sinice bezprostředně po dávkování nanoželeza (27. 7. 2010) ve formě prášku o koncentraci 10 mg/L a následné homogenizaci mícháním (válec nahoře vpravo), zatímco odměrný válec dole vpravo reprezentuje stejnou disperzi po třech dnech působení nanoželeza (30. 7. 2010). Z obr. 6 je zřejmé, že po třech dnech působení nanoželeza, dávkovaného jak ve formě vodné disperze, tak ve formě prášku, došlo k výraznému vyčeření vodního sloupce s evidentním usazením degradované biomasy sinic na dně válců. Kontrolní vzorek bez přídavku nanoželeza vykazuje po třech dnech stále vysoký obsah sinic v celém objemu odměrného válce. Pozn. zelené kroužky u vrcholu vodní hladiny

reprezentují biomasu usazenou na skle vodního válce v důsledku částečného odparu vody.

Průmyslová využitelnost

Použití ultramalých částic železa je určeno k likvidaci, prevenci a omezení masového rozvoje vodních květů sinic v rekreačních, vodárenských, technologických a rybochovných vodních nádržích, ve vodních tocích, rybnících, jezerech a jiných vodních útvarech.

PV 2010-612

11.08.10

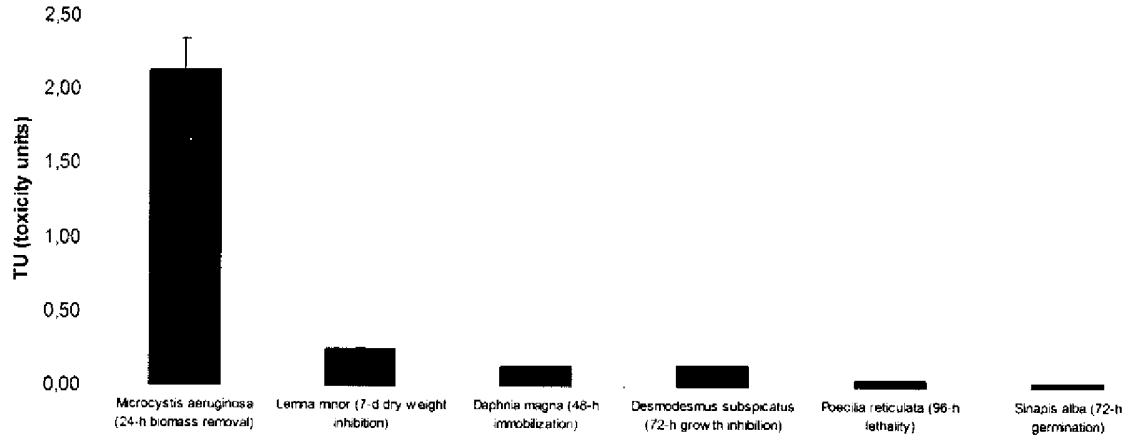
PATENTOVÉ NÁROKY

1. Použití ultramalých částic železa pro likvidaci, prevenci a omezení masového rozvoje vodních květů sinic.

2. Použití ultramalých částic železa pro likvidaci, prevenci a omezení masového rozvoje vodních květů sinic podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že se provádí pomocí kapalné disperze ultramalých částic železa.

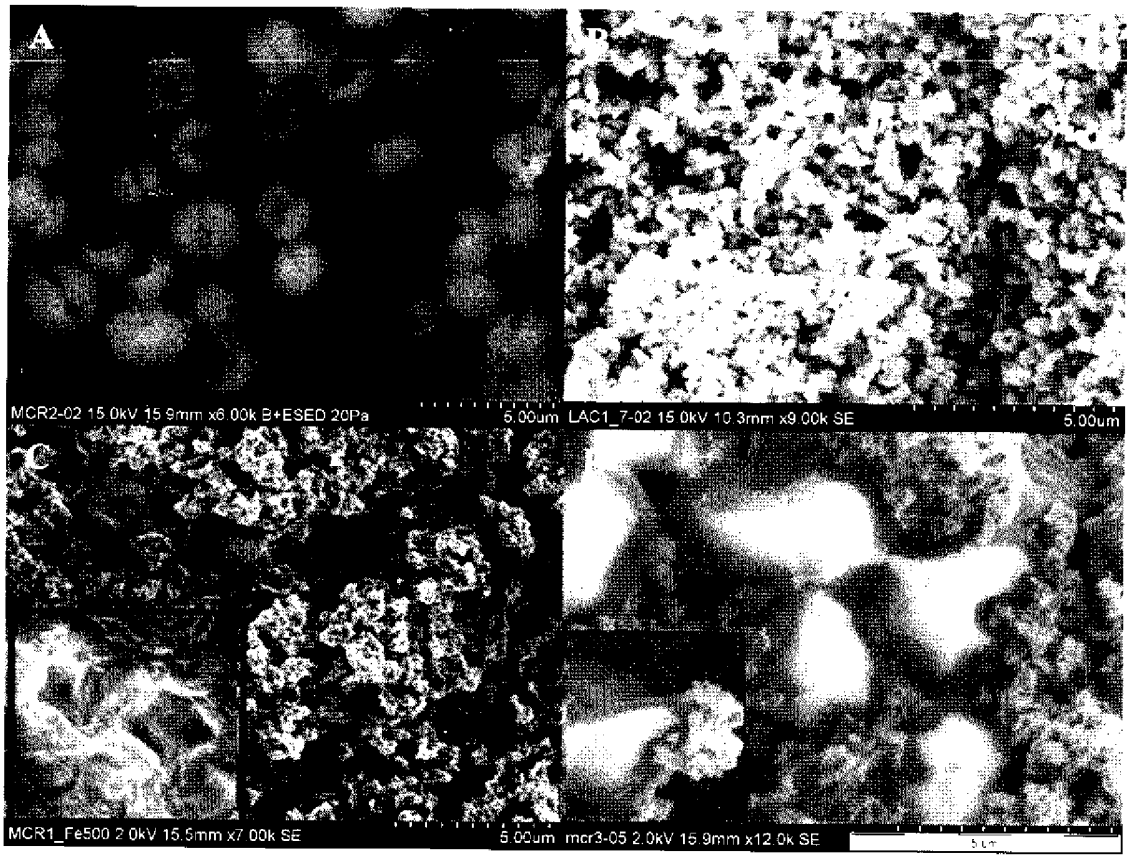
3. Použití ultramalých částic železa pro likvidaci, prevenci a omezení masového rozvoje vodních květů sinic podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že se provádí v pevné fázi pomocí prášku tvořeného ultramalými částicemi železa.

4. Použití ultramalých částic železa pro likvidaci, prevenci a omezení masového rozvoje vodních květů sinic podle nároku 1 až 3, **vyznačující se tím**, že pro likvidaci sinic se využívá ultramalých částic železa jako součásti jiných přípravků používaných k likvidaci a prevenci růstu sinic.

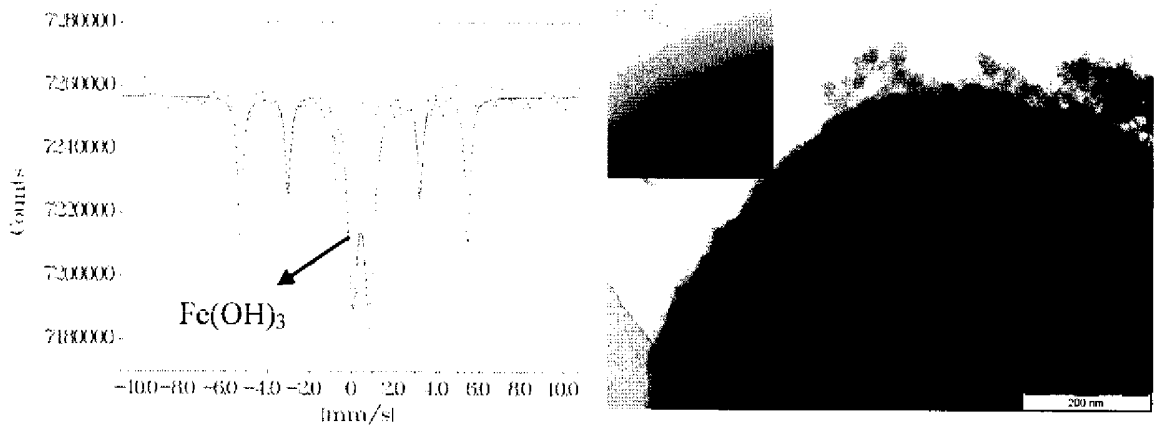

2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
TU (toxicity units)
Microcystis aeruginosa (24-h biomass removal)
Lemna minor (7-d dry weight inhibition)
Daphnia magna (48-h immobilization)
Desmodesmus subspicatus (72-h growth inhibition)
Poecilia reticulata (96-h lethality)
Sinapis alba (72-h germination)

Obr. 1

11.08.10

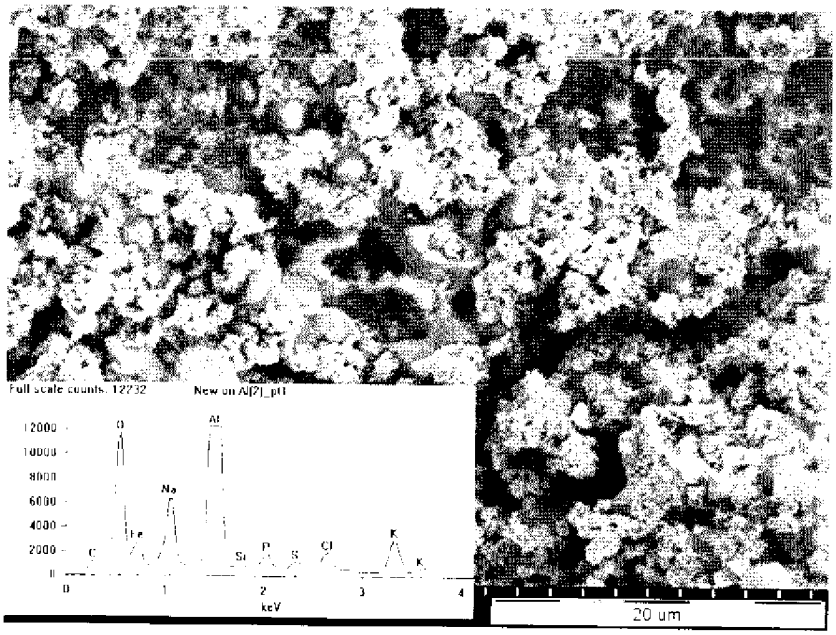

A
MCR2-02 15.0kV 15.9mm x6.00k B+ESED 20Pa
5.00um
B
LAC1_7-02 15.0kV 10.3mm x9.00k SE
5.00um
C
MCR1_Fe500 2.0kV 15.9mm x7.00k SE
5.00um
mcr3-05 2.0kV 15.9mm x12.0k SE

Obr. 2


7280000
7260000
7240000
7220000
7200000
7180000
Counts
Fe(OH)3
−100 −80 −60 −40 −20 0 20 40 60 80 100
[mm/s]
200 nm

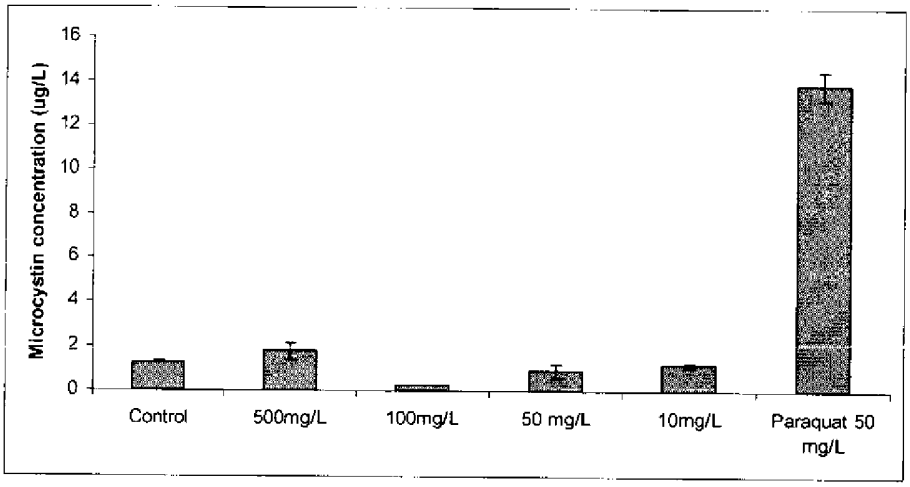
Obr. 3

11.08.10


Full scale counts: 12732
New on A[2]_pt1
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
O
Al
Na
Fe
C
Si
P
S
Cl
K
0
1
2
3
4
keV
20 um

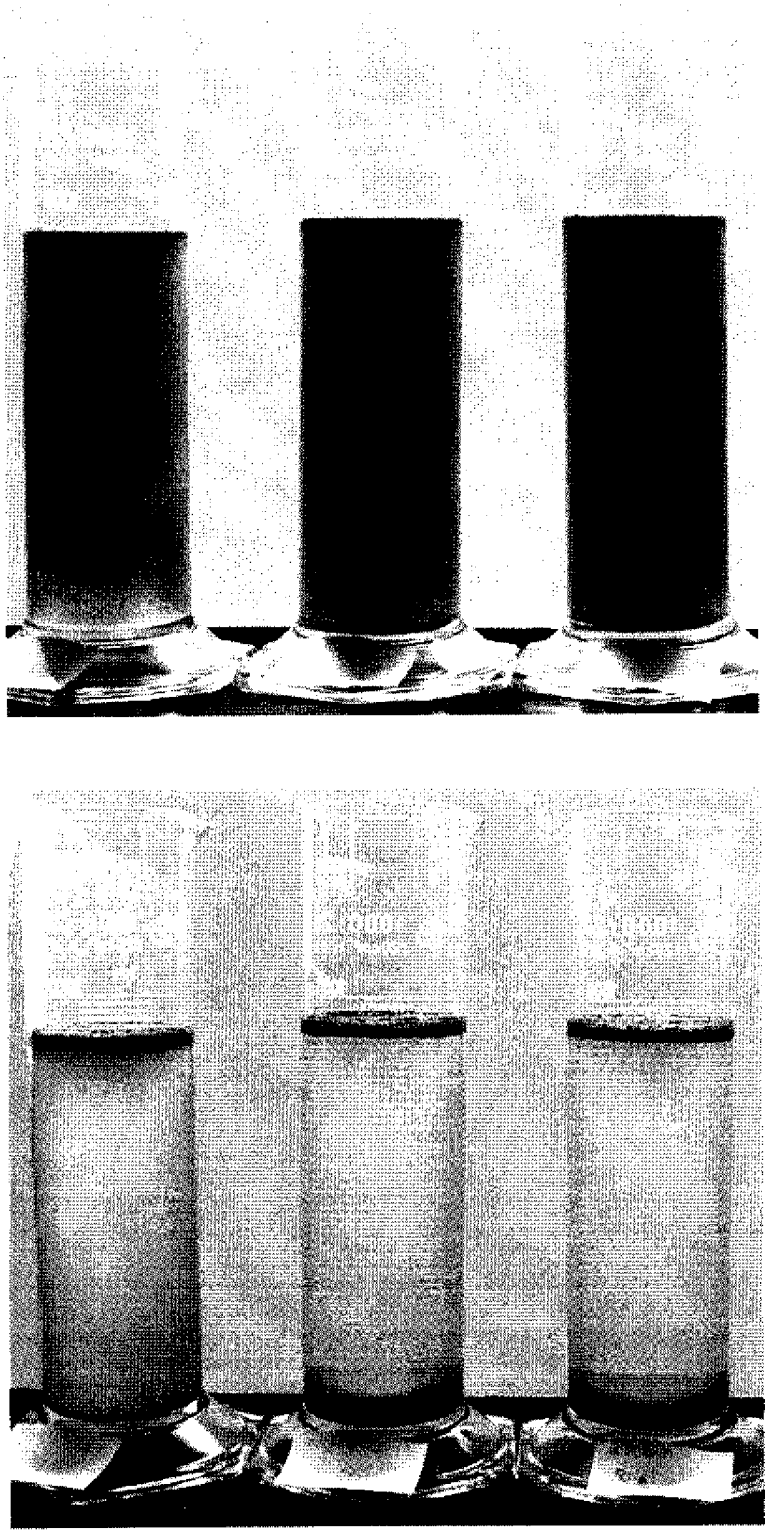
Obr. 4

PV2010-612
11.08.10



Obr. 5

PV 2010-612
11.08.10



Obr. 6