

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

35 928

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

B82Y 30/00 (2011.01)
C08K 3/04 (2006.01)
C08K 3/06 (2006.01)
A01N 59/02 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2021-39293**
(22) Přihlášeno: **20.10.2021**
(47) Zapsáno: **12.04.2022**

(73) Majitel:
Mendelova univerzita v Brně, Brno, Černá Pole, CZ
ROSTĚNICE, a.s., Rostěnice-Zvonovice, CZ

(72) Původce:
Ing. Dalibor Húska, Ph.D., Jinošov, CZ
Ing. Zuzana Bytešníková, Tišnov, CZ
RNDr. Lukáš Richtera, Ph.D., Brno, Bystrc, CZ
Ing. doc. Petr Škarpa, Ph.D., Hustopeče, CZ
prof. Ing. Robert Pokluda, Ph.D., Břeclav, CZ
Ing. Martin Brtnický, Tišnov, CZ
Ing. Radim Zelinka, Lovčičky, CZ

(54) Název užitného vzoru:
**Nanokompozitní materiál na bázi grafenu
oxidu s nanočásticemi síry a přípravek pro
výživu rostlin tento materiál obsahující**

Nanokompozitní materiál na bázi grafenu s nanočásticemi síry a přípravek pro výživu rostlin tento materiál obsahující

5 Oblast techniky

Technické řešení se týká nanokompozitního materiálu obsahující grafen oxidové listy, které slouží jako nosič makronutrientu v podobě nanočástic elementární síry. Připravený nanokompozitní materiál může být využit pro dodání živin formou foliární aplikace, případně jako fungicid pro porosty kulturních plodin.

Dosavadní stav techniky

15 S narůstající populací a snižováním zemědělsky využitelné plochy se nároky na pěstované plodiny neustále zvyšují. Pro udržení jejich vitality, stabilních výnosů s vysokou kvalitou je zapotřebí, aby pěstitelé rostlinám poskytli dostatečný přísun živin, a to formou organických nebo minerálních hnojiv. V praxi nejpoužívanější způsobem optimalizace výživného stavu rostlin je prováděn aplikací hnojiv do půdy. Tento způsob hnojení přináší svá rizika, mezi která lze zahrnout zasolení
20 v oblasti aplikace, destrukce půdní struktury, negativní ovlivnění půdního mikrobiomu, kontaminaci atmosféry a podzemních vod vlivem ztrát na živinách, imobilizaci živin. Uvedený způsob hnojení je z uvedených důvodů za určitých podmínek neefektivní, přináší ekonomické ztráty a ohrožuje složky životního prostředí. Možnou cestou cíleného využití živin vedoucí ke zvýšení efektivity hnojení je mimokořenová aplikace hnojiv, která poskytuje pěstiteli možnost
25 operativně reagovat při identifikaci nedostatků biogenních živin (N, K, Ca, Mg, P a S) a umožňují tak jejich rychlé doplnění, v daném termínu, s využitím dávek optimalizujících výživu plodin s nízkým environmentálním rizikem.

Dalším způsobem, kterým lze snížit ztráty na živinách z aplikovaných hnojiv a zvýšit tak jejich využití rostlinami, je použití hnojiv s postupným/řízeným uvolňováním živin. To umožní rostlinám
30 dodávat živiny kontrolovaně, s ohledem na jejich potřeby.

V minulosti se vývoj hnojiv s postupným/řízeným uvolňováním soustředil na výrobu obalovaných granulovaných hnojiv, potažených polymerními látkami. Nicméně tyto potahovací techniky
35 typicky vyžadovaly organická rozpouštědla nebo toxické polymerizační iniciátory, popřípadě komplikované a časově náročné postupy, které nadměrně zvyšovaly nejen výrobní cenu hnojiva, ale také zatěžovaly životní prostředí.

V patentové přihlášce WO 2015/066691 A1 autoři využívají jednovrstevný grafen oxid v redukované formě k tvorbě tenkého filmu, který pokrývá částice hnojiva a vytváří tak grafen
40 oxidové kapsle s hnojivem, které se z kapsle uvolňují postupně. Pro přípravu se použije sůl hnojiva (například KNO_3), schopná redukovat grafen oxid, čímž se dosáhne hnojiva potaženého redukováním grafen oxidem.

45 V patentové přihlášce WO 2018/107212 se zabývají grafen oxidovým nosičem makro a mikroelementů v podobě granulí s postupným uvolňováním, aplikovaných do půdy s bližší specifikací na mikroelementy zinku, železa a mědi, které jsou navázány na kyslík-obsahující funkční skupiny v GO (tedy na povrchu GO). GO je zde pokrytý mikroelementy, na rozdíl od WO 2015/066691 A1, ve které je naopak hnojivo pokryté redukováním GO. Materiál se připraví
50 adsorpcí iontů kovů z roztoků jejich solí na pláty GO v mírně kyselém pH.

Spalování nekvalitního uhlí v minulosti spolehlivě zajistilo pěstovaným rostlinám na zemědělské půdě dostatek síry, která byla deponována na půdu z atmosféry (až 150 kg/ha S). Po zprísnění limitů a kontrol vypouštění průmyslových exhalací došlo v posledních letech k významnému
55 úbytku síry v atmosféře (cca 5 kg/ha S). Síra je ve výživě rostlin nenahraditelný makroprvek, který

je nezbytný pro zdárný růst, vývoj a reakci rostlin na změny prostředí. Je zapojena do biosyntézy proteinů, koenzymů, protetických skupin, vitamínů, aminokyselin (cystein, metionin), glutationu a sekundárních metabolitů, jako jsou glukosinoláty a sulfoflavonoidy. I přes vědomí všech jejich funkcí v rostlině je síra v dnešní době na mnoha zemědělských půdách v deficitu, a díky své vysoké mobilitě v půdě je třeba její zásobu neustále doplňovat.

Cílem předkládaného technického řešení je poskytnout materiál, vhodný pro opětovné zapojení síry a její lepší využití pro rostliny, který je určený jak pro aplikace do půdy, tak i formou mimokořenové výživy na rostliny, který by umožňoval postupné/řízené uvolňování síry.

Podstata technického řešení

Cílem předkládaného technického řešení je navrhnout nanokompozitní materiál, který by obsahoval makronutrient síru ve formě nanočástic a grafen oxidový (GO) nosič, který umožní postupné/řízené uvolňování nutrientu.

Definice

Grafen oxid (GO) je jednovrstevná struktura atomů uhlíku a kyslíku v neredukované formě, s vysokou hustotou kyslík-obsahujících funkčních skupin, tvořící tzv. grafenový list či folii o tloušťce od 0,5 nm do 10 μm . Kyslík-obsahujícími funkčními skupinami se rozumí epoxidové můstky, hydroxylové skupiny nebo karboxylové skupiny.

Redukovaný grafen oxid (rGO) je materiál vzniklý redukcí GO, během které je zredukována část (80 až 99 mol. %) kyslík-obsahujících funkčních skupin.

Grafenový nosič je grafen oxid, který tvoří podklad/krycí folii pro nutrient v podobě nanočástic síry. Síra je ke GO nosiči navázána kovalentní interakcí s kyslík-obsahujícími funkčními skupinami grafen oxidu.

Hnojivo označuje materiál přírodního nebo syntetického původu, který je dodáván rostlinám za účelem zdárného růstu, reprodukce a výnosu. Hnojivo může obsahovat jednu nebo kombinaci více makro a mikronutrientů. Hnojivo lze aplikovat do půdy ke kořenovému systému rostliny nebo na listy rostliny (tzv. foliární hnojivo).

Makronutrient (primární živina) je skupina nezbytných živin, kterých je potřeba pro dosažení zdárného růstu, vitality a produkce rostlin ve větších množstvích (například Ca, Mn, Mg, S, N, P, K).

Nanočástice je pro účely tohoto užitého vzoru definovaná jako částice, která má všechny tři rozměry v prostoru v rozmezí od 1 do 500 nm, s výhodou v rozmezí od 1 do 100 nm.

Kompozitní materiál (kompozit) je materiál tvořený ze dvou či více složek s rozdílnými fyzikálně-chemickými vlastnostmi, které společně dávají výslednému materiálu nové vlastnosti. Pokud minimálně jedna ze složek kompozitního materiálu má rozměry v rozmezí od 1 do 500 nm, s výhodou v rozmezí od 1 do 100 nm, ve všech směrech v prostoru, jedná se o tzv. nanokompozitní materiál (nanokompozit).

S-NPs označuje elementární síru ve formě nanočástic o velikosti v rozmezí od 1 do 500 nm, s výhodou v rozmezí od 1 do 100 nm. Tato forma síry je komerčně dostupná.

Pomocnou látkou se rozumí rozpouštědla, pevné nosiče, povrchově aktivní látky (surfaktanty), emulgátory, dispergační látky, zvlhčovačla, smáčedla, stabilizátory, odpěňovače, konzervační přípravky, viskozitní činidla, pojiva, lepidla, a také hnojiva a další aktivní přísady. Pomocné látky

mohou být pevné nebo kapalné a odborníkovi v oboru je známo, které pomocné látky jsou vhodné pro použití jako součást hnojiva nebo přípravku pro aplikaci na rostliny.

Vhodnými rozpouštědly jsou například voda, rostlinné oleje, alkoholy nebo glykoly.

5

Pevným nosičem může být například kalcit, talek, kaolin.

Povrchově aktivní látkou jsou například soli vyšších mastných kyselin.

10 Smáčedlem je například Silwet L-77, jedná se o neiontový kopolymer organosilikonového povrchově aktivního činidla, které má vylepšené vlastnosti smáčení a roztírání při použití ve vodních sprejích. Je snadno biologicky rozložitelný s vysokou rezervou environmentální bezpečnosti.

15 Účinná látka – heptamethyltrisiloxan modifikovaný polyalkylenoxidem 84% tj. alfa-1,1,1,3,5,5,5-heptamethyltrisiloxanylpropyl-omega-metoxy-poly(ethylenoxid).

Hnojivy, která jsou registrována na základě zákona o hnojivech, jsou například močovina, síran amonný, roztok dusičnanu amonného z močovinou, síran hořečnatý, síran draselný, chelát zinku, borethanolamin, aj. Hnojivem může být rovněž elementární síra (například ve formě nanočástic o velikosti v rozmezí od 40 do 400 nm, s výhodou od 40 do 60 nm), přidaná k nanokompozitu volně, tedy nikoliv navázaná na GO nosič.

Podstatou předkládaného technického řešení je nanokompozitní materiál, který kombinuje 25 vlastnosti nanočásticové síry, jakožto nezbytné živiny s přirozeným fungicidním efektem, s vlastnostmi grafen oxidových listů. Ty tvoří folii, na kterou jsou prostřednictvím funkčních skupin navázány atomy síry, které jsou v čase, například po mimokořenové aplikaci kompozitu na povrchu listu, postupně oxidovány za vzniku síranových iontů přijatelných rostlinou. Grafen oxid tvoří nejen oporu kompozitu, ale také ochrannou folii nanočástic síry, zabráňující odstranění kompozitu z povrchu listu vlivem nevhodných povětrnostních podmínek. Výsledkem je materiál, 30 ze kterého je síra pro potřebu rostliny uvolňována postupně.

Předmětem předkládaného technického řešení je tedy nanokompozitní materiál na bázi 35 redukovaného grafen oxidu s inkorporovanými nanočásticemi síry, který obsahuje od 0,2 do 5 % hmotn. redukovaného grafen oxidu a od 95 do 99,8 % hmotn. nanočástic elementární síry, přičemž nanočástice elementární síry mají velikost v rozmezí od 40 do 400 nm.

Uvedený nanokompozitní materiál lze připravit způsobem, při kterém se smíchá suspenze grafen 40 oxidu ve vodném roztoku se suspenzí nanočástic síry ve vodném roztoku a výsledná směs se sonikuje po dobu alespoň 10 minut a následně intenzivně míchá po dobu alespoň 24 hodin. Poměr hmotností GO a S-NPs se zvolí takový, jaký má být ve výsledném nanokompozitním materiálu.

Nanočástice síry se během sonikace a míchání inkorporují do struktury GO navázáním atomů S na oxidové skupiny GO.

45 Ve výhodném provedení se suspenze grafen oxidu ve vodném roztoku se suspenzí nanočástic síry ve vodném roztoku sonikuje při frekvenci 20 kHz, při pulzaci v rozmezí od 85 do 90 %, po celkovou dobu 10 minut s 2minutovou pauzou po prvních 5 minutách sonikace.

50 Suspenze GO se připraví například reakcí grafitu s kyselinou sírovou a manganistanem draselným; reakční produkt se následně smísí s vodným roztokem peroxidu vodíku a promyje se za vzniku suspenze grafen oxidu ve vodě. Způsoby přípravy GO jsou odborníkovi v oboru známé.

55 Nanočástice síry jsou kovalentně navázané ke kyslík-obsahujícím funkčním skupinám grafen oxidu. Grafen oxid je ve formě vrstvy o tloušťce alespoň jedné vrstvy atomů uhlíku, s výhodou o tloušťce od 0,5 nm do 10 μm , a slouží jako nosič nanočástic síry.

5 Ve výhodném provedení je obsah redukovaného grafen oxidu v nanokompozitním materiálu v rozmezí od 1 do 3 % hmotn. a obsah nanočástic elementární síry je v rozmezí od 97 do 99 % hmotn. Výhodněji je obsah redukovaného grafen oxidu v nanokompozitním materiálu 2 % hmotn. a obsah nanočástic elementární síry je 98 % hmotn.

10 Ve výhodném provedení mají nanočástice elementární síry v kompozitním materiálu velikost v rozmezí od 40 do 200 nm, s výhodou od 45 do 100 nm, výhodněji od 45 do 60 nm, nejméně výhodněji mají nanočástice elementární síry velikost 47 nm.

Velikost nanočástic byla stanovena metodou DLS (Dynamic Light Scattering, Dynamický rozptyl světla).

15 Předmětem předkládaného technického řešení je přípravek pro výživu rostlin s postupným uvolňováním, který obsahuje nanokompozitní materiál na bázi redukovaného grafen oxidu s inkorporovanými nanočásticemi síry podle předkládaného technického řešení, a dále alespoň jednu pomocnou látku, vybranou ze skupiny zahrnující rozpouštědla, povrchově aktivní látky, emulgátory, dispergační látky, zvlhčovačla, smáčedla, stabilizátory, odpěňovače, konzervační přípravky, viskozitní činidla, pojiva, lepidla, hnojiva.

20 Ve výhodném provedení je koncentrace nanokompozitního materiálu na bázi redukovaného grafen oxidu s inkorporovanými nanočásticemi síry v přípravku alespoň 0,02 g/l, s výhodou od 0,5 do 10 g/l.

25 V jednom provedení je nanokompozitní materiál na bázi redukovaného grafen oxidu s inkorporovanými nanočásticemi síry ve formě vodné suspenze.

V jednom provedení je přípravek pro výživu rostlin, obsahující nanokompozitní materiál na bázi redukovaného grafen oxidu s inkorporovanými nanočásticemi síry, ve formě vodné suspenze.

30 Ve výhodném provedení obsahuje přípravek pro výživu rostlin vedle nanokompozitního materiálu na bázi redukovaného grafen oxidu s inkorporovanými nanočásticemi síry podle předkládaného technického řešení dále hnojivo, vybrané ze skupiny zahrnující močovinu, síran amonný, roztok dusičnanu amonného s močovinou, síran hořčnatý, síran draselný, chelát zinku, borethanolamin a elementární síru (například ve formě nanočástic o velikosti v rozmezí od 40 do 400 nm, s výhodou od 40 do 60 nm). Tento přípravek vykazuje jak vlastnosti postupného uvolňování síranových aniontů z kompozitu, tak přímé uvolnění doprovodných živin obsažených v hnojivech. Má tedy duální charakter rychlého i postupného uvolňování.

40 Předkládané technické řešení poskytuje kompozit, který je unikátní svou formou, protože obsahuje síru v podobě nanočástic a jednovrstevnou neredukovanou formu grafen oxidu. Unikátní je rovněž možnost aplikace nanokompozitu prostřednictvím mimokořenové aplikace do porostů pěstovaných plodin.

45 Objasnění výkresů

Obr. 1: SEM obrázek výchozího materiálu GO (A) a AFM obrázek výchozího materiálu GO (B).

50 Obr. 2: SEM obrázek nanokompozitu připraveného v Příkladu 2 a testovaného v Příkladu 3.

Příklady uskutečnění technického řešení*Materiály a metody*

- 5 Rastrovací elektronová mikroskopie (scanning electron microscopy, SEM) byla prováděna na přístroji MAIA 3 SEM (TESCAN Ltd, Brno, Czech Republic), detektor In-Beam SE, 5 keV, vzdálenost 3 mm. Dispergované vzorky byly zředěny v poměru 1:20 Milli-Q vodou a následně ponechány uschnout na silikonové destičce při laboratorní teplotě (20 až 25 °C).
- 10 Mikroskopie atomárních sil (atomic force microscopy, AFM) byla prováděna na přístroji Bruker Dimension FastScan. Dispergované vzorky byly zředěny v poměru 1:20 Milli-Q vodou a následně ponechány uschnout na slídě při laboratorní teplotě (20 až 25 °C).

15 Velikost nanočástic byla stanovena metodou DLS na přístroji Zetasizer Nano ZS od společnosti Malvern Panalytical.

Procentuální zastoupení GO a S-NPs bylo vypočítáno z hmotnostních poměrů GO a S-NPs. Testem stability (viz níže) bylo ověřeno, že obě komponenty zcela zreagovaly.

- 20 Homogenizace připravených zásobních roztoků kompozitu byla provedena ultrazvukovým homogenizátorem značky SONOPULS HD 2070 od firmy BANDELIN (*BANDELIN electronic GmbH & Co. KG – Berlin, Německo*). Zásobní suspenze grafen oxidu ve vodném roztoku a suspenze nanočástic síry ve vodném roztoku o objemu 100 až 1000 mL byly sonikovány při frekvenci 20 kHz, při pulzaci 85 až 90 %, po celkovou dobu 10 minut s 2minutovou pauzou po prvních 5 minutách sonikace.
- 25

*Příklad 1: Příprava vstupních složek nanokompozitního materiálu**Příprava grafen oxidu (GO)*

- 30 5 g grafitových vloček (Sigma-Aldrich a 100 mesh, $\geq 75\%$ min) bylo přidáno ke koncentrované H_2SO_4 (670 ml) a následně byl přidán 30 g $KMnO_4$. Takto připravená reakční směs byla intenzivně míchána. Po 10 dnech byla oxidace grafitu ukončena přidáním roztoku H_2O_2 (250 ml, 30 % hmotn. v H_2O (Penta, Chrudim, Česká republika). Roztok H_2O_2 byl přikapáván pomalu a celá směs byla intenzivně chlazená a míchána. Vytvořený oxid grafitu byl promyt 6 L 1 M HCl a následně vodou Milli-Q (celkový použitý objem 10 L), dokud nebylo dosaženo konstantní hodnoty pH (3 až 4). Výsledný grafen oxid byl charakterizován metodou SEM (Obr. 1A) a AFM (Obr. 1B).
- 35

40 Poskytnutí nanočástic síry (S-NPs)

Nanočástice síry (o čistotě 99,99 %) byly zakoupeny od výrobce US Research Nanomaterials, Inc., USA, v podobě mléčně bílé vodní disperze o koncentraci 100 g S-NPs/L a velikosti částic ~ 47 nm.

45 Příklad 2: Příprava nanokompozitu síry a GO (S-Nps+GO)

- Nanokompozit dle předkládaného technického řešení byl připraven z grafen oxidového nosiče, připraveného dle postupu výše, a makronutrientu ve formě nanočástic síry (S-NPs) o velikosti částic cca 47 nm, získaných komerčně. Příprava nanokompozitního materiálu se odvíjí od cílové koncentrace složek S-NPs a GO, které v kompozitu požadujeme.
- 50

- Pro přípravu 500 mL nanokompozitu S-NPs+GO o koncentraci 10 g S-NPs/L a koncentraci 0,05 g GO/L, je potřeba odebrat 12,5 mL GO ze směsi o koncentraci 2 g GO/L a 50 mL S-NPs ze suspenze o koncentraci 100 g S-NPs/L do 500 mL odměrné baňky. K oběma složkám kompozitu se přidá 250 mL Milli-Q vody a směs se promíchá až do vytvoření mléčně-hnědé suspenze. Následně se
- 55

5 suspenze doplní po rysku odměrné baňky Milli-Q vodou. Suspenzi nanokompozitu S-NPs+GO je potřeba přelít do pevné skleněné lahve, ve které bude sonikována při frekvenci 20 kHz, při pulzaci 85 až 90 %, po celkovou dobu 10 minut s 2minutovou pauzou po prvních 5 minutách sonikace. Následně se kompozit ponechá intenzivnímu míchání po dobu 24 hodin. Takto připravená nanokompozitní suspenze nano-síry a grafen oxidu je po přidání smáčedla (0,1 L Silwet/ha) připravena k foliární aplikaci na porosty kulturních plodin.

10 Úspěšnost navázání S-NPs na grafen oxidový nosič byla ověřena pomocí testu stability, který proběhl následovně: Test stability nano-kompozitních roztoků, spočívá ve sledování změn v barevnosti a sedimentace suspenze v průběhu času – ode dne vytvoření kompozitu až po současnost.

Průběh testu stability je uvedený v Tabulce 1.

Tabulka 1

	Den pořízení fotodokumentace	Esn+G_0,25	Esn+G_2,5	Esn+G_5	G(GO)
Barevnost kompozitu	9.11.2020	hnědá	mléčně bílo-hnědá	tmavší mléčně bílo-hnědá	světle hnědá
	8.10.2021	čirá se sraženinami do černa	hnědá	čirá se sraženinami do šeda	dočerna
	9.11.2020	hnědá	mléčně bílo-hnědá	tmavší mléčně bílo-hnědá	světle hnědá

5

Barevnost kompozitu po protřepání	8.10.2021	dočerna	mléčně hnědo-šedá	tmavší mléčně hnědo-šedá	dočerna
Homogenní suspenze po roce stání při 25 °C	9.11.2020	-	-	-	-
	8.10.2021	NE, tvorba sraženiny	částečně ano	NE, tvorba sedimentu	ANO
Homogenní suspenze po protřepání	9.11.2020	ANO	ANO	ANO	ANO
	8.10.2021	částečně	ANO	ANO	ANO
Tvorba sedimentu GO+S-NPs	9.11.2020	NE	NE	NE	NE
	8.10.2021	ANO	NE	ANO	částečně
Shodnost kompozitu před a po roce po promíchání	9.11.2020	-	-	-	-
	8.10.2021	barevně rozdílný	barevně rozdílný	barevně rozdílný	barevně rozdílný

Bylo ověřeno, že nanokompozit ani po roce stání nevytváří dvě různé fáze a zůstává rovnoměrně v disperzi. Z toho vyplývá, že všechny S-NPs zůstávají navázány na GO a nedochází k jejich uvolnění. Výsledný nanokompozit tedy obsahoval 10 g S-NPs/L a 0,05 g GO/L, jejich hmotnostní zastoupení v nanokompozitu tedy bylo 99,5 % hmotn. (S-NPs) a 0,5 % hmotn. (GO).

10

SEM snímek připraveného kompozitu je na Obr. 2, ve kterém jsou patrné jak GO listy, tak nanočástice síry.

Příklad 3: *Studium chování roztoků síry aplikovaných na listy rajčete tyčkového*

Rostliny rajčete tyčkového byly vysety dne 7.7.2021. Po týdnu byly přesazené do půdy a následně každý týden hnojené až do dosažení pevných rostlin pro další použití. Dne 17.8.2021 byly na rostliny foliárně aplikované roztoky GO, elementární síry ve formě mikročástic o velikosti 10 až 50 μm (ES) a ve formě nanočástic o velikosti 47 nm (ESn), kompozitu připraveného dle Příkladu 2 (ESn + G).

GO byl získaný od výrobce ÚCB, Mendelu–Laboratoř Syntézy a charakterizace nanomateriálů, tvořící tzv. grafenový list či folii o tloušťce od 0,5 nm do 10 μm .

S-NPs byla získána od výrobce US Research Nanomaterials, Inc., USA, ve vodné disperzi (10 % hmotn.) s mléčně bílým zabarvením o koncentraci 100 g S-NPs na litr disperze. Velikost S-NPs byla 47 nm, čistota 99,99 %.

Nanokompozitní materiál ESn+G byl připraven postupem dle Příkladu 2.

Ve stejný den byl na rostliny aplikován déšť, aby mohly rostliny do následujícího dne vyschnout a bylo možné stanovit, jaké množství aplikovaných roztoků bylo deštěm smyto. Rostliny byly fotografovány před a po aplikaci roztoků a po smytí deštěm. Pro fotografování byla použita zrcadlovka s rastrovacím elektronovým mikroskopem (SEM). Aplikované vzorky a výsledky jsou uvedeny v Tabulce 2.

Tabulka 2

Označení roztoku	Látka a její koncentrace	Označení vzorku	množství vzorku smytého z rostlin deštěm
GO	Grafen oxid 50 mg/l	G	50 %
ESn	Elementární síra - NPs 0,25 g/l	ESn_0,25	30 %
	Elementární síra - NPs 2,5 g/l	ESn_2,5	85 %
	Elementární síra - NPs 5 g/l	ESn_5	40 %
ESn + G	Elementární síra -NPs 0,25 g/l + GO	ESn+G_0,25	50 %
	Elementární síra - NPs 2,5 g/l + GO	ESn+G_2,5	20 %
	Elementární síra - NPs 5 g/l + GO	ESn+G_5	20 %

Bylo zjištěno, že aplikace S-NPs ve formě kompozitu dle předkládaného technického řešení vedla k nejnižšímu množství smytého roztoku vlivem deště. Bylo tedy prokázáno, že grafen oxid tvoří nejen oporu kompozitu, ale také zabraňuje odstranění kompozitu z povrchu listu před silným větrem a intenzivními dešti.

Na Obr. 2 je nanokompozit připravený v Příkladu 2 a testovaný výše. Je vidět, že GO dokonale pokrývá S-NPs a současně fixuje nanočástice k podkladu – epidermis.

Příklad 4: *Studium vlivu mimokořenově aplikovaného nanokompozitu S-NPs+GO u řepky ozimé*

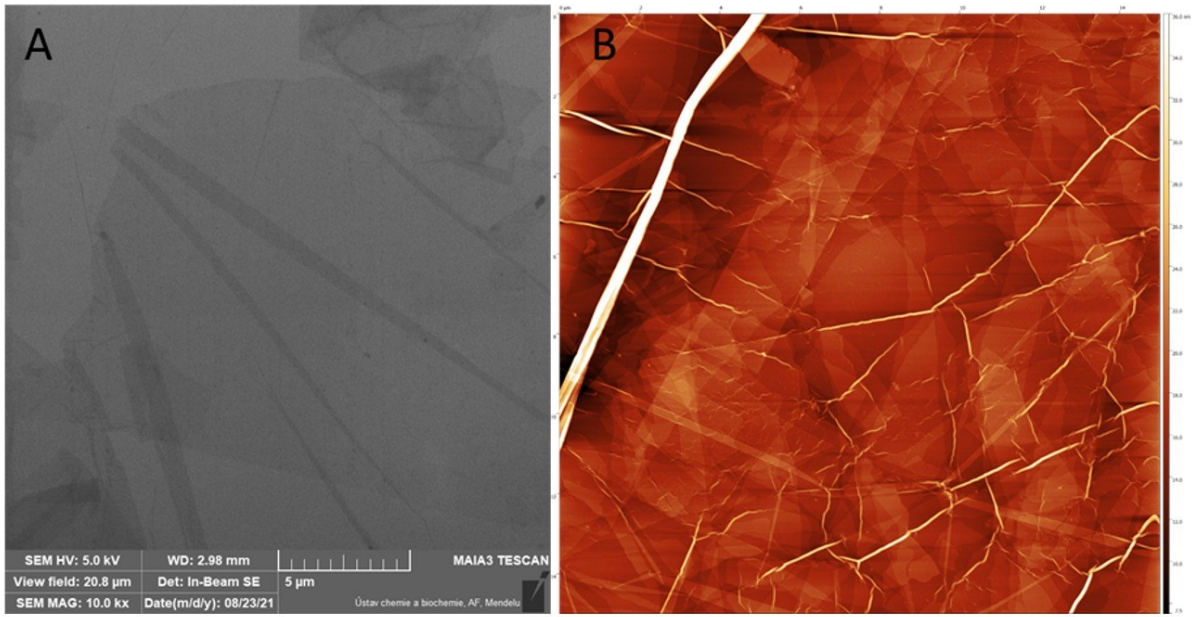
V podmínkách nádobového vegetačního experimentu byl vyhodnocen vliv nanokompozitu S-NPs+GO na růst rostlin řepky ozimé. Mimokořenová aplikace S-NPs + GO s dávkou elementární nano-síry 5g/L a GO v koncentraci 50 mg/L zvýšila vitalitu rostlin řepky měřenou indexem vitality Rfd (relativní pokles fluorescence) o 10,9 % v porovnání s kontrolní variantou, přičemž rostliny

ošetřené nano-sírou ve stejné koncentraci bez GO vykazovaly nárůst indexu vitality jen o 5,2 %, Samotná aplikace GO zvýšila vitalitu rostlin rovněž, ve shodě s aplikací síry o necelých 5 %. Výsledky ukazují, že kompozit S-NPs+GO má potenciál k efektivnějšímu využití aplikovaných složek, zejména síry, jak popisuje Příklad 3.

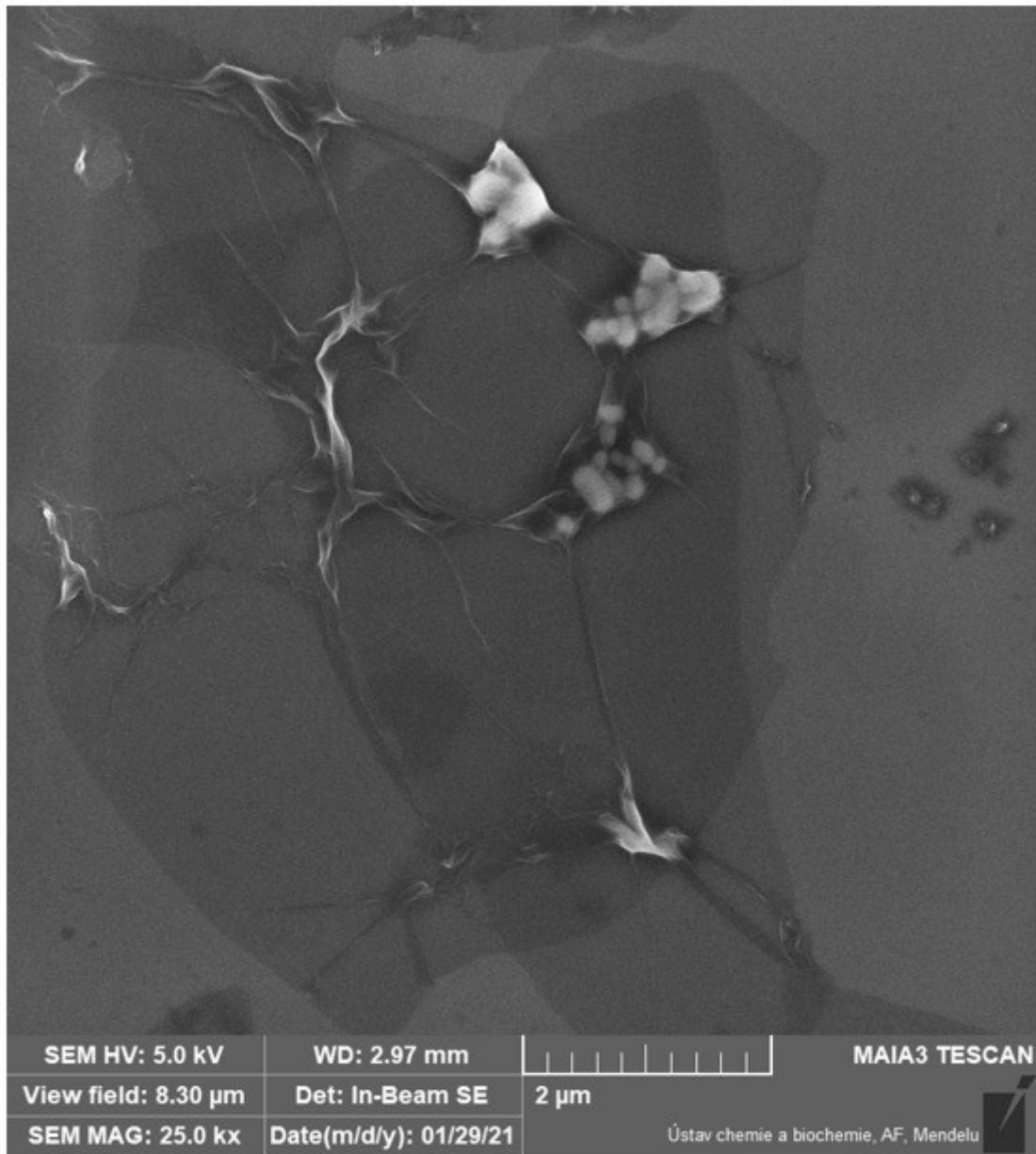
NÁROKY NA OCHRANU

1. Nanokompozitní materiál na bázi redukováného grafenoxidu s inkorporovanými nanočásticemi síry, **vyznačený tím**, že obsahuje od 0,2 do 5 % hmotn. redukováného grafenoxidu a od 95 do 99,8 % hmotn. nanočástic elementární síry, přičemž nanočástice elementární síry mají velikost v rozmezí od 40 do 400 nm.
2. Nanokompozitní materiál podle nároku 1, **vyznačený tím**, že obsah redukováného grafenoxidu v nanokompozitním materiálu je v rozmezí od 1 do 3 % hmotn. a obsah nanočástic elementární síry je v rozmezí od 97 do 99 % hmotn.
3. Nanokompozitní materiál podle nároku 1 nebo 2, **vyznačený tím**, že obsah redukováného grafenoxidu v nanokompozitním materiálu je 2 % hmotn. a obsah nanočástic elementární síry je 98 % hmotn.
4. Nanokompozitní materiál podle kteréhokoliv z nároků 1 až 3, **vyznačený tím**, že nanočástice elementární síry mají velikost v rozmezí od 40 do 200 nm, s výhodou od 45 do 100 nm, výhodněji od 45 do 60 nm, nejvýhodněji mají nanočástice elementární síry velikost 47 nm.
5. Přípravek pro výživu rostlin s postupným uvolňováním, **vyznačený tím**, že obsahuje nanokompozitní materiál na bázi redukováného grafenoxidu s inkorporovanými nanočásticemi síry podle kteréhokoliv z předchozích nároků 1 až 4, a alespoň jednu pomocnou látku, vybranou ze skupiny zahrnující rozpouštědla, povrchově aktivní látky, emulgátory, dispergační látky, zvlhčovadla, smáčedla, stabilizátory, odštěňovače, konzervační přípravky, viskozitní činidla, pojiva, lepidla, hnojiva.
6. Přípravek podle nároku 5, **vyznačený tím**, že koncentrace nanokompozitního materiálu na bázi redukováného grafenoxidu s inkorporovanými nanočásticemi síry v přípravku je alespoň 0,02 g/l, s výhodou od 0,5 do 10 g/l.
7. Přípravek podle nároku 5 nebo 6, **vyznačený tím**, že je ve formě vodné suspenze.
8. Přípravek podle kteréhokoliv z předchozích nároků 5 až 7, **vyznačený tím**, že vedle nanokompozitního materiálu na bázi redukováného grafenoxidu s inkorporovanými nanočásticemi síry podle kteréhokoliv z předchozích nároků 1 až 4 dále obsahuje hnojivo, vybrané ze skupiny zahrnující močovinu, síran amonný, dusičnan amonný, síran hořečnatý, síran draselný, chelát zinku, borethanolamin, nanočástice elementární síry o velikosti v rozmezí od 40 do 400 nm.

2 výkresy



Obr. 1



Obr. 2