

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10)

**PL 247210 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **445942**

(22) Data zgłoszenia: **2023.08.30**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2024.10.07 BUP 41/2024**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.05.26 WUP 21/2025**

(51) MKP:

**A01N 59/16** (2006.01)

**C05G 3/00** (2020.01)

**C05G 5/27** (2020.01)

**C05D 9/02** (2006.01)

**A01C 1/06** (2006.01)

**A01P 21/00** (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**UNIWERSYTET ROLNICZY IM. HUGONA  
KOŁŁATAJA W KRAKOWIE, Kraków, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**AGNIESZKA KLIMEK-KOPYRA, Kraków, PL  
ANNA WISŁA-ŚWIDER, Kraków, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzecz. pat. Ludwik Hudy, Czernichów, PL**

(54) Tytuł:

**Sposób wytwarzania zawiesiny wzbogaconej tlenkiem cynku, zawiesina wzbogacona tlenkiem cynku, i zastosowanie zawiesiny wzbogaconej tlenkiem cynku w uprawie roślin**

**PL 247210 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania zawiesiny wzbogaconej tlenkiem cynku, zwłaszcza nanotlenkiem cynku ( $\text{ZnO}_{\text{nano}}$ ), zawiesina wzbogacona tlenkiem cynku, zwłaszcza nanotlenkiem cynku ( $\text{ZnO}_{\text{nano}}$ ) i zastosowanie zawiesiny wzbogaconej tlenkiem cynku, zwłaszcza nanotlenkiem cynku ( $\text{ZnO}_{\text{nano}}$ ), w uprawie roślin.

Wzrastająca populacja ludzi i postępujące zmiany klimatu mają znaczący wpływ na zdolność do zaspokajania światowych potrzeb żywnościowych. W obliczu tych wyzwań, poprawienie zdolności kiełkujących nasion roślin uprawnych staje się niezwykle istotne. Rośliny są fundamentalnymi jednostkami życia, które zapewniają pożywienie, odzież, leki i wiele innych niezbędnych surowców. W zależności od tego, w jakich warunkach glebowo-klimatycznych rośliny są uprawiane, wykształcają nasiona w różnej jakości, nie zawsze o najwyższej zdolności kiełkowania.

Współczesny świat stoi przed dwoma zasadniczymi problemami. Po pierwsze, liczba ludności stale rośnie, co wymaga zwiększenia produkcji żywności. Prognozy demograficzne przewidują, że do 2050 roku liczba ludzi na świecie przekroczy 9 miliardów, co oznacza wzrost zapotrzebowania na żywność o około 50%. Aby zaspokoić te potrzeby, najwyższy czas, aby skupić się na zwiększaniu wydajności i jakości upraw, a to z kolei wymaga odpowiedniego zaopatrzenia w zdrowe i kiełkujące nasiona.

Po drugie, zmiany klimatu mają poważne konsekwencje dla rolnictwa. Ekstremalne zjawiska pogodowe, takie jak susze, powodzie i zmienne warunki atmosferyczne, stwarzają trudności dla roślin uprawnych. Rosnące temperatury, zmieniające się opady deszczu i zmienność pogodowa mogą negatywnie wpływać na zdolność nasion do kiełkowania i wzrostu roślin. Dlatego istotne jest, aby rolnicy mieli dostęp do materiału siewnego o wysokiej jakości, który jest odporny na niekorzystne warunki środowiskowe.

Kiełkowanie to proces, w którym nasiona przechodzą z fazy spoczynku w fazę wzrostu. Właściwe kiełkowanie jest niezbędne do zapewnienia zdrowego i silnego startu dla roślin uprawnych, co z kolei prowadzi do większej wydajności i plonów.

Aby osiągnąć poprawę w tej dziedzinie, niezbędne jest prowadzenie badań nad genetyką nasion oraz technologiami ich produkcji i przechowywania. Badania nad hodowlą roślin mogą pomóc w opracowaniu odmian o większej odporności na stresy środowiskowe i choroby. Innowacje technologiczne, takie jak zaawansowane techniki nawożenia, nowoczesne techniki produkcji czy wzbogacania nasion dodatkowymi składnikami, a także nowoczesne metody przechowywania nasion, mogą również przyczynić się do zwiększenia zdolności kiełkujących nasion.

Dostęp do materiału siewnego o wysokich parametrach jakościowych, a zwłaszcza z wysokim oczekiwanym prawdopodobieństwem wykiełkowania, jest kluczowy dla zrównoważonego rolnictwa, bezpieczeństwa żywnościowego i zdolności roślin do przetrwania w dynamicznym środowisku. Dlatego tak istotne jest inwestowanie w badania, technologie i edukację, aby osiągnąć postęp w tej ważnej dziedzinie.

Aby wspomagać kiełkowanie i rozwój roślin od najwcześniejszego etapu, opracowywane są różnego rodzaju zawiesiny, które to aplikowane na nasiona czy roślinę wspomagają jej rozwój, jak choćby rozwiązanie znane z publikacji US2022281822A1.

Z dokumentu US8986741 B2 znane jest zastosowanie niektórych związków chemicznych, takich jak dwutlenek tytanu, dwutlenek cynku czy dwutlenek krzemu, które są wykorzystywane do natryskiwania na liście roślin, chroniąc rośliny przed promieniowaniem UV, stresem cieplnym i/lub oparzeniami słonecznymi.

Kolejna publikacja WO2022256898A1 wskazuje pozytywny wpływ zawiesiny organicznej zawierającej wosk i/lub ekstrakt z wodorostów, i/lub aminokwasy w połączeniu ze związkiem nieorganicznym, którym może być między innymi dwutlenek tytanu, na ochronę roślin przed poparzeniami słonecznymi, dzięki swoim właściwościom chroniącym przed promieniowaniem UV, ale także służącej jako biostymulator zwiększający metabolizm rośliny.

Natomiast publikacja polskiego opisu patentowego PL239605B1 przedstawia urządzenie, jak również sposób przeprowadzania przedświejnej stymulacji nasion, co ma na celu zwiększenie plonów, ale również podwyższenie odporności roślin na różne choroby, zwłaszcza te wywoływane przez grzyby.

Z publikacji WO2023287712A1 znana jest z kolei mieszanina biostymulacyjna do poprawy lub utrzymania zdrowia rośliny, mająca na celu zwłaszcza zapobieganie rozwojowi patogenów poprzez wykorzystanie mieszanin składających się z pierwiastków metali i minimum jednego dodatku organicznego

oraz ekstraktu z alg, w połączeniu z aktywacją mieszaniny przy użyciu lasera, działka elektronowego czy wzbudzenia termicznego.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu wytwarzania zawiesiny tlenku cynku, jak również zastosowania tejże zawiesiny w celu poprawienia jakości nasion w kontekście zdolności kiełkowania nasion, przyspieszenie procesu kiełkowania, poprawa turgoru liści w przypadku suszy fizjologicznej, jak również zwiększenie koncentracji chlorofilu w liściach roślin wykiełkowanych z nasion, dla których zastosowano opracowaną zawiesinę i sposób jej aplikacji.

Istotą wynalazku jest sposób wytwarzania wodnej zawiesiny wzbogaconej tlenkiem cynku, zawierającej wodną zawiesinę tlenku cynku i wodne roztwory substancji chemicznych, charakteryzującą się tym, że wodne roztwory substancji chemicznych tworzy się z mieszaniny oddzielnie sporządzonych roztworów karboksymetylocelulozy (CMC), maltozy (MT) oraz glikolu polietylenowego (PEG), odważając oddzielnie po od 0,8 g do 1,2 g, korzystnie 1,0 g, karboksymetylocelulozy (CMC), maltozy (MT) oraz glikolu polietylenowego (PEG), przy czym każdą substancję chemiczną umieszcza się w oddzielnym pojemniku, a następnie do każdego pojemnika dodaje się wodę w ilości od 98,8 g do 99,2 g, korzystnie 99,0 g, otrzymując od 0,8% do 1,2%, korzystnie 1,0% wagowo roztwory karboksymetylocelulozy, maltozy oraz glikolu polietylenowego, a wodną zawiesinę tlenku cynku tworzy się z dostępnej zawiesiny tlenku cynku zawierającej od 17,0 do 23,0 g, korzystnie 20,0 g wagowo nanometrycznego tlenku cynku ZnO na 100,0 g zawiesiny tlenku cynku, którą miesza się, następnie do pojemnika odmierza się od 0,8% do 1,2%, korzystnie 1,0% roztworu karboksymetylocelulozy w ilości od 39,0% do 41,0%, korzystnie 40,0% wagowo zawiesiny wzbogaconej, od 0,8% do 1,2%, korzystnie 1,0% roztworu maltozy w ilości od 19,0% do 21,0%, korzystnie 20,0% wagowo zawiesiny wzbogaconej, od 0,8% do 1,2%, korzystnie 1,0% roztworu glikolu polietylenowego w ilości od 19,0% do 21,0%, korzystnie 20,0% wagowo zawiesiny wzbogaconej oraz od 17,0% do 23,0%, korzystnie 20,0% wodnej zawiesiny tlenku cynku w ilości od 1,9% do 2,1%, korzystnie 2,0% wagowo zawiesiny wzbogaconej oraz wodę w ilości dopełniającą do 100% wagowo zawiesiny wzbogaconej, po czym zawiesinę wzbogaconą tlenkiem cynku poddaje się procesowi homogenizacji przy użyciu homogenizatora.

Korzystnie, stosunek 1,0% roztworu karboksymetylocelulozy : 1,0% roztworu maltozy : 1,0% roztworu glikolu polietylenowego : 20% wodnej zawiesiny tlenku cynku : wody wynosi wagowo 40,0 : 20,0 : 20,0 : 2,0 : 18,0.

Korzystnie, przed procesem homogenizowania zawiesiny wzbogaconej tlenkiem cynku do zawiesiny, w miejsce wody w ilości od 0,7% do 0,9%, korzystnie 0,8% wagowo zawiesiny wzbogaconej, dodaje się nanoglinkę bentonitową w ilości od 0,7% do 0,9%, korzystnie 0,8% wagowo zawiesiny wzbogaconej.

W jednym z preferowanych rozwiązań stosunek 1,0% roztworu karboksymetylocelulozy : 1,0% roztworu maltozy : 1,0% roztworu glikolu polietylenowego : 20% wodnej zawiesiny tlenku cynku : nanoglinki bentonitowej : wody wynosi wagowo 40,0 : 20,0 : 20,0 : 2,0 : 0,8 : 17,2.

Wskazane jest, aby tlenek cynku był nanotlenkiem cynku ( $\text{ZnO}_{\text{nano}}$ ) i miał postać cząstek o rozmiarze od 5 nm do 10  $\mu\text{m}$ , korzystnie mniejszym niż 100 nm.

Istotą wynalazku jest również zawiesina wzbogacona tlenkiem cynku, zawierająca wodną zawiesinę tlenku cynku i wodne roztwory substancji chemicznych, charakteryzująca się tym, że wodne roztwory substancji chemicznych zawierają od 0,8% do 1,2%, korzystnie 1,0%, roztwory karboksymetylocelulozy, maltozy oraz glikolu polietylenowego, przy czym zawartość wodnego roztworu karboksymetylocelulozy wynosi od 39,0% do 41,0%, korzystnie 40,0% wagowo zawiesiny wzbogaconej, zawartość wodnego roztworu maltozy wynosi od 19,0% do 21,0%, korzystnie 20,0% wagowo zawiesiny wzbogaconej, a zawartość wodnego roztworu glikolu polietylenowego wynosi od 19,0% do 21,0%, korzystnie 20,0% wagowo zawiesiny wzbogaconej, zaś wodna zawiesina tlenku cynku jest od 17,0% do 23,0%, korzystnie 20,0% zawiesiną tlenku cynku w ilości od 1,9% do 2,1%, korzystnie 2,0% wagowo zawiesiny wzbogaconej, a zawartość wody w zawieszynie wzbogaconej jest w ilości dopełniającej do 100,0% wagowo.

Istotą wynalazku jest ponadto zastosowanie zawiesiny wodnej wzbogaconej tlenkiem cynku, określonej powyżej, w uprawie roślin, jako powłoki naniesionej na nasiona, przy czym przed wysianiem nasion, zawiesinę wzbogaconą tlenkiem cynku aplikuje się na nasiona i pozostawia na nich w temperaturze pokojowej do wyschnięcia.

Korzystnie, po naniesieniu powłoki nasiona poddaje się suszeniu w temperaturze pokojowej, a następnie poddaje się fotostymulacji za pomocą lasera.

Przedmiot wynalazku jest uwiarygodniony w przykładach wykonania na rysunku, na którym Fig. 1 przedstawia schemat blokowy kroków sposobu wytwarzania wodnej zawiesiny wzbogaconej tlenkiem cynku, Fig. 2A, 2B, 2C i 2D przedstawiają zdolność kiełkowania nasion soi w zależności od sposobu

naświetlania i rodzaju zastosowanej zawiesiny 14 dni po wysiewie nasion, Fig. 3A, 3B, 3C i 3D przedstawiają zdolność kiełkowania nasion soi w zależności od sposobu naświetlania i rodzaju zastosowanej zawiesiny 21 dni po wysiewie nasion, Fig. 4A, 4B, 4C i 4D przedstawiają zdolność kiełkowania nasion soi w zależności od sposobu naświetlania i rodzaju zastosowanej zawiesiny 28 dni po wysiewie nasion, Fig. 5 przedstawia na wykresie słupkowym współdziałanie fotostymulacji i stosowanych zawiesin na zawartość indeksu zieloności liści (SPAD) z zaznaczonym zwykłym odchyleniem rozkładu próbkowania, Fig. 6 przedstawia na wykresie słupkowym współdziałanie fotostymulacji i stosowanych zawiesin na zawartość chlorofilu A w liściach z zaznaczonym zwykłym odchyleniem rozkładu próbkowania, Fig. 7 przedstawia na wykresie słupkowym współdziałanie fotostymulacji i stosowanych zawiesin na zawartość chlorofilu B w liściach z zaznaczonym zwykłym odchyleniem rozkładu próbkowania, Fig. 8 przedstawia na wykresie słupkowym współdziałanie fotostymulacji i stosowanych zawiesin na wielkość wskaźnika uwodnienia liści (WBI) w liściach z zaznaczonym zwykłym odchyleniem rozkładu próbkowania, Fig. 9 przedstawia rośliny soi po fotostymulacji nasion laserem LR (3 x 3) w sprzężeniu z aplikacją zawiesin o różnej formulacji podanej w Tabeli 3, Fig. 10 przedstawia rośliny soi po fotostymulacji nasion laserem LB (3 x 1) w sprzężeniu z aplikacją zawiesin o różnej formulacji podanej w Tabeli 3, Fig. 11 przedstawia rośliny soi po fotostymulacji nasion kombinacją różnych długości fal LR (3 x 3) + LB (3 x 1) w sprzężeniu z aplikacją zawiesin o różnej formulacji podanej w Tabeli 3 i Fig. 12 przedstawia rośliny soi bez fotostymulacji z aplikacją zawiesin o różnej formulacji podanej w Tabeli 3.

W celu wytworzenia wodnej zawiesiny wzbogaconej tlenkiem cynku zgodnej z wynalazkiem najpierw w krokach 1–8, przedstawionych na Fig. 1, przygotowywano roztwory wodne karboksymetylocelulozy (CMC), maltozy (MT), glikolu polietylenowego (PEG) oraz tlenku cynku. Wodny roztwór karboksymetylocelulozy (CMC) w jednym przykładzie wykonania przygotowano w taki sposób, aby zawierał 0,8% karboksymetylocelulozy (CMC) wagowo w roztworze wodnym, w innym 1,2% karboksymetylocelulozy (CMC) wagowo w roztworze wodnym, a w jeszcze innym korzystnie 1% wagowo karboksymetylocelulozy (CMC) w roztworze wodnym, dodając do pojemnika, w którym umieszczono po odważeniu 0,8 g w jednym przykładzie wykonania, 1,2 g w innym przykładzie wykonania, i korzystnie 1,0 g w jeszcze innym przykładzie wykonania, wodę w ilości dopełniającej do 100% wagowo roztworu, czyli odpowiednio w ilości 99,2 g, 98,8 g, korzystnie 99,0 g. Na tej samej zasadzie sporządzono wodne roztwory maltozy (MT) i glikolu polietylenowego (PEG), w przypadku których w jednym przykładzie wykonania roztwory wodne zawierały 0,8% wagowo, odpowiednio maltozy (MT) albo glikolu polietylenowego (PEG), w innym przykładzie wykonania roztwory wodne zawierały 1,2% wagowo, odpowiednio maltozy (MT) albo glikolu polietylenowego (PEG), a w jeszcze innym przykładzie wykonania roztwory wodne zawierały korzystnie 1,0% wagowo, odpowiednio maltozy (MT) albo glikolu polietylenowego (PEG). Opisane wcześniej roztwory CMC, MT oraz PEG każdorazowo przygotowano poprzez odważenie w naczynku wagowym odpowiedniej ilości substancji na wadze precyzyjnej, przykładowo wadze serii PS X2, wyprodukowanej przez firmę Radwag, z dokładnością do 0,01 g. Oprócz podanej wagi serii PS X2, do odważania ilości substancji nadaje się każda waga ważąca z dokładnością 0,01 g. Odważki substancji przeniesiono ilościowo do pojemników, przykładowo butelek szklanych z nakrętką, zawierających dipol magnetyczny, a następnie uzupełniono wodą. W celu całkowitego rozpuszczenia substancji mieszano w temperaturze pokojowej od 18°C – 24°C zawartość butelek przez 1,5 h – 2,5 h, na mieszadłach magnetycznych, przykładowo mieszadłach MR Hei-Tec, wyprodukowanych przez firmę Heidolph, z elektroniczną regulacją prędkości obrotowej, przy prędkości 450–550 obr/min. Oprócz podanego mieszadła magnetycznego MR Hei-Tec, do mieszania substancji nadaje się każde mieszadło z elektroniczną regulacją prędkości obrotowej w zakresie 100–1400 obr/min.

Za pomocą takich samych urządzeń i w takich samych warunkach sporządzono wodną zawiesinę tlenku cynku z handlowej albo dostępnej na rynku zawiesiny tlenku cynku zawierającej w jednym przykładzie wykonania 17,0 tlenku cynku na 100,0 g zawiesiny tlenku cynku, a 23,0 g tlenku cynku na 100,0 g zawiesiny tlenku cynku w innym przykładzie wykonania i 20,0 g tlenku cynku na 100,0 g zawiesiny tlenku cynku w jeszcze innym przykładzie wykonania, tym samym tlenek cynku w jednym przykładzie wykonania stanowił 17,0% wagowo w roztworze wodnym, w innym przykładzie wykonania tlenek cynku stanowił 23,0% wagowo w roztworze wodnym, a w jeszcze innym tlenek cynku stanowił korzystnie 20,0% wagowo w roztworze wodnym. Na rynku jest również dostępna zawiesina nanometrycznego tlenku cynku ZnO zawierająca 20,0 g nanotlenku cynku ZnO<sub>nano</sub> na 100,0 g zawiesiny tlenku cynku, czyli o stężeniu 20% wagowo, którą użyto w kolejnym przykładzie wykonania. W jeszcze innych przykładach wykonania powyższe stężenia uzyskano przez odważenie odpowiednio 17,0 g, 23,0 g, ko-

rzystnie 20,0 g, nanometrycznego tlenku cynku ZnO, ściślej mówiąc nanotlenku cynku ZnO<sub>nano</sub>, a otrzymaną odważkę tlenku cynku czy nanotlenku cynku, po umieszczeniu w pojemniku, uzupełniono wodą do 100,0 g, dodając odpowiednio 83,0 g, 77,0 g, korzystnie 80,0g, po czym mieszano.

Następnie wszystkie w ten sposób przygotowane roztwory wodne mieszano ze sobą w kroku 9, tworząc wodną zawiesinę wzbogaconą tlenkiem cynku, a w razie potrzeby powstałą zawiesinę w kroku 10 uzupełniano wodą, co zostało przedstawione na Fig. 1. Udział wagowy poszczególnych składników mieszaniny w korzystnym przykładzie wykonania w przeliczeniu na 100,0 g roztworu przygotowanej zawiesiny wynosił: 0,4 g karboksymetylocelulozy (CMC), 0,2 g glikolu polietylenowego (PEG), 0,2 g maltozy (MT) oraz 0,4 g tlenku cynku ZnO, w szczególności nanotlenku ZnO<sub>nano</sub>.

W jeszcze innym przykładzie wykonania, zawiesinę wzbogacano nanoglinką bentonitową, która jest surowcem, zawierającym ponad 70 minerałów, takich jak: krzem, glin, żelazo, sod, magnez, wapń, tytan, potas i inne, i mającym postać cząstek o rozmiarze w większości przypadków nie większym niż 20 nm. W jednym przykładzie wykonania nanoglinka bentonitowa o wymiarze cząstek nie większym niż 20 nm stanowiła 0,7% wagowo powstałej zawiesiny wzbogaconej tlenkiem cynku, w innym przykładzie wykonania nanoglinka bentonitowa stanowiła 0,9% wagowo w zawieszynie wzbogaconej tlenkiem cynku, a w jeszcze innym przykładzie, nanoglinka bentonitowa stanowiła korzystnie 0,8% wagowo w zawieszynie wzbogaconej tlenkiem cynku, co oznacza że udział wagowy nanoglinki bentonitowej w korzystnym przykładzie wykonania w przeliczeniu na 100,0 g roztworu przygotowanej zawiesiny wzbogaconej tlenkiem cynku wynosił 0,8 g.

Tlenek cynku zawierał cząstki o rozmiarze 5 nm w jednym przykładzie wykonania, 10 000 nm w innym przykładzie wykonania, korzystnie o rozmiarze nie większym niż 100 nm w jeszcze innym przykładzie wykonania. W następnym przykładzie wykonania tlenek cynku zawierał cząstki o rozmiarze mniejszym niż 100 nm. W dalszym kroku, tak otrzymaną zawiesinę nanoszono na nasiona roślin uprawnych, poprzez opryskiwanie albo namaczanie albo zamgławianie, albo polewanie nasion, po czym stosowano przerwę technologiczną T1, trwającą w jednym przykładzie wykonania 1 h, w innym 24 h, a w jeszcze innym przykładzie wykonania, korzystnie trwającą 2 h.

W jednym przykładzie wykonania podczas badań nasiona zostały wysiane do doniczek i przeniesione do komory wegetacyjnej. W komorze wegetacyjnej zastosowano warunki siewu przypadające na 3 dekadę kwietnia / 1 dekadę maja, tak aby zasymulować optymalne warunki, w których wschodzą nasiona w polu. Przyjęto wilgotność powietrza w komorze wegetacyjnej na poziomie 40,0–50,0%, fotoperiod 10 dni dnia / 11 dni nocy, temperaturę powietrza 15°C. Doświadczenie prowadzono w komorze wegetacyjnej 2 miesiące.

W innym przykładzie wykonania nasiona przed wysianiem poddano fotostymulacji, używając lasera diodowego LB i/albo lasera LR. W jeszcze innych przykładach może to być laser aleksandrytowy albo neodymowo-yagowy. W opisywanych przykładach wykonania, naświetlania nasion dokonano w kilku interwałach, gdzie w jednym przykładzie wykonania było to 1 naświetlanie, w innym przykładzie wykonania było to 5 naświetlań, natomiast korzystnie były to 3 naświetlania. W przykładzie wykonania, w którym fotostymulacja nasion roślin uprawnych została powtórzona kilkakrotnie, stosowano interwały czasowe, gdzie w jednym przykładzie wykonania interwał czasowy wynosił 1 s, w innym przykładzie interwał czasowy wynosił 5 s, natomiast w jeszcze innym przykładzie, interwał czasowy fotostymulacji laserem korzystnie wynosił 3 s. W opisywanym przykładzie wykonania, gdzie do fotostymulacji użyto lasera, długość fali, w jednym przykładzie wykonania wynosiła nie więcej niż 400 nm w przypadku lasera LB, a w innym przykładzie wykonania wynosiła nie więcej niż 800 nm w przypadku lasera LR. W opisywanym przykładzie wykonania, moc lasera wykorzystanego do fotostymulacji w jednym przykładzie wykonania wynosiła 2,0 mW/cm<sup>2</sup>, a w innym przykładzie wykonania 8,0 mW/cm<sup>2</sup>. Po wykonanej laserem fotostymulacji, nasiona roślin uprawnych przeznaczonych do wysiewu, wymagały przerwy technologicznej T2 przed wysianiem ich do gruntu. W jednym przykładzie wykonania przerwa technologiczna przed wysianiem do gruntu wynosiła 12 h, w innym przykładzie wykonania 36 h, a w jeszcze innym przykładzie wykonania, przerwa technologiczna od momentu fotostymulacji do momentu wysiania wynosiła korzystnie 24 h.

Wyniki badań, które zostały przeprowadzone na nasionach i z użyciem różnych zawiesin, spośród których najbardziej obiecujące wyniki dały badania przeprowadzone na soi, zostały przedstawione na wykresach, spośród których na Fig. 2A–2D przedstawiono zdolność kiełkowania nasion soi, w zależności od sposobu naświetlania i rodzaju zastosowanej zawiesiny, zbadaną w 14 dniu po wysiewie nasion. Badania przeprowadzono na próbkach zawierających po 20 nasion. W innym przykładzie wykonania próbki zawierały 15 nasion, a w innym przykładzie wykonania próbki zawierały 25 nasion.

W jeszcze innych przykładach wykonania próbki zawierały inne ilości nasion, niż te podane powyżej. Ostatecznie o ilości nasion w próbce decydowała łatwość obliczania średniej procentowej zdolności kiełkowania nasion i ewentualnie wielkość nasion i powierzchnia podłoża, która była do dyspozycji przy prowadzeniu badań.

Z Fig. 2A–2D wynika, że największą zdolność kiełkowania w 14 dniu po wysiewie nasion, wynoszącą średnio 30%, miały nasiona pokryte wodną zawiesiną tlenku cynku bez nanoglinki bentonitowej i poddane fotostymulacji za pomocą lasera diodowego LB, a niewiele mniejszą, bo wynoszącą średnio 20%, miały nasiona pokryte wodną zawiesiną tlenku cynku z nanoglinką bentonitową i poddane fotostymulacji za pomocą lasera diodowego LR, w kombinacji 3-krotna stymulacja w interwale 3 sekund.

Po upływie kolejnych 7 dni, to jest w 21 dniu od wysiewu nasion, jak wynika z Fig. 3A–3D, inną zdolność kiełkowania w 21 dniu po wysiewie nasion, wynoszącą nawet średnio 30%, miały nasiona pokryte nośnikiem. Nasiona te poddane dodatkowo fotostymulacji za pomocą lasera diodowego LB miały zdolność kiełkowania wynoszącą 50%, natomiast poddane dodatkowo fotostymulacji za pomocą lasera diodowego LB i za pomocą lasera diodowego LR w kombinacji 3-krotna stymulacja w interwale 3 sekund miały zdolność kiełkowania wynoszącą 40%. Trend ten został utrzymany aż do 28 dnia od wysiewu nasion, jak to wynika z Fig. 4A–4D.

Po upływie 90 dni od wysiewu nasion w prawidłowo wykształconych roślinach oznaczono indeks zieloności liści (SPAD) za pomocą miernika SPAD 502 Minolta, a zawartość chlorofilu A i chlorofilu B oraz stopień uwodnienia liści (WBI) za pomocą spektrometru firmy CID Bio-Science. Wybrane wskaźniki spektralne wykorzystane do mierzenia roślin przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1

| Zastosowanie                     | Symbol                                    | Nazwa                                        | Źródło informacji               |
|----------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|
| Zawartość chlorofilu w liściach  | SPAD                                      | Index zieloności liści                       | Kleiber 2012                    |
|                                  | Chlorofil A ( $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ ) | Chlorofil A                                  | Pazurkiewicz – Kocot i in. 2011 |
|                                  | Chlorofil B ( $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ ) | Chlorofil B                                  | Pazurkiewicz – Kocot i in. 2011 |
| Ocena zawartości wody w liściach | WBI                                       | Wskaźnik uwodnienia liści (Water Band Index) | Peñuelas i in. 1997             |

Stwierdzono wyższą zawartość chlorofilu w liściach w obiektach, w których zastosowano zawiesinę nanotlenku cynku  $\text{ZnO}_{\text{nano}}$  bez fotostymulacji jak i w sprzężeniu z fotostymulacją. Największą zawartość chlorofilu B wynoszącą  $0,97 \mu\text{g}/\text{cm}^3$  stwierdzono przy fotostymulacji za pomocą lasera diodowego LR w kombinacji 3-krotna stymulacja w interwale 3 sekund. Ponadto stwierdzono, że zawiesiny bez stosowanej stymulacji mają potencjał do zwiększania chlorofilu w liściach, jak wynika z Tabeli 2.

W analizowanych obiektach stwierdzono istotny wpływ stosowanej zawiesiny tlenku cynku samodzielnie lub w sprzężeniu z fotostymulacją światłem lasera na wielkość indeksu zieloności liści SPAD, zawartość chlorofilu A i B w liściach soi oraz wskaźnik uwodnienia liści (WBI), co zaprezentowano w Tabeli 2.

Tabela 2

| Czynnik                          |                                                 | SPAD        | Chlorofil A<br>( $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ ) | Chlorofil B<br>( $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ ) | WBI         |
|----------------------------------|-------------------------------------------------|-------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------|
| Fotostymulacja<br>(F)            | LR (3 x 3)                                      | 11,2        | <b>18,7</b>                                  | <b>0,97</b>                                  | 33,8        |
|                                  | LB (3 x 1)                                      | 10,9        | 17,7                                         | 0,89                                         | 33,3        |
|                                  | Brak stymulacji                                 | 11,4        | 18,9                                         | 0,87                                         | 33,8        |
|                                  | LB (3x1) + LR (3x3)                             | 11,2        | 18,5                                         | 0,91                                         | <b>35,3</b> |
| Zawiesina<br>nanocząstek<br>(ZN) | Nanotlenek cynku                                | <b>11,6</b> | <b>19,2</b>                                  | 0,82                                         | <b>37,4</b> |
|                                  | Nanotlenek cynku i<br>nanoglinka<br>bentonitowa | 11,4        | 18,8                                         | 0,84                                         | 35,2        |
|                                  | Nośnik                                          | 11,1        | 18,0                                         | <b>0,95</b>                                  | 33,4        |
|                                  | Kontrola                                        | 10,7        | 17,7                                         | 0,94                                         | 31,1        |

Zastosowanie tlenku cynku z nanoglinką bentonitową w sprzężeniu z przedświecną fotostymulacją nasion laserem LR (3 x 3) przyczyniło się do wzrostu wskaźnika SPAD, w porównaniu do kontroli, co zostało przedstawione na Fig. 5. Ponadto wykazano, że zawiesina bez nanoglinki w sprzężeniu z fotostymulacją przy kombinacji LB (3 x 1) + LR (3 x 3) ma potencjał do zwiększania wskaźnika SPAD, co wynika z Fig. 5.

Stwierdzono, że zastosowanie tlenku cynku i nanoglinki bentonitowej w sprzężeniu z przedświecną fotostymulacją nasion laserem LB (3 x 1) + LR (3 x 3) przyczyniło się do wzrostu zawartości chlorofilu A i chlorofilu B w liściach soi w porównaniu z kontrolą, jak wynika z Fig. 6 i 7.

Zawartość chlorofilu B była istotnie większa w obiekcie, w którym zastosowano tlenek cynku bez nanoglinki bentonitowej. Stwierdzono istotne współdziałanie fotostymulacji i stosowanej zawiesiny na kształtowanie zawartości chlorofilu w liściach soi, jak to wynika z Fig. 7.

Wskaźnik uwodnienia liści (WBI) był zróżnicowany między obiektami, jak wynika z Tabeli 2. Zastosowanie zawiesiny nanocząstek skutecznie zwiększało parametry WBI (37,4) w porównaniu do kontroli (Tabela 2). Zastosowanie fotostymulacji laserem diodowym LR(3 X 3) w obiektach traktowanych tlenkiem cynku, tlenkiem cynku z nanoglinką lub nośnikiem znacząco zwiększyło wartość WBI w porównaniu do kontroli (Fig. 8, Fig. 9 Obiekt 9, Obiekt 17, Obiekt 21). Stosowanie fotostymulacji laserem diodowym LB (3 x 1) w obiektach traktowanych tlenkiem cynku lub tlenkiem cynku z nanoglinką bentonitową pozwoliło na bardzo dobre uwodnienie roślin (Fig. 10, Obiekt 18, Obiekt 22) w porównaniu do kontroli. Stosowanie fotostymulacji sprzężonej przy udziale laserów diodowych LB (3 x 1) + LR (3 x 3) skutkowało wysokim uwodnieniem liści w obiekcie traktowanym tlenkiem cynku w porównaniu do kontroli (Fig. 11 Obiekt 19).

W Tabeli 3 i na Fig. 9–12 przedstawione zostały obiekty, które były traktowane kombinacjami symulacji laserowej i zawiesiny.

Tabela 3

| Kombinacje obiektowe |                                           | Obiekt |
|----------------------|-------------------------------------------|--------|
| Stymulacja laser     | Zawiesiny nanocząstek                     |        |
| LR (3x3)             | Nośnik                                    | 9      |
| LB (3x1)             | Nośnik                                    | 10     |
| LB (3x1) + LR (3x3)  | Nośnik                                    | 11     |
| Brak stymulacji      | Nośnik                                    | 12     |
| LR (3x3)             | Kontrola                                  | 13     |
| LB (3x1)             | Kontrola                                  | 14     |
| LB (3x1) + LR (3x3)  | Kontrola                                  | 15     |
| Brak stymulacji      | Kontrola                                  | 16     |
| LR (3x3)             | Nanotlenek cynku                          | 17     |
| LB (3x1)             | Nanotlenek cynku                          | 18     |
| LB (3x1) + LR (3x3)  | Nanotlenek cynku                          | 19     |
| Brak stymulacji      | Nanotlenek cynku                          | 20     |
| LR (3x3)             | Nanotlenek cynku i nanoglinka bentonitowa | 21     |
| LB (3x1)             | Nanotlenek cynku i nanoglinka bentonitowa | 22     |
| LB (3x1) + LR (3x3)  | Nanotlenek cynku i nanoglinka bentonitowa | 23     |
| Brak stymulacji      | Nanotlenek cynku i nanoglinka bentonitowa | 24     |

Odnotowano bardzo dobry stan uwodnienia roślin (WBI) w obiektach poddanych fotostymulacji światłem laserów o różnej długości fal, w porównaniu z kontrolą, co przedstawiono w Tabeli 2. Natomiast brak fotostymulacji negatywnie wpływał na kondycję roślin, w których stosowano zawiesiny (Fig. 12). Jedynie w obiekcie, w którym stosowano tlenek cynku i nanoglinkę bentonitową, zaobserwowano dobrą kondycję roślin, charakteryzującą się dobrym wybarwieniem liści chlorofilem (Fig. 12 Obiekt 24). Stosowanie fotostymulacji laserem diodowym LB (3 x 1) w obiektach traktowanych tlenkiem cynku z gliną bentonitową przyniosło bardzo dobre uwodnienie roślin (Fig. 10 Obiekt 22) w porównaniu z kontrolą.

Stosowanie fotostymulacji sprzężonej przy udziale laserów diodowych LB (3 x 1) + LR (3 x 3) skutkowało wysokim uwodnieniem liści w obiekcie traktowanym tlenkiem cynku (Fig. 11 Obiekt 19) w porównaniu z kontrolą.

Podsumowując badania, zastosowanie zawiesiny o formułacji zgodnej z wynalazkiem istotnie skraca czas kiełkowania soi i zwiększa zawartość chlorofilu w liściach.

## Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania wodnej zawiesiny wzbogaconej tlenkiem cynku, zawierającej wodną zawiesinę tlenku cynku i wodne roztwory substancji chemicznych, **znamienny tym**, że wodne roztwory substancji chemicznych tworzy się z mieszaniny oddzielnie sporządzonych roztworów karboksymetylocelulozy CMC, maltozy MT oraz glikolu polietylenowego PEG, odważając oddzielnie po od 0,8 g do 1,2 g, korzystnie 1,0 g, karboksymetylocelulozy CMC, maltozy MT oraz glikolu polietylenowego PEG, przy czym każdą substancję chemiczną umieszcza się w oddzielnym pojemniku, a następnie do każdego pojemnika dodaje się wodę w ilości od 98,8 g do 99,2 g, korzystnie 99,0 g, otrzymując od 0,8% do 1,2%, korzystnie 1,0% wagowo roztwory karboksymetylocelulozy, maltozy oraz glikolu polietylenowego, a wodną zawiesinę tlenku cynku tworzy się z dostępnej zawiesiny tlenku cynku zawierającej od 17,0 do 23,0 g, korzystnie 20,0 g wagowo, nanometrycznego tlenku cynku ZnO na 100,0 g zawiesiny tlenku cynku, którą miesza się, następnie do pojemnika odmierza się od 0,8% do 1,2%, korzystnie 1,0% roztworu karboksymetylocelulozy w ilości od 39,0% do 41,0%, korzystnie 40,0% wagowo zawiesiny wzbogaconej, od 0,8% do 1,2%, korzystnie 1,0% roztworu maltozy w ilości od 19,0% do 21,0%, korzystnie 20,0% wagowo zawiesiny wzbogaconej, od 0,8% do 1,2%, korzystnie 1,0% roztworu glikolu polietylenowego w ilości od 19,0% do 21,0%, korzystnie 20,0% wagowo zawiesiny wzbogaconej oraz od 17,0% do 23,0%, korzystnie 20,0% wodnej zawiesiny tlenku cynku w ilości od 1,9% do 2,1%, korzystnie 2,0% wagowo zawiesiny wzbogaconej oraz wodę w ilości dopełniającej do 100% wagowo zawiesiny wzbogaconej, po czym zawiesinę wzbogaconą tlenkiem cynku poddaje się procesowi homogenizacji przy użyciu homogenizatora.
2. Sposób wytwarzania zawiesiny wzbogaconej tlenkiem cynku według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosunek 1,0% roztworu karboksymetylocelulozy : 1,0% roztworu maltozy : 1,0% roztworu glikolu polietylenowego : 20% wodnej zawiesiny tlenku cynku : wody wynosi wagowo 40,0 : 20,0 : 20,0 : 2,0 : 18,0.
3. Sposób wytwarzania zawiesiny wzbogaconej tlenkiem cynku według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że przed procesem homogenizowania zawiesiny wzbogaconej tlenkiem cynku do zawiesiny, w miejsce wody w ilości od 0,7% do 0,9%, korzystnie 0,8% wagowo zawiesiny wzbogaconej, dodaje się nanoglinkę bentonitową w ilości od 0,7% do 0,9%, korzystnie 0,8% wagowo zawiesiny wzbogaconej.
4. Sposób wytwarzania zawiesiny wzbogaconej tlenkiem cynku według zastrz. 3, **znamienny tym**, że stosunek 1,0% roztworu karboksymetylocelulozy : 1,0% roztworu maltozy : 1,0% roztworu glikolu polietylenowego : 20% wodnej zawiesiny tlenku cynku : nanoglinki bentonitowej : wody wynosi wagowo 40,0 : 20,0 : 20,0 : 2,0 : 0,8 : 17,2.
5. Sposób wytwarzania zawiesiny wzbogaconej tlenkiem cynku według zastrz. 1 albo 2, albo 3, **znamienny tym**, że tlenek cynku jest nanotlenkiem cynku ( $\text{ZnO}_{\text{nano}}$ ) i ma postać cząstek o rozmiarze od 5 nm do 10  $\mu\text{m}$ , korzystnie mniejszym niż 100 nm.
6. Zawiesina wzbogacona tlenkiem cynku, zawierająca zawiesinę tlenku cynku i wodne roztwory substancji chemicznych, **znamienna tym**, że wodne roztwory substancji chemicznych zawierają od 0,8% do 1,2%, korzystnie 1,0% roztwory karboksymetylocelulozy, maltozy oraz glikolu polietylenowego, przy czym zawartość wodnego roztworu karboksymetylocelulozy wynosi od 39,0% do 41,0%, korzystnie 40,0% wagowo zawiesiny wzbogaconej, zawartość wodnego roztworu maltozy wynosi od 19,0% do 21,0%, korzystnie 20,0% wagowo zawiesiny wzbogaconej, a zawartość wodnego roztworu glikolu polietylenowego wynosi od 19,0% do 21,0%, korzystnie 20,0% wagowo zawiesiny wzbogaconej, zaś wodna zawiesina tlenku cynku jest od 17,0% do 23,0%, korzystnie 20,0%, zawiesiną tlenku cynku w ilości od 1,9% do 2,1%, korzystnie 2,0% wagowo zawiesiny wzbogaconej, a zawartość wody w zawieszynie wzbogaconej jest w ilości dopełniającej do 100,0% wagowo.
7. Zawiesina wzbogacona tlenkiem cynku według zastrz. 6, **znamienna tym**, że stosunek 1,0% roztworu karboksymetylocelulozy : 1,0% roztworu maltozy : 1,0% roztworu glikolu polietylenowego : 20% wodnej zawiesiny tlenku cynku : wody wynosi wagowo 40,0 : 20,0 : 20,0 : 2,0 : 18,0.
8. Zawiesina wzbogacona tlenkiem cynku według zastrz. 6 albo 7, **znamienna tym**, że w miejsce wody w ilości od 0,7% do 0,9%, korzystnie 0,8% wagowo zawiesiny wzbogaconej, zawiera

nanoglinską bentonitową w ilości od 0,7% do 0,9%, korzystnie 0,8% wagowo zawiesiny wzbogaconej.

9. Zawiesina wzbogacona tlenkiem cynku według zastrz. 8, **znamienna tym**, że stosunek 1,0% roztworu karboksymetylocelulozy : 1,0% roztworu maltozy : 1,0% roztworu glikolu polietylenowego : 20% wodnej zawiesiny tlenku cynku : nanoglinki bentonitowej : wody wynosi wagowo 40,0 : 20,0 : 20,0 : 2,0 : 0,8 : 17,2.
10. Zawiesina wzbogacona tlenkiem cynku według zastrz. 6 albo 7, albo 8, albo 9, **znamienna tym**, że tlenek cynku jest nanotlenkiem cynku ( $\text{ZnO}_{\text{nano}}$ ) i ma postać cząstek o rozmiarze od 5 nm do 10  $\mu\text{m}$ , korzystnie mniejszym niż 100 nm.
11. Zastosowanie zawiesiny wodnej wzbogaconej tlenkiem cynku, określonej w zastrz. od 6 do 10, w uprawie roślin, jako powłoki naniesionej na nasiona, przy czym przed wysianiem nasion zawiesinę wzbogaconą tlenkiem cynku aplikuje się na nasiona i pozostawia na nich w temperaturze pokojowej do wyschnięcia.
12. Zastosowanie zawiesiny wzbogaconej tlenkiem cynku według zastrz. 11, **znamiennie tym**, że po naniesieniu powłoki nasiona poddaje się suszeniu w temperaturze pokojowej, a następnie poddaje się fotostymulacji za pomocą lasera.

Rysunki

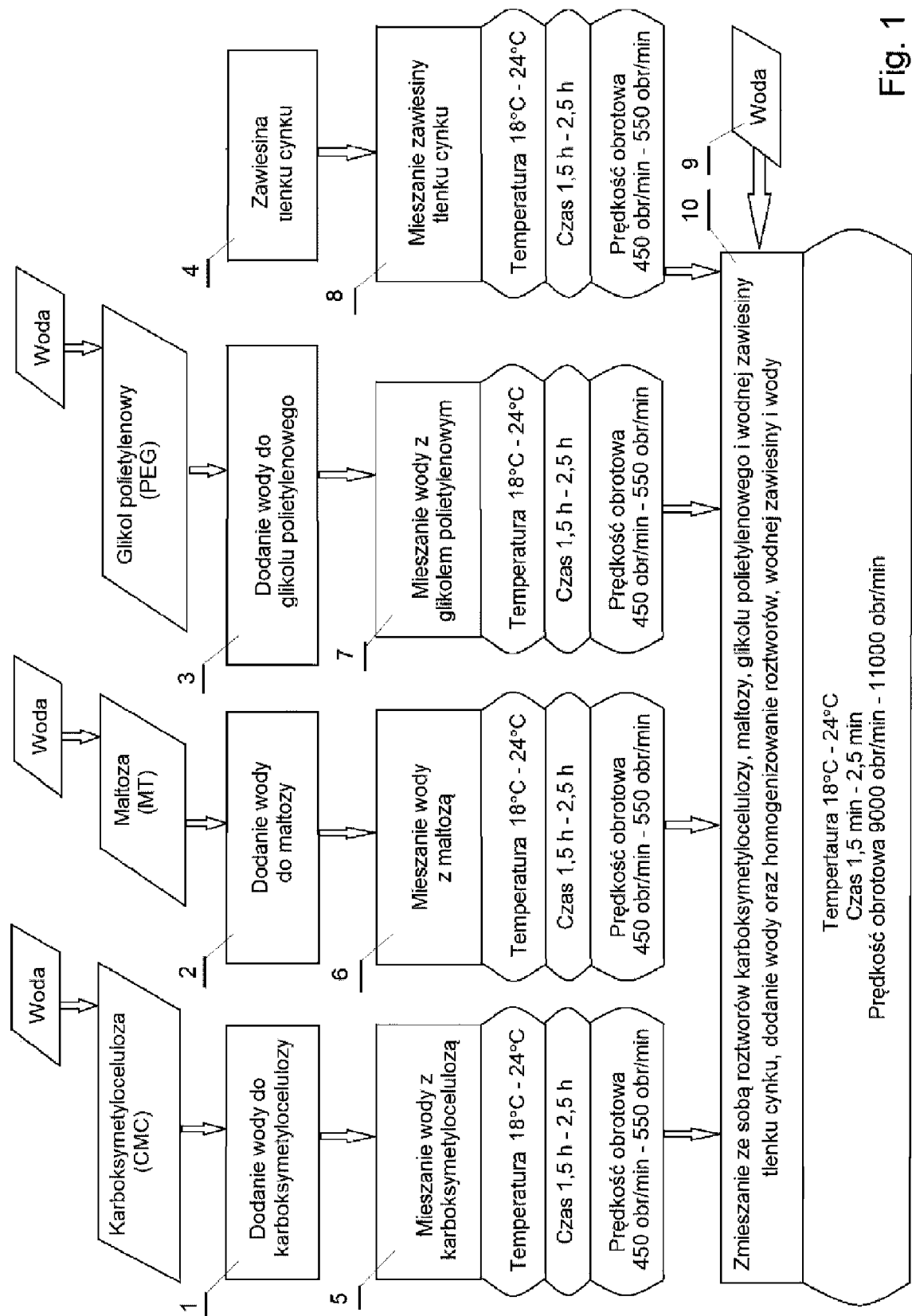


Fig. 1

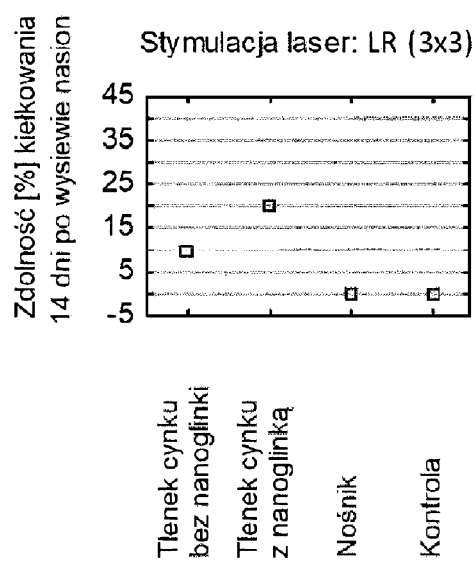


Fig. 2A

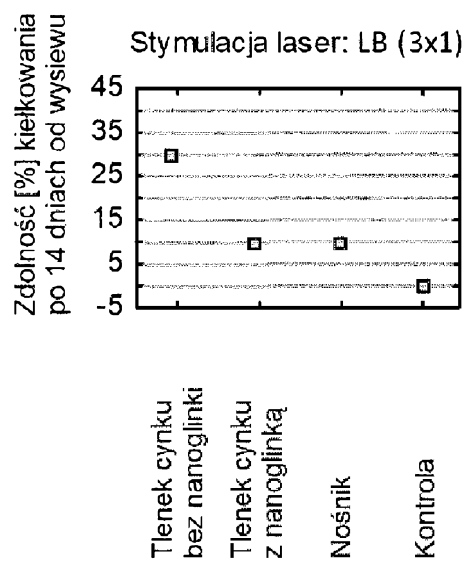


Fig. 2B

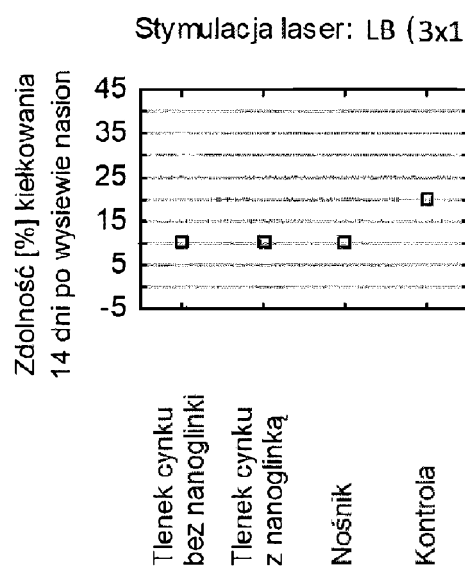


Fig. 2C

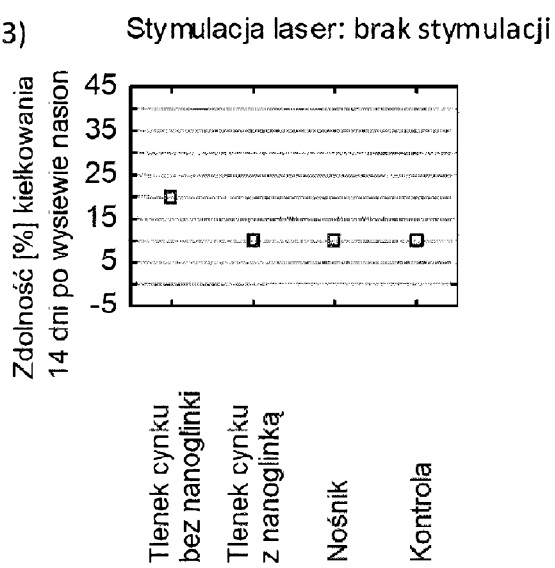


Fig. 2D

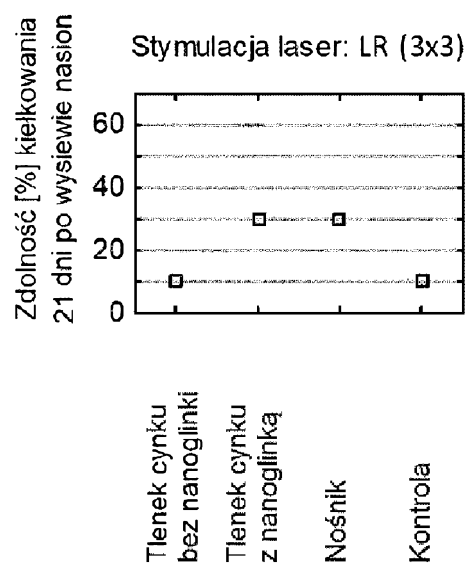


Fig. 3A

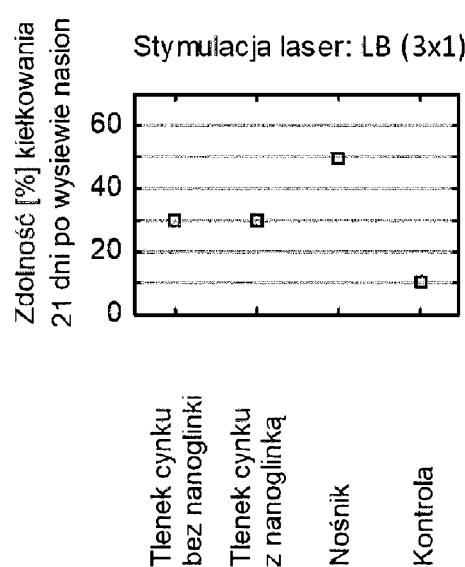


Fig. 3B

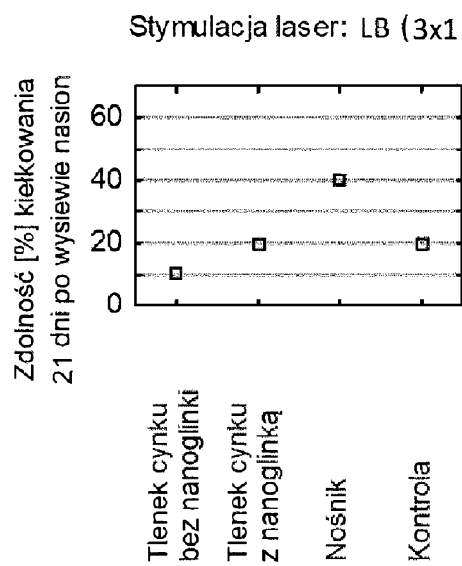


Fig. 3C

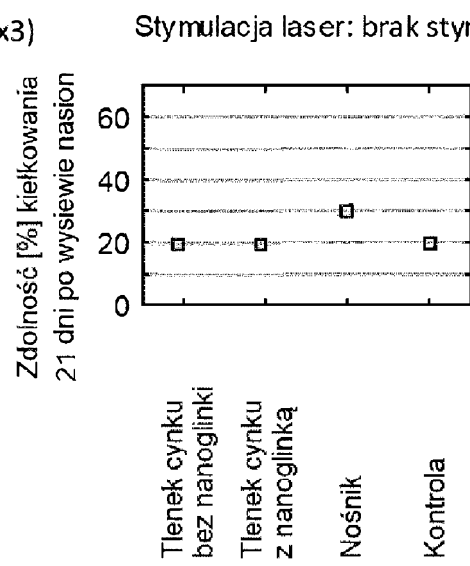


Fig. 3D

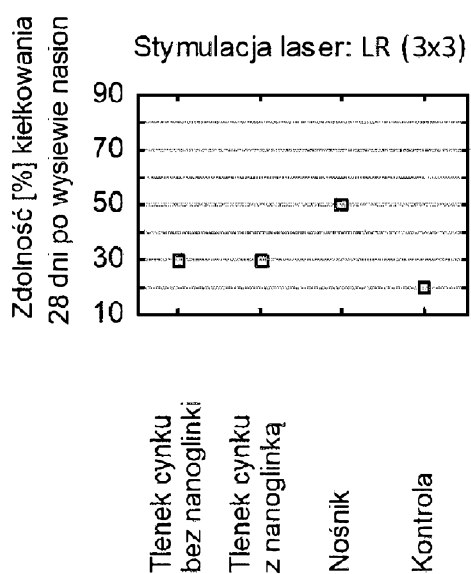


Fig. 4A

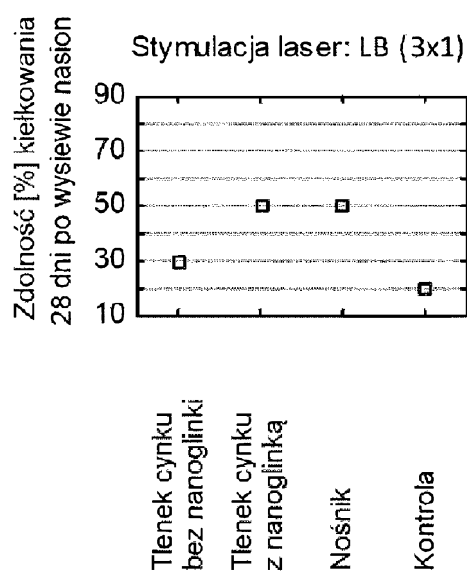


Fig. 4B

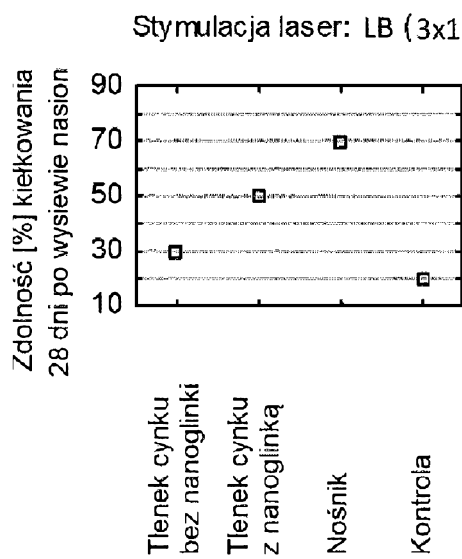


Fig. 4C

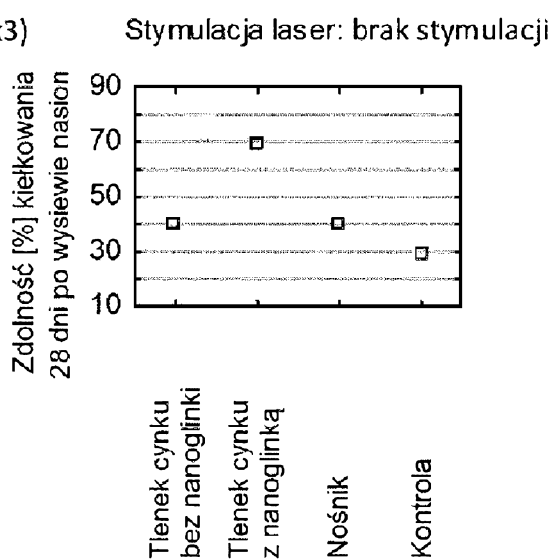


Fig. 4D

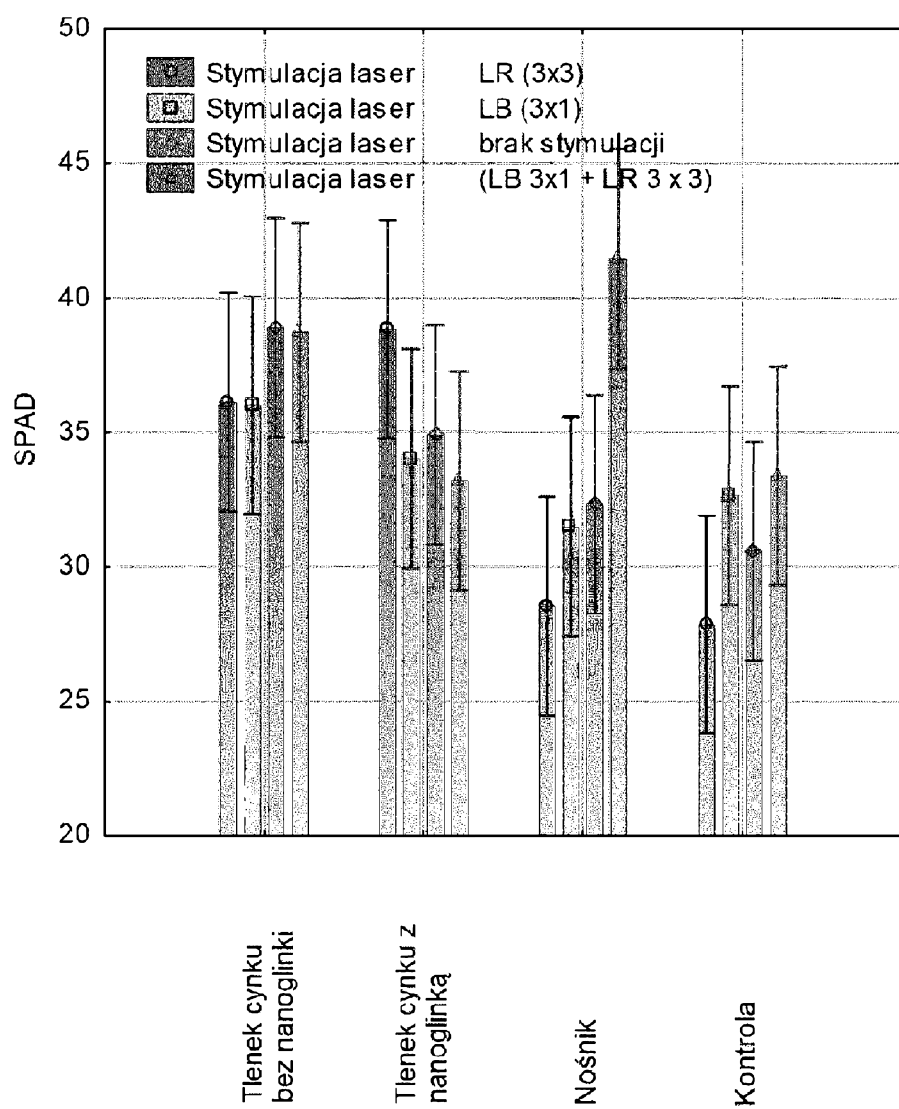


Fig. 5

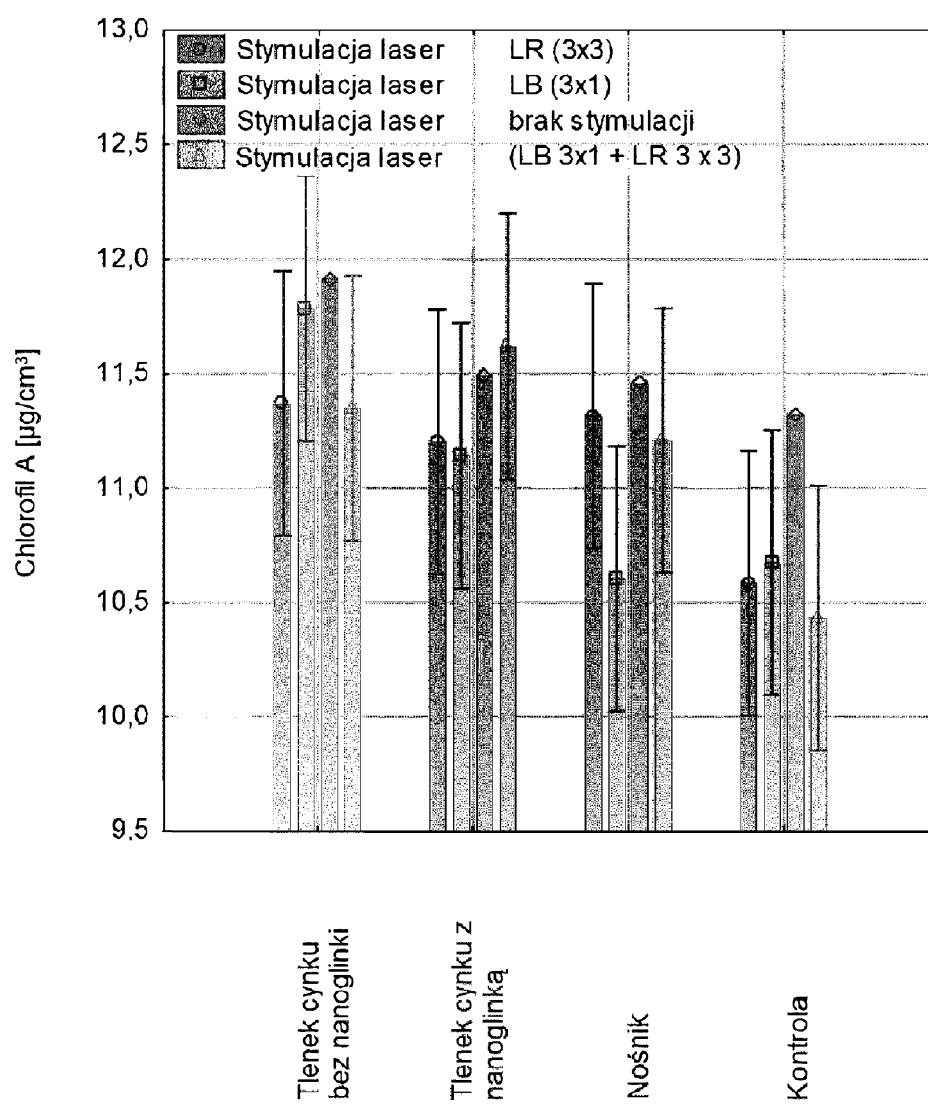


Fig. 6

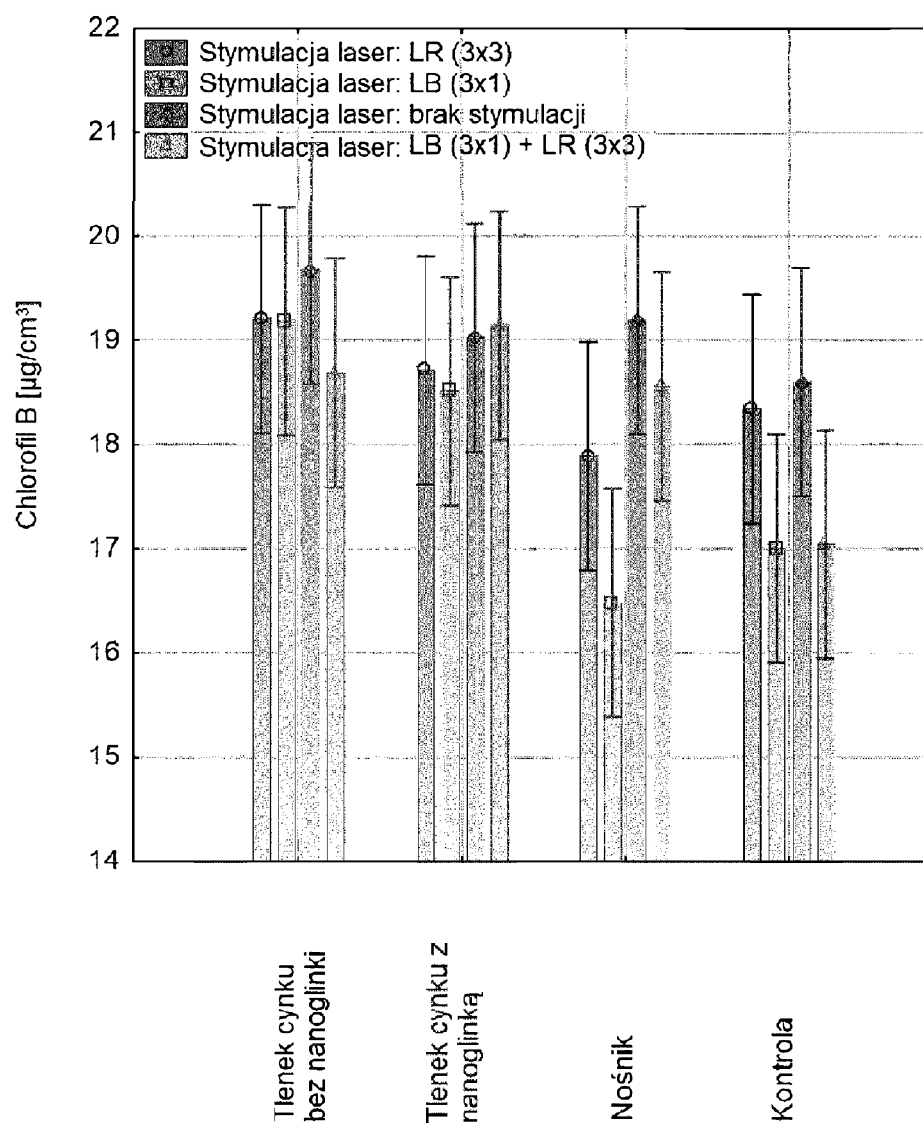


Fig. 7

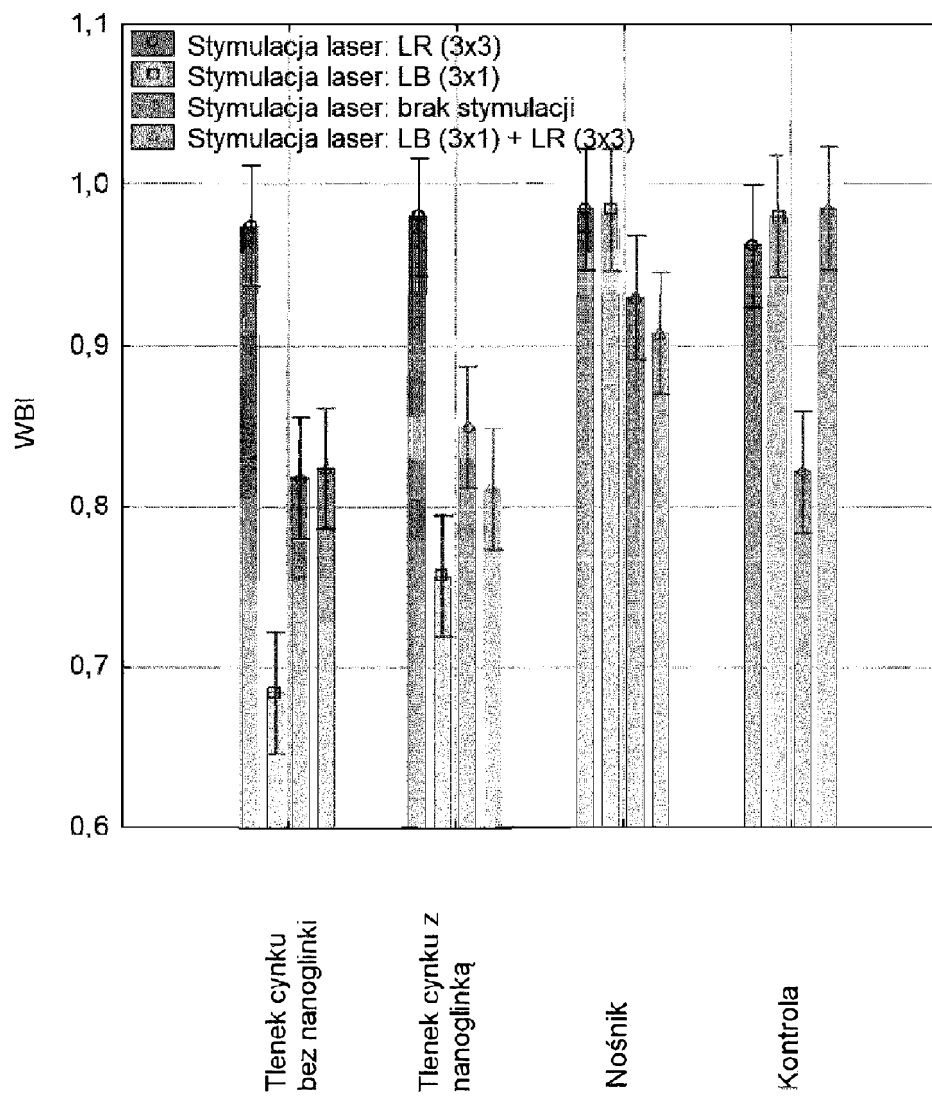


Fig. 8



Fig. 9



Fig. 10



Fig. 11

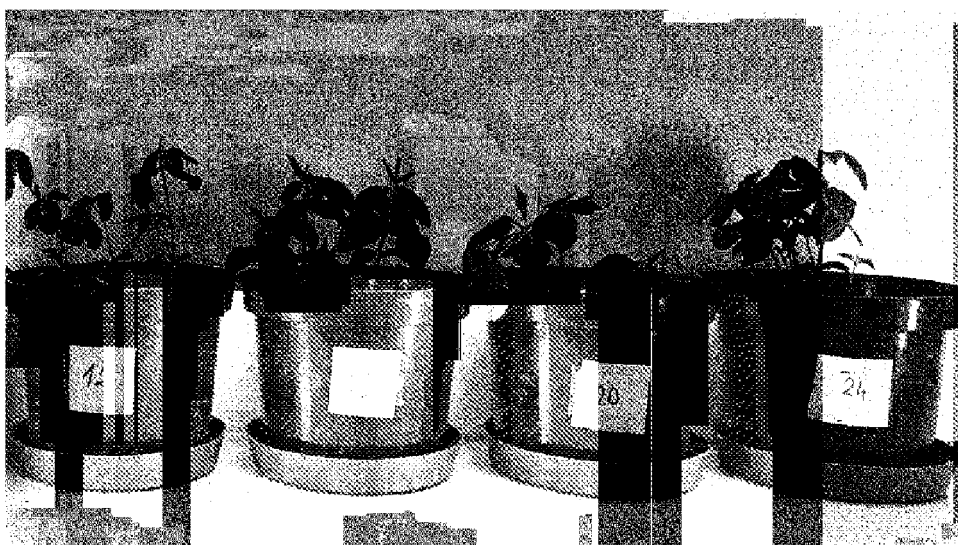


Fig. 12