



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(21) Numer zgłoszenia: **430866**

(22) Data zgłoszenia: **13.08.2019**

(51) Int.Cl.

A01N 59/00 (2006.01)

A01N 25/02 (2006.01)

A01P 21/00 (2006.01)

C05D 9/00 (2006.01)

A01G 7/00 (2006.01)

(54) **Sposób otrzymywania preparatu do stymulacji wzrostu roślin,
preparat otrzymany tym sposobem oraz zastosowanie preparatu do stymulacji wzrostu
roślin, w szczególności tych istotnych gospodarczo**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

10.02.2020 BUP 04/20

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

11.01.2021 WUP 01/21

(73) Uprawniony z patentu:

UNIWERSYTET GDAŃSKI, Gdańsk, PL
POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, Wrocław, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

AGATA MOTYKA-POMAGRUK, Gdańsk, PL
ANNA DZIMITROWICZ, Kamienna Góra, PL
WERONIKA BABIŃSKA, Gdańsk, PL
WOJCIECH ŚLEDŹ, Olsztyn, PL
PAWEŁ POHL, Wrocław, PL
PIOTR JAMRÓZ, Wrocław, PL
DOMINIK TEREFINO, Sanok, PL
EWA ŁOJKOWSKA, Gdańsk, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Justyna Pawłowska

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób otrzymywania preparatu do stymulacji wzrostu roślin, preparat otrzymany tym sposobem oraz zastosowanie preparatu do stymulacji wzrostu roślin, zwłaszcza istotnych z ekonomicznego punktu widzenia. Wynalazek dotyczy wodnych roztworów soli nieorganicznych aktywowanych za pomocą stałoprądowego wyładowania jarzeniowego generowanego pod ciśnieniem atmosferycznym w kontakcie z cieczą, czyli w tym wypadku roztworem wodnym rozpuszczalnej w tym ośrodku soli nieorganicznej. Przedmiot wynalazku wiąże się z zastosowaniem aktywowanego za pomocą stałoprądowego wyładowania jarzeniowego generowanego pod ciśnieniem atmosferycznym (ang. direct current atmospheric pressure glow discharge, dc-APGD) w kontakcie z przepływającą cieczą katodą (ang. flowing liquid cathode, FLC), roztworu wodnego soli nieorganicznej rozpuszczonej w tym ośrodku, a otrzymanej w określonych parametrach pracy ciągłego układu przepływowego.

Znane są różne sposoby i układy generowania wyładowań barierowych (ang. dielectric barrier discharge, DBD), wyładowań jarzeniowych (ang. glow discharge, GD), ślizgających się wyładowań łukowych (ang. gliding arc discharge, GAD) czy wyładowań iskrowych generowanych w cieczy (ang. underwater spark discharge, USD), w wyniku których powstaje plazma. Stosowane w tym celu układy różnią się konstrukcją oraz parametrami generowania w nich wyładowań, tj. m.in. rodzajem zastosowanego napięcia zasilającego oraz stosowanym gazem wyładowczym.

W publikacji autorstwa L. Sivachandiran i A. Khacef pt.: „Enhanced seed germination and plant growth by atmospheric pressure cold air plasma: combined effect of seed and water treatment” (RSC Advances 2017, 7, 1822–1832) opisano dwa układy reakcyjno-wyładowcze, tj. podwójny cylindryczny układ reakcyjno-wyładowczy (ang. cylindrical double reactor) oraz reaktor w formie płytki do płytki (ang. plate-to-plate reactor), przeznaczone do produkcji wód aktywowanych za pomocą plazmy (ang. plasma activated water, PAW). Jako źródło plazmy wykorzystano wyładowania barierowe (DBD) generowane w atmosferze powietrza.

W przypadku DBD, w układzie reakcyjno-wyładowczym nie stosuje się anody i katody, ale stosuje się generatory prądu częstotliwości radiowej. Jest to też zupełnie inna konstrukcja niż w przypadku dc-APGD – elektrody zwykle są płaskie i są pokryte warstwą dielektryka.

Odnosząc się do cylindrycznego układu reakcyjno-wyładowczego, stwierdzono, że poddanie wód działaniu generowanych DBD w opracowanym cylindrycznym układzie reakcyjno-wyładowczym powoduje ich zakwaszenie ($\text{pH} \approx 3$) oraz skutkuje produkcją azotanów (NO_3^-), azotynów (NO_2^-) oraz nadtlenku wodoru (H_2O_2). Ponadto, aplikacja wytworzonych w cylindrycznym układzie reakcyjno-wyładowczym wód poddanych 15 min obróbce plazmowej (PAW-15) lub wód poddanych 30 min obróbce plazmowej (PAW-30) na nasiona rzodkiewki (*Raphanus sativus*) inkubowane na bawełnianym materiale, powoduje zwiększenie wydajności kiełkowania nasion rzodkiewki odpowiednio do 60% oraz 100% w porównaniu z 40% efektywnością kiełkowania osiągniętą przy podlewaniu nasion wodą wodociągową nietraktowaną za pomocą plazmy. Po 3 dniach inkubacji nasion stwierdzono również szybszy wzrost kiełków rzodkiewki podlewanych PAW-30 (średnia długość kiełków – 15 mm) w stosunku do PAW-15 (średnia długość kiełków – 5 mm). Warto podkreślić, że korzystny wpływ PAW-30 i PAW-15 na wzrost kiełków rzodkiewki był widoczny przede wszystkim podczas eksperymentów laboratoryjnych, w trakcie których nasiona wykładano na wilgotnym materiale bawełnianym. Analizując efektywność podlewania za pomocą PAW roślin rzodkiewki hodowanych w ziemi, stwierdzono zwiększoną długość kiełków w porównaniu do roślin podlewanych wodą wodociągową; wzrost średnio o 45% i 28% (odpowiednio po aplikacji PAW-30 i PAW-15) w przypadku pomiaru wykonanego po 5 dniach wzrostu. Istotnym jest, że wykonanie pomiarów wzrostu roślin rzodkiewki w ziemi po dłuższym czasie inkubacji (tj. 7 i 9 dni), nie wykazało znaczących różnic pomiędzy długością kiełków roślin podlewanych PAW-15 i PAW-30 w porównaniu do próby kontrolnej. Stwierdzono, iż po 7 dniach inkubacji kiełki na które aplikowano wodę post-plazmową (PAW-15) były nawet krótsze niż te podlewane wodą wodociągową.

Analogiczne rezultaty uzyskano stosując PAW aktywowane za pomocą DBD generowanego w układzie reakcyjno-wyładowczym typu płytki do płytki. W tym przypadku aplikowano wody post-plazmowe na nasiona pomidora (*Solanum lycopersicum*), co skutkowało uzyskaniem dłuższych kiełków w przypadku prób traktowanych PAW-15 i PAW-30 w porównaniu do próby kontrolnej jedynie po 5 dniach od momentu rozpoczęcia eksperymentu. Pomiarы wykonane w 9, 14 i 20 dniu inkubacji uwiarydociły negatywny wpływ podlewania z użyciem PAW na długość kiełków pomidora.

Opracowany system przez L. Sivachandiran i A. Khacef w pracy pt.: „Enhanced seed germination and plant growth by atmospheric pressure cold air plasma: combined effect of seed and water treatment”

(RSC Adv. 2017, 7, 1822–1832) ma jednak pewne ograniczenia. Celem zwiększenia intensywności wzrostu roślin, należy zastosować zarówno roztwór PAW wytworzony w cylindrycznym układzie reakcyjno-wyładowczym, jak również poddać nasiona bezpośredniemu oddziaływaniu zimnej plazmy atmosferycznej, wytwarzanej w układzie płytka do płytki.

Z tego względu wciąż poszukuje się skuteczniejszych i mniej złożonych rozwiązań.

W publikacji autorstwa D. P. Park, K. Davis, S. Gilani, C. A. Alonzo, D. Dobrynin, G. Friedman, A. Fridman, A. Rabinovich i G. Fridman pt.: „Reactive nitrogen species produced in water by non-equilibrium plasma increase plant growth rate and nutritional yield” (Curr. Appl. Phys. 2013, 13, S19–S29) przedstawiono zastosowanie wyładowań iskrowych generowanych w cieczy (USD) oraz ślizgającego się wyładowania łukowego (GAD) do aktywacji wody wodociągowej, wody źródlanej oraz wody destylowanej, które następnie można by zastosować do podlewania roślin uprawnych. W przypadku lucerny siewnej (*Medicago sativa*) przedstawione dane wyraźnie wskazują na wzrost masy oraz długości zarówno korzeni, jak i łodyg tych roślin (pomiar wykonano po 3 tygodniach), efekcie wielokrotnego zastosowania wszystkich testowanych wód aktywowanych za pomocą GAD. W przypadku roślin arbuza zwyczajnego (*Citrullus lanatus*) oraz fasoli wielkokwiatowej (*Phaseolus coccineus*) podlewanie roślin zarówno PAW aktywowanymi za pomocą USD, jak i GAD, nie skutkowało istotnym zwiększeniem masy oraz długości analizowanych roślin. Warto też wspomnieć, że stosowane do podlewania wspomnianych powyżej roślin objętości PAW były niezwykle duże, tj. o 30 cm³ aplikowano w każdy poniedziałek i środę, podczas gdy w piątek podlewano rośliny z użyciem 40 cm³ PAW przez okres ok. 3 tygodni. Istotnym jest, że po 2-3 dniach od syntezy PAW, stężenie zwartych w nich azotynów i nadtlenu wodoru spadało do zera. Wskazuje to na konieczność optymalizacji procesu produkcji wód post-plazmowych w kierunku uzyskania PAW o właściwościach wykazujących większą skuteczność i stabilność w czasie.

W publikacji autorstwa F. Judée, S. Simon, C. Bailly, T. Dufour pt.: „Plasma-activation of tap water using DBD for agronomy applications: Identification and quantification of long lifetime chemical species and production/consumption mechanisms” (Water Res. 2018, 133, 47–59) opisano wpływ wody wodociągowej aktywowanej za pomocą DBD (PATW), na wczesny wzrost kiełków soczewicy (*Lens culinaris*). 100 nasion soczewicy umieszczono w kiełkowniku, a następnie zanurzono na 3 h w 50 cm³ PATW uprzednio traktowanej za pomocą DBD przez 15 min. W następnych dniach nasiona nawadniano dwa razy dziennie z użyciem PATW przez 3 min, a nadmiar PATW usuwano z kiełkownika. Eksperyment prowadzono w temperaturze pokojowej ($22.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$), przy względnej wilgotności 35–45%. Nasiona kiełkowano w ciemności, a następnie rośliny hodowano w następujących warunkach: 16 h światła oraz 8 h ciemności. Trzeciego dnia od momentu rozpoczęcia doświadczenia, zmierzono całkowitą długość kiełków soczewicy poddanych działaniu PATW i porównano do długości kiełków nasion podlewanych wodą wodociągową. Średnia długość roślin w próbie kontrolnej wynosiła 1.4 ± 0.7 cm versus 1.97 ± 0.81 cm w próbie traktowanej PATW, co stanowi zwiększenie długości kiełków soczewicy o około 41%. Opisany powyżej trend utrzymywał się po 6 dniach od momentu rozpoczęcia eksperymentu, rośliny mierzyły średnio 1.87 ± 0.95 cm (próba kontrolna) versus 4.28 ± 2.15 cm (próba traktowana PATW), co wskazuje na indukcję wzrostu kiełków traktowanych PATW o około 129%.

Jak dotąd badacze sugerowali możliwość wykorzystania PAW oraz PATW do unieczynniania drobnoustrojów chorobotwórczych względem człowieka, zwierząt, a także roślin. Przytoczone prace autorstwa Sivachandiran i Khacef (2017), Park i in. (2013), Judée i in. (2018) rozwijają ten kierunek badawczy, sugerując możliwe wykorzystanie PAW również do stymulacji wzrostu roślin, aczkolwiek zainteresowanie naukowców skupiało się dotąd na aktywacji (z użyciem wyładowań DBD, USD czy GAD) wód wodociągowych, destylowanych czy źródłanych. Warto podkreślić, że zgodnie z naszą najlepszą wiedzą, do chwili obecnej nie zaproponowano zastosowania wodnych roztworów soli nieorganicznych (niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania roślinnych procesów metabolicznych), aktywowanych za pomocą wyładowania typu dc-APGD, generowanego w kontakcie z katodą FLC w ciągłym układzie przepływowym, do stymulacji wzrostu roślin istotnych gospodarczo.

Według przedstawianego wynalazku, że do stymulacji wzrostu roślin stosuje się wodne roztwory soli nieorganicznych, aktywowane za pomocą wyładowania jarzeniowego typu dc-APGD generowanego w kontakcie z katodą typu FLC w ciągłym układzie przepływowym. Do uzyskania roztworów post-plazmowych wykorzystuje się wyładowanie jarzeniowe typu dc-APGD, generowane w kontakcie z ciekłą katodą w ciągłym układzie przepływowym. Istotnym jest, że jako ciekłą katodę stosuje się roztwór wodny nieorganicznej soli. Według wynalazku aktywuje się sole nieorganiczne, ale tylko te, które rozpuszczalne są w wodzie. Stosuje się wodne roztwory soli o stężeniu od 0,1% do 0,5% (m/v). Jako układ stosuje się: przepływającą ciekłą katodę FLC – roztwór soli przepływający przez reaktor, zawierający

jeden rodzaj soli nieorganicznej w stężeniu od 0,1 do 0,5% (m/v); anodę – stałą elektrodą metaliczną, źródło prądu – generator wysokonapięciowy prądu stałego (dc-HV). Plazma jest generowana w przerwie pomiędzy FLC a elektrodą stałą.

Korzystnie jest, aby jako wodny roztwór soli nieorganicznej zastosować roztwór wodny powstały w wyniku rozpuszczenia soli mineralnej w wodzie, zawierającej jeden rodzaj kationu: Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} , i jeden rodzaj anionu: SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , PO_4^{3-} , Br^- , I^- , NO_3^- , PO_4^{3-} . Możliwe jest jednakże występowanie w cząsteczce soli więcej niż jednego rodzaju kationu/anionu.

Korzystnie jest, aby jako wodny roztwór soli nieorganicznej rozpuszczalnej w wodzie zastosować roztwór K_3PO_4 lub KNO_3 lub $MgSO_4$ lub $NaCl$ lub NH_4NO_3 lub NH_4Cl lub $MgNO_3$. W szczególności, według wynalazku, stosuje się sole rozpuszczalne w wodzie: zawierające po jednym rodzaju kationu i anionu spośród podanych: kationy: NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} , aniony: SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , PO_4^{3-} , Br^- , I^- , NO_3^- , PO_4^{3-} – ale tylko te kombinacje, które są rozpuszczalne w wodzie, przykładowo K_3PO_4 lub KNO_3 lub $MgSO_4$ lub $NaCl$ lub NH_4NO_3 lub NH_4Cl lub $MgNO_3$.

Korzystnie, wyładowanie typu dc-APGD generowane jest pomiędzy stałą metaliczną anodą, najkorzystniej wolframową, umieszczoną w odległości od 2,0 do 10,00 mm, najkorzystniej 5 mm, względem katody – FLC. Wyładowanie typu dc-APGD jest inicjowane w wyniku przyłożenia do elektrod napięcia stałego w zakresie od 800 do 2000 V, najkorzystniej 1100 V, oraz natężenia prądu w zakresie od 30 do 60 mA, najkorzystniej 45 mA. Można jeszcze stosować elektrody mosiężne, z miedzi, stalowe, żelazne i wolframowe. Ze względu na odporność chemiczną i termiczną najbardziej korzystna jest elektroda wolframowa.

Korzystnie, wodne roztwory soli nieorganicznych wprowadza się do przepływowego układu reakcyjno-wyładowczego z szybkością przepływu w zakresie od 3,0 do 5,0 cm^3/min , najkorzystniej 3,0 cm^3/min .

Korzystnie wodne roztwory soli nieorganicznych wprowadza się do przepływowego układu reakcyjno-wyładowczego w temperaturze pokojowej.

Temperatura plazmy jest pochodną warunków prądowo-napięciowych (m.in. mocy wyładowania) oraz stosowanego gazu plazmotwórczego. Korzystnie temperatura kinetyczna fazy gazowej wyładowania mieści się w zakresie od 2000 do 3000 K.

Przeprowadzone badania wykazały korzystny wpływ stosowania wodnych roztworów pojedynczych soli nieorganicznych rozpuszczonych w wodzie, zawierających wybrane jony tj. kationy: Mg^{2+} lub K^+ lub NH_4^+ lub Na^+ oraz aniony: SO_4^{2-} lub NO_3^- lub Cl^- lub PO_4^{3-} . Najkorzystniejsze wyniki uzyskano stosując następujące roztwory pojedynczych soli nieorganicznych, tj.: od 0,1% (m/v) K_3PO_4 , od 0,1% (m/v) KNO_3 , od 0,1% (m/v) $MgSO_4$, od 0,1% (m/v) $NaCl$ oraz od 0,1% (m/v) NH_4NO_3 . Korzystnie działanie roztworów wykazano w przypadku wszystkich badanych roślin istotnych gospodarczo tj. w szczególności tych z gatunków *Lepidium sativum*, *Lactuca sativa* oraz *Daucus carota*. Podobne efekty wstępnie wykazano dla innych soli zawierających rodzaje jonów wymienionych wcześniej.

Promujące wzrost roślin właściwości wytworzonych roztworów post-plazmowych zależą od dobranych warunków generowania wyładowania typu dc-APGD. Istotny jest rodzaj i główne parametry fizykochemiczne cieczy, tj. muszą to być wodne roztwory soli nieorganicznych, i dobór ich stężenia i składu jonów, aby sól rozpuszczała się w wodzie. Istotnym jest aby stężenie soli w roztworze wodnym mieściło się w zakresie od 0,1% do 0,5% (m/v, korzystnie 0,1% (m/v). Z tego względu, według wynalazku, opracowano sposób otrzymywania preparatów do stymulacji wzrostu roślin z wykorzystaniem wyładowania typu dc-APGD, przy czym stosuje się opracowaną wyżej charakterystykę metody.

Dodatkowo ważne są temperatura i skład chemiczny roztworu soli. Korzystny skład wymieniono wcześniej.

W trakcie prowadzonych badań ustalono także korzystne inne parametry, jak natężenie prądu wyładowania, napięcie prądu wyładowania, szybkość przepływu wprowadzanych wodnych roztworów soli nieorganicznych do układu reakcyjno-wyładowczego, polaryzację elektrod w ciągłym układzie przepływowym, odległość pomiędzy elektrodami, rodzaj elektrody stałej, atmosferę wyładowania.

Korzystnie w składzie chemicznym przygotowanych roztworów zawarte są sole mineralne rozpuszczalne w wodzie jak: K_3PO_4 , KNO_3 , $MgSO_4$, $NaCl$ bądź NH_4NO_3 , NH_4Cl , $MgNO_3$.

Korzystnie, stosuje się następujące parametry fizykochemiczne wodnych roztworów soli nieorganicznych pełniących rolę płynnej katody, jak pH roztworów w zakresie od 3 do 14, przewodnictwo w zakresie od 0,1 do 10 mS/cm,

Dodatkowo określono następujące parametry sposobu:

- natężenie prądu wyładowania w zakresie od 30 do 60 mA, najkorzystniej 45 mA,
- napięcie prądu wyładowania w zakresie od 800 do 2000 V, najkorzystniej 1100 V,

- szybkość przepływu wprowadzanych wodnych roztworów soli nieorganicznych do układu reakcyjno-wyładowczego w zakresie od 3,0 do 5,0 cm³/min, najkorzystniej 3,0 cm³/min,
- sposób polaryzacji ciekłej przepływającej elektrody, najkorzystniej potencjał ujemny, tj. katoda (ciecz może pełnić rolę katody lub anody w zależności od sposobu jej polaryzacji, czyli przyłożonego napięcia + lub -),
- odległość pomiędzy elektrodami 2,0 do 10,00 mm, najkorzystniej 5 mm,
- rodzaj elektrody stałej: miedź lub stal lub mosiądz lub żelazo lub wolfram, najkorzystniej elektroda wolframowa,
- atmosfera wyładowania, najkorzystniej otaczające powietrze.

Wynalazek umożliwia uzyskanie korzystnych efektów związanych z wcześniejszym i efektywniejszym kiełkowaniem oraz wzrostem roślin istotnych gospodarczo.

Pomimo, że w przytoczonych przykładach wykazano działanie roztworów soli nieorganicznych zawierających sole mineralne o stężeniu 0,1%, zebrano wyniki wskazujące na jeszcze pożądaną aktywność uzyskanych według metody roztworów post-plazmowych zawierających sole mineralne w wyższym stężeniu niż 0,1%, a niższym lub równym 0,5%. Powyżej tego zakresu stężeń przewiduje się niekorzystne skutki działania roztworów, których nie obserwowano przy zakresie 0,5% i niższym.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładach jego realizacji, nieograniczających ich zakresu oraz na rysunku, na którym:

- na fig. 1 przedstawiono wpływ zastosowania aktywowanych za pomocą wyładowania typu dc-APGD wodnych roztworów soli nieorganicznych, tj. 0,1% (m/v) K₃PO₄, 0,1% (m/v) KNO₃, 0,1% (m/v) MgSO₄, 0,1% (m/v) NaCl oraz 0,1% (m/v) NH₄NO₃, na stymulację wzrostu roślin rzeżuchy (*Lepidium sativum*), w porównaniu do wodnych roztworów soli nieorganicznych niepoddanych działaniu wyładowania typu dc-APGD;
- na fig. 2 przedstawiono wpływ zastosowania aktywowanych za pomocą wyładowania typu dc-APGD wodnych roztworów soli nieorganicznych, tj. 0,1% (m/v) K₃PO₄, 0,1% (m/v) KNO₃, 0,1% (m/v) MgSO₄, 0,1% (m/v) NaCl oraz 0,1% (m/v) NH₄NO₃, na stymulację wzrostu roślin sałaty (*Lactuca sativa*), w porównaniu do wodnych roztworów soli niepoddanych działaniu wyładowania typu dc-APGD;
- na fig. 3 przedstawiono wpływ zastosowania aktywowanych za pomocą wyładowania typu dc-APGD wodnych roztworów soli nieorganicznych, tj. 0,1% (m/v) K₃PO₄, 0,1% (m/v) KNO₃, 0,1% (m/v) MgSO₄, 0,1% (m/v) NaCl oraz 0,1% (m/v) NH₄NO₃, na stymulację wzrostu roślin marchwi (*Daucus carota*) w porównaniu do wodnych roztworów soli niepoddanych działaniu wyładowania typu dc-APGD;
- na fig. 4 – przykładowy układ do przeprowadzenia metody według wynalazku.

P r z y k ł a d 1

Sposób stymulacji wzrostu roślin z gatunku *Lepidium sativum* z zastosowaniem wodnych roztworów soli nieorganicznych, tj. 0,1% (m/v) K₃PO₄, 0,1% (m/v) KNO₃, 0,1% (m/v) MgSO₄, 0,1% (m/v) NaCl oraz 0,1% (m/v) NH₄NO₃, aktywowanych za pomocą wyładowania typu dc-APGD generowanego w kontakcie z FLC w przepływowym układzie reakcyjno-wyładowczym. Wodne roztwory post-plazmowe soli nieorganicznych uzyskuje się zachowując następujące parametry generowania wyładowania typu dc-APGD, tj. szybkość wprowadzania roztworu do ciągłego układu przepływowego: 3,0 cm³/min, natężenie prądu wyładowania: 45 mA, odległość między FLC a stałą elektrodą 5,0 mm, polaryzację elektrod w ciągłym układzie przepływowym: stała elektroda metaliczna wykonana z wolframu pełni funkcję anody, natomiast roztwór wprowadzany do ciągłego układu przepływowego pełni funkcję FLC, temperaturę kinetyczną fazy gazowej wyładowania: 2000 K, atmosferę wyładowania: otaczające powietrze atmosferyczne.

Badania przeprowadzono w układzie reakcyjno-wyładowczym dc-APGD, przedstawionym na fig. 4. Na fig. 4 oznaczono:

- A – roztwór wodny pojedynczej soli nieorganicznej (0,1% K₃PO₄, 100 cm³),
- B – pompę perystaltyczną (MasterFlex L/S, Cole-Parme®, przepływ od 0,1 do 100 cm³/min),
- C – reaktor szklany – zaopatrzony w otwór umożliwiający wprowadzanie roztworu soli nieorganicznej oraz w otwór umożliwiający odprowadzanie z układu roztworu aktywowanej soli nieorganicznej oraz otwór umożliwiający doprowadzenie wysokiego napięcia do elektrod,
- D – kwarcową rurkę o średnicy zewnętrznej 4 mm,
- E – tubę grafitową o średnicy zewnętrznej 6 mm,
- F – generowane wyładowanie typu dc-APGD pomiędzy przepływającą ciekłą elektrodą a stałą metaliczną anodą,
- G – elektrodę metaliczną (wolfram),

H – generator wysokonapięciowy stałoprądowy dc-APGD (napięcie wyjściowe od 500 do 2000 V, natężenie prądu do 200 mA, maksymalna moc wyjściowa: 200 W),

I – roztwór post-plazmowy (100 cm³).

Układ zawiera metaliczną anodę oraz FLC. Budowa FLC jest następująca: na kwarcową rurkę o średnicy zewnętrznej 4 mm jest nałożona rurka grafitowa o średnicy zewnętrznej 6 mm. Z kolei na rurkę grafitową jest nawinięty drut platynowy. Przez tak skonstruowany układ przepływa ciecz, która przelewa się przez rurkę kwarcowo-grafitową do reaktora. Zarówno FLC jak i stała elektroda są ustawione pionowo – w jednej osi. FLC jest na dole, a stała elektroda na górze.

W kolbie miarowej o pojemności 100 cm³ umieszcza się 0,1 g K₃PO₄ i uzupełnia do kreski wodą redestylowaną. Następnie, miesza się do całkowitego rozpuszczenia substancji stałej. Tak sporządzony 0,1% (m/v) wodny roztwór K₃PO₄ wprowadza się do ciągłego układu przepływowego za pomocą czterokanałowej pompy perystaltycznej z najkorzystniejszą szybkością przepływu 3,00 cm³/min, poprzez kwarcowo-grafitową kapilarę (średnica wewnętrzna = 2,0 mm). W wyniku przyłożenia do elektrod wysokiego napięcia prądu stałego o najkorzystniejszej wartości 1100 V, w 5,0 mm przerwie pomiędzy stałą metaliczną anodą (elektroda wolframowa, o średnicy = 4,0 mm), a wprowadzanym 0,1% (m/v) wodnym roztworem K₃PO₄, pełniącym funkcję FLC, jest generowane wyładowanie typu dc-APGD. Aby zapewnić najkorzystniejszą, stałą wartość natężenia prądu, tj. 45 mA, należy zastosować rezystor balastowy o oporności 10 kΩ. Aktywowany za pomocą wyładowania typu dc-APGD wodny roztwór 0,1% (m/v) K₃PO₄ zbiera się do szklanych fiolek i pozostawia do dalszych analiz w celu określenia jego potencjału do stymulacji wzrostu roślin.

W analogiczny sposób otrzymano aktywowane roztwory post-plazmowe z użyciem 0,1 g KNO₃; 0,1 g MgSO₄, 0,1 g NaCl; 0,1 g NH₄NO₃,

Efektywność uzyskanych wodnych post-plazmowych roztworów zawierających w składzie 0,1% (m/v) K₃PO₄ 0,1% (m/v), KNO₃ 0,1% (m/v) MgSO₄, 0,1% (m/v) NaCl oraz 0,1% (m/v) NH₄NO₃ analizowano względem roślin z gatunku *Lepidium sativum* w następujący sposób: na każdej z trzech szalek Petriego umieszczono po trzy jałowe papierowe filtry o średnicy 90 cm.

Następnie na powierzchnię filtrów umieszczonych na szalkach Petriego naniesiono po 3 ml badanego wodnego roztworu post-plazmowego soli nieorganicznej zawierającego w składzie 0,1% (m/v) K₃PO₄ lub 0,1% (m/v) KNO₃ lub 0,1% (m/v) MgSO₄ lub 0,1% (m/v) NaCl lub 0,1% (m/v) NH₄NO₃. Następnie na każdą z tak przygotowanych szalek wyłożono 9 nasion *Lepidium sativum*. Nasiona, a na dalszych etapach eksperymentu wykiełkowane rośliny *Lepidium sativum*, hodowano w fitotronie przez 5 dni w warunkach: 16 h światło, 120 μmol m⁻² s⁻¹, temp. 20°C i 8 h ciemność temp. 18°C. W trakcie 5-cio dniowej inkubacji nasiona *Lepidium sativum* umieszczone na szalkach Petriego podlewano 3 ml otrzymanego wodnego roztworu post-plazmowego soli nieorganicznej zawierającego w składzie 0,1% (m/v) K₃PO₄ lub 0,1% (m/v) KNO₃ lub 0,1% (m/v) MgSO₄ lub 0,1% (m/v) NaCl lub 0,1% (m/v) NH₄NO₃ co 48 h. Po 5 dniach inkubacji wykonano pomiar całkowitej długości kiełków *Lepidium sativum*. Uwzględniono niezbędne próby kontrolne, tj. nasiona *Lepidium sativum* traktowane w analogiczny sposób jak miało to miejsce w przypadku roztworów post-plazmowych, ale podlewane wodnymi roztworami soli nieorganicznych tj. 0,1% (m/v) K₃PO₄ lub 0,1% (m/v) KNO₃ lub 0,1% (m/v) MgSO₄ lub 0,1% (m/v) NaCl lub 0,1% (m/v) NH₄NO₃, niepoddany wcześniej aktywacji z użyciem wyładowania typu dc-APGD. Całe doświadczenie wykonano w trzech powtórzeniach.

Efektywność procesu stymulacji wzrostu roślin:

Na figurze 1 przedstawiono wyniki testu stymulacji wczesnego wzrostu roślin z gatunku *Lepidium sativum* z użyciem otrzymanych według wynalazku wodnych roztworów 0,1% (m/v) K₃PO₄; 0,1% (m/v) KNO₃; 0,1% (m/v) MgSO₄; 0,1% (m/v) NaCl; 0,1% (m/v) NH₄NO₃, aktywowanych za pomocą wyładowania typu dc-APGD, generowanego w ciągłym układzie przepływowym w kontakcie z FLC.

Przedstawiono średnie (± błąd standardowy) długości kiełków *Lepidium sativum* (w milimetrach) po 5-dniowej inkubacji nasion poddawanych co 48 h działaniu 3 ml wodnego roztworu post-plazmowego soli nieorganicznej zawierającego w składzie 0,1% (m/v) K₃PO₄ lub 0,1% (m/v) KNO₃ lub 0,1% (m/v) MgSO₄ lub 0,1% (m/v) NaCl lub 0,1% (m/v) NH₄NO₃ bądź w przypadku przedstawionych prób kontrolnych odpowiedniemu wodnemu roztworowi soli nieorganicznej, tj. 0,1% (m/v) K₃PO₄ lub 0,1% (m/v) KNO₃ lub 0,1% (m/v) MgSO₄ lub 0,1% (m/v) NaCl lub 0,1% (m/v) NH₄NO₃. Test przeprowadzono w trzech niezależnych powtórzeniach, każde powtórzenie obejmowało 3 szalki Petriego, na które wyłożono po 9 nasion *Lepidium sativum*. Statystycznie istotne różnice, uzyskane według wynalazku poprzez zastosowanie proponowanego sposobu stymulacji wzrostu roślin, pomiędzy średnimi długościami kieł-

ków *Lepidium sativum* traktowanych roztworami poddawanymi działaniu dc-APGD w porównaniu do *Lepidium sativum* podlewanych roztworami soli mineralnych niepoddawanymi działaniu tego wyładowania oznaczono gwiazdką (test t-studenta, $p < 0,5$).

Przedstawione wyniki wskazują, że podlewanie nasion *Lepidium sativum* co 48 h z użyciem 3 ml wodnych roztworów 0,1% (m/v) K_3PO_4 ; 0,1% (m/v) KNO_3 ; 0,1% (m/v) $MgSO_4$; 0,1% (m/v) NaCl; 0,1% (m/v) NH_4NO_3 , aktywowanych za pomocą wyładowania typu dc-APGD, generowanego w ciągłym układzie przepływowym w kontakcie z FLC, skutkuje statystycznie istotnym wzrostem w długości kiełków *Lepidium sativum* stwierdzonym po 5 dniach inkubacji w przypadku stosowania post-plazmowych roztworów wodnych 0,1% (m/v) K_3PO_4 ; 0,1% (m/v) KNO_3 bądź 0,1% (m/v) $MgSO_4$.

W podobny sposób wykazano promujące wzrost roślin działanie roztworów traktowanych dc-APGD zawierających w składzie 0,3% sole mineralne; aktywność wykazano również w przypadku roztworów 0,5%. Najwyższą aktywność względem stymulacji wzrostu roślin wykazały post-plazmowe roztwory zawierające 0,1% (m/v) sole mineralne. Na tej podstawie ustalono zakres stężeń roztworów soli na $<0,1\% - 0,5\%>$ (m/v).

Przykład 2

Sposób stymulacji wzrostu roślin z gatunku *Lactuca sativa* z zastosowaniem wodnych roztworów 0,1% (m/v) K_3PO_4 , 0,1% (m/v) KNO_3 , 0,1% (m/v) $MgSO_4$, 0,1% (m/v) NaCl oraz 0,1% (m/v) NH_4NO_3 , aktywowanych za pomocą wyładowania typu dc-APGD, generowanego w kontakcie z FLC w ciągłym układzie przepływowym. Budowa FLC jest następująca: na kwarcową rurkę o średnicy zewnętrznej 4 mm jest nałożona tuba grafitowa o średnicy zewnętrznej 6 mm. Z kolei na rurkę grafitową jest owinięty drut platynowy. Przez tak skonstruowany układ przepływa ciecz, która przelewa się przez rurkę kwarcowo-grafitową do pojemnika. Taka konstrukcja umożliwia połączenie rurki grafitowo-kwarcowej do generatora wysokiego napięcia, oraz zapewnia elektryczny kontakt z roztworem. Zarówno FLC jak i stała elektroda, są ustawione pionowo – w jednej osi. FLC na dole, a stała elektroda na górze. W przerwie pomiędzy elektrodami (5 mm) jest generowana plazma.

Wodne roztwory post-plazmowe soli nieorganicznych uzyskuje się, zachowując następujące parametry generowania wyładowania typu dc-APGD, tj. szybkość wprowadzania roztworu do ciągłego układu przepływowego: $3,0\text{ cm}^3/\text{min}$, natężenie prądu: 45 mA, odległość między FLC a stałą elektrodą: 5,0 mm, polaryzację elektrod w ciągłym układzie przepływowym: stała elektroda metaliczna wykonana z miedzi pełni funkcję anody, natomiast roztwór wprowadzany do ciągłego układu przepływowego pełni funkcję FLC, temperaturę kinetyczną fazy gazowej wyładowania: 2000 K, czas aktywacji wodnych roztworów soli nieorganicznych przy użyciu wyładowania typu dc-APGD: 30 s, atmosferę wyładowania: otaczające powietrze atmosferyczne. Układ reakcyjno-wyładowczy dc-APGD składa się z metalicznej anody oraz FLC. Budowa FLC jest następująca: na kwarcową rurkę o średnicy zewnętrznej 4 mm jest nałożona rurka grafitowa o średnicy zewnętrznej 6 mm. Z kolei na rurkę grafitową jest nawinięty drut platynowy. Przez tak skonstruowany układ przepływa ciecz, która przelewa się przez rurkę kwarcowo-grafitową do reaktora. Zarówno FLC jak i stała elektroda są ustawione pionowo – w jednej osi. FLC jest na dole, a stała elektroda na górze. Zastosowano analogiczny układ jak opisano i przedstawiono na figurze w przykładzie 1. W kolbie miarowej o pojemności 100 cm^3 umieszcza się 0,1 g K_3PO_4 i uzupełnia do kreski wodą redestylowaną. Następnie, miesza się do całkowitego rozpuszczenia substancji stałej. Tak sporządzony 0,1% (m/v) wodny roztwór K_3PO_4 wprowadza się do ciągłego układu przepływowego za pomocą czterokanałowej pompy perystaltycznej z najkorzystniejszą szybkością przepływu $3,00\text{ cm}^3/\text{min}$, poprzez kwarcowo-grafitową kapilarę (średnica wewnętrzna = 4,0 mm). W wyniku przyłożenia do elektrod wysokiego napięcia prądu stałego o najkorzystniejszej wartości 1100 V, w 4,0–5,0 mm przerwie pomiędzy stałą metaliczną anodą (elektroda wolframowa, o średnicy = 4,0 mm), a wprowadzanym 0,1% (m/v) wodnym roztworem K_3PO_4 , pełniącym funkcję FLC, jest generowane wyładowanie typu dc-APGD. Aby zapewnić najkorzystniejszą, stałą wartość natężenia prądu, tj. 45 mA, należy zastosować rezystor balastowy o oporności 10 k Ω . Aktywowany za pomocą wyładowania typu dc-APGD wodny roztwór 0,1% (m/v) K_3PO_4 należy zebrać do szklanych fiolek i pozostawić do dalszych analiz w celu określenia jego potencjału do stymulacji wzrostu roślin.

W analogiczny sposób otrzymano aktywowane roztwory post-plazmowe z użyciem 0,1 g KNO_3 ; 0,1 g $MgSO_4$; 0,1 g NaCl; 0,1 g NH_4NO_3 .

Efektywność uzyskanych wodnych post-plazmowych roztworów zawierających w składzie 0,1% (m/v) K_3PO_4 , 0,1% (m/v) KNO_3 , 0,1% (m/v) $MgSO_4$, 0,1% (m/v) NaCl oraz 0,1% (m/v) NH_4NO_3 , analizowano względem roślin z gatunku *Lactuca sativa* w następujący sposób: na każdej z trzech szalek Petriego umieszczono po trzy jałowe papierowe filtry o średnicy 90 cm.

Następnie na powierzchnię filtrów na każdej szalce Petriego naniesiono po 3 ml badanego wodnego roztworu post-plazmowego zawierającego w składzie 0,1% (m/v) K_3PO_4 lub 0,1% (m/v) KNO_3 lub 0,1% (m/v) $MgSO_4$ lub 0,1% (m/v) $NaCl$ lub 0,1% (m/v) NH_4NO_3 . Następnie na każdą z tak przygotowanych szalek wyłożono 9 nasion *Lactuca sativa*. Nasiona, a na dalszych etapach eksperymentu wykielkowane rośliny *Lactuca sativa*, hodowano w fitotronie przez 5 dni w warunkach: 16 h światło, $120 \mu mol^{-2} s^{-1} \mu mol m^{-2} s^{-1}$, temp. 20°C i 8 h ciemność, temp. 18°C. W trakcie 5-cio dniowej inkubacji nasiona *Lactuca sativa* umieszczone na szalkach Petriego należy podlewać 3 ml badanego wodnego roztworu post-plazmowego soli nieorganicznej, zawierającego w składzie 0,1% (m/v) K_3PO_4 lub 0,1% (m/v) KNO_3 lub 0,1% (m/v) $MgSO_4$ lub 0,1% (m/v) $NaCl$ lub 0,1% (m/v) NH_4NO_3 co 48 h. Po 5 dniach inkubacji wykonano pomiar całkowitej długości kiełków *Lactuca sativa*. Uwzględniono niezbędne próby kontrolne i tj. nasiona *Lactuca sativa* traktowane w analogiczny sposób jak miało to miejsce w przypadku roztworów post-plazmowych, ale jedynie wodnymi roztworami soli nieorganicznych, tj. 0,1% (m/v) K_3PO_4 lub 0,1% (m/v) KNO_3 lub 0,1% (m/v) $MgSO_4$ lub 0,1% (m/v) $NaCl$ lub 0,1% (m/v) NH_4NO_3 , niepoddany wcześniej aktywacji za pomocą wyładowania typu dc-APGD. Całe doświadczenie wykonano w trzech powtórzeniach.

Efektywność procesu stymulacji wzrostu roślin:

Na figurze 2 przedstawiono wyniki testu stymulacji wczesnego wzrostu roślin z gatunku *Lactuca sativa* z użyciem wodnych roztworów 0,1% (m/v) K_3PO_4 ; 0,1% (m/v) KNO_3 ; 0,1% (m/v) $MgSO_4$; 0,1% (m/v) $NaCl$; 0,1% (m/v) NH_4NO_3 , aktywowanych za pomocą dc-APGD i generowanego w ciągłym układzie przepływowym w kontakcie z FLC.

Przedstawiono średnie $\pm$ (błąd standardowy) długości kiełków *Lactuca sativa* (w milimetrach) po 5-dniowej inkubacji nasion poddawanych co 48 h działaniu cm^3 wodnego roztworu post-plazmowego soli nieorganicznej, zawierającego w składzie 0,1% (m/v) K_3PO_4 lub 0,1% (m/v) KNO_3 lub 0,1% (m/v) $MgSO_4$ lub 0,1% (m/v) $NaCl$ lub 0,1% (m/v) NH_4NO_3 bądź w przypadku przedstawionych prób kontrolnych odpowiedniemu wodnemu roztworowi soli nieorganicznej, tj. 0,1% (m/v) K_3PO_4 lub 0,1% (m/v) KNO_3 lub 0,1% (m/v) $MgSO_4$ lub 0,1% (m/v) $NaCl$ lub 0,1% (m/v) NH_4NO_3 . Test przeprowadzono w trzech niezależnych powtórzeniach, każde powtórzenie obejmowało 3 szalki Petriego, na które wyłożono po 9 nasion *Lactuca sativa*. Statystycznie istotne różnice, uzyskane według wynalazku poprzez zastosowanie proponowanego sposobu stymulacji wzrostu roślin, pomiędzy średnimi długościami kiełków *Lactuca sativa* traktowanych roztworami poddanymi działaniu dc-APGD, w porównaniu do *Lactuca sativa* podlewanych roztworami soli mineralnych niepoddanymi działaniu tego wyładowania, oznaczono gwiazdką (test t-studenta, $p < 0,5$).

Przedstawione wyniki wskazują, że podlewanie nasion *Lactuca sativa* co 48 h z użyciem 3 ml wodnych roztworów 0,1% (m/v) K_3PO_4 ; 0,1% (m/v) KNO_3 ; 0,1% (m/v) $MgSO_4$; 0,1% (m/v) $NaCl$; 0,1% (m/v) NH_4NO_3 aktywowanych za pomocą wyładowania typu dc-APGD, generowanego w ciągłym układzie przepływowym w kontakcie z FLC, skutkuje statystycznie istotnym wzrostem w długości kiełków NH_4NO_3 *Lactuca sativa* stwierdzonym po 5 dniach inkubacji w przypadku stosowania post-plazmowych roztworów wodnych: 0,1% (m/v) K_3PO_4 ; 0,1% (m/v) $NaCl$, bądź 0,1% (m/v) NH_4NO_3 .

W podobny sposób wykazano stymulujące wzrost roślin działanie roztworów traktowanych dc-APGD zawierających w składzie 0,3% i 0,5% sole mineralne, jednakże najkorzystniejszą aktywność względem stymulacji wzrostu roślin wykazały post-plazmowe roztwory zawierające w składzie 0,1% sole mineralne i aktywność ta stopniowo malała aż do 0,5% włącznie, gdzie jeszcze wykazano aktywność.

Przykład 3

Sposób stymulacji wzrostu roślin z gatunku *Daucus carota* z zastosowaniem wodnych roztworów 0,1% (m/v) K_3PO_4 , 0,1% (m/v) KNO_3 , 0,1% (m/v) $MgSO_4$, 0,1% (m/v) $NaCl$ oraz 0,1% (m/v) NH_4NO_3 , aktywowanych za pomocą wyładowania typu dc-APGD, generowanego w kontakcie z FLC w ciągłym układzie przepływowym. Wodne roztwory post-plazmowe soli nieorganicznych uzyskuje się, zachowując następujące parametry generowania wyładowania typu dc-APGD, tj. szybkość wprowadzania roztworu do ciągłego układu przepływowego: 3,0 cm /min, natężenie prądu: 45 mA, odległość między FLC a stała elektroda: 5,0 mm, polaryzację elektrod w ciągłym układzie przepływowym: stała elektroda metaliczna (wykonana z wolframu) pełni funkcję anody, natomiast roztwór wprowadzany do ciągłego układu przepływowego pełni funkcję FLC, atmosferę wyładowania: otaczające powietrze atmosferyczne. Układ reakcyjno-wyładowczy dc-APGD składa się z metalicznej anody oraz FLC. Budowa FLC jest następująca: na kwarcową rurkę o średnicy zewnętrznej 4 mm jest nałożona rurka grafitowa o średnicy zewnętrznej 6 mm. Z kolei na rurkę grafitową jest nawinięty drut platynowy. Przez tak skon-

struowany układ przepływa ciecz, która przelewa się przez rurkę kwarcowo-grafitową do reaktora. Zarówno FLC, jak i stała elektroda, są ustawione pionowo – w jednej osi. FLC jest na dole, a stała elektroda na górze. Zastosowano analogiczny układ jak opisano i przedstawiono na figurze w przykładzie 1. W kolbie miarowej pojemności 100 cm³ umieszcza się 0,1 g K₃PO₄ i uzupełnia do kreski wodą redestylowaną. Następnie, miesza się do całkowitego rozpuszczenia substancji stałej. Tak sporządzony 0,1% (m/v) wodny roztwór K₃PO₄ wprowadza się do ciągłego układu przepływowego za pomocą czterokanałowej pompy perystaltycznej z najkorzystniejszą szybkością przepływu 3,00 cm³/min, poprzez kwarcowo-grafitową kapilarę (średnica wewnętrzna = 2,0 mm). W wyniku przyłożenia do elektrod wysokiego napięcia prądu stałego o najkorzystniejszej wartości 1100 V, w 5,0 mm przerwie pomiędzy stałą metaliczną anodą (elektroda wolframowa, o średnicy = 4,0 mm), a wprowadzanym 0,1% (m/v) wodnym roztworem K₃PO₄, pełniącym funkcję FLC, jest generowane wyładowanie typu dc-APGD. Aby zapewnić najkorzystniejszą, stałą wartość natężenia prądu, tj. 45 mA, należy zastosować rezystor balastowy o oporności 10 kΩ. Czas oddziaływania wyładowania typu dc-APGD z wprowadzanym do ciągłego układu przepływowego 0,1% (m/v) wodnym roztworem K₃PO₄ wynosi 30 s. Aktywowany za pomocą wyładowania typu dc-APGD wodny roztwór K₃PO₄ należy zebrać do szklanych fiolek i pozostawić do dalszych analiz w celu określenia jego potencjału do stymulacji wzrostu roślin.

W analogiczny sposób otrzymano aktywowane roztwory post-plazmowe z użyciem 0,1 g KNO₃; 0,1 g MgSO₄; 0,1 g NaCl; 0,1 g NH₄NO₃.

Efektywność uzyskanych wodnych post-plazmowych roztworów 0,1% (m/v) K₃PO₄, 0,1% (m/v) KNO₃, 0,1% (m/v) MgSO₄, 0,1% (m/v) NaCl oraz 0,1% (m/v) NH₄NO₃, analizowano względem roślin z gatunku *Daucus carota* w następujący sposób: na każdej z trzech szalek Petriego umieszczono po trzy jałowe papierowe filtry o średnicy 90 cm. Następnie na powierzchnię filtrów na każdej szalce Petriego naniesiono po 3 ml badanego wodnego roztworu post-plazmowego zawierającego w składzie 0,1% (m/v) K₃PO₄ lub 0,1% (m/v) KNO₃ lub 0,1% (m/v) MgSO₄ lub 0,1% (m/v) NaCl lub 0,1% (m/v) NH₄NO₃. Następnie na każdą z tak przygotowanych szalek wyłożono 9 nasion *Daucus carota*. Nasiona, a na dalszych etapach eksperymentu wykiełkowane rośliny *Daucus carota*, hodowano w fitotronie przez 12 dni w warunkach: 16 h światło, 120 μmol m⁻² s⁻¹, temp. 20°C i 8 h ciemność, temp. 18°C. W trakcie 12-dniowej inkubacji nasiona *Daucus carota* na szalkach Petriego podlewano 3 ml badanego wodnego roztworu post-plazmowego zawierającego w składzie: 0,1% (m/v) K₃PO₄ lub 0,1% (m/v) KNO₃ lub 0,1% (m/v) MgSO₄ lub 0,1% (m/v) NaCl lub 0,1% (m/v) NH₄NO₃, co 48 h. Po 12 dniach inkubacji wykonano pomiar całkowitej długości kiełków *Daucus carota*. Uwzględniono niezbędne próby kontrolne, tj. nasiona *Daucus carota* traktowane w analogiczny sposób jak miało to miejsce w przypadku roztworów post-plazmowych, ale jedynie wodnymi roztworami soli nieorganicznych tj. 0,1% (m/v) K₃PO₄ lub 0,1% (m/v) KNO₃ lub 0,1% (m/v) MgSO₄ lub 0,1% (m/v) NaCl lub 0,1% (m/v) NH₄NO₃ niepoddanyymi wcześniej aktywacji dc-APGD. Całe doświadczenie wykonano w trzech powtórzeniach.

Efektywność procesu stymulacji wzrostu roślin:

Na figurze 3 przedstawiono wyniki testu stymulacji wczesnego wzrostu roślin z gatunku *Daucus carota* z użyciem wodnych roztworów: 0,1% (m/v) K₃PO₄; 0,1% (m/v) KNO₃; 0,1% (m/v) MgSO₄; 0,1% (m/v) NaCl; 0,1% (m/v) NH₄NO₃, aktywowanych za pomocą dc-APGD, generowanego w ciągłym układzie przepływowym w kontakcie z FLC.

Przedstawiono średnie (± błąd standardowy) długości kiełków *Daucus carota* (w milimetrach) po 12-dniowej inkubacji nasion poddawanych co 48 h działaniu 3 ml wodnego roztworu post-plazmowego soli nieorganicznej zawierającemu w składzie 0,1% (m/v) K₃PO₄ lub 0,1% (m/v) KNO₃ lub 0,1% (m/v) MgSO₄ lub 0,1% (m/v) NaCl lub 0,1% (m/v) NH₄NO₃, bądź w przypadku przedstawionych prób kontrolnych odpowiedniemu wodnemu roztworowi soli nieorganicznej, tj. 0,1% (m/v) K₃PO₄ lub 0,1% (m/v) KNO₃ lub 0,1% (m/v) MgSO₄ lub 0,1% (m/v) NaCl lub 0,1% (m/v) NH₄NO₃. Test przeprowadzono w trzech niezależnych powtórzeniach, każde powtórzenie uwzględniało 3 szalki Petriego na których kiełkowano po 9 nasion *Daucus carota* każda. Statystycznie istotne różnice, uzyskane według wynalazku poprzez zastosowanie proponowanego sposobu stymulacji wzrostu roślin, pomiędzy średnimi długościami kiełków *Daucus carota* traktowanych roztworami poddanymi działaniu dc-APGD, w porównaniu do *Daucus carota* podlewanych roztworami soli mineralnych niepoddanych działaniu tego wyładowania, oznaczono gwiazdką (test t-studenta, p < 0,5).

Przedstawione wyniki wskazują, że podlewanie nasion *Daucus carota* co 48 h z użyciem 3 ml wodnych roztworów: 0,1% (m/v) K₃PO₄; 0,1% (m/v) KNO₃; 0,1% (m/v) MgSO₄; 0,1% (m/v) NaCl; 0,1% (m/v) NH₄NO₃, aktywowanych za pomocą wyładowania typu dc-APGD, generowanego w ciągłym układzie przepływowym w kontakcie z FLC, skutkuje statystycznie istotnym wzrostem w długości kiełków

Daucus carota stwierdzonym po 12 dniach inkubacji w przypadku stosowania post-plazmowych roztworów wodnych: 0,1% (m/v) KNO_3 ; 0,1% (m/v) NaCl bądź 0,1% (m/v) NH_4NO_3 .

W podobny sposób wykazano korzystne działanie roztworów traktowanych dc-APGD zawierających w składzie 0,3% i 0,5% sole mineralne, jednakże najwyższą zdolność do stymulacji wzrostu roślin wykazały post-plazmowe roztwory zawierające w składzie 0,1% sole mineralne i aktywność ta stopniowo malała aż do 0,5% włącznie, gdzie jeszcze wykazano aktywność.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób otrzymywania preparatu do stymulacji wzrostu roślin, z wykorzystaniem plazmy generowanej w ciągłym układzie przepływowym, **znamienny tym**, że do uzyskania roztworów post-plazmowych wykorzystuje się wyładowanie jarzeniowe typu dc-APGD generowane w kontakcie z przepływającą ciekłą katodą (FLC), przy czym jako ciekłą katodę stosuje się wodny roztwór soli nieorganicznej rozpuszczalnej w wodzie o stężeniu soli w roztworze w zakresie co najmniej 0,1% i co najwyżej 0,5%.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że jako sól stosuje się sól mineralną rozpuszczalną w wodzie zawierającą jeden rodzaj kationu: Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} , i co najmniej jeden rodzaj anionu: SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , PO_4^{3-} , Br^- , I^- , NO_3^- , PO_4^{3-} .
3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosuje się roztwór soli nieorganicznej rozpuszczalnej w wodzie taki jak K_3PO_4 lub KNO_3 lub MgSO_4 lub NaCl lub NH_4NO_3 lub NH_4Cl lub MgNO_3 .
4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wyładowanie typu dc-APGD generuje się pomiędzy stałą metaliczną anodą umieszczoną w odległości od 2 do 10 mm względem katody FLC.
5. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wyładowanie typu dc-APGD inicjuje się w wyniku przyłożenia do elektrody napięcia w zakresie od 800 do 2000 V oraz natężenia prądu w zakresie od 30 do 60 mA.
6. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosuje się elektrodę mosiężną albo miedziową albo stalową albo żelazną albo wolframową.
7. Sposób według zastrz. 1 albo 2 albo 3, **znamienny tym**, że wodny roztwór soli nieorganicznej wprowadza się do układu przepływowego z szybkością przepływu w zakresie od 3,0 do 5,0 cm^3/min .
8. Sposób według zastrz. 1 albo 2 albo 3, **znamienny tym**, że wodny roztwór soli nieorganicznej poddaje się działaniu plazmy w temperaturze pokojowej.
9. Sposób według zastrz. 5, **znamienny tym**, że wyładowanie typu dc-APGD inicjuje się w wyniku przyłożenia do elektrod napięcia 1100 V oraz natężenia prądu 45 mA.
10. Sposób według zastrz. 7, **znamienny tym**, że wodny roztwór soli nieorganicznej wprowadza się do układu przepływowego z szybkością przepływu 3,0 cm^3/min .
11. Preparat do stymulacji wzrostu roślin, stanowiący post-plazmowy wodny roztwór soli nieorganicznej, **znamienny tym**, że został otrzymany poprzez przeprowadzenie wyładowania jarzeniowego typu dc-APGD generowanego w kontakcie z ciekłą katodą (FLC) w ciągłym układzie przepływowym, przy czym jako katodę ciekłą stosuje się wodny roztwór soli nieorganicznej rozpuszczalnej w wodzie o stężeniu soli w roztworze wynoszącym co najmniej 0,1%, zaś co najwyżej 0,5%.
12. Preparat według zastrz. 11, **znamienny tym**, że sól stanowi sól mineralna rozpuszczalna w wodzie zawierająca jeden rodzaj kationu: Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} , i co najmniej jeden rodzaj anionu: SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , PO_4^{3-} , Br^- , I^- , NO_3^- , PO_4^{3-} .
13. Preparat według zastrz. 11, **znamienny tym**, że stanowi post-plazmowy wodny roztwór soli nieorganicznej rozpuszczalnej w wodzie jak K_3PO_4 lub KNO_3 lub MgSO_4 lub NaCl lub NH_4NO_3 lub NH_4Cl lub MgNO_3 .
14. Preparat według zastrz. 11, **znamienny tym**, że został otrzymany podczas wyładowania typu dc-APGD, generowanego pomiędzy stałą metaliczną anodą umieszczoną w odległości od 2 do 10 mm względem katody FLC.

15. Preparat według zastrz. 11, **znamienny tym**, że został otrzymany podczas wyładowania typu dc-APGD, które inicjuje się w wyniku przyłożenia do elektrod napięcia w zakresie od 800 do 2000 V oraz natężenia prądu w zakresie od 30 do 60 mA.
16. Preparat według zastrz. 11, **znamienny tym**, że został otrzymany podczas wyładowania typu dc-APGD, podczas którego wodny roztwór soli nieorganicznej wprowadza się do układu przepływowego z szybkością przepływu w zakresie od 3,0 do 5,0 cm³/min.
17. Zastosowanie preparatu określonego w którymkolwiek zastrzeżeniu 11–16, do stymulacji wzrostu roślin.
18. Zastosowanie według zastrz. 17, **znamiennie tym**, że preparat stosuje się wobec roślin istotnych gospodarczo z gatunków *Lepidium sativum* lub *Lactuca sativa* lub *Daucus carota*.

Rysunki

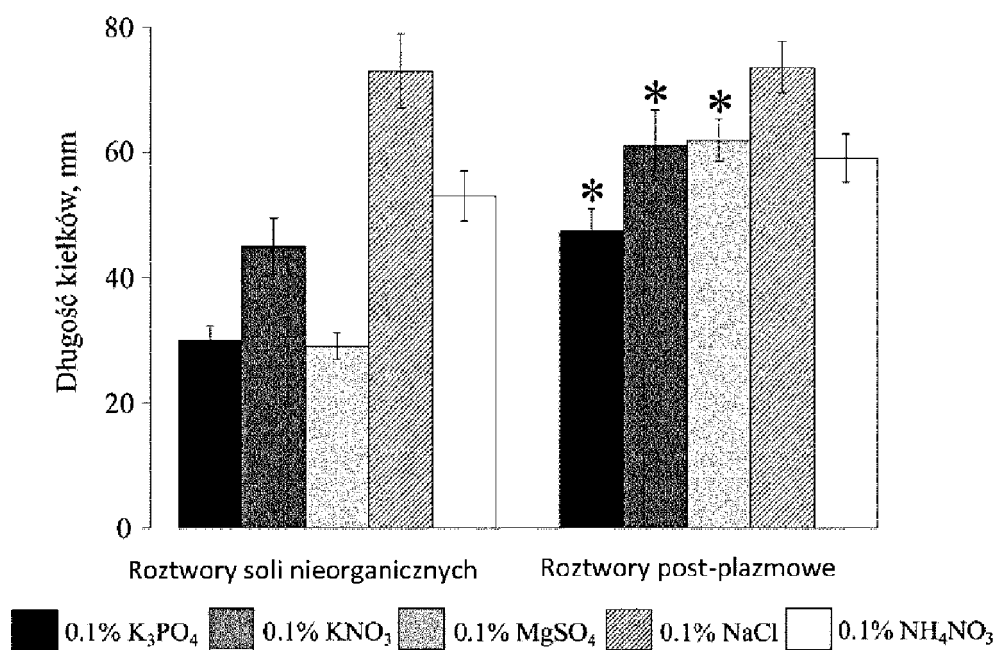


Fig. 1

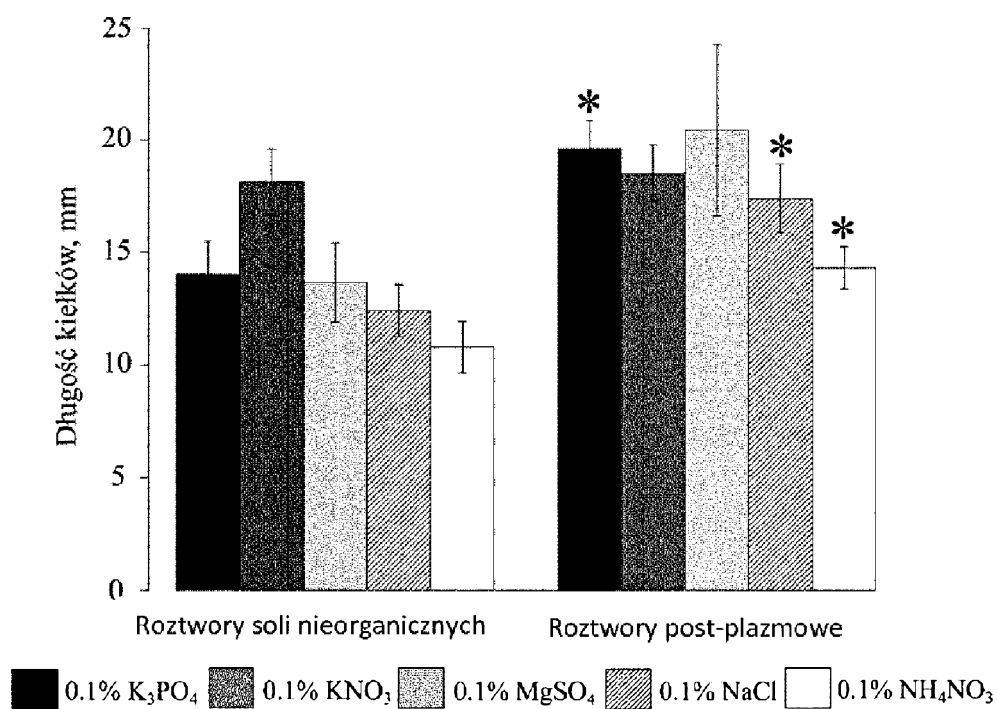


Fig. 2

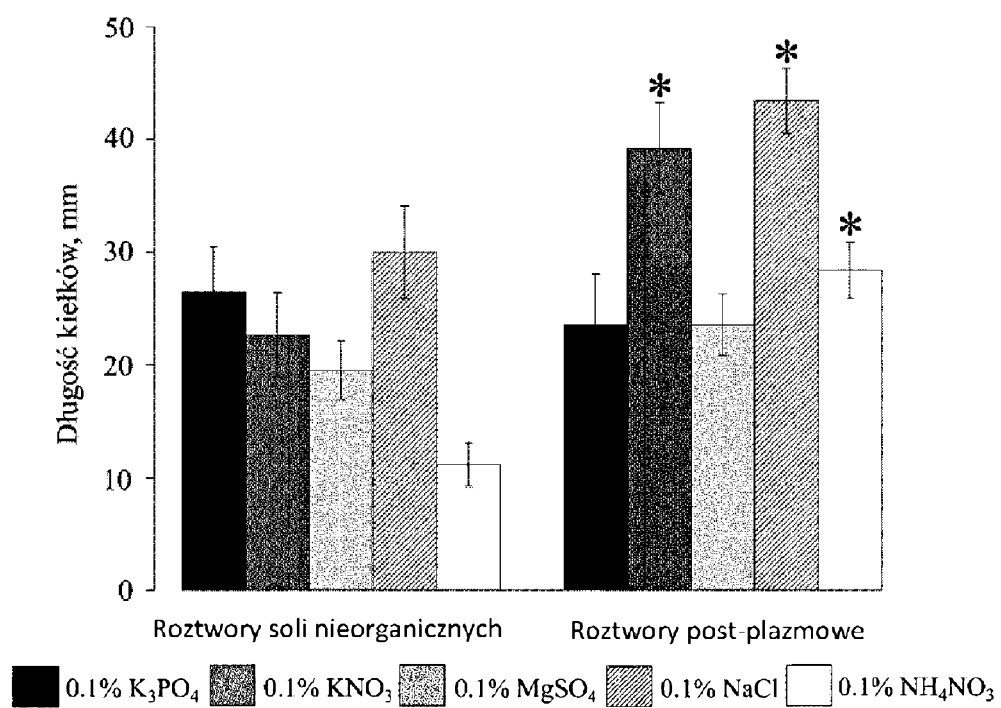


Fig. 3

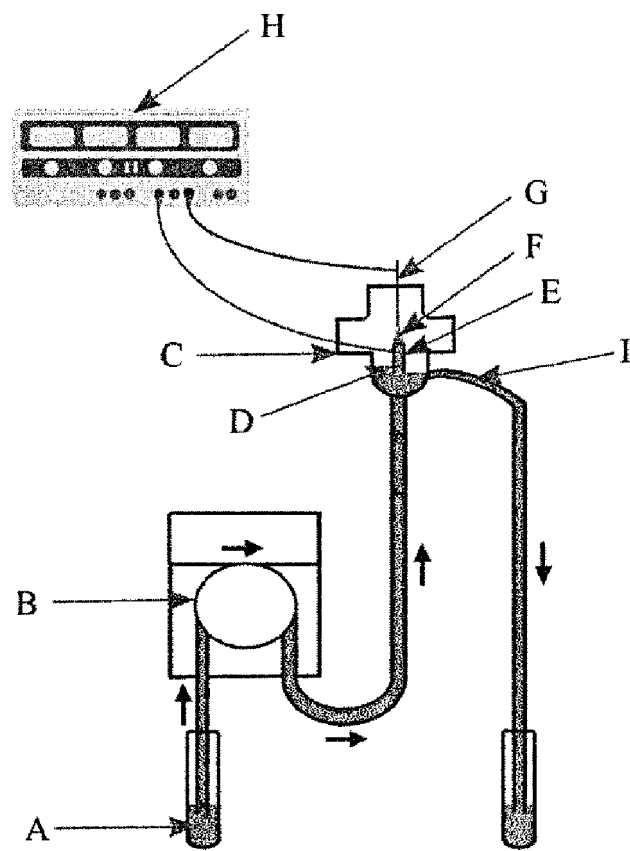


Fig. 4