

ASSESSMENT OF ALLELOPATHIC POTENTIAL OF INVASIVE PLANTS - GOLDENROD (*SOLIDAGO GIGANTEA*) ON BUCKWHEAT (*FAGOPYRUM SAGITTATUM*) AND SUNFLOWER (*HELIANTHUS ANNUUS*)

Summary

*In the laboratory experiments effect of the fresh mass of goldenrod (*S. gigantea*) leaf and stem water extracts on germination capacity and buckwheat (*F. sagittatum*) and sunflower (*H. annuus*) on root growth were determined. Test of germination and early growth - Phytotoxkit was used in experiment. The research covered 3 independent laboratory series, 3 repetitions in each series. Water extracts were prepared from 125 g, 250 g and 500 g of fresh mass of goldenrod (*S. gigantea*) and 100 cm³ of distilled water. Plates moistened of distilled water were control objects in these experiment. Data indicated that the highest inhibition effect on the germination capacity and buckwheat (*F. sagittatum*) root length was obtained after application on water extracts of 50%. The strongest effect in the form of sunflower (*H. annuus*) root growth stimulation was observed after application of water extract of 12.5%.*

Key words: water extracts; allelopathic potential; microbiotest Phytotoxkit; goldenrod (*Solidago gigantea*); invasive plant; buckwheat (*Fagopyrum sagittatum*); sunflower (*Helianthus annuus*)

OCENA POTENCJAŁU ALLELOPATYCZNEGO ROŚLINY INWAZYJNEJ – NAWŁOCI OLBRZYMIEJ (*SOLIDAGO GIGANTEA*) W ODNIESIENIU DO GRYKI ZWYCZAJNEJ (*FAGOPYRUM SAGITTATUM*) ORAZ SŁONECZNIKA ZWYCZAJNEGO (*HELIANTHUS ANNUUS*)

Streszczenie

*W badaniach własnych oceniano wpływ wodnych wyciągów sporządzonych ze świeżej masy liści i łodyg nawłoci olbrzymiej (*S. gigantea*) na zdolność kiełkowania i wzrost korzeni gryki zwyczajnej (*F. sagittatum*) oraz słonecznika zwyczajnego (*H. annuus*). Doświadczenie przeprowadzono z użyciem testu kiełkowania i wczesnego wzrostu roślin - Phytotoxkit. Testy obejmowały trzy niezależne serie doświadczeń laboratoryjnych, w każdej serii po trzy powtórzenia. Wodne wyciągi sporządzono ze 125, 250 oraz 500 g świeżej masy nawłoci olbrzymiej (*S. gigantea*) na 100 cm³ wody destylowanej. Obiekt kontrolny stanowiły płytki, na które nanoszono jedynie wodę destylowaną. Uzyskane wyniki wykazały, że najsilniejszy efekt inhibicyjny w odniesieniu do zdolności kiełkowania oraz długość korzeni gryki zwyczajnej (*F. sagittatum*), stwierdzono po zastosowaniu 50% wyciągu. Natomiast najsilniejszy efekt w postaci stymulacji wzrostu korzeni słonecznika zwyczajnego (*H. annuus*), stwierdzono po zastosowaniu 12,5% wyciągu.*

Słowa kluczowe: wyciąg wodny; potencjał allelopatyczny; microbiotest Phytotoxkit; roślina inwazyjna; nawłoc olbrzymia (*Solidago gigantea*); gryka zwyczajna (*Fagopyrum sagittatum*); słonecznik zwyczajny (*Helianthus annuus*)

„...cóż to takiego wiedza?
nic innego jak zapisane doświadczenie...”
Thomas Carlyle (1795-1881)

1. Wstęp

Już w czasach historycznych człowiek próbował przeniść i wprowadzać (celowo lub przypadkowo) różne gatunki roślin. Nie ulega wątpliwości, że introdukcja do agrocenozy roślin innych niż naturalnie występujących było spowodowane najczęściej korzyściami gospodarczymi czy ekonomicznymi. O ile intencje związane z wprowadzeniem jakiegoś gatunku z natury rzeczy są jak najlepsze, to wynik końcowy takiej decyzji bywa często fatalny w skutkach. Gatunek obcy, celowo wprowadzony do agrocenozy, może stać się gatunkiem inwazyjnym. Przyjmuje się (w myśl reguły „tens rule”), że co dziesiąty gatunek introdukowany wymyka się spod kontroli, a tylko jeden z dziesięciu takich gatunków staje się gatunkiem naturalizowanym. Natomiast tylko jeden na dziesięć z gatunków naturalizowanych może stać się gatunkiem inwazyjnym [1].

Wiele gatunków inwazyjnych w swoich naturalnych siedliskach nie charakteryzuje się tak ogromną ekspansywnością np. gatunki z rodzaju *Solidago* spp. Z czego to wynika, że po wprowadzeniu do innego ekosystemu gatunek taki staje się silnie inwazyjny? Teorii próbujących wyjaśnić to zagadnienie jest wiele, jednak tylko kilka z nich mogłoby tłumaczyć to zjawisko. Jedną z najczęściej przytaczanych hipotez jest tzw. pusta nisza ekologiczna, coraz częściej jednak zjawisko to tłumaczy się innymi teoriami, tj. brakiem naturalnych wrogów, czy też inhibicyjnym oddziaływaniem związków allelopatycznych uwalnianych do środowiska, np. poprzez wydzieliny korzeniowe roślin inwazyjnych [2-7].

W Polsce występują 3 gatunki z rodzaju *Solidago* spp., które zostały sprowadzone z Ameryki Północnej: *Solidago gigantea*, *S. canadensis* i *S. graminifolia*. Na tereny dzisiejszej Polski trafiły w wieku XIX (1853 - *Solidago gigantea*

i 1872 - *Solidago canadensis*) [8, 9]. Gatunki te zostały introdukowane w celach ozdobnych, ale również jako pożytek dla pszczół. Bardzo szybko rozprzestrzeniły się po całej Europie, za wyjątkiem jej południowo-wschodniej części oraz Skandynawii. W Polsce *Solidago gigantea* i *Solidago canadensis* występują masowo w całym kraju, jedynie w części północno-wschodniej populacja tych gatunków jest zdecydowanie mniejsza [10-12]. Tak silną ekspansję zawdzięczają intensywnemu wzrostowi klonalnemu, produkcji dużej ilości nasion rozsiewanych przez wiatr na olbrzymie odległości oraz produkcji związków allelochemicznych wydzielanych do gleby, oddziałujących inhibitorycznie na mikroflorę glebową oraz rośliny wyższe [13-16].

W badaniach *in vitro* czy *in situ* zdaniem większości badaczy powinno używać się pojęcia potencjału allelopatycznego, które odnosi się do działania stymulacyjnego bądź inhibitorycznego donora względem akceptora. Jest to pojęcie szczególnie ważne z punktu widzenia obserwatora, gdyż umożliwia porównanie pomiędzy sobą ich wzajemnych oddziaływań.

Z doniesień literaturowych wynika, że gatunki z rodzaju *Solidago* spp. wywierają bardzo silny (najczęściej inhibitoryczny) wpływ na patogeny pochodzenia glebowego lub też inne gatunki roślin, które rosną w ich bliskim sąsiedztwie [14, 16, 19, 20]. Prawdopodobnie silne działanie fungistatyczne czy też fitotoksyczne względem roślin wyższych, zawdzięczają produkowanym przez siebie metabolitom wtórnym (np. poliacetylanom, diterpenoidom, saponinom, fenolom czy olejkom eterycznym), które w sprzyjających warunkach środowiskowych mogą wykazywać właściwości allelopatyczne [21-27].

Z pracy przeglądowej Kaczmarek [28] oraz innych autorów [29-35] wynika, że rośliny testowe (gryka zwyczajna oraz słonecznik zwyczajny) wykorzystane w bioteście jako akceptory, same mogą być doskonałymi donorami, wykazującymi bardzo silne właściwości allelopatyczne względem innych roślin. Zarówno gryka zwyczajna (*F. sagittatum*) jak i słonecznik zwyczajny (*H. annuus*) mogą być z powodzeniem stosowane jako poplony, gdyż rozkładające się resztki tych roślin, silnie redukują wschody takich gatunków jak: *Amaranthus* sp., *Lactuca sativa*, *Capsella bursa-pastoris*, *Anthemis arvensis*, *Phalaris canariensis*, *Cyperus rotundus*, *Conodon dactylon*, *Chenopodium album* czy *Rumex* sp.

Nasuwa się jednak pytanie, czy te dwa gatunki (gryka i słonecznik) wystawione na działanie innych allelopatin (np. uzyskanych z nawłoci) będą reagowały na nie w sposób dodatni (efekt stymulacyjny) czy też ujemny (efekt inhibitoryczny)?

Celem przeprowadzonych badań była ocena potencjału allelopatycznego wodnych wyciągów, uzyskanych ze świeżej masy (łodyg i liści) nawłoci olbrzymiej (*S. gigantea*) w odniesieniu do zdolności kiełkowania i początkowego wzrostu dwóch roślin uprawnych, które również wykazują silny potencjał allelopatyczny: gryki zwyczajnej (*Fagopyrum sagittatum*) oraz słonecznika zwyczajnego (*Helianthus annuus*).

2. Materiały i metoda

Doświadczenie przeprowadzono w 2009 roku przy użyciu zmodyfikowanego testu kiełkowania i wczesnego wzrostu roślin – Phytotoxkit™. Badania obejmowały trzy niezależne serie doświadczeń laboratoryjnych, w każdej serii po trzy powtórzenia. W badaniach wykorzystano wodne wyciągi sporządzone ze świeżej masy liści i łodyg roślin nawłoci olbrzymiej (*S. gigantea*), pozyskanej z naturalnego stanowiska (8-letni odłóg), której rozwój zawarty był w przedziale 18-20 w skali BBCH [17]. Pozyskany surowiec umyto pod bieżącą wodą, usuwając w ten sposób zanieczyszczenia, a następnie tak przygotowany materiał roślinny osuszono i rozdrobniono. Wodne wyciągi sporządzono z 125, 250 oraz 500 g rozdrobnionej biomasy (liści i łodyg) donora – nawłoci olbrzymiej (*S. gigantea*) na 100 cm³ wody destylowanej. Określoną biomasa rozdrobnionych liści i łodyg donora, zalano wodą destylowaną pozostawiając tak przygotowany ekstrakt, bez dostępu światła na okres 24 h. Po upływie tego czasu wodne wyciągi przesączono przez bibułę filtracyjną otrzymując w ten sposób ciecz roboczą, którą w dalszej kolejności wykorzystano do aplikacji. Obiekt kontrolny (K), testu Phytotoxkit stanowiły płytki z podłożem z piasku, które nasączono tylko wodą destylowaną. Skrótów nazw roztworów wyjaśniono i przedstawiono w tab. 1.

leżne serie doświadczeń laboratoryjnych, w każdej serii po trzy powtórzenia. W badaniach wykorzystano wodne wyciągi sporządzone ze świeżej masy liści i łodyg roślin nawłoci olbrzymiej (*S. gigantea*), pozyskanej z naturalnego stanowiska (8-letni odłóg), której rozwój zawarty był w przedziale 18-20 w skali BBCH [17]. Pozyskany surowiec umyto pod bieżącą wodą, usuwając w ten sposób zanieczyszczenia, a następnie tak przygotowany materiał roślinny osuszono i rozdrobniono. Wodne wyciągi sporządzono z 125, 250 oraz 500 g rozdrobnionej biomasy (liści i łodyg) donora – nawłoci olbrzymiej (*S. gigantea*) na 100 cm³ wody destylowanej. Określoną biomasa rozdrobnionych liści i łodyg donora, zalano wodą destylowaną pozostawiając tak przygotowany ekstrakt, bez dostępu światła na okres 24 h. Po upływie tego czasu wodne wyciągi przesączono przez bibułę filtracyjną otrzymując w ten sposób ciecz roboczą, którą w dalszej kolejności wykorzystano do aplikacji. Obiekt kontrolny (K), testu Phytotoxkit stanowiły płytki z podłożem z piasku, które nasączono tylko wodą destylowaną. Skrótów nazw roztworów wyjaśniono i przedstawiono w tab. 1.

Tab. 1. Kombinacje roztworów wodnych zastosowanych w doświadczeniu

Table 1. Experimental variant of water extracts

Symbol; <i>Symbol</i>	Objaśnienia; <i>Explanations</i>	Stężenie; <i>Concentration</i>
K	woda destylowana <i>distilled water</i>	0%
I	125,0 g świeżej masy liści i łodyg roślin nawłoci olbrzymiej (<i>S. gigantea</i>) na 100 cm ³ wody destylowanej; <i>125.0 g of leaves and stems fresh mass water extracts from goldenrod (S. gigantea) plants on 100 cm³ distilled water</i>	12,5%
II	250,0 g świeżej masy liści i łodyg roślin nawłoci olbrzymiej (<i>S. gigantea</i>) na 100 cm ³ wody destylowanej; <i>250.0 g of leaves and stems fresh mass water extracts from goldenrod (S. gigantea) plants on 100 cm³ distilled water</i>	25%
III	500,0 g świeżej masy liści i łodyg roślin nawłoci olbrzymiej (<i>S. gigantea</i>) na 100 cm ³ wody destylowanej; <i>500.0 g of leaves and stems fresh mass water extracts from goldenrod (S. gigantea) plants on 100 cm³ distilled water</i>	50%

Podłoże dla płytek testowych stanowił piasek o średnicy 0,6-0,8 mm, który nasączano 25 ml wodnego wyciągu sporządzonego z nawłoci olbrzymiej (*S. gigantea*). W dalszej kolejności płytki z mikrobiotestem Phytotoxkit przykrywano papierowym filtrem i wysiewano nasiona akceptora, którym była gryka zwyczajna (*Fagopyrum sagittatum*) oraz słonecznik zwyczajny (*Helianthus annuus*) w ilości 5 szt./płytke. Tak przygotowany mikrobiotest inkubowano w pozycji pionowej, w temperaturze 25°C bez dostępu światła przez okres 5 dni. Po tym czasie dokonano rejestracji obrazu zdolności kiełkowania nasion akceptorów - gryki zwyczajnej (*F. sagittatum*) oraz słonecznika zwyczajnego

Tab. 2. Wpływ wodnych wyciągów z liści i łodyg roślin nawłoci olbrzymiej (*S. gigantea*) na kiełkowanie oraz początkowy rozwój korzeni gryki zwyczajnej (*F. sagittatum*)

Table 2. Effect of water extracts of goldenrod (*S. gigantea*) leaves and stems on germination and initial growth of buckwheat (*F. sagittatum*) root

Obiekty; Treatments	Stężenie wodnego wyciągu z nawłoci olbrzymiej (<i>S. gigantea</i>); Concentration of soil water extracts from goldenrod (<i>S. gigantea</i>)	Zdolność kiełkowania gryki zwyczajnej (<i>F. sagittatum</i>) (%); Germination capacity of buckwheat (<i>F. sagittatum</i>) (%)	Średnia długość korzeni zarodkowych gryki zwyczajnej (<i>F. sagittatum</i>) (mm); Mean length of embryonic root of buckwheat (<i>F. sagittatum</i>) (mm)
K	0%	86,5 ^a	73,8 ^a
I	12,5%	80,1 ^b	66,8 ^b
II	25%	78,2 ^b	56,9 ^c
III	50%	70,8 ^c	30,1 ^d

Objaśnienia patrz tab. 1. / Explanations see Table 1.

Średnie w kolumnie dla zdolności kiełkowania oraz średniej długości korzeni zarodkowych gryki oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie dla NIR=0,05 / Means for germination capacity and mean length of embryonic root of buckwheat followed by the same letters do not differ for LSD=0.05



Rys. 1. Inhibycyjny wpływ najwyższego stężenia wyciągu wodnego uzyskanego ze świeżej masy nawłoci olbrzymiej (*S. gigantea*) na wzrost korzeni gryki zwyczajnej (*F. sagittatum*)

Fig. 1. Inhibitory effect of water extracts of the highest concentration obtained from fresh mass of goldenrod (*S. gigantea*) on the root growth of buckwheat (*F. sagittatum*)

(*H. annuus*), przy pomocy aparatu cyfrowego. Natomiast do pomiarów długości korzeni akceptorów użyto programu analizy obrazu „Image Tools”. Dokładny sposób wykonania testu, został opisany w standardowej procedurze operacyjnej Phytotoxkit™ [18]. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie, porównując różnice między średnimi, testem Tuckey’a dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$.

3. Wyniki i dyskusja

3.1. Akceptor - gryka zwyczajna (*F. sagittatum*)

Inhibycyjne oddziaływanie wodnych wyciągów sporządzonych z biomasy (liści i łodyg) nawłoci olbrzymiej (*S. gigantea*), względem kiełkujących nasion gryki zwyczajnej (*F. sagittatum*) było zależne od zastosowanego stężenia wyciągu (tab. 2).

Silny inhibycyjny wpływ w odniesieniu do zdolności kiełkowania oraz elongacji (długości) korzeni stwierdzono po zastosowaniu wyciągu, którego stężenie wynosiło 50%. Zdolności kiełkowania nasion gryki dla tego stężenia została obniżona aż o 15,7% w porównaniu do obiektu kontrolnego, co zostało potwierdzone statystycznie. Również długość korzeni gryki została bardzo istotnie zredukowana, bo aż o 140% w porównaniu do obiektu kontrolnego (tab. 2, rys. 1). Natomiast pozostałe dwa stężenia (25,0% i 12,5%) w mniejszym stopniu, aczkolwiek nadal istotnie,

obniżały zdolność kiełkowania nasion oraz redukowały długość korzeni gryki.

W efekcie zastosowanego wodnego wyciągu o stężeniu 25,0% odnotowano istotne obniżenie zdolności kiełkowania orzeszków gryki (o 8,3%) oraz redukcję długości korzeni na poziomie 23% (tab. 2).

Najmniejsze, ale nadal potwierdzone statystycznie różnice w zdolności kiełkowania oraz redukcji długości korzeni gryki stwierdzono po aplikacji wodnego wyciągu z nawłoci o najmniejszym stężeniu - 12,5%. Stężenie to spowodowało obniżenie zdolności kiełkowania nasion gryki o 6,5%, a długość korzeni została zredukowana o 9,5% w porównaniu do kontroli (tab. 2).

Z doniesień literaturowych wynika, że to właśnie liście uważane są za organy posiadające największe ilości związków allelochemicznych, które mogą być uwalniane do środowiska poprzez ewaporację, wymywanie czy podczas zachodzących w glebie procesów rozkładu (mikrobiologicznych lub(i) biochemicznych) w wyniku działalności edafonu [36-38].

Z badań przeprowadzonych przez Yanga i in. [14], wynika, że silny efekt inhibycyjny wykazują nie tylko liście, ale również inne części roślin, np. korzenie. Autorzy ci stwierdzili, inhibycyjny wpływ wyciągów uzyskanych z korzeni i rizomów nawłoci kanadyjskiej (*S. canadensis*) w stosunku do koniczyny białej (*Trifolium repens*). Istotny efekt inhibycyjny w odniesieniu do zdolności kiełkowania

koniczyny białej (*T. repens*) stwierdzili po zastosowaniu wyciągów z korzeni, a wyciągi sporządzone z rizomów istotnie obniżyły zdolność kiełkowania *Plantago virginica*. Natomiast wyciągi wodne sporządzone z rizomów istotnie hamowały wzrost korzeni zarodkowych nie tylko koniczyny białej (*T. repens*), ale również innych akceptorów, tj. *Kummerowia stipulacea*, *Amaranthus spinosus*, *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea* czy *Portulaca oleracea*.

Ponadto z badań przeprowadzonych przez Pisula i Meinersa [39] wynika, że również w obrębie rodzaju *Solidago* spp., poszczególne gatunki nawłoci mogą wykazywać silniejsze lub słabsze działanie allelochemiczne. Autorzy ci stwierdzili, najsilniejszy efekt inhibicyjny w odniesieniu do kiełkowania *Lactuca sativa* po zastosowaniu wyciągu wodnego z liści *S. graminifolia*, a w przypadku pozostałych gatunków, tj. *S. juncea*, *S. nemoralis*, *S. rugosa*, *S. canadensis*, *S. gigantea*, również występował efekt inhibicyjny jednak był on istotnie słabszy. W momencie zmiany rośliny akceptorowej na *Raphanus sativus*, okazało się, że najsilniejszy efekt inhibicyjny uzyskali po zastosowaniu wodnych wyciągów z liści *S. canadensis*, *S. graminifolia*, *S. rugosa* i *S. gigantea*. Natomiast wyciągi otrzymane z pozostałych dwóch gatunków: *S. nemoralis* i *S. juncea* odznaczały się istotnie słabszą siłą inhibicyjną w odniesieniu do zdolności kiełkowania *R. sativus*.

3.2. Akceptor - słonecznik zwyczajny (*H. annuus*)

Naturalne związki chemiczne o właściwościach allelopatycznych wykazują zróżnicowane spektrum działania zależnie od swojej budowy chemicznej oraz pochodzenia.

Najczęściej jest to efekt inhibicyjny w odniesieniu do kiełkowania i wzrostu form juvenilnych różnych gatunków, jednak zdarza się, że występuje efekt stymulacji (pobudzenia) np. kiełkowania czy początkowego wzrostu korzeni lub(i) koleoptyla. Substancje takie określane są mianem kaïromonów, czyli środków dających pewne korzyści akceptorowi [40].

Potwierdzeniem tej tezy mogą być badania przeprowadzone przez Duer [41], w których autorka wykazała stymulujący efekt wodnych wyciągów sporządzonych z *Galium aparine* w odniesieniu do początkowego wzrostu koleoptyla oraz korzeni zarodkowych pszenicy. Bardzo ciekawe badania w tym względzie prowadzone były przez Kwecińska-Poppe i in. [42], którzy oceniali wpływ różnych stężeń wyciągów wodnych sporządzonych ze świeżej oraz suchej masy *Galium aparine* i *Matricaria maritima* subsp. *indora* na długość korzeni oraz liści żyta oraz pszenżyta. Z badań tych wynika, że wyciągi o najniższym stężeniu (2%) uzyskane z suchej i świeżej masy *M. maritima* subsp. *indora* oraz *G. aparine*, wyraźnie stymulowały wzrost korzeni zarodkowych badanych gatunków zbóż.

Również w badaniach własnych, w których oceniano wpływ różnych stężeń wyciągów wodnych sporządzonych ze świeżej masy nawłoci olbrzymiej (*S. gigantea*), stwierdzono efekt stymulacji, objawiający się silniejszym wzrostem korzeni słonecznika zwyczajnego (*H. annuus*). Efektowi temu już na etapie kiełkowania podlegały również same nasiona słonecznika. Jednak uzyskane wyniki odnoszące się do zdolności kiełkowania, chociaż różniły się od obiektu kontrolnego oraz pomiędzy sobą, to nie były istotne statystycznie (tab. 3).

Tab. 3. Wpływ wodnych wyciągów z liści i łodyg roślin nawłoci olbrzymiej (*S. gigantea*) na kiełkowanie oraz początkowy rozwój korzeni słonecznika zwyczajnego (*H. annuus*)

Table 3. Effect of water extracts of goldenrod (*S. gigantea*) leaves and stems on germination and initial development root of sunflower (*H. annuus*)

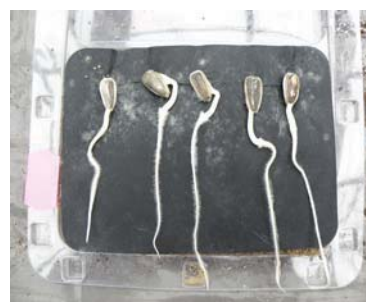
Obiekty; <i>Treatments</i>	Stężenie wodnego wyciągu z nawłoci olbrzymiej (<i>S. gigantea</i>); <i>Concentration of soil water extracts from goldenrod (S. gigantea)</i>	Zdolność kiełkowania słonecznika zwyczajnego (<i>H. annuus</i>) (%); <i>Germination capacity of sunflower (H. annuus) (%)</i>	Średnia długość korzeni zarodkowych słonecznika zwyczajnego (<i>H. annuus</i>) (mm); <i>mean length of embryonic root of sunflower (H. annuus) (mm)</i>
K	0%	94,4 ^a	65,4 ^a
I	12,5%	96,5 ^a	79,6 ^b
II	25%	95,2 ^a	72,4 ^c
III	50%	94,8 ^a	65,3 ^a

Objaśnienia patrz tab. 1. / Explanations see Table 1.

Średnie w kolumnie dla zdolności kiełkowania oraz średniej długości korzeni zarodkowych słonecznika oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie dla NIR=0,05 / Means for germination capacity and mean length of embryonic root of sunflower followed by the same letters do not differ for LSD=0.05



Kontrola
Checks



Obiekt I (12,5% stężenie)
Treatment I (12.5% concentration)

Rys. 2. Stymulujący wpływ najniższego stężenia wyciągu wodnego uzyskanego ze świeżej masy nawłoci olbrzymiej (*S. gigantea*) na wzrost korzeni słonecznika zwyczajnego (*H. annuus*)

Fig. 2. Stimulating effect of water extracts of the lowest concentration obtained from fresh mass of goldenrod (*S. gigantea*) on roots growth of sunflower (*H. annuus*)

Zastosowane w doświadczeniu stężenia wpływały natomiast na średnią długość korzeni zarodkowych słonecznika zwyczajnego (*H. annuus*). Analizując przyrost korzeni po 5 dniach od momentu aplikacji wyciągów, można stwierdzić, że istotnie długości korzeni słonecznika stymulowały tylko dwa stężenia: 25% i 12,5%. Stężenie 25% spowodowało wzrost długości korzeni akceptora o 10,7% w porównaniu do obiektu kontrolnego. Jednak najsilniejszy efekt został osiągnięty po zastosowaniu najniższego stężenia (12,5%), gdyż długość korzeni zwiększyła się aż o 21,7% w porównaniu do kontroli (tab. 3, rys. 2). Natomiast po zastosowaniu wyciągu o najsilniejszym stężeniu (50%) nie stwierdzono istotnych różnic w długości korzeni akceptora, którym były nasiona słonecznika zwyczajnego (*H. annuus*) w porównaniu do kontroli.

Zbliżone wyniki uzyskał również Sun i in. [43], wykazując w swoich badaniach wodne oraz etanolowe wyciągi sporządzone z rizomów, łodyg oraz liści nawłoci kanadyjskiej (*S. canadensis*). Z badań tych wynika, że najsilniejszy efekt w postaci zwiększenia zdolności kiełkowania roślin akceptorowych tj. rzepak (*Brasica napus* var. *napus*) czy powój polny (*Convolvulus arvensis*), osiągnięto po zastosowaniu wyciągu wodnego z łodyg i liści nawłoci kanadyjskiej (*S. canadensis*) ale w najniższym stężeniu (0,001 g·ml⁻¹ dw). Podobnie wyciąg etanolowy o najniższym stężeniu (0,001 g·ml⁻¹ dw), otrzymany z rizomów i łodyg nawłoci kanadyjskiej (*S. canadensis*), spowodował wzrost zdolności kiełkowania nasion rzepaku (*B. napus* var. *napus*). Również długość koleoptyla była uzależniona od zastosowanego, stężenia wyciągu (0,1, 0,01, 0,001 g·ml⁻¹ dw), rozpuszczalnika (woda, etanol) oraz „organu” (rizomy, łodygi, liście), z którego uzyskano materiał donorowy. Najsilniejszy efekt w postaci istotnego wydłużenia koleoptyla rzepaku (*B. napus* var. *napus*) oraz powoju polnego (*C. arvensis*) osiągnięto po zastosowaniu najniższego stężenia wyciągu wodnego i etanolowego uzyskanego z liści nawłoci kanadyjskiej (*S. canadensis*). Zdaniem Gniazdowskiej i in. [38], najzasobniejszymi w allelozwiązki organami roślin wyższych są liście, których allelopatyny występują w największej koncentracji, a ponadto charakteryzują się najszerszym spektrum jakościowym.

Ponadto, z badań przeprowadzonych przez Kiecia i Wieczorek [44], dotyczących przydatności różnych wyciągów i wywarów do ograniczania biomasy komosy białej (*Chenopodium album*), wynika że większość z przebadanych roślin donorowych posiadała działanie inhibicyjne lub co najwyżej neutralne względem akceptora, poza jednym gatunkiem – ościąłem pospolitym (*Mahonia aquifolium*), który istotnie zwiększył wysokość oraz świeżą masę komosy białej (*Ch. album*).

4. Wnioski

1. Wodne wyciągi uzyskane ze świeżej masy nawłoci olbrzymiej (*S. gigantea*), niezależnie od ich stężenia, wykazały potencjał allelopatyczny względem roślin akceptorowych, którymi były: gryka zwyczajna (*F. sagittatum*) oraz słonecznik zwyczajny (*H. annuus*).

2. Inhibicyjny efekt wyciągów wodnych stwierdzono w odniesieniu do gryki zwyczajnej (*F. sagittatum*), nato-

miast w odniesieniu do słonecznika zwyczajnego (*H. annuus*) zaobserwowano efekt stymulacji.

3. Najsilniejszy efekt inhibicyjny w odniesieniu do zdolności kiełkowania oraz do redukcji długości korzeni gryki zwyczajnej (*F. sagittatum*), uzyskano po zastosowaniu 50% wyciągu z nawłoci olbrzymiej (*S. gigantea*).

4. Niezależnie od zastosowanego stężenia wyciągu, nie stwierdzono istotnych różnic w zdolności kiełkowania akceptora – słonecznika zwyczajnego (*H. annuus*).

5. Zastosowanie wyciągu o najniższym stężeniu (12,5%) w odniesieniu do słonecznika zwyczajnego (*H. annuus*), spowodowało efekt stymulujący, objawiający się istotnym wydłużeniem korzeni. Stężenie dwukrotnie większe (25%) również stymulowało wzrost korzeni, jednak w znacznie mniejszym stopniu. Natomiast wyciąg o najwyższym stężeniu (50%) nie miał wpływu na wzrost korzeni.

5. Bibliografia

- [1] Williamson M., Fitter A.: The varying success of invaders. *Ecology* 77, p. 1661-1666, 1996.
- [2] Mack R.N., Simberloff D., Longsdale W.M., Evans H., Clout M, Bazzaz F.A.: Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences and control. *Ecological Society of America, Issues in Ecology*, 5, p. 1-22, 2000.
- [3] Sakai A.K., Allendorf F.W., Holt J.S., Lodge D.M., Molofsky J., With K.A., Baughman S., Cabin R.J., Cohen J.E., Ellstrand N.C., McCauley E., O'neil P., Parker I.M., Thompson J.N., Weller S.G.: The population biology of invasive species. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 32, p. 305-332, 2001.
- [4] Callaway R.M., Ridenour W.M.: Novel weapons: invasive success and the evolution of increased competitive ability. *Front Ecol. Environ.*, 2, p. 436-443, 2004.
- [5] Gniazdowska A.: Oddziaływanie allelopatyczne – „Nowa broń” roślin inwazyjnych. *Kosmos - Probl. Nauk Biol.*, 54, 2-3(267-268), s. 221-226, 2005.
- [6] Hierro J.L., Maron J.L., Callaway R.M.: A biogeographical approach to plant invasions: the importance of studying exotics in their introduced and native range. *J. Ecol.*, 93, p. 5-15, 2005.
- [7] Sharma G.P., Singh J.S., Raghubanshi A.S.: Plant invasions: emerging trends and future implications. *Curr. Sci.*, 88, p. 726-734, 2005.
- [8] Dajdok Z., Pawlaczyk P.: Inwazyjne gatunki roślin ekosystemów mokradłowych Polski. *Wyd. Klubu Przyrodników*, 167 ss., 2009.
- [9] Dajdok Z., Śliwiński M.: *Rośliny inwazyjne Dolnego Śląska*. Wyd. Polski Klubu Ekologiczny-Okręg Dolnośląski, 2009.
- [10] Tokarska-Guzik B.: „Zielone Widmo” i „Natrętny Mongoł” czyli o przybyszach i przybłędach we florze. [W:] *Problemy środowiska i jego ochrony. Centrum studiów nad człowiekiem i środowiskiem*. Nakonieczny M., Miguła P. (red.), Uniwersytet Śląski, Katowice, s. 101127, 2002.
- [11] Tokarska-Guzik B.E.: The Establishment and Spread of Alien Plant Species (Kenophytes) in the Flora of Poland. *Wyd. UŚ, Katowice*, 2372, 192 ss., 2005.
- [12] Rola J. Rola H.: *Solidago* spp. biowskaźnikiem występowania odłogów na gruntach rolnych. *Fragm. Agron.*, 27(3), s. 122-131, 2010.
- [13] Cornelius R.: The strategies of *Solidago canadensis* L. in relation to urban habitats. III. Conformity to habitats dynamics. *Acta Oecol.*, 11(3), p. 301-310, 1990.
- [14] Yang R.Y., Mei L.X., Tang J.J., Chen X.: Allelopathic effects of invasive *Solidago canadensis* L. on germination and growth of native Chinese plant species. *Allelopathy J.*, 19(1), p. 241-248, 2007.
- [15] Abilasha D., Quintana N., Vivanco J., Joshi J.: Do allelopathic compounds in invasive *Solidago canadensis* restrain the native European flora. *Journal of Ecology*, 96, p. 993-1001, 2008.

- [16] Zhang S., Jin Y., Tang J., Chen X.: The invasive plant *Solidago canadensis* L. suppresses local soil pathogens through allelopathy. *Appl. Soil Ecology*, 41, p. 215-222, 2009.
- [17] Adamczewski K., Matysiak K.: Klucz do określania faz rozwojowych roślin jedno- i dwuliściennych w skali BBCH [tłumaczenie z j. angielskiego na j. polski K. Adamczewski i K. Matysiak]. Instytut Ochrony Roślin, Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa, Główny Inspektorat. Poznań, 134 ss, 2005.
- [18] Phytotoxkit.: Seed germination and early growth microbistest with higher plants. Standard Operational Procedure. Nazareth, Belgium: MicroBioTest Inc., 24 pp., 2004.
- [19] Tang J., Zhang Q., Yang R., Y., Chen X.: Effects of exotic plant *Solidago canadensis* L. on local arbuscular mycorrhizal fungi. *Bull. Sci. Tech.*, 25, p. 233-237, 2009.
- [20] Zhang S., Jin Y., Tang J., Chen X.: The invasive plant *Solidago canadensis* L. suppresses local soil pathogens through allelopathy. *Appl. Soil Ecology*, 41, p. 215-222, 2009.
- [21] Inose Y., Mijiyase T., Ueno A.: Studies on the constituents of *Solidago virgaurea* L. III. Structures of *Solidago* saponins in the herb. *Chem. Pharm. Bull.* 39(8), p. 2037-2042, 1991.
- [22] Lu T., Menelaou M.A., Vargas D., Fronczek F.R., Fisher N.H.: Polyacetylenes and diterpenes from *Solidago Canadensis*. *Phytochemistry* 32(6), p. 1483-1488, 1993.
- [23] Lu T., Vargas D., Franzblau S., Fischer N.H.: Diterpenes from *Solidago rugosa*. *Phytochemistry* 38(2), p. 451-456, 1995.
- [24] Tori M., Katto A., Sono M.: Nine New clerodane diterpenoids from rhizomes of *Solidago altissima*. *Phytochemistry* 52(3), p. 487-493, 1999.
- [25] Vila R., Mundina M., Tomi F., Furlan R., Zacchino S., Casanova J., Canigueral S.: Composition and antifungal activity of the Essential oil of *Solidago chilens*. *Planta Med.*, 68(2), p. 164-167, 2002.
- [26] Choi S.Z., Choi S.U., Lee K.R.: Phytochemical constituents of the aerial parts from *Solidago virgaurea* var. *gigantea*. *Arch. Pharm. Res.*, 27(2), p. 164-8, 2004.
- [27] Lendl A., Reznicek G.: Two new saponins from *Solidago gigantea*. *Sci. Pharm.*, 75, p. 111-120, 2007.
- [28] Kaczmarek S.: Wykorzystanie potencjału allelopatycznego roślin w wybranych uprawach rolniczych. *Progr. Plant Protect./ Post. Ochr. Roślin* 49(3), s. 1502-1511, 2009.
- [29] Macias F.A., Lopez A., Verela R.M., Torres A., Molinillo J.M.G.: Bioactive terpenoids from sunflower leaves cv. Peredovic. *Phytochemistry* 61, p. 687-692, 2002.
- [30] Iqbal Z., Hiradate S., Noda A., Isojima S., Fujii Y.: Allelopathic activity of buckwheat: isolation and characterization of phenolics. *Weed Sci.*, 51, p. 657-662, 2003.
- [31] Ciarka D., Gawrońska H., Małecka M., Gawroński S.W.: Allelopathic potential of sunflower roots and root exudates. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 496, s. 301-313, 2004.
- [32] Kalinová, J., Triska J., Vrchotová N.: Biological activity of phenolic compounds present in buckwheat plant. *Allelopathy J.*, 16, p. 123-130, 2005.
- [33] Golisz A., Lata B., Gawroński W., Fujii Y. Specific and total activities of the allelochemicals identified in buckwheat. *Weed Biol. Manag.*, 7, p. 164-171, 2007.
- [34] Siegień I., Trocka A., Bosa K., Bogatek R., Gniazdowska A.: Potencjał allelopatyczny słonecznika. *Post. Nauk Rol.*, 6, s. 55-71, 2008.
- [35] Jasicka-Misiak I.: Allelopatyczne właściwości metabolitów wtórnych roślin uprawnych. *Wiad. Chem.*, 63(1-2), s. 39-62, 2009.
- [36] Wójcik-Wojtkowiak D., Potylicka B., Weyman-Kaczmarkowa W.: *Allelopatia*. Wyd. AR, Poznań 1998.
- [37] Sturz A., Christie B.R.: Beneficial microbial allelopathies in the root zone: the management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. *Soil Till. Res.*, 72, p. 107-123, 2003.
- [38] Gniazdowska A., Oracz K., Bogatek R.: *Allelopatia – nowe interakcje oddziaływań pomiędzy roślinami*. *Kosmos*, 53(2), s. 207-217, 2004.
- [39] Pisula N.L., Meiners S.J.: Allelopathic effects of goldenrod species on turnover in successional communities. *Am. Midl. Nat.*, 163(1), p. 161-172, 2010.
- [40] Oleszek W.: *Allelopatia – rys historyczny, definicja, nazewnictwo*. *Mat. Konf. Teoretyczne i praktyczne aspekty allelopatii*. Wyd. IUNG, Puławy, K(10), s. 5-14, 1996.
- [41] Duer I.: Potencjał allelopatyczny biomasy niektórych gatunków chwastów w stosunku do siewek pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 2(50), s. 6-56, 1996.
- [42] Kwiecińska-Poppe E., Kraska P., Pałys E.: The influence of water extracts from *Galium aparine* L. and *Matricaria maritima* subsp. *inodora* (L.). Dostał on germination of winter rye and triticale. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 10(2), p. 75-85, 2011.
- [43] Sun Bing-Yao, Tan Jian-Zhong, Wan Zhi-Gang, Gu Fu-Gen, Zhu Ming-De.: Allelopathic effects of extracts from *Solidago canadensis* L. against seed germination and seedling growth of some plants. *J. Environ. Sci.*, 18(2), p. 304-309, 2006.
- [44] Kieć J., Wiczorek D.: Badania nad przydatnością wyciągów i wywarów roślinnych do zwalczania komosy białej. *Progr. Plant Protect./ Post. Ochr. Roślin* 49(1), s. 371-377, 2009.