

WZAJEMNY WPŁYW NA ENERGIĘ I ZDOLNOŚĆ KIELKOWANIA CHABRA BŁAWATKA (*CENTAUREA CYANUS* L.) I JĘCZMIENIA ZWYCZAJNEGO ‘RADEK’ (*HORDEUM VULGARE* L.) W ZALEŻNOŚCI OD POTENCJAŁU ALLELOPATYCZNEGO ICH WODNYCH WYCIĄGÓW.

Emilia Staszór kl. 3e, 1 Liceum Ogólnokształcące im. M. Kopernika w Łodzi, opiekun: mgr Jolanta Lauk

STRESZCZENIE

Celem badań była ocena wzajemnego wpływu wodnych wyciągów o zróżnicowanym stężeniu wykonanych ze świeżych liści chabra bławatka (*Centaurea cyanus* L.) i jęczmienia zwyczajnego odmiany „Radek” (*Hordeum vulgare* L.) na kiełkowanie nasion i początkowy wzrost tych gatunków. Wrażliwość badanych roślin na aplikowane wyciągi określono w porównaniu do obiektu kontrolnego na podstawie wykonanych analiz energii i zdolności kiełkowania. Dodatkowo dla jęczmienia wykonano pomiary długości najdłuższego korzenia zarodkowego, liczby oraz świeżej i suchej masy korzeni, długości pierwszego liścia, świeżej i suchej masy liści. Dla chabry wykonano pomiary długości pędu, biomasy świeżej i suchej. Wyciągi wykonane z 5 g i większej ilości świeżych liści chabra na 100 ml wody istotnie hamowały wszystkie badane parametry jęczmienia, a wszystkie wykorzystane w badaniach wyciągi z chwastu hamowały w znaczący sposób energię i zdolność kiełkowania zboża. Wyciągi wykonane z 1 g i 2 g świeżych liści jęczmienia na 100 ml wody istotnie stymulowały wzrost pędów chabry. Wyciągi wykonane z największej ilości liści zboża, w mniej istotny sposób hamował wzrost chwastu. Wyciągi z jęczmienia nie miały istotnego wpływu na energię i zdolność kiełkowania chabry.

WSTĘP

Niekorzystny wpływ zachwaszczenia na uprawy nie jest związany wyłącznie z międzygatunkową konkurencją o podstawowe zasoby. Rozpowszechnionym w fitocenozie zjawiskiem jest wzajemne oddziaływanie w postaci wydzielania do środowiska związków chemicznych o charakterze allelopatin. Rośliny oddziałują na siebie poprzez związki chemiczne, zwane kolinami, które w sposób inhibicyjny lub stymulujący wpływają na ich kiełkowanie oraz wzrost i rozwój (Biały i in., 1990; Ohno i Doolan, 2001; Majchrzak, 2007). Wiele gatunków inwazyjnych zawdzięcza sukces właśnie zdolnościom allelopatycznego oddziaływania (Gwiazdowska, 2005).

Ze względu na wysoki udział zbóż w strukturze zasiewów w Polsce, stanowiący 71% (GUS 2018), ważne jest zagadnienie ich zachwaszczenia. Jest to jeden z najczęściej wymienianych czynników powodujących spadek plonowania (Idziak, Michalski, 2003; Woźniak, 2003). Jest to wynikiem wydzielania przez chwasty do środowiska glebowego związków chemicznych, powodujących zahamowanie wzrostu roślin uprawnych i opóźnienie ich rozwoju (Gniazdowska, 2007).

Ziarno jęczmienia jest wykorzystywane w przemyśle browarniczym i paszowym. Stanowi ważny składnik w żywieniu ludzi i ma wysoką wartość odżywczą dla zwierząt (Boros i in., 1996; Gąsiorowski, 1997). Jęczmień stanowi ważny składnik jarych mieszanek zbożowych. W roku 2017, w strukturze zasiewów zbóż podstawowych z mieszkankami zbożowymi, według GUS, jęczmień jary stanowił 10,0%.

Chaber bławatek jest gatunkiem o dużej produktywności nasion wynoszącej od 700 do 1600 sztuk z jednej rośliny. Charakterystycznym jest, że nasiona tego taksonu znajdujące się w glebie zachowują zdolność kiełkowania nawet przez okres 5 – 10 lat (Klaaßen, Freitag, 2004). Ponadto, nielupki będące w glebie w bliskim sąsiedztwie ziemiaków zbóż, kiełkują niemal równocześnie, przez co już w początkowym okresie rozwoju konkurują z nimi o przestrzeń życiową (Marczewska-Kolasa i in., 2012).

Wpływ, jaki wywierają na siebie te rośliny, jest istotny ze względu na znaczenie jęczmienia, jako rośliny uprawnej i rosnącego zagrożenia ze strony chwastów zimujących, w tym chabra bławatka (Tryjanowski, 2016). Temat oddziaływania chabry bławatka na jęczmień zwyczajny poruszał w swoich pracach Jaskulski (1999). Brak jednak informacji na temat potencjału allelopatycznego tych roślin w odwrótej sytuacji. W uprawie jęczmienia jarego najsilniejszą grupę zachwaszczającą zboże stanowią chwasty dwuliścienne. Z tej klasy chwastów w największym nasileniu występuje m.in. chaber bławatek (Krochmal-Marczak i in., 2014). Poznanie tego zjawiska może więc być znaczące w opracowywaniu strategii dotyczących integrowanej produkcji jęczmienia jarego. Jest to podstawą m.in. w ekologicznych gospodarstwach, w których strategia zwalczania chwastów zakłada, iż łan rośliny uprawnej powinien osiągnąć dominację nad chwastami (Rudnicki i in.,1996).

Celem podjętych badań była ocena wzajemnego wpływu wodnych wyciągów badanych roślin, o zróżnicowanym stężeniu, na kiełkowanie i początkowy wzrost gatunku chwastu pospolicie występującego w Polsce - chabry bławatka (*Centaurea cyanus* L.) i jarej rośliny uprawnej - jęczmienia zwyczajnego (*Hordeum vulgare* ‘Radek’ L.).

MATERIAŁY I METODY

Ziarniaki jęczmienia zwyczajnego (*Hordeum vulgare* L.) jarego odmiany Radek pozyskano z Gospodarstwa Nasiennego Adam Nowak, zajmującego się produkcją kwalifikowanego materiału siewnego, nasiona chabry bławatka (*Centaurea cyanus* L.) zebrano z pięciu różnych stanowisk z terenu wsi Bujny, położonej w gminie Wola Krzysztoporska. Do sporządzenia wodnych wyciągów wykorzystano świeże liście jęczmienia pozyskane z roślin w fazie krzewienia (wg skali BBCH) uprawianych na potrzeby doświadczenia w warunkach domowych. Świeże liście chabry, wykorzystane do sporządzenia osobnych wyciągów, zebrano z roślin chwastu w ósmej głównej fazie rozwojowej wg skali BBCH (Adamczewski, 2011) z tego samego terenu co nasiona.

Określoną masę liści (odpowiednio: 1 g, 2 g, 5 g i 8 g) zalano 100 ml wody destylowanej zarówno w przypadku badania wpływu wyciągów z liści chabry jak jęczmienia. Po 24 godzinach moczenia uzyskany roztwór cedzono przez bibułę filtracyjną do uzyskania klarownego wyciągu i przygotowano do aplikacji. Do każdej aplikacji przygotowywano świeży wyciąg.

Nasiona kiełkowały na podłożu złożonym z dwóch warstw bibuły filtracyjnej Whatmana 1, na szalkach Petriego o średnicy 10 cm. Nasiona badanych gatunków wysiewano po 40 sztuk na szalkę. Ziarniki jęczmienia były zaprawione preparatem Maxim Star 025 FS. Bibułę nasączono 20 ml odpowiedniego wyciągu, a następnie codziennie podlewano nasiona stosując po 10 ml odpowiedniego roztworu na szalkę. Próbę kontrolną stanowiła szalka podlewana jedynie wodą destylowaną. Oba doświadczenia przeprowadzono w dwóch niezależnych seriach po pięć powtórzeń w lipcu i sierpniu 2018 r. Kiełkowanie badanych roślin odbywało się w zamkniętym pomieszczeniu przy naturalnym oświetleniu, w temperaturze 20-25°C i wilgotności powietrza 60%. Szalki z hodowlą ustawiono na blacie naprzeciwko wschodniego okna.

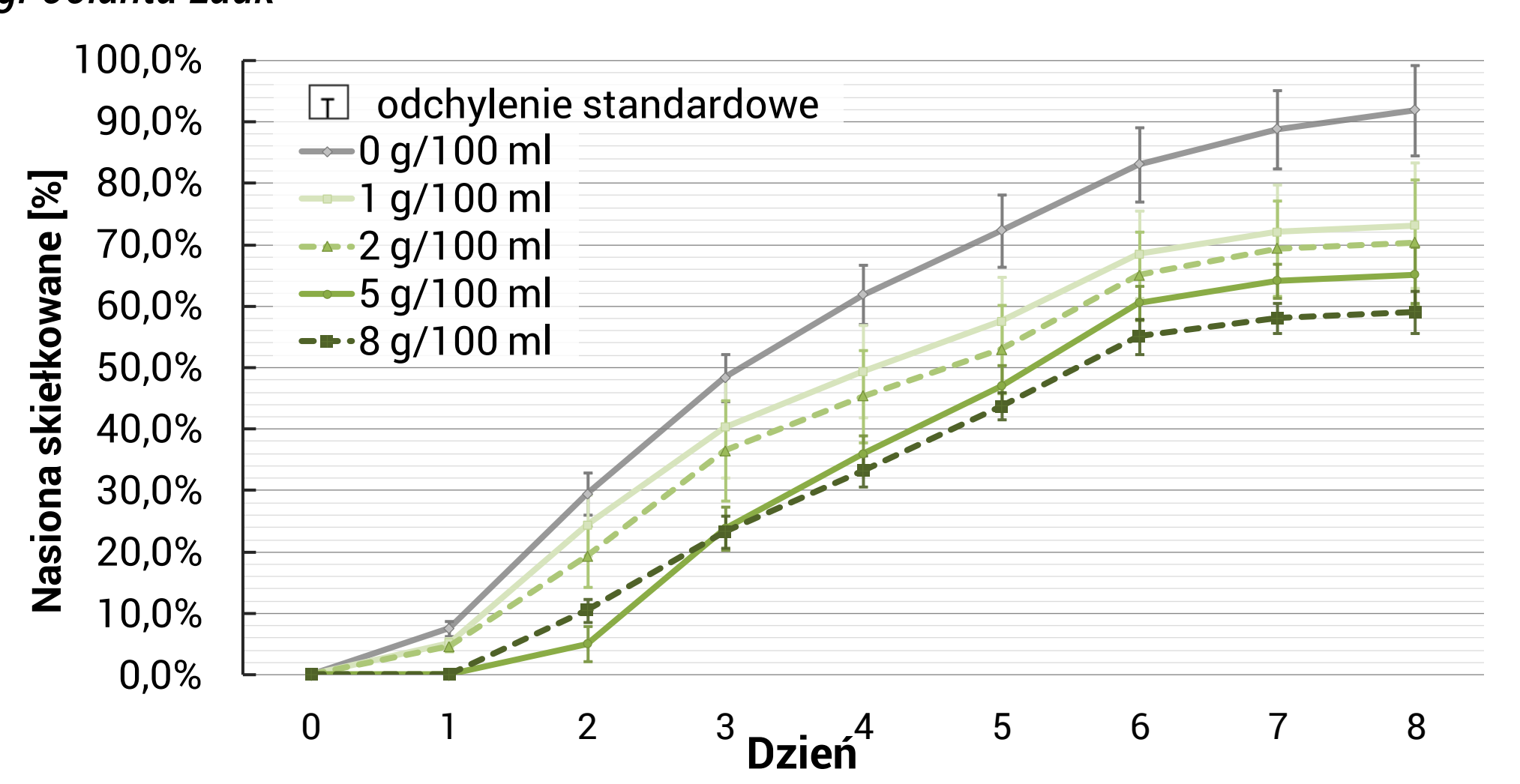
Po czterech dobach oceniono energię kiełkowania [EK], zarówno dla jęczmienia jak i chabry. Po trzech kolejnych dniach określono zdolność kiełkowania [ZK] jęczmienia (Osińska, 2004), a w 22 dniu od wysiania określono zdolność kiełkowania chabry (Hunia, 2017). Morfologię jęczmienia określano ósmego dnia doświadczenia na podstawie długości najdłuższego korzenia zarodkowego, liczby oraz świeżej i suchej masy korzeni, długości pierwszego liścia, świeżej i suchej masy liści. Dla chabry 23 dnia od wysiania dokonano pomiaru długości, biomasy świeżej i suchej pędu. Materiał suszono trzykrotnie przez okres 20 min w temperaturze 80°C w elektrycznym piekarniku. Pomiary długości dokonywano z dokładnością do 1 mm przy użyciu papieru milimetrowego, a masy z dokładnością do 1 mg przy użyciu wagi elektronicznej firmy Ha-series. Dodatkowo prowadzono codzienną dokumentację fotograficzną przebiegu doświadczenia.

Obliczono wartości średnie i odchylenia standardowe otrzymanych wyników. Sprawdzono rozkład zebranych danych dla poszczególnych prób testem Shapiro-Wilka. Po zweryfikowaniu homogeniczności wariancji testem Browna-Forsythe’a uzyskane wyniki poddano analizie wariancji ANOVA, na poziomie istotności różnic α=0,05. Różnice między średnimi określono testem Tukeya. Do opracowania wyników użyto programów Microsoft Excel Office 2007 i GraphPad Prism 8.0.0.

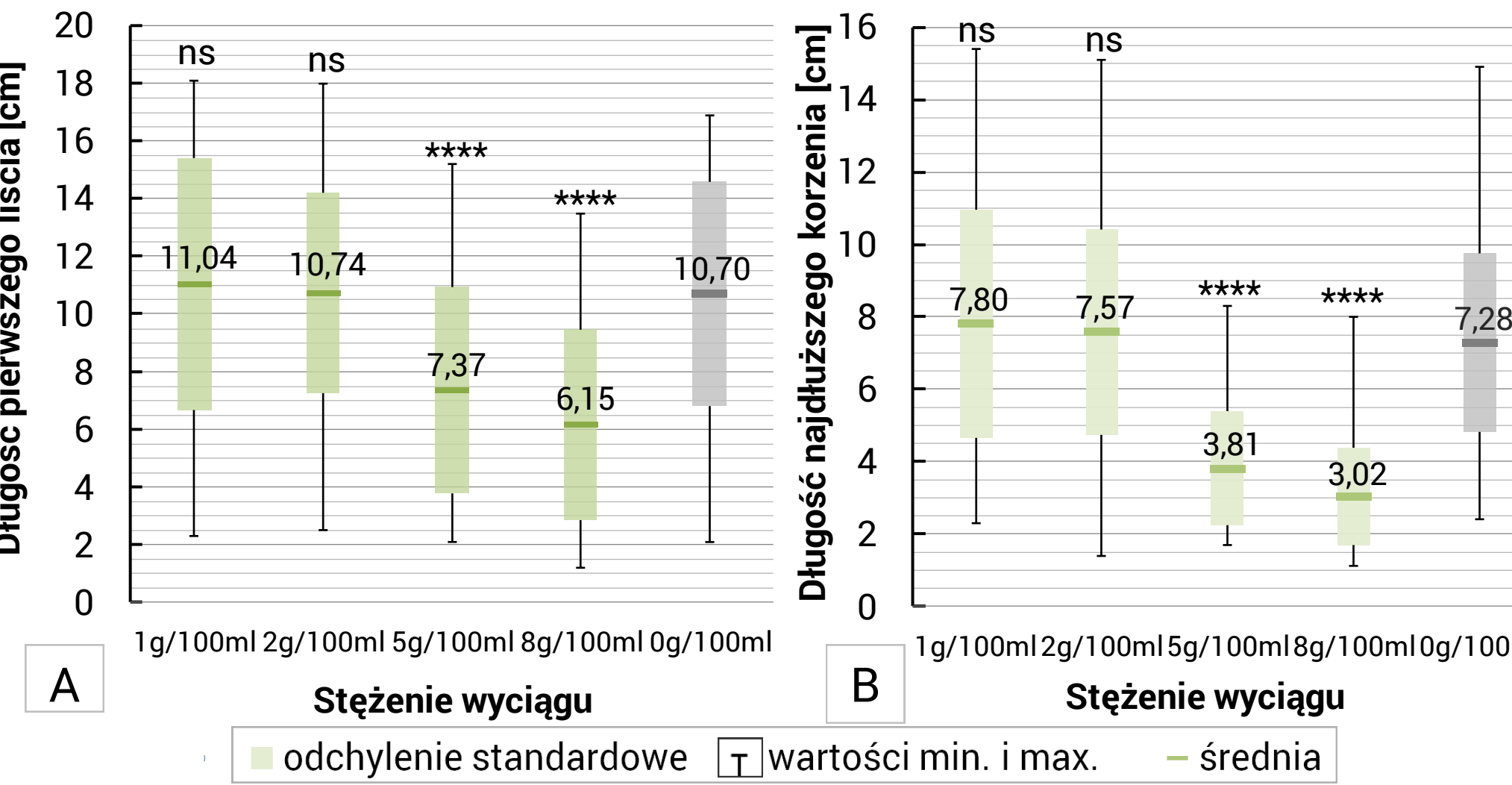
WYNIKI

Doświadczenie wykazało, iż energia i zdolność kiełkowania ziarniaków jęczmienia malała wraz ze wzrostem stężeń wodnych wyciągów wykonanych z liści chabry (Ryc. 1). Istotnie negatywny wpływ ($P \leq 0.0001$), w odniesieniu do próby kontrolnej, zaobserwowano dla każdego stężenia.

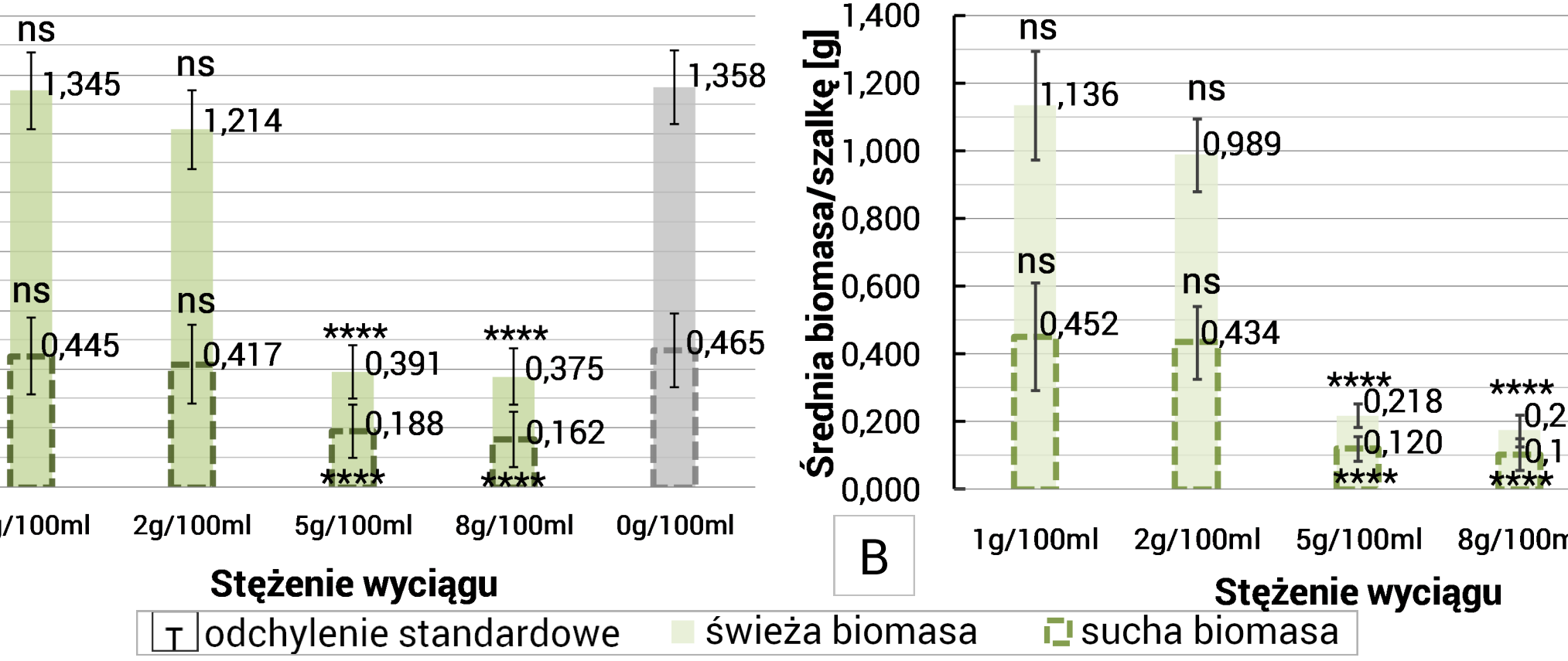
Długość pierwszego liścia i najdłuższego korzenia zarodkowego jęczmienia była mniejsza w istotny sposób, w porównaniu do próby kontrolnej, tylko dla dwóch najwyższych stężeń (Ryc. 2.). Podobne zależności uzyskano dla masy liści i korzeni jęczmienia (Ryc. 3). Dla najwyższego stężenia (8 g/100 ml) średnia długość pierwszego liścia i najdłuższego korzenia była mniejsza odpowiednio o 42% i 59%. Świeża masa liści i korzeni, dla najwyższego stężenia, była mniejsza o 47% i 72%, a sucha masa o 64% i 77%. Stosunek suchej do świeżej masy liści i tego samego parametru korzeni, zmalał dla wszystkich stężeń w porównaniu do próby kontrolnej. Różnice te były istotne tylko dla dwóch najwyższych stężeń, jednak obie charakteryzowały się małą wartością współczynnika - $P \leq 0.05$.



Ryc. 1. Wpływ wodnych wyciągów ze świeżych liści chabry bławatka na stosunek procentowy wykielkowanych nasion jęczmienia zwyczajnego w kolejnych dniach doświadczenia.



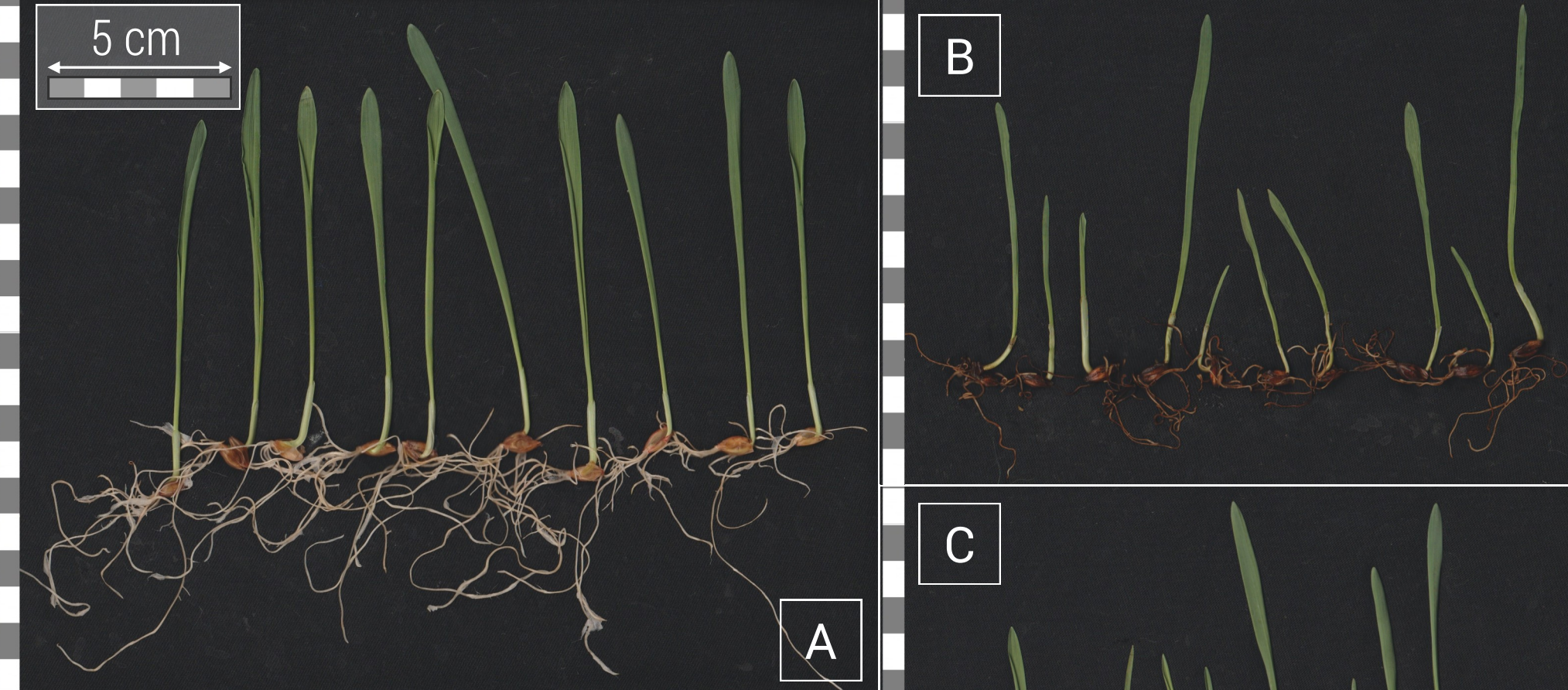
Ryc. 2. Wpływ wodnych wyciągów ze świeżych liści chabry bławatka na (A) długość pierwszego liścia (B) długość najdłuższego korzenia jęczmienia zwyczajnego w odniesieniu do próby kontrolnej (8. dzień od wysiewu). Sposób oznaczenia poziomu istotności różnicy: nieistotna statystycznie [ns] - $P > 0.05$; * - $P \leq 0.05$; ** - $P \leq 0.01$; *** - $P \leq 0.001$; **** - $P \leq 0.0001$.



Ryc. 3. Wpływ wodnych wyciągów ze świeżych liści chabry bławatka na (A) masę liści, (B) masę korzeni jęczmienia zwyczajnego w odniesieniu do próby kontrolnej (8. dzień od wysiewu). Sposób oznaczenia poziomu istotności różnicy: nieistotna statystycznie [ns] - $P > 0.05$; * - $P \leq 0.05$; ** - $P \leq 0.01$; *** - $P \leq 0.001$; **** - $P \leq 0.0001$.

Średnia i mediana liczby korzeni wynosiła dla: próby kontrolnej - 6,8 i 7; stężenia 1 g/100 ml - 6,2 i 6; 2 g/100 ml - 6,4 i 6; 5 g/100 ml - 6,6 i 7; 8 g/100 ml - 7,0 i 7. Różnice nie były istotne statystycznie.

W celu zobrazowania wpływu zastosowanych wyciągów, z chabry na ziarniaki jęczmienia uprawianych w przedstawionej pracy, zamieszczono zdjęcia tych grup, w których zaobserwowano istotne różnice w porównaniu do próby kontrolnej (Fot. 1).

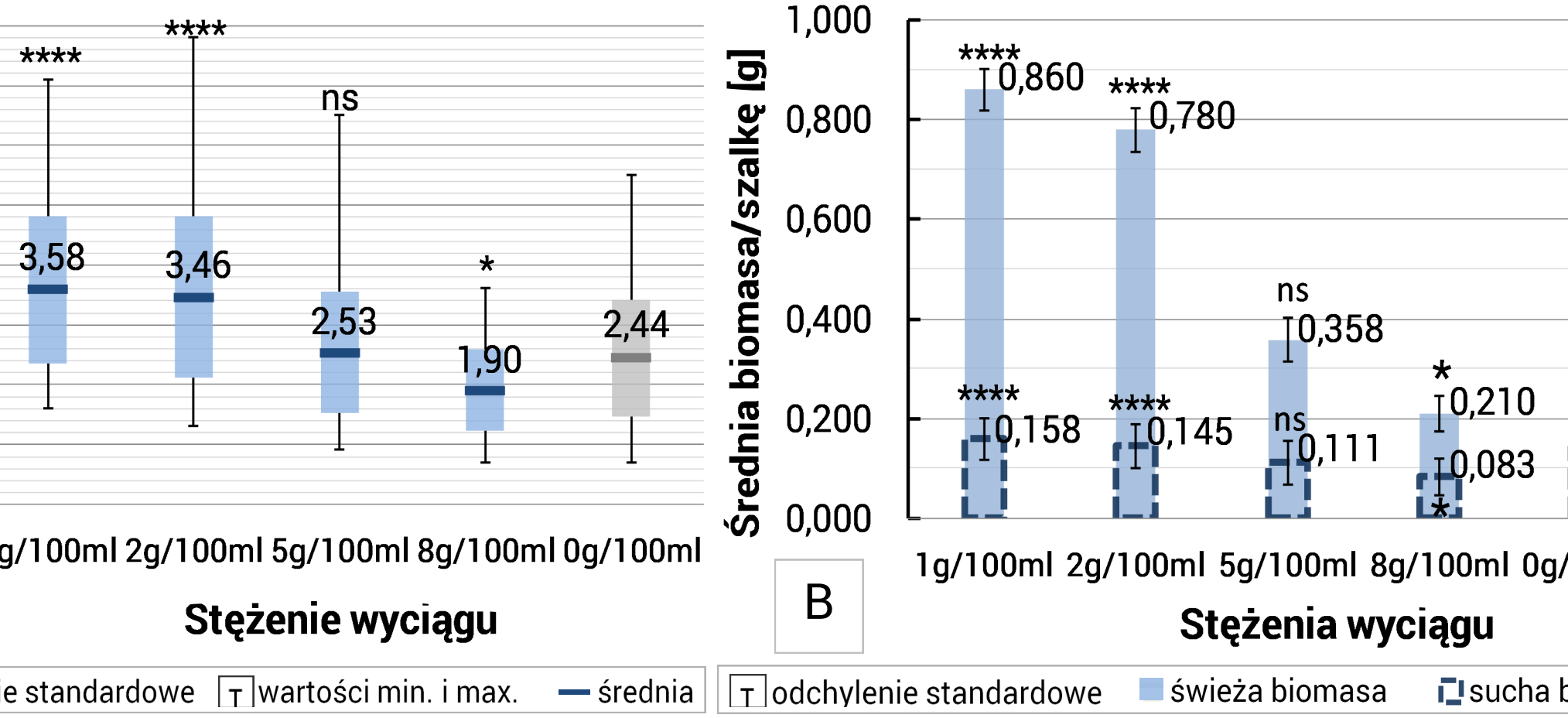


Fot. 1. Wpływ wodnych wyciągów z liści chabry bławatka na morfologię jęczmienia zwyczajnego. Losowo wybrane siewki jęczmienia w 8 dniu od wysiania. (A) - próba kontrolna, (B) - 5 g/100 ml, (C) - 8 g/100 ml.

Energia kiełkowania chabry bławatka w zależności od stężeń wyciągów wykonanych z liści jęczmienia zwyczajnego; 1 g/100 ml, 2 g/100 ml, 5 g/100 ml i 8 g/100 ml wyniosła kolejno 96.1%, 93.2%, 85.6%, 68.9%, a zdolność kiełkowania 97.8%, 94.2%, 96.3%, 93.4%. W porównaniu do próby kontrolnej, dla której te wartości wyniosły 90.7% - [EK], 96.9% - [ZK], nie były to wartości różniące się w sposób istotny statystycznie.

Odnotowano, iż niższe stężenia wyciągów z liści jęczmienia (1 g/100 ml, 2 g/100 ml) stymulowały w sposób istotny statystycznie wzrost siewek chabry (Ryc. 4.). Średnia długość dla najniższego stężenia, w porównaniu do próby kontrolnej, wzrosła odpowiednio o 47% a świeża masa o 65%. Wyciąg o stężeniu 8g /100ml hamował wzrost chabry o 22% i wpływał na zmniejszenie świeżej masy o 60%. Nie stwierdzono statystycznej istotności zmian w stosunku masy suchej do świeżej pędu, w porównaniu do próby kontrolnej.

Obserwacje makroskopowe wykazały różnice w długości korzeni chabrów poddanych działaniu allelozwiązków w porównaniu do siewek z próby kontrolnej (Fot. 2).



Ryc. 4. Wpływ wodnych wyciągów ze świeżych liści jęczmienia zwyczajnego na (A) długość i (B) masę pędu siewek chabry bławatka w odniesieniu do próby kontrolnej (22. dzień od wysiewu). Sposób oznaczenia poziomu istotności różnicy: nieistotna statystycznie [ns] - $P > 0.05$; * - $P \leq 0.05$; ** - $P \leq 0.01$; *** - $P \leq 0.001$; **** - $P \leq 0.0001$.

DYSKUSJA

Już dla najniższego stężenia wyciągu z liści chwastu zdolność kiełkowania jęczmienia nie zawierała się w wyznaczonych normach (Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2007) i wynosiła mniej niż 85% (Ryc. 1). Odmienne wyniki uzyskał Jaskulski (1999), który nie wykazał istotnego wpływu wodnych ekstraktów z chabry na zdolność kiełkowania jęczmienia. Różnica może wynikać z użycia przez Jaskulskiego odmiennej metody. Do sporządzenia wyciągu, w przeciwieństwie do zaprezentowanej pracy, wykorzystał całe pędy rośliny. Prowadzone do tej pory badania dowodzą, że za najbogatsze źródło związków allelopatycznych w roślinie uznaje się jej liście (Wójcik-Wojtkowiak i in., 1998; Gniazdowska i in., 2004).



Fot. 2. Wpływ wodnych wyciągów z liści jęczmienia zwyczajnego na morfologię chabry bławatka. Losowo wybrane siewki chabry w 23 dniu od wysiania. (A) - próba kontrolna, (B) - 1 g/100 ml, (C) - 2 g/100 ml, (D) - 5 g/100 ml, (E) - 8 g/100 ml.

Konsekwencją negatywnego wpływu chabry na jęczmień, m.in. znacznego obniżenia masy korzeni, długości pierwszego liścia (Ryc. 2, 3), może być spadek plonów. Wodne wyciągi wykonane ze świeżych liści chabry oddziałują hamująco również na wzrost pszenicy ozimej i żyta. W przypadku tych roślin, podobnie jak w badaniach własnych, bardziej wrażliwe na działanie roztworów okazały się korzenie niż pędy (Marczewska - Kolasa i in., 2017).

W przeprowadzonym doświadczeniu użyto liści z dojrziałych, kwitnących osobników chabry bławatka. Nie testowano liści z młodych siewek, być może reakcja na nie byłaby większa, gdyż jak wynika z podań literaturowych (Wójcik-Wojtkowiak i in., 1998), potencjał allelopatyczny zależy od wieku rośliny, wyższy jest u młodych roślin i maleje wraz z osiągnięciem przez nie pełnej dojrzałości.

W literaturze, poświęconej zjawisku allelopatii, najszerzej opisywany jest inhibicyjny efekt oddziaływania, lecz nie w każdym przypadku takie tendencje są obserwowane (Ciesielska, Borkowska, 2010). Badania wykazały stymulujący - przy niższych stężeniach i hamujący - przy wyższych stężeniach, wpływ wyciągów z liści jęczmienia na wzrost i przrrost masy pędów chabrów (Ryc. 4.). W połączeniu z nasilającym się, wraz ze wzrostem stężeń, negatywnym wpływem wyciągów z liści chabrów na jęczmień, te zależności mogą być przyczyną charakterystycznego perferycznego rozmieszczenia chabry w łanach jęczmienia (Machalek, 2015).

Jednakże taki wniosek wymaga dalszych badań, zarówno laboratoryjnych i terenowych, które potwierdziłyby jego słuszność.

Nie wykonywano oddzielnych pomiarów dla masy i długości korzeni chabrów, ale na podstawie dokumentacji fotograficznej można zwrócić uwagę na redukcję korzeni roślin w przypadku oddziaływania na nie najwyższymi stężeniami (Fot. 2). W badaniach, dotyczących wpływu allelozwiązków w jęczmieniu na gorczycę białą, sprawdzono wpływ hordeiny i graminy. W wyniku działania tych związków nastąpiła widoczna redukcja korzeni i utrata wigoru korzonków gorczycy (Liu i Lovett, 1993). Wykorzystane związki znajdują się w liściach jęczmienia (Belz, 2007), nie można jednoznacznie stwierdzić, czy to te same związki, co w przytoczonych badaniach, miały wpływ na zmianę morfologii korzeni chabry.

W badaniach przeprowadzonych przez Ashrafi (2009), w przeciwieństwie do badań własnych, niezależnie od zastosowanego stężenia, ekstrakty jęczmienne zmniejszały długość i masę hipokotylu oraz długość i masę korzeni perzu właściwego, oddziaływały również w sposób negatywny na kiełkowanie tej rośliny. Jęczmień wpływał również hamująco na kiełkowanie takich chwastów jak gwiazdnica pospolita i tasznik pospolity (Khalid, 2002). Przytroczone i własne badania wykazują, że jęczmień jest w stanie, w pewnym stopniu, dzięki uwolnieniu allelopatin do gleby zapobiegać wnikaniu chwastów w jego najbliższe terytorium. Możliwym jest, że włączenie jęczmienia do sekwencji rotacji roślin, pozwoli tłumić rozwój chwastów, poprzez uwolnienie do gleby allelozwiązków, które zmniejszą zachwaszczenie w późniejszych uprawach (Légère, 2002). Jednak w sytuacji gdy stężenie allelopatin jęczmienia jest niskie i stymulują one wzrost chabrów może to doprowadzić do sytuacji, w której siewki zbóż będą rozwijać się w momencie gdy konkurencja ze strony tego chwastu będzie zbyt silna.

Prosta, ogólnodostępna metoda wykonania wyciągu z jęczmienia może znaleźć zastosowanie w ogrodnictwie, ponieważ chabry są coraz bardziej popularną rośliną ozdobną. Słabe wyciągi z jęczmienia mają zdecydowanie pozytywny wpływ w pierwszych etapach wzrostu chabrów, jednak należałoby przeprowadzić dalsze badania mające na celu sprawdzenie wpływ takich wyciągów w późniejszych fazach rozwoju tej rośliny.

Wykorzystane w doświadczeniu metody pozwoliły uzyskać w naturalny sposób allelopatyny obu roślin i obserwować ich wpływ na odpowiednie akceptory. Jednak wyniki badań przeprowadzonych w warunkach naturalnych mogą się różnić. W dalszych doświadczeniach należy uwzględnić m.in. produkty wytwarzane przez mikroflorę ryzofery (Oleszek, 1992).

BIBLIOGRAFIA

- Adamczewski K., Matysiak K. (2011). *Klucz do określania faz rozwojowych roślin jedno- i dwuliściennych w skali BBCH*. Poznań: Instytut Ochrony Roślin PIB.
- Ashrafi Z.Y. (2009). Inhibitive effects of barley (*Hordeum vulgare*) on germination and growth of seedling quack grass (*Agropyron repens*). *Icelandic Agricultural Sciences* 22: 37-43.
- Belz, R.G. (2007). Allelopathy in crop/weed interactions – an update. *Pest Management Science* 63: 308-326.
- Biały Z., Oleszek W., Lewis J., Fenwick G.R. (1990). Allelopathic potential of glucosinolates (mustard oil glycosides) and their degradation products against wheat. *Plant and Soil* 129: 277–281.
- Boros D., Rek-Ciepiły B., Cyran M. (1996). A note on the composition and nutritional value of hullless barley. *J. Anim. Feed Sci.* 5 (4): 417-424.
- Ciesielska A., Borkowska M. (2010). The effect of aqueous extracts of Ground seeds of *Agrostemma githago* on the germination of Winter wheat and barley. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 55 (3): 40–43.
- Gąsiorowski H. (1997). *Jęczmień*. *Chemia i Technologia*. Poznań: PWRiL.
- Gniazdowska A. (2007). Biotechnologia szkodła dla zastosowania allelopatii jako alternatywnej metody zwalczania chwastów. *Biotech.* 2 (77): 42–53.
- Gniazdowska A., Oracz K., Bogatek R. (2004). Allelopatia – nowe interakcje oddziaływały pomiędzy roślinami. *Kosmos – Problemy Nauk Biologicznych* 53 (5): 207–217.
- GUS (2018). *Użytkowanie gruntów i powierzchnia zasiewów w 2017 r.* Warszawa.
- Gwiazdowska A. (2005). Oddziaływanie allelopatyczne – „nowa broń” roślin inwazyjnych. *Probl. Nauk Biol. Kosmos* 54 (2-3): 221–226.
- Hunia J. (2017). Wpływ eskudatów korzeniowych z sorga dwubarwnego (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na kiełkowanie i początkowy wzrost chabry bławatka (*Centaurea cyanus* L.). 46. Olimpiada Biologiczna
- Idziak R., Michalski T. (2003). Zachwaszczenie i plonowanie mieszanek jęczmienia jarego i owsa przy różnym udziale obu komponentów w zasiewie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 490: 99-104.
- Jaskulski D. (1999). Allelopatyczne oddziaływanie wodnych ekstraktów z nadziemnej masy chwastów na kiełkowanie jęczmienia jarego i pszenicy jarej. *Zesz. Nauk Roln.* 93: 7–15.
- Khalid S., Ahmad T., Shad R. A. (2002). Use of allelopathy in Agriculture. *Asian J. Plant Sci.* 1 (3): 292–297.
- Klaaßen H., Freitag J. (2004). *Profesjonalny Atlas Chwastów*. BASF - The Chemical Company.
- Krochmal-Marczak B., Sawicka B., Bettel I. (2014). Zachwaszczenie łanów rolni zbożowych możliwości jego ograniczenia w woj. podkarpackim. W: Zarzycka K., Kondracki S., Skrzyżczyński J. (red.), *Współczesne Dylematy Polskiego Rolnictwa*. Biała Podlaska: PSW JPJ; 353-367.
- Légère, A. and Stevenson, F.C. (2002). Residual effects of crop rotation and weed management on a wheat test crop and weeds. *Weed Science* 50: 101-111.
- Liu D.L., Lovett J.V. (1993). Biologically active secondary metabolites of barley II – Phytotoxicity of barley allelochemicals. *J. Chem. Ecol.* 19: 2231–2244.
- Machalek N. „Ilościowa i jakościowa zawartość chwastów zasiedlających pola uprawne obsiane zbożami na przykładzie rodzinnego gospodarstwa rolnego.” referat wygłoszony w ramach VI konferencji PTA „Badania i innowacje w produkcji roślinnej” 17-19.09.2015 r.
- Majchrzak L. (2007). Kiełkowanie zbóż w warunkach sąsiedztwa ziarniaków *Avena fatua* L. i *Festuca rubra* L. – aspekt allelopatyczny. *Ann. UMCS. Sec. E*, 62 (2): 185–192.
- Marczewska-Kolasa K., Sekutowski T., Bortniak M. (2012). Wykrywanie potencjału allelopatycznego nasion *Centaurea cyanus* za pomocą biotestów. *Progress in Plant Protection* 52: 733-736
- Marczewska-Kolasa K., Bortniak M., Sekutowski T. R., Domaradzki K. (2017) Wpływ wodnych wyciągów z chabry bławatka na kiełkowanie oraz wzrost siewek zbóż. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 62 (3): 208-211
- Ohno T., Doolan K.L. 2001. Effect of red clover decomposition on phytotoxicity to wild mustard seedling growth. *Appl. Soil Sci.* 16:187–192.
- Oleszek W. (1992). Techniki badania allelopatii. *Wiadomości Botaniczne* 36 (3/4): 17-25
- Osińska A. (red.) (2004). *Międzynarodowe przepisy oceny nasion*. Radzików: Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin. Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 1 lutego 2007 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących wytwarzania i jakości materiału siewnego (Dz. U. z dnia 21 lutego 2007 r.)
- Rudnicki F., Wasilewski P., Dębowski G. (1996). Tolerowane uprawy w monokulturze przez jare mieszanek zbożowe. *Frag. Agr.* 4: 75-84
- Tryjanowski P. „Wpływ zmian klimatu na ochronę roślin.” referat wygłoszony w ramach 56. Sesji Naukowej Instytutu Ochrony Roślin PIB, Poznań, 11-12 lutego 2016.
- Woźniak A. (2003). Wpływ przedplonu na aktualne i potencjalne zachwaszczenie pszenicy jarej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 490: 303-312.
- Wójcik-Wojtkowiak D., Politycka B., Weyman-Kaczmarek W. (1998). *Allelopatia*. Poznań: AR.