



SPRAWOZDANIE

z prowadzenia w 2016 r. badań podstawowych w zakresie rolnictwa ekologicznego

p.t.: Badania nad przydatnością wyciągu z sorga (*Sorghum bicolor*) jako bioherbicydu do stosowania w uprawie ekologicznej zbóż.

zawierającym się w obszarach badawczych Załącznika Nr 1 do ogłoszenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 12 listopada 2015 r. (poz. 79):

Pkt 3. Uprawy polowe metodami ekologicznymi:

3. 2 Badania w zakresie innowacyjnych rozwiązań przy ekologicznej uprawie roślin polowych;

Realizowany przez Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin –Państwowy Instytut Badawczy w Radzikowie,

Na podstawie § 8 ust. 1 pkt 1, ust. 2 pkt 1 i ust. 10 rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 29 lipca 2015 r. w sprawie stawek dotacji przedmiotowych dla różnych podmiotów wykonujących zadania na rzecz rolnictwa (Dz. U. z 2015 r. poz. 1170)

na podstawie decyzji Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi
z dnia 20.05.2016 nr HORre-msz-078-3/16(219)

Kierownik tematu: mgr inż Monika Żurek

Wykonawcy:

Dr Piotr Ochodzki

Dr inż Roman Warzecha

Dr Elżbieta Małuszyńska

Dr Denise Fu-Dostatny

Mgr inż. Iga Grzeszczak

Pracownicy techniczni

ZAŁOŻENIA I CEL PROJEKTU:

Jednym z głównych czynników limitujących plony w rolnictwie ekologicznym jest problem konkurencji chwastów z roślinami uprawnymi. Ograniczanie konkurencyjności chwastów metodami mechanicznymi (pielniki, pielenie ręczne) jest procesem czaso- oraz kosztochłonnym. W doniesieniach naukowych z ostatnich lat, coraz większy nacisk kładziony jest na wykorzystanie naturalnych, występujących w przyrodzie zależności pomiędzy roślinami w zwalczaniu chwastów. Jednym z takich zjawisk jest allelopatia (Khan i wsp., 2012). Zjawisko to opiera się na szkodliwym wpływie substancji chemicznych wydzielanych przez niektóre gatunki roślin lub pochodzących z rozkładu tych roślin na rośliny konkurencyjne (Batlang, Shushu 2007). Allelopatia odnosi się głównie do substancji chemicznych wydzielanych do podłoża, które wpływają na wzrost innych organizmów w bezpośrednim otoczeniu, głównie roślin i bakterii (Jesudas i wsp., 2014). Substancje te mogą pobudzać lub hamować kiełkowanie, a także wzrost i rozwój innych gatunków roślin żyjących w bliskim sąsiedztwie lub zajmujących bezpośrednio po nich to samo miejsce. Wiele gatunków roślin posiada udokumentowane właściwości allelopatyczne, m.in.: słonecznik (Batlang, Shushu 2007), gryka (Golisz i wsp., 2004), orzech włoski (Ercisli i wsp., 2005). Jedną z roślin o najsilniejszym potencjale allelopatycznym jest, należące do rodziny wiechlinowatych (*Poaceae*), sorgo (*Sorghum sp.*). W Polsce powierzchnia uprawy sorga wynosi 20 tys. ha. W warunkach klimatycznych Polski roślina ta nie wydaje nasion, ale jest w stanie wyprodukować wysoki plon zielonej masy, nawet do 100 t/ha. Sorgo w naszym kraju jest uprawiane głównie na cele paszowe w mieszance z kukurydzą. Sorgo należy do grupy roślin, które można wykorzystywać w celach energetycznych. Wartość energetyczna sorga kształtuje się na poziomie 17,75 MJ/kg s.m., a pędów – 17,79 MJ/kg s.m. (Prażak, 2015). Największe znaczenie w uprawie odgrywa sorgo cukrowe (*Sorghum bicolor*). Roślina ta, ze względu na niskie wymagania glebowe, a także odporność na suszę i zasolenie, może być uprawiana na słabszych glebach. Potencjał allelopatyczny posiada zarówno nadziemna część sorga, jak również jago korzenie (Alsaadawi, Dayan, 2009). Obie części zawierają jednak zupełnie inne związki o działaniu allelopatycznym. Nadziemne części sorga zawierają kwasy fenolowe oraz ich pochodne aldehydowe, natomiast w korzeniach stwierdzono obecność sorgoleonu oraz jego analogów. Sorgoleon (2-hydroksy-3-[(Z,Z)-8',11',14-pentadekatrieno]-p-benzochinon) oraz jego analogi są wydzielane do środowiska glebowego przez włosniki na korzeniach (Dayan i wsp., 2010). Z danych literaturowych wynika iż sorgoleon hamuje lub ogranicza wzrost zarówno jednoliściennych, jak też dwuliściennych chwastów takich jak:

psianka czarna (*Solanum nigrum* L.), szarłat szorstki (*Amaranthus retroflexus* L.), chwastnica jednostronna (*Echinochloa crus-galli* L.) oraz miłka wonna (*Eragrostis tef*) (Sołtys i wsp., 2010). Działanie fitotoksyczne sorgoleonu opiera się głównie na zahamowaniu fotosyntezy oraz syntezy karotenoidów. W badaniach nad fitotoksycznością sorga istnieje wiele doniesień o wykorzystaniu wodnego ekstraktu z nadziemnej części tej rośliny (tzw. Sorgaab), zawierającego mieszaninę kwasów fenolowych, jako środka ograniczającego zachwaszczenie. Niektóre z doniesień sugerują nawet pozytywny wpływ sorgaabu na plon rośliny uprawnej w uprawie której zastosowany był oprysk tym preparatem (Cheema i wsp., 2000; Bhatti i wsp., 2000).

W myśl Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) NR 1107/2009 z 21 października 2009 roku dotyczącego wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin, wyciąg z sorga może być zakwalifikowany jako substancja podstawowa. Za substancję podstawową należy uznać substancję czynną która: nie jest potencjalnie niebezpieczna oraz nie jest stosowana głównie do ochrony roślin, ale mimo to jest przydatna w ochronie roślin, bezpośrednio lub w środku składającym się z tej substancji i prostego rozpuszczalnika (Art.23). W przypadku stosowania środków zawierających wyłącznie jedną lub więcej substancji podstawowych zezwolenie na obrót i stosowanie, w drodze odstępstwa, nie jest wymagane (Art.28).

Z uwagi na potencjał allelopatyczny zarówno części nadziemnej, jak również korzeniowej sorga, roślina ta może być wykorzystywana jako roślina okrywowa oraz wprowadzona do systemu uprawy mulczowej. Mulcz z sorga jest powszechnie stosowanym zabiegiem ograniczającym wzrost chwastów w szkółkach drzew owocowych w USA (Alsaadawi, Dayan; 2009).

Główne czynniki wpływające na potencjał allelopatyczny tej rośliny, odzwierciedlany poziomem biosyntezy kwasów fenolowych oraz sorgoleonu, to rodzaj gleby oraz warunki atmosferyczne (Sołtys i wsp., 2009). Z uwagi na możliwość uprawy tej rośliny w warunkach klimatycznych Polski, uważamy za zasadne przeprowadzenie badań nad oceną możliwości wykorzystania potencjału allelopatycznego sorga w uprawie ekologicznej zbóż.

Cel prowadzonych badań

Celem planowanych badań jest określenie potencjału allelopatycznego wybranych form (odmian) sorga oraz przydatności wyciągu wodnego z sorga (*Sorghum bicolor*) jako bioherbicydu w ograniczeniu zachwaszczenia w uprawie ekologicznej zbóż, w naszych warunkach klimatycznych.

Material badawczy

W badaniach wykorzystano 5 odmian sorga (*Sorghum bicolor*)- węgierską odmianę Rona, dystrybuowaną w Polsce przez Kutnowską Hodowlę Buraka Cukrowego oraz 4 odmiany otrzymane z firmy KWS: KWS Lemnos, KWS Santos, KWS Merlin oraz KWS Titus. Do przeprowadzenie oceny wpływu wyciągów z sorga na zboża i kukurydzę wykorzystano następujące odmiany: IS Questor (pszenica), Dublet (pszenżyto) oraz Skarb (kukurydza). W ocenie wpływu wyciągów z sorga na chwasty wykorzystano nasiona następujących gatunków: owies głuchy (*Avena fatua L.*), szarłat (*Amaranthus*), kąkol polny (*Agrostemma githango L.*) oraz komosa biała (*Chenopodium album L.*), pozyskane w czasie ekspedycji terenowych Krajowego Centrum Roślinnych Zasobów Genowych.

Opis przeprowadzonych prac

Zadanie 1. Wytworzenie materiału roślinnego sorga do badań biologicznych

Poletko o powierzchni ok 0,2 ha z pięcioma badanymi odmianami sorga zostało założone na certyfikowanym polu ekologicznym w Radzikowie. Siew 20 maja wykonano siewnikiem poletkowym Wintersteiger. Poletko podlegało rutynowym zabiegom pielęgnacyjnym. Pobór prób roślinnych do wytwarzania wyciągu wodnego prowadzony był przy użyciu kosi spalinowej. W celu określenia optymalnego terminu zbioru sorga z przeznaczeniem do produkcji sorgaabu, z poletek badanych odmian co dwa tygodnie pobierano próby roślin do analizy zawartości suchej masy. Zawartość suchej masy określono po suszeniu prób siczki w 105 °C przez 24 godziny.

Ekstrakt wodny z roślin otrzymywano według standardowej procedury, dostępnej w literaturze, w następujący sposób:

Rośliny sorga po ścięciu podsuszano na słońcu przez 3-4 dni, następnie rozdrabniano na rozdrabniaczu do gałęzi. Tak przygotowaną siczkę umieszczano w plastikowych beczkach, a następnie zalewano wodą w stosunku 1:10 (w/v). Beczki z maceratem trzymano w temperaturze pokojowej przez 24 godziny. Po upływie tego czasu zlewano otrzymany wyciąg, przepuszczając go przez sito oraz tetrę.

Zadanie 2. Badanie właściwości allelopatycznych ekstraktów z sorga w stosunku do wybranych gatunków chwastów

Nasiona badanych gatunków chwastów zostały wysiane na szalkach Petriego wyłożonych bibułą. Na szalki aplikowano po 3 ml wyciągu z sorga co drugi dzień. Kontrolę stanowiły szalki podlewane wodą. Szalki inkubowano w temperaturze pokojowej. W celu oceny

wpływu wydzielin korzeniowych sorga, których głównymi składnikami są sorgoleon i rezorcynol, nasiona chwastów wyłożono na szalki Petriego z 5-cio dniowymi siewkami sorga. Według danych literaturowych maksimum wydzielania sorgoleonu siewki sorga osiągają między 5-tym a 10-tym dniem od wysiewu. Z uwagi na ten fakt ocenę kiełkowania przeprowadzono po 5-ciu dniach od wysiewu nasion chwastów.

Zadanie 3. Badanie wpływu ekstraktów z sorga na wybrane gatunki roślin zbożowych

Przeprowadzone zostało doświadczenie mające na celu ocenę wpływu ekstraktu wodnego z sorga (zwanego dalej sorgaabem) oraz wydzielin korzeniowych sorga na kiełkowanie i wzrost siewek pszenżyta, pszenicy oraz kukurydzy. Nasiona zbóż zostały wysiane na szalkach Petriego, podlewanych wyciągami z sorga. W celu określenia wpływu wydzielin korzeniowych, na szalki z 5-cio dniowymi siewkami sorga wysiane zostały nasiona zbóż. W obu przypadkach kontrolę stanowiły szalki z nasionami zbóż podlewane wodą. Szalki inkubowano w temperaturze pokojowej. Ocenę kiełkowania oraz pomiar wzrostu siewek wykonywano po 3 i 8 dniach (w przypadku oceny wpływu sorgaabu) oraz po 5 dniach (w przypadku oceny wpływu wydzielin korzeniowych).

Do oceny wpływu wydzielin korzeniowych sorga nie wykorzystano odmiany Rona, gdyż otoczkowanie nasion które zostało zastosowane w przypadku tej odmiany znacząco obniżyło jej kiełkowanie.

Zad. 4 Badania zawartości wybranych związków allelopatycznych w odmianach sorga.

W ekstraktach z roślin badanych odmian sorga uzyskanych w zadaniu 1 zostanie określona zawartość związków fenolowych. W ekstraktach z korzeni uzyskanych w zadaniach 2 i 3 określona została zawartość sorgoleonu oraz jego lipidowego analogu- rezorcynolu. Zbadana została dynamika syntezy sorgoleonu i rezorcynolu w korzeniach. Zawartość tych związków została określona przy wykorzystaniu chromatografii gazowej z detekcją płomieniowo-jonizacyjną (GC-FID). Standard zewnętrzny sorgoleonu otrzymano od prof. Franka E. Dayan'a z Colorado State University. Suma związków fenolowych jest w trakcie oznaczania.

WYNIKI

Zadanie 1. Wytworzenie materiału roślinnego sorga do badań biologicznych

Badane odmiany sorga różniły się tempem wzrostu w początkowej fazie (1-2 liści). Odmiana Rona posiadała niższe od pozostałych odmian tempo wzrostu.



Foto 1. Różnice w tempie wzrostu między odmianami sorga (z prawej: odmiana Rona, z lewej: odmiana KWS Lemnos)

Pielenie ręcznym pielniakiem spalinowym wykonane po wschodach sorga pozwoliło na wyeliminowanie szybko kiełkujących chwastów. Po zakryciu przez sorgo międzyrzędzi nie było konieczności mechanicznego usuwania chwastów. Szybkie tempo wzrostu sorga, niskie wymagania glebowe oraz wodne pozwalają tej roślinie z powodzeniem konkurować z chwastami.



Foto 2. Poletko z sorgiem po pieleniu pielniakiem spalinowym.

Badane odmiany sorga różniły się pod względem wczesności, co znalazło swoje odzwierciedlenie w tempie akumulacji suchej masy w roślinach.

Wszystkie badane odmiany sorga w warunkach ekologicznych plonowały na poziomie ok 60

t/ha. Plonowanie oraz wysokość roślin poszczególnych odmian zostały przedstawione w tab.1



Foto 3. Poletko z odmianami sorga (po prawej) na polu ekologicznym w Radzikowie. Dla porównania poletko z kukurydzą (po lewej).

Tab. 1 Plonowanie badanych odmian sorga w ekologicznych warunkach uprawy.

Odmiana	% zawartość suchej masy w roślinach w zależności od terminu zbioru				Plon zielonej masy t/ha	Wysokość roślin cm
	23.09	4.10	20.10	7.11	7.11	7.11
1- Rona	28,2	28,6	29,5	30,0	62,7	340
2- KWS Lemnos	34,6	33,9	34,0	35,0	68,1	435
3- KWS Merlin	34,8	37,3	38,0	38,5	66,7	470
4- KWS Titus	33,5	35,5	36,3	37,5	58,4	490
5- KWS Santos	33,7	33,9	37,5	40,0	69,8	435

Zawartość suchej masy oraz wysokość plonów korespondują z wczesnością określoną przez hodowcę sorga z firmy KWS. Odmiana najwcześniejsza, KWS Santos, osiągnęła najwyższą zawartość suchej masy przy listopadowym zbiorze. Odmiany trochę późniejsze, KWS Merlin oraz KWS Titus, osiągnęły niższą zawartość suchej masy. Najpóźniejsza, z odmian firmy KWS, odmiana Lemnos osiągnęła 35% zawartości suchej masy w roślinach. Najniższy poziom suchej masy osiągnęła odmiana Rona, która była dużo wcześniejsza od odmian firmy KWS. Najwyższy plon zielonej masy osiągnęła odmiana KWS Santos, natomiast najniżej plonowała odmiana KWS Titus. Badane odmiany różniły się również pod względem wysokości roślin. Najwyższe były rośliny odmiany KWS Titus, najniższe- odmiany Rona. Badane odmiany bardzo dobrze radziły sobie w ekologicznych warunkach uprawy. Silne wiatry oraz ulewy pod koniec października spowodowały znaczne wyleganie poletka z odmianą Rona. W przypadku pozostałych odmian złamaniu uległy jedynie pojedyncze

rośliny.

Po zbiorach sorga zabezpieczono próby roślin wszystkich badanych odmian do produkcji sorgaabu.

Zadanie 2. Badanie właściwości allelopatycznych ekstraktów z sorga w stosunku do wybranych gatunków chwastów

W badaniach wykorzystano nasiona czterech gatunków chwastów: owies głuchy (*Avena fatua* L; rodzina: wiechlinowate), kąkol polny (*Agrostemma githago* L; rodzina: goździkowate), szarłat (*Amaranthus*; rodzina: szarłatowate) oraz komosa biała (*Chenopodium album* L; rodzina: szarłatowate). Nasiona tych gatunków traktowano sorgaabami otrzymanymi z badanych odmian sorga. Kiełkowanie określano po 5 i 8 dniach od siewu. Wyniki przedstawiono w tab. 2

Tab.2 Wpływ wyciągów wodnych z sorga na kiełkowanie nasion chwastów

Gatunek	Kiełkowanie (%)											
	1		2		3		4		5		kontrola	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
<i>Agrostemma githango</i>	48	48	20	28	32	48	0	0	0	0	70	72
<i>Avena fatua</i>	15	25	25	25	20	40	10	15	15	15	0	10
<i>Amaranthus</i>	0	2	0	0	7	14	0	5	0	2	3	10
<i>Chenopodium album</i>	11	23	6	14	13	22	8	12	4	5	9	11

Legenda: 1-5 roztwory sorgaabu otrzymane z odmian sorga: 1- Rona, 2- KWS Lemnos, 3- KWS Merlin, 4- KWS Titus, 5- KWS Santos; kontrola- podlewanie wodą; I-II: kolejne oceny kiełkowania

Wszystkie otrzymane wyciągi z sorga wpływały na kiełkowanie badanych gatunków chwastów. W przypadku kąkolu polnego (*Agrostemma githango*) wyciągi nr 4 i 5 otrzymane z odmian KWS Titus oraz KWS Santos uniemożliwiły nasionom tego gatunku kiełkowanie (foto 4).



Foto 4. Wpływ wyciągów wodnych z sorga na kiełkowanie i wzrost siewek kąkolu polnego. Legenda: 1-5 roztwory sorgaabu otrzymane z odmian sorga: 1- Rona, 2- KWS Lemnos, 3- KWS Merlin, 4- KWS Titus, 5- KWS Santos; kontrola- podlewanie wodą

W przypadku nasion owsa głuchego (*Avena fatua*) kiełkowanie w kombinacjach traktowanych sorgaabem było wyższe niż w przypadku kontroli traktowanej wodą. Zjawisko to można tłumaczyć szybszym przełamaniem spoczynku nasion traktowanych sorgaabem. Nasiona szarłatu (*Amaranthus*) zareagowały opóźnieniem oraz obniżeniem kiełkowania w przypadku kombinacji traktowanych roztworami nr 1, 2, 4 oraz 5. W przypadku traktowania nasion szarłatu roztworem nr 3 zaobserwowano wyższe kiełkowanie niż w przypadku kontroli. Kiełkowanie nasion komosy białej (*Chenopodium album*) najsilniej ograniczyły wyciągi nr 4 i 5.

Z uwagi na słabe kiełkowanie nasion wszystkich gatunków poza kąkołem polnym, ocenę wpływu wydzielin korzeniowych sorga, przeprowadzono tylko dla tego gatunku. Wyniki przedstawiono w tab. 3. Najsilniej kiełkowanie nasion kąkołu polnego ograniczały wydzieliny korzeniowe odmian nr 2 i 5. W przypadku siewek pozostałych odmian sorga nie zaobserwowano spadku zdolności kiełkowania kąkołu.

Tab. 3 Wpływ wydzielin korzeniowych 5-cio dniowych siewek sorga na kiełkowanie kąkołu polnego

Gatunek	Kiełkowanie (%) po 5-ciu dniach				
	2	3	4	5	kontrola
<i>Agrostemma githango</i>	57	76	78	58	75

Legenda: 2-5 5-cio dniowe siewki odmian sorga: 2- KWS Lemnos, 3- KWS Merlin, 4- KWS Titus, 5- KWS Santos; kontrola- podlewanie wodą; I-II: kolejne oceny kiełkowania

Zadanie 3. Badanie wpływu ekstraktów z sorga na wybrane gatunki roślin zbożowych

a) Wpływ wyciągów wodnych z badanych odmian sorga na kiełkowanie nasion zbóż i kukurydzy

W przypadku pszenżyta jedynie wyciągi nr 2 i 5 obniżyły znacząco kiełkowanie nasion (do 51 i 75%) w odniesieniu do kontroli (98%). W przypadku pozostałych wyciągów osiągnięto zadowalające wyniki kiełkowania- ponad 90%. Nasiona pszenicy okazały się najmniej wrażliwe na traktowanie wyciągami z sorga. We wszystkich kombinacjach kiełkowanie wynosiło ponad 90%. Najbardziej wrażliwe na traktowanie sorgaabem okazały się nasiona kukurydzy. Jedynie w przypadku wariantu z roztworem nr 1 kiełkowanie wynosiło 96%. Najsilniej kiełkowanie nasion kukurydzy ograniczył roztwór nr 3 (kiełkowanie na poziomie 66%). Zbiorcze zestawienie wyników dotyczących wpływu wyciągów wodnych z sorga na kiełkowanie pszenicy, pszenżyta oraz kukurydzy przedstawiono w tab.4

Tab.4 Wpływ badanych wyciągów wodnych z sorga na kiełkowanie zbóż

Gatunek	kontrola		Kiełkowanie (%)									
			1		2		3		4		5	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
pszenżyto	95	98	94	95	30	51	95	97	92	95	61	75
pszenica	96	97	93	95	93	95	96	96	91	93	91	92
kukurydza	90	92	90	96	68	80	66	66	76	80	72	72

Legenda: 1-5 roztwory sorgaabu otrzymane z odmian sorga: 1- Rona, 2- KWS Lemnos, 3- KWS Merlin, 4- KWS Titus, 5- KWS Santos; kontrola- podlewanie wodą; I-II: kolejne oceny kiełkowania

b) Wpływ wyciągów wodnych z badanych odmian sorga na długość liści siewek

Badane wyciągi wodne z sorga wpływały również na wzrost liści oraz korzeni siewek zbóż i kukurydzy. Pomiar długości liści siewek kukurydzy i pszenżyta przeprowadzono po 3 i 8 dniach. Z uwagi na opóźniony wzrost kombinacji traktowanych sorgaabami, pomiar długości siewek pszenicy wykonano po 5 dniach. We wszystkich zastosowanych wariantach zaobserwowano, istotne statystycznie, ograniczenie wzrostu siewek. Zbiorcze zestawienie wyników przeprowadzonych pomiarów przedstawiono w tab. 5 oraz foto 5,6 i 7. W przypadku pszenicy wzrost siewek najmocniej ograniczył sorgaab otrzymany z odmiany nr 5. Wzrost siewek pszenżyta najmocniej ograniczył sorgaab z odmiany nr 4. W przypadku kukurydzy najmocniej wzrost siewek ograniczył roztwór nr 3.

Tab. 5 Wpływ wyciągów wodnych z sorga na długość siewek

Wariant	Długość liści siewek (cm)									
	Pszenica		Kukurydza				Pszenżyto			
	5 dniowe		3 dniowe		8 dniowe		3 dniowe		8 dniowe	
	Średnie	Odch.std	Średnie	Odch.std	Średnie	Odch.std	Średnie	Odch.std	Średnie	Odch.std
0	7,62	0,70	1,45	0,28	8,03	0,98	2,70	0,46	14,37	1,28
1	2,22	0,37	0,77	0,12	5,58	1,02	1,50	0,33	11,26	1,35
2	2,05	0,37	0,54	0,08	5,52	1,26	0,67	0,16	9,53	0,90
3	2,75	0,51	0,86	0,12	4,76	0,80	1,96	0,34	12,83	1,21
4	1,81	0,44	0,57	0,16	5,69	1,18	0,87	0,27	6,70	2,20
5	1,70	0,31	0,77	0,15	5,86	1,16	1,45	0,18	11,39	1,50
NIR (wg. Duncana)	0,419		0,146		0,963		0,276		1,311	

Na czerwono- wartości istotnie niższe od kontroli

Legenda: 1-5 roztwory sorgaabu otrzymane z odmian sorga: 1- Rona, 2- KWS Lemnos, 3- KWS Merlin, 4- KWS Titus, 5- KWS Santos; 0- podlewanie wodą;



Foto. 5 Wpływ wyciągów wodnych z sorga na wzrost pszenżyta- siewki 8-dniowe. (od lewej: 0-kontrola, 1-5 roztwory sorgaabu otrzymane z odmian sorga: 1- Rona, 2- KWS Lemnos, 3- KWS Merlin, 4- KWS Titus, 5- KWS Santos)



Foto. 6 Wpływ wyciągów wodnych z sorga na wzrost kukurydzy- siewki 8-dniowe. (od lewej: 0-kontrola, 1-5 roztwory sorgaabu otrzymane z odmian sorga: 1- Rona, 2- KWS Lemnos, 3- KWS Merlin, 4- KWS Titus, 5- KWS Santos)



Foto. 7 Wpływ wyciągów wodnych z sorga na wzrost pszenicy- siewki 5-dniowe. (od lewej: 0-kontrola, 1-5 roztwory sorgaabu otrzymane z odmian sorga: 1- Rona, 2- KWS Lemnos, 3- KWS Merlin, 4- KWS Titus, 5- KWS Santos)

c) Wpływ wydzielin korzeniowych 5-cio dniowych siewek sorga na kiełkowanie nasion zbóż i kukurydzy

Wydzieliny korzeniowe 5-cio dniowych siewek nieznacznie wpływały na kiełkowanie nasion badanych gatunków. We wszystkich wariantach zaobserwowano kiełkowanie na poziomie ok 90%. W przypadku pszenicy nasiona na szalkach z siewkami sorgo kiełkowały lepiej niż w przypadku kontroli. W przypadku nasion pszenżyta najniższe kiełkowanie nasion zaobserwowano w przypadku kombinacji z siewkami odmiany nr 5. W przypadku nasion kukurydzy, kiełkowanie najsilniej ograniczały wydzieliny korzeniowe siewek odmian 4 i 5.

Zbiorcze zestawienie wyników przedstawiono w Tab. 6.

Tab. 6 Wpływ wydzielin korzeniowych 5-cio dniowych siewek sorga na kiełkowanie nasion zbóż i kukurydzy

Gatunek	kontrola		Kiełkowanie (%)							
			2		3		4		5	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
pszenżyto	96	98	82	94	90	96	84	90	66	88
pszenica	95	96	95	98	96	98	97	98	97	98
kukurydza	90	92	86	90	86	91	78	88	82	86

Legenda: 2-5 5-cio dniowe siewki odmian sorga: 2- KWS Lemnos, 3- KWS Merlin, 4- KWS Titus, 5- KWS Santos; kontrola- podlewanie wodą; I-II: kolejne oceny kiełkowania

d) Wpływ wydzielin korzeniowych 5-cio dniowych siewek sorga na długość liści oraz korzeni siewek zbóż i kukurydzy

Najsilniejszy wpływ wydzielin korzeniowych sorga na długość liści siewek zaobserwowano w przypadku pszenżyta. W przypadku kukurydzy obniżenie długości siewek zaobserwowano jedynie w przypadku wariantu z odmianą sorga nr 4. W przypadku siewek pszenicy istotne statystycznie obniżenie długości, zaobserwowano w przypadku wariantów z odmianami sorga nr 3 i 4. Zbiorcze wyniki przedstawiono w tab. 7

Tab. 7 Wpływ wydzielin korzeniowych 5-cio dniowych siewek sorga na długość liści siewek zbóż i kukurydzy

Wariant	Długość siewek (liście)					
	Pszenica		Kukurydza		Pszenżyto	
	Średnie	Odch.std	Średnie	Odch.std	Średnie	Odch.std
0	7,62	0,70	3,04	0,40	9,04	0,79
2	6,95	0,52	3,74	0,51	6,51	0,92
3	6,33	1,17	3,97	0,59	5,75	1,03
4	5,66	0,80	2,61	0,39	5,61	0,80
5	6,85	0,99	3,21	0,62	5,27	0,54
NIR (wg. Duncana)	0,780		0,459		0,751	

Legenda: 2-5: 5-cio dniowe siewki odmian sorga: 2- KWS Lemnos, 3- KWS Merlin, 4- KWS Titus, 5- KWS Santos; 0- podlewanie wodą;

We wszystkich badanych kombinacjach dokonano również pomiarów długości korzeni siewek zbóż i kukurydzy. Zbiorcze zestawienie przedstawiono w tab. 8. W tym przypadku również pszenżyto okazało się być najbardziej wrażliwym gatunkiem. W przypadku kukurydzy tylko wydzielin siewek odmiany sorga nr 5 spowodowały istotne obniżenie długości korzeni. W przypadku pszenicy miało to miejsce w wariancie z odmianą nr 2.

Tab. 8 Wpływ wydzielin korzeniowych 5-cio dniowych siewek sorga na długość korzeni siewek zbóż i kukurydzy

Wariant	Długość korzeni siewek (cm)					
	Pszenica		Kukurydza		Pszenżyto	
	Średnie	Odch.std	Średnie	Odch.std	Średnie	Odch.std
0	9,50	2,03	11,70	2,70	10,75	1,23
2	7,90	1,13	10,60	1,33	7,30	1,32
3	8,70	1,25	12,75	3,49	9,95	2,59
4	6,40	1,35	10,20	2,11	5,50	0,97
5	8,90	1,02	9,40	1,56	4,20	1,14
NIR (wg. Duncana)	1,261		2,135		1,404	

Legenda: 2-5: 5-cio dniowe siewki odmian sorga: 2- KWS Lemnos, 3- KWS Merlin, 4- KWS Titus, 5- KWS Santos; 0- podlewanie wodą;

Zad. 4 Badania zawartości wybranych związków allelopatycznych w odmianach sorga.

a) Dynamika biosyntezy sorgoleonu przez włośniki sorga

W wyniku przeprowadzonych analiz stwierdzono, że korzenie badanych odmian sorga różnią się pomiędzy sobą pod względem poziomu produkcji sorgoleonu. Maksimum produkcji tego związku w odniesieniu do suchej masy korzeni przypadło w fazie 5-cio dniowych siewek. Wyniki te znajdują również potwierdzenie w danych literaturowych (Uddin i wsp., 2010). Jedynie w przypadku korzeni odmiany Rona w fazie 10-cio dniowych siewek odnotowano wyższe stężenie niż w przypadku siewek o 5 dni młodszych. Wynik ten można wytłumaczyć wolniejszym wzrostem siewek tej odmiany. Najwyższą produkcję sorgoleonu (35,96 mg/g suchej masy) odnotowano w przypadku 5-cio dniowych siewek odmiany nr 2. Najniższą produkcję sorgoleonu stwierdzono u wszystkich odmian sorga w przypadku siewek 15-to dniowych. Po upływie 5 dni, nastąpił wzrost produkcji sorgoleonu. Zjawisko to związane jest z pobudzeniem produkcji sorgoleonu poprzez wymywanie go wodą przy podlewaniu siewek. Korzenie sorga produkują sorgoleon tylko do pewnej granicy, powyżej której jego wytwarzanie spada. Po spłukaniu sorgoleonu wodą, następuje ponowny wzrost wydzielania tego związku. Szczegółowe wyniki dotyczące dynamiki biosyntezy sorgoleonu oraz jego lipidowego analogu- rezorcynolu przedstawiono w tab. 9. Chromatogram sorgoleonu i rezorcynolu przedstawiono na foto. 7.

Tab. 9 Dynamika biosyntezy sorgoleonu i rezorcynolu w korzeniach siewek sorga

Odmiana	Waga korzonków [g]	SM [%]	Sorgoleon mg/g świeżej masy	Rezorcynol mg/g świeżej masy	Sorgoleon mg/g suchej masy	Rezorcynol mg/g suchej masy	Sorg/Rezorc
<i>5 dni</i>							
1	1,66	3,00	0,40	0,08	13,42	2,80	4,8
2	2,58	3,00	1,08	0,24	35,96	8,04	4,5
3	1,88	3,00	0,89	0,23	29,71	7,53	3,9
4	2,86	3,00	0,80	0,23	26,67	7,63	3,5
5	2,87	3,00	0,86	0,20	28,76	6,60	4,4
<i>10 dni</i>							
1	2,90	3,91	0,59	0,18	15,01	4,71	3,2
2	5,83	3,10	0,64	0,17	20,81	5,51	3,8
3	2,42	4,62	0,79	0,25	17,11	5,34	3,2
4	5,01	3,79	0,65	0,21	17,11	5,48	3,1
5	5,02	3,46	0,64	0,20	18,35	5,79	3,2
<i>15 dni</i>							
2	3,44	5,51	0,61	0,13	10,99	2,35	4,7
3	3,72	4,92	0,35	0,10	7,06	2,05	3,4
4	3,55	7,06	0,93	0,30	13,15	4,18	3,1
5	5,15	4,66	0,52	0,19	11,21	4,03	2,8
<i>20 dni</i>							
2	3,42	6,78	1,25	0,35	18,48	5,21	3,5
3	2,11	7,45	1,02	0,29	13,62	3,92	3,5
4	3,87	7,19	1,59	0,49	22,17	6,82	3,3
5	3,45	5,25	0,75	0,21	14,19	4,00	3,5

Legenda: 1-Rona; 2- KWS Lemnos, 3- KWS Merlin, 4- KWS Titus, 5- KWS Santos;

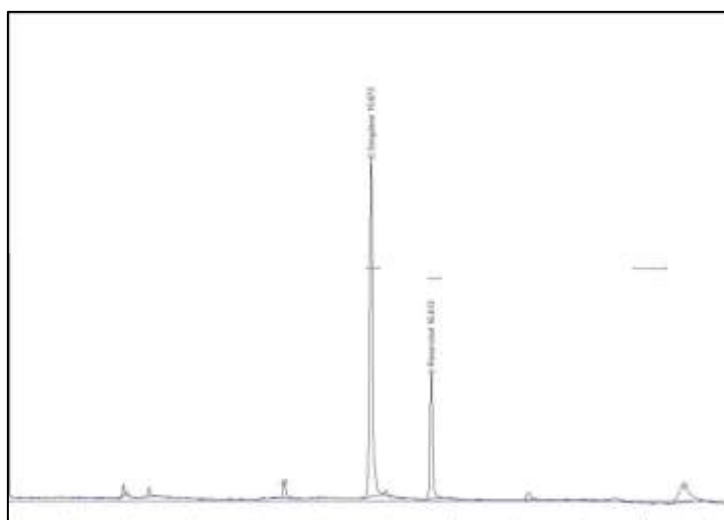


Foto 7. Chromatogram sorgoleonu i rezorcynolu

b) Analiza biosyntezy sorgoleonu przez korzenie sorga w obecności nasion zbóż

Analizując produkcję sorgoleonu przez korzenie sorga na szalkach na które wysiano nasiona zbóż i kukurydzy stwierdzono, że najwyższy poziom tego związku był obecny we wszystkich kombinacjach odmiany nr 5. Wyniki analizy biosyntezy sorgoleonu (tab. 10) pokrywają się z wynikami dotyczącymi wpływu wydzielin 5-cio dniowych siewek sorga na kiełkowanie pszenicy, pszenżyta oraz kukurydzy. W przypadku kukurydzy i pszenżyta obniżone kiełkowanie zaobserwowano w wariancie z siewkami odmiany nr 5 (patrz: tab.5). Najwyższy poziom produkcji sorgoleonu stwierdzono w przypadku siewek sorga które znajdowały się na szalkach z nasionami kukurydzy.

Tab. 10 Produkcja sorgoleonu i rezorcynolu przez korzenie sorga w obecności nasion zbóż

Odmiana	Waga korzonków [g]	SM [%]	Sorgoleon mg/g świeżej masy	Rezorcynol mg/g świeżej masy	Sorgoleon mg/g suchej masy	Rezorcynol mg/g suchej masy	Sorg/Rezorc
<i>Pszenica</i>							
2	2,68	4,09	0,47	0,14	11,53	3,47	3,3
3	1,79	4,80	0,75	0,26	15,53	5,28	2,9
4	2,99	4,73	0,65	0,22	13,96	4,61	3,0
5	3,89	4,07	0,72	0,24	17,66	5,85	3,0
<i>Pszenżyto</i>							
2	1,84	4,39	0,66	0,21	15,39	4,95	3,1
3	2,05	3,41	0,36	0,14	10,49	4,10	2,6
4	2,48	5,21	0,73	0,24	13,92	4,66	3,0
5	2,92	4,70	1,11	0,39	23,70	8,36	2,9
<i>Kukurydza</i>							
2	1,23	8,69	1,73	0,41	20,18	4,73	4,2
3	1,20	7,54	1,19	0,35	15,45	4,52	3,5
4	2,22	7,01	1,25	0,33	17,46	4,76	3,7
5	1,68	7,80	1,82	0,49	22,64	6,16	3,6

Legenda: 2-5 5-cio dniowe siewki odmian sorga: 2- KWS Lemnos, 3- KWS Merlin, 4- KWS Titus, 5- KWS Santos;

c) Badanie zawartości kwasów fenolowych w wyciągach wodnych z sorga

Analiza zawartości związków fenolowych w wyciągach wodnych z sorga jest w trakcie realizacji.

WNIOSKI

1. Badane odmiany sorga cukrowego (*Sorghum bicolor*), w ekologicznych warunkach uprawy, bardzo dobrze poradziły sobie z konkurencją ze strony chwastów oraz osiągnęły plony zielonej masy na zadowalającym poziomie.

2. Poziom wydzielania sorgoleonu przez włośniki różnił się pomiędzy badanymi odmianami. Produkcja sorgoleonu uzależniona była również od wieku siewek. Najwyższy poziom biosyntezy tego związku, we wszystkich odmianach sorga, występował u 5-cio dniowych siewek.
3. Uzyskane wyniki dotyczące wpływu sorgaabu na kiełkowanie i wzrost pszenicy, pszenżyta oraz kukurydzy, wskazują na potrzebę zachowania ostrożności w stosowaniu tego preparatu przedwschodowo, gdyż może on ograniczyć kiełkowanie oraz wzrost rośliny uprawnej.
4. W porównaniu do sorgaabu, wydzielin korzeniowe siewek sorga w niższym stopniu wpływały na kiełkowanie oraz wzrost zbóż, kukurydzy oraz kąkol polnego.
5. Wszystkie badane odmiany sorga posiadają właściwości allelopatyczne, pozwalające na wykorzystanie ich do ograniczania liczebności chwastów.
6. Badania nad wpływem wyciągu wodnego z sorga (sorgaabu) oraz wydzielin korzeniowych sorga, na badane gatunki zbóż oraz chwastów przyniosły interesujące wyniki które wymagają potwierdzenia w doświadczeniach polowych.
7. Zgromadzony materiał roślinny sorga oraz wyekstrahowany sorgoleon pozwalają na przeprowadzenie dalszych badań nad wykorzystaniem potencjału allelopatycznego sorga w rolnictwie ekologicznym.

LITERATURA CYTOWANA

- Alsaadawi I.S., Dayan F.E 2009 Potentials and prospects of sorghum allelopathy in agroecosystems. *Allelopathy Journal* 24(2): 255-270
- Batlang U., Shushu D.D 2007 Allelopathic activity of sunflower (*Helianthus annuus* L.) on growth and nodulation of bambora groundnut (*Vigna subterranean* (L.) Verdc.).
- Bhatti M.Q.L., Cheema Z.A., Mahmood T. 2000 Efficacy of sorgaab as natural weed inhibitor in raya. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 3(7): 1128-1130
- Cheema Z.A., Sadiq H.M.I, Khaliq A. 2000 Efficacy of Sorgaab (Sorghum water extracts) as a natural weed inhibitor in wheat. *International Journal of Agriculture and Biology* 1560-8530/2000/02-1-2-144-146
- Dayan F. E., Rimando A.M., Pan Z., Baerson S.R., Gimsing A.L., Duke S.O. 2010 Sorgoleone. *Phytochemistry* 71: 1032-1039
- Ercisli S., Esitken A., Turkkal C., Orhan E. 2005 The allelopathic effects of juglone and walnut leaf extracts on yield, growth, chemical and PNE compositions of strawberry cv. Fern. *PLANT SOIL ENVIRON.*, 51 (6): 283-287
- Golisz A., Gawrońska H., Gawroński S.W. 2004. Allelopathic activity of buckwheat: Identification of biological active substances using HPLC. Second European Allelopathy. Symposium Allelopathy — from understanding to application. 3rd — 5th June 2004, Pulawy, Poland
- Jesudas A. P., Jayasurya K. S., Ignacimuthu S. 2014 Sorgoleone from *Sorghum bicolor* as a potent bioherbicide *Res. J. Recent. Sci.* Vol.3 : 32-36
- Khan, M. B., Ahmad M., Hussain M., Jabran K., Farooq S., Waqas-UI-Haq M. 2012. "Allelopathic plant water extracts tank mixed with reduced doses of atrazine efficiently

control *Trianthema portulacastrum* L. in *Zea mays* L." *Journal of Animal and Plant Sciences* 22: 339–346

Prażak R. 2015 Uprawa sorga cukrowego w Polsce. *Wiś Jutra*, 2: 46-47

Sołtys D., Gniazdowska A., Bogatek R. 2010 Sorgoleon- główny związek warunkujący potencjał allelopatyczny sorga (*Sorghum* spp.). *Problemy Nauk Biologicznych* Tom 59: 567-579

Uddin M.R., Park K.W, Kim Y.K., S.U Park. Pyon J.Y., 2010 Enhancing sorgoleone levels in grain sorghum root exudates. *J. Chem. Ecol* 36: 914-922

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) NR 1007/2009 z 21 października 2009 r. dotyczące wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin i uchylające dyrektywy Rady 79/117/EWG i 91/414 EWG źródło: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1107&from=EN>