

ISBN 83-89576-91-0

INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
INSTITUTE OF SOIL SCIENCE AND PLANT CULTIVATION
STATE RESEARCH INSTITUTE



Jerzy Grabiński

STUDIA NAD POTENCJAŁEM
ALLELOPATYCZNYM ŻYTA OZIMEGO

MONOGRAFIE
I ROZPRAWY
NAUKOWE

16

PUŁAWY

2006

INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
INSTITUTE OF SOIL SCIENCE AND PLANT CULTIVATION
STATE RESEARCH INSTITUTE

Dyrektor: prof. dr hab. *Seweryn Kukula*

Redaktor: doc. dr hab. *Janusz Podleśny*

Recenzent: prof. dr hab. *Ewa Stupnicka-Rodzyńkiewicz*

Opracowanie redakcyjne i techniczne: dr *Irena Marcinkowska*

Nakład 150 egz., B-5, zam. 42/F/06
Dział Upowszechniania i Wydawnictw IUNG - PIB w Puławach
tel. (081) 8863421 w. 301 i 307; fax (081) 8864547
e-mail: iung@iung.pulawy.pl; <http://www.iung.pulawy.pl>

Jerzy Grabiński

STUDIA NAD POTENCJAŁEM ALLELOPATYCZNYM
ŻYTA OZIMEGO

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP I CEL BADAŃ	7
2. PRZEGLĄD LITERATURY	8
3. MATERIAŁ I METODY	14
3.1. Określanie wpływu rozkładającej się biomasy żyta na różne gatunki chwastów	14
3.2. Oznaczanie zawartości związków fenolowych w masie zielonej żyta	15
3.2.1. Kwasy hydroksamowe	15
3.2.2. Flawonoidy	15
3.3. Określanie zmian zawartości związków fenolowych w roślinach żyta w czasie wegetacji	16
3.4. Określanie wpływu warunków glebowych na zawartość związków fenolowych w roślinach żyta	16
3.5. Określanie wpływu warunków termicznych na zawartość związków fenolowych w roślinach żyta	16
3.6. Określanie fitotoksyczności związków fenolowych występujących w życie w stosunku do chwastów	19
3.7. Określanie wpływu poplonu z żyta ozimego na grykę	19
3.8. Obliczenia statystyczne	19
4. WYNIKI BADAŃ	20
4.1. Walory allelopatyczne biomasy żyta w stosunku do różnych gatunków chwastów	20
4.1.1. Stosowanie zielonej masy żyta w okresie jesiennym	20
4.1.2. Stosowanie zielonej masy żyta w okresie wiosennym	25
4.2. Identyfikacja związków fenolowych w roślinach żyta	33
4.3. Wpływ czynnika genetycznego na zawartość związków fenolowych w roślinach żyta	34
4.4. Zmiany zawartości związków fenolowych w roślinach żyta w czasie wegetacji	35
4.5. Wpływ warunków termicznych na zawartość związków fenolowych w roślinach żyta	37
4.6. Wpływ warunków glebowych na zawartość związków fenolowych w roślinach żyta	39
4.7. Wpływ wodnych i alkoholowych roztworów flawonoidów wyekstrahowanych z żyta na chwasty	39
4.8. Wpływ poplonu z żyta ozimego na wybraną roślinę uprawną późnego siewu – grykę	43
5. DYSKUSJA	44
6. WNIOSKI	50
7. LITERATURA	51
8. STRESZCZENIE	58

1. WSTĘP I CEL BADAŃ

Względy ekonomiczne i środowiskowe powodują w ostatnich dziesięcioleciach wyraźny wzrost zainteresowania alternatywnymi metodami walki z agrofagami w zasiewach roślin uprawnych (127). Obecnie można już mówić o niemal powszechnym przeświadczeniu, że intensywne technologie produkcji i pozyskiwania płodów rolnych winny zostać zastąpione przez technologie integrowane, w których środki ochrony roślin i nawozy stosowane są w ograniczonym zakresie (69). Coraz powszechniejsze stają się także gospodarstwa ekologiczne, w których całkowicie rezygnuje się z nawozów mineralnych i pestycydów. W wielu krajach gospodarstwa tego rodzaju stanowią już znaczący odsetek (49, 107). W ostatnich latach także w Polsce wyraźnie wzrasta liczba gospodarstw ekologicznych (107), tym samym zwiększa się zapotrzebowanie na wiedzę określającą sposoby realizacji technologii produkcji w tego typu gospodarstwach. Ośrodki naukowe na całym świecie usiłują temu zapotrzebowaniu sprostać. Jednym z największych wyzwań związanych z gospodarowaniem ekologicznym i integrowanym jest określenie właściwych sposobów regulacji zachwaszczenia, bowiem masowe wystąpienie chwastów może być powodem strat plonu sięgających nawet kilkudziesięciu procent (1). W opublikowanych dotychczas pracach naukowych przedstawiane są z jednej strony próby ograniczenia ilości stosowanych herbicydów poprzez racjonalne wybory w zakresie terminu i normy wysiewu, rozstawy rzędów, doboru odmian czy płodozmianu (38), a z drugiej strony coraz intensywniej rozwija się nurt badawczy, w którym proponuje się ograniczać zachwaszczenie sposobami niekonwencjonalnymi. Należą do nich między innymi metody opierające się na zjawisku allelopatii (15, 16, 50, 85, 125, 127, 134) związanym z metabolitami wtórnymi roślin, które po uwolnieniu do środowiska ograniczają kiełkowanie i wzrost chwastów (9, 10, 35, 59, 97, 103, 112, 135), zwłaszcza w początkowych stadiach ich wzrostu i rozwoju (36, 117). Związki te mogą mieć znaczenie także w ograniczaniu występowania chorób (36, 46, 52, 79, 128) i szkodników roślin uprawnych (106, 111, 137).

Potencjał allelopatyczny poszczególnych gatunków roślin jest bardzo zróżnicowany. Wśród gatunków charakteryzujących się wysokim potencjałem allelopatycznym znajduje się między innymi żyto. Udowadniają to liczne prace badawcze prezentowane przede wszystkim w literaturze zagranicznej (9, 11, 12, 29, 114). Doniesienia te skłoniły autora niniejszej publikacji do podjęcia badań określających potencjał allelopatyczny tego bardzo popularnego w Polsce gatunku.

Podstawę do zaplanowania eksperymentalnej części badań stanowiły następujące cele szczegółowe:

- określenie wpływu biomasy odmian żyta uprawianego w Polsce na wzrost i rozwój powszechnie występujących gatunków chwastów;
- określenie rodzaju związków fenolowych występujących w życie, decydujących o jego walorach allelopatycznych;
- określenie wpływu warunków siedliska i agrotechniki na zawartość allelopatycznych związków fenolowych w roślinach żyta;

– określenie dynamiki zmian zawartości związków fenolowych w roślinach żyta w czasie wegetacji, jako podstawy do wyznaczenia optymalnego terminu zastosowania biomasy dla osiągnięcia najsilniejszego efektu allelopatycznego.

Dodatkowo, wśród założonych celów uwzględniono także wstępne określenie wpływu biomasy żyta ozimego na roślinę uprawną późnowiosennego siewu – grykę, która w Polsce może być uprawiana jako plon wtóry po poplonie z żyta. Wybór gryki związany był z tym, że dotychczas nie opracowano dla tego gatunku metod chemicznego zwalczania chwastów. Niechemiczne metody ograniczania zachwaszczenia w przypadku gryki byłyby zatem przydatne nie tylko w rolnictwie ekologicznym i integrowanym, ale także w intensywnych technologiach produkcji roślinnej.

2. PRZEGLĄD LITERATURY

Kluczowym elementem agrotechniki decydującym o poziomie produktywności jest ograniczenie zachwaszczenia (1). Nawet w krajach rozwiniętych, mimo powszechnego stosowania herbicydów, straty plonów powodowane przez chwasty są bardzo duże (1, 75). Jedną z przyczyn tego zjawiska jest uodparnianie się chwastów na niektóre substancje aktywne (65, 75). Zjawisko to zmusza do poszukiwania nowych, bardziej wydajnych i specyficznych związków chemicznych (39, 96, 100, 115). Firmy chemiczne realizują ten cel, wprowadzając na rynek ciągle nowe herbicydy o bardzo dużej skuteczności zwalczania chwastów (96). Z drugiej strony coraz silniej, zwłaszcza w ostatnich latach, rozwija się nurt poszukiwań alternatywnych metod zwalczania chwastów, umożliwiających zmniejszenie zachwaszczenia bez stosowania herbicydów (1, 38). Wśród nich na szczególną uwagę zasługują te, w których do ograniczenia występowania chwastów wykorzystuje się występujące powszechnie w przyrodzie zjawisko allelopatii (40-42), związane z obecnością w roślinach tzw. metabolitów wtórnych (64, 71, 99). Jeśli związki te znajdują się w środowisku glebowym mogą decydować o kiełkowaniu i wzroście roślin, w tym także chwastów rosnących w łąkach roślin uprawnych. Zjawisko allelopatii zostało zdefiniowane po raz pierwszy przez M o l i s c h a w 1937 roku (78). Od tamtego czasu termin allelopatia używany jest dla określania biochemicznych interakcji pomiędzy roślinami (30, 105). Substancje allelopatyczne w specyficznych warunkach przedostają się do ryzosfery lub atmosfery poprzez zjawisko eksudacji czy wymywania lub też tworzą się w wyniku rozkładu masy organicznej roślin. Jeżeli ich koncentracja przekroczy pewne granice, to oddziałują one na rosnące w pobliżu rośliny lub modyfikują wzrost i rozwój roślin następczych (30).

Potencjał allelopatyczny poszczególnych gatunków roślin jest bardzo zróżnicowany. Wykazuje go bardzo wiele gatunków powszechnie uprawianych, a w szczególności pszenica (6, 84, 86, 136, 137), jęczmień (7, 91), kukurydza (122, 123), sorgo (43), ryż (30, 127) i żyto (9, 11, 12, 17, 29, 54, 66, 95, 114, 116, 120, 124, 131, 139). Ostatni z wymienionych gatunków jest uprawiany powszechnie w naszym kraju. Według danych GUS w roku 2005 żyto zajmowało powierzchnię przekraczającą 1,5 mln ha (53)

i w związku z tym można je uznać za gatunek szczególnie interesujący w opisywanym aspekcie.

Objawy allelopatycznego oddziaływania żyta na chwasty zaobserwowało wielu autorów. Polegały one przede wszystkim na ograniczaniu ich kiełkowania i wzrostu (10, 13, 63). P u t n a m i D e F r a n k (102) wykazali, że biomasa żyta wpływa na ograniczenie zdolności kiełkowania takich gatunków, jak: *Ambrosia artemisiifolia*, *Setaria viridis*, *Amaranthus retroflexus* i *Portulaca oleracea* odpowiednio o 43, 80, 95 i 100%. W badaniach S h i l l i n g a i in. (114) poddane desykcji żyto pozostawione na powierzchni pola w systemie bezuprawowym (no-till) wpłynęło na redukcję masy chwastów: *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus* i *Ambrosia artemisiifolia* w porównaniu z polem, na którym nie zastosowano mulczu odpowiednio o 95, 96 i 92%. C r e a m e r i in. (35) uzyskali 98% skuteczność zniszczenia chwastu *Solanum ptycanthum* wskutek stosowania roztworu uzyskanego z wypłukiwania zielonej masy żyta. B a r n e s i P u t n a m (13) udowodnili, że ekstrakt powstały wskutek przemywania korzeni żyta również ogranicza wzrost wielu gatunków chwastów. P r z e p i ó r k o w s k i i G ó r s k i (97) przeprowadzili badania, w których określili wpływ masy zielonej żyta na chwasty odporne na herbicydy triazynewe, takie jak: *Echinochloa crus-galli*, *Epilobium ciliatum*, *Conyza canadensis*. Spośród wymienionych gatunków chwastów jedynie *Echinochloa crus-galli* charakteryzował się ograniczeniami we wzroście pod wpływem kontaktu z biomasą żyta, natomiast dwa pozostałe gatunki zredukowały wzrost tylko w niewielkim stopniu.

W badaniach C h a s e i in. (26) roślinami testowymi były gatunki chwastów różniące się wielkością nasion. Autorzy ci stwierdzili większą odporność na oddziaływanie metabolitów wtórnych pozyskanych z żyta: 1,4(2H)-benzoksazyn-3-onu (DI-BOA), 2(3H)-benzoksazolinonu (BOA) oraz 2,2-okso-1,1-azobenzenu (AZOB) roślin posiadających grube nasiona, dobrze wschodzące z głębszych warstw gleby niż roślin drobnonasiennych. Fakt ten wytłumaczyli obecnością większej ilości allelozwiązków w wierzchniej warstwie gleby, w której wschodzą rośliny posiadające nasiona drobne. Podobne rezultaty osiągnęli też B u r g o s i T a l b e r t (21).

Podstawowe znaczenie w badaniach zjawiska allelopatii ma identyfikacja związków chemicznych, które za to oddziaływanie odpowiadają (44, 71, 90, 132). Powszechnie wiadomo, że większość substancji o charakterze allelopatycznym należy do wtórnych metabolitów roślin, będących związkami fenolowymi. R i c e (104) określił substancje allelopatyczne jako związki leżące na szlaku przemian kwasu szikimowego i octowego. E i n h e l l i g i L e a t h e r (41) wśród związków allelopatycznych wyróżnili kwas benzoesowy i cynamonowy, kumaryny, taniny, flavonoidy, terpenoidy, niektóre alkaloidy, steroidy oraz chinony. Istnieje szereg grup związków chemicznych, w obrębie których tylko nieliczne zostały zidentyfikowane jako inhibitory allelopatyczne (104). Na przykład wśród licznej grupy flawonoidów do najbardziej znanych allelopatyn należą: florydzyna, kempferol, kwercytyna oraz mirycetyna (59). W e s t o n i in. (126) zidentyfikowali działające allelopatycznie flawonoidy w roślinach *Agropyron repens*, a C a s t a n e d a i in. (23) w roślinach *Celaenodendron mexicanum*.

G u e n z i i M c C a l l a (56) działanie inhibicyjne sorga łączy z występowaniem takich substancji, jak: kwas syryginowy, kofeinowy oraz prokatechinowy. Natomiast C h o u (30) potencjał allelopatyczny ryżu wytłumaczył obecnością kwasu p-hydroxybenzoowego.

W roślinach żyta zidentyfikowano jako inhibitory wzrostu ośmiem kwasów: wanioliowy, ferulowy, fenylacetylowy, 4-fenylomasłowy, p-kumarynowy, p-hydrobenzoowy, salicylowy, o-kumarynowy i jeden aldehyd – salicylowy (136, 137). D e l l a m o n i c a i i n. (37) przedstawili wyniki swoich prac, z których wynikało, że charakteryzujące się wysokim potencjałem allelopatycznym żyto (*Secale cereale*) zawiera w młodych liściach glikozydy izowiteksyny, a S c h u l z i W e i s s e n b ö c k (110) zwrócili uwagę na pochodzące z tej samej grupy flawonoidów pochodne luteoliny. Natomiast S h i l l i n g i i n. (113) stwierdzili, że za zjawisko allelopatii w przypadku żyta odpowiedzialne są dwa kwasy tłuszczowe: β -fenylomlekowy i β -hydroksymasłowy. W badaniach tych wykazano, że pierwszy z wymienionych kwasów charakteryzuje się większą aktywnością niż drugi. Jednak stosunkowo najwięcej uwagi w badaniach nad występowaniem zjawiska allelopatii u zbóż poświęcono kwasom hydroksamowym (2, 6, 20, 28, 34, 45, 58, 61, 68, 72, 73, 80, 111, 129, 132, 140). Kwasy hydroksamowe są wtórnymi metabolitami roślin, zidentyfikowanymi w życie po raz pierwszy przez V r i t a n e n a i H i e t a l a (124). Są one pochodnymi 2-hydroksy-1,4-benzoksazyn-3-onu. Występują także w innych roślinach zbożowych, takich jak: kukurydza (24), pszenica (88), pszenżyto (32), a także w dzikich formach roślin z rodzaju *Hordeum* (14). Ponadto można je spotkać u innych gatunków z rodziny *Poaceae* (dawniej *Gramineae*), np.: *Aegilops* (88), *Arundo*, *Chusquea* (140), *Coix* (82) i *Elymus* (139). C h e n i C h e n (28) stwierdzili obecność tych związków także w roślinach z rodzaju *Scoparia*.

Prace B a r n e s a i i n. (9) doprowadziły do wykrycia dalszych związków allelopatycznych: 2,4-dihydroksy-7-metoksy-1,4(2H)-benzoksazyn-3-onu (DIBOA) oraz produktu jego degradacji 2(3H)-benzoksazolinonu (BOA). F u e r s t i P u t n a m (50) wydzielili za pomocą chromatografii cienkowsarstowej (TLC) z biomasy żyta dwa związki: 2,4-dihydroksy-benzoksazyn-3-onu (DIBOA) i produkt jego rozpadu 2-(3H)-benzoksazolinonu (BOA). W teście biologicznym DIBOA powodował redukcję korzeni i pędów, ale słabo działał na proces kiełkowania. S h i l l i n g i i n. (114) zidentyfikowali w roślinach żyta kwas fenylomlekowy (PLA) oraz hydroksymasłowy (HBA). Ich aktywność fitotoksyczna była od 2 do 30 razy słabsza niż fitotoksyczność związków BOA i DIBOA w badaniach B a r n e s a i i n. (9).

O sile oddziaływania allelopatycznego decyduje nie tylko charakter chemiczny danego związku, ale także jego ilość, która uwolni się w drodze rozkładu substancji organicznej bądź innych procesów (59, 132). Dlatego też nieodłącznym elementem badań z tego zakresu jest ocena ilościowa substancji potencjalnie allelopatycznych. Liczne badania wykazały, że duży wpływ na zawartość związków fenolowych ma wiek rośliny. Na przykład omówione szeroko w literaturze aktywne allelopatycznie kwasy hydroksamowe nie występują w nasionach roślin zbożowych (5, 47), ale już

w fazie kiełkowania rozpoczyna się proces ich wytwarzania (47). Maksymalną zawartość kwasów hydroksamowych stwierdzono w kilkudniowych siewkach pszenicy (5) i kukurydzy (67). B a r n e s i P u t n a m (12) stwierdzili obecność kwasów hydroksamowych również w znacznie starszych, bo 35-dniowych roślinach żyta rosnącego zarówno w szklarni, jak i na polu. W późniejszych fazach rozwoju ilość kwasów hydroksamowych zasadniczo się zmniejsza (31). Również w przypadku innych związków fenolowych zależność ta jest podobna. C a s t i l l o i in. (22) stwierdzili zdecydowanie największą ilość flawonoidów w młodych siewkach *Citrus aurantium*. Zawartość tych związków w kolejnych fazach wzrostu znacznie się zmniejszyła. Odmiennie wyniki badań uzyskali P e r e z i O r m e n o (94). W badaniach tych autorów kwasy hydroksamowe występowały przez cały okres wegetacji żyta.

Duży wpływ na różnice w ilości i jakości związków allelopatycznych w roślinach ma czynnik genetyczny (18, 118, 132). Przy czym, jak można wnioskować z niektórych badań (48), nowsze odmiany zawierają wyraźnie mniej tych związków chemicznych niż odmiany starsze. A l s a a d a w i i in. (3) w swoich eksperymentach przebadali eksudaty ze 100 odmian sorga pod względem wpływu na kiełkowanie, wzrost i rozwój *Amaranthus retroflexus*. Okazało się, że tylko 25 z przebadanych odmian bardzo silnie (na poziomie przekraczającym 80%) ograniczało kiełkowanie wymienionego gatunku chwastu. Natomiast eksudaty części odmian wykazywały w tym względzie bardzo słabą aktywność; kiełkowanie *A. retroflexus* kształtowało się na poziomie przekraczającym 70%. Duży wpływ czynnika genetycznego na efekt allelopatyczny wykazali także E s c o b a r oraz N i e m e y e r (48), którzy przebadali zarejestrowane w Szwecji w XX wieku odmiany pszenicy jarej. Z analiz tych jednoznacznie wynikało, że rejestrowane w ostatniej dekadzie minionego wieku odmiany charakteryzowały się zdecydowanie mniejszą zawartością DIMBOA w 6-dniowych siewkach niż odmiany rejestrowane wcześniej.

Zawartość allelopatyn w roślinie zależy w dużym stopniu od warunków wzrostu. Przykładem udowadniającym tę tezę mogą być badania przeprowadzone przez T h o m p s o n a i in. (121), w których niska temperatura stymulowała wytwarzanie kwasów hydroksamowych w korzeniach kukurydzy. Podobny wpływ warunków termicznych na zawartość tych związków został zauważony przez E p s t e i n a i in. (47). Niektórzy badacze zwrócili uwagę na zależność odwrotną, to znaczy występowanie zwiększonej zawartości związków fenolowych w warunkach wyższej temperatury (27). W wymienionym przypadku temperatura była czynnikiem silnie stymulującym wytwarzanie w roślinach gatunku *Cistus ladanifer* kempferolu-3,7-di(0)metylu. Czynnikiem pogodowym związanym bezpośrednio z warunkami termicznymi, decydującym o syntezie związków fenolowych jest także promieniowanie ultrafioletowe. Wykazały to badania M a n u w o t o i S c r i b e r a (77), w których rosnące w warunkach słabego oświetlenia rośliny posiadały więcej kwasów hydroksamowych niż rośliny lepiej oświetlone. Pewną rolę w procesie wytwarzania fenoli odgrywa także czas trwania fazy świetlnej fotosyntezy. Rośliny pszenicy rosnące w warunkach dłuższego czasu oświetlenia wytwarzają więcej tych związków (47) niż rośliny krócej oświetlone.

M w a j a i in. (81) odkryli, że o walorach allelopatycznych danego gatunku mogą decydować warunki glebowe. Badacze ci udowodnili, że większej zawartości allelopatyn (BOA i DIBOA) występujących w życie można się spodziewać w roślinach rosnących na glebach mniej żyznych niż na glebach o dużej żyzności. Spostrzeżenia te zostały potwierdzone przez kilku innych badaczy (55, 60, 89), którzy zwrócili uwagę także na pozytywny wpływ nawożenia azotem na wytwarzanie tych związków w roślinach. W niektórych badaniach fakt ten nie został jednak potwierdzony (57). Pewien wpływ na syntezę związków fenolowych mogą mieć także mikroelementy. Badania N i e m e y e r a (87) wykazały na przykład dodatni wpływ niedoboru żelaza na biosyntezę fenoli.

Należy dodać, że wpływ na wzrost zawartości związków fenolowych w roślinach mogą mieć również czynniki stresowe, jak na przykład susza (119) czy uszkodzenia wywołane przez szkodniki (33, 62, 70, 76, 74, 106, 108, 111, 137).

Kończąc rozważania dotyczące zmian ilościowych allelopatyn w roślinie należy zwrócić uwagę na fakt dużego zróżnicowania aktywności biologicznej związków allelopatycznych. Wiele kumaryn, kwasów fenolowych, flawonoidów, monoterpenów czy laktonów seskwiterpenowych hamuje wzrost roślin w przedziale stężeń od 100 do 1000 μM . Ale, jak zauważyli E i n h e l l i g i S o u z a (43), są także związki, które wykazują wysoką aktywność inhibicyjną już przy znacznie mniejszych stężeniach. Na przykład należący do chinonów sorgoleon działa inhibicyjnie już przy stężeniu 10 μM .

W rozważaniach dotyczących allelopatii danego gatunku nie można także pominąć faktu zmian, którym podlegają syntetyzowane w roślinach wtórne metabolity. Na przykład proces przemian związanych z powstaniem kwasów hydroksamowych w roślinie wygląda następująco. Najpierw w niezróżnicowanych tkankach kalusa i stożka wzrostu wytwarzane są tylko aglikony (139), które przed lub po translokacji do zróżnicowanych komórek organizmu roślinnego ulegają procesowi glikozylacji. W siedmiodniowych siewkach, w zróżnicowanych tkankach epikotyłu dominuje DIMBOA-Glc przy niewielkiej ilości aglikonu. Natomiast w siewkach trzynastodniowych jedyną formą są już glikozydy (138).

Należy także zwrócić uwagę na stwierdzoną przez różnych autorów (26, 51, 83, 92) zmienność związków fenolowych w środowisku glebowym wywołaną działaniem określonych typów bakterii. N a i r i in. (83) aplikowali związki BOA oraz DIBOA do gleby sterylnej i niesterylnej. W glebie sterylnej zmiany wymienionych związków były niewielkie, natomiast w glebie niesterylnej stwierdzono obecność AZOB, związku zdecydowanie bardziej toksycznego niż związki wyjściowe. Podobne wyniki uzyskali C h a s e i in. (26).

Wiele związków fenolowych wprowadzonych do gleby pojedynczo nie wykazuje aktywności allelopatycznej, natomiast zastosowanie jednoczesne powoduje wyraźne zmiany ich aktywności. Skłoniło to niektórych autorów do przypuszczeń, że istnieje zjawisko synergizmu, czyli wzajemnego oddziaływania na siebie różnych związków, zwiększające ich aktywność (39). Autorzy ci stwierdzili wysoką aktywność kwasu salicylowego oraz p-hydroksybenzoesowego przy bardzo dużej ich dawce, wynoszą-

cej 56-112 kg/ha. Przy czym zasugerowali, że istnieje możliwość zasadniczego zwiększenia aktywności tych związków poprzez niewielkie modyfikacje ich budowy chemicznej.

Większość prac badawczych określających możliwości wykorzystania zjawiska allelopatii do regulacji zachwaszczenia przeprowadzono w innych krajach, często o zupełnie odmiennych od naszych warunkach klimatyczno-glebowych. Wiele badań dotyczyło gatunków roślin nie uprawianych w Polsce. W przypadku badań dotyczących żyta wiele gatunków chwastów, których kiełkowanie i wzrost oceniano, nie występuje w Polsce lub ich występowanie jest sporadyczne. Trzeba także dodać, że większość badań cytowanych w przeglądzie literatury, określających wpływ biomasy żyta na chwasty została przeprowadzona w systemie bezorkowym (19, 133), w którym biomasa żyta jest niszczone herbicydem i pozostaje na powierzchni gleby w formie mulczy. Nie ma natomiast prac określających działanie biomasy żyta w systemie orkowym, w którym żyto wprowadza się do gleby. Zacytowana literatura nie w pełni wyjaśnia także rolę związków fenolowych występujących w życie w ograniczaniu kiełkowania i wzrostu chwastów. Wprawdzie wielu badaczy zalicza do najważniejszych u tego gatunku allelopatyn kwasy hydroksamowe, ale nie brakuje doniesień, z których wynika, że związki te występują jedynie w początkowych fazach wzrostu żyta. Można mieć zatem wątpliwości, czy są to jedyne związki decydujące o efekcie allelopatycznym tego gatunku.

Wiele rozbieżności istnieje w zacytowanych doniesieniach dotyczących wpływu czynników agrotechnicznych, siedliskowych oraz klimatycznych na zawartość allelopatyn w roślinach. Niektóre z badań mają charakter pojedynczych doniesień, nie potwierdzonych przez innych autorów.

Przedstawione fakty przemawiają jednoznacznie za koniecznością przeprowadzenia badań, które doprowadzą do uporządkowania wiedzy związanej z walorami allelopatycznymi żyta w kontekście możliwości wykorzystania go do ograniczania zachwaszczenia upraw. Planując takie badania wysunięto szereg wynikających z przeglądu literatury hipotez roboczych, decydujących o charakterze i sposobie przeprowadzenia eksperymentów. Oto najważniejsze z nich:

- odmiany żyta uprawianego w Polsce charakteryzują się wysokim potencjałem allelopatycznym, który ujawni się w doświadczeniu założonym na silnie zachwaszczonej glebie, przy czym reakcja poszczególnych gatunków chwastów będzie w tym względzie zróżnicowana;
- allelopatyczny efekt żyta w stosunku do chwastów związany jest z obecnością w jego tkankach związków fenolowych, w tym kwasów hydroksamowych;
- warunki siedliska, agrotechnika i przebieg pogody są czynnikami istotnie zmieniającymi zawartość w roślinach żyta związków decydujących o jego potencjale allelopatycznym;
- zawartość związków fenolowych w roślinach żyta zmienia się w czasie wegetacji. Badania pozwolą na określenie terminu, w którym ich ilość w przeliczeniu na jednostkę powierzchni jest największa, a w związku z tym oczekiwany efekt allelopatyczny będzie najsilniejszy;

– fitotoksyczność biomasy żyta w stosunku do gryki jest stosunkowo niewielka bądź nie ma jej wcale.

3. MATERIAŁ I METODY

3.1. OKREŚLANIE WPŁYWU ROZKŁADAJĄCEJ SIĘ BIOMASY ŻYTA NA RÓŻNE GATUNKI CHWASTÓW

Badania przeprowadzono w latach 1997–1999 w specjalnie zbudowanym stanowisku badawczym, na mikropoletkach o powierzchni 0,25 m² każde. Uzyskano je budując skrzynie drewniane bez okien i dna o wysokości 0,4 m. Skrzynie umieszczono w odpowiednim wykopie pola doświadczalnego i wypełniono podłożem składającym się z gleby pobranej z silnie zachwaszczonego pola wymieszanej z piaskiem w stosunku 5:1.

Na tak przygotowanych mikropoletkach przeprowadzono 2 doświadczenia złożone metodą serii niezależnych, w 4 powtórzeniach: z zastosowaniem zielonej masy żyta oraz kontrolą (bez zielonej masy). W doświadczeniu pierwszym masę żyta będącego w fazie krzewienia zastosowano jesienią (trzecia dekada września) w ilości 0,208 kg · m². W doświadczeniu drugim zieloną masę żyta zastosowano wiosną (pierwsza dekada maja – koniec strzelania w źdźbło) w ilości 3,50 kg · m². Zarówno w jesiennym, jak i wiosennym terminie ilość zastosowanej biomasy wynikała z plonu zielonej masy jaki zebrano z powierzchni odpowiadającej mikropoletkom. Biomase uzyskano wysiewając żyto odmiany Dańkowskie Nowe na początku września dla zastosowania biomasy jesienią i w 3 dekadzie września dla zastosowania biomasy wiosną. Zieloną masę żyta cięto bezpośrednio po zbiorze na odcinki 1-2 cm i mieszało z wierzchnią warstwą gleby (6-8 cm). W przypadku stosowania biomasy wiosną na każde poletko zastosowano przed jej wymieszaniem z glebą 1 g azotu (40 kg N/ha), aby wyeliminować zjawisko unieruchomienia azotu przez bakterie biorące udział w rozkładzie masy roślinnej, co mogłoby modyfikować początkowy wzrost chwastów.

W doświadczeniu założonym jesienią liczbę wzeszłych chwastów określano pięciokrotnie, przy czym pierwsze liczenie wykonano po 10 dniach od zastosowania biomasy, a trzy kolejne w odstępach czterodniowych. Ostatnie liczenie chwastów przeprowadzono po upływie 44 dni od zastosowania biomasy. W doświadczeniu założonym wiosną wschody chwastów określano po raz pierwszy po 16 dniach od zastosowania biomasy żyta, a następne w odstępach 8-dniowych. W ostatniej dekadzie kwietnia (doświadczenie założone jesienią) oraz w ostatniej dekadzie maja (doświadczenie założone wiosną) dokonano zbioru chwastów wyrosłych na mikropoletkach, określając liczebność występujących gatunków oraz ich suchą masę.

Na prezentowanych w pracy rysunkach poszczególne gatunki chwastów opisano skrótami pochodzącymi od ich nazw łacińskich określonych w pracy B a d o w s k i e g o i in. (8):

ANTAR – *Anthemis arvensis* – rumian polny

APESV – *Apera spica-venti* – miotła zbożowa

CAPBP – *Capsella bursa-pastoris* – tasznik pospolity
CERAR – *Cerastium arvense* – rogownica polna
CHEAL – *Chenopodium album* – komosa biała
ECHCG – *Echinochloa crus-galli* – chwastnica jednostronna
GALAP – *Galium aparine* – przytulia czepna
GASPA – *Galinsoga parviflora* – żóltlica drobnokwiatowa
POLCO – *Fallopia convolvulus* – rdest powojowy
STEME – *Stellaria media* – gwiazdnica pospolita
VIOAR – *Viola arvensis* – fiołek polny

3.2. OZNACZANIE ZAWARTOŚCI ZWIĄZKÓW FENOLOWYCH W ZIELONEJ MASIE ŻYTA

Zieloną masę żyta zamrażano bezpośrednio po pobraniu, liofilizowano, mielono i ekstrahowano metanolem. Ekstrakt metanolowy zagęszczano do objętości 1 ml. W tak otrzymanym ekstrakcie oznaczano za pomocą chromatografu cieczowego poszczególne związki fenolowe w trzech powtórzeniach.

3.2.1. Kwasy hydroksamowe

Zawartość kwasów hydroksamowych (Hx) oznaczano stosując jako wzorzec wyodrębniony GDIBOA. Identyfikację kwasów Hx przeprowadzono na podstawie porównania czasów retencji oraz widm absorpcyjnych poszczególnych pików. Widma absorpcyjne uzyskiwano za pomocą detektora PAD (Photodiode Array Detector). Ilościowe oznaczenia wykonano w materiale roślinnym odmiany Warko, porównując pola powierzchni pików wzorca GDIBOA i odpowiednich Hx w ekstrakcie.

3.2.2. Flawonoidy

Metanolowy ekstrakt nanoszono na mikrokolumny (3 x 5 cm) wypełnione fazą odwróconą RP 18 (Sep-Pak, Waters). Kolumnę przemywano wodą, a następnie flawonoidy wymyło 45% metanolem. Po zagęszczeniu frakcję flawonoidową nanoszono na kolumnę RP 18 (3 x 35 cm) i wymywano układem o liniowo wzrastającej zawartości metanolu (gradient liniowy 0-100%). Wycieki z kolumny zbierano za pomocą kolektora frakcji w postaci 10 ml porcji, które analizowano posługując się chromatografią cienkoinwarstwową (Celuloza Merck na folii aluminiowej). Fazę rozwijającą stanowił 5% kwas octowy (rejestracja za pomocą lampy UV). Frakcje zawierające od 1 do 3 związków łączono i zagęszczano. Poszczególne frakcje rozdzielano następnie na pojedyncze związki na kolumnie RP 18 (2 x 30 cm), stosując układ izokratyczny mieszaniny metanolu w wodzie, dobierany w zależności od frakcji.

3.3. OKREŚLANIE ZMIAN ZAWARTOŚCI ZWIĄZKÓW FENOLOWYCH W ROŚLINACH ŻYTA W CZASIE WEGETACJI

Dla określenia zmian zawartości związków fenolowych w roślinach w czasie wegetacji żyto wysiewano na nieobetonowane mikropoletka w dwu terminach: na początku pierwszej dekady września oraz w trzeciej dekadzie września 1998 roku. Badania wykonano w dwu niezależnych seriach na odmianach Motto i Warko wyhodowanych w różnych stacjach hodowlanych, odpowiednio ZHR Choryń i ZHR Laski. Dla oceny zawartości związków fenolowych pobierano po 3 próby z każdej odmiany w następujących terminach:

- dwukrotnie z żyta wysianego na początku września (1 i 10 października);
- czterokrotnie z żyta wysianego w trzeciej dekadzie września – pierwszy raz przed zahamowaniem wegetacji jesienią oraz 3 razy w czasie wegetacji wiosennej, tj. w 1 dekadzie kwietnia (faza krzewienia), w 3 dekadzie kwietnia (początek fazy strzelania w źdźbło) i w 2 dekadzie maja (koniec fazy strzelania w źdźbło).

Do oznaczania zawartości związków fenolowych zastosowano metody opisane w podrozdziale 3.2.

3.4. OKREŚLANIE WPŁYWU WARUNKÓW GLEBOWYCH NA ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW FENOLOWYCH W ROŚLINACH ŻYTA

Materiał roślinny do oceny wpływu warunków glebowych na zawartość związków fenolowych pochodził z nieobetonowanych mikropoletek wypełnionych glebą pochodzącą z pól zaliczanych do 7 różnych kompleksów rolniczej przydatności gleb: 1 – pszenno-bardzo-dobry, 2 – pszenno-dobry, 3 – pszenno-wadliwy, 4 – żytno-bardzo-dobry, 5 – żytno-dobry, 6 – żytno-słaby i 7 – żytno-bardzo-słaby. Na poletkach tych wysiano żyto odmiany Warko w 3 dekadzie września 1997 roku. Profil glebowy charakterystyczny dla określonego typu gleb na wymienionych mikropoletkach zachowany był do głębokości 1 m. Charakterystykę chemiczną gleb podano w tabeli 1, a ich skład granulometryczny w tabeli 2. Zawartość związków fenolowych w opisanym eksperymencie określano wiosną w końcowej fazie krzewienia żyta metodą opisaną w podrozdziale 3.2.

3.5. OKREŚLANIE WPŁYWU WARUNKÓW TERMICZNYCH NA ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW FENOLOWYCH W ROŚLINACH ŻYTA

Dla oceny wpływu warunków termicznych na zawartość związków fenolowych w roślinach żyta przeprowadzono doświadczenie w wazonach Mitscherlicha wypełnionych glebą (piasek gliniasty mocny) zmieszaną z piaskiem w stosunku 5:2. Siew żyta odmiany Warko wykonano w trzeciej dekadzie września 1997 roku. Aż do fazy intensywnego krzewienia wiosną rośliny żyta rosły w nieklimatyzowanej hali wegetacyjnej, po czym wydzielono dwie grupy wazonów. Jedna z nich została przeniesiona

Tabela 1

Charakterystyka chemiczna gleb
Chemical characteristic of soils

Wyszczególnienie Specification				Zawartość makro- i mikroelementów Macro- and microelements content in soil									
Nr	Typ gleby (symbol kompleksu) Soil type (symbol of the soil complex)	pH w H ₂ O pH in H ₂ O	pH w KCl pH in KCl	mg · 100 g ⁻¹ gleby mg · 100 g ⁻¹ of soil			mg · 1 kg ⁻¹ gleby mg · 1 kg ⁻¹ of soil						
				P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Zn	Mn	Fe	B	Cu	Cd	Pb
1.	Czarna ziemia (1D glp) Black earth	7,5	7,0	18,2	3,7	3,5	15,6	5,24	23,0	1,19	0,96	0,20	2,2
2.	Mada brunatna (2F gs.gc) Alluvial brown	7,5	6,9	35,2	11,5	6,0	17,2	6,52	16,0	0,62	1,48	0,20	4,0
3.	Brunatna właściwa (z lessu) (2B plz) Brown soil formed from loess	6,3	5,8	22,4	4,4	3,2	30,0	8,28	53,0	0,47	1,60	0,20	2,9
4.	Brunatna właściwa (4B plz) Brown proper	6,3	5,5	19,5	5,3	6,0	15,2	9,52	58,0	0,44	1,88	0,20	1,6
5.	Rędzina (3R pgm) Rendzinas	7,3	6,7	26,0	6,9	1,8	24,0	5,52	15,0	0,78	1,12	0,24	4,8
6.	Brunatna właściwa (5B pgl) Brown proper	5,7	5,0	20,2	4,7	3,1	13,6	9,36	66,0	0,22	1,84	0,14	3,4
7.	Brunatna kwaśna (6Bw pgl.ps) Acid brown	6,0	5,0	12,6	3,1	0,8	6,76	4,40	40,0	0,14	0,84	0,08	2,4
8.	Brunatna kwaśna (7Bw ps.pl) Acid brown	5,8	5,0	14,6	2,5	0,6	4,12	5,60	49,0	0,18	0,64	0,06	1,6

Objaśnienia do tabel 1 i 2 oraz rysunku 19; Explanations for table 1 and 2 and figure 19:

- 1D glp – kompleks 1, pszeniczny bardzo dobry, czarna ziemia wytworzona z gliny lekkiej pylastej
complex 1, very good wheat, black earth formed from light silty loam
- 2F gs – kompleks 2, pszeniczny dobry, mada brunatna wytworzona z gliny średniej
complex 2, good wheat, alluvial brown formed from medium loam
- 2B ls – kompleks 2, pszeniczny dobry, gleba brunatna właściwa wytworzona z pyłu zwykłego
complex 2, good wheat, brown soil formed from loess
- 4B plz – kompleks 4, żytni bardzo dobry, gleba brunatna właściwa wytworzona z pyłu zwykłego
complex 4, very good rye, brown proper formed from silt loam
- 3R pgm – kompleks 3, pszeniczny wadliwy, rędzina wytworzona z piasku gliniastego mocnego
complex 3, defective wheat, rendzinas formed from heavy loamy sand
- 5B pgl – kompleks 5, żytni dobry, gleba brunatna właściwa wytworzona z piasku gliniastego lekkiego
complex 5, good rye, brown proper formed from light loamy sand
- 6Bw pgl – kompleks 6, żytni słaby, gleba brunatna kwaśna wytworzona z piasku gliniastego lekkiego
complex 6, weak rye, acid brown formed from light loamy sand
- 7Bw ps – kompleks 7, żytni bardzo słaby, gleba brunatna kwaśna wytworzona z piasku luźnego
complex 7, very weak rye, slightly loamy sand formed from loose sand

Tabela 2

Charakterystyka składu granulometrycznego gleb
Characteristic of soil size fraction

Nr	Rodzaj gleby (symbol)* Kind of soil (symbol)	Głębokość warstwy Depth of soil layer (cm)	Procentowa zawartość różnych frakcji mechanicznych Percentage of different soil size fraction				
			mm				
			>1	1,0-0,1	0,1-0,02	0,02-0,002	<0,002
1.	Gлина lekka pylasta (1D glp) Light silty loam	0-20	1	40	35	35	9
		20-40	0	35	34	31	11
2.	Gлина średnia na glinie ciężkiej (2F gs.gc) Medium loam on heavy loam	0-20	1	38	23	39	20
		20-40	0	24	22	34	29
3.	Utwór pyłowy zwykły (2B plz) Silt loam	0-20	0	31	44	25	9
		20-40	0	18	53	29	8
4.	Utwór pyłowy zwykły (4B plz) Silt loam	0-20	0	33	47	20	9
		20-40	0	41	41	18	7
5.	Piasek gliniasty mocny (3R pgm) Heavy loamy sand	0-20	no	62	20	18	7
		20-40	no	no	no	no	no
6.	Piasek gliniasty lekki (5B pgl) Light loamy sand	0-20	1	64	25	11	5
		20-40	0	66	24	10	5
7.	Piasek gliniasty lekki na piasku słabogliniastym (6Bw pgl.ps) Light loamy sand on slightly loamy sand	0-20	1	62	27	11	3
		20-40	2	64	28	8	3
8.	Piasek słabogliniasty na piasku luźnym (7Bw ps.pl) Slightly loamy sand on loose sand	0-20	1	78	14	8	3
		20-40	0	96	2	2	0

no – nie oznaczano; not determined

* charakterystyka gleb patrz tab. 1; characteristic of soil see table 1

na 2 tygodnie do fitotronu z temperaturą w ciągu dnia 12°C i w nocy 6°C, a druga do fitotronu z temperaturą odpowiednio 24°C i 12°C. Bezpośrednio przed wstawieniem wazonów do fitotronów pobierano próby części nadziemnych roślin w celu określenia wyjściowej zawartości związków fenolowych. Następne próby pobierano w odstępach 4-dniowych – ostatni raz w dwunastym dniu od wstawienia wazonów do komór klimatycznych. Oznaczanie związków fenolowych wykonano według metodyki opisanej w podrozdziale 3.2.

3.6. OKREŚLANIE FITOTOKSYCZNOŚCI ZWIĄZKÓW FENOLOWYCH WYSTĘPUJĄCYCH W ŻYCIU W STOSUNKU DO CHWASTÓW

Skrzynie o wymiarach 0,5 m x 0,5 m x 0,4 m opisane w podrozdziale 3.1. wypełniono glebą pochodzącą z silnie zachwaszczonego pola. Po upływie 5 dni (około 3-4 dni przed wschodami pierwszych chwastów) powierzchnię gleby opryskano roztworem flawonoidów – alkoholowym (A) w roku 1998 i wodnym (B) oraz alkoholowym (A) w roku 1999. Odpowiednie roztwory wymienionych związków uzyskano z masy nadziemnej żyta Dańkowskie Nowe, będącego w fazie strzelania w źdźbło, z powierzchni odpowiadającej powierzchni opryskiwanej, stosując metody opisane w podrozdziale 3.2. Po upływie 2 tygodni od oprysku określono liczbę wyrosłych chwastów oraz ich masę. Doświadczenie założono w 4 powtórzeniach. Kontrolę stanowiły mikropoletka opryskane odpowiednią ilością wody destylowanej.

3.7. OKREŚLANIE WPŁYWU POPLONU Z ŻYTA OZIMEGO NA GRYKĘ

Aby sprawdzić selektywność oddziaływania allelopatycznego poplonu z żyta na grykę, odmianę żyta Warko w obu latach badań (1999 i 2000) wysiewano w 3 dekadzie września, na nieobetonowanych mikropoletkach. Wiosną będące w fazie zaawansowanego strzelania w źdźbło (3 kolanko) żyto pocięto na kawałki o długości 2-3 cm. Rozdrobniono także w miarę możliwości jego system korzeniowy. Następnie całość biomasy nadziemnej i podziemnej wymieszano z glebą do głębokości 6-8 cm. Na taką samą głębokość uprawiano glebę na poletkach kontrolnych. Po upływie 1 tygodnia w tak przygotowane mikropoletka wysiewano grykę odmiany Kora w ilości 300 ziaren na 1 m². Kontrolę stanowiły mikropoletka, na których nie zastosowano biomasy żyta. Doświadczenie założono w 4 powtórzeniach. Powierzchnia pojedynczego poletka wynosiła 1 m². W doświadczeniu określano liczbę wzeszłych roślin oraz kondycję 2-tygodniowych siewek gryki w skali 9-stopniowej (1 – brak objawów fitotoksyczności, 9 – silne objawy fitotoksyczności).

3.8. OBLICZENIA STATYSTYCZNE

Wszystkie doświadczenia prowadzono w układzie niezależnym. Doświadczenia dotyczące określenia wpływu biomasy żyta na poszczególne gatunki chwastów i na grykę założono w 4 powtórzeniach. Analizy biochemiczne, których celem było określenie zawartości flawonoidów w materiale roślinnym żyta wykonywano w 3 powtórzeniach, natomiast w przypadku zawartości kwasów hydroksamowych w siewkach żyta w 2 powtórzeniach. W związku z tym na rysunku 3 przedstawiono jedynie średnie wyniki tych analiz bez podawania wartości NIR. Wyniki doświadczeń zostały opracowane metodą analizy wariancji dla modelu kompletnej randomizacji, przy użyciu opracowanego w IUNG programu AWAR, obliczającego poziom istotności funkcji testowej F-Snedecora. Jeżeli poziom istotności wynosił $\alpha < 0,05$ to hipotezę zerową

odrzucono. Wykaz najważniejszych hipotez został podany w końcu rozdziału „Prze-
gląd literatury”. Do szczegółowych porównań między średnimi obiektowymi wyżej
wymieniony program wykorzystuje wielokrotny test Tukeya, dla $\alpha=0,05$.

4. WYNIKI BADAŃ

4.1. WALORY ALLELOPATYCZNE BIOMASY ŻYTA W STOSUNKU DO RÓŻNYCH GATUNKÓW CHWASTÓW

4.1.1. Stosowanie zielonej masy żyta w okresie jesiennym

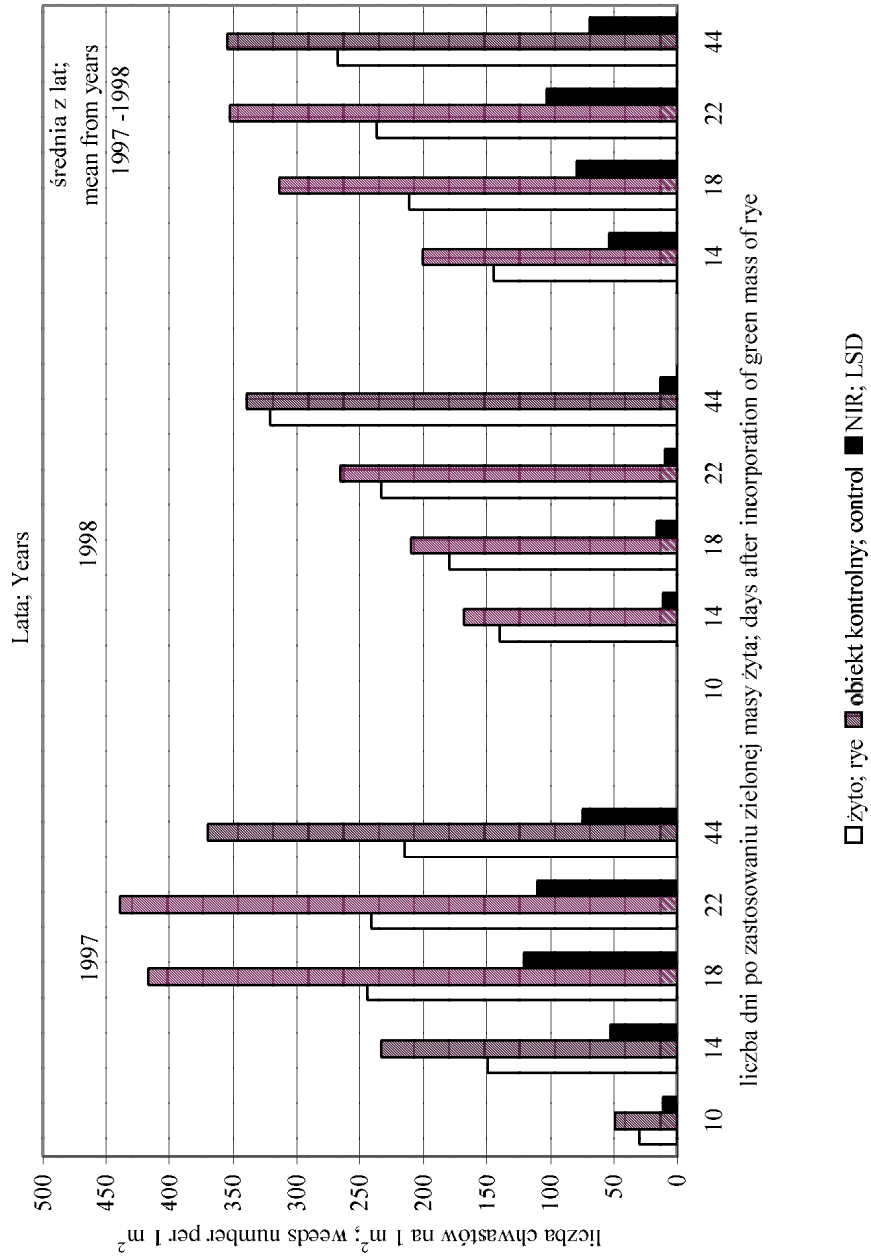
W badaniach określających wpływ stosowania zielonej biomasy żyta na chwasty
w okresie jesiennym stwierdzono, że najliczniej występującymi gatunkami były: *An-
themis arvensis*, *Apera spica-venti*, *Capsella bursa-pastoris*, *Cerastium arvense*,
Galium aparine, *Stellaria media*, *Viola arvensis*, mniej licznie występowały nato-
miast *Veronica persica* i *Fumaria officinalis* (54).

W obu sezonach wegetacyjnych wprowadzanie zielonej masy żyta do gleby na
początku pierwszej dekady października wpływało istotnie na ograniczenie liczby wze-
szłych chwastów. W sezonie wegetacyjnym 1997/1998 na obiekcie z zastosowaną
masą żyta 10 dni po zabiegu stwierdzono 30 roślin chwastów na 1 m². W ciągu kolej-
nych 8 dni nastąpił wzrost zachwaszczenia do 244 roślin na 1 m². Natomiast na obiek-
cie kontrolnym w tym samym czasie stwierdzono odpowiednio 49 i 410 chwastów na
1 m², czyli odpowiednio o 63 i 68% więcej niż na obiekcie z zastosowaną biomasa żyta
(rys. 1). Różnice w ilości skiełkowanych chwastów jakie ustaliły się pomiędzy uwzględ-
nionymi w badaniach obiektami po 18 dniach od zastosowania biomasy nie podlegały
w późniejszych terminach większym zmianom (rys. 1).

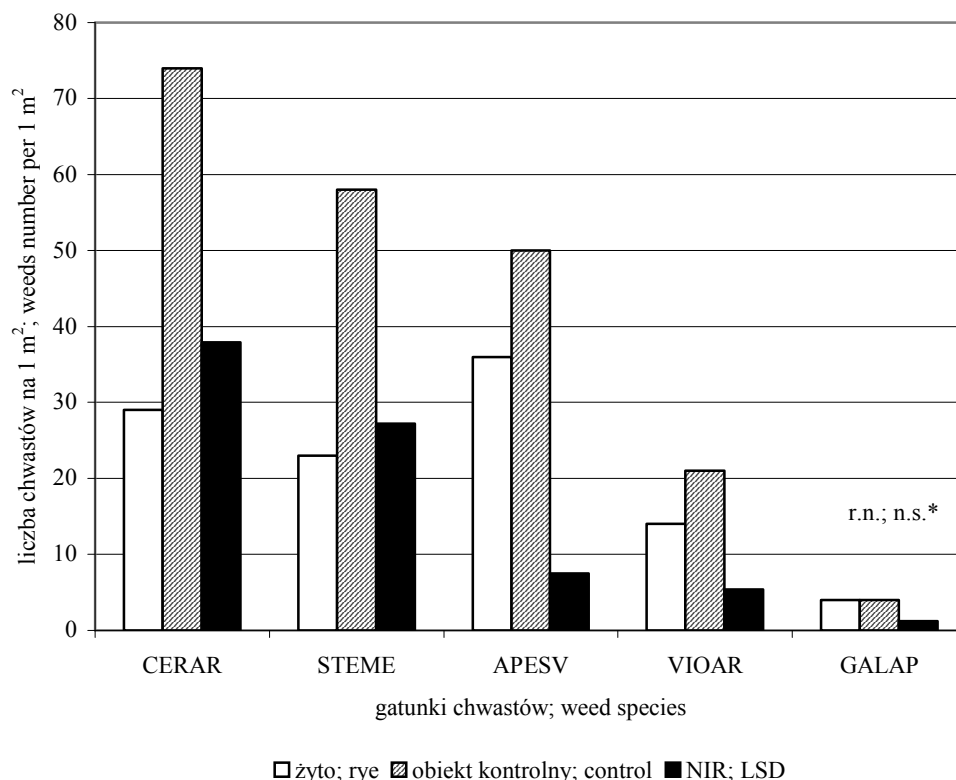
W sezonie wegetacyjnym 1998/1999 zastosowanie zielonej masy żyta jesienią miało
mniejszy wpływ na tempo wschodów chwastów niż w pierwszym roku badań. Różni-
ce w ilości skiełkowanych chwastów w obiekcie z zieloną masą żyta i bez niej zawie-
rały się w węższych granicach 5-16%, ale były istotne (rys. 1). Trzeba także dodać, że
ze względu na niższe niż w poprzednim sezonie temperatury powietrza wschody chwa-
stów pojawiły się nieco później. Dlatego też liczbę chwastów po raz pierwszy określo-
no po 14, a nie jak w roku poprzednim po 10 dniach od zastosowania biomasy.

Średnio w dwuleciu liczba chwastów na obiektach z zastosowaną jesienią zieloną
masą żyta była o 24-33% mniejsza niż na obiekcie kontrolnym, na którym nie stoso-
wano biomasy (rys. 1).

Negatywny wpływ zastosowanej biomasy żyta nie był jednakowy w stosunku do
wszystkich występujących w badaniach gatunków chwastów. W roku 1998 ujawnił
się on przede wszystkim w stosunku do *Stellaria media* oraz *Cerastium arvense*,
których liczebność została ograniczona o ponad 60%. W przypadku *Apera spica-
venti* oraz *Viola arvensis* wpływ ten był mniejszy, ale też istotny. Liczba roślin *Gal-
lium aparine* była niewielka i nie zależała od stosowania zielonej masy żyta (rys. 2).



Rys. 1. Wpływ zielonej masy żyta zastosowanej dogłębowo jesienią na liczebność chwastów (1997–1998)
Effect of biomass of rye incorporated into the soil in autumn on weeds number (1997–1998)



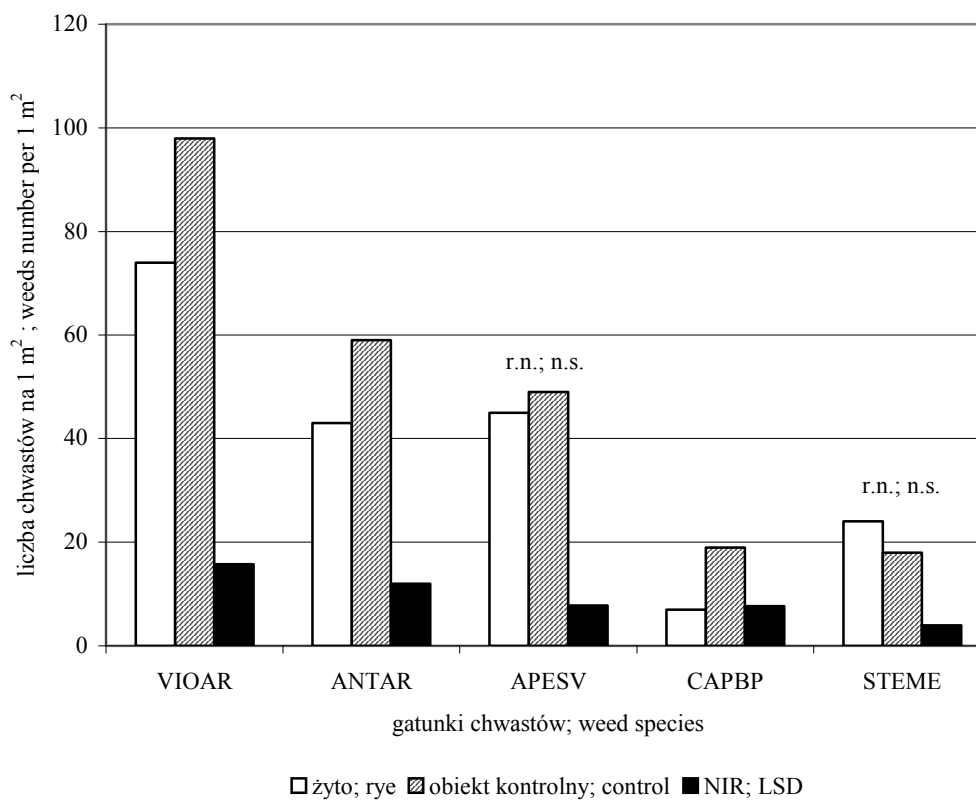
* r.n. – różnica nieistotna – dotyczy wszystkich rysunków w pracy;
n.s. – not significant difference – concern all figures in the paper

Rys. 2. Wpływ zielonej masy żyta zastosowanej doglebowo jesienią na liczebność różnych gatunków chwastów (1998)
Effect of biomass of rye incorporated into the soil in autumn on number of different species of weeds (1998)

W 1999 roku potwierdził się negatywny wpływ zastosowania zielonej masy żyta na rozwój i liczebność *Viola arvensis*, *Anthemis arvensis* oraz *Capsella bursa-pastoris*. Natomiast nie zostało potwierdzone działanie poplonu żyta na *Stellaria media* i *Apera spica-venti* (rys. 3).

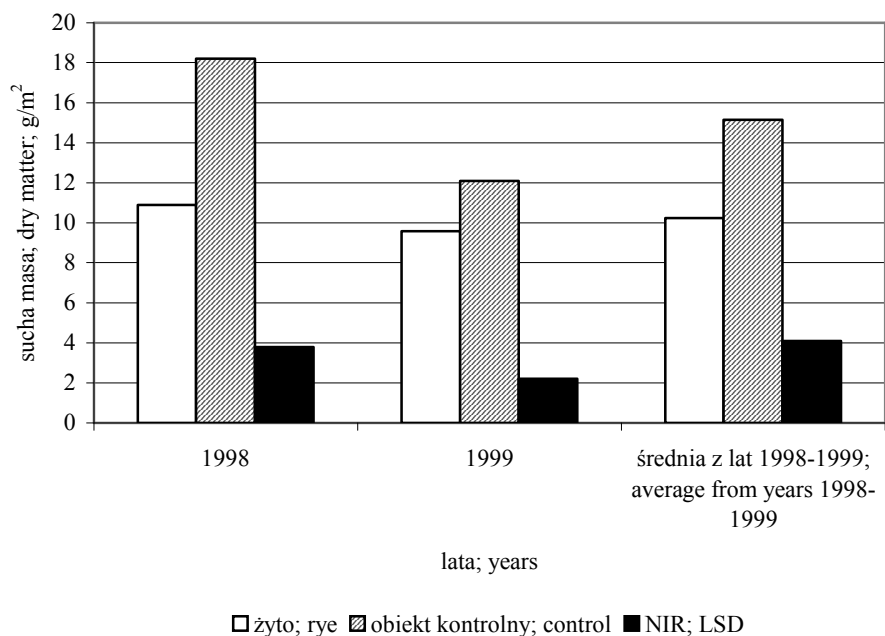
W roku 1998 całkowita sucha masa wszystkich chwastów wyrosłych na obiekcie z żytem wynosiła 10,9, a na obiekcie kontrolnym, czyli bez zielonej masy żyta, 18,2 g · m⁻², a więc była ponad 40% większa. W kolejnym 1999 roku, w którym zachwaszczenie było mniejsze działanie biomasy żyta na chwasty było słabsze. Na obiekcie z biomasa ilość suchej masy chwastów była o ponad 20% mniejsza niż na kontroli (rys. 4).

Sucha masa poszczególnych gatunków chwastów była w wyraźnym związku z ich liczebnością. W 1998 roku zastosowanie jesienne zielonej masy żyta wpłynęło istotnie na zmniejszenie suchej masy chwastów w przeliczeniu na jednostkę powierzchni, ta-

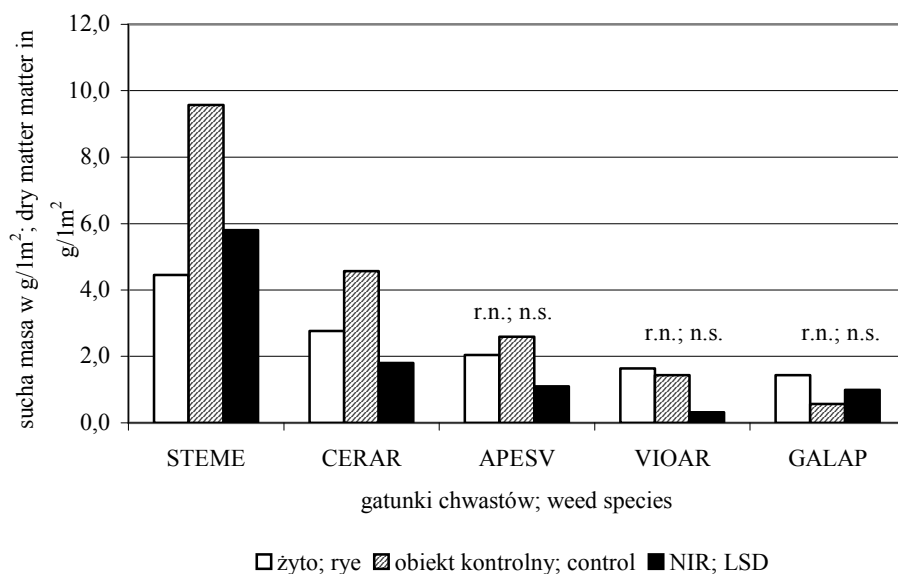


Rys. 3. Wpływ zielonej masy żyta zastosowanej doglebowo jesienią na liczebność różnych gatunków chwastów (1999)
Effect of biomass of rye incorporated into the soil in autumn on number of different species of weeds (1999)

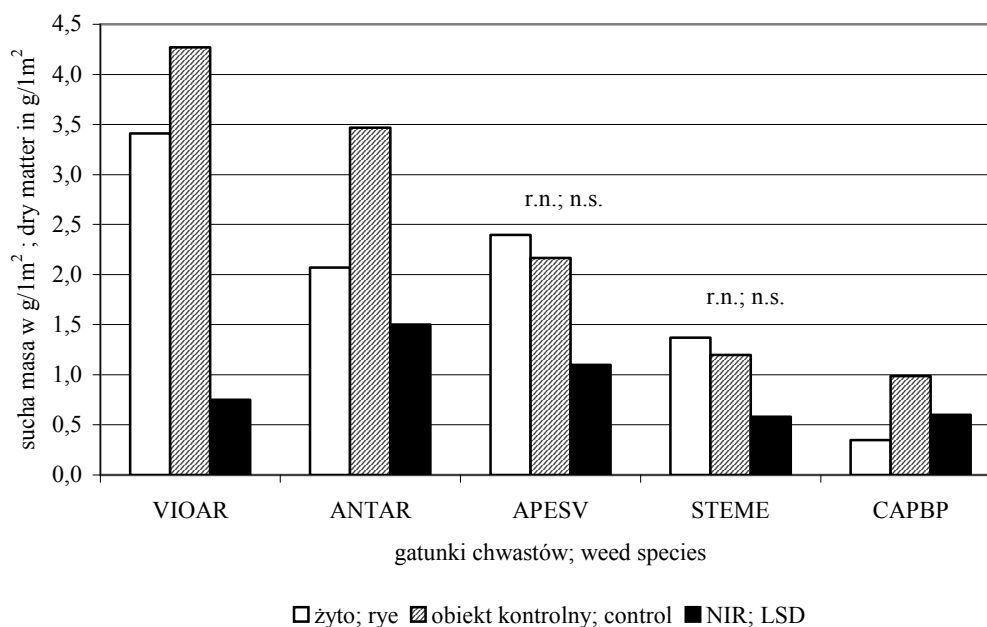
kich gatunków, jak: *Stellaria media* i *Cerastium arvense* (rys. 5), natomiast w roku 1999 redukcja plonu suchej masy dotyczyła przede wszystkim najliczniej występujących wówczas *Anthemis arvensis* oraz *Viola arvensis* (rys. 6).



Rys. 4. Wpływ zielonej masy żyta zastosowanej doglebowo jesienią na ilość suchej masy chwastów na jednostce powierzchni na wiosnę (1998–1999)
Effect of green biomass of rye incorporated into the soil in autumn on weeds dry matter per area unit in the spring (1998–1999)



Rys. 5. Wpływ zielonej masy żyta zastosowanej doglebowo jesienią na ilość suchej masy różnych gatunków chwastów na jednostce powierzchni na wiosnę (1998)
Effect of green biomass of rye incorporated into the soil in autumn on quantity of dry matter of different weed species per unit area in the spring (1998)



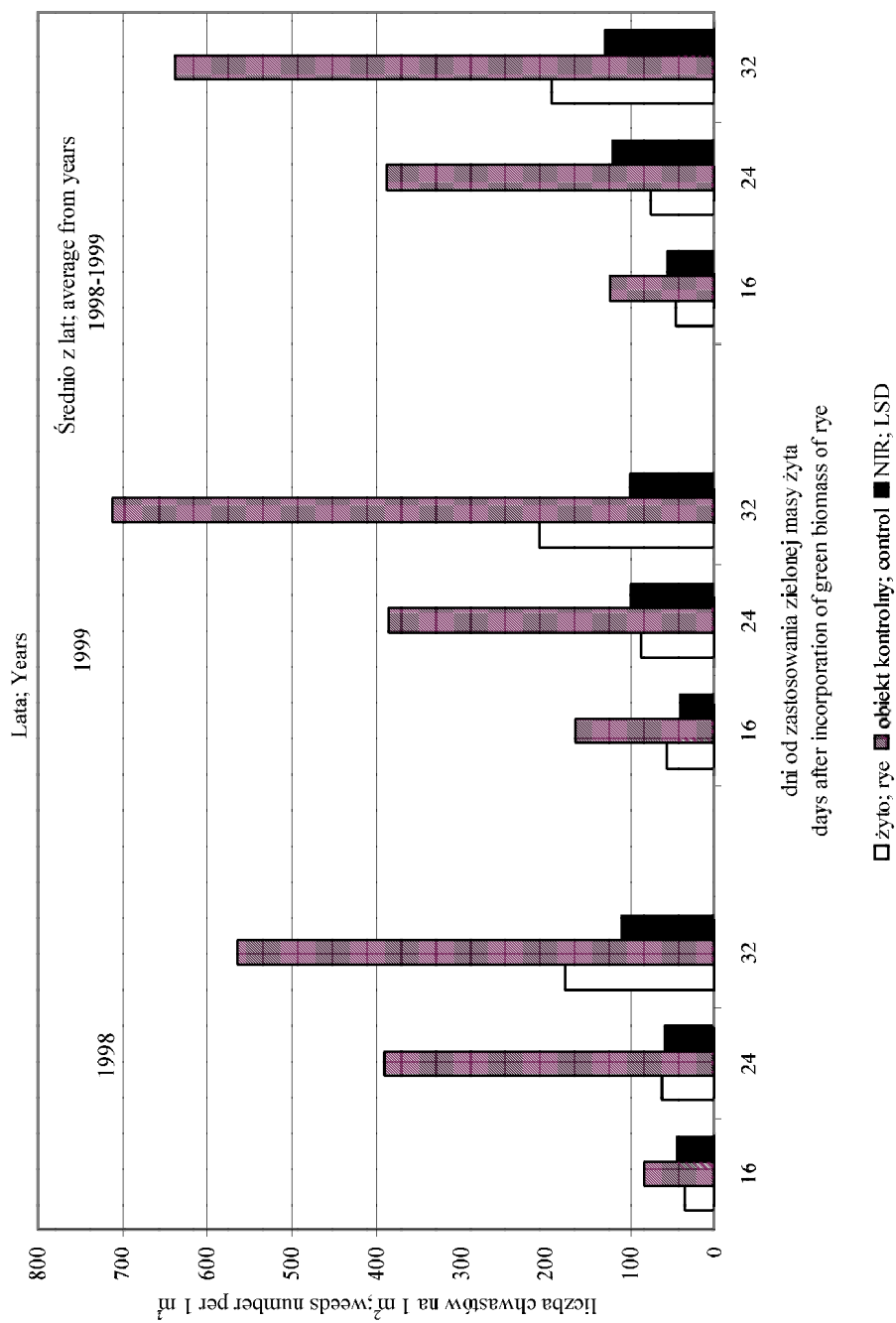
Rys. 6. Wpływ zielonej masy żyta zastosowanej doglebowo jesienią na ilość suchej masy chwastów na jednostce powierzchni na wiosnę (1999)
Effect of green biomass of rye incorporated into the soil in the autumn on quantity of dry matter of weeds per unit area in the spring (1999)

4.1.2. Stosowanie zielonej masy żyta w okresie wiosennym

Zastosowanie doglebowo zielonej masy żyta wiosną zdecydowanie silniej oddziaływało na chwasty niż stosowanie jesienne. Przez cały okres prowadzenia badań, tj. do 32 dnia od zastosowania biomasy żyta liczebność chwastów w tych obiektach była wielokrotnie mniejsza niż w obiekcie kontrolnym. Przy czym najsilniej wpływ ten zaznaczył się w 24 dniu od zastosowania biomasy, kiedy to liczba chwastów w obiektach z zastosowaną zieloną masą żyta w latach 1998 i 1999 była odpowiednio: siedmio- i pięciokrotnie mniejsza niż w obiekcie kontrolnym (rys. 7).

Po 16 dniach od terminu zastosowania zielonej masy żyta liczba chwastów średnio z dwóch lat badań nieznacznie przekraczała 30 sztuk na 1 m². Po kolejnych 8 dniach nastąpił wzrost liczebności chwastów do 88, a po dalszych 8 dniach do prawie 200 sztuk na 1 m². W tym samym czasie liczba chwastów w obiekcie kontrolnym wynosiła odpowiednio 130, 390 i 640 sztuk na 1 m² (rys. 7).

Reakcja poszczególnych gatunków chwastów na doglebowe zastosowanie biomasy żyta była bardzo zróżnicowana. W roku 1998, kiedy to do najliczniej występujących chwastów należały: *Chenopodium album*, *Stellaria media*, *Galinsoga parviflora*



Rys. 7. Wpływ zielonej masy żyta zastosowanej dogłębowo wiosną na liczebność chwastów (1998–1999)
Effect of green biomass of rye incorporated into soil in spring on weeds number (1998–1999)

i *Viola arvensis* zastosowanie biomasy żyta istotnie ograniczyło liczebność każdego z wymienionych gatunków, oprócz *Galinsoga parviflora* (rys. 8). Stwierdzono, że mniej licznie wystąpiły także takie gatunki, jak *Echinochloa crus-galli* i *Capsella bursa-pastoris*. Brak reakcji na zastosowaną biomasę żyta stwierdzono w przypadku *Apera spica-venti*, *Fallopia convolvulus* i *Galium aparine* (rys. 8).

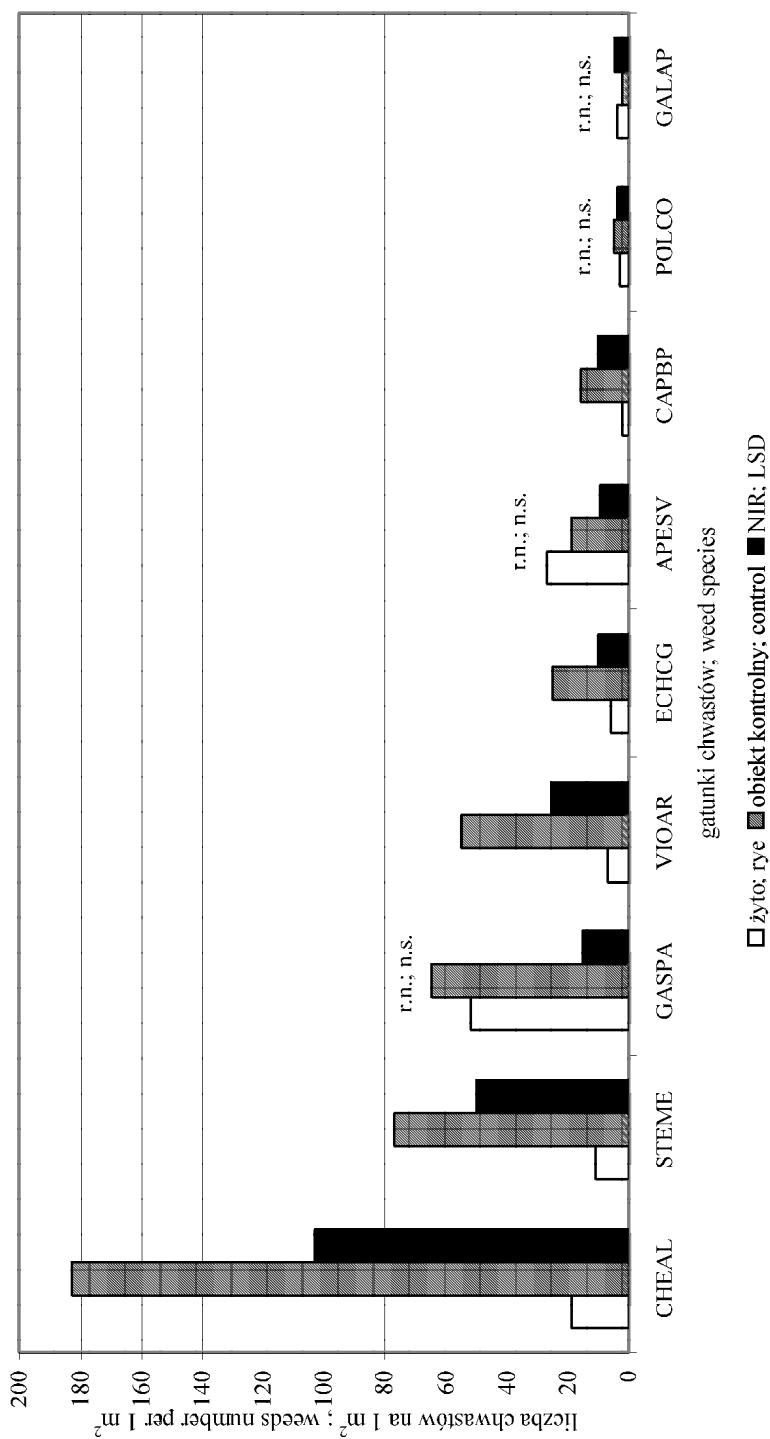
W 1999 roku na obiekcie kontrolnym najpospolitszymi chwastami były: *Galinsoga parviflora*, *Capsella bursa-pastoris* i *Viola arvensis*. Wszystkie te gatunki zareagowały istotną obniżką liczebności na zastosowanie zielonej masy żyta. W przypadku *Galinsoga parviflora* zmniejszenie liczebności wynosiło 35% (rys. 9).

Istotnie słabiej kiełkowały pod wpływem biomasy żyta także inne, mniej liczne gatunki chwastów, a w szczególności *Stellaria media* i *Echinochloa crus-galli*, czy najsilniej zwalczane w 1998 roku *Chenopodium album*.

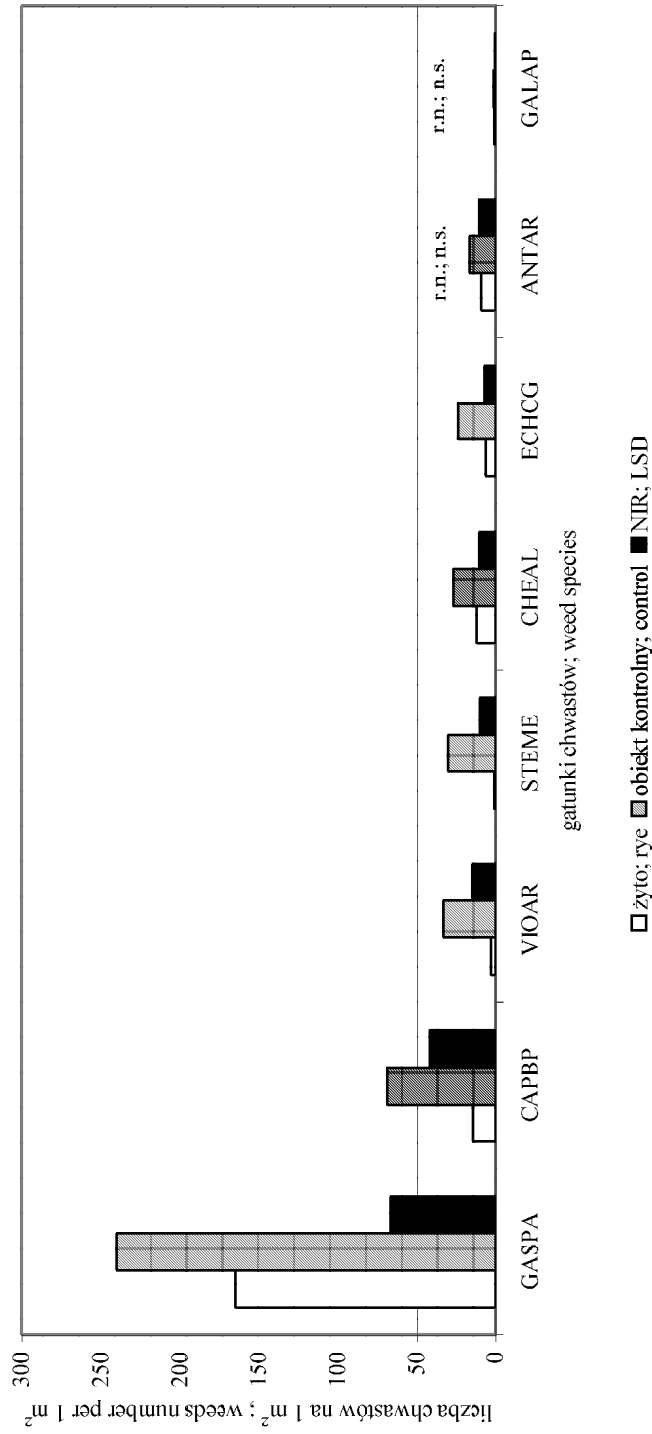
Określona po 32 dniach od zastosowania biomasy żyta całkowita masa wszystkich gatunków chwastów występujących w badaniach w przeliczeniu na jednostkę powierzchni była w roku 1998 prawie 2-krotnie, a w 1999 roku prawie 4-krotnie mniejsza niż w obiekcie kontrolnym. Średnio z dwóch lat badań sucha masa chwastów w przeliczeniu na 1 m² na obiekcie z zastosowaną biomasą żyta wynosiła ponad 20 g, a na obiekcie kontrolnym prawie 50 g (rys. 10).

W 1998 roku związek wytworzonej suchej masy chwastów z ich liczebnością, określony po upływie 32 dni od jej zastosowania nie był tak wyraźny, jak w przypadku stosowania biomasy jesienią. Wprawdzie zastosowanie zielonej masy żyta ograniczyło suchą masę najliczniej występujących chwastów: *Chenopodium album* i *Viola arvensis*, ale w przypadku pozostałych gatunków większa liczebność nie oznaczała zwiększenia ich masy. Co ciekawe wpływ żyta na masę *Galinsoga parviflora* był istotnie stymulujący (rys. 11), natomiast co do ich liczebności stwierdzono zależność odwrotną.

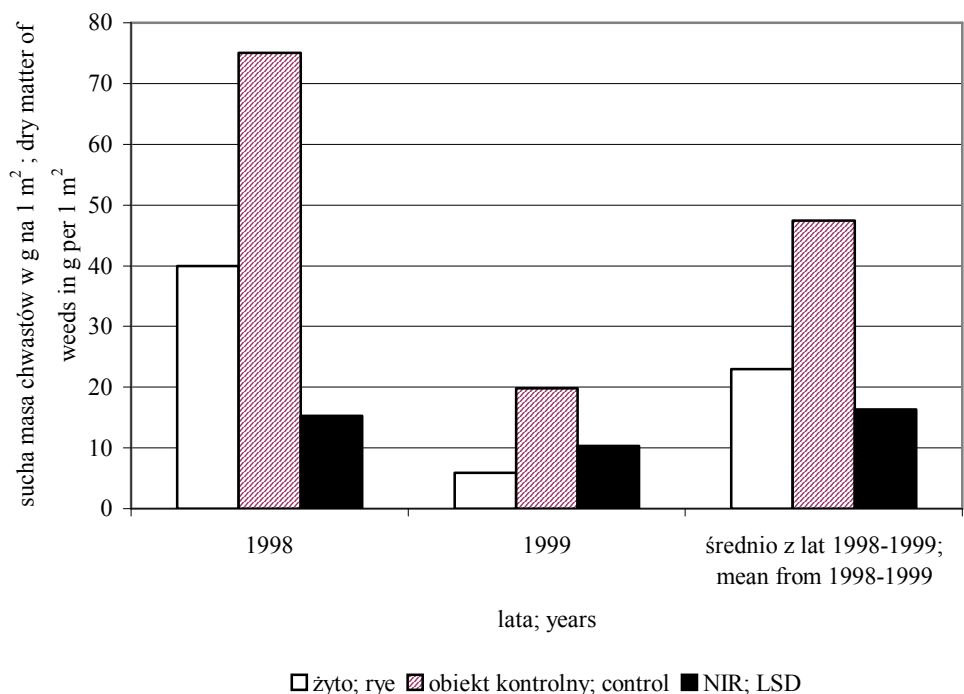
Występujące najliczniej w 1999 roku chwasty: *Galinsoga parviflora*, *Capsella bursa-pastoris* oraz *Viola arvensis* wytworzyły jednocześnie największą masę z jednostki powierzchni. Zależność ta nie dotyczyła jednak pozostałych gatunków chwastów, nie stwierdzono bowiem istotnego wpływu zastosowanej biomasy żyta na masę takich chwastów, jak: *Chenopodium album*, *Stellaria media*, *Echinochloa crus-galli*, *Galium aparine* i *Anthemis arvensis* (rys. 12).



Rys. 8. Wpływ zielonej masy żyta zastosowanej dogłębowo wiosną na liczebność różnych gatunków chwastów (1998)
Effect of biomass of rye incorporated into the soil in spring on number of different species of weeds (1998)

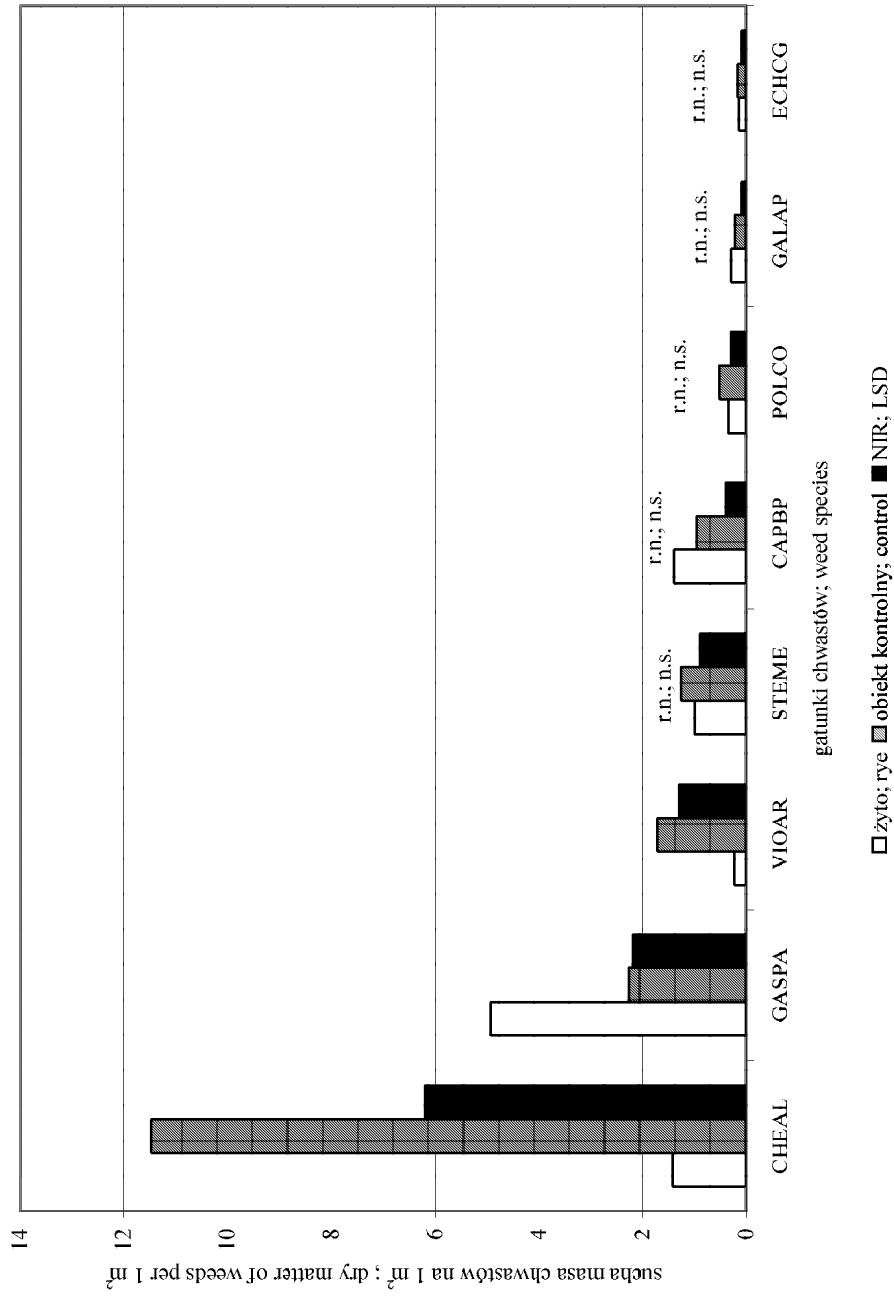


Rys. 9. Wpływ zielonej masy żyta zastosowanej dogłębowo wiosną na liczebność różnych gatunków chwastów (1999)
 Effect of biomass of rye incorporated into the soil in spring on number of different species of weeds (1999)

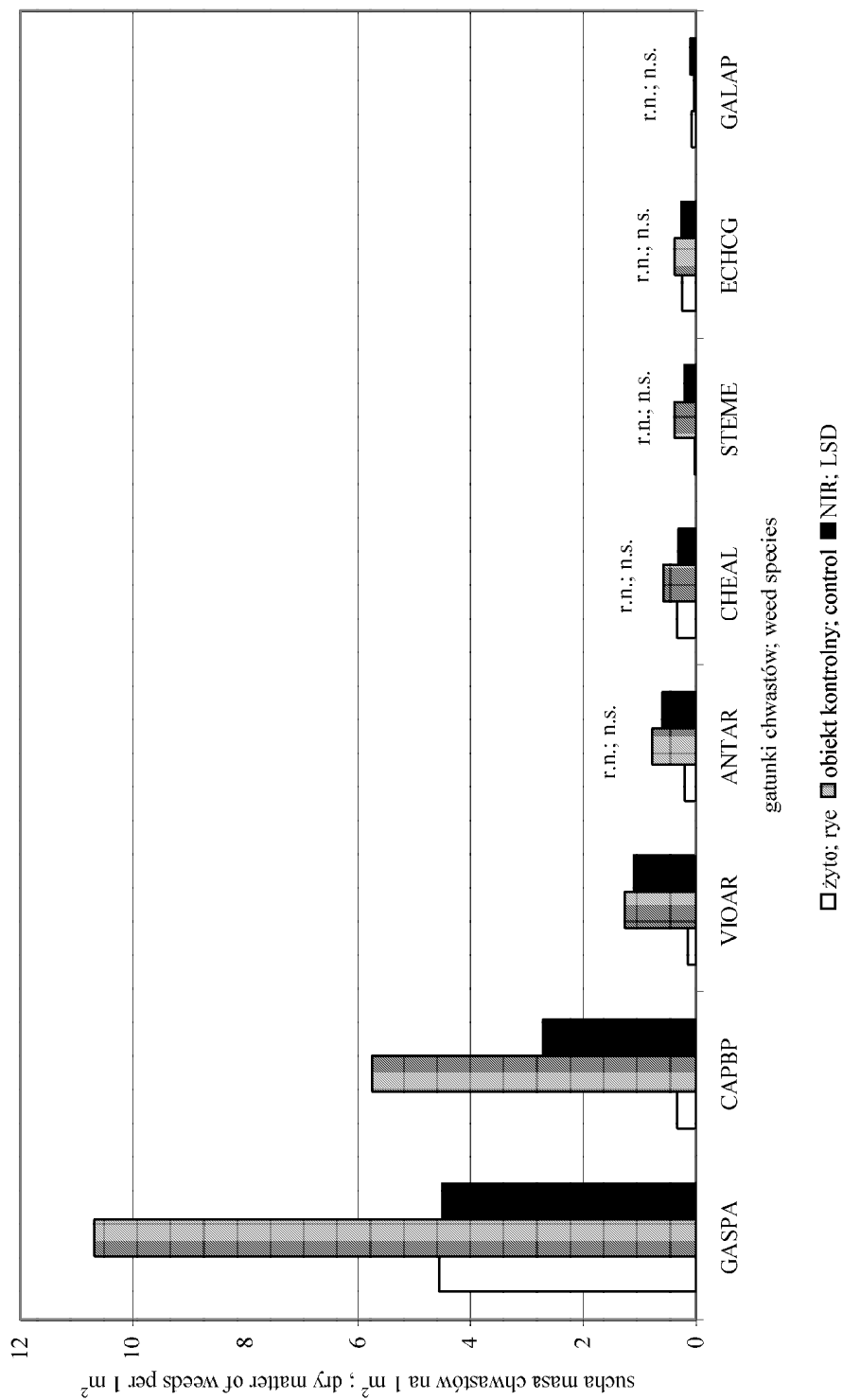


Rys. 10. Wpływ zielonej masy żyta zastosowanej doglebowo wiosną na ilość suchej masy chwastów na jednostce powierzchni (1998–1999)

Effect of green biomass of rye incorporated into the soil in spring on quantity of dry matter of weeds per area unit (1998–1999)



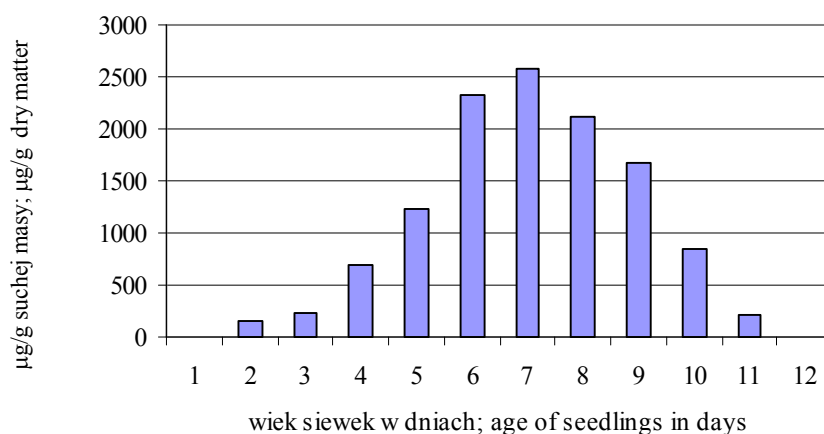
Rys. 11. Wpływ zielonej masy żyta zastosowanej dogłębno wiosną na suchą masę chwastów z jednostki powierzchni (1998)
 Effect of green biomass of rye incorporated into the soil in spring on quantity of dry matter of weeds per unit area (1998)



Rys. 12. Wpływ zielonej masy żyta zastosowanej dogłębowo wiosną na suchą masę chwastów z jednostki powierzchni (1999)
Effect of green biomass of rye incorporated into the soil in spring on quantity of dry matter of weeds per unit area (1999)

4.2. IDENTYFIKACJA ZWIĄZKÓW FENOLOWYCH W ROŚLINACH ŻYTA

Biorąc pod uwagę istniejącą literaturę dotyczącą metabolitów wtórnych w roślinach żyta początkowo dużą uwagę zwracano przede wszystkim na kwasy hydroksamowe, których obecność w roślinach żyta stwierdziło wielu autorów. Przeprowadzone analizy nie wykazały jednak obecności tych związków w badanych odmianach żyta po osiągnięciu przez rośliny fazy krzewienia. W związku z tym przeprowadzono badania z odmianą żyta Warko mające na celu określenie obecności tych związków we wcześniejszych fazach wzrostu roślin. Stwierdzono, że Hx występowały w tej odmianie żyta tylko na początku fazy kiełkowania. Przez 7 kolejnych dni ich ilość wzrastała, po czym ulegała gwałtownemu zmniejszeniu. W dwunastodniowych siewkach żyta kwasy hydroksamowe istniały już tylko w ilościach śladowych (rys. 13).



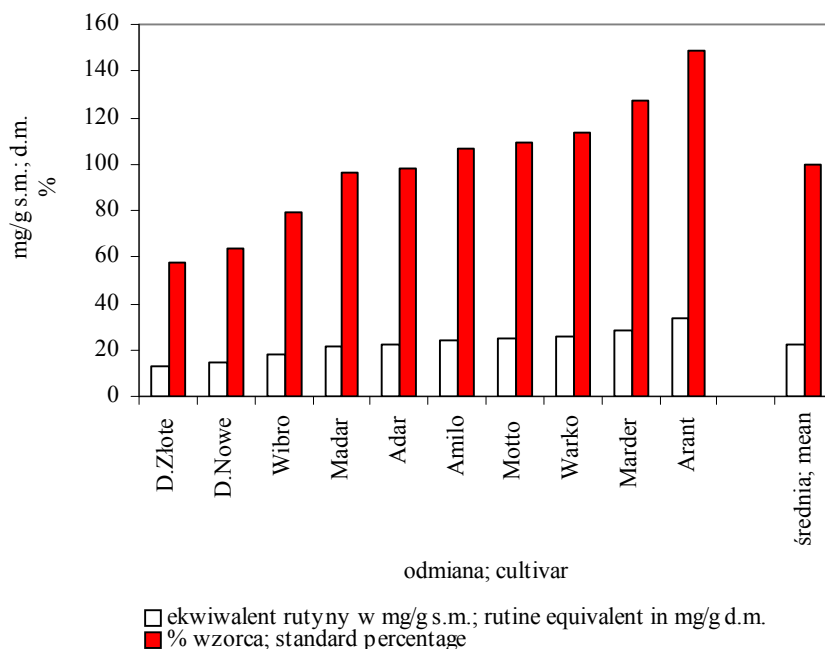
Rys. 13. Zmiany w zawartości kwasów hydroksamowych w siewkach żyta odmiany Warko
Changes of hydroxamic acids content in seedlings of Warko cultivar

Przeprowadzone badania materiału roślinnego od fazy zaawansowanego krzewienia do końca fazy strzelania w źdźbło (116) wykazały, że podstawowym związkiem fenolowym w roślinach żyta są flawonoidy, a w szczególności:

- 6-C-glukopiranozylo-2'-O-galaktopiranozyd apigeniny (2'-O-galaktopiranozyd izowiteksyny),
- izoorientyna (6-C-glukopiranozyd luteoliny),
- 6-C-glukopiranozylo-2'-O-ramnopiranozyd luteoliny (2'-O-ramnopiranozyd izoorientyny),
- 6-C-glukopiranozyd apigeniny.

4.3. WPŁYW CZYNNIKA GENETYCZNEGO NA ZAWARTOŚĆ FLAWONOIDÓW W ROŚLINACH ŻYTA

Ilość dominujących w roślinach żyta związków fenolowych jakimi były flawonoidy zależała od odmiany. Największą zawartość flawonoidów stwierdzono u odmiany populacyjnej Arant (zarejestrowanej w Polsce w roku w 1993) oraz u odmiany mieszańcowej Marder (zarejestrowanej w roku 1995), odpowiednio 149 i 127% wzorca (rys. 14). Wzorzec stanowiła średnia zawartość flawonoidów ze wszystkich badanych odmian. Natomiast najmniejszą zawartością flawonoidów, poniżej 40% wzorca, charakteryzowały się odmiany najstarsze: Dańkowskie Żłote (rok rejestracji 1968) i Dańkowskie Nowe (rok rejestracji 1976).

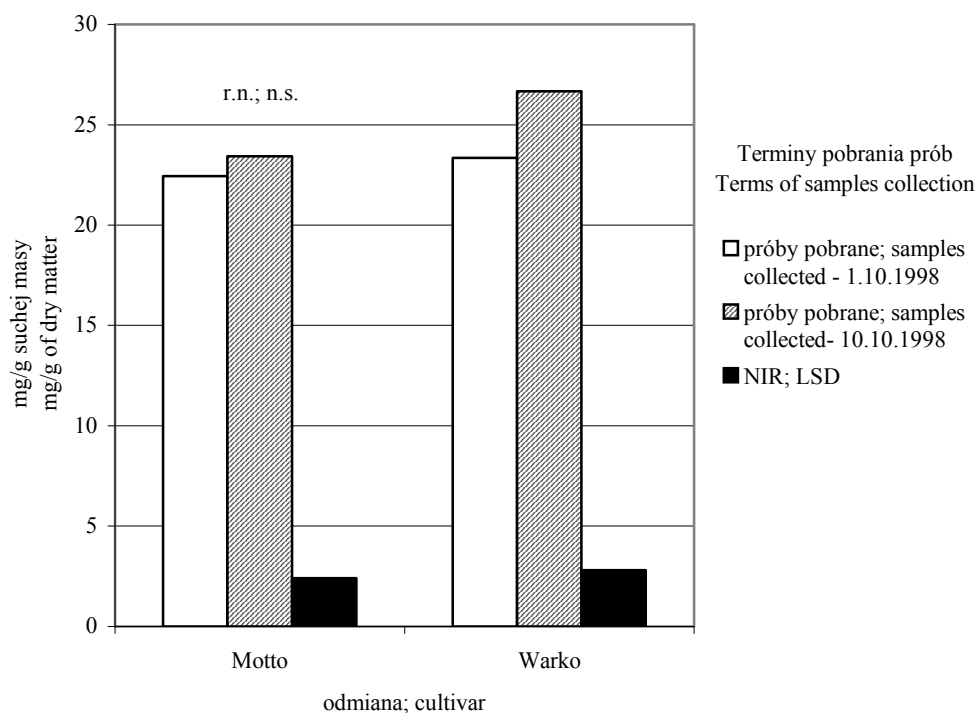


Rys. 14. Zawartość związków flawonoidowych w różnych odmianach żyta jako ekwiwalent rutyny
Flavonoids content in different rye cultivars expressed as rutine equivalent

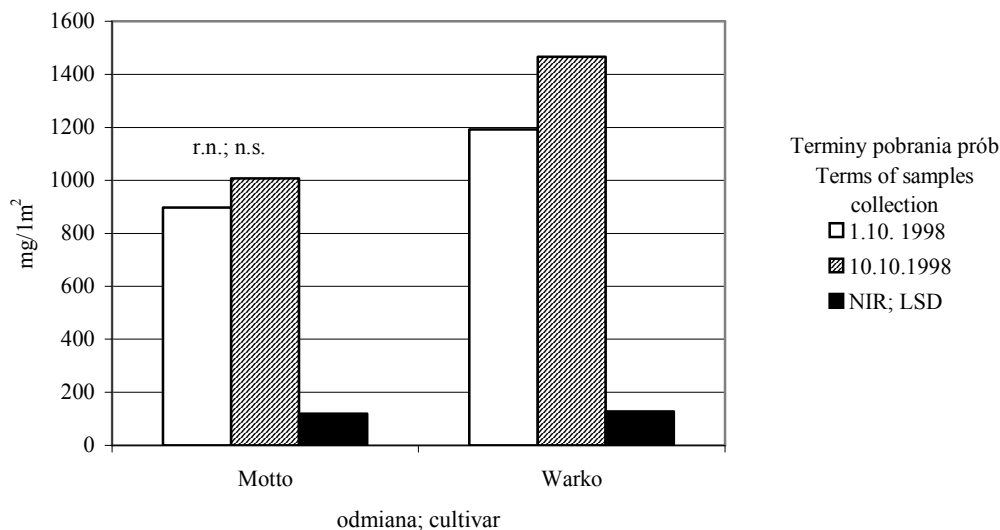
4.4. ZMIANY ZAWARTOŚCI FLAWONOIDÓW W ROŚLINACH ŻYTA W CZASIE WEGETACJI

W eksperymentach z żytem wysianym w pierwszych dniach września 1998 r., po upływie 1 miesiąca od daty siewu, tj. w początku października, w roślinach będących w fazie krzewienia większą o 4% zawartość flawonoidów stwierdzono u odmiany Warko niż Motto. Po upływie dalszych 10 dni różnica ta wzrosła do 13%. Wzrost zawartości flawonoidów w próbach pobranych w dniu 10 października, w stosunku do terminu o 10 dni wcześniejszego, wynosił u odmiany Motto i Warko odpowiednio 4 i 12% (rys. 15). Opisane różnice w zawartości flawonoidów w roślinach żyta miały decydujący wpływ na ilość flawonoidów w przeliczeniu na jednostkę powierzchni. Tak więc u odmiany Motto ilość flawonoidów wzrosła w drugim terminie nieznacznie, natomiast u odmiany Warko wzrost ten był duży i wyniósł 23% (rys. 16). W efekcie ilość flawonoidów w przeliczeniu na jednostkę powierzchni w tym terminie zbioru była u odmiany Warko o 30% większa niż u odmiany Motto.

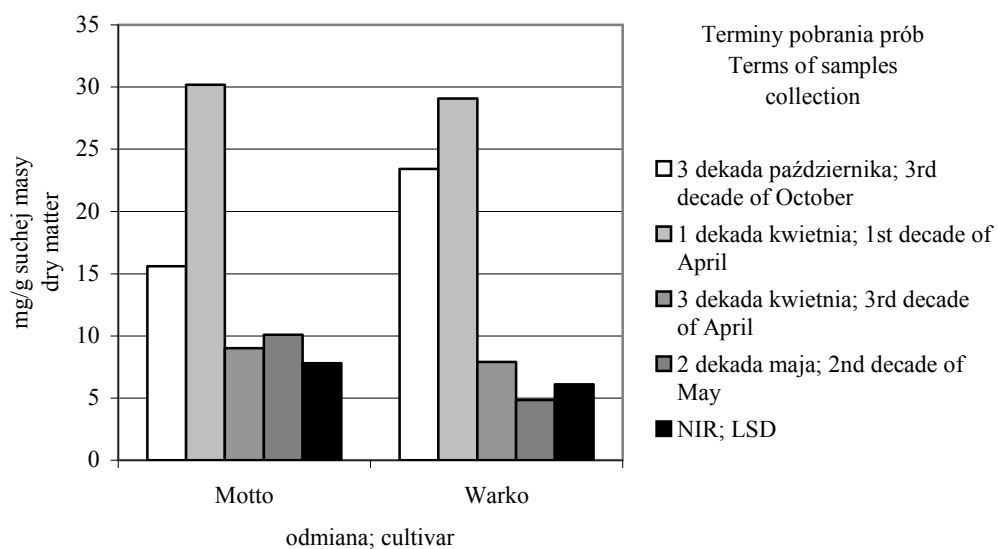
W roślinach żyta wysianego w 3 dekadzie września 1998 r. największą zawartość związków fenolowych stwierdzono w fazie krzewienia na wiosnę. Po przejściu żyta



Rys. 15. Zawartość związków flawonoidowych w życie wysianym w pierwszej dekadzie września
Flavonoid content in rye sown in the first decade of September in samples taken in October

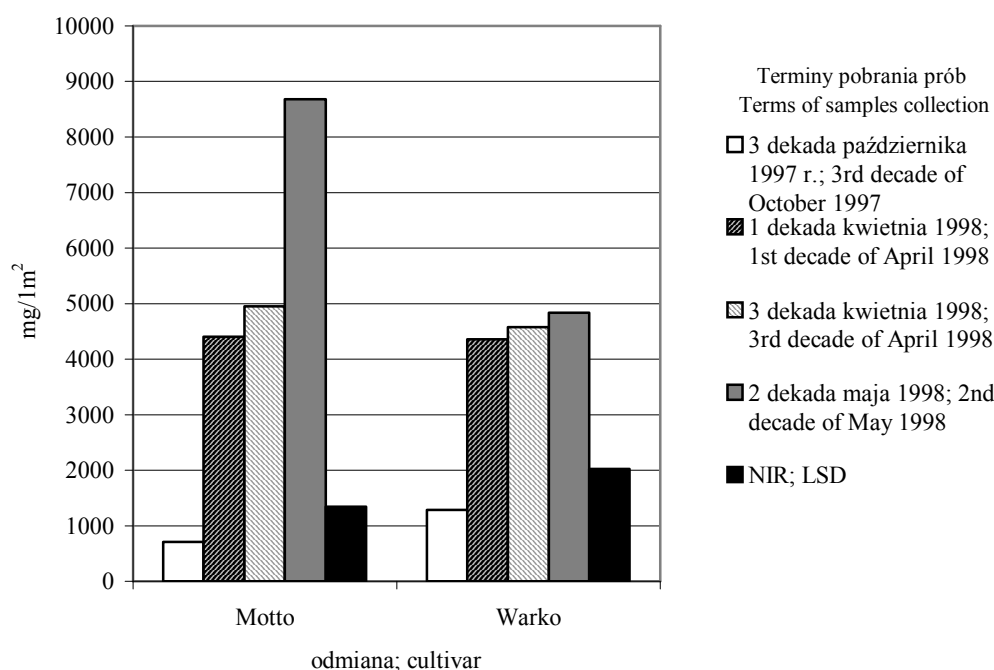


Rys. 16. Ilość związków flawonoidowych w biomacie żyta wysianego w pierwszej dekadzie września, w próbach pobranych w październiku, w przeliczeniu na jednostkę powierzchni
Quantity of flavonoids in biomass of rye sown in the first decade of September in samples collected in October per area unit



Rys. 17. Ilość związków flawonoidowych w biomacie żyta wysianego w trzeciej dekadzie września (1997–1998)
Flavonoid content in biomass of rye sown in the third decade of September in samples collected in different dates (1997–1998)

w fazę strzelania w źdźbło nastąpił gwałtowny spadek zawartości tych związków u obu badanych odmian. Wielkość tego spadku utrzymywała się na podobnym poziomie przez cały czas trwania tej fazy (rys. 17). Mimo dużego spadku zawartości flawonoidów w roślinach żyta w fazie strzelania w źdźbło ich ilość w przeliczeniu na jednostkę powierzchni rosła aż do końca trwania tej fazy. Przy czym wzrost ten był duży u odmiany Motto i niewielki (statystycznie nieistotny) u odmiany Warko (rys. 18).

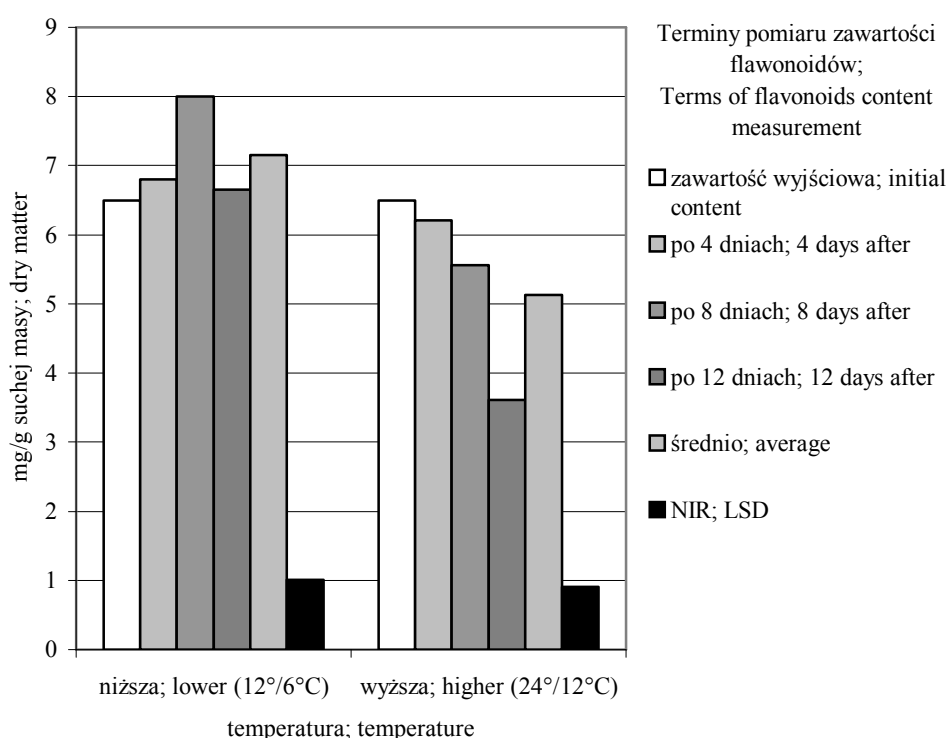


Rys. 18. Ilość związków flawonoidowych w biomacie żyta wysianego w trzeciej dekadzie września w przeliczeniu na jednostkę powierzchni (1997–1998)
Flavonoids content in biomass of rye sown in the third decade of September in samples collected in different dates, converted into area unit (1997–1998)

4.5. WPŁYW WARUNKÓW TERMICZNYCH NA ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW FENOLOWYCH W ROŚLINACH ŻYTA

W roślinach żyta odmiany Warko rosnących w warunkach wyższej temperatury (24°/12°C) stwierdzono mniejszą zawartość związków fenolowych niż w roślinach rosnących w temperaturach niższych (12°/6°C). Średnio różnica ta sięgała prawie 30% (rys. 19). Po 4 dniach od wstawienia wazonów do komory klimatycznej z niższą temperaturą zawartość flawonoidów nieznacznie wzrosła, a po 8 dniach wzrost ten był już bardzo wyraźny, wynoszący prawie 18%. Natomiast w tym samym czasie u roślin rosnących w wysokich temperaturach stwierdzono wyraźny spadek zawarto-

ści tych związków. Po upływie 12 dni od wstawienia wazonów do komór klimatycznych w obu przypadkach nastąpił zasadniczy spadek zawartości flawonoidów. Zawartość flawonoidów w materiale roślinnym po 12 dniach od wstawienia wazonów do fitotronów była na poziomie zbliżonym do wyjściowego w warunkach temperatury niższej i prawie o 45% niższa w temperaturach wyższych. Średnia zawartość flawonoidów w roślinach rosnących w temperaturze wyższej była prawie o 45% niższa niż u roślin przebywających w tym czasie w niższych temperaturach (rys. 19).

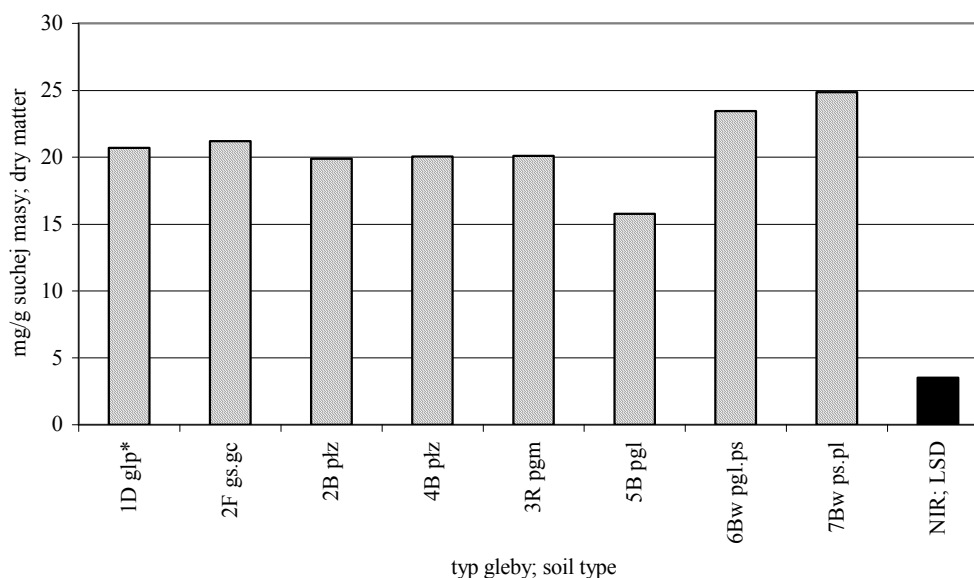


Rys. 19. Wpływ temperatury na zawartość flawonoidów w roślinach żyta
Effect of temperature on flavonoids content in rye plants

4.6. WPŁYW WARUNKÓW GLEBOWYCH NA ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW FENOLOWYCH W ROŚLINACH ŻYTA

Gleby, na których wysiano żyto odmiany Warko w celu określenia wpływu warunków glebowych na zawartość związków fenolowych były bardzo zróżnicowane. Różnice te dotyczyły zarówno składu granulometrycznego (tab. 1), jak i chemicznego (tab. 2). Zdecydowanie najmniejszą zawartość flawonoidów stwierdzono w roślinach żyta rosnących na glebie brunatnej właściwej wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego (rys. 20). Gleba ta zawierała największe spośród uwzględnionych w badaniach zasoby związków żelaza oraz bardzo wysoką zawartość miedzi i manganu (tab. 1).

Natomiast największą ilość flawonoidów stwierdzono w roślinach uprawianych na glebie brunatnej kwaśnej wytworzonej z piasku luźnego, charakteryzującej się bardzo niską zasobnością w makro- i mikroelementy.



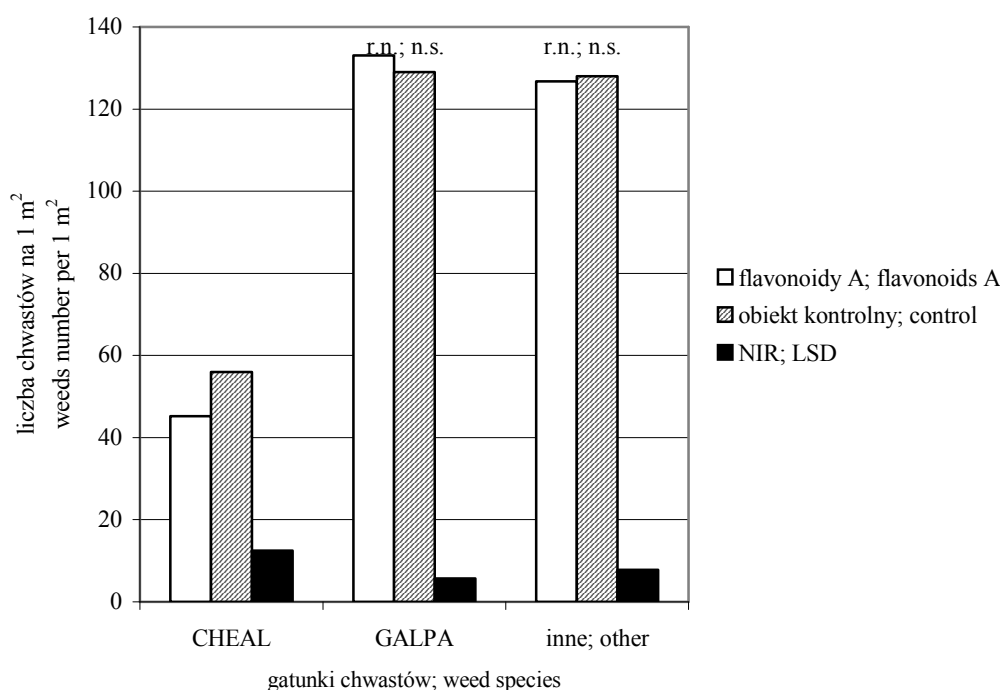
* opis symboli użytych na rysunku zamieszczono w tabeli 1; description of symbols used in the picture is in table 1

Rys. 20. Zawartość flawonoidów w biomacie żyta ozimego w zależności od warunków glebowych
Flavonoids content in rye biomass in dependence on soil conditions

4.7. WPŁYW ALKOHOLOWYCH I WODNYCH ROZTWORÓW FLAWONOIDÓW WYEKSTRAHOWANYCH Z ŻYTA NA CHWASTY

Wpływ zastosowanych doglebowo roztworów alkoholowych flawonoidów na chwasty nie był jednakowy w poszczególnych latach. W 1998 r. był on stosunkowo niewielki i ujawnił się przede wszystkim istotnym ograniczeniem liczebności *Chenopodium album* (rys. 21). Przeprowadzone w 1999 r. w podobnych warunkach doświadczenie

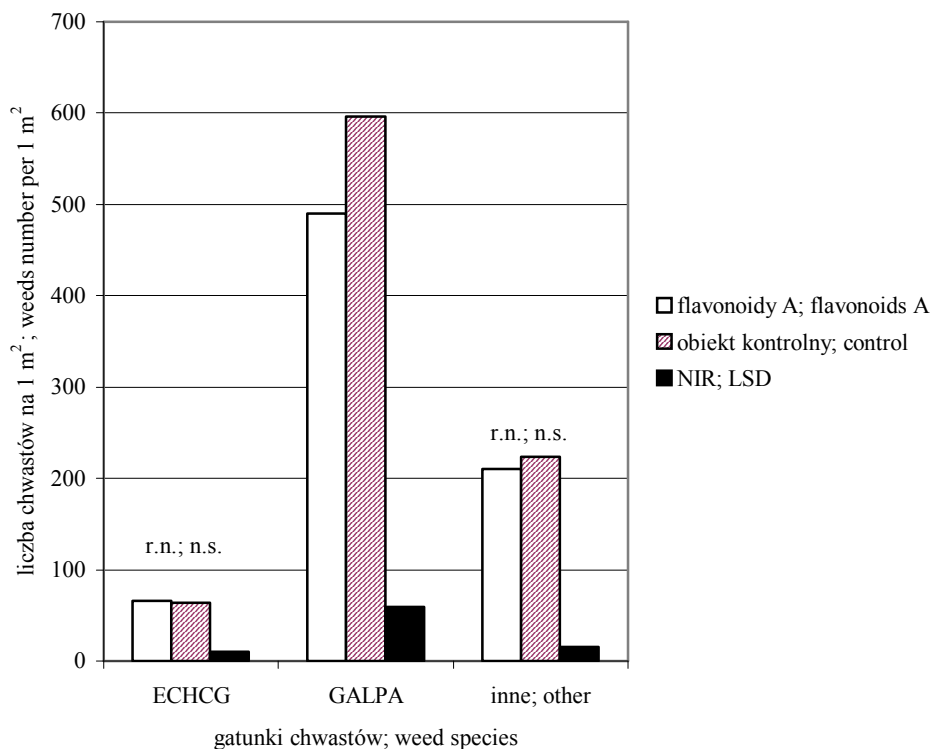
wykazało, że flawonoidy są grupą związków fenolowych nieobojętą dla procesu kiełkowania *Galinsoga parviflora*. Działanie flawonoidów na chwasty jednoliścienne reprezentowane w badaniach przez *Echinochloa crus-galli* było nieistotne (rys. 22).



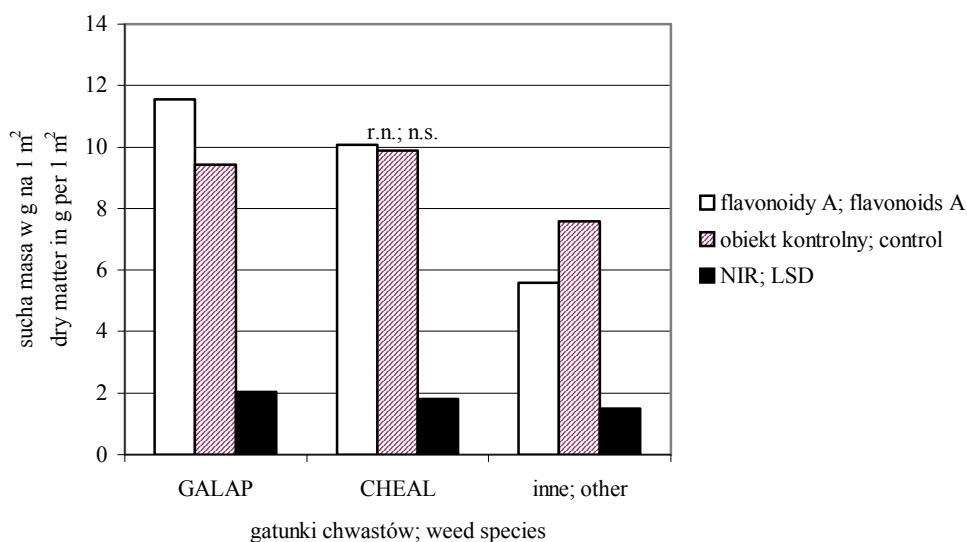
Rys. 21. Wpływ alkoholowego roztworu flawonoidów zastosowanego doglebowo na liczebność wybranych gatunków chwastów na jednostce powierzchni (1998)
Effect of flavonoids alcohol solution applied into the soil on different weed species number per area unit (1998)

Pod wpływem flawonoidów ilość suchej masy wytworzonej przez chwasty w 1998 r. podlegała stosunkowo niewielkim zmianom (rys. 23). Natomiast w roku 1999 wpływ ten był stosunkowo duży, zwłaszcza w przypadku *Galinsoga parviflora*, u której ilość suchej masy została ograniczona o prawie 40% (rys. 24).

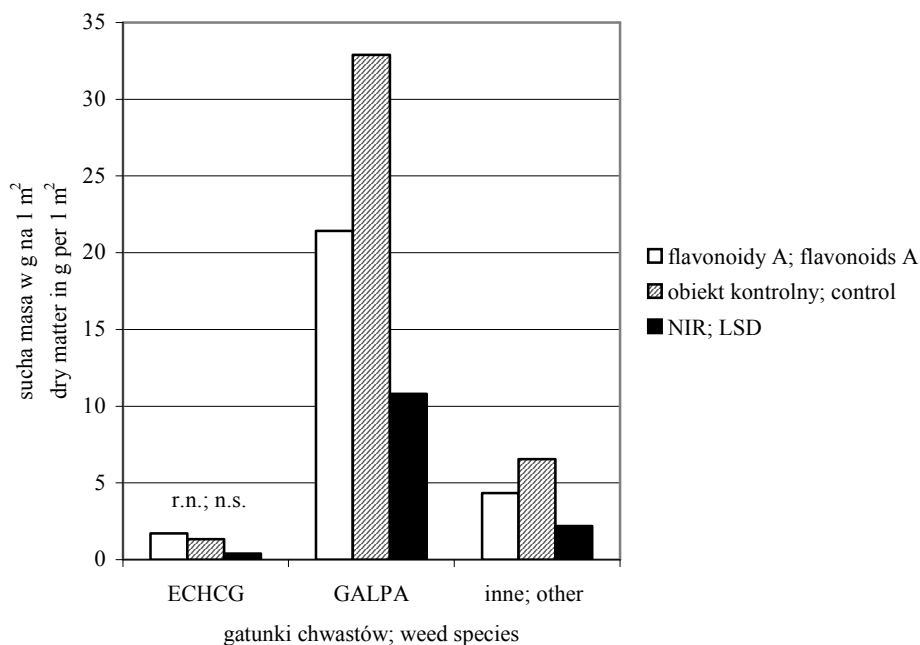
Dodatkowo w 1999 r. przeprowadzono dwie serie doświadczeń, w których porównywano wpływ alkoholowego i wodnego roztworu flawonoidów. Przeprowadzone badania wykazały, że oba rodzaje roztworów na zbliżonym poziomie obniżały zarówno liczebność, jak i ilość wytworzonej suchej masy chwastów (rys. 25).



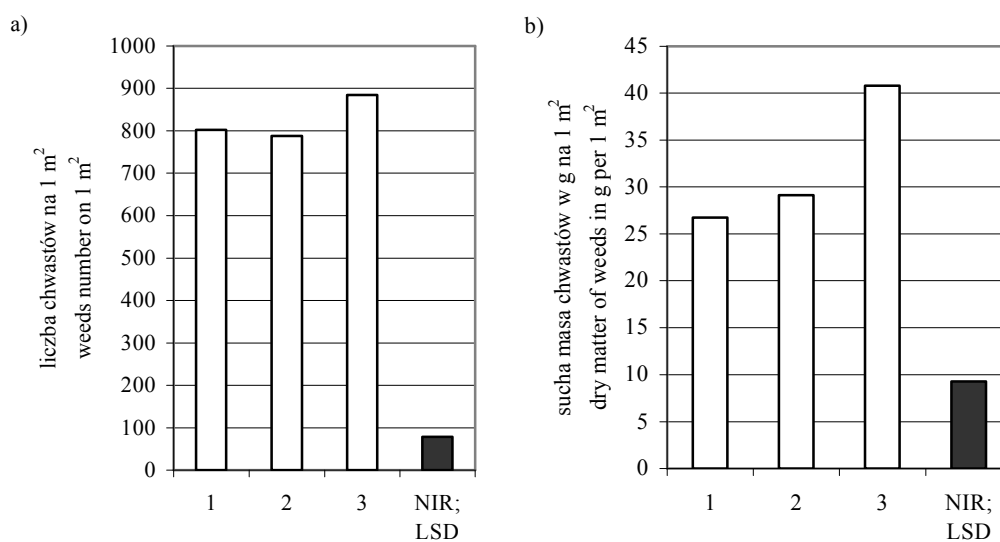
Rys. 22. Wpływ alkoholowego roztworu flawonoidów zastosowanego doglebowo na liczebność wybranych gatunków chwastów (1999)
Effect of flavonoids alcohol solution applied into the soil on different weed species number (1999)



Rys. 23. Wpływ alkoholowego roztworu flawonoidów zastosowanego doglebowo na ilość suchej masy wybranych gatunków chwastów (1998)
Effect of alcohol solution of flavonoids applied into the soil on dry matter of different weed species (1998)



Rys. 24. Wpływ alkoholowego roztworu flawonoidów zastosowanego doglebowo na ilość suchej masy wybranych gatunków chwastów (1999)
Effect of alcohol solution of flavonoids applied into the soil on quantity of dry matter of different weed species (1999)

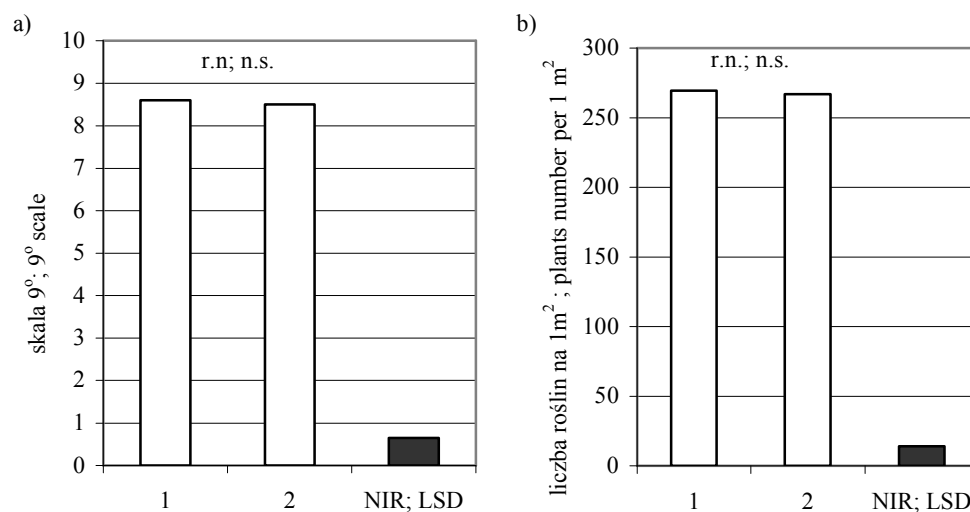


1 - flawonoidy A; flavonoids A; 2 - flawonoidy B; flavonoids B; 3 - obiekt kontrolny; control

Rys. 25. Wpływ alkoholowego (A) i wodnego (B) roztworu flawonoidów zastosowanych doglebowo na: a) liczebność oraz b) suchą masę chwastów na jednostce powierzchni (1999)
Effect of alcohol (A) and water (B) of flavonoids solution applied into the soil on: a) number and b) dry matter of weeds per area unit (1999)

4.8. WPŁYW POPLONU Z ŻYTA OZIMEGO NA SIEWKI GRYKI

Zarówno w 1998, jak i 1999 roku warunki termiczne i wilgotnościowe jesienią sprzyjały szybkim i równomiernym wschodom żyta poplonowego – odsetek wzeszłych roślin przekraczał 90%. Przed jesiennym zahamowaniem wegetacji rośliny żyta były już dobrze rozkrzewione. Wiosną warunki termiczne także sprzyjały intensywnemu przyrostowi biomasy. W połowie pierwszej dekady maja, kiedy biomasa żyta została wymieszana z glebą, jej ilość w przeliczeniu na 1 m² wynosiła w roku 1999 i 2000 odpowiednio: 3,3 i 3,6 kg. Zarówno na obiektach z zastosowaną biomasa żyta, jak i obiektach kontrolnych wschody gryki pojawiły się w tym samym czasie, tj. po 8 dniach od daty siewu w 1999 roku i o 2 dni później w 2000 roku. Również nieistotny był wpływ zastosowanej biomasy żyta na liczebność siewek gryki określoną 12 dni od daty początku wschodów (rys. 26). Wpływ biomasy żyta na kondycję siewek gryki był także niewielki. Nie stwierdzono bowiem zmian morfologicznych objawiających się ograniczeniem wzrostu roślin, przebarwieniami czy nekrozą. Określona w skali 9-stopniowej kondycja roślin wynosiła średnio z dwóch lat badań 8,6 na obiekcie kontrolnym i tylko o 0,1 mniej na obiekcie z biomasa żyta (rys. 26).



1 - obiekt kontrolny; control
2 - poplon z żyta; rye as catch crop

Rys. 26. Wpływ poplonu z żyta ozimego zastosowanego doglebowo na:
a) kondycję oraz b) wschody gryki (średnia z lat 1999–2000)
Effect of catch crop of rye incorporated into the soil on buckwheat seedlings:
a) vigour and b) emergence (mean from 1999–2000)

5. DYSKUSJA

W oparciu o przegląd piśmiennictwa oraz przeprowadzone badania własne można stwierdzić, że żyto uprawiane w Polsce może odegrać ważną rolę w ograniczaniu zachwaszczenia roślin uprawnych. Lista gatunków chwastów, dla których zawarte w roślinach żyta allelopatyny nie są obojętne jest stosunkowo długa. Badania P u t n a m a i d e F r a n k a (102) oraz S h i l l i n g a i i n. (114) udowodniły, że do gatunków chwastów najefektywniej zwalczanych przez żyto należą: *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Portulaca oleracea* oraz *Ambrosia artemisiifolia*. Ich kiełkowanie i wzrost ograniczane były w ponad 90%. Przy czym w badaniach tych wysiany jesienią poplon z żyta niszczonej wiosną herbicydem zawierającym glifosat, a zniszczona biomasa pozostawała na powierzchni w formie mulczu, w który wsiewano siewnikiem do siewu bezpośredniego groch siewny (*Pisum sativum*). W badaniach własnych nie uwzględniono obiektów eksperymentalnych podobnych do wymienionych w zacytowanych pracach z dwóch względów. Po pierwsze założono, że ewentualne wyniki badań znajdą wykorzystanie przede wszystkim w rolnictwie ekologicznym, w którym stosowanie pestycydów, w tym przypadku herbicydów, jest niedopuszczalne. Po drugie metoda siewu bezpośredniego ma w Polsce, jak wynika z literatury, stosunkowo małe możliwości upowszechnienia.

Bardzo wysoka skuteczność ograniczania zachwaszczenia potwierdziła się w przeprowadzonych badaniach własnych w stosunku do *Chenopodium album*, chwastu powszechnie występującego w Polsce, w przypadku zastosowania biomasy żyta w 1 dekadzie maja. Ponadto stosowana w tym terminie biomasa bardzo mocno ograniczała kiełkowanie i wzrost *Stellaria media* oraz *Viola arvensis* – chwastów również szeroko rozpowszechnionych w zasiewach roślin uprawianych w Polsce. Oprócz tego żyto wpłynęło na ograniczenie kiełkowania i wzrostu wielu innych gatunków chwastów, mniej licznie występujących w badaniach, na przykład *Capsella bursa-pastoris* czy *Anthemis arvensis*.

Zdecydowanie słabiej biomasa żyta wpływa na chwasty jednoliścienne (101); chociaż znane są przypadki dość silnego jej działania także na tę grupę chwastów. Jako przykład mogą posłużyć wyniki P u t n a m a i d e F r a n k a (102), które wskazują, że żyto aż w 80% ograniczało kiełkowanie *Setaria viridis*. Dobrym przykładem mogą być także badania P r z e p i ó r k o w s k i e g o i G ó r s k i e g o (97), w których wykazano, że zielona masa żyta ograniczyła w dość dużym stopniu występowanie *Echinochloa crus-galli*, chwastu odpornego na herbicydy triazynowe. W badaniach własnych gatunkiem jednoliściennym występującym w doświadczeniu z glebą pochodzącą z silnie zachwaszczonego pola uprawnego był *Apera spica-venti*. Jest to gatunek niebezpieczny, zwłaszcza przy wschodach jesiennych, gdyż wtedy bardzo mocno się krzewi i wiosną stanowi dużą konkurencję dla roślin uprawnych. Między innymi z tego powodu w schemacie badań uwzględniono obiekty, w których stosowano biomasę żyta jesienią. Zastosowana w takim terminie biomasa ograniczyła istotnie ilość skiełkowanych roślin *Apera spica-venti* i, co ważne, spowodowała istotne obniżenie ich masy na wiosnę.

Ponadto niewielka masa rozkładających się roślin żyta zastosowanych jesienią istotnie ograniczała kiełkowanie także kilku gatunków chwastów dwuliściennych, tj. *Cerastium arvense*, *Stellaria media*, *Viola arvensis* i *Anthemis arvensis*. Wymienione gatunki chwastów należą do zimujących, a więc takich, które **niezwalczone** jesienią bardzo silnie rozwijają się na wiosnę i w związku z tym są szczególnie szkodliwe w łąkach roślin uprawnych.

Dla pełnej oceny możliwości wykorzystania potencjału allelopatycznego żyta przy stosowaniu biomasy jesienią przeprowadzono dwuletnie badania obserwacyjne, które wykazały, że największy plon biomasy żyta jesienią można uzyskać wysiewając je w pierwszych dniach września. Wcześniejszy (sierpniowy) wysiew jest nieuzasadniony ze względu na duże niebezpieczeństwo porażenia żyta przez choroby i związane z tym ograniczone tempo przyrostu biomasy.

Ciekawą hipotezę zakładającą wpływ wielkości nasion chwastów na ich wrażliwość na substancje zawarte w roślinach żyta postawili C h a s e i in. (25) oraz B u r g o s i T a l b e r t (21). W badaniach tych autorów chwasty posiadające grubsze nasiona wykazywały mniejszą wrażliwość na metabolity wtórne pozyskane z żyta (DIBOA, BOA i AZOB) niż chwasty o nasionach mniejszych. Fakt ten tłumaczyli obecnością większej ilości allelozwiązków w wierzchniej warstwie gleby, w której kiełkują rośliny posiadające nasiona drobne. Rzeczywiście, w przeprowadzonych badaniach najsilniejszy wpływ substancji allelopatycznych zawartych w życie na kiełkowanie stwierdzono u gatunku posiadającego bardzo drobne nasiona – *Chenopodium album*. Jednak trzeba zauważyć, że w opisywanych badaniach biomasa żyta została wymieszana równomiernie z glebą do głębokości 8-10 cm. Zatem, także nasiona chwastów kiełkujące z głębszych warstw gleby znajdowały się w bezpośredniej bliskości rozkładającego się żyta. Tym niemniej, wydaje się zasadne sprawdzenie takiej hipotezy w praktyce. Gdyby została ona potwierdzona, to wówczas sposób zastosowania biomasy żyta, taki jak w przeprowadzonych badaniach, tj. polegający na wymieszaniu biomasy żyta z warstwą gleby o określonej grubości miałby uzasadnienie, zwłaszcza wtedy, gdy na danym polu dominowałyby chwasty posiadające nasiona duże, kiełkujące z głębszych warstw gleby.

Podsumowując tę część dyskusji należy zwrócić uwagę na dynamikę wschodów chwastów po zastosowaniu biomasy z żyta wiosną. Otóż w kolejnych tygodniach od jej zastosowania liczebność wschodzących chwastów była nawet 4–5-krotnie, a sucha masa chwastów 3–4-krotnie mniejsza niż w obiektach kontrolnych (bez biomasy). Wskazuje to, że wprowadzona do gleby biomasa żyta poplonowego może „utrzymać” poziom zachwaszczenia pola na stosunkowo niskim poziomie przez okres prawie jednego miesiąca. Jest to okres dostatecznie długi dla większości roślin uprawnych do wytworzenia zwartej łąki, skutecznie konkurującej z chwastami.

Stwierdzenie faktu występowania w agrocenozie oddziaływań roślin na siebie, w tym przypadku żyta ozimego na chwasty, jest dopiero pierwszym etapem do pełnego określenia zjawiska allelopatii (90). Kolejne etapy związane są z wyodrębnieniem substancji, które za to oddziaływanie odpowiadają, a następnie ich identyfikacją wraz

z określeniem struktury. Biorąc pod uwagę istniejącą literaturę z tego zakresu szczególną uwagę w badaniach zwrócono na kwasy hydroksamowe, których obecność w życie stwierdziło wielu autorów (9, 12, 25, 113, 124, 130). Związki te istniały w stosunkowo dużej koncentracji tylko w początkowym okresie kiełkowania, tj. do 12 dnia od chwili ukazania się kielka. Później zawartość ich spadła poniżej poziomu oznaczalności, co jest zgodne z badaniami przeprowadzonymi przez *Argandona i Corcuera* (4) z pszenicą oraz *Klunai i Robisona* (67) z kukurydzą. Niektórzy autorzy poczynili jednak w tym względzie inne obserwacje. *Barnesi i Putnam* (12) stwierdzali obecność kwasów hydroksamowych w roślinach żyta znacznie później, bo aż do 45 dnia od czasu rozpoczęcia kiełkowania, a *Peretz i Ormeno-Nunez* (93) nawet przez cały okres wegetacji.

W związku z tym, że kwasy hydroksamowe były obecne jedynie w początkowym okresie rozwoju żyta, kiedy to masa roślin była jeszcze bardzo mała, nie podjęto szerszych badań dotyczących występowania tych związków w zależności od różnych czynników agrotechnicznych i środowiskowych. Natomiast szczegółowe badania prowadzono nad związkami fenolowymi dominującymi w późniejszych fazach rozwoju żyta. Przy czym pierwsze analizy zaczęto wykonywać dopiero po wytworzeniu przez żyto względnie dużej biomasy, tj. od fazy zaawansowanego krzewienia jesienią. Założono bowiem, że aby zjawisko allelopatii miało wymiar praktyczny wytworzona masa żyta nie może być bardzo mała, ponieważ ilość allelopatycznych substancji w przeliczeniu na jednostkę powierzchni gleby będzie wtedy względnie nieduża, niewystarczająca do efektywnego działania na chwasty. Zresztą taki sposób rozumowania uzyskał potwierdzenie w przeprowadzonych badaniach, gdyż mała ilość biomasy zastosowanej jesienią zdecydowanie słabiej działała na chwasty niż duża jej ilość zastosowana wiosną.

Badania wykazały, że od fazy zaawansowanego krzewienia jesienią do fazy końca strzelania w źdźbło wiosną zasadniczo dominującymi związkami fenolowymi w roślinach żyta były flawonoidy. Związki te znalazły się na liście potencjalnych allelopatyn u *Einhelligi i Leather* (41). *Harborne* (59) w tej grupie związków do najbardziej znanych allelopatyn zaliczył: florydzynę, kempferol, kwercytnę oraz mirycytnę. W badaniach autora nie stwierdzono obecności żadnego z wymienionych związków, a dominującymi flawonoidami były pochodne apigeniny, luteoliny oraz orientyny (116). Pochodne apigeniny i luteoliny stwierdzili w młodych siewkach żyta także *Dellamonica i in.* (37) oraz *Schulz i in.* (109), a także *Schulz i Weissenböck* (110).

W związku z tym, że w badanej biomacie żyta wśród związków fenolowych flawonoidy występowały w zdecydowanie dominującej ilości wysunięto przypuszczenie poparte stwierdzeniami innych autorów (41, 59), że w przypadku żyta uprawianego w Polsce związki te także odgrywają istotną rolę w oddziaływaniu allelopatycznym.

Przeprowadzone dwuletnie badania sprawdzające działanie flawonoidów na kiełkujące chwasty wykazały, że w pewnych warunkach związki te są aktywne w stosunku do kiełkujących w glebie nasion, chociaż nie jest to aktywność tak duża, jak w przypadku stosowania biomasy żyta. Prawdopodobnie występująca w latach różna

reakcja chwastów na wprowadzone do gleby flawonoidy jest powodowana przez zmienność intensywności przemian chemicznych, jakim podlegają te związki w środowisku glebowym. Można bowiem przypuszczać, że to nie flawonoidy oddziałują bezpośrednio na kiełkujące nasiona chwastów, ale związki, które powstają w wyniku ich rozkładu. Na zasadność takich przypuszczeń wskazują doniesienia różnych autorów (26, 83, 98) o przemianach chemicznych jakim podlegają związki fenolowe. Dowodzą oni, że nierzadko przemiana związku allelopatycznego niesie za sobą zwiększenie jego chemicznej aktywności allelopatycznej. Przy czym intensywność i kierunek tych przemian zależy przede wszystkim od frekwencji w środowisku glebowym określonego gatunku bakterii. Nie wykluczone, że słabsza reakcja chwastów na roztwór flawonoidów zastosowany doglebowo w pierwszym roku badań był wywołany obecnością niewielkiej liczby bakterii określonego typu. Nie można wykluczyć także istnienia wpływu na rozwój wymienionych bakterii związków organicznych powstających przy rozkładzie żyta. Ponadto przyczyn różnego w poszczególnych latach wpływu flawonoidów zastosowanych doglebowo można doszukiwać się w warunkach termicznych. W roku 1998, kiedy nie stwierdzono działania flawonoidów na chwasty temperatura powietrza była wyraźnie niższa niż w roku 1999, w którym działanie flawonoidów było o wiele większe.

Przeprowadzona analiza zmian w zawartości związków flawonoidowych potwierdziła przypuszczenie o istnieniu dużej zmienności w tym względzie w zależności od różnych czynników. W szczególności ogólna zawartość flawonoidów była wyraźnie zróżnicowana w zależności od odmiany. Różnica pomiędzy zawartością flawonoidów u odmiany Dańkowskie Żłote, która posiadała tych związków najmniej, a odmiany Arant, która miała ich najwięcej była prawie 2,5-krotna. Wyniki te potwierdzają określoną w badaniach A l s a d a w i e g o i n. (3) oraz E s c o b a r a i N i e m e y e r a (48) dużą zmienność zawartości związków fenolowych w obrębie odmian tego samego gatunku, a w związku z tym także zmienność ich potencjału allelopatycznego. W pierwszej wymienionej pracy autorzy przedstawili wyniki badań nad 100 odmianami sorga. Tylko 25 z nich istotnie ograniczało kiełkowanie gatunku *Amaranthus retroflexus*, chwastu będącego przedmiotem testu. Działanie pozostałych odmian na kiełkowanie wymienionego chwastu było wyraźnie słabsze, a odsetek skiełkowanych nasion przekraczał 70%. Komentując uzyskane przez A l s a d a w i e g o i n. (3) wyniki badań trzeba zaznaczyć, że materiał genetyczny jaki przebadali był bardzo szeroki. Natomiast w badaniach tych uwzględniono jedynie odmiany żyta będące w rejestrze w czasie prowadzenia prac eksperymentalnych. Być może, gdyby włączono do badań starsze odmiany żyta, zarejestrowane jeszcze przed pojawieniem się na rynku odmiany Dańkowskie Żłote oraz większą grupę odmian zagranicznych, rozpiętość w zawartości związków fenolowych byłaby znacznie większa, być może nawet taka, jak w badaniach A l s a d a w i e g o (3).

Nie sprawdziła się natomiast hipoteza o zwiększonej obecności związków allelopatycznych u odmian starych w porównaniu z nowymi, którą postawiono na podstawie publikacji E s c o b a r a i N i e m e y e r a (48). Uzyskane wyniki badań wskazują nawet na zależność odwrotną, bowiem największą zawartość flawonoidów stwier-

dzono u odmiany populacyjnej Arant, zarejestrowanej w Polsce w 1993 roku oraz u odmiany mieszańcowej Marder zarejestrowanej w 1995 roku. Natomiast najmniejszą zawartością flawonoidów charakteryzowały się odmiany najstarsze – Dańkowskie Złote (rok rejestracji 1968) i Dańkowskie Nowe (rok rejestracji 1976). Wydaje się, że w pewnym stopniu zwiększoną ilość związków fenolowych w odmianach „młodszych” można tłumaczyć wieloletnią selekcją prowadzoną przez hodowców, której jednym z celów było osiągnięcie postępu w zakresie odporności na choroby. Jeśli założymy, że wyższa odporność na choroby koreluje dodatnio z zawartością związków fenolowych. Nie ma jednak badań potwierdzających taką hipotezę. Przypuszczenia te nie sprawdziły się także w odniesieniu do odmiany Marder, która charakteryzuje się bardzo niską odpornością na choroby, a w szczególności na rdzę brunatną, a zawiera duże ilości flawonoidów.

O sile oddziaływania allelopatycznego decyduje nie tylko charakter chemiczny danego związku, ale także jego ilość, która uwolni się w drodze rozkładu substancji organicznej bądź innych procesów (90). W związku z tym, pobierając próby do określenia zawartości fenoli w roślinach żyta określano jednocześnie plon biomasy żyta z jednostki powierzchni. Wykonane na tej podstawie przeliczenia wykazały, że zastosowanie biomasy żyta 10 października związane było ze znacznie większą ilością wprowadzonych do gleby związków fenolowych niż w terminie o 10 dni wcześniejszym. Również wiosną mimo występującego w tym okresie szybkiego spadku zawartości flawonoidów w roślinach sytuacja była podobna, to znaczy w przeliczeniu na jednostkę powierzchni ilość flawonoidów w kolejnych terminach pomiaru była coraz większa. Największą ilość allelopatyn z jednostki powierzchni stwierdzono w końcu fazy strzelania w źdźbło, tj. w takim terminie, w którym zastosowano biomasę żyta w eksperymencie określającym jej wpływ na poszczególne gatunki chwastów. Należy także zauważyć, że stosunkowo dużą biomasę i wysoki plon flawonoidów w przeliczeniu na jednostkę powierzchni uzyskano z żyta już w początkach fazy strzelania w źdźbło, która przypada na 3 dekadę kwietnia, a więc w okresie, kiedy możliwe jest jeszcze wysiewanie nie tylko roślin późnego siewu, takich jak proso czy gryka, ale także wielu innych gatunków. Takie spostrzeżenie jest bardzo ważne, bo wskazuje na znaczne zwiększenie spektrum gatunków, wobec których możliwe jest zastosowanie poplonu z żyta w celu ograniczenia ich zachwaszczenia.

Przeprowadzone badania potwierdziły hipotezę postawioną w oparciu o badania M w a j a i in. (81), że warunki siedliska mogą mieć duży wpływ na gromadzenie się w roślinach związków fenolowych. Wymienieni badacze większą zawartość związków fenolowych BOA i DIBOA charakteryzujących się wysokim potencjałem allelopatycznym stwierdzili w roślinach żyta rosnącego na gorszych glebach. W przedstawianych badaniach różnice w zawartości związków fenolowych w zależności od rodzaju gleby sięgały 40%. Zdecydowanie najmniejszą zawartość flawonoidów stwierdzono w roślinach żyta rosnącego na glebie pochodzącej z kompleksu żytniego dobrego, na której plony ziarna żyta uzyskiwane w innych doświadczeniach były zwykle największe. Gleba ta zawierała największe spośród uwzględnionych w badaniach za-

soby związków żelaza oraz bardzo wysoką zawartość miedzi i manganu. Natomiast największe ilości flawonoidów stwierdzono na glebie najuboższej, należącej do kompleksu żytniego bardzo słabego, charakteryzującej się bardzo niską zasobnością w makro- i mikroelementy. Podobnie wysoką zawartość związków flawonoidowych stwierdzono na nieco bardziej zasobnej glebie kompleksu żytniego słabego. Uzyskane wyniki świadczą o tym, że większego efektu allelopatycznego przy uprawie żyta na poplon można oczekiwać na glebach słabszych, tym bardziej, że gleby te posiadają słabszy kompleks sorpcyjny, a więc o mniejszych zdolnościach buforowych w stosunku do substancji allelopatycznych.

Przeprowadzone badania udowodniły istnienie wyraźnego związku warunków termicznych z zawartością fenoli w roślinach żyta. W życie rosnącym w temperaturze wyższej zawartość flawonoidów była niższa o około 30% niż w roślinach rosnących w temperaturach niższych. Potwierdziły się tym samym badania *Thompsona* i in. (121), w których niska temperatura stymulowała syntezę kwasów hydroksamowych w korzeniach kukurydzy. Podobne potwierdzenie tej tezy można znaleźć w pracy *Estena* i in. (47). Uzasadnione jest zatem przypuszczenie, że duża zmienność warunków termicznych wiosną, jaka ma miejsce w Polsce, może wpływać na efekt allelopatyczny biomasy żyta w stosunku do chwastów. Ocena tych różnic w praktyce jest trudna do określenia ze względu na duży wpływ warunków termicznych na tempo wzrostu chwastów oraz tempo rozkładu biomasy, a tym samym szybkość uwalniania się substancji z potencjałem allelopatycznym, w tym przypadku flawonoidów.

Różne mogą być sposoby wykorzystania potencjału allelopatycznego żyta w zwalczaniu chwastów. W literaturze amerykańskiej opisano eksperymenty, w których do płodozmianu prowadzonego systemem bezuprawowym (no-till) najczęściej wprowadzono żyto, które niszczone poprzez zastosowanie chemicznego środka desykującego (13). W przeprowadzonych badaniach zrezygnowano z obiektów, w których żyto byłoby niszczone chemicznie, gdyż jednym z przewidywanych zastosowań poplonu z żyta są gospodarstwa ekologiczne, w których stosowanie pestycydów jest niedopuszczalne.

Reasumując, należy stwierdzić, że przeprowadzone badania umożliwiły osiągnięcie założonych celów, a wysunięte na podstawie dokonanego przeglądu literatury hipotezy w znacznej mierze potwierdziły się. Przede wszystkim dotyczy to przypuszczenia o silnym oddziaływaniu biomasy żyta wprowadzonej do gleby na wiele gatunków chwastów powszechnie występujących w Polsce. Potwierdzona została także większość hipotez związanych ze zmianami zawartości związków fenolowych w biomacie żyta. Nie uzyskała natomiast potwierdzenia hipoteza o zasadniczej roli kwasów hydroksamowych w allelopatycznych oddziaływaniach żyta, gdyż dominującym związkiem fenolowym w biomacie tego gatunku okazały się flawonoidy. Zdolności allelopatyczne tych związków potwierdziły się tylko częściowo. Uzyskane rezultaty wykazały także, że gryka jest rośliną, pod którą zastosowanie poplonu z żyta jest możliwe, gdyż nie reaguje tak, jak chwasty na zastosowaną biomasę żyta. Po przeprowadzeniu stosownych eksperymentów, w szczególności związanych z różnymi sposobami wprowadzania biomasy żyta do gleby, będzie można proponować dla szerokiej praktyki

rolniczej przed siewem gryki wysiew poplonu z żyta. Przeprowadzone badania wskazują także na konieczność określenia przydatności poplonu z żyta do ograniczenia zachwaszczenia w innych gatunkach roślin uprawnych.

6. WNIOSKI

1. Żyto uprawiane w Polsce charakteryzuje się wysokim potencjałem allelopatycznym. Wprowadzenie wiosną do gleby zielonej masy tego gatunku silnie ogranicza kiełkowanie i wzrost wielu gatunków chwastów dwuliściennych. Natomiast wpływ biomasy żyta na chwasty jednoliścienne jest niewielki i nie ma praktycznego znaczenia.

2. Dominującą pod względem ilościowym grupę związków fenolowych w życie stanowią flawonoidy. Roztwory wodne i alkoholowe tych związków wykazują aktywność allelopatyczną w stosunku do niektórych gatunków chwastów. Aktywność ta jest jednak zdecydowanie niższa niż stosowanej doglebowo biomasy żyta.

3. Największa ilość flawonoidów w roślinach żyta w przeliczeniu na jednostkę powierzchni występuje w końcowej fazie strzelania w źdźbło. Dlatego dla uzyskania najsilniejszego efektu allelopatycznego w stosunku do chwastów uzasadnione jest stosowanie biomasy w wymienionej fazie wzrostu i rozwoju żyta.

4. Zawartość związków flawonoidowych w roślinach żyta zależy od czynników klimatycznych, glebowych oraz agrotechnicznych, dlatego też stosowanie biomasy żyta jako poplonu ograniczającego zachwaszczenie może przynosić zmienne efekty.

5. W prezentowanych badaniach kwasy hydroksamowe występują tylko w młodych siewkach żyta. Największą ich ilość stwierdzono w siewkach 6–8-dniowych. Praktyczna rola tych związków w regulacji zachwaszczenia jest więc niewielka.

6. Poplon z żyta wprowadzony do gleby wiosną przed siewem gryki nie ogranicza jej wschodów oraz nie wpływa fitotoksycznie na początkowy wzrost siewek, dlatego może być wykorzystywany w celu ograniczenia zachwaszczenia w uprawie tego gatunku.

7. Uzyskane wyniki badań wskazują na możliwość praktycznego wykorzystania poplonu z żyta w celu ograniczenia zachwaszczenia zasiewów roślin w uprawie polowej. Jednak dla pełnego określenia tej możliwości konieczne jest przeprowadzenie dalszych badań w warunkach polowych.

7. LITERATURA

1. Adamczewski K.: Rozwój metod zwalczania i perspektywy ograniczania chwastów. *Progress in Plant Protection*, 2000, **40(1)**: 101-112.
2. Aiupova A. T., Molchanov L. V., Kadyrov C. S., Aliev N. A., Giasov K., Loi N. P., Tsoi Z., Umarov A. A.: Herbicidal effect of benzoxazolinones and correlation between activity of the compounds and their structure. *Agrokhimia*, 1979, **10**: 107.
3. Alsaadawi I. S., Al-Uquaili J. K., Al-Rubeaa A. J., Al-Hadithy S. M.: Effect of gamma irradiation of allelopathic potential of sorghum against weeds and nitrification. *J. Chem. Ecol.*, 1985, **12**: 1737-1745.
4. Argandona V. H., Corcuera L. J.: Distribution of hydroxamic acids in *Zea mays* tissues. *Phytochemistry*, 1985, **24**: 177.
5. Argandona V. H., Luza J. G., Niemeyer H. M., Corcuera L. J.: Role of hydroxamic acids in the resistance of cereals to aphids. *Phytochemistry*, 1980, **19**: 1665-1668.
6. Argandona V. H., Niemeyer H. M., Corcuera L. J.: Effect of content and distribution of hydroxamic acids in wheat on infestation by the aphid *Schizapis graminum*. *Phytochemistry*, 1981, **20**: 673-676.
7. Argandona V. H., Zuniga G. E., Corcuera L. J.: Distribution of *Gramineae* and hydroxamic acid in barley and wheat leaves. *Phytochemistry*, 1987, **26**: 1917-1918.
8. Badowski M., Domaradzki K., Filipiak K., Franek M., Gołębiewska H., Kieloch R., Kucharski M., Rola H., Sadowski J., Sekutowski T., Zawerbny T.: Metodyka doświadczeń biologicznej oceny herbicydów, bioregulatorów i adiuwantów. Cz. I. Doświadczenia polowe. IUNG Wrocław, 2001.
9. Barnes J. P., Putnam A. R., Burke A., Aasen A. J.: Isolation and characterization of allelochemicals in rye herbage. *Phytochemistry*, 1987, **26(5)**: 1385-1390.
10. Barnes J. P., Putnam A. R., Burke B. A.: Allelopathic activity of rye (*Secale cereale* L.). In: A. R. Putnam and C. S. Tang (eds.) *The science of allelopathy*. John Wiley, New York, 1986, 271-286.
11. Barnes J. P., Putnam A. R.: Evidence of allelopathy by residues and aqueous extracts of rye. *Weed Sci.*, 1986, **34**: 384-390.
12. Barnes J. P., Putnam A. R.: Role of benzoxazinones in allelopathy by rye (*Secale cereale* L.). *J. Chem. Ecol.*, 1987, **4**: 889-905.
13. Barnes J. P., Putnam A. R.: Rye residues contribute weed suppression in no-tillage cropping systems. *J. Chem. Ecol.*, 1983, **8**: 1045-1057.
14. Barria B. N., Copaja S. V., Niemeyer H. M.: Occurrence DIBOA in wild *Hordeum* species and its relation to aphid resistance. *Phytochemistry*, 1992, **31(1)**: 89-91.
15. Baruah N. C., Sarma J. C.: Germination and growth inhibitory sesquiterpene lactones and a flavone from *Tithonia diversifolia*. *Phytochemistry*, 1994, **36(1)**: 29-36.
16. Bauer P. J., Busscher W. J.: Winter cover and tillage influences on coastal plain cotton production. *J. Prod. Agric.*, 1966, **9(1)**: 50-54.
17. Benoit R. E., Willits N. A., Hann W. J.: Effect of winter rye cover crop on soil structure. *Agron. J.*, 1962, **54**: 419.
18. Biostad L. B., Hibbard B. E.: Resistance of exotic maize varieties to the European corn borer *Ostrinia nubilalis*. *J. Chem. Ecol.*, 1992, **18**: 931-944.
19. Blevins R. L., Cook D., Phillips S. H., Phillips R. E.: Influence of no-tillage on soil moisture. *Agron. J.*, 1971, **63**: 593-596.
20. Bohidar K., Wratten S. D., Niemeyer H. M.: Effects of hydroxamic acids on the resistance of wheat to the aphids *Sitobion avenae*. *Ann. Appl. Biol.*, 1986, **109**: 193-198.
21. Burgos N. R., Talbert R. E.: Differential activity of allelochemicals from *Secale cereale* in seedling bioassays. *Weed Sci.*, 2000, **48**: 302-310.
22. Castillo J., Benavente O., del Rio J. A.: Naringin and neohesperidin levels during development of leaves, flower buds and fruits of *Citrus aurantium*. *Plant Physiol.*, 1992, **99**: 67.

23. Castaneda P., Garcia M. R., Hernandez B. E., Torres B. A., Anaya A. L., Mata R.: Effects of some compounds isolated from *Celaenodendron mexicanum* Standl (*Euphorbiaceae*) on seeds and phytopathogenic fungi. *J. Chem. Ecol.*, 1992, **18(7)**: 1025-1037.
24. Chang S., Brewbaker J. L., Tang C.: Benzoxazolinones in teosinte and *Tripsacum*. *Maize Gen. Coop. Newslett.*, 1976, **50**: 32.
25. Chase W. R., Nair M., Putnam A. R.: 2,2'-oxo-1,1'-azobenzene: selective toxicity of rye (*Secale cereale* L.) allelochemicals to weed and crop species: II. *J. Chem. Ecol.*, 1991, **17**: 9-19.
26. Chase W. R., Nair M., Putnam A. R., Mishra S. K.: 2,2'-oxo-1,1'-azobenzene: microbial transformation of rye (*Secale cereale* L.) allelochemicals in field soils by *Acinetobacter calcoaceticus*: III. *J. Chem. Ecol.*, 1991, **17**: 1575-1583.
27. Chaves N., Escudero J. C., Gutierrez-Merino C.: Role of ecological variables in the seasonal variation of flavonoid content of *Rhopalosiphum padiexudates*. *J. Chem. Ecol.*, 1997, **23**: 2577.
28. Chen C., Chen M.: Occurrence of DIMBOA in *Scoparia* species. *Phytochemistry*, 1976, **15**: 227.
29. Chou C. H., Patrick Z. A.: Identification and phytotoxic activity of compounds produced during decomposition corn and rye residues in soil. *J. Chem. Ecol.*, 1976, **2**: 369-387.
30. Chou C. H.: The role of allelopathy in agroecosystems: studies from tropical Taiwan. In: Glissman S. R. (ed). *Agroecology: Researching the ecological basis for sustainable agriculture. Ecological studies*. Springer-Verlag, Berlin, 1990, 105-121.
31. Copaja S. V., Nicol D., Wratten S. D.: Accumulation of hydroxamic acid during wheat germination. *Phytochemistry*, 1999, **50**: 17-24.
32. Corcuera L. J., Argandona V. H., Niemeyer H. M.: Effect of cyclic hydroxamic acid from cereals on aphids. *Chemistry and biology of hydroxamic acid*. Karger AG, Basel, 1982, 111-118.
33. Corcuera L. J., Argandona V. H., Pena G. F., Perez F. J., Niemeyer H. M.: Proceeding of fifth int. symp. *Insect – Plant Relationships* (Visser J. H., Minks A. K.), Pudoc, Wageningen, 1982, 33.
34. Corcuera L. J., Woodward M. D., Helgeson J. P., Kelman A., Upper C. D.: 2,4-dihydroxy-7-methoxy-2H-1,4-benzoxazin-3(4H)-one, an inhibitor from *Zea mays* with differential activity against soft rotting *Erwinia* species. *Plant Physiol.*, 1978, **61**: 791.
35. Creamer N. G., Bennett M. A., Stinner B. R., Cardina J., Regnier E. E.: Mechanisms of weed suppression in cover crop-based production systems. *Hort. Sci.*, 1996, **3**: 410-413.
36. Dabler J. M., Pappelis A. J., Miller J. N.: Effect of phenolic acids and corn extracts upon spore germination of *Diplodia zeae*. *Phytopathology*, 1969, **59**: 1098-1101.
37. Dellamonica G., Meurer B., Strack G., Weissenböck G., Chopin J.: Two isovitexin 2''-O-glycosides from primary leaves of *Secale cereale*. *Phytochemistry*, 1983, **22(11)**: 2627-2628.
38. Duer I.: Zachwaszczenie i sposoby jego ograniczenia w rolnictwie integrowanym. IUNG Puławy, 1996, 46/96.
39. Duke S. O., Lydon J.: Natural phytotoxins as herbicides. In: Duke S. O., Menn J. J., Plimmer J. R. *Pest control with enhanced environmental safety*. ACS Symposium, 1993, **52**: 111-121.
40. Einhellig F. A.: Interaction involving allelopathy in cropping systems. *Agron. J.*, 1996, **88(6)**: 886-893.
41. Einhellig F. A., Leather G. R.: Potentials for exploiting allelopathy to enhance crop production. *J. Chem. Ecol.*, 1988, **14(10)**: 1829-1842.
42. Einhellig F. A.: Mechanisms of action of allelochemicals in allelopathy. *ACS Symposium*, 1995, **582**: 96-116.
43. Einhellig F. A., Souza I. F.: Phytotoxicity of sorgoleone found in grain sorghum root exudates. *J. Chem. Ecol.*, 1992, **18**: 1-11.

44. E i n h e l l i g F. A.: The physiology of allelochemical action: Clues and views. In: Bonjoch N. P., Reigosa Roger M. J. (ed.). First European OECD Allelopathy Symposium: Physiological aspects of allelopathy. Vigo, Spain, 2001, 3-25.
45. E l n a g h y M. A., L i n k o P.: The role of 4-O-glucosyl-2,4-dihydroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3-one in resistance of wheat to stem rust. *Physiol. Plant.*, 1962, **15**: 764.
46. E l n a g h y M. A., S h a w M.: Correlation between resistance to stem rust and the concentration of glucoside in wheat. *Nature*, 1966, **210**: 417.
47. E p s t e i n W. W., R o w s e m i t C. N., B e r g e r P. J., N e g u s N. C.: Dynamics of 6-methoxybenzoxazolinone in winter wheat. *J. Chem. Ecol.*, 1986, **12**: 2011-2020.
48. E s c o b a r C. A., N i e m e y e r H. M.: Potential of hydroxamic acids in breeding for aphid resistance in wheat. *Acta Agric. Scand.*, 1993, **43**: 163-167.
49. F o r t u n a W.: Ochrona roślin w uprawach ekologicznych. W: Rolnictwo ekologiczne od teorii do praktyki. Warszawa, 1993, 151-159.
50. F u e r s t E. P., P u t n a m A. R.: Separating the competitive and allelopathic components of interference: Theoretical principles. *J. Chem. Ecol.*, 1983, **9**: 937-944.
51. G a g l i a r d o R. W., C h i l t o n W. S.: Soil transformation of 2(3H)-benzoxazolinone of rye into phytotoxic 2-amino-3-H-phenoxazin-3-one. *J. Chem. Ecol.*, 1992, **18**: 1683-1691.
52. G i v o v i c h A., N i e m e y e r H. M.: Hydroxamic acids affecting barley yellow dwarf virus transmission by the aphid *Rhopalosiphum padi*. *Entomol. Exp. Appl.*, 1991, **59**: 79-85.
53. Główny Urząd Statystyczny. Rolnictwo w 2004 roku. Produkcja roślinna. www.stat.gov.pl/dane_spol-gosp/rolnic_lesnict_srodowi/rolnictwo/2004/2004/
54. G r a b i Ń s k i J., S m a g a c z J., O l e s z e k W., M a z u r e k J., N i e r ó b c a P.: Chwastobójczy efekt zielonej masy żyta. Biochemiczne interakcje w oddziaływaniach środowiskowych. Materiały konferencyjne. IUNG Puławy, 2000, 55-56.
55. G r o m b a c h e r A. W., R u s s e l l W. A., G u t h r i e W. D.: Resistance to first generation European corn borer (*Lepidoptera: Pyralidae*) and DIMBOA concentration in midwhorl leaves of the BS9 maize synthetic. *J. Kansas Entomol. Soc.*, 1986, **62**: 103-107.
56. G u e n z i W. D., M c C a l l a T. M.: Phenolic acids in oats, wheat, sorghum, and corn residues and their phytotoxicity. *Agron. J.*, 1966, **58**: 303-304.
57. G u t h r i e W. D., T s e n g C. T., R u s s e l l W. A., C o a t s J. R., R o b b i n s J. C., T o l l e f s o n J. J.: DIMBOA content at seven stages of plant development in a maize synthetic cultivar. *J. Kansas Entomol. Soc.*, 1986, **59**: 356-360.
58. H a m i l t o n R. H.: Tolerance of several grass species to 2-chloro-s-triazine herbicides in relation to degradation and content of benzoxazinone derivatives. *J. Agric. Food Chem.*, 1964, **12**: 14-17.
59. H a r b o r n e J. B.: Ekologia Biochemiczna. PWN Warszawa, 1997, 1-351.
60. H o f m a n J.: 1,4-benzoxazine derivatives in plants: absence of 2,4-dihydroxy-7-methoxy-2H-1,4-benzoxazin-3(4H)-one from uninjured *Zea mays* plants. *Phytochemistry*, 1971, **10**: 1441-1444.
61. H o n k a n e n E., V r i t a n e n A. I.: The synthesis of precursor II of benzoxazolinone formed in rye plant, and the enzymic hydrolysis of precursor I, the glucoside. *Acta Chem. Scand.*, 1960, **14**: 1214.
62. H o w e H. F., W e s t l e y L. C.: Ecological relationships of plant and animals. Oxford University Press, New York, 1988.
63. H u r a T., D u b e r t F., H o c h o l T., S t u p n i c k a - R o d z y n k i e w i c z E., S t o k ł o s a A., L e p i a r c z y k A.: The estimation of allelochemicals potential of white mustard, buckwheat, spring barley, oat and rye by measurement of phenolics content in plants. Second European Symposium „Allelopathy – from understanding to application”. Puławy, 2004, 130.
64. I n d e r j i t D a k s h i n i K. M. M.: Quercetin and quercitrin from *Pluchea lanceolata* and their effect on growth of asparagus bean. ACS Symposium Series 582, Amer. Chem. Soc., Washington DC, 1995.
65. J u t s u m A. R., G r a h a m J. C.: Managing weed resistance: The role of agrochemical industry. Brighton Crop Protection Conference – Weeds, 1995, **2**: 557-566.

66. Kessavalou A., Walters D. T.: Winter rye cover crop following soybean under conservation tillage. *Agron. J.*, 1997, **91**: 643-649.
67. Klun J. A., Robinson J. F.: Concentration of two 1,4-benzoxazinones in dent corn at various stages of development of the plant and its relation to resistance of the host plant to the European corn borer. *J. Econ. Entomol.*, 1969, **62**: 214-220.
68. Klun J. A., Tipton C. L., Robinson J. F., Ostrem D. L., Beroza M.: Isolation and identification of 6,7-dimethoxy-2-benzoxazinone from dried tissues of *Zea mays* L. and evidence of its cyclic hydroxyacid precursor. *J. Agric. Food Chem.*, 1970, **18**: 663-665.
69. Kuś J.: Systemy gospodarowania w rolnictwie. Rolnictwo integrowane. IUNG Puławy, 1995, 42/95.
70. Leszczyński B.: Rola allelozwiązków w oddziaływaniach owady-rośliny. Biochemiczne oddziaływania środowiskowe. AM Lublin, 2001, 61-85.
71. Lipińska H.: Metody badania allelopatii. Biochemiczne oddziaływania środowiskowe. AM Lublin, 2001, 25-46.
72. Long B. J., Dunn G. M., Bowman J. S., Routley D. G.: Relationship of hydroxamic acid content in corn and resistance to the corn leaf aphid. *Crop Sci.*, 1977, **17**: 55-58.
73. Long B. J., Dunn G. M., Routley D. G.: Rapid procedure for estimating cyclic hydroxamate (DIMBOA) concentration in maize. *Crop Sci.*, 1978, **18**: 573.
74. Mace M. E.: Histochemistry of Beta-glucosidase in isolines of *Zea mays* susceptible or resistant to northern corn leaf blight. *Phytopathology*, 1973, **63**: 243-245.
75. Macias F. A., Simonet A. M., Oleszek W.: Wykorzystanie badań allelopatycznych w poszukiwaniu naturalnych herbicydów. W: Biochemiczne oddziaływania roślin. AM Lublin, 2001, 47-60.
76. Manuwoto S., Scriber J. M.: Differential effects of nitrogen fertilization of three corn genotypes on biomass and nitrogen utilization by the southern armyworm (*Spodoptera eridania*). *Agric. Ecosys. Environ.*, 1985, **14**: 25.
77. Manuwoto S., Scriber J. M.: Neonate larval survival of European corn borers (*Ostrinia nubilalis*) on high and low DIMBOA genotypes of maize: effects of light intensity and degree of insect inbreeding. *Agric. Ecosys. Environ.*, 1985, **14**: 221-236.
78. Molisch H.: Der Einfluss einer Pflanze auf die ander-Allelopathie. Fischer (Jena), Germany, 1937.
79. Molot P. M., Anglade P.: Recherches sur laresistance du mais a l'helminthosporiose et aux fusarioses. II. Facteurs de resistance. *Ann. Phytopathol.*, 1968, **1**: 353-366.
80. Moreland D. E., Novitzky W. P.: Effects of phenolic acids, coumarins, and flavonoids on isolated chloroplasts and mitochondria. ACS Symposium Series, 1987, **330**: 247-274.
81. Mwaja V. N., Masunas J. B., Weston L. A.: Effects of fertility on biomass, phytotoxicity, and allelochemical content of cereal rye. *J. Chem. Ecol.*, 1995, **21(1)**: 81-96.
82. Nagao T., Otsuka H., Kohda H., Sato T., Yamasaki K.: Benzoxazinones from *Coix lachryma-jobi* var. *Ma-yuen*. *Phytochemistry*, 1985, **24**: 2959.
83. Nair M., Whitenack C. J., Putnam A. R.: 2,2'-oxo-1,1'-azobenzene a microbially transformed allelochemical from 2,3-benzoxazolinone. In: *J. Chem. Ecol.*, 1990, **16**: 353-364.
84. Nakanō N. I., Smissman E. E., Schowen R. L.: Effect of content and distribution of hydroxamic acids in wheat on infestation by the aphid *Schizapis graminum*. *J. Org. Chem.*, 1973, **38**: 4396.
85. Narval S. S.: Allelopathy in crop production. Scientific Publ. Jotpur, India, 1994.
86. Nicol D., Copaja S. V., Wratten S. D., Niemeyer H. M.: A screen of worldwide wheat cultivars for hydroxamic acid levels and aphid antixenosis. *Ann. Appl. Biol.*, 1992, **121**: 11-18.
87. Niemeyer H. M.: Hydroxamic acid content of *Triticum* species. *Euphytica*, 1988, **37**: 289-293.
88. Niemeyer H. M.: Hydroxamic acids (4-hydroxy-1,4-benzoxazin-3-ones), defence chemicals in the *Gramineae*. *Phytochemistry*, 1988, **27**: 3349-3358.

89. Niemeyer H. M., Pesel E., Copaja S. V., Bravo H. R., Franke S., Franke W.: Changes in hydroxamic acid levels of wheat plants induced by aphid feeding. *Phytochemistry*, 1988, **28**: 447-449.
90. Oleszek W.: Techniki badania allelopatii. *Wiad. Botan.*, 1992, **36**: 17-25.
91. Overland L.: The role of allelopathic substances in the „smoother crop” barley. *Am. J. Bot.*, 1966, **53**: 423-432.
92. Patrick Z. A.: Phytotoxic substances associated with the decomposition in soil of plant residues. *Soil Sci.*, 1971, **111**: 13-18.
93. Perez F. J., Ormeno - Nunez J.: Difference in hydroxamic acid content in roots and root exudates of wheat (*Triticum aestivum* L.) and rye (*Secale cereale* L.): possible role in allelopathy. *J. Chem. Ecol.*, 1991, **17**: 1037-1043.
94. Perez F. J., Ormeno J.: Weed growth interference from temperate cereals: the effect of a hydroxamic-acids-exuding-rye (*Secale cereale* L.) cultivar. *J. Chem. Ecol.*, 1993, **33**: 115-119.
95. Pester T.: Allelopathic effects of rye (*Secale cereale* L.) and their implications for weed management – a review http://www.colostate.edu/Depts/Entomology/courses/en570/papers_1998/pester.html
96. Petsko G. A., Ring D., Hogan J.: A new paradigm for the structure guided pesticide design using combinatorial chemistry. In: *Pesticide chemistry and bioscience: The food –environment challenge*. G. T. Brooks, T. R. Roberts (ed.). Cambridge, UK, The Royal Society of Chemistry, 2000, 66-70.
97. Przepiórkowski T., Górski S. F.: Influence of rye (*Secale cereale*) plant residues on germination and growth of three triazine-resistant and susceptible weeds. *Weed Technol.*, 1994, **8**: 744-747.
98. Pueppke S. G., Bolaños - Vásquez M. C., Werner D., Bec - Ferré M. P., Promé J. C., Krishnan H. B.: Release of flavonoids by the soybean cultivars McCall and Peking and their perception as signals by the nitrogen-fixing symbiont *Sinorhizobium fredii*. *Plant Physiol.*, 1998, **117**: 599-606.
99. Putnam A. R.: Allelopathy: Can it be managed to benefit horticulture? *Hort. Sci.*, 1986, **21**: 411-413.
100. Putnam A. R.: Allelochemicals from plants as herbicides. *Weed Technol.*, 1988, **2**: 510-518.
101. Putnam A. R., DeFrank J., Barnes J. P.: Exploitation of allelopathy for weed control in annual and perennial cropping systems. *J. Chem. Ecol.*, 1983, **9(8)**: 1001-1010.
102. Putnam A. R., DeFrank J.: Use of phytotoxic plant residues for selective weed control. *Crop Prot.*, 1983, **2**: 173-181.
103. Reigosa M., Souto X. C., Gonzalez L.: Effect of phenolic compounds on the germination of six weeds species. *Plant Growth Regul.*, 1999, **28**: 83-88.
104. Rice E. L.: *Allelopathy*. Academic Press, New York, 1984, 1-422.
105. Rizvi S. J. H., Rizvi V.: *Allelopathy: Basic and applied aspects*. Chapman and Hall, London, 1992.
106. Rojanaridpiched C., Gracen V. E., Everett H. L., Coors J. G., Pugh B. F., Bouthyete P.: Multiple factor resistance in maize to European corn borer. *Maydica*, 1984, **24**: 305-315.
107. Rzepecka M.: Stan i tendencje rozwojowe rolnictwa ekologicznego w Polsce i innych państwach członkowskich Unii Europejskiej. *Mat. Sem. pt.: Rolnictwo ekologiczne – nowe warunki działania wynikające z członkostwa Polski w Unii Europejskiej*. Warszawa, 2004, 42-51.
108. Saniewski M., Czapski J.: Jasmoniany i ich funkcja allelopatyczna. *Post. Nauk Rol.*, 1999, **1**: 3-18.
109. Schulz M., Strack D., Weissenböck G., Markham K. R., Dellamonica G., Chopin J.: Two luteolin *o*-glucuronides from primary leaves of *Secale cereale*. *Phytochemistry*, 1985, **24(2)**: 343-345.
110. Schulz M., Weissenböck G.: Partial purification and characterization of a luteolin-triglucuronide-specific α -glucuronidase from rye primary leaves (*Secale cereale*). *Phytochemistry*, 1987, **26(4)**: 933-937.

111. Scriber J. M., Tingey W. M., Gracen V. E., Sullivan S. L.: Leaf feeding resistance to the European corn borer in genotypes of tropical low DIMBOA and USA inbred high DIMBOA maize. *J. Econ. Entomol.*, 1975, **68**: 823-826.
112. Shettel N., Balake N. E.: Plant growth response to several allelopathic chemicals. *Weed Sci.*, 1983, **31**: 293-298.
113. Shilling D. G., Jones L. A., Worsham A. D., Parker C. E., Wilson R. F.: Isolation and identification of some phytotoxic compounds from aqueous extracts of rye (*Secale cereale* L.). *J. Agric. Food Chem.*, 1986, **34**: 633-638.
114. Shilling D. G., Liebl R. A., Worsham A. D.: Rye and wheat mulch: The suppression of certain broadleaved weeds and the isolation and identification of phytotoxins. In: A. C. Thompson (ed.). *The chemistry of allelopathy: Biochemical interactions among plants*. Am. Chem. Soc., Washington, DC, 1985, 243-271.
115. Sobótka W.: Alleloherbicydy – wczoraj i dziś. *Progress in Plant Protection*. 1997, **37(1)**: 50-57.
116. Stochmal A., Grabiński J., Nieróbca P., Oleszek W.: Kwasy hydroksamowe i inne związki fenolowe w roślinach żyta ozimego. *Biochemiczne interakcje w oddziaływaniach środowiskowych. Materiały Konferencyjne*, IUNG Puławy, 2000, 101-102.
117. Stupnicka-Rodzyńkiewicz E., Dubert F., Hochół T., Hura T., Lepiarczyk A., Stokłosa A.: Możliwości wykorzystania allelopatycznych oddziaływań roślin do ograniczania zachwaszczenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2004, **496**: 343-355.
118. Sullivan S. L., Gracen V. E., Orgeta A.: Resistance of exotic maize varieties to the European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hubner). *Environ. Entomol.*, 1974, **3**: 718.
119. Sullivan T. H., Teramura A. H.: Field study of the interaction between solar ultraviolet B radiation and drought of photosynthesis and growth in soybean. *Plant Physiol.*, 1990, **92**: 141-146.
120. Thelen K. D., Mutch D. R., Martin T. E.: Utility of interseeded winter cereal rye in organic soybean production systems. *Agron. J.*, 2003, **96**: 281-284.
121. Thompson J. L., Slife F. W., Butler H. S.: Distribution of *Gramineae* and hydroxamic acid in barley and wheat leaves. *Weed Sci.*, 1970, **18**: 509.
122. Tipton C. L., Klun J. A., Husted R. R., Pierson M. D.: Cyclic hydroxamic acid and related compounds from maize. Isolation and characterization. *Biochemistry*, 1967, **6**: 2866-2870.
123. Tipton C. L., Wang M. C., Tsao F. H., Lin Tu C., Husted R. R.: Biosynthesis of 1,4-benzoxazin-3-ones in *Zea mays*. *Phytochemistry*, 1973, **12**: 347.
124. Vritanen A. I., Hietala P. K.: Precursors of bezoxazolinone in rye plants. I. Precursors II the aglucone. *Acta Chem. Scand.*, 1960, **14**: 499-502.
125. Weidenhamer J. D.: Distinguishing resource competition and chemical interference: overcoming the methodological impasse. *Agron. J.*, 1996, **88**: 866-875.
126. Weston L. A., Burke B. A., Putnam A. R.: Isolation, characterization and activity of phytotoxic compounds from quackgrass (*Agropyron repens* L., Beauv.). *J. Chem. Ecol.*, 1987, **13(3)**: 403-422.
127. Weston L. A.: Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. *Agron. J.*, 1996, **8(6)**: 860-866.
128. Whitney N. J., Mortimore C. G.: Antifungal substances in the corn plant and its effect on growth of two stalk-rotting fungi. *Nature*, 1959, **183**: 341.
129. Wilkes M. A., Marshall D. R., Copeland L.: Hydroxamic acid in cereal roots inhibit the growth of take-all. *Soil Biol. Bioch.*, 1999, **31**: 1831-1836.
130. Wolf R. B., Spencer G. F., Plattner R. D.: Hydroxamic acid content in wild and cultivated *Gramineae*. *J. Nat. Prod.*, 1985, **48**: 59.
131. Woodward M. D., Corcuera L. J., Helgeson J. P., Kelman A., Upper C. D.: Identification of 1,4-benzoxazin-3-ones in maize extracts by gas-liquid chromatography and mass spectrometry. *Plant Physiol.*, 1979, **63**: 9-13.

132. Woodward M. D., Corcuera L. J., Helgeson J. P., Kelman A., Upper C. D.: Quantitation of 1,4-benzoxazin-3-ones in maize by gas-liquid chromatography. *Plant Physiol.*, 1978, **63**: 14-19.
133. Worsham A. D.: Allelopathic cover crops to reduce herbicide input. Proceeding of SSS, San Antonio, TX, 1991, 58-65.
134. Wójcik - Wojtkowiak D.: Allelopatia. Biochemiczne oddziaływanie środowiskowe. AM Lublin, 2001, 1-12.
135. Wu H., Haig T., Pratley J., Lemerle D., An M.: Distribution and exudation of allelochemicals in wheat (*Triticum aestivum*). *J. Chem. Ecol.*, 2000, **26**: 2141-2154.
136. Wu H., Haig T., Pratley J., Lemerle D., An M.: Distribution and exudation of allelochemicals in wheat (*Triticum aestivum* L.). Variation of phenolic acids in root tissue. *J. Agric. Food Chem.*, 2000, **48**: 5321-5325.
137. Xie Y. S., Arnason J. T., Philogene B. J. R., Lambert J. D. H., Atkinson J., Morand P.: Leaf feeding resistance to the European corn borer. *Can. Ent.*, 1990, **122**: 1177-1186.
138. Yenish J. P., Worsham A. D., Chilton W. S.: Disappearance of DIBOA – glucoside, DIBOA and BOA from rye (*Secale cereale* L.) cover crop residue. *Weed Sci.*, 1995, **43**: 18-20.
139. Zuniga G. E., Argandoña V. H., Niemeyer H. M., Corcuera L. J.: Hydroxamic acid content in wild and cultivated *Gramineae*. *Phytochemistry*, 1983, **22**: 2665-2668.
140. Zuniga G., Massardo F.: Hydroxamic acid content in undifferentiated and differentiated tissues of wheat. *Phytochemistry*, 1991, **10**: 3281-3283.

STUDIA NAD POTENCJAŁEM ALLELOPATYCZNYM ŻYTA OZIMEGO

Streszczenie

Słowa kluczowe: żyto, allelopatia, zwalczanie chwastów, związki fenolowe.

Badania przeprowadzono w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowym Instytucie Badawczym w Puławach, w latach 1997–2000.

Ich celem było: określenie wpływu biomasy żyta uprawianego w Polsce na wzrost i rozwój powszechnie w Polsce występujących gatunków chwastów; określenie rodzaju związków fenolowych występujących w życie, decydujących o jego walorach allelopatycznych; określenie wpływu warunków siedliska i agrotechniki na zawartość potencjalnie allelopatycznych związków fenolowych w roślinach żyta; określenie dynamiki zmian zawartości związków fenolowych w roślinach żyta w czasie wegetacji, dającego podstawę do wyznaczenia optymalnego terminu zastosowania biomasy dla osiągnięcia najsilniejszego efektu allelopatycznego.

Dla określenia wpływu biomasy żyta na chwasty wykorzystano skrzynie drewniane bez okien i dna o wymiarach 0,5 m x 0,5 m x 0,4 m. Skrzynie te umieszczono w odpowiednim wykopie pola doświadczalnego i wypełniono podłożem składającym się z gleby pobranej z silnie zachwaszczonego pola wymieszanej z piaskiem w stosunku 5:1. Na tak przygotowanych mikropoletkach przeprowadzono 2 doświadczenia założone metodą serii niezależnych, z zastosowaniem zielonej masy żyta oraz kontrolą (bez zielonej masy). W doświadczeniu pierwszym biomasę żyta będącego w fazie krzewienia zastosowano jesienią (trzecia dekada września), a w drugim zieloną masę żyta zastosowano wiosną w pierwszej dekadzie maja, gdy żyto było w końcowym stadium fazy strzelania w źdźbło. Biomasa do eksperymentu uzyskano wysiewając żyto odmiany Dańkowskie Nowe na początku września dla zastosowania zielonej masy jesienią i w 3 dekadzie września, aby przyorać go wiosną. Rośliny żyta pocięto na kawałki o długości 1-2 cm, a następnie wymieszano z wierzchnią warstwą gleby (6-8 cm).

Wykorzystując chromatografię cieczową określono zmienność zawartości związków fenolowych w roślinach żyta w zależności od: fazy wzrostu rośliny, warunków glebowych oraz warunków termicznych.

Przeprowadzone badania potwierdziły, że żyto uprawiane w Polsce charakteryzuje się wysokim potencjałem allelopatycznym. Wprowadzenie wiosną do gleby zielonej masy tego gatunku silnie ogranicza kiełkowanie i wzrost wielu gatunków chwastów dwuliściennych oraz w niewielkim stopniu chwastów jednoliściennych.

Dominującą pod względem ilościowym grupę związków fenolowych w życie stanowiły flawonoidy. Roztwory wodne i alkoholowe tych związków wykazywały aktywność allelopatyczną w stosunku do niektórych gatunków chwastów. Aktywność ta była jednak zdecydowanie mniejsza niż stosowanej doglebowo biomasy żyta. Kwasy hydroksamowe występowały tylko w młodych siewkach żyta. Największą ich ilość stwierdzono w siewkach 6–8-dniowych. Praktyczna rola tych związków w regulacji zachwaszczenia jest więc niewielka.

Największą ilość flawonoidów w przeliczeniu na jednostkę powierzchni stwierdzono w końcowej fazie strzelania w źdźbło, co wskazuje, że jest to najlepszy termin na ewentualne zastosowanie biomasy z żyta w celu uzyskania najsilniejszego efektu allelopatycznego.

Przeprowadzone badania wykazały, że zawartość flawonoidów w roślinach żyta zależy od czynników klimatycznych, glebowych oraz agrotechnicznych. Nasuwa się w związku z tym przypuszczenie, że stosowanie biomasy żyta jako poplonu ograniczającego zachwaszczenie może przynieść zmienne efekty w zależności od wymienionych czynników.

Uzyskane wyniki badań wskazują na możliwość praktycznego wykorzystania poplonu z żyta w celu ograniczenia zachwaszczenia w roślinach uprawy polowej, szczególnie przy wprowadzeniu do gleby poplonu z żyta ozimego na wiosnę pod rośliny późnego siewu.

STUDY ON ALLELOPATHIC POTENTIAL OF WINTER RYE

Summary

Key words: rye, allelopathy, weeds control, phenols.

The studies were conducted in the Institute of Soil Science and Plant Cultivation – State Research Institute in 1997–2000.

The aim of the studies was defining: the effect of green biomass of rye cultivated in Poland on growth and development of weeds commonly occurring in Poland; which kind of phenolic compound in winter rye plant decides on its allelopathic activity; the influence of habitat and agrotechnic conditions on potentially allelopathic phenolic compound content in winter rye plants; dynamic of phenolic compounds content during vegetation period, as a basis to fix up the optimal term for applying of biomass of rye for the best allelopathic effect.

Wooden boxes without windows and bottom with dimension 0,5 m x 0,5 m x 0,4 m for estimation the effect of biomass of rye on weeds were constructed. These boxes were placed in suitable pit on the experimental field and filled up with soil from very weedy field, mixed with sand in weight ratio 5:1. On such microplots two experiments with independent series methods were conducted. Two object were taken into consideration: with green biomass of winter rye and control (without green biomass). In the first experiment biomass of rye was applied in the autumn in tillering phase (third decade of September), and in the second experiment biomass of rye was applied in the spring (first decade of May), when rye was in the end of the shooting phase. Cultivar Dańkowskie Nowe sown both in the beginning of September for applying green biomass in the autumn time and in the 3rd decade of September for applying green biomass in the spring was used in the experiment. Plants of rye were cut on 1-2 cm length particles and then mixed with top soil layer (6-8 cm).

Using liquid chromatography changeability of flavonoids content in rye plant as influenced by phase of growing stage, soil conditions and air temperature was estimated.

Conducted experiments confirmed, that rye cultivated in Poland is characterized by high potential of allelopathy. Green mass of rye incorporated into the soil limited intensively germination and growth a lot of dicotyledonous weeds species, however the effect on monocotyledonous weeds species was very weak.

Flavonoids were dominating group of phenols compound in rye. Water and alcohol solutions of this compound showed allelopathic effect for some weed species. But their activity was much more lower than obtained using green biomass. Hydroxamic acids were detected only in young plant of rye. The highest content of these compounds were in 6-8 days old seedlings, so their practical role is rather small.

The highest quantity of flavonoids per area unit was confirmed in the end of the shooting stage of rye. It means that it is the best term for applying of rye biomass to obtain the best allelopathic effect.

Conducted researches showed that flavonoids content in plant depended on climatic, soil and agrotechnic factors. It presumably means that applying of green biomass of rye as a factor limiting weed infestation can be very effective.

The results showed that there is a possibility of practical use of winter rye as a catch crop for weed control in field crop cultivation, particularly by incorporation of winter rye biomass in spring for late sown plant.

WSKAZÓWKI DLA AUTORÓW

W serii wydawniczej IUNG - PIB „**Monografie i Rozprawy Naukowe**” publikowane są recenzowane prace o charakterze monografii i oryginalne rozprawy naukowe (prace habilitacyjne) z zakresu agronomii i kształtowania środowiska rolniczego.

Wydruk tekstu do recenzji czcionką 11 p., z odstępem 1,5-wierszowym.

Przygotowanie do druku:

- tekst i tabele w programie Word, wersja 6.0 lub wyższa
- czcionka – Times New Roman
- układ pracy: spis treści, wstęp, metodyka, omówienie wyników i dyskusja, wnioski lub podsumowanie, literatura, streszczenie
- objaśnienia tabel, podpisy i opisy do rysunków oraz streszczenie pracy wraz ze słowami kluczowymi w językach polskim i angielskim

tekst

- czcionka – 11 p. (spis pozycji literatury – 9 p.)
- wcięcie akapitowe – 0,5 cm

tabele

- podział na wiersze i kolumny (z funkcji tworzenia tabel)
- szerokość dokładnie 12,5 cm (tabele w pionie) lub 18,5 cm (tabele w poziomie)
- czcionka 9 p., pojedyncze odstępy międzywierszowe
- umieszczone w oddzielnych plikach

rysunki

- czarno-białe
- wykresy w programie Word lub Excel
- wymiary w zakresie 12,5 cm × 18,5 cm
- dołączony wydruk w odpowiednich wymiarach, bardzo dobrej jakości, na białym papierze lub na folii
- w podpisach czcionka 9 p.
- na dyskietce w oddzielnych plikach

jednostki miary

- system SI
- jednostki zapisywać potęgowo (np. $t \times ha^{-1}$)

literatura

- spis literatury w układzie alfabetycznym wg nazwisk autorów, w kolejności: nazwisko (pismo rozstrzelone), pierwsza litera imienia, tytuł pracy, miejsce publikacji: tytuł wydawnictwa (wg ogólnie przyjętych skrótów tytułów czasopism), rok, numer (pismo pogrubione), strony
- cytowanie w tekście – jako numer pozycji ze spisu literatury (w nawiasach okrągłych) lub dodatkowo z nazwiskiem autora (pismo rozstrzelone).

Pracę do recenzji należy składać w 2 egzemplarzach. Po recenzji oryginalny egzemplarz recenzowany i ostateczną wersję pracy, uwzględniającą uwagi recenzenta i redaktora, składać do Redakcji w 1 egzemplarzu i na dyskietce (lub przesłać e-mailem) na adres:

Dział Upowszechniania i Wydawnictw
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
e-mail: imarcinkowska@iung.pulawy.pl

W serii wydawniczej IUNG - PIB „**Monografie i Rozprawy Naukowe**” ukazały się następujące pozycje:

1. Adam Harasim – *Kompleksowa ocena płodozmianów z różnym udziałem roślin zbożowych i okopowych*. Puławy, 2002.
2. Stanisław Wróbel – *Określenie potrzeb nawożenia buraka cukrowego mikroelementami*. Puławy, 2002.
3. Janusz Podleśny – *Studia nad oddziaływaniem światła laserowego na nasiona, wzrost i rozwój roślin oraz plonowanie lubinu białego (*Lupinus albus* L.)*. Puławy, 2002.
4. Czesław Józefaciuk, Anna Józefaciuk, Eugeniusz Nowocień, Rafał Wawer – *Przeciwerozyjne zagospodarowanie zlewni wyżynnej potoku Grodarz z uwzględnieniem ograniczania występowania powodzi*. Puławy, 2002.
5. Jerzy Księżak – *Dynamika gromadzenia składników pokarmowych w organach roślin tradycyjnych i samokończących odmian bobiku w okresie od kwitnienia do dojrzałości pełnej*. Puławy, 2002.
6. Franciszek Pistelok – *Analiza zależności pomiędzy zanieczyszczeniem ze źródeł komunalnych a jakością powierzchniowych wód płynących na obszarach silnie zurbanizowanych na przykładzie zlewni Górnej Wisły*. Puławy, 2002.
7. Ewa Stanisławska-Głubiak – *Analiza wybranych czynników determinujących efekty dolistnego nawożenia molibdenem w uprawie rzepaku ozimego*. Puławy, 2003.
8. Kazimierz Noworolnik – *Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie jęczmienia jarego w różnych warunkach siedliska*. Puławy, 2003.
9. Teresa Doroszewska – *Krzyżowanie oddalone i transformacja genetyczna w uzyskiwaniu odporności tytoniu (*Nicotiana tabacum* L.) na wirusa Y ziemniaka (PVY)*. Puławy, 2004.
10. Eugeniusz K. Chyłek – *Uwarunkowania procesu modernizacji rolnictwa i obszarów wiejskich w Polsce*. Puławy, 2004.
11. Zbigniew Samoń – *Studia nad metodami energooszczędnego suszenia chmielu*. Puławy, 2004.
12. Ryszard Weber – *Zmienność plonowania odmian pszenicy ozimej w zależności od przedplonu i sposobu uprawy roli*. Puławy, 2004.
13. Janusz Igras – *Zawartość składników mineralnych w wodach drenarskich z użytków rolnych w Polsce*. Puławy, 2004.
14. Mariusz Kucharski – *Odporność chwastów na herbicydy z grupy inhibitorów fotosyntezy PSII na polach uprawnych południowo-zachodniej Polski*. Puławy, 2005.
15. Maria Król – *Azospirillum – asocjacyjne bakterie wiążące wolny azot*. Puławy, 2006.