

RENATA KIELOCH

**REAKCJA WYBRANYCH GATUNKÓW CHWASTÓW NA
NIEKTÓRE HERBICYDY W ZALEŻNOŚCI OD CZYNNIKÓW
ABIOTYCZNYCH**

Rozprawa doktorska wykonana
w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa -
Państwowym Instytucie Badawczym w Puławach
w Zakładzie Herbologii i Technik Uprawy Roli
we Wrocławiu
współfinansowana z grantu promotorskiego
NN 310 203 937

Promotor: dr hab. Krzysztof Domaradzki, prof. nadzw.

WROCŁAW 2011

Składam serdeczne podziękowania

Przewodniczącemu Rady Naukowej IUNG – PIB i członkom rady za akceptację tematu i rozpoczęcie przewodu doktorskiego

Promotorowi dr hab. Krzysztofowi Domaradzkiemu, prof. nadzw. za opiekę merytoryczną i cenne wskazówki w czasie prowadzenia badań i opracowywania wyników

prof. dr hab. Jerzemu Sadowskiemu oraz wszystkim pracownikom Zakładu Herbologii i Technik Uprawy Roli we Wrocławiu za życzliwość i pomoc w trakcie realizacji pracy

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP.....	8
2. PRZEGLĄD LITERATURY.....	10
2.1. Wpływ czynników abiotycznych na skuteczność herbicydów.....	10
2.1.1. Temperatura powietrza.....	11
2.1.2. Wilgotność powietrza.....	12
2.1.3. Wilgotność gleby.....	12
2.1.4. Stan uwilgotnienia roślin w momencie stosowania herbicydów.....	13
2.1.5. Natężenie światła.....	14
2.1.6. Typ gleby.....	15
2.2. Wpływ herbicydów na poziom aminokwasów w chwastach pod wpływem działania czynników abiotycznych.....	15
2.3. Rola adiuwantów w ograniczaniu niekorzystnego wpływu czynników abiotycznych na efektywność herbicydów.....	17
3. METODYKA.....	19
3.1. Układ eksperymentalny.....	19
3.2. Ogólna charakterystyka wykonywanych doświadczeń.....	20
3.2.1. Miejsce prowadzenia doświadczeń.....	20
3.2.2. Podłoże.....	20
3.2.3. Siew i przygotowanie nasion.....	20
3.2.4. Pielęgnacja.....	21
3.2.5. Aplikacja herbicydów.....	21
3.2.6. Zbiór roślin.....	21
3.2.7. Obliczenia statystyczne.....	22
3.3. Szczegółowa charakterystyka poszczególnych typów doświadczeń.....	22
3.3.1. Badania nad wpływem temperatury powietrza.....	22
3.3.2. Badania nad wpływem wilgotności powietrza.....	22
3.3.3. Badania nad wpływem wilgotności gleby.....	23
3.3.4. Badania nad wpływem stanu uwilgotnienia roślin w momencie stosowania herbicydów	24
3.3.5. Badania nad wpływem natężenia światła.....	25
3.3.6. Badania nad wpływem typu gleby.....	25
3.4. Charakterystyka badanych gatunków chwastów.....	26
3.4.1. <i>Anthemis arvensis</i> L.....	26

3.4.2. <i>Galium aparine</i> L.....	27
3.4.3. <i>Papaver rhoeas</i> L.....	27
3.4.4. <i>Stellaria media</i> L.....	28
3.5. Charakterystyka badanych herbicydów i adiuwantów.....	28
3.5.1. Herbicydy.....	30
3.5.2. Adiuwanty.....	30
3.6. Badania poziomu aminokwasów.....	31
4. OMÓWIENIE WYNIKÓW.....	32
4.1. Wpływ temperatury powietrza na skuteczność herbicydów.....	32
4.1.1. Wrażliwość badanych gatunków chwastów na herbicydy na podstawie redukcji świeżej masy roślin.....	33
4.1.2. Reakcja badanych gatunków chwastów na herbicydy w zależności od temperatury powietrza.....	37
4.1.3. Zmiany w zawartości aminokwasów pod wpływem zastosowanych herbicydów.....	38
4.2. Wpływ wilgotności powietrza na skuteczność herbicydów.....	44
4.2.1. Wrażliwość badanych gatunków chwastów na herbicydy na podstawie redukcji świeżej masy roślin.....	44
4.2.2. Reakcja badanych gatunków chwastów na herbicydy w zależności od wilgotności powietrza.....	48
4.2.3. Zmiany w zawartości aminokwasów pod wpływem zastosowanych herbicydów.....	49
4.3. Wpływ wilgotności gleby na skuteczność herbicydów.....	54
4.3.1. Wrażliwość badanych gatunków chwastów na herbicydy na podstawie redukcji świeżej masy roślin.....	54
4.3.2. Reakcja badanych gatunków chwastów na herbicydy w zależności od wilgotności gleby.....	58
4.3.3. Zmiany w zawartości aminokwasów pod wpływem zastosowanych herbicydów.....	59
4.4. Wpływ stanu uwilgotnienia roślin na skuteczność herbicydów.....	64
4.4.1. Wrażliwość badanych gatunków chwastów na herbicydy na podstawie redukcji świeżej masy roślin.....	64
4.4.2. Reakcja badanych gatunków chwastów na herbicydy w zależności od stanu uwilgotnienia roślin.....	68

4.4.3. Zmiany w zawartości aminokwasów pod wpływem zastosowanych herbicydów.....	69
4.5. Wpływ natężenia światła na skuteczność herbicydów.....	73
4.5.1. Wrażliwość badanych gatunków chwastów na herbicydy na podstawie redukcji świeżej masy roślin.....	73
4.5.2. Reakcja badanych gatunków chwastów na herbicydy w zależności od natężenia światła.....	77
4.5.3. Zmiany w zawartości aminokwasów pod wpływem zastosowanych herbicydów.....	78
4.6. Wpływ typu gleby na skuteczność herbicydów.....	82
4.6.1. Wrażliwość badanych gatunków chwastów na herbicydy na podstawie redukcji świeżej masy roślin.....	82
4.6.2. Reakcja badanych gatunków chwastów na herbicydy w zależności od typu gleby.....	86
4.6.3. Zmiany w zawartości aminokwasów pod wpływem zastosowanych herbicydów.....	87
4.7. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność działania tribenuronu metylu w zależności od temperatury powietrza.....	92
4.7.1. Wrażliwość badanych gatunków chwastów na tribenuron metylu stosowany samodzielnie i z adiuwantami na podstawie redukcji świeżej masy roślin.	92
4.7.2. Reakcja badanych gatunków chwastów na tribenuron metylu stosowany samodzielnie i z adiuwantami w zależności od temperatury powietrza.....	96
4.7.3. Zawartość aminokwasów u badanych gatunków chwastów w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu.....	97
4.8. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność działania tribenuronu metylu w zależności od wilgotności powietrza.....	101
4.8.1. Wrażliwość badanych gatunków chwastów na tribenuron metylu stosowany samodzielnie i z adiuwantami na podstawie redukcji świeżej masy roślin.....	101
4.8.2. Reakcja badanych gatunków chwastów na tribenuron metylu stosowany samodzielnie i z adiuwantami w zależności od wilgotności powietrza....	104
4.8.3. Zawartość aminokwasów u badanych gatunków chwastów w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu.....	105

4.9. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność działania tribenuronu metylu w zależności od wilgotności gleby.....	109
4.9.1. Wrażliwość badanych gatunków chwastów na tribenuron metylu stosowany samodzielnie i z adiuwantami na podstawie redukcji świeżej masy roślin.....	109
4.9.2. Reakcja badanych gatunków chwastów na tribenuron metylu stosowany samodzielnie i z adiuwantami w zależności od wilgotności gleby.....	113
4.9.3. Zawartość aminokwasów u badanych gatunków chwastów w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu.....	114
4.10. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność działania tribenuronu metylu w zależności od stanu uwilgotnienia roślin.....	119
4.10.1. Wrażliwość badanych gatunków chwastów na tribenuron metylu stosowany samodzielnie i z adiuwantami na podstawie redukcji świeżej masy roślin.....	119
4.10.2. Reakcja badanych gatunków chwastów na tribenuron metylu stosowany samodzielnie i z adiuwantami w zależności od stanu uwilgotnienia roślin.....	122
4.10.3. Zawartość aminokwasów u badanych gatunków chwastów w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu.....	123
4.11. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność działania tribenuronu metylu w zależności od natężenia światła.....	127
4.11.1. Wrażliwość badanych gatunków chwastów na tribenuron metylu stosowany samodzielnie i z adiuwantami na podstawie redukcji świeżej masy roślin.....	127
4.11.2. Reakcja badanych gatunków chwastów na tribenuron metylu stosowany samodzielnie i z adiuwantami w zależności od natężenia światła.....	130
4.11.3. Zawartość aminokwasów u badanych gatunków chwastów w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu.....	131
4.12. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność działania tribenuronu metylu w zależności od typu gleby.....	135
4.12.1. Wrażliwość badanych gatunków chwastów na tribenuron metylu stosowany samodzielnie i z adiuwantami na podstawie redukcji świeżej masy roślin.....	135

4.12.2. Reakcja badanych gatunków chwastów na tribenuron metylu stosowany samodzielnie i z adiuwantami w zależności od typu gleby.....	138
4.12.3. Zawartość aminokwasów u badanych gatunków chwastów w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu.....	139
5. DYSKUSJA WYNIKÓW.....	143
6. WNIOSKI.....	153
7. SPIS LITERATURY.....	155

1. WSTĘP

Biorąc pod uwagę aktualny poziom intensyfikacji rolnictwa, stosowanie herbicydów staje się nieodzownym narzędziem w zapobieganiu stratom w plonach spowodowanych przez konkurencyjne oddziaływanie chwastów. Prężnie rozwijający się przemysł chemiczny oferuje szeroki wachlarz środków chwastobójczych, charakteryzujących się zróżnicowanym mechanizmem działania na chwasty oraz spektrum zwalczanych gatunków.

W niektórych krajach Unii Europejskiej istnieje tendencja, wypływająca ze świadomej polityki rządów tych państw, do ograniczania ilości chemikaliów wnoszonych na pola uprawne w postaci zabiegów agrotechnicznych. Z tego względu dąży się do opracowania szczegółowych danych odnośnie takiego doboru środka, jego dawki i sposobu aplikacji, aby uzyskany efekt chwastobójczy był zadowalający, a jakość i ilość plonu najwyższa, przy minimalnym wpływie na środowisko naturalne. Wymaga to szczegółowych badań w zakresie wpływu szeregu czynników na jego skuteczność, ponieważ stosowanie herbicydów w obniżonych dawkach ma swoje uzasadnienie tylko w przypadku, gdy warunki zewnętrzne są optymalne dla jego działania (Kudsk 1989, Jensen 2004). Herbicydy nie w każdym przypadku działają z jednakowym rezultatem. Praktyka rolnicza i badania naukowe pokazują, że ten sam środek w określonych warunkach, zastosowany nawet w niższej dawce niż zaleca producent, może okazać się bardziej skuteczny niż aplikowany w dawce pełnej, ale odmiennych warunkach. Przyczyną tego jest fakt, że skuteczność herbicydu jest wypadkową współdziałania wielu czynników – zarówno tych związanych z celową działalnością człowieka, jak i całkowicie od niej niezależnych (Kudsk 2001).

W Zaleceniach Ochrony Roślin zawarte są ogólne informacje odnośnie możliwości odchwaszczania poszczególnych upraw. Zawierają one dane dotyczące m.in. nazwy handlowej herbicydu, zawartości substancji aktywnej, wysokości zalecanej dawki i terminu stosowania oraz wrażliwości poszczególnych gatunków chwastów na dany środek. Określenie stopnia wrażliwości chwastów w stosunku dla danego herbicydu, nie w każdym przypadku ma swoje potwierdzenie w praktyce. Cecha ta w znacznym stopniu zależy od właściwości genetycznych danego gatunku, ale także podlega modyfikacji przez szereg czynników niezwiązanych z właściwościami samego herbicydu. Rezultaty dotychczas przeprowadzonych prac dowiodły, że różne gatunki chwastów w odmienny sposób reagują na herbicydy w zależności od ich stopnia zaawansowania w rozwoju (Domaradzki, Kieloch 2007). Brak jest natomiast informacji w jakim stopniu dane gatunki mogą reagować na herbicydy w różnych warunkach klimatycznych i glebowych.

Badania odnośnie wpływu czynników abiotycznych na działanie herbicydów prowadzone są w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej, brak jest natomiast przełożenia ich rezultatów na krajowe warunki. Dlatego potrzebne są badania, które uwzględniają gatunki chwastów występujące na terenie upraw rolniczych naszego kraju oraz warunki klimatyczno-glebowe charakterystyczne dla tego regionu.

1.1. Hipoteza

Poszczególne gatunki chwastów w zróżnicowany sposób reagują na herbicydy stosowane do ich zwalczania, w zależności od czynników klimatycznych i glebowych.

1.2.Cel

Celem podjętych badań było określenie stopnia wrażliwości czterech gatunków chwastów (*Anthemis arvensis* L., *Galium aparine* L., *Papaver rhoeas* L., *Stellaria media* L.) na herbicydy o różnym mechanizmie działania w zależności od czynników abiotycznych. Cel był realizowany na podstawie badań:

- oceny skuteczności środków i określenia wrażliwości czterech gatunków chwastów (w badaniach modelowych)
- określenia wpływu adiuwanta na możliwość ograniczenia niekorzystnego wpływu czynników siedliskowych na działanie herbicydów
- oceny wpływu herbicydów na poziom aminokwasów w chwastach w różnych warunkach klimatycznych i glebowych
- możliwości ograniczenia dawki środka w zwalczaniu badanych gatunków chwastów.

2. PRZEGLĄD LITERATURY

2.1. Wpływ czynników abiotycznych na skuteczność herbicydów

Skuteczna i bezpieczna regulacja zachwaszczenia powinna opierać się na szczegółowej wiedzy uwzględniającej wszystkie czynniki, które mogą kształtować końcowy efekt działania herbicydu. Ten sam środek chwastobójczy może wykazywać zróżnicowaną skuteczność, w zależności od warunków w jakich się go stosuje. Zmiany w skuteczności herbicydów pod wpływem warunków środowiska są związane z ich retencją, pobieraniem, przemieszczaniem i rozkładem w tkankach roślin (Gallaher i wsp. 1999; Coetzer i wsp. 2001; Petersen i Hurle 2001). Procesy te odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu końcowego efektu działania środka chwastobójczego. Czynniki abiotyczne, poprzez bezpośredni lub pośredni wpływ, determinują działanie herbicydów. Wpływ bezpośredni dotyczy modyfikacji działania środka w momencie jego stosowania oraz w krótkim okresie po wykonaniu zabiegu. Warunki klimatyczne i glebowe po aplikacji herbicydu wpływają m. in. na tempo parowania cieczy użytkowej z powierzchni liści oraz szybkość przemieszczania i rozkładu w roślinie. Wpływ pośredni dotyczy warunków wzrostu chwastów do momentu aplikacji herbicydu. Jest to o tyle ważne, że kształtują one cechy morfologiczne roślin, które są odpowiedzialne za retencję i pobieranie herbicydów. Do najważniejszych należą: grubość kutykuli, ilość i skład wosku epidermalnego, liczba i stan aparatów szparkowych, powierzchnia i kąt ustawienia blaszek liściowych oraz omszenie roślin. Są one determinowane przez właściwości genetyczne każdego gatunku (Garrod 1989; Xie i wsp. 1994a; Chachalis i wsp. 2001 a, b).

Badania określające wpływ poszczególnych czynników abiotycznych na działanie herbicydów są niezbędne w pracach nad optymalizacją dawkowania herbicydów. Istnieje wiele prac odnośnie zredukowanych dawek herbicydów. Wynika z nich, że możliwość zmniejszania dawki środka chwastobójczego, z jednoczesnym zachowaniem zadowalającego poziomu zniszczenia chwastów, jest różna dla poszczególnych środków (Wesołowski i wsp. 2005; Domaradzki 2006; Krawczyk 2008). Stosowanie herbicydów w zredukowanych dawkach nie w każdym przypadku jest w pełni uzasadnione. Dany środek chwastobójczy może osiągnąć zadowalający efekt chwastobójczy, jeśli będzie aplikowany w określonych warunkach. Warunki te dotyczą zarówno czynników klimatyczno-glebowych, stanu i stopnia zachwaszczenia, jak i czynników agrotechnicznych (np. gęstość siewu rośliny uprawnej, ilość wody użytej do zabiegu, formy użytkowej herbicydu itp.) (Rosales-Robres i wsp. 1999; Kapeluszný 2003; Roman i wsp. 2004; Barros i wsp. 2007; Domaradzki i Kieloch 2007; Krawczyk 2008).

Czynniki abiotyczne (klimatyczne i glebowe) są ważnym elementem ograniczającym tę formę aplikacji herbicydów, gdyż w niekorzystnych warunkach nawet dawka zalecana może okazać się nie w pełni skuteczna. Z tego względu wprowadzenie do praktyki rolniczej tego sposobu aplikacji herbicydów powinno być poprzedzone kompleksowymi badaniami, obejmującymi szereg czynników, w tym warunki siedliskowe (Kudsk 1989; 2008).

Tego rodzaju doświadczenia przeprowadzane są w warunkach kontrolowanych – w szklarni, komorach klimatycznych lub symulatorach klimatycznych. W warunkach polowych zachodzi interakcja kilku czynników klimatycznych i glebowych, co wyklucza możliwość precyzyjnego określenia wpływu pojedynczego parametru (Kudsk 2001).

2.1.1. Temperatura powietrza

Temperatura powietrza jest jednym z czynników istotnie wpływającym na wzrost i rozwój roślin w okresie przed aplikacją herbicydów. Rośliny rosnące w warunkach wyższych temperatur charakteryzują się większą powierzchnią liści oraz bardziej poziomym ich ustawieniem, co sprzyja zwiększeniu powierzchni absorpcyjnej herbicydów (Xie i wsp. 1995). Dodatkowo wytwarzają one cieńszą kutikule, z mniejszą ilością wosku epidermalnego w porównaniu do roślin rosnących w warunkach chłodniejszych (Hatterman-Valenti i wsp. 2006).

Końcowy efekt chwastobójczy jest w znacznym stopniu uzależniony od warunków temperaturowych w czasie aplikacji herbicydu oraz w kilka dni po wykonaniu zabiegu. Wyższa temperatura sprzyja zwiększeniu absorpcji i translokacji herbicydu (Olson i wsp. 1999; Kumaratilake i Preston 2005). Wzrasta ponadto tempo przemian biochemicznych herbicydu w tkankach roślin (Olson i wsp. 2000). Temperatura powietrza w zróżnicowany sposób może kształtować skuteczność środka chwastobójczego. W większości dotychczas wykonanych prac wykazano, że w wyższej temperaturze wzrasta skuteczność środka (Fausey i Renner 2001; Johnson i Young 2002; Kumaratilake i Preston 2005). Wzrost temperatury nie zawsze jednak jest dodatnio skorelowany z poprawą jego efektywności. W warunkach nadmiernego wzrostu temperatury może występować zwiększone parowanie cieczy użytkowej z powierzchni liścia oraz szybsze tempo wzrostu rośliny, co prowadzi do nadmiernego rozcieńczenia herbicydu w tkankach roślinnych i tym samym do spadku jego skuteczności (Mathiassen i Kudsk 1996). Wysoka temperatura wpłynęła niekorzystnie na działanie fenoksapropru etylu w stosunku do *Avena fatua* L., na skutek zwiększonej produkcji wosku epidermalnego (Xie i wsp. 1996). W badaniach Sharmy i Singha (2001) efektywność glifosatu była najwyższa w temperaturze 22⁰C, w porównaniu z 19⁰C i 35⁰C. Zanotowano

także przypadki, że działanie niektórych herbicydów było najlepsze w warunkach najchłodniejszych (Pline i Hatzios 1999; Willingham i wsp. 2008). Z kolei Petersen i Hurle (2001) nie stwierdzili, aby temperatura powietrza wywarła znaczący wpływ na skuteczność glufosinatu.

2.1.2. Wilgotność powietrza

Niska wilgotność powietrza sprzyja utrwalaniu cech morfologicznych, które stanowią barierę dla wyparowywania wody. W takich warunkach rośliny wytwarzają grubszą kutikulę, o zwiększonej ilości wosku epidermalnego i większej liczbie aparatów szparkowych (Garrod 1989; Kudsk i Kristensen 1992). Wilgotność powietrza jest dodatnio skorelowana z działaniem herbicydów. W warunkach wyższej wilgotności następuje zwiększone pobieranie herbicydu, ponieważ ciecz użytkowa wolniej wyparowuje z powierzchni liści i w konsekwencji większa ilość środka może wnikać do tkanek roślin (Riehtmuller–Haage 2007, Greek i Strek 2001). Ponadto, w warunkach wysokiej wilgotności powietrza, przemieszczanie herbicydu w roślinie od miejsca jego wnikięcia do miejsca działania jest znacznie szybsze niż w wypadku wilgotności niskiej (Caseley 1989; Ramsey i wsp. 2006).

Z dotychczas wykonanych prac wynika, że wyższa wilgotność powietrza wpływa korzystnie na działanie herbicydów. Stwierdzono wyraźną interakcję pomiędzy wilgotnością powietrza, a działaniem glufosinatu na *Setaria viridis* L.. Tolerancja tego gatunku na zastosowany środek była znacząco wyższa, gdy rośliny rosły w warunkach 40% wilgotności w porównaniu do 90% (Anderson i wsp. 1993a). Również ten sam środek lepiej zwalczał *Amaranthus* sp. w warunkach wyższej wilgotności. Już po upływie jednego dnia od momentu jego aplikacji, w wilgotności 90%, zaobserwowano wędnięcie roślin, natomiast w wilgotności 35% wędnięcie nastąpiło po dwóch dniach i tylko po zastosowaniu wyższych dawek herbicydu (Coetzer i wsp. 2001). Także skuteczność tiameturonu metylu istotnie wzrastała wraz ze wzrostem wilgotności w zakresie od 35 do 85%, przy czym poprawa efektywności była mniej wyraźna w górnym przedziale wartości (Kudsk i wsp. 1990). Wilgotność powietrza nie miała istotnego wpływu na skuteczność flumikloraku w stosunku do *Chenopodium album* L. i *Amaranthus retroflexus* L. (Fausey i Renner 2001).

2.1.3. Wilgotność gleby

W warunkach niedostatecznego uwilgotnienia gleby roślina wytwarza mechanizmy obronne zapobiegające utracie wody z jej tkanek, co prowadzi do zmian w jej cechach morfologicznych. Długotrwały deficyt wody prowadzi do zwiększenia grubości i gęstości

kutykuli, wzrostu omszenia powierzchni liści oraz zamknięcia aparatów szparkowych (Caseley 1989; Morrison i wsp. 1995). Spadek turgoru jest przyczyną zrolowania liści, w następstwie czego zmniejsza się powierzchnia absorpcji herbicydów. Dodatkowo stres wodny ogranicza przepuszczalność błon komórkowych, skutkiem czego może być ograniczenie dystrybucji środka w roślinie (Anderson i wsp. 1993 b). Rośliny rosnące w warunkach niedostatecznego uwilgotnienia gleby mają ograniczony wzrost, a powierzchnia ich blaszek liściowych jest mniejsza niż u roślin dobrze zaopatrzonych w wodę (Levene i Owen 1995). Powyższe cechy przyczyniają się do obniżenia efektywności herbicydów stosowanych w warunkach niedoboru wilgoci w glebie. Glifosat aplikowany w warunkach stresu wodnego wykazał słabszą skuteczność, z powodu ograniczenia pobierania i transportu herbicydu w roślinie (Adkins i wsp. 1998). W pracach prowadzonych przez Blaira i Caseleya (1994) ograniczenie aktywności herbicydu w warunkach niedoboru wilgoci w glebie wywołane było spadkiem intensywności fotosyntezy, powstałym w wyniku zamknięcia aparatów szparkowych. Wyższa wilgotność gleby zwiększyła skuteczność działania fluroksypiry w niszczeniu *Kochia scoparia* L., natomiast nie stwierdzono podobnej zależności w odniesieniu do *Amaranthus* sp. (Lubbers i wsp. 2007). Picloram stosowany w warunkach stresu wodnego wykazał znacznie słabszą skuteczność, co było wynikiem ograniczonego przemieszczania środka w roślinie (Morrison i wsp. 1995). Susza zredukowała fitotoksyczność fenoksaprofu w stosunku do *Avena fatua* L., a jej negatywny wpływ został nasilony w warunkach wyższej temperatury (Xie i wsp. 1997).

2.1.4. Uwilgotnienie roślin

Stan uwilgotnienia roślin w momencie wykonywania zabiegu chwastobójczego wpływa na ilość pobranego środka. Wilgotna powierzchnia liści powoduje, że kutikula jest lepiej uwodniona i tym samym bardziej przepuszczalna dla herbicydów. Z drugiej strony krople rosy na powierzchni blaszek liściowych mogą przyczyniać się do rozcieńczenia i spływania aplikowanego herbicydu, co prowadzi do spadku skuteczności (Caseley 1989, Roman i wsp. 2004). Prace dotyczące wpływu rosy na działanie środków chwastobójczych są rzadko spotykane w literaturze, z tego względu, że generalnie zaleca się unikać opryskiwania roślin mokrych. Obecność rosy w momencie wykonywania zabiegu herbicydowego może zwiększać wrażliwość rośliny uprawnej na zastosowany środek. Największe uszkodzenia roślin soi wystąpiły, gdy zabiegi herbicydowe wykonano wczesnym rankiem w porównaniu z godzinami późniejszymi, co wynikało z obecności rosy na roślinach (Fausey i Renner 2001). Glifosat zastosowany na rośliny mokre wykazał czterokrotnie wyższą fitotoksyczność, niż

gdy opryskiwane były rośliny suche (Coupland i Caseley 1981). Przy użyciu glifosatu stosowanego na rośliny mokre, w dawce niższej niż zalecana, nastąpił spadek jego skuteczności. Dodatkowym czynnikiem, sprzyjającym ograniczeniu działania tego środka była ilość wody użyta do zabiegu. Spadek efektywności glifosatu zanotowano w przypadku użycia większej ilości cieczy użytkowej, co było wynikiem nadmiernego rozcieńczenia herbicydu (Roman i wsp. 2004; Kogan i Zúñiga 2001).

2.1.5. Natężenie światła

Oddziaływanie natężenia światła na skuteczność działania herbicydu odgrywa znaczącą rolę głównie w okresie przed jego aplikacją. Rośliny rosnące w warunkach niskiej intensywności światła posiadają cieńszą kutikulę, z mniejszą ilością wosku epidermalnego, co czyni ją bardziej podatną na penetrację herbicydów. Odwrotnie – wysoka intensywność światła prowadzi do zwiększonej produkcji wosku i tym samym zmniejszenia przepuszczalności dla herbicydów (Garrod 1989, Hatterman-Valenti i wsp. 2006). Powierzchnia blaszek liściowych roślin, które rosły w słabszym natężeniu światła ulega zwiększeniu. Zmienia się także orientacja liści, przyjmują one bardziej poziome ustawienie, co powoduje wzrost powierzchni absorpcyjnej herbicydu i wpływa korzystnie na jego skuteczność (Xie i wsp. 1994b). Cieniowanie roślin *Avena fatua* L. w okresie przed aplikacją herbicydu wywierało najbardziej znaczący spośród ocenianych czynników klimatycznych wpływ na kształtowanie się cech morfologicznych (Xie i wsp. 1995). Ograniczenie natężenia światła zredukowało liczbę rozkrzewień oraz wykazało stymulujący wpływ na wzrost tego gatunku. Autorzy dowiedli, że ograniczenie natężenia światła wpłynęło korzystnie na skuteczność fenoksaprofu etylu oraz imazametabenzu metylu, co było wynikiem poprawy zdolności absorpcyjnej herbicydów przez rośliny (Xie i wsp. 1994a). Słabe natężenie światła w nieznacznym zakresie ogranicza przemieszczanie fenoksaprofu etylu oraz imazametabenzu metylu we floemie (Xie i wsp. 1996). Badania dotyczące fenoksaprofu i imazametabenzu dowiodły, że w warunkach ograniczonego natężenia światła następował wzrost fitotoksycznego działania tych środków (Xie i wsp. 1996). Ilość pobranego przez roślinę fluazifopu-P była niższa w warunkach słabszego natężenia światła, co było rezultatem zmian w składzie wosku epidermalnego powodujących wzrost jego hydrofilowych właściwości i tym samym lepsze zwilżenie liści przez ciecz użytkową herbicydu (Hatterman-Valenti i wsp. 2006). Badania nad wpływem natężenia światła na fitotoksyczność karfentrazonu etylu dowiodły, że ryzyko uszkodzeń roślin wzrasta, jeśli zabieg wykonuje się po kilku występujących z rzędu pochmurnych dniach (Thompson i Nissen 2002).

2.1.6. Typ gleby

Wpływ typu gleby na skuteczność herbicydów dotyczy głównie herbicydów stosowanych doglebowo. Jednak większość środków stosowanych nalistnie może być w ograniczonym stopniu pobieranych przez korzenie, co jest zależne od rodzaju substancji aktywnej i właściwości gleby.

Zawartość materii organicznej odgrywa znaczącą rolę w absorpcji herbicydów (Barriuso i Calvet 1992; Rutheford i wsp. 1992). Na glebie o niskiej zawartości materii organicznej substancje aktywne niektórych herbicydów np. atrazyna, alachlor, diuron są absorbowane w mniejszej ilości, niż na glebie o wysokim stopniu zawartości substancji organicznej (Bernard i wsp. 2005).

Typ gleby, a w związku z tym cały szereg czynników go charakteryzujących, np. kwasowość, zawartość materii organicznej, skład granulometryczny itp., może w dużym stopniu decydować o kondycji roślin. Znany jest fakt, że określone gatunki chwastów cechują się zróżnicowanymi wymaganiami co do warunków glebowych, niektóre z mogą być dobrymi wskaźnikami warunków siedliskowych (Zarzycki i wsp. 2002).

2.2. Wpływ herbicydów na poziom aminokwasów w roślinach pod wpływem działania czynników abiotycznych

Herbicydy powodują zakłócenia w przebiegu procesów fizjologicznych chwastów, prowadząc do ich zamierania lub znacznego zahamowania wzrostu i ograniczenia funkcji życiowych. Często ich działanie polega na hamowaniu aktywności enzymów biorących udział w przemianach biochemicznych.

Do oceny mechanizmu działania herbicydów, mogą być wykorzystane informacje o zmianach w poziomie wolnych aminokwasów (Starratt i Lazarowitz 1996). Największy wpływ na poziom aminokwasów wywierają herbicydy, których mechanizm działania związany jest z ich biosyntezą. Środki z grupy pochodnych sulfonilomocznika powodują zahamowanie aktywności enzymu syntazy acetomleczanowej (ALS), który bierze udział w biosyntezie aminokwasów: waliny, leucyny i izoleucyny (Ray 1984). Chlorosulfuron przyczyniła się do wzrostu poziomu wolnych aminokwasów w tkankach roślin *Thlaspi arvense* L. i *Lemna minor* L. (Rhodes i wsp. 1987; Bestman i wsp. 1990). Koncentracja wolnych aminokwasów w różnych gatunkach chwastów wykazała tendencję do proporcjonalnego wzrostu wraz ze zwiększaniem dawki azimsulfuronu, co wskazuje na spadek aktywności enzymu ALS. Podobną zależność dowiedziono w odniesieniu do zróżnicowanych faz rozwojowych, znajdując więcej wolnych aminokwasów w roślinach

opryskiwanych we wczesnych fazach rozwojowych, w porównaniu z bardziej zaawansowanymi w rozwoju (Shim i wsp. 2003). Glufosinat – herbicyd z innej grupy chemicznej, wpływa na działanie enzymu syntazy glutaminowej. Enzym ten katalizuje przekształcenie L-glutaminianu w L-glutaminę, poprzez asymilację amoniaku. Inny środek zakłócający przebieg biosyntezy aminokwasów – glifosat hamuje działanie enzymu EPSPS biorącego udział w biosyntezie aminokwasów aromatycznych: fenyloalaniny, tyrozyny i tryptofanu (Sellers i wsp. 2004; Tan i wsp. 2006; Petersen i wsp. 2007).

Wiele badań wskazuje na fakt, że nie tylko herbicydy, których bezpośrednim celem jest zahamowanie biosyntezy aminokwasów, mogą wpływać na ich poziom w roślinie, lecz także inne środki, których mechanizm działania w sposób pośredni wpływa na przemiany azotu. Herbicydy, pomimo zróżnicowanego sposobu działania, mogą ingerować w procesy przemian azotu, zarówno w sposób bezpośredni, jak i pośredni. Działania te mogą zakłócać syntezę aminokwasów i białek. Rośliny soi potraktowane herbicydem z grupy pochodnych fenyloamoniaku – diuronem, wykazały wyższą zawartość proliny oraz rozpuszczalnych protein w liściach (Fayez 1999). Dowiedziono również występowanie różnic w koncentracji tego aminokwasu w zależności od zastosowanego środka. Spośród trzech badanych herbicydów: chlorosulfuronu, norflurazonu i triallatu, największy wpływ na poziom proliny wywarł chlorosulfuron (Fayez i Kristen 1996). Wzrost zawartości wolnej proliny w liściach *Dactylis glomerata* L. został również udowodniony po aplikacji fluometronu i linuronu (Durán-Serantes i wsp. 2002).

Niektóre herbicydy mogą ograniczać asymilację amoniaku, co w konsekwencji hamuje tworzenie się białek. W związku z tym wyższy poziom aminokwasów, na skutek stosowania herbicydów, może być prawdopodobnie wynikiem rozpadu istniejących białek niż nowych syntez (Nemat Alla i wsp. 2008). W badaniach Huanga i Xionga (2009) stwierdzono znaczne nagromadzenie się wolnych aminokwasów w siewkach i korzeniach ryżu po zastosowaniu acetochloru i bensulfuronu metylu, jako rezultat negatywnego wpływu tych środków na asymilację azotu oraz działanie enzymów biorących udział w przemianach azotu, takich jak: reduktaza azotanowa i syntaza glutaminowa. Ponadto autorzy udowodnili, że wpływ ocenianych herbicydów na poziom wolnych aminokwasów był zróżnicowany. Aplikacja trifluraliny przyczyniła się do wzrostu zawartości wolnych aminokwasów, a w szczególności poziomu asparaginy i glutaminy (Starratt i Lazarovitz 1996). Glifosat spowodował znaczny wzrost poziomu aminokwasów, a w szczególności proliny, kwasu asparaginowego, asparaginy i glutaminy w roślinach *Brassica napus* L. powstały w wyniku wzrostu hydrolizy białek (Petersen i wsp. 2007).

2.3. Rola adiuwantów w ograniczaniu niekorzystnego wpływu czynników abiotycznych na efektywność herbicydów

Adiuwanty są to substancje chemiczne pochodzenia organicznego lub nieorganicznego, które w sposób bezpośredni lub pośredni wpływają na chwastobójcze działanie substancji aktywnej herbicydu lub zmieniają właściwości użytkowe formulacji preparatu i cieczy użytkowej (Woźnica 2008). Ich głównym zadaniem jest poprawa skuteczności działania herbicydu, poprzez wzrost retencji i absorpcji środków (Harbour i wsp. 2003; Kierzek i Ratajkiewicz 2004). Jest to możliwe dzięki temu, że adiuwanty powodują zmniejszenie napięcia powierzchniowego kropel cieczy użytkowej oraz dokładniejsze pokrycie nimi opryskiwanej powierzchni (Penner 1989; Praczyk i Stachecki 1996; Praczyk i wsp. 2008, Aliverdi i wsp. 2009). Ponadto adiuwanty zapobiegają krystalizacji cieczy użytkowej na powierzchni roślin oraz opóźniają jej wysychanie, powodują zwiększenie przyczepności i rozpuszczalności herbicydu oraz lepsze uwodnienie kutykuli (Praczyk 2001; Harbour i wsp. 2003; Wang i Liu 2007).

Adiuwanty są środkami zróżnicowanymi pod względem budowy i sposobu działania. Można wyróżnić trzy grupy adiuwantów: surfaktanty, adiuwanty olejowe (mineralne i organiczne) oraz sole amonowe (Wang i Liu 2007). Środki te mogą wywierać zróżnicowany wpływ na skuteczność herbicydów. Niejednokrotnie efektywność herbicydu może kształtować się na podobnym poziomie, niezależnie od rodzaju zastosowanego adiuwantu. Zanotowano także przypadki, w których wpływ pewnych adiuwantów był wyraźniejszy w porównaniu do reszty ocenianych (Morrison i wsp. 1995; Woźnica i Nalewaja 1996; Woźnica i wsp. 1997; Praczyk i Stachecki 1996; Domaradzki i Kieloch 2005; Wang i Liu 2007).

Stosowanie herbicydów łącznie z adiuwantami pozwala na zniwelowanie ryzyka spadku skuteczności środka stosowanego w niekorzystnych warunkach środowiska, takich jak niska wilgotność powietrza lub opady deszczu występujące po aplikacji środka. Z tego względu należy brać pod uwagę ten sposób aplikacji, gdy prognoza albo aktualny stan pogody jest niekorzystny dla działania konkretnego herbicydu (Kudsk i wsp. 1990; Szeleźniak 2006; Kudsk i Mathiassen 2007). Wyniki niektórych prac dowodzą jednak, że nie w każdym przypadku adiuwanty poprawiają skuteczność herbicydów. Nie udowodniono, aby dodatek surfaktanta wpłynął znacząco na skuteczność pikloramu stosowanego w warunkach stresu wodnego. Nie dowiedziono także, aby surfaktant odegrał znaczącą rolę w działaniu primisulfuronu stosowanego w różnych warunkach klimatycznych (Morton i Harvey 1994; Morrison i wsp. 1995). W badaniach nad skutecznością glifosatu stosowanego na rośliny

poddane stresowi suszy, zimna i nadmiaru wody adiuwanty nie spowodowały wzrostu skuteczności tego środka (Zhou i wsp. 2007).

Dodatek adiuwantów umożliwia obniżenie dawki herbicydu, z zachowaniem skuteczności chwastobójczej na satysfakcjonującym poziomie. Według niektórych autorów użycie adiuwantów pozwala zredukować dawkę herbicydu o 50% w stosunku do zalecanej, a w niektórych przypadkach nawet o 75% (Pałczyński i wsp. 1997; Collins i Helling 2002; Stagnari i wsp. 2006). Skuteczność herbicydu aplikowanego w dawce ograniczonej o 75% z dodatkiem adiuwanta była wyższa, niż, gdyśrodek ten zastosowano w dawce zalecanej, lecz bez adiuwanta (Woźnica i wsp. 1997). Z tego też powodu stosowanie adiuwantów jest korzystne zarówno pod względem ekonomicznym, jak i ekologicznym. Mniej kosztowny jest zabieg wykonany herbicydem w dawce niższej niż zaleca producent, lecz z dodatkiem adiuwanta niż samym herbicydem, w zalecanej dawce (Adamczewski i wsp. 1996).

3. METODYKA

3.1. Układ eksperymentalny

Doświadczenia trzyczynnikowe wykonano w układzie kompletnej randomizacji, w trzech powtórzeniach. W ramach badań wykonano dwa rodzaje doświadczeń:

a. doświadczenia nad oceną wpływu poszczególnych czynników abiotycznych na skuteczność herbicydów, gdzie badanymi czynnikami były:

I. czynnik abiotyczny

- temperatura powietrza,
- wilgotność powietrza,
- wilgotność gleby,
- natężenie światła,
- stan uwilgotnienia roślin,
- typ gleby,

II. herbicydy

- tribenuron metylu,
- 2,4-D + florasulam,
- 2,4-D + dikamba,

III. dawki herbicydów

- zalecana,
- obniżona o połowę.

b. doświadczenia nad oceną działania różnych adiuwantów w ograniczaniu niekorzystnego wpływu czynników abiotycznych na efektywność tribenuronu metylu, gdzie badanymi czynnikami były:

I. czynnik abiotyczny

- temperatura powietrza,
- wilgotność powietrza,
- wilgotność gleby,
- natężenie światła,
- stan uwilgotnienia roślin,
- typ gleby,

II. adiuwanty

- bez adiuwanta,
- surfaktant,

- adiuwant olejowy,
- III. dawki herbicydu
- zalecana,
 - obniżona o połowę.

3.2. Ogólna charakterystyka wykonywanych doświadczeń

3.2.1. Miejsce prowadzenia doświadczeń

Doświadczenia prowadzono w warunkach kontrolowanych, w komorach klimatycznych MLR-350 HT i MLR-350 firmy SANYO posiadających możliwość programowania następujących parametrów: wilgotności i temperatury powietrza oraz natężenia światła w różnych przedziałach czasowych (cykl dobowy, tygodniowy czy miesięczny).

3.2.2. Podłoże

W badaniach wykorzystano dwa rodzaje podłoża:

- a. w doświadczeniach nad określeniem wpływu temperatury i wilgotności powietrza, natężenia światła oraz stanu uwilgotnienia roślin użyto mieszaniny torfu i piasku w stosunku objętościowym 2:1,
- b. w doświadczeniach nad wpływem wilgotności oraz typu gleby wykorzystano glebę pochodzącą z pól uprawnych, na których nie stosowano herbicydów długo zalegających w glebie, aby uniknąć ich następczego oddziaływania na rośliny. Glebę do badań pobrano z warstwy 0-20 cm. Szczegóły dotyczące przygotowania gleby do doświadczeń omówiono w rozdziale 3.3.3.

3.2.3. Przygotowanie i siew nasion

Nasiona do doświadczeń pobierano osobno dla każdego gatunku, z powierzchni nie traktowanych herbicydami na polach uprawnych, zlokalizowanych w okolicach Wrocławia. Próbkę nasion po zebraniu zostały oczyszczone i przechowywane przez ok. 12 miesięcy. Nasiona chwastów wysiewano do doniczek o średnicy 8 cm wypełnionych podłożem torfowym lub glebą o jednakowej masie, umieszczając pojedyncze nasiona na głębokości 0,5 cm równomiernie na całej powierzchni doniczki. Do każdej doniczki wysiano po 10 sztuk nasion. Po siewie doniczki umieszczono w komorach klimatycznych na okres 14 dni, w warunkach pozbawionych dostępu światła, gdzie temperatura powietrza wynosiła 8⁰C, celem pobudzenia do kiełkowania. Po upływie tego okresu, w komorach ustawiono poszczególne parametry zgodnie z wytycznymi, w zależności od rodzaju badanego czynnika.

Nasiona *Galium aparine* L. wymagały specjalnego przygotowania mającego na celu pobudzenie ich do kiełkowania. W związku z czym moczono je w 0,02% roztworze kwasu giberelinowego przez 3 doby, a następnie przemyto wodą destylowaną i wysuszono.

3.2.4. Pielęgnacja

Doniczki podlewano codziennie, umieszczając je na wadze i dozując wodę w ilości, która zapewni osiągnięcie wagi ustalonej w momencie założenia doświadczenia.

Bezpośrednio przed planowanym zastosowaniem herbicydów wykonano ręczną przerywkę, pozostawiając po 4 rośliny w każdej z doniczek. Pozostawiony do zabiegu herbicydowego materiał roślinny był wyrównany.

3.2.5. Aplikacja herbicydów

Aplikację herbicydu przeprowadzono w komorze opryskowej „Aporo” wyposażoną w ruchomą dyszę (TeeJet XR 11003-VS) pracującą z ciśnieniem roboczym 200 kPa, zapewniającą wydatek cieczy użytkowej 250 l·ha⁻¹.

W momencie stosowania herbicydów chwasty znajdowały się we wczesnych fazach rozwojowych: *Anthemis arvensis* L., *Papaver rhoeas* L. i *Stellaria media* L. w fazie 2-4 liści (BBCH=12-14), a *Galium aparine* L. w fazie 1-2 okółków (BBCH=11-12).

3.2.6. Zbiór roślin

Po upływie trzech tygodni od zastosowania herbicydów części nadziemne chwastów ścinano oddzielnie dla każdej doniczki i określono świeżą masę materiału roślinnego.

Skuteczność działania herbicydów określono na podstawie ubytku świeżej masy (w %), dla poszczególnych gatunków chwastów, pod wpływem zastosowanego środka w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Zakresy wrażliwości każdego z gatunków chwastów na herbicydy określono zgodnie z wytycznymi zawartymi w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 04.08.2004r., przyjmując następujące wartości:

- >85% – gatunki wrażliwe
- 71-85% – gatunki średnio wrażliwe
- 60-70% – gatunki średnio odporne
- <60% – gatunki odporne.

3.2.7 Obliczenia statystyczne

Obliczenia statystyczne wykonano uwzględniając dane skuteczności wyrażone w %, przekształcone wg wzoru Bliss. Obliczenia statystyczne przeprowadzono w następującym układzie: doświadczenia 2-czynnikowe, gdzie jednym z czynników doświadczenia był czynnik abiotyczny, natomiast jako drugi czynnik potraktowano kombinacje obiektów herbicydowych x dawki, wraz z obiektem kontrolnym.

Świeżą masę roślin dla każdego gatunku na obiekcie kontrolnym, rosnących w poszczególnych warunkach klimatyczno-glebowych porównano testem istotności t-Studenta.

3.3. Szczegółowa charakterystyka poszczególnych typów doświadczeń

3.3.1. Badania nad wpływem temperatury powietrza

W doświadczeniach nad wpływem temperatury powietrza na skuteczność herbicydów badano trzy poziomy tego czynnika, zgodnie z wartościami przedstawionymi w tabeli 1. Fotoperiod zawsze wynosił 14 godzin dnia i 10 godzin nocy.

Tabela 1. Zróżnicowanie warunków termicznych na tle innych czynników

Poziom temperatury	Pora dnia	Temperatura	Czas trwania	Natężenie światła	Wilgotność powietrza
25/16°C	dzień	25°C	14 godzin	10 000 lux	70%
	noc	16°C	10 godzin	0 lux	
16/8°C	dzień	16°C	14 godzin	10 000 lux	70%
	noc	8°C	10 godzin	0 lux	
8/2°C	dzień	8°C	14 godzin	10 000 lux	70%
	noc	2°C	10 godzin	0 lux	

3.3.2. Badania nad wpływem wilgotności powietrza

W badaniach nad wpływem wilgotności powietrza na skuteczność herbicydów oceniano dwa poziomy tego czynnika: 75% i 50%. Wartości pozostałych parametrów przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Zróżnicowanie wilgotności powietrza na tle innych czynników

Poziom wilgotności powietrza	Pora dnia	Temperatura	Czas trwania	Natężenie światła	Wilgotność powietrza
50%	dzień	16°C	14 godzin	10 000 lux	50%
	noc	8°C	10 godzin	0 lux	
75%	dzień	16°C	14 godzin	10 000 lux	75%
	noc	8°C	10 godzin	0 lux	

3.3.3. Badania nad wpływem wilgotności gleby

Do badań nad wpływem wilgotności gleby wykorzystano glebę brunatną, należącą do kompleksu żytiego dobrego, wytworzoną na piasku gliniastym (5Bpg). Jej pełną charakterystykę przedstawiono w tabeli 3.

Tabela. 3. Charakterystyka gleby użytej w doświadczeniach dotyczących wpływu wilgotności podłoża na skuteczność herbicydów

pH	6,8
zawartość próchnicy	1,77%
zawartość P₂O₅	17,7 mg/100 g p.s.m.
zawartość K₂O	19,9 mg/100 g p.s.m.
zawartość Mg	9,3 mg/100 g p.s.m.

Przed przystąpieniem do siewu chwastów glebę oczyszczono z kamieni oraz resztek roślinnych, a następnie przesiano przez sito o średnicy oczek 2 mm. Bezpośrednio przed założeniem doświadczenia glebę wysuszono w temperaturze 105⁰C do stanu powietrznie suchej. Czynnikiem różnicującym w tej serii badań była wilgotność wagowa gleby, określona wzorem:

$$W=(M_W / M_S)*100\%,$$

gdzie: W – wilgotność gleby, M_W – masa wody w glebie, M_S – masa fazy stałej gleby.

W tym celu do każdej z doniczek odważono 400 g gleby oraz dodano 240 g lub 120 g wody w zależności od poziomu tego czynnika, aby osiągnąć odpowiednio 60% lub 30% wilgotności wagowej gleby. Wilgotną glebę w każdej doniczce dokładnie wymieszano w celu równomiernego rozprowadzenia wody w masie stałej gleby. W tak przygotowane podłoże wysiano nasiona chwastów, a doniczki umieszczono w komorach klimatycznych, gdzie panowały warunki przedstawione w tabeli 4.

Tabela. 4. Zróżnicowanie wilgotności gleby na tle innych czynników

Poziom wilgotności gleby	Pora dnia	Temperatura	Czas trwania	Natężenie światła	Wilgotność gleby	Wilgotność powietrza
60%	dzień	16 ⁰ C	14 godzin	10 000 lux	60%	70%
	noc	8 ⁰ C	10 godzin	0 lux		
30%	dzień	16 ⁰ C	14 godzin	10 000 lux	30%	70%
	noc	8 ⁰ C	10 godzin	0 lux		

Doniczki codziennie ważono, a na podstawie ubytku masy całej doniczki ustalono ilość wody konieczną do podlewania, tak aby osiągnąć masę ustaloną w momencie założenia doświadczenia.

3.3.4. Badania nad wpływem stanu uwilgotnienia roślin w momencie stosowania herbicydów

Czynnikiem różnicującym doświadczenia był stan uwilgotnienia roślin w momencie aplikacji herbicydów, który polegał na symulowaniu wystąpienia rosy na roślinach lub pozostawieniu roślin w stanie suchym. Badania prowadzono w komorach klimatycznych, w których panowały warunki przedstawione w tabeli 6.

Tabela.6. Warunki prowadzenia doświadczeń nad wpływem stanu uwilgotnienia roślin

Pora dnia	Temperatura	Czas trwania	Natężenie światła	Wilgotność powietrza
dzień	16 ⁰ C	14 godzin	10 000 lux	70%
noc	8 ⁰ C	10 godzin	0 lux	

Bezpośrednio przed aplikacją herbicydów doniczki z każdym gatunkiem chwastu podzielono na dwie równe grupy. Pierwszą umieszczono w komorze opryskowej i potraktowano czystą wodą, aby uzyskać efekt zwilżonych powierzchni blaszek liściowych. Do aplikacji wody wykorzystano dyszę płaskostrumieniową TeeJet XR 11003-VS, a zabieg wykonano z prędkością 2,5 km/h i ciśnieniem roboczym 200 kPa. Po odcieknięciu nadmiaru wody z powierzchni liści chwastów wykonano zabieg herbicydowy. Rośliny rosnące w drugiej grupie doniczek miały suchą powierzchnię blaszek liściowych i w takim stanie zostały potraktowane herbicydami.

3.3.5. Badania nad wpływem natężenia światła

W tej serii doświadczeń czynnikiem różnicującym było natężenie światła. Badano dwa poziomy tego parametru, a rośliny przez cały okres prowadzenia doświadczeń trzymane były w komorach klimatycznych. Charakterystykę warunków tych doświadczeń przedstawiono w tabeli 5.

Tabela.5. Zróżnicowanie natężenia światła na tle innych czynników

Poziom natężenia światła	Pora dnia	Temperatura	Czas trwania	Natężenie światła	Wilgotność powietrza
10 000 lux	dzień	16 ⁰ C	14 godzin	10 000 lux	70%
	noc	8 ⁰ C	10 godzin	0 lux	
7 000 lux	dzień	16 ⁰ C	14 godzin	7 000 lux	70%
	noc	8 ⁰ C	10 godzin	0 lux	

3.3.6. Badania nad wpływem typu gleby

Czynnikiem badanym w tym doświadczeniu były dwa typy gleb:

- gleba płowa zaliczana do kompleksu żytniego słabego, wytworzona na piasku słabogliniastym (6Aps),
- czarna ziemia zaliczana do kompleksu pszennego bardzo dobrego, wytworzona na glinie średniej (1Dgs).

Ich pełną charakterystykę zawiera charakterystykę zawiera tabela 7.

Tabela. 7. Charakterystyka gleb użytych w doświadczeniach dotyczących wpływu typu gleby na skuteczność herbicydów

Parametr	Typ gleby	
	gleba płowa (6Aps)	czarna ziemia (1Dgs)
pH	4,60	6,05
zawartość próchnicy	1,25%	2,35%
zawartość P ₂ O ₅	18,5 mg/100 g p.s.m.	17,1 mg/100 g p.s.m.
zawartość K ₂ O	13,0 mg/100 g p.s.m.	32,0 mg/100 g p.s.m.
zawartość Mg	3,7 mg/100 g p.s.m.	12,5 mg/100 g p.s.m.

Oba typy gleby pobrano z pól uprawnych z okolic Wrocławia i przygotowano do doświadczeń zgodnie z opisem zawartym w podrozdziale 3.3.3. Glebę utrzymywano w

uwilgotnieniu wynoszącym 60%. Po wysianiu nasion doniczki umieszczono w komorze klimatycznej, w której panowały warunki przedstawione w tabeli 8.

Tabela.8. Warunki prowadzenia doświadczeń nad wpływem typu gleb

Pora dnia	Temperatura	Czas trwania	Natężenie światła	Wilgotność gleby	Wilgotność powietrza
dzień	16 ⁰ C	14 godzin	10 000 lux	60%	70%
noc	8 ⁰ C	10 godzin	0 lux		

Doniczki podlewano codziennie na zgodnie z opisem zawartym w podrozdziale 3.3.3.

3.4. Charakterystyka badanych gatunków chwastów

Badania prowadzono na czterech gatunkach chwastów: *Anthemis arvensis* L., *Galium aparine* L., *Papaver rhoeas* L. i *Stellaria media* L. powszechnie występujących w uprawach zbożowych, różniących się pod względem morfologii, wymagań środowiskowych i konkurencyjności w stosunku do rośliny uprawnej. Charakterystykę badanych gatunków (Tymrakiewicz 1976, Rola i wsp. 2001) przedstawiono w podrozdziałach 3.4.1., 3.4.2., 3.4.3., 3.4.4.

3.4.1. *Anthemis arvensis* L. – Rumian polny

Rodzina: *Astraceae*

Trwałość: gatunek jednoroczny, ozimy lub jary

Okres wschodów: jesień i wiosna

Kwitnienie: od czerwca do października

Pokrój roślin: łodygi o długości 15-50 cm

Charakterystyczne cechy morfologiczne w okresie juvenilnym: liście pierwszej pary – naprzeciwległe, pierzastodzielne, z obu stron rzadko owłosione; liście drugiej pary – naprzeciwległe, pierzastodzielne

Rozmnażanie: z nasion

Produktywność jednej rośliny: 1000-10 000 nasion

Żywotność nasion: 10 lat

Występowanie: pospolity chwast upraw zbożowych, zwłaszcza ozimych, zachwaszcza także rośliny okopowe. Występuje na różnych typach gleb, zwykle na lekkiej, piaszczystej i kwaśnej.

Szkodliwość: duże nasilenie tego chwastu w łanie powoduje zacienianie roślin, wyleganie oraz opóźnia dojrzewanie i utrudnia zbiór mechaniczny. Jest to gatunek wysoce konkurencyjny dla rośliny uprawnej, a jego ekonomiczny próg szkodliwości wynosi 2-5 roślin na 1m^2 . Przy nasileniu 5 szt./ m^2 może spowodować spadek plonu pszenicy o 30%.

3.4.2. *Galium aparine* L. – Przytulia czepna

Rodzina: *Rubiaceae*

Trwałość: roślina jednoroczna, ozima lub jara

Okres wschodów: jesień i wiosna

Kwitnienie: od maja do października

Pokrój roślin: łodyga gałęzista, wspinająca się lub leżąca, kanciasta, o długości 30-150 cm

Charakterystyczne cechy morfologiczne w okresie juvenilnym: Liście lancetowate, siedzące okółkowato w węzłach łodygi. Na wierzchniej stronie znajdują się charakterystyczne haczykowate szczecinki zwrócone ku nasadzie liścia.

Rozmnażanie: z nasion

Produktywność jednej rośliny: 100-500 nasion

Żywotność nasion: 7-8 lat

Występowanie: gatunek ten zachwaszcza głównie uprawy zbożowe, ale występuje także w rzepaku, okopowych, strączkowych. Występuje przede wszystkim na glebach żyznych, bogatych w składniki pokarmowe, o dobrej wilgotności, próchnicznych, gliniastych i ilastych. Szkodliwość: obecność przytulii w łanie sprzyja wyleganiu rośliny uprawnej oraz utrudnia zbiór kombajnem. Nasiona przytulii zanieczyszczają materiał siewny. Ekonomiczny próg szkodliwości dla zbóż i rzepaku wynosi 2-5 szt./ m^2 . Przytulia już przy słabym nasileniu występowania (5-10 szt./ m^2) powoduje spadek plonu zbóż i rzepaku o 10%, a przy silnym zachwaszczeniu (50 szt./ m^2) nawet o 30-50%.

3.4.3. *Papaver rhoeas* L. – Mak polny

Rodzina: *Papaveraceae*

Trwałość: roślina jednoroczna, ozima lub jara

Okres wschodów: jesień i wiosna

Kwitnienie: od maja do sierpnia

Pokrój roślin: łodyga o długości 20-60 cm

Charakterystyczne cechy morfologiczne w okresie juwenilnym: Pierwsze liście całobrzegie, nieowłosione lub lekko owłosione, natomiast kolejne są karbowane, szczeciniasto owłosione, pierzastodzielne.

Rozmnażanie: z nasion

Produktywność jednej rośliny: 10 000 – 20 000 nasion

Żywotność nasion: około 20 lat

Występowanie: gatunek występujący głównie w zbożach ozimych, dość pospolity. Lubi gleby ciężkie, gliniaste, niekwaśne i ubogie w potas.

Szkodliwość: obecność maku w łanie sprzyja wyleganiu zbóż oraz utrudnia zbiór ziarna.

Ekonomiczny próg szkodliwości maku dla zbóż wynosi 21-22 szt./m².

3.4.4. *Stellaria media* L. – Gwiaździca pospolita

Rodzina: *Carophyllaceae*

Trwałość: roślina roczna lub dwuletnia, ozima lub jara

Okres wschodów: przez cały rok

Kwitnienie: przez cały rok, z wyjątkiem okresu mrozów

Pokrój roślin: pędy rozelane, czasem wzniesione, o długości 10-30 cm

Charakterystyczne cechy morfologiczne w okresie juwenilnym: cechą charakterystyczną tego gatunku jest fakt, że liścienie i pierwsze liście są bardzo delikatne, jasnozielone, okrągławe do jajowatych, z wyraźnie ostrym wierzchołkiem

Rozmnażanie: z nasion oraz części łodyg poprzez korzenie przybyszowe

Produktywność jednej rośliny: 10 000 – 20 000 nasion

Żywotność nasion: do 50 lat

Występowanie: chwast pospolity, powszechnie występujący w zbożach, w roślinach okopowych i warzywnych, na nieużytkach, łąkach, zaroślach. Pod względem wymagań glebowych preferuje gleby próchniczne, wilgotne, bogate w azot, lekko kwaśne do zasadowych.

Szkodliwość: jest to gatunek azotolubny, na glebach zasobnych w ten pierwiastek silnie się rozrasta, wyczerpując glebę ze składników pokarmowych. Ekonomiczny próg szkodliwości gwiazdnicy wynosi 40-60 szt./m².

3.5. Charakterystyka badanych herbicydów i adiuwantów

W badaniach uwzględniono trzy herbicydy, należące do różnych grup chemicznych, charakteryzujące się odmiennym mechanizmem działania: tribenuron metylu, mieszaninę 2,4-

D + florasulam oraz mieszaninę 2,4-D + dikamba. W celu określenia możliwości obniżenia dawki środka w różnych warunkach środowiska, każdy z nich zastosowano w dwóch dawkach – zalecanej przez producenta oraz obniżonej o połowę. Wykaz dawek herbicydów i adiuwantów zastosowanych w doświadczeniach przedstawiono w tabelach 9 i 10.

Tabela. 9. Charakterystyka herbicydów stosowanych w doświadczeniach nad oceną wpływu czynników abiotycznych na ich skuteczność

Substancja aktywna i jej zawartość	Nazwa handlowa środka	Badane dawki (substancja aktywna/ha)
tribenuron metylu – 75% + etoksylowany alkohol izodecylowy – 90%	Granstar 75 WG + Trend 90 EC	15 g/ha + 0,05%
		7,5 g/ha + 0,05%
2,4-D – 300 g/l + florasulam – 6,25 g/l	Mustang 306 SE	180 g/ha + 3,75 g/ha
		90 g/ha + 1,875 g/ha
2,4-D – 417,5 g/l + dikamba – 32,5 g/l	Aminopielik D 450 SL	1252,5 g/ha + 97,5 g/ha
		626,25 g/ha + 48,75 g/ha

Tabela. 10. Charakterystyka herbicydu i adiuwantów stosowanych w doświadczeniach nad oceną możliwości ograniczania niekorzystnego wpływu czynników abiotycznych na skuteczność herbicydu

Substancja aktywna i jej zawartość	Nazwa handlowa środka	Rodzaj środka	Badane dawki (substancja aktywna/ha)
tribenuron metylu – 75%	Granstar 75 WG	herbicyd	15 g/ha
			7,5 g/ha
tribenuron metylu – 75% + etoksylowany alkohol izodecylowy – 90%	Granstar 75 WG + Trend 90 EC	herbicyd + surfaktant	15 g/ha + 0,05%
			7,5 g/ha + 0,05%
tribenuron metylu – 75% + poekstrakcyjne kwasy tłuszczowe – 88%	Granstar 75 WG + Olbras 88 EC	herbicyd + adiuwant olejowy	15 g/ha + 1,32 l/ha
			7,5 g/ha + 1,32 l/ha

3.5.1. Herbicydy

- Granstar 75 WG zawiera tribenuron metylowy (75%) – substancję aktywną z grupy pochodnych sulfonilomocznika, którego mechanizm działania polega na hamowaniu aktywności enzymu ALS (syntaza acetomleczanowa) odpowiedzialnego za syntezę trzech aminokwasów o rozgałęzionych łańcuchach – waliny, leucyny i izoleucyny. Środek ten jest pobierany przez liście i szybko przemieszczany w roślinie, ale efekty jego działania widoczne są dopiero po ok. 2 tygodniach.
- Mustang 306 SE zawiera w swym składzie 2,4-D (300 g/l) i florasulam (6,25 g/l). Substancje te należą do dwóch różnych grup chemicznych. 2,4-D hamuje działanie hormonów roślinnych odpowiedzialnych za wzrost roślin oraz zakłóca proces rozwoju komórek, natomiast florasulam blokuje działanie enzymów podczas biosyntezy aminokwasów waliny, leucyny i izoleucyny. Środek jest pobierany przez liście chwastów i szybko rozprzodkowany w całej roślinie, a efekty jego działania widoczne są po kilku dniach od momentu aplikacji.
- Aminopielik D 450 SL – herbicyd zawiera 2 substancje aktywne z grupy regulatorów wzrostu: 2,4-D (417,5 g/l) i dikambę (32,5 g/l). 2,4-D jest pochodną kwasu fenoksyooctowego, natomiast dikamba jest pochodną kwasu benzoowego. Obie substancje wykazują działanie podobne do naturalnych auksyn, stymulując niektóre procesy życiowe roślin, co w końcowym efekcie prowadzi do ich niekontrolowanego wzrostu, deformacji i śmierci. Środek pobierany jest przez liście chwastów, powodując początkowo deformację roślin, a następnie ich zasychanie, efekty działania środka widoczne są już po kilku dniach od jego zastosowania.

3.5.2. Adiuwanty

W przypadku tribenuronu metylu w doświadczeniach wykorzystano dwie metody aplikacji – środek zastosowano samodzielnie oraz w mieszaninie z adiuwantami należącymi do dwóch różnych grup:

- Trend 90 EC – surfaktant, zawierający 90% etoksyłowanego alkoholu izodecyłowego. Zmniejsza on napięcie powierzchniowe kropel cieczy użytkowej herbicydu na powierzchni liści, ponadto zwiększa retencję kropel oraz przyczynia się do ich równomiernego rozkładu na blaszce liściowej.
- Olbras 88 EC – adiuwant olejowy, zawierający 88% poekstrakcyjnych kwasów tłuszczowych. Jego głównym zadaniem jest wzrost retencji oraz dokładności pokrycia

liści cieczą użytkową herbicydu. Przyczynia się ponadto do wzrostu pobierania substancji aktywnych herbicydu, głównie poprzez zapobieganie wysychaniu kropel cieczy na powierzchni liści.

3.6 Badania poziomu aminokwasów w materiale roślinnym

W celu określenia wpływu badanych herbicydów na procesy biochemiczne zachodzące w roślinach oznaczono poziom aminokwasów w roślinach potraktowanym tymi środkami. Materiał do badań laboratoryjnych pochodził z roślin rosnących w opisanych powyżej warunkach, w zależności od testowanego czynnika. Rośliny ścięto po upływie 1 tygodnia od momentu wykonania zabiegu herbicydowego. Tak wczesny termin wynikał z faktu, że rośliny poddane działaniu herbicydów przez dłuższy czas byłyby kompletnie zniszczone, co uniemożliwiłoby wykonanie stosownych analiz. Ze względu na brak wyraźnych różnic w efektywności obu badanych dawek (pełnej i ograniczonej o 50%), ocenie poddano tylko rośliny potraktowane dawką zalecaną. Również z powodu braku zauważalnych różnic w działaniu pomiędzy surfaktantem, a adiuwantem olejowym, poziom aminokwasów oznaczono w roślinach potraktowanych wyłącznie samym herbicydem oraz środkiem aplikowanym łącznie z surfaktantem.

Badania poziomu aminokwasów w chwastach wykonano metodą chromatografii gazowej z zastosowaniem zestawu EZ faast Amino Acid Analysis firmy Phenomenex. Oznaczenie poziomu aminokwasów przeprowadzono z dokładnością 0,02.

4. WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Warunki klimatyczne i glebowe mogą wywierać znaczący wpływ na skuteczność herbicydów, poprzez modyfikację cech morfologicznych zwalczanych gatunków chwastów oraz działając bezpośrednio na herbicyd w momencie jego stosowania i w krótkim okresie po zabiegu. Wpływ ten oceniono na podstawie ograniczenia produkcji biomasy badanych gatunków chwastów oraz oznaczenia zawartości wolnych aminokwasów w tkankach roślin. Wyniki badań nad wpływem poszczególnych czynników abiotycznych na działanie badanych herbicydów omówiono w podrozdziałach 4.1 – 4.6.

Adiuwanty mogą w pewnym stopniu ograniczać niekorzystny wpływ czynników abiotycznych, co pozwala na zastosowanie herbicydu w warunkach niesprzyjających jego działaniu oraz, w niektórych sytuacjach, na ograniczenie jego dawki. Wpływ adiuwantów na skuteczność herbicydów został omówiony na przykładzie tribenuronu metylu aplikowanego w różnych warunkach klimatycznych i glebowych. Omówienie wyników dotyczących powyższego zakresu badań zawarto w podrozdziałach 4.7 – 4.12.

4.1. Wpływ temperatury powietrza na skuteczność herbicydów

Temperatura powietrza wywiera znaczący wpływ na morfologię roślin, przebieg procesów fizjologicznych oraz na działanie herbicydu. Poszczególne gatunki chwastów posiadają zróżnicowane wymagania termiczne, w związku z czym mogą w odmienny sposób reagować na temperaturę w jakiej rosną. W niniejszej pracy uwzględniono trzy poziomy tego czynnika: 25/16⁰C, 16/8⁰C i 8/2⁰C. Inną cechą charakterystyczną dla danego gatunku jest jego wrodzona wrażliwość na substancję aktywną herbicydu, która może być modyfikowana przez panujące warunki termiczne.

Badane chwasty cechowały się zróżnicowaną produkcją biomasy na obiekcie kontrolnym w zależności od gatunku. Największy przyrost świeżej masy stwierdzono u *Galium aparine* L.. Nieco słabszym wzrostem charakteryzowała się *Stellaria media* L., zaś najslabszym *Anthemis arvensis* L. i *Papaver rhoeas* L.. Każdy z ocenianych chwastów wykazał zróżnicowaną reakcję na warunki termiczne. *Galium aparine* L. i *Papaver rhoeas* L. wytworzyły podobną ilość świeżej masy, gdy rośliny rosły w wyższych zakresach temperatur (25/16 i 16/8⁰C), zaś znacznie niższą w temperaturze najniższej (8/2⁰C). Masa *Stellaria media* L. różniła się istotnie pomiędzy każdym z ocenianych poziomów temperatury, przy czym najwyższą wartość osiągnęła w warunkach najcieplejszych, a najmniejszą w warunkach najchłodniejszych. Podobną zależność stwierdzono w przypadku *Anthemis arvensis* L.. Dwa

pozostałe gatunki wyprodukowały podobną ilość świeżej masy w temperaturach 25/16 i 16/8⁰C, natomiast istotnie niższą w warunkach najchłodniejszych (tab. 11).

Tabela 11. Produkcja świeżej masy badanych gatunków chwastów rosnących w zróżnicowanych warunkach temperatury powietrza na obiekcie kontrolnym

Temperatura powietrza	Świeża masa (g)			
	<i>Anthemis arvensis</i> L.	<i>Galium aparine</i> L.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Stellaria media</i> L.
25/16 ⁰ C	1,91	8,91	2,60	9,36
16/8 ⁰ C	1,48	7,44	1,70	5,67
8/2 ⁰ C	0,92	3,63	0,41	1,89
NIR(0,05)	0,375	1,401	1,200	1,750

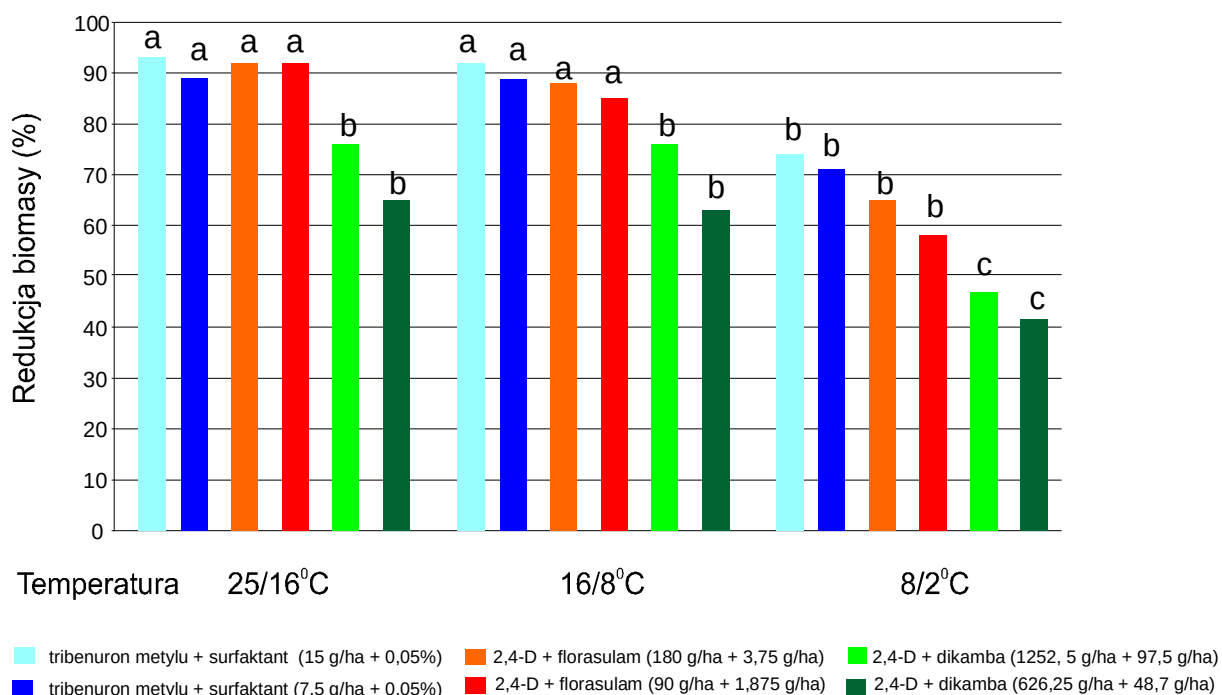
4.1.1. Wrażliwość badanych gatunków chwastów na herbicydy na podstawie redukcji świeżej masy roślin

- *Anthemis arvensis* L.

Gatunek ten był skutecznie niszczone (w 85-93%) w warunkach wyższych temperatur tj. 25/16⁰C i 16/8⁰C, przez tribenuron metylu i mieszaninę 2,4-D + florasulam, niezależnie od zastosowanej dawki. Mieszanina 2,4-D + dikamba wykazała istotnie słabsze działanie na *Anthemis arvensis* w porównaniu do wymienionych wcześniej herbicydów, w tych samych zakresach temperatur.

W warunkach najchłodniejszych gatunek ten był zwalczany znacznie słabiej niż w cieplejszych po aplikacji każdego ze środków, przy czym najmniej wrażliwy był na mieszaninę 2,4-D + dikamba. W omawianym doświadczeniu żaden z ocenianych środków nie wykazał zróżnicowania w skuteczności dla obu badanych dawek, w zależności od temperatury powietrza (rys. 1).

Rysunek 1. Skuteczność herbicydów w redukcji biomasy *Anthemis arvensis* L. w zależności od temperatury powietrza



* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

- ***Galium aparine* L.**

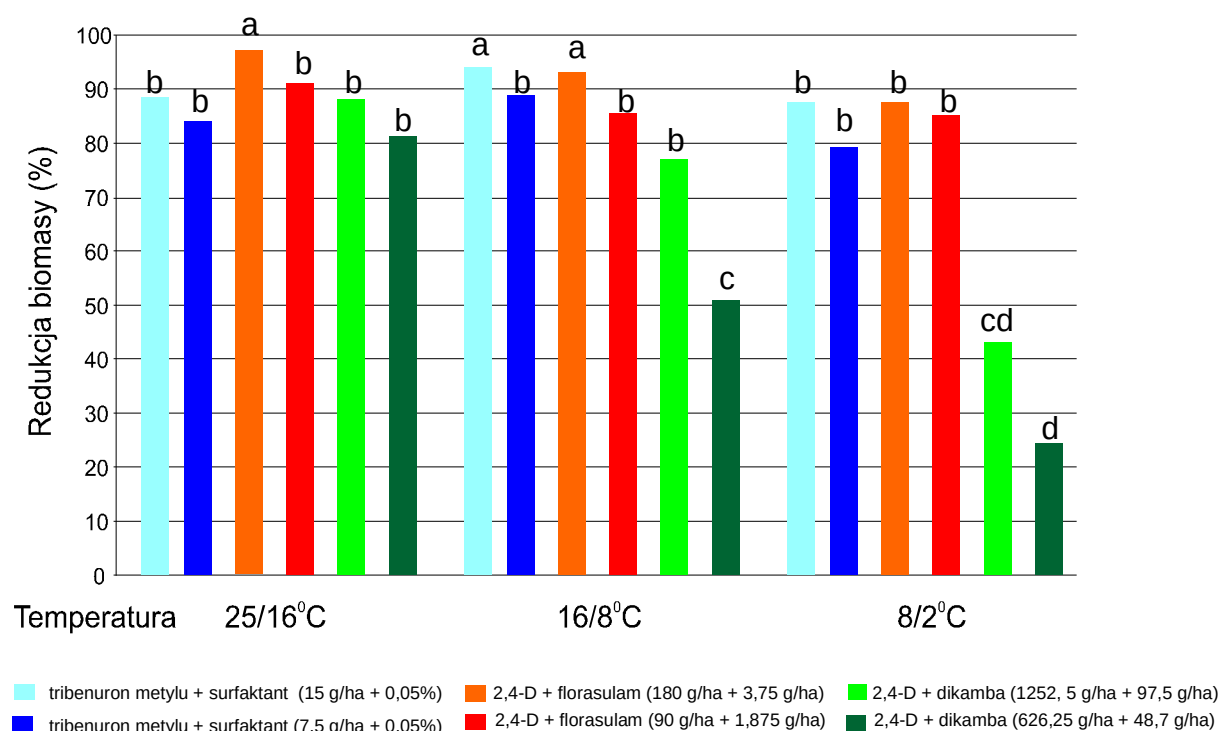
Świeża masa *Galium aparine* L. rosnącej w warunkach najcieplejszych (25/16°C) była redukowana w 97% na obiektach, na których zastosowano podstawową dawkę mieszaniny 2,4-D + florasulam. Również dawka obniżona tego środka niszczyła *Galium aparine* L. z bardzo dobrym rezultatem (91%), jednak analiza statystyczna wykazała, że pomiędzy dawkami wystąpiły statystycznie udowodnione różnice. Gatunek ten okazał się również wrażliwy na podstawową dawkę tribenuronu metylu oraz mieszaniny 2,4-D + dikamba, natomiast na dawkę obniżoną wykazał średnią wrażliwość. Analiza statystyczna nie dowiodła jednak istotności różnic pomiędzy tymi obiektami.

W warunkach umiarkowanych temperatur *Galium aparine* L. wykazała wysoką wrażliwość na obie dawki tribenuronu metylu oraz mieszaniny 2,4-D + florasulam. Analiza statystyczna wykazała jednak zróżnicowanie w reakcji tego gatunku na obie dawki środków. Średnią wrażliwość zaobserwowano po aplikacji mieszaniny 2,4-D + dikamba w dawce podstawowej, natomiast słabą po zastosowaniu dawki obniżonej.

W temperaturze najniższej, tj. 8/2°C świeża masa *Galium aparine* L. redukowana była na wysokim poziomie (85-87%), po aplikacji dawki podstawowej tribenuronu metylu oraz obu dawek mieszaniny 2,4-D + florasulam. Średnią wrażliwość wykazano po zastosowaniu dawki

obniżonej tribenuronu metylu, natomiast odporność po aplikacji obu dawek mieszaniny 2,4-D + dikamba. Wykazano ponadto istotne różnice we wrażliwości *Galium aparine* L. na obie badane dawki tej mieszaniny (rys 2).

Rysunek 2. Skuteczność herbicydów w redukcji biomasy *Galium aparine* L. w zależności od temperatury powietrza



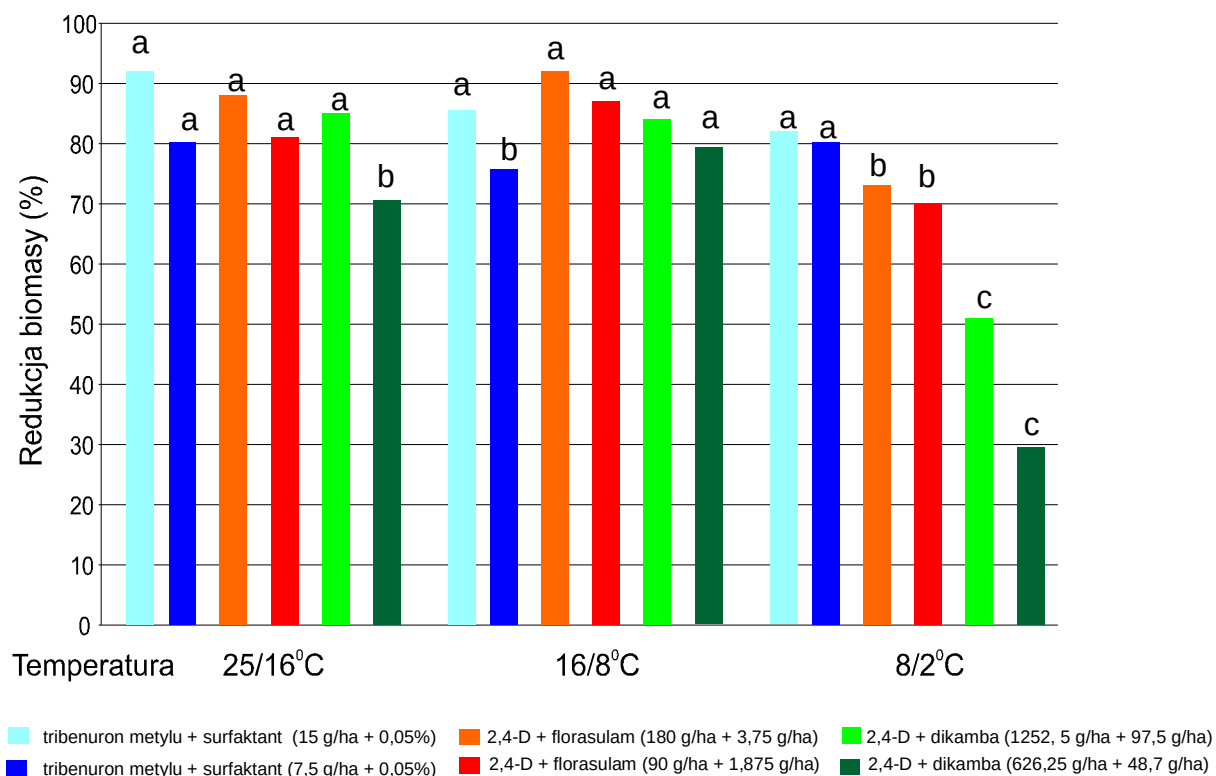
* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

• *Papaver rhoeas* L.

Gatunek ten, rosnący w warunkach najcieplejszych wykazał wysoką wrażliwość na dawkę podstawową każdego z badanych środków. Na obiektach, na których zastosowano obniżoną dawkę tribenuronu metylu oraz mieszaniny 2,4-D + dikamba rośliny charakteryzowały się średnią wrażliwością. Różnice te nie zostały jednak udowodnione statystycznie. Znacząco słabiej (tylko w 70%) biomasa *Papaver rhoeas* L. była redukowana przez obniżoną dawkę mieszaniny 2,4-D + dikamba. W umiarkowanym zakresie temperatur chwasty okazały się wrażliwe na wyższą dawkę tribenuronu metylu, obie dawki mieszaniny 2,4-D + florasulam, natomiast średnio wrażliwe na niższą dawkę tribenuronu metylu oraz mieszaninę 2,4-D + dikamba, bez względu na wysokość dawki. Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że produkcja biomasy na obiekcie traktowanym tribenuronem metylu była istotnie niższa niż na pozostałych obiektach. W temperaturze najniższej omawiany gatunek charakteryzował się

średnim stopniem wrażliwości na tribenuron metylu oraz mieszaninę 2,4-D + florasulam oraz słabym na mieszaninę 2,4-D + dikamba. Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała istotne różnice pomiędzy każdym z badanych obiektów herbicydowych (rys. 3).

Rysunek 3. Skuteczność herbicydów w redukcji biomasy *Papaver rhoeas* L. w zależności od temperatury powietrza



* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

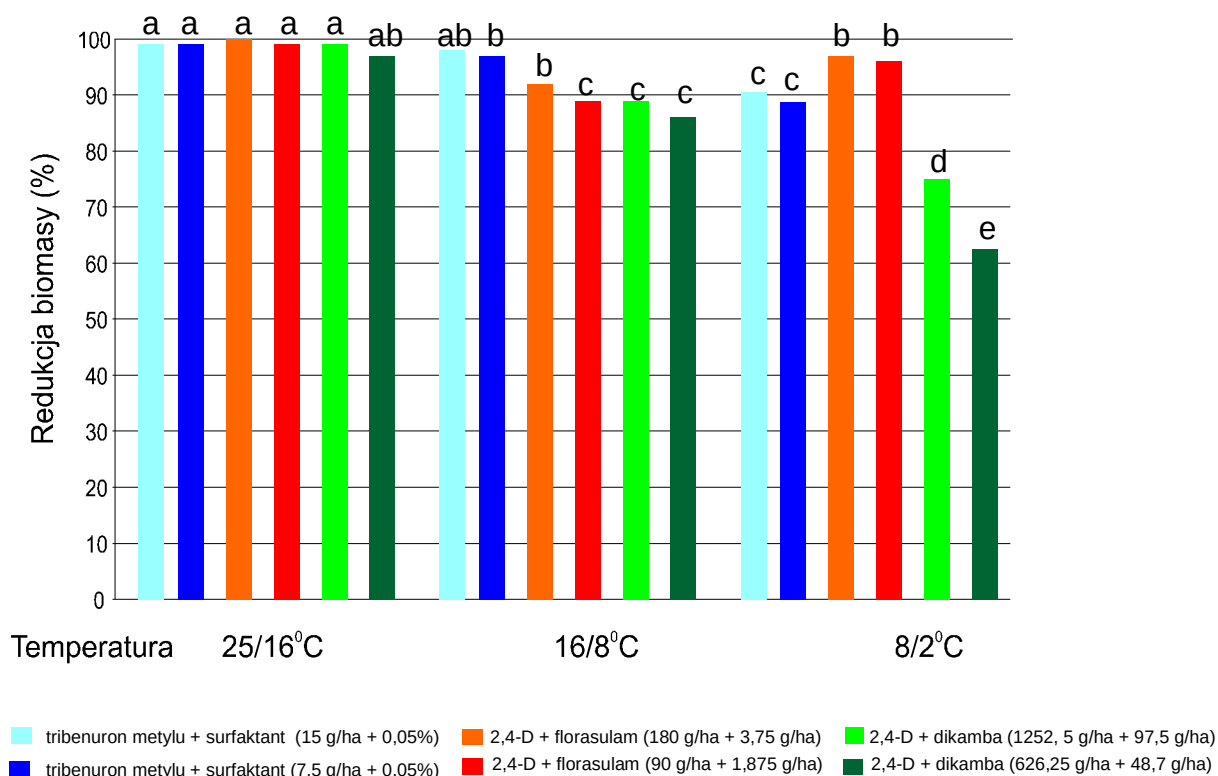
• *Stellaria media* L.

Stellaria media L. niszczona była z bardzo dobrym rezultatem (w 97-100%) przez wszystkie badane środki w warunkach najcieplejszych (25/16°C).

Omawiany gatunek rosnący w temperaturze 16/8°C cechował się również wysoką wrażliwością na badane środki. Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała jednak istotne różnice w reakcji na herbicydy.

W warunkach najniższych temperatur *Stellaria media* L. była wysoce wrażliwa na tribenuron metylu i mieszaninę 2,4-D + florasulam. Po przeprowadzeniu analizy statystycznej wykazano istotnie silniejszą reakcję omawianego gatunku na mieszaninę 2,4-D + florasulam niż na tribenuron metylu. Najsłabsze rezultaty w redukcji biomasy roślin w tych warunkach, uzyskano po aplikacji mieszaniny 2,4-D + dikamba (63-75%). Zaobserwowano także statystycznie istotne różnice w reakcji na dawkę środka (rys. 4).

Rysunek 4. Skuteczność herbicydów w redukcji biomasy *Stellaria media* L. w zależności od temperatury powietrza



* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

4.1.2. Reakcja badanych gatunków chwastów na herbicydy w zależności od temperatury powietrza

Spośród badanych gatunków chwastów najbardziej wrażliwa na herbicydy była *Stellaria media* L., dla każdego z badanych poziomów temperatury powietrza, niezależnie od rodzaju użytego środka. Gatunki *Anthemis arvensis* L. i *Papaver rhoeas* L. reagowały podobnie na herbicydy, gdy rosły w wyższych temperaturach, tj. 25/16 i 16/8°C. Każdy z nich wykazał znacząco słabszą reakcję na badane środki w warunkach najchłodniejszych (tab. 12).

Tabela 12. Wpływ temperatury powietrza na redukcję biomasy badanych gatunków chwastów niezależnie od stosowanych herbicydów

Temperatura powietrza	Redukcja biomasy (%)			
	<i>Anthemis arvensis</i> L.	<i>Galium aparine</i> L.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Stellaria media</i> L.
25/16°C	84d	88c	82d	99a
16/8°C	82d	81d	83d	92b
8/2°C	60e	69e	64e	85cd

Najwyższą skuteczność chwastobójczą stwierdzono po aplikacji mieszaniny 2,4-D + florasulam oraz zalecanej dawki tribenuronu metylu w warunkach najwyższej temperatury, bez względu na zwalczany gatunek chwastu. Równie wysoki rezultat osiągnięto po zastosowaniu powyższych herbicydów w temperaturze 16/8⁰C, ale tylko w dawce zalecanej. Zniszczenie chwastów po aplikacji każdego z ocenianych środków znacząco spadło w temperaturze najniższej. Spośród badanych herbicydów, najslabiej na chwasty działała mieszanina 2,4-D + dikamba, aplikowana w warunkach najchłodniejszych (tab. 13).

Tabela 13. Wpływ temperatury powietrza na redukcję biomasy chwastów w zależności od rodzaju stosowanego herbicydu

Temperatura powietrza	Redukcja biomasy (%)					
	tribenuron metylu + surfaktant		2,4-D + florasulam		2,4-D + dikamba	
	15 g/ha + 0,05%	7,5 g/ha + 0,05%	180 g/ha + 3,75 g/ha	90 g/ha + 1,875 g/ha	1252,5 g/ha + 97,5 g/ha	626,25 g/ha + 48,7 g/ha
25/16 ⁰ C	93a	88b	94a	91a	87b	78c
16/8 ⁰ C	92a	87b	91a	86b	82c	69d
8/2 ⁰ C	83c	80c	81c	77c	54d	42e

4.1.3. Zmiany w zawartości aminokwasów u badanych gatunków chwastów pod wpływem zastosowanych herbicydów

Temperatura powietrza zdeterminowała zawartość wolnych aminokwasów w badanych chwastach na obiekcie kontrolnym. Zawartość waliny wahała się od 6,15 mg/kg dla *Stellaria media* L. do 10,71 mg/kg dla *Papaver rhoeas* L.. Najniższy poziom leucyny (16,06 mg/kg) obserwowano u *Stellaria media* L., natomiast najwyższy (62,40 mg/kg) w tkankach *Papaver rhoeas* L.. Podobne prawidłowości wystąpiły w odniesieniu do izoleucyny. Dobrym wskaźnikiem pozwalającym na ocenę oddziaływania badanych czynników okazała się sumaryczna zawartość w/w aminokwasów. W przypadku *Galium aparine* L. i *Papaver rhoeas* L. wyższy poziom sumy aminokwasów zaobserwowano w warunkach wyższych temperatur, przy czym obserwowane różnice były znaczne tylko w odniesieniu do pierwszego z wymienionych gatunków. W roślinach *Anthemis arvensis* L. i *Stellaria media* L. wyższą zawartość aminokwasów stwierdzono w temperaturze 8/2⁰C (tab. 14).

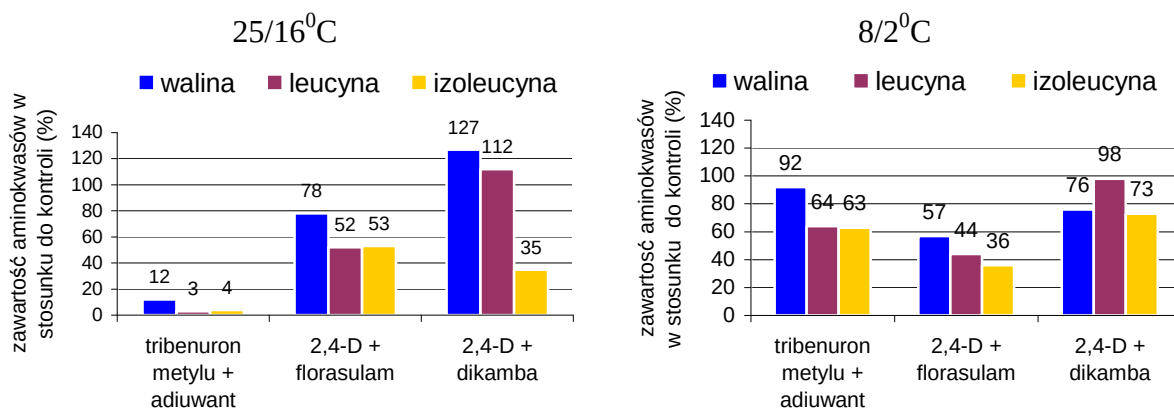
Tabela 14. Zawartość aminokwasów w komórkach badanych gatunków chwastów na obiekcie kontrolnym w zależności od temperatury powietrza

Temperatura powietrza	Aminokwasy	Zawartość aminokwasów (mg/kg)			
		<i>Anthemis arvensis</i> L.	<i>Galium aparine</i> L.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Stellaria media</i> L.
25/16°C	walina	8,56	9,38	10,72	6,16
	leucyna	38,20	46,86	62,40	19,06
	izoleucyna	40,20	34,10	51,14	19,42
	suma	86,96	99,34	124,24	44,64
8/2°C	walina	15,72	7,34	8,14	12,74
	leucyna	55,56	32,74	57,20	72,66
	izoleucyna	65,34	24,36	50,46	68,40
	suma	136,60	64,42	115,80	64,42

- *Anthemis arvensis* L.

W roślinach *Anthemis arvensis* L. rosnących w warunkach wysokich temperatur najmniejszą zawartość aminokwasów stwierdzono po aplikacji tribenuronu metylu (4-12% w stosunku do kontroli). Znacznie więcej aminokwasów zawierały próbki roślin traktowanych mieszaniną 2,4-D + florasulam, przy czym waliny było znacznie więcej niż leucyny i izoleucyny. Podobnie, jak u *Galium aparine* L., najwięcej aminokwasów było w roślinach pochodzących z obiektów, na których zastosowano mieszaninę 2,4-D + dikamba. W tym przypadku jednak obserwowano wysoki poziom waliny i leucyny (112-127% w porównaniu do kontroli), natomiast stosunkowo niski izoleucyny (ok. 35%). W temperaturze 8/2°C stwierdzono znacznie wyższą zawartość aminokwasów, w roślinach traktowanych tribenuronem metylu w porównaniu z roślinami rosnącymi w temperaturze 25/16°C. Zbliżonym poziomem aminokwasów, do tego jaki uzyskano w warunkach cieplejszych, charakteryzowały się próbki roślin pochodzące z obiektów, na których zastosowano mieszaniny 2,4-D z florasulame oraz 2,4-D z dikambą. W roślinach traktowanych mieszaniną 2,4-D + dikamba nastąpiło zróżnicowanie w proporcji aminokwasów. Najwięcej było izoleucyny (ok. 100% w porównaniu do kontroli), zaś zawartość pozostałych kształtowała się na znacznie niższym poziomie (70-75%) (rys. 5).

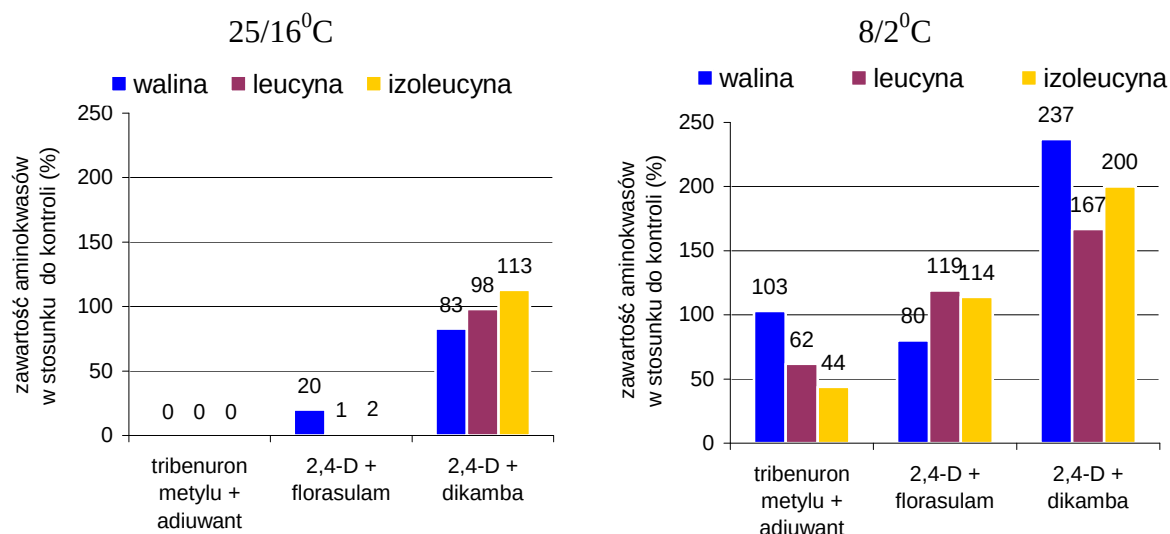
Rysunek 5. Wpływ temperatury powietrza na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Anthemis arvensis* L. traktowanych badanymi herbicydami



- ***Galium aparine* L.**

W warunkach wysokich temperatur (25/16°C), na obiekcie potraktowanym tribenuronem metylu, rośliny uległy zniszczeniu pod wpływem działania herbicydu, w związku z czym nie oznaczono poziomu aminokwasów. Po aplikacji mieszaniny 2,4-D + florasulam poziom aminokwasów był bardzo niski i stanowił zaledwie kilka procent w porównaniu do obiektu kontrolnego. Znacznie wyższym poziomem aminokwasów (83-113%) cechowały się rośliny pochodzące z obiektu, na którym zastosowaną mieszaninę 2,4-D + dikamba. W roślinach rosnących w niskiej temperaturze (8/2°C) zawartość aminokwasów była znacznie wyższa, niż w warunkach cieplejszych, na wszystkich obiektach herbicydowych. Na obiekcie, na którym zastosowano tribenuron metylu najwięcej było waliny (103% w porównaniu do kontroli), natomiast pozostałych aminokwasów o ok. połowę mniej. W przypadku aplikacji 2,4-D z florasulamem, waliny było najmniej (ok. 70%), natomiast leucyny i izoleucyny więcej niż na kontroli (114-119%). Podobnie, jak w przypadku wysokich temperatur, zastosowanie mieszaniny 2,4-D + dikamba skutkowało znacznym podniesieniem, w porównaniu z pozostałymi środkami, poziomu aminokwasów, który był prawie dwukrotnie wyższy w porównaniu do tego, jaki stwierdzono w warunkach cieplejszych (rys. 6).

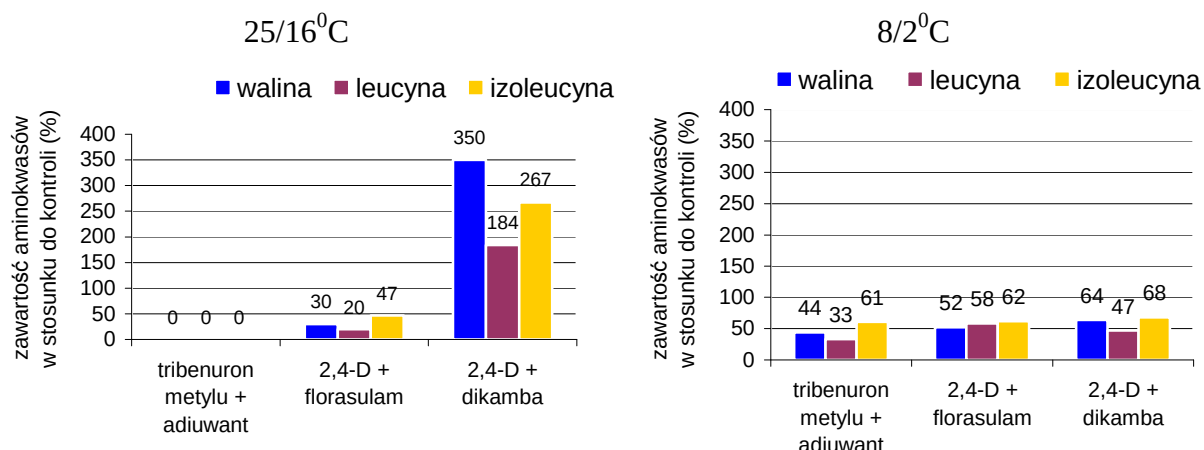
Rysunek 6. Wpływ temperatury powietrza na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Galium aparine* L. traktowanych badanymi herbicydami



- ***Papaver rhoeas* L.**

W próbkach roślin *Papaver rhoeas* L. rosnących w wyższej temperaturze obecność aminokwasów wykazano tylko na obiektach traktowanych mieszaninami 2,4-D + florasulam oraz 2,4-D + dikamba. Rośliny traktowane tribenuronem metylu zostały zniszczone. Szczególnie wysoką zawartością, zwłaszcza waliny (ok. 350% w stosunku do kontroli), charakteryzowały się rośliny potraktowane drugą z wymienionych mieszanin. Zawartość leucyny na tym obiekcie kształtowała na najniższym poziomie (184%) spośród ocenianych aminokwasów. W warunkach niskich temperatur nastąpił wyraźny wzrost zawartości aminokwasów po aplikacji tribenuronu metylu, a stosunkowo niewielki po zastosowaniu mieszaniny 2,4-D + florasulam. Rośliny potraktowane mieszaniną 2,4-D + dikamba wykazały znaczny spadek zawartości aminokwasów w stosunku do tych, które rosły w wyższej temperaturze. Generalnie w niższych temperaturach zawartość aminokwasów pomiędzy poszczególnymi obiektami herbicydowymi była znacznie mniej zróżnicowana, niż w temperaturach wyższych (rys. 7).

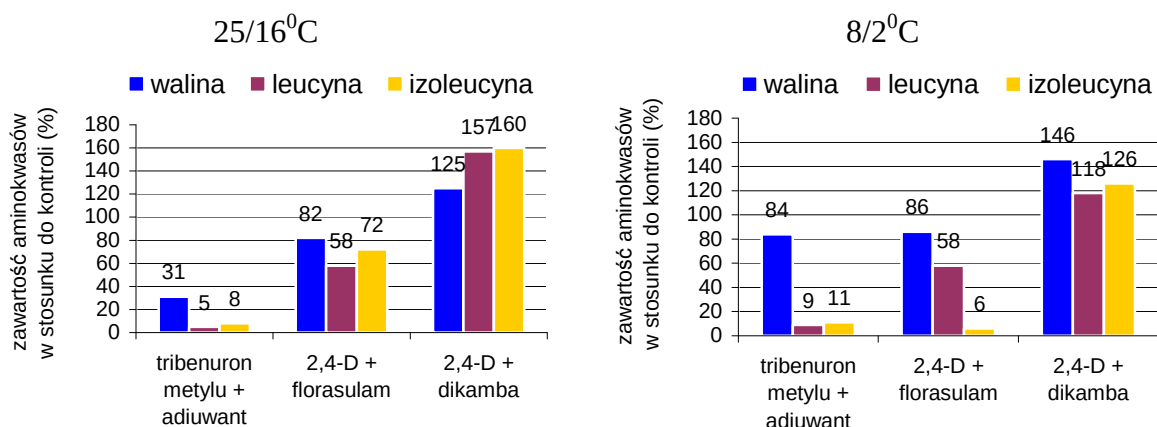
Rysunek 7. Wpływ temperatury powietrza na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Papaver rhoeas* L. traktowanych badanymi herbicydami



- ***Stellaria media* L.**

W tkankach roślin *Stellaria media* L. rosnących w temperaturze 25/16°C wykazano najmniejszą zawartość aminokwasów po aplikacji tribenuronu metylu (5-31% w stosunku do kontroli), przy czym najwięcej w badanej próbce było waliny. Poziom aminokwasów po zastosowaniu mieszaniny 2,4-D + florasulam kształtował się w granicach 58-82% w stosunku do obiektu kontrolnego, natomiast osiągnął bardzo wysokie wartości (125-160%) po aplikacji mieszaniny 2,4-D + dikamba. W temperaturze 8/2°C zawartość aminokwasów była zbliżona do tej, jaką wykazano w temperaturze 25/16°C, jedynie na obiektach potraktowanych mieszaniną 2,4-D + florasulam wystąpił znaczny spadek zawartości izoleucyny, a tribenuronem metylu wzrost zawartości waliny (rys. 8).

Rysunek 8. Wpływ temperatury powietrza na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Stellaria media* L. traktowanych badanymi herbicydami



Analizując wpływ temperatury powietrza na zawartość waliny, leucyny i izoleucyny w tkankach roślin traktowanych badanymi herbicydami, zaobserwowano różnice w reakcji badanych gatunków chwastów na te środki. Najmniejsze różnice w sumarycznej zawartości aminokwasów pomiędzy badanymi zakresami temperatury wystąpiły u roślin *Stellaria media* L.. W przypadku *Anthemis arvensis* L. rosnącego w wyższej temperaturze poziom aminokwasów po aplikacji tribenuronu metylu był znacznie niższy niż u roślin rosnących w warunkach chłodniejszych. Na obiektach, na których zastosowano mieszaninę 2,4-D + dikamba, poziom aminokwasów był znacznie wyższy niż na obiekcie kontrolnym. Wykazano jednak, że w tkankach roślin *Anthemis arvensis* L. i *Papaver rhoeas* L. aminokwasów było więcej w warunkach cieplejszych, niż w niskiej temperaturze, natomiast u *Galium aparine* L. stwierdzono odwrotną zależność.

4.2. Wpływ wilgotności powietrza na skuteczność herbicydów

Wilgotność powietrza wywiera znaczący wpływ na morfologię roślin, przebieg procesów fizjologicznych oraz na działanie herbicydu w momencie jego stosowania. Poszczególne gatunki chwastów charakteryzują się zróżnicowanymi wymaganiami co do omawianego czynnika, w związku z czym mogą w odmienny sposób reagować warunki wilgotnościowe w jakich rosną. Ponadto każdy gatunek cechuje się różną wrażliwością na daną substancję aktywną herbicydu. W badaniach nad wpływem wilgotności powietrza uwzględniono dwa poziomy tego czynnika: niska wilgotność powietrza – 50% oraz wysoka wilgotność powietrza – 75%.

Badane gatunki różniły się pomiędzy sobą ilością wytworzonej zielonej masy na obiekcie nie traktowanym żadnym herbicydem. Największą produktywność biomasy stwierdzono u *Stellaria media* L., zaś najmniejszą u *Anthemis arvensis* L.. Wilgotność powietrza nie zróżnicowała istotnie wzrostu roślin na obiekcie kontrolnym u żadnego z ocenianych gatunków chwastów (tab. 15).

Tabela 15. Produkcja świeżej masy badanych gatunków chwastów rosnących w zróżnicowanych warunkach wilgotności powietrza na obiekcie kontrolnym

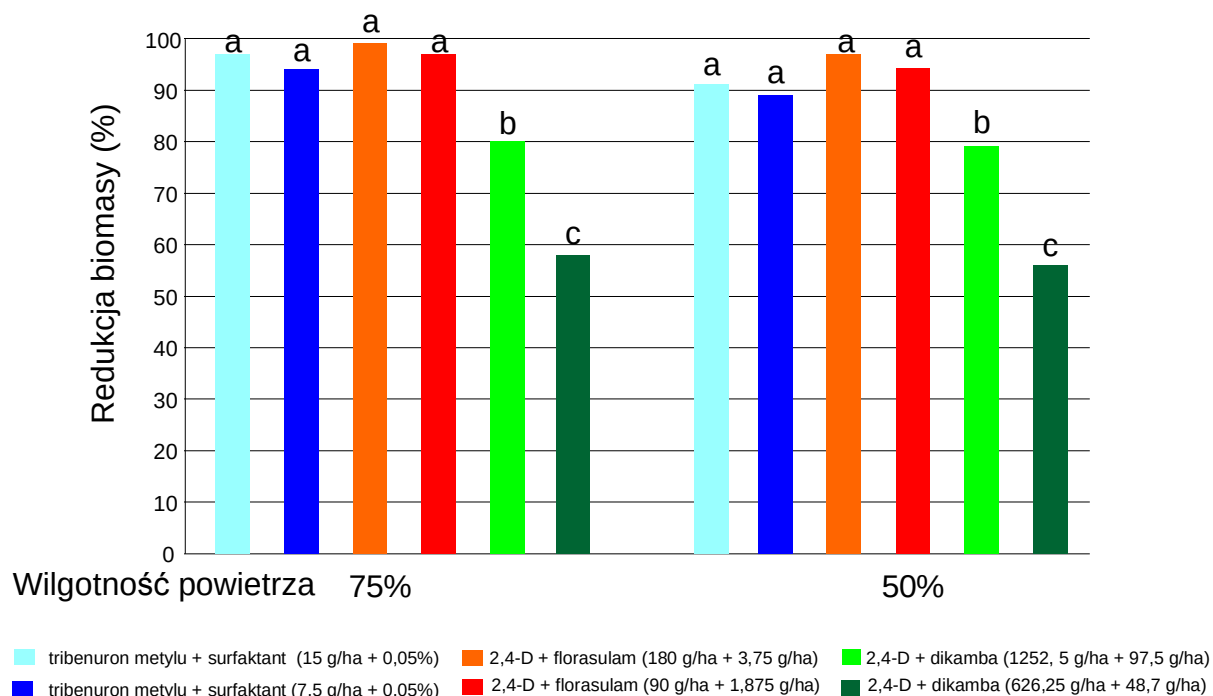
Wilgotność powietrza	Świeża masa (g)			
	<i>Anthemis arvensis</i> L.	<i>Galium aparine</i> L.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Stellaria media</i> L.
75%	1,79	5,34	3,01	6,81
50%	1,90	5,56	3,38	7,13
NIR(0,05)	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

4.2.1. Wrażliwość badanych gatunków chwastów na herbicydy na podstawie redukcji świeżej masy roślin

- *Anthemis arvensis* L.

Gatunek ten rosnący w warunkach wyższej wilgotności powietrza (75%) najbardziej wrażliwy był na tribenuron metylu stosowany łącznie z surfaktantem oraz mieszaninę 2,4-D + florasulam, bez względu na wysokość dawki. Jego masa została zredukowana w 94-99% w stosunku do obiektu kontrolnego. Po aplikacji mieszaniny 2,4-D + dikamba wrażliwość *Anthemis arvensis* L. istotnie spadła (do 80%), zwłaszcza po zastosowaniu dawki obniżonej. Podobną zależność na badane środki wykazano, gdy rośliny rosły w warunkach niskiej wilgotności powietrza (50%) (rys. 9).

Rysunek 9. Skuteczność herbicydów w redukcji biomasy *Anthemis arvensis* L. w zależności od wilgotności powietrza

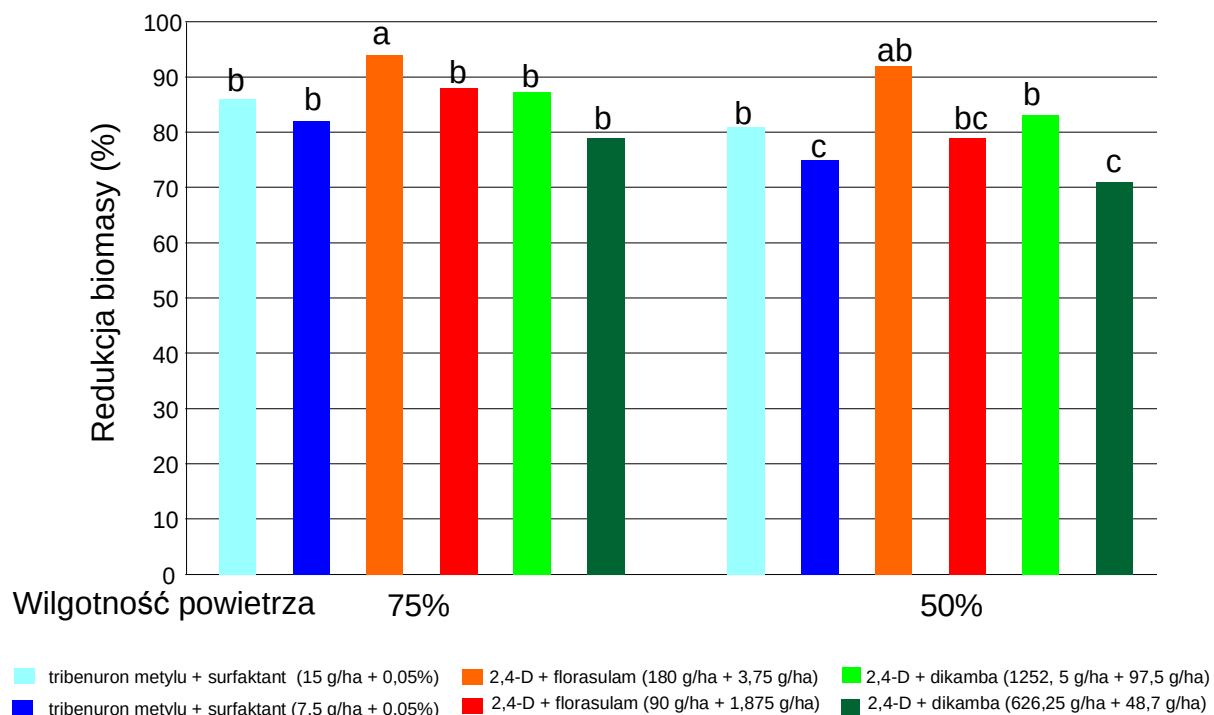


* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

• *Galium aparine* L.

Biomasa *Galium aparine* rosnącej w warunkach wyższej wilgotności powietrza (75%) była w wysokim stopniu redukowana przez podstawową dawkę tribenuronu metylu i mieszaniny 2,4-D + dikamba oraz obie dawki 2,4-D + florasulam. Analiza statystyczna wykazała, że rośliny znacząco lepiej reagowały na wyższą dawkę mieszaniny 2,4-D + florasulam w porównaniu do pozostałych herbicydów. Najmniejszą wrażliwość (79 i 82%) w tym zakresie wilgotności powietrza wykazały rośliny, gdy potraktowano je zredukowanymi dawkami tribenuronu metylu i mieszaniny 2,4-D. W warunkach niskiej wilgotności powietrza badany gatunek wykazał wysoką wrażliwość (92%) jedynie na podstawową dawkę mieszaniny 2,4-D + florasulam, natomiast w pozostałych przypadkach był średnio wrażliwy na zastosowane środki. Istotnie słabszym, w stosunku do pozostałych obiektów, stopniem wrażliwości cechowały się rośliny traktowane zredukowaną dawką tribenuronu metylu oraz mieszaniny 2,4-D + dikamba (rys. 10).

Rysunek 10. Skuteczność herbicydów w redukcji biomasy *Galium aparine* L. w zależności od wilgotności powietrza

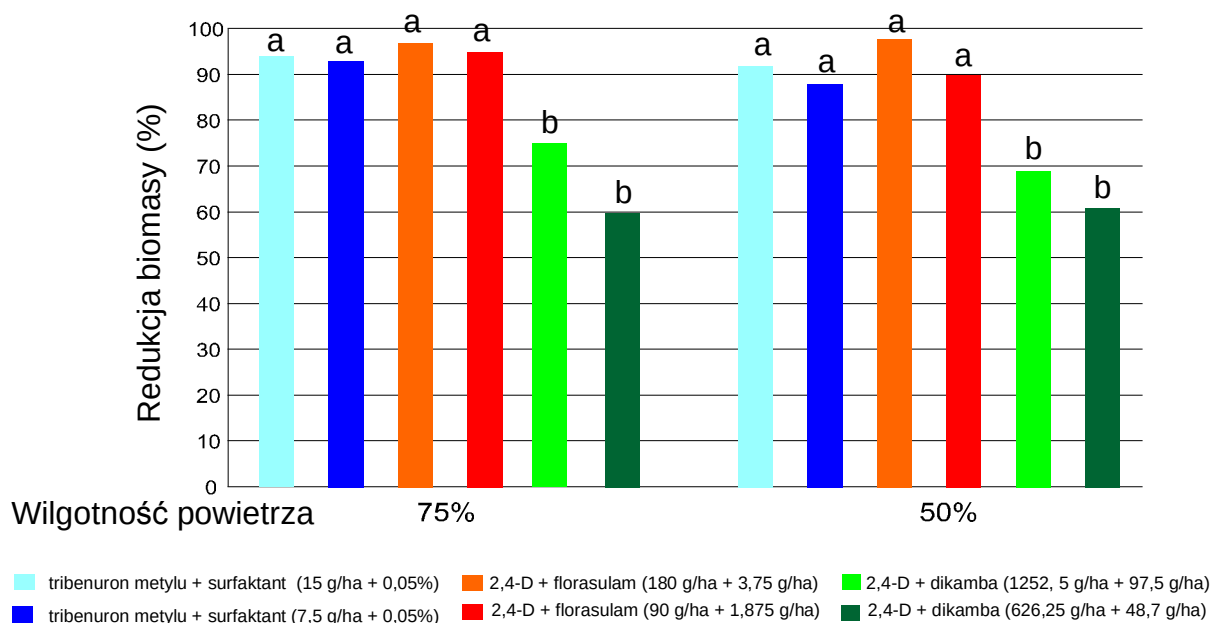


* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

• *Papaver rhoeas* L.

Podobnie jak *Galium aparine* L. i *Anthemis arvensis* L., również *Papaver rhoeas* L. wykazał się wysoką wrażliwością (93-97%) na tribenuron metylu oraz mieszaninę 2,4-D + florasulam w warunkach wyższej wilgotności powietrza. W średnim lub słabym stopniu zwalczany był przez mieszaninę 2,4-D + dikamba, w zależności od zastosowanej dawki. Analiza statystyczna nie potwierdziła jednak istotności różnic pomiędzy obiema dawkami, natomiast wykazała istotnie słabsze działanie tego środka w porównaniu do pozostałych. W przypadku roślin rosnących w niższej wilgotności powietrza, obserwowano podobną wrażliwość do tej która wystąpiła w warunkach wilgotniejszych (rys.11).

Rysunek 11. Skuteczność herbicydów w redukcji biomasy *Papaver rhoeas* L. w zależności od wilgotności powietrza

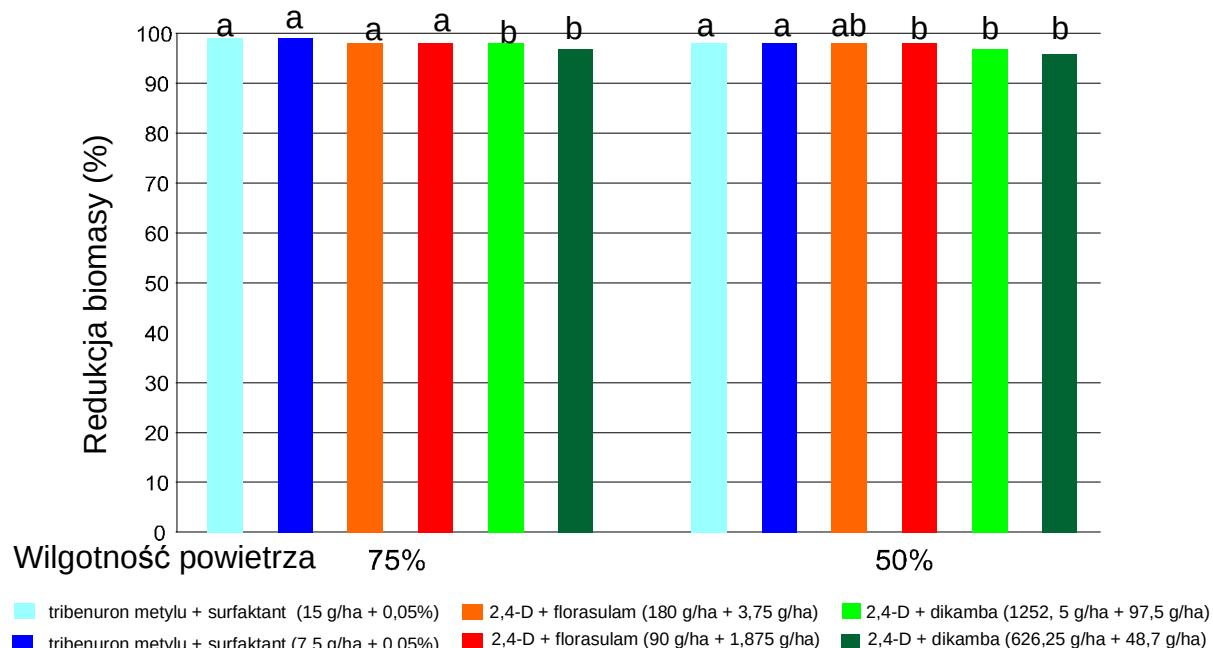


* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

- ***Stellaria media* L.**

Powyższy gatunek wykazał wysoką wrażliwość (96-99%) na wszystkie oceniane w doświadczeniu herbicydy, dla obu poziomów wilgotności powietrza. Pomimo tego jednak, analiza statystyczna wykazała istotnie lepsze działanie tribenuronu metylu (dla obu poziomów wilgotności) oraz mieszaniny 2,4-D + florasulam (dla wilgotności wyższej) (rys. 12).

Rysunek 12. Skuteczność herbicydów w redukcji biomasy *Stellaria media* L. w zależności od wilgotności powietrza



* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

4.2.2. Reakcja badanych gatunków chwastów na herbicydy w zależności od wilgotności powietrza

Najbardziej wrażliwa na badane środki była *Stellaria media* L., jednak stopień redukcji jej biomasy nie był uzależniony od wilgotności powietrza. Spośród ocenianych gatunków chwastów tylko *Anthemis arvensis* L. i *Galium aparine* L. wykazały zróżnicowaną reakcję na herbicydy w zależności od wilgotności powietrza. Ich świeża masa była lepiej redukowana, gdy rosły w warunkach wyższej wilgotności. Ze wszystkich ocenianych gatunków *Galium aparine* L. charakteryzowała się najmniejszą wrażliwością na herbicydy w warunkach niskiej wilgotności powietrza (tab. 16).

Tabela 16. Wpływ wilgotności powietrza na redukcję biomasy badanych gatunków chwastów niezależnie od stosowanych herbicydów

Wilgotność powietrza	Redukcja biomasy (%)			
	<i>Anthemis arvensis</i> L.	<i>Galium aparine</i> L.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Stellaria media</i> L.
75%	87b	74c	86c	98a
50%	84c	69d	83c	98a

Najskuteczniejsza w zwalczaniu chwastów okazała się mieszanina 2,4-D + florasulam aplikowana w dawce zalecanej, lecz jej działanie nie różniło się istotnie w przypadku obu poziomów wilgotności powietrza. Najśłabsze zniszczenie chwastów stwierdzono po zastosowaniu mieszaniny 2,4-D + dikamba i również w tym przypadku nie wykazano różnic w zależności od wilgotności powietrza. Tribenuron metylu zastosowany w obu ocenianych dawkach niszczył chwasty z istotnie lepszym rezultatem, gdy zabieg wykonano w warunkach większej wilgotności powietrza (tab. 17).

Tabela 17. Wpływ wilgotności powietrza na redukcję biomasy chwastów w zależności od rodzaju stosowanego herbicydu

Wilgotność powietrza	Redukcja biomasy (%)					
	tribenuron metylu + surfaktant		2,4-D + florasulam		2,4-D + dikamba	
	15 g/ha + 0,05%	7,5 g/ha + 0,05%	180 g/ha + 3,75 g/ha	90 g/ha + 1,875 g/ha	1252,5 g/ha + 97,5 g/ha	626,25 g/ha + 48,7 g/ha
75%	94b	92b	97a	94b	85c	74d
50%	91bc	87c	96a	90bc	82c	71d

4.2.3. Zmiany w zawartości aminokwasów u badanych gatunków chwastów pod wpływem zastosowanych herbicydów

Wilgotność powietrza zdeterminowała poziom aminokwasów w roślinach *Anthemis arvensis* L., *Papaver rhoeas* L. i *Stellaria media* L. rosnących na obiekcie kontrolnym, jednak każdy z nich wykazał odmienną reakcję na omawiany czynnik. W przypadku *Anthemis arvensis* L. poziom aminokwasów, a zwłaszcza leucyny (78,32 mg/kg) i izoleucyny (56,39 mg/kg) był znacznie wyższy u roślin rosnących w warunkach wyższej wilgotności powietrza tj. 75%. Drugi z wymienionych gatunków cechował się znacznie większą zawartością aminokwasów, gdy rośliny rosły w niskiej wilgotności powietrza (50%). Suma aminokwasów w tych warunkach wynosiła 115,6 mg/kg, podczas gdy w wyższej wilgotności zaledwie 32,33 mg/kg. Zbliżoną prawidłowość obserwowano u *Stellaria media* L.. Najbardziej zbliżonym poziomem aminokwasów w obu zakresach wilgotności powietrza cechowała się *Galium aparine* L.. Ich łączna zawartość wynosiła 57,93 mg/kg w warunkach bardziej wilgotnych oraz 81,44 mg/kg w warunkach mniej wilgotnych (tab. 18).

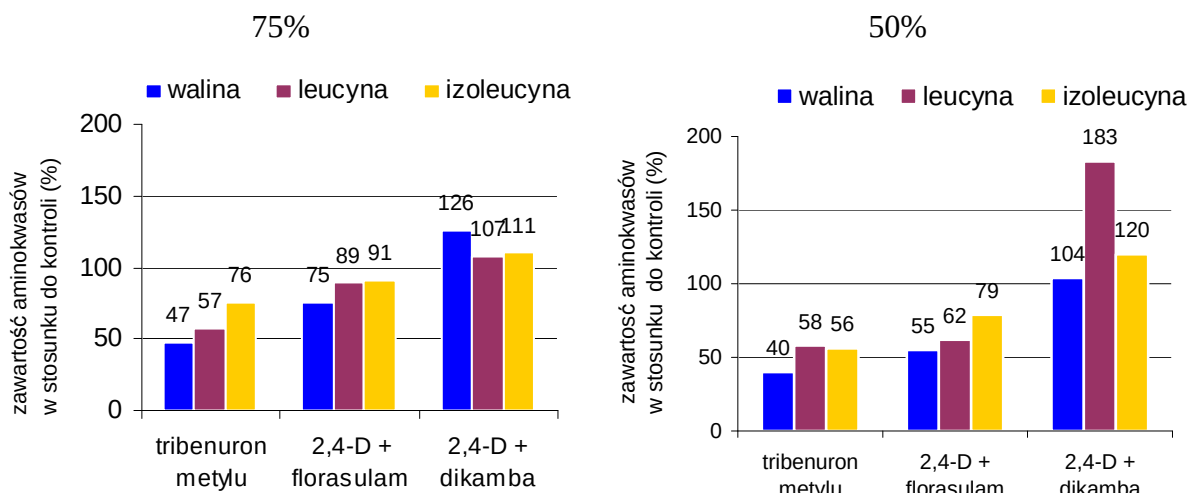
Tabela 18. Zawartość aminokwasów w komórkach badanych gatunków chwastów na obiekcie kontrolnym w zależności od wilgotności powietrza

Wilgotność powietrza	Aminokwasy	Zawartość aminokwasów (mg/kg)			
		<i>Anthemis arvensis</i> L.	<i>Galium aparine</i> L.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Stellaria media</i> L.
75%	walina	9,68	4,82	2,04	4,12
	leucyna	78,32	28,64	14,32	15,00
	izoleucyna	56,40	24,50	15,98	16,36
	suma	144,38	57,94	32,34	35,48
50%	walina	8,26	4,24	9,94	5,18
	leucyna	34,18	28,64	54,6	28,50
	izoleucyna	39,02	18,02	51,08	22,78
	suma	81,44	50,90	115,6	56,46

- *Anthemis arvensis* L.

Rośliny *Anthemis arvensis* traktowane tribenuronem metylu oraz mieszaniną 2,4-D + florasulam charakteryzowały się zbliżonym poziomem aminokwasów dla obu poziomów wilgotności powietrza. Wahał się on w granicach 40-76% wartości uzyskiwanych na obiekcie kontrolnym, w zależności od herbicydu oraz rodzaju aminokwasu. Na obiektach traktowanych mieszaniną 2,4-D + dikamba zawartość waliny i izoleucyny była od 4 do 26% wyższa, niż w roślinach pochodzących z kontroli. Nie wykazano różnic w ich zawartości dla obu poziomów wilgotności powietrza, natomiast zawartość leucyny znacznie wzrosła (o ok. 80%) w niskiej wilgotności (rys. 13).

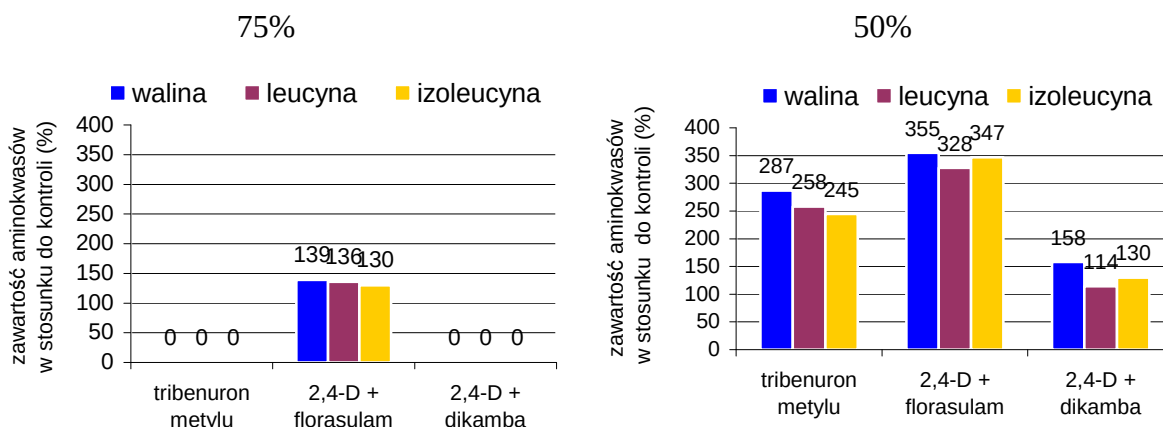
Rysunek 13. Wpływ wilgotności powietrza na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Anthemis arvensis* L. traktowanych badanymi herbicydami



- ***Galium aparine* L.**

Rośliny *Galium aparine* L. rosnące w warunkach 75% wilgotności powietrza były w znacznym stopniu zniszczone na obiektach, na których zastosowano tribenuron metylu i mieszaninę 2,4-D + dikamba, dlatego też ocena poziomu aminokwasów była niemożliwa do przeprowadzenia. W próbkach roślin traktowanych mieszaniną 2,4-D + florasulam zawartość aminokwasów była wysoka (130-139%). W przypadku roślin *Galium aparine* L. rosnących w wilgotności 50%, po aplikacji tribenuronu metylu i mieszaniny 2,4-D + florasulam, stwierdzono bardzo wysoki poziom aminokwasów (245-355% w stosunku do obiektu kontrolnego). Znacznie mniejszą zawartość aminokwasów w porównaniu do wymienionych wyżej obiektów herbicydowych, jednak wyższą niż na obiekcie kontrolnym o 14-58%, wykazano w roślinach traktowanych mieszaniną 2,4-D + dikamba (rys. 14).

Rysunek 14. Wpływ wilgotności powietrza na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Galium aparine* L. traktowanych badanymi herbicydami

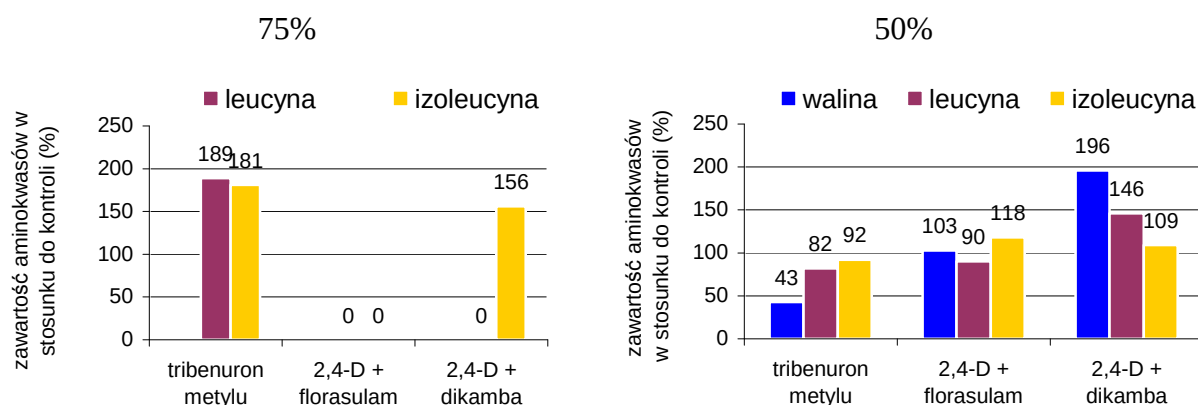


- ***Papaver rhoeas* L.**

Rośliny tego gatunku, rosnące w wilgotności 75%, potraktowane mieszaniną 2,4-D + florasulam uległy zniszczeniu pod wpływem działania tego środka, w związku z czym nie można było określić zawartości aminokwasów. Po aplikacji tribenuronu metylu stwierdzono wyższą zawartość leucyny i izoleucyny u roślin rosnących w warunkach wyższej wilgotności powietrza, w porównaniu z tymi, które rosły w niskiej wilgotności. Podobną prawidłowość obserwowano w odniesieniu do zawartości izoleucyny w roślinach potraktowanych mieszaniną 2,4-D + dikamba w warunkach większej wilgotności powietrza. W żadnej z ocenianych próbek roślin rosnących w wyższej wilgotności powietrza nie stwierdzono obecności waliny. Aminokwas ten natomiast występował w roślinach rosnących w niskiej wilgotności, na

wszystkich obiektach herbicydowych, przy czym w największej ilości na obiekcie, na którym zastosowano mieszaninę 2,4-D + dikamba (rys. 15).

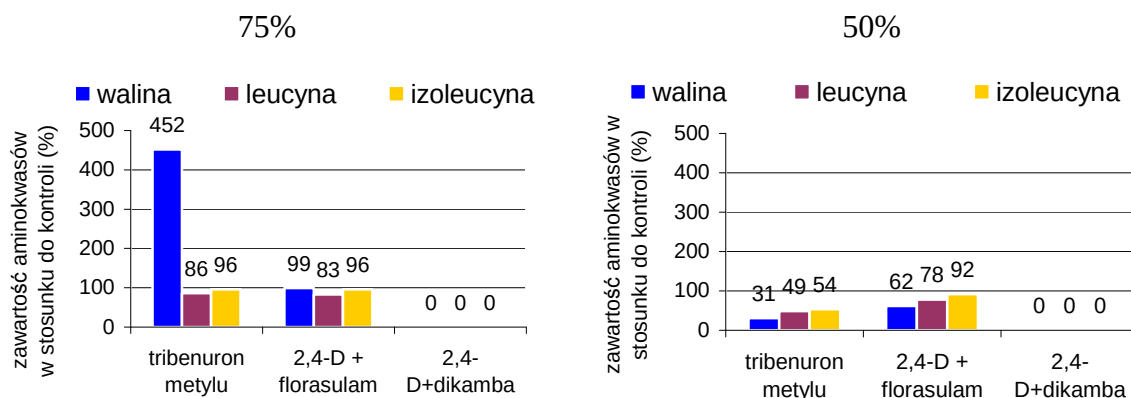
Rysunek 15. Wpływ wilgotności powietrza na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Papaver rhoeas* L. traktowanych badanymi herbicydami



- ***Stellaria media* L.**

Rośliny *Stellaria media* L., niezależnie od warunków wilgotności powietrza, zostały zniszczone przez mieszaninę 2,4-D + dikamba, w związku z czym ocena zawartości aminokwasów była niemożliwa. Zaobserwowano bardzo znaczne różnice w zawartości waliny po zastosowaniu tribenuronu metylu. Poziom tego aminokwasu w warunkach niskiej wilgotności powietrza wynosił 31%, natomiast w wysokiej wilgotności powietrza ponad 14,5-krotnie. Zawartość leucyny i izoleucyny zwiększyła się niespełna 2-krotnie. Również w przypadku mieszaniny 2,4-D + florasulam, poziom waliny był wyższy niż w warunkach bardziej wilgotnych, lecz różnica ta była nieznaczna. Zawartość pozostałych aminokwasów utrzymywała się na zbliżonym poziomie (rys. 16).

Rysunek 16. Wpływ wilgotności powietrza na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Stellaria media* L. traktowanych badanymi herbicydami



Rozpatrując wpływ wilgotności powietrza na skuteczność działania badanych herbicydów, stwierdzono odmienną reakcję na te środki u poszczególnych gatunków chwastów, wyrażoną zawartością w ich tkankach wolnych aminokwasów: waliny, leucyny i izoleucyny. U roślin *Anthemis arvensis* L. i *Papaver rhoeas* L. potraktowanych herbicydem z grupy regulatorów wzrostu, tj. mieszaniną 2,4-D + dikamba, nastąpił znaczny wzrost sumarycznej zawartości aminokwasów w stosunku do kontroli, zwłaszcza w warunkach niskiej wilgotności powietrza. Poziom tych związków był ponadto znacznie wyższy w porównaniu do obiektów, na których zastosowano środki należące do grupy pochodnych sulfonilomocznika tj. tribenuron metylu oraz florasulam w mieszaninie z 2,4-D. Jedynie w przypadku *Galium aparine* L. potraktowanej regulatorem wzrostu stwierdzono znacznie niższą zawartość aminokwasów, niż na pozostałych obiektach herbicydowych, lecz nieco wyższą niż na kontroli. Gatunek ten cechował się ponadto najbardziej zróżnicowaną, spośród wszystkich badanych chwastów, zawartością aminokwasów w zależności od wilgotności powietrza. Znacznie wyższy poziom waliny, leucyny i izoleucyny obserwowano w warunkach większej wilgotności powietrza, co może świadczyć o słabszym działaniu herbicydów.

4.3. Wpływ wilgotności gleby na skuteczność herbicydów

Wilgotność gleby wywiera znaczący wpływ na morfologię roślin, przebieg procesów fizjologicznych oraz na działanie herbicydu. Poszczególne gatunki chwastów charakteryzują się zróżnicowanymi wymaganiami wilgotnościowymi, w związku z czym mogą w odmienny sposób reagować na suszę. Ponadto każdy gatunek cechuje się różną wrażliwością na daną substancję aktywną herbicydu. W niniejszej pracy uwzględniono dwa poziomy wilgotności gleby: wilgotność optymalną – 60%, wilgotność niską – 30%.

Największy przyrost masy roślin na obiekcie kontrolnym spośród badanych gatunków chwastów zaobserwowano u *Galium aparine* L. i *Stellaria media* L.. Wilgotność gleby wywarła istotny wpływ na wzrost każdego z ocenianych gatunków. Istotnie więcej świeżej masy wytworzyły rośliny rosnące w warunkach większego uwilgotnienia gleby (60%) (tab. 19).

Tabela 19. Produkcja świeżej masy badanych gatunków chwastów na obiekcie kontrolnym rosnących w zróżnicowanych warunkach wilgotności gleby

Wilgotność gleby	Świeża masa (g)			
	<i>Anthemis arvensis</i> L.	<i>Galium aparine</i> L.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Stellaria media</i> L.
60%	1,55	3,97	1,13	3,36
30%	0,97	2,12	0,57	1,16
NIR(0,05)	0,39	0,37	0,34	0,70

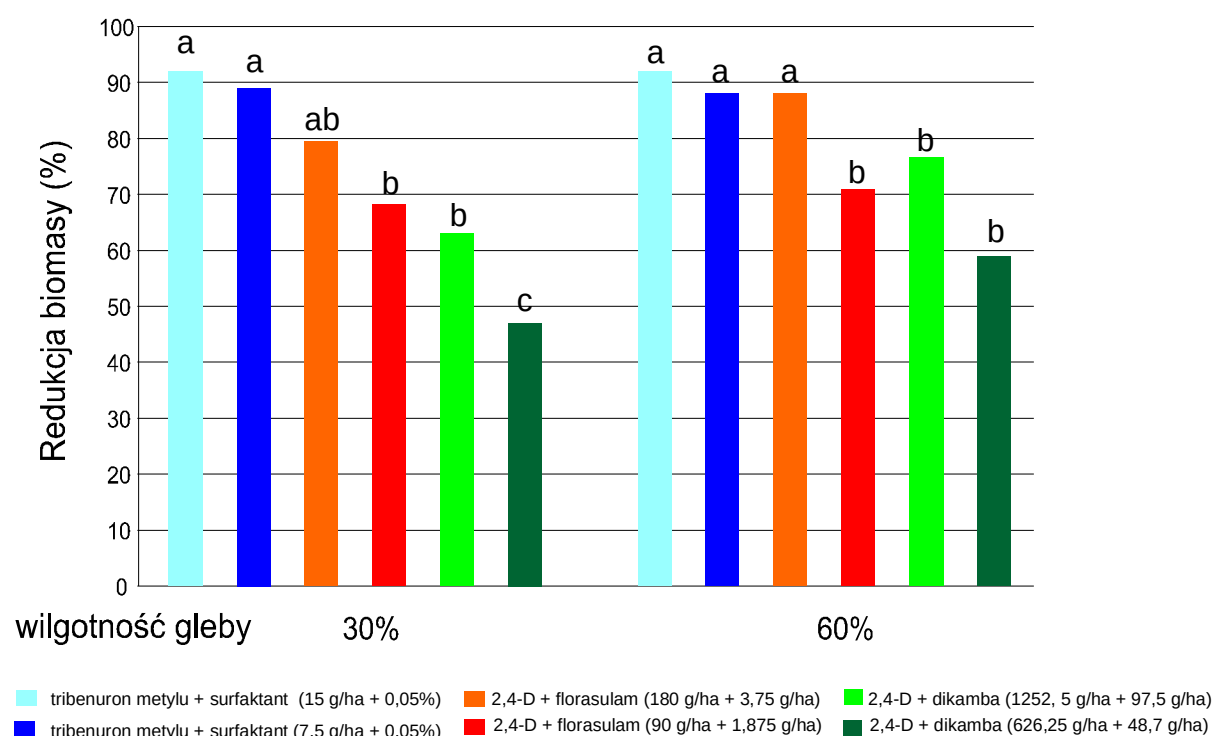
4.3.1. Wrażliwość badanych gatunków chwastów na herbicydy na podstawie redukcji świeżej masy roślin

- *Anthemis arvensis* L.

Gatunek ten rosnący w warunkach niskiego uwilgotnienia gleby (30%) był wrażliwy tylko na tribenuron metylu (redukcja biomasy o 89-92%), niezależnie od użytej dawki. Ze średnim rezultatem zwalczany był po zastosowaniu zalecanej dawki mieszaniny 2,4-D + florasulam, natomiast ze słabym po aplikacji dawki obniżonej tego środka oraz dawki zalecanej mieszaniny 2,4-D + dikamba. Najmniejszą wrażliwość *Anthemis arvensis* L. w warunkach niskiego uwilgotnienia gleby stwierdzono po aplikacji obniżonej dawki mieszaniny 2,4-D + dikamba (ograniczenie świeżej masy o 47%). Rośliny rosnące w warunkach większego uwilgotnienia gleby, tj. 60%, generalnie wykazały większą wrażliwość na zastosowane środki. W odróżnieniu od roślin rosnących w glebie o niskiej wilgotności, na obiekcie potraktowanym zalecaną dawką mieszaniny 2,4-D + florasulam, gatunek ten cechował się

wysokim stopniem wrażliwości. Wyższą wrażliwość w stosunku do tej, jaką osiągnięto na glebie mniej wilgotnej, zanotowano także na obiekcie, na którym zastosowano obie dawki mieszaniny 2,4-D + dikamba (redukcja biomasy 78% i 69%). W przypadku dawki obniżonej tego środka wystąpiły statystycznie udowodnione różnice w skuteczności pomiędzy badanymi poziomami wilgotności gleby. Prawidłowości takich nie obserwowano w przypadku stosowania tribenuronu metylu, który niezależnie od wilgotności gleby wykazał się podobnym działaniem (rys.17).

Rysunek 17. Skuteczność herbicydów w redukcji biomasy *Anthemis arvensis* L. w zależności od wilgotności gleby



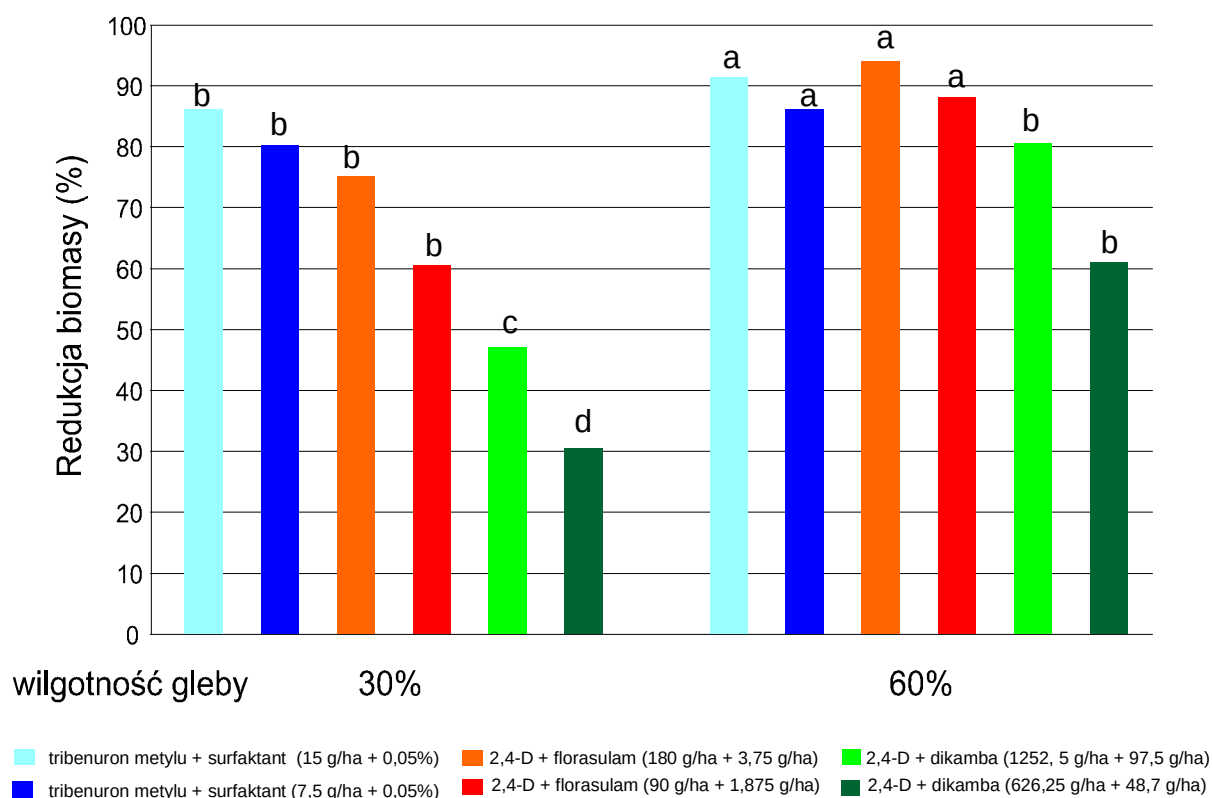
* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

- ***Galium aparine* L.**

W przypadku roślin *Galium aparine* L. rosnących w warunkach niskiego uwilgotnienia gleby wysoką wrażliwość chwastów wykazano tylko na obiekcie, na którym zastosowano tribenuron metylu w zalecanej dawce. Średnio wrażliwe były rośliny potraktowane obniżoną dawką tribenuronu metylu oraz zalecaną mieszaniny 2,4-D + florasulam. Zmiana stopnia wrażliwości w tym przypadku nie została potwierdzona analizą statystyczną. Niskim stopniem wrażliwości cechowały się rośliny potraktowane obniżoną dawką mieszaniny 2,4-D + florasulam oraz mieszaniną 2,4-D + dikamba (bez względu na dawkę). W zakresie niskiej

wrażliwości na herbicydy wystąpiły istotne różnice. Najlepsze rezultaty uzyskano po aplikacji obniżonej dawki 2,4-D + florasulam, zaś najgorsze po zastosowaniu obniżonej dawki 2,4-D + dikamba. Rośliny rosnące w wyższej wilgotności gleby wykazały wysoką wrażliwość (redukcja biomasy 86-94%) na tribenuron metylu oraz mieszaninę 2,4-D + florasulam, bez względu na wysokość dawki. W średnim stopniu reagowały na zalecaną dawkę mieszaniny 2,4-D + dikamba, natomiast w słabym na obniżoną dawkę tego środka. Pomimo tych różnic, analiza statystyczna nie wykazała ich istotności, natomiast potwierdziła, że w przypadku zastosowania każdej z dawek tego środka wystąpiły istotne różnice we wrażliwości chwastów pomiędzy badanymi poziomami wilgotności gleby (rys. 18).

Rysunek 18. Skuteczność herbicydów w redukcji biomasy *Galium aparine* L. w zależności od wilgotności gleby



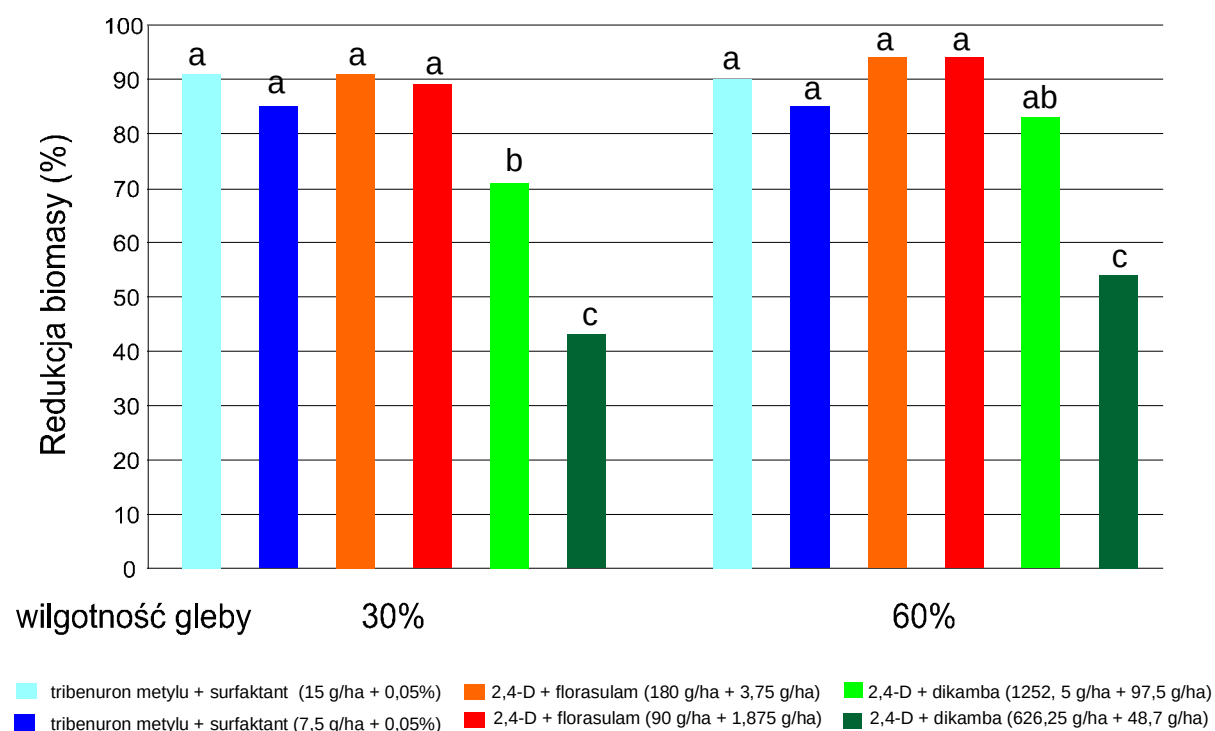
* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

- ***Papaver rhoeas* L.**

W warunkach niskiej wilgotności gleby biomasa *Papaver rhoeas* L. była silnie redukowana (w 85-91%) przez obie dawki zarówno tribenuronu metylu, jak i mieszaniny 2,4-D + florasulam. Odmienne efekty obserwowano po aplikacji zalecanej dawki mieszaniny 2,4-D + dikamba, która wykazała się średnią skutecznością, natomiast niską wrażliwość (redukcja

biomasy 43%) odnotowano po zastosowaniu dawki obniżonej. W przypadku roślin rosnących na glebie bardziej wilgotnej, ich wrażliwość na tribenuron metylu oraz mieszaninę 2,4-D + dikamba była zbliżona do tej, jaka wystąpiła u roślin rosnących w warunkach niskiej wilgotności gleby. Na obiekcie, na którym zastosowano mieszaninę 2,4-D + dikamba wrażliwość *Papaver rhoeas* była znacznie lepsza w warunkach wyższej wilgotności gleby w porównaniu do tej, jaką stwierdzono na glebie bardziej przesuszonej, nie mniej jednak nie przekroczyła poziomu wymaganego dla wysokiej wrażliwości tj. 85%. Badany gatunek wykazał istotnie niższą wrażliwość (redukcja biomasy tylko o 54%) na mieszaninę 2,4-D + dikamba, gdy herbicyd zastosowano w dawce obniżonej. Obserwowane w przypadku mieszaniny 2,4-D + dikamba różnice w działaniu w zależności od poziomu wilgotności gleby nie zostały udowodnione statystycznie (rys. 19).

Rysunek 19. Skuteczność herbicydów w redukcji biomasy *Papaver rhoeas* L. w zależności od wilgotności gleby



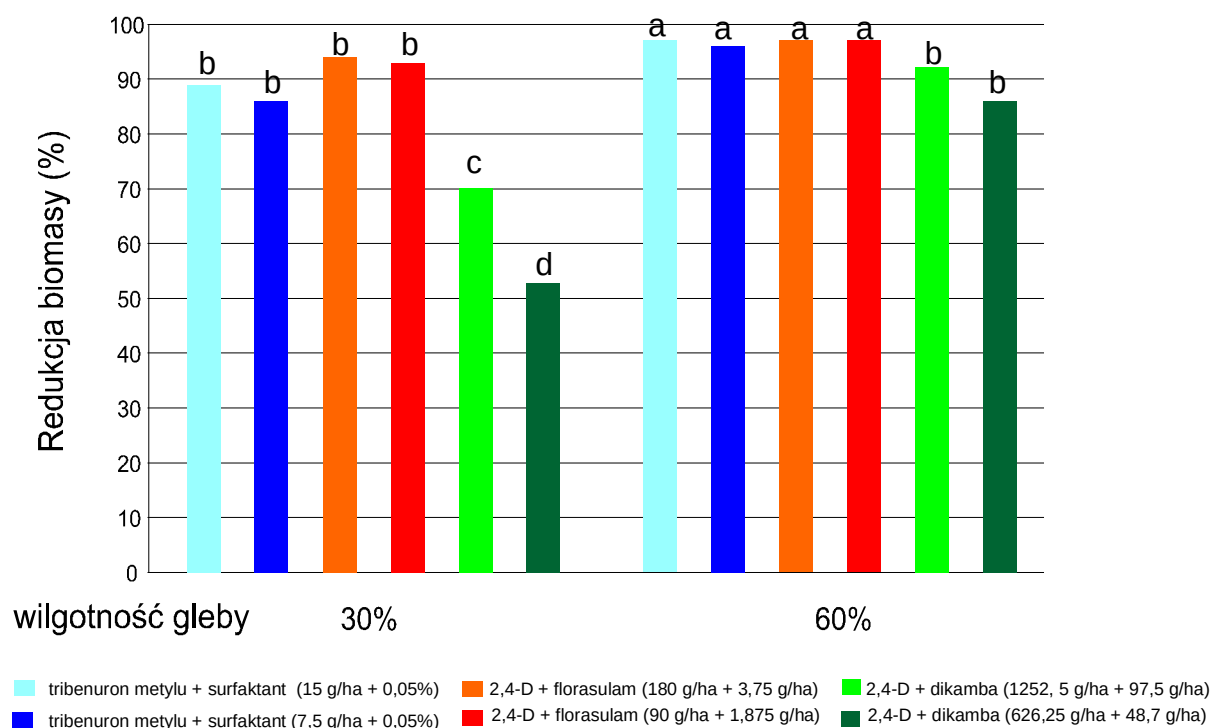
* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

- ***Stellaria media* L.**

Takson ten rosnący w warunkach niskiej wilgotności gleby charakteryzował się wysoką wrażliwością (redukcja świeżej masy o 86-94%) na działanie tribenuronu metylu oraz mieszaniny 2,4-D + florasulam w obu badanych dawkach. Średnim stopniem wrażliwości

cechowały się rośliny potraktowane podstawową dawką mieszaniny 2,4-D + dikamba, a niskim, gdy użyto obniżoną dawkę tego środka. Rośliny rosnące w warunkach większej wilgotności gleby były wrażliwe na wszystkie badane środki, aplikowane zarówno w dawce podstawowej, jak i obniżonej. Analiza statystyczna wykazała, że w warunkach większego uwilgotnienia gleby wrażliwość *Stellaria media* L. była istotnie wyższa w przypadku każdego z badanych herbicydów (rys. 20).

Rysunek 20. Skuteczność herbicydów w redukcji biomasy *Stellaria media* L. w zależności od wilgotności gleby



* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

4.3.2. Reakcja badanych gatunków chwastów na herbicydy w zależności od wilgotności gleby

Najwyższą wrażliwość na herbicydy stwierdzono w przypadku *Stellaria media* L. rosnącej w warunkach większego uwilgotnienia gleby, niezależnie od rodzaju zastosowanego środka. W warunkach niskiej wilgotności gatunek ten istotnie słabiej reagował na zastosowane środki. Pozostałe gatunki wykazały się podobną reakcją na badane herbicydy, jednak największe różnice w zależności od wilgotności gleby stwierdzono w przypadku *Anthemis arvensis* L.. Każdy z ocenianych gatunków chwastów reagował istotnie wyższą redukcją biomasy w warunkach wyższej wilgotności gleby (tab. 20).

Tabela 20. Wpływ wilgotności gleby na redukcję biomasy badanych gatunków chwastów niezależnie od stosowanych herbicydów

Wilgotność gleby	Redukcja biomasy (%)			
	<i>Anthemis arvensis</i> L.	<i>Galium aparine</i> L.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Stellaria media</i> L.
60%	79c	83b	83b	94a
30%	73d	63e	78c	81bc

Rozpatrując interakcję herbicydów i wilgotności gleby dowiedziono, że najlepszym działaniem na chwasty charakteryzowały się tribenuron metylu oraz mieszanina 2,4-D + florasulam aplikowane w zalecanych dawkach, w warunkach większej wilgotności gleby, tj. 60%. Najślabiej na chwasty działała mieszanina 2,4-D + dikamba, zwłaszcza w warunkach niskiej wilgotności gleby i po zastosowaniu w dawce obniżonej. Skuteczność uzyskana na każdym badanym obiekcie herbicydowym była istotnie wyższa w przypadku większego uwilgotnienia gleby (tab. 21).

Tabela 21. Wpływ wilgotności gleby na redukcję biomasy badanych gatunków chwastów w zależności od stosowanych herbicydów

Wilgotność gleby	Redukcja biomasy (%)					
	tribenuron metylu + surfaktant		2,4-D + florasulam		2,4-D + dikamba	
	15 g/ha + 0,05%	7,5 g/ha + 0,05%	180 g/ha + 3,75 g/ha	90 g/ha + 1,875 g/ha	1252,5 g/ha + 97,5 g/ha	626,25 g/ha + 48,7 g/ha
60%	92a	89b	94a	87b	83c	68d
30%	90b	85c	85c	78c	63d	43e

4.3.3. Zawartość aminokwasów u badanych gatunków chwastów pod wpływem zastosowanych herbicydów

Wilgotność gleby znacznie różnicowała poziom aminokwasów w komórkach roślin rosnących na obiekcie kontrolnym u wszystkich badanych gatunków chwastów. W warunkach wyższego uwilgotnienia gleby obserwowano u roślin znacznie wyższą (nawet dziesięciokrotnie) zawartość aminokwasów w porównaniu z tymi, które rosły na glebie mniej wilgotnej. W przypadku *Anthemis arvensis* L., *Papaver rhoeas* L. i *Stellaria media* L. różnice w łącznej zawartości aminokwasów pomiędzy badanymi poziomami wilgotności gleby były bardzo wysokie, przy czym największe obserwowano u *Stellaria media* L.. Suma aminokwasów w roślinach tego gatunku rosnących na glebie bardziej wilgotnej wynosiła 135,54 mg/kg, natomiast na glebie bardziej suchej 13,20 mg/kg. Najmniejsze różnice w

zawartości tych składników w zależności od wilgotności gleby wystąpiły u *Galium aparine* L.. Poziom aminokwasów dla roślin rosnących na glebie o wyższej wilgotności oraz na glebie o niskiej wilgotności wynosił odpowiednio 59,76 mg/kg oraz 15,17 mg/kg (tab. 22).

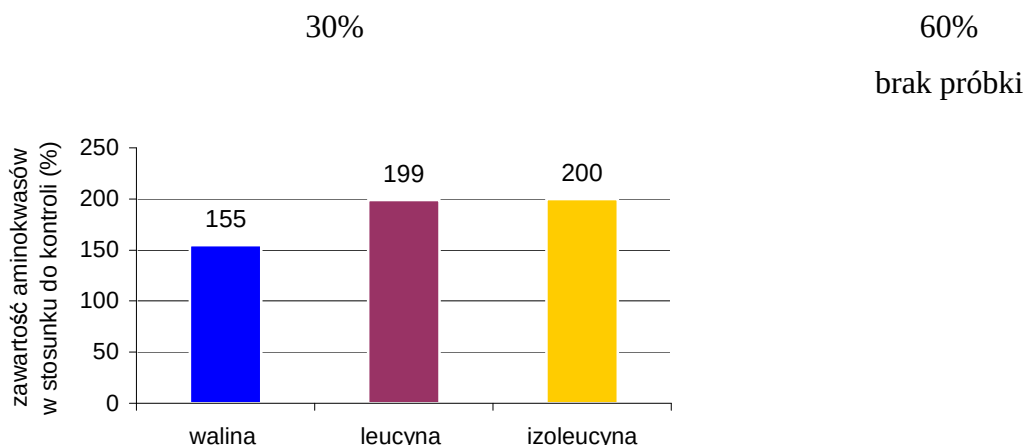
Tabela 22. Zawartość aminokwasów w komórkach roślin badanych gatunków chwastów na obiekcie kontrolnym w zależności od wilgotności gleby

Wilgotność gleby	Aminokwasy	Zawartość aminokwasów (mg/kg)			
		<i>Anthemis arvensis</i> L.	<i>Galium aparine</i> L.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Stellaria media</i> L.
60%	walina	13,64	6,85	12,16	11,28
	leucyna	57,63	24,19	56,19	64,70
	izoleucyna	60,77	28,72	58,52	59,56
	suma	132,04	59,76	126,87	135,54
30%	walina	4,02	1,52	1,30	1,11
	leucyna	14,30	6,20	8,24	5,84
	izoleucyna	17,04	7,45	7,15	6,28
	suma	35,36	15,17	16,69	13,20

- ***Anthemis arvensis* L.**

W warunkach wyższej wilgotności gleby, rośliny *Anthemis arvensis* L. uległy zniszczeniu pod wpływem działania każdego z badanych herbicydów, w związku z czym nie można było oznaczyć poziomu aminokwasów. Podobna sytuacja miała miejsce w warunkach słabszego uwilgotnienia gleby na obiektach traktowanych mieszaninami 2,4-D + florasulam i 2,4-D + dikamba. Na obiekcie, na którym zastosowano tribenuron metylu zawartość leucyny i izoleucyny kształtowała się na poziomie znacznie (nawet dwukrotnie) przekraczającym wartości dla obiektu kontrolnego, natomiast w przypadku waliny poziom ten został przekroczony o połowę (rys. 21).

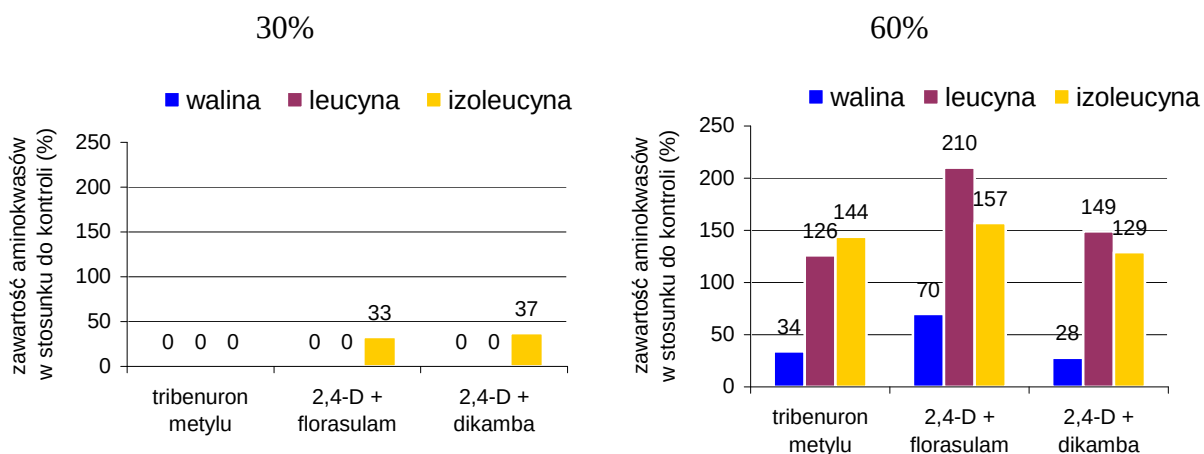
Rysunek 21. Wpływ wilgotności gleby na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Anthemis arvensis* L. traktowanych tribenuronem metylu



- ***Galium aparine* L.**

Rośliny *Galium aparine* L. rosnące w warunkach wyższej wilgotności gleby zostały zniszczone, gdy potraktowano je tribenuronem metylu, w związku z czym nie wykonano oznaczenia poziomu aminokwasów. Z kolei na obiektach, na których zastosowano mieszaninę 2,4-D + florasulam oraz 2,4-D + dikamba, spośród wszystkich badanych aminokwasów, można było jedynie oznaczyć zawartość izoleucyny. Kształtowała się ona na poziomie 33-37% w porównaniu do obiektu kontrolnego. W próbkach roślin rosnących na glebie mało wilgotnej poziom leucyny i izoleucyny był wysoki (126-210% w stosunku do kontroli), natomiast znacznie mniej było waliny (28-70%). Zawartość tych aminokwasów uzależniona była od rodzaju herbicydu (rys. 22).

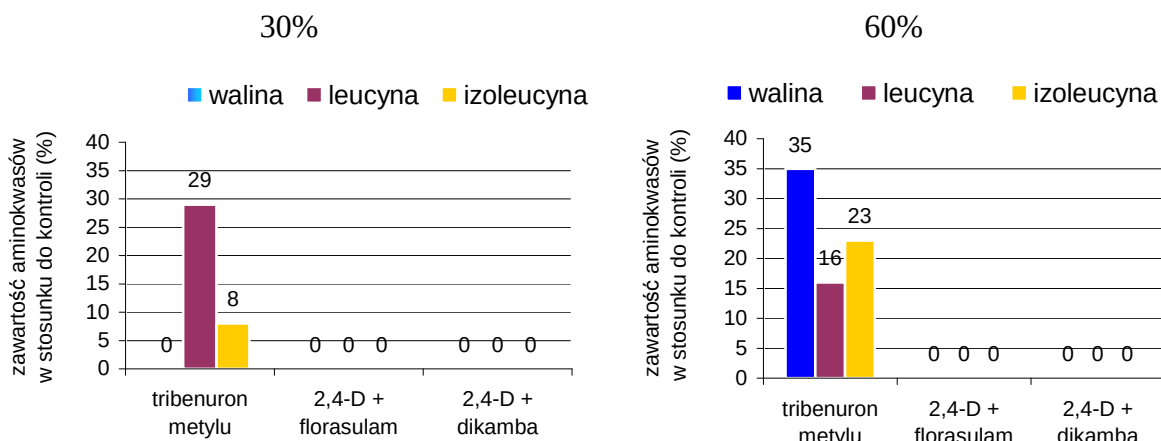
Rysunek 22. Wpływ wilgotności gleby na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Galium aparine* L. traktowanych badanymi herbicydami



- ***Papaver rhoeas* L.**

Rośliny *Papaver rhoeas* L. rosące zarówno w warunkach wyższej, jak i niższej wilgotności gleby, uległy zniszczeniu pod wpływem działania mieszaniny 2,4-D + florasulam oraz 2,4-D + dikamba, co uniemożliwiło ocenę zawartości aminokwasów. Obecność badanych aminokwasów stwierdzono tylko po aplikacji tribenuronu metylu dla obu poziomów wilgotności gleby. Zawartość leucyny oscylowała na poziomie 16-29% w porównaniu do obiektu kontrolnego, a izoleucyny 8-23%. Spośród badanych aminokwasów najwięcej było waliny (35%), lecz wystąpiła ona tylko w roślinach rosnących w warunkach większego uwilgotnienia gleby. Gdy gleba była bardziej sucha, nie stwierdzono jej występowania (rys. 23).

Rysunek 23. Wpływ wilgotności gleby na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Papaver rhoeas* L. traktowanych badanymi herbicydami

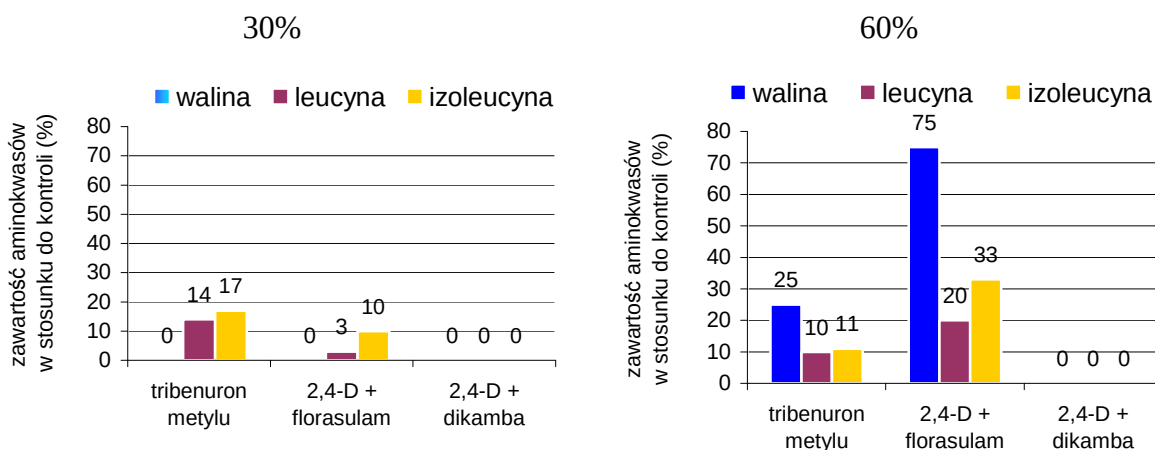


- ***Stellaria media* L.**

Mieszanina 2,4-D + dikamba spowodowała zniszczenie roślin *Stellaria media* L. rosnącej na obu poziomach wilgotności gleby, co uniemożliwiło wykonanie oceny zawartości aminokwasów w materiale roślinnym na tych obiektach. Obecność aminokwasów wykazano tylko w roślinach pochodzących z obiektów traktowanych tribenuronem metylu oraz mieszaniną 2,4-D + florasulam. W przypadku mieszaniny 2,4-D + florasulam znacznie wyższy poziom aminokwasów stwierdzono, gdy rośliny rosły w warunkach większego uwilgotnienia gleby. W roślinach traktowanych tribenuronem metylu, w warunkach niższej wilgotności, nie wykazano obecności waliny, natomiast pozostałe aminokwasy wystąpiły w

niewielkich ilościach. Wzrost wilgotności gleby spowodował, że analizy wykazały zawartość waliny na poziomie 25%, natomiast ilość leucyny i izoleucyny była zbliżona do tej, jaką oznaczono u roślin rosnących na glebie bardziej suchej (rys. 24).

Rysunek 24. Wpływ wilgotności gleby na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Stellaria media* L. traktowanych badanymi herbicydami



Analizując zmiany w zawartości wolnych aminokwasów: waliny, leucyny i izoleucyny w materiale roślinnym pochodzącym z obiektów potraktowanych badanymi herbicydami trudno zaobserwować zależności pomiędzy badanymi czynnikami doświadczenia. W większości przypadków herbicyd zniszczył w takim stopniu rośliny, że w badanej próbce nie można było oznaczyć zawartości żadnego z aminokwasów lub wykazano tylko obecność leucyny lub/i izoleucyny. Poziom waliny na obiekcie kontrolnym był bardzo niski, zwłaszcza w warunkach słabego uwilgotnienia gleby, stąd też po aplikacji herbicydów był on zredukowany do poziomu zerowego.

4.4. Wpływ stanu uwilgotnienia roślin na skuteczność herbicydów

Stan uwilgotnienia roślin w momencie wykonywania zabiegu aplikacji herbicydów, w odróżnieniu od pozostałych badanych czynników abiotycznych, nie wywiera wpływu na morfologię i fizjologię roślin, lecz tylko na działanie herbicydu. Poszczególne gatunki chwastów ze względu na ich budowę morfologiczną w różny sposób reagują na herbicydy, w zależności od tego, czy środki te stosowane są na rośliny wilgotne, czy też suche. W badaniach nad wpływem stanu uwilgotnienia roślin uwzględniono dwa poziomy tego czynnika: 1. powierzchnia opryskiwanych roślin wilgotna, 2. powierzchnia opryskiwanych roślin sucha.

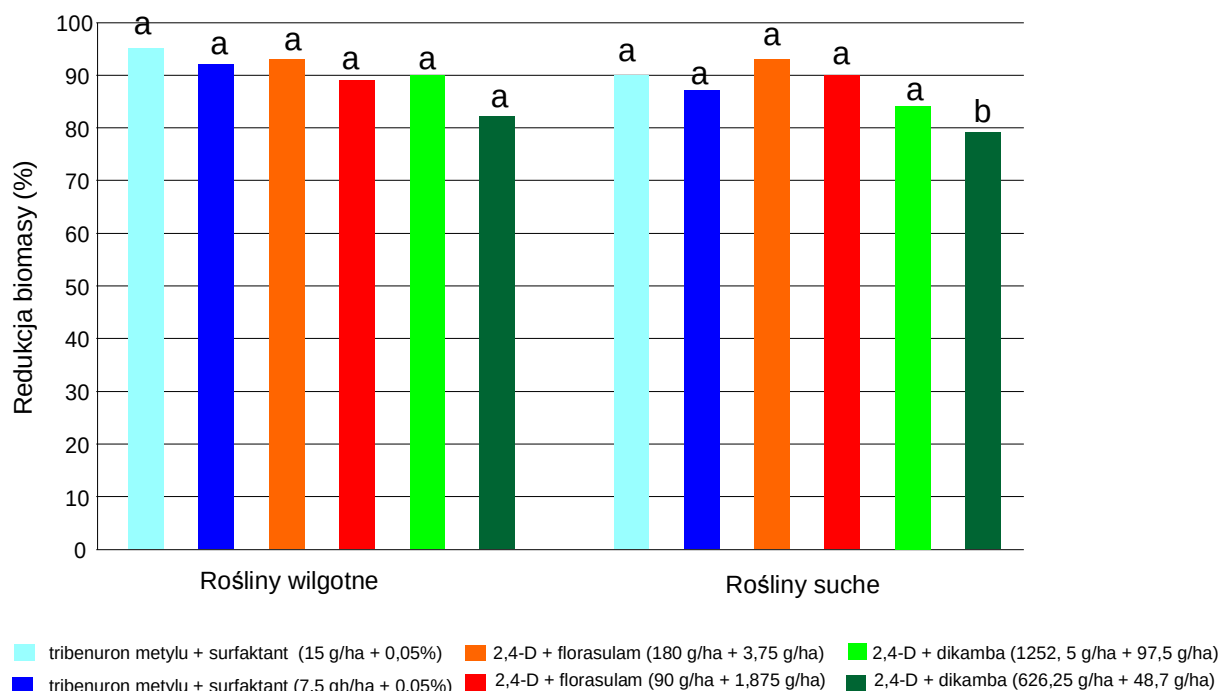
Ze względu na to, że w niniejszym podrozdziale oceniono wpływ stanu uwilgotnienia powierzchni roślin w momencie zabiegu na skuteczność herbicydów, a czynnik ten wprowadzono kilka godzin przed opryskiwaniem, nie miał on wpływu na produkcję biomasy na obiekcie kontrolnym.

4.4.1. Wrażliwość badanych gatunków chwastów na herbicydy na podstawie redukcji świeżej masy roślin

- ***Anthemis arvensis* L.**

Biomasa roślin *Anthemis arvensis* L. była skutecznie redukowana (w 88-95%) przez obie dawki zarówno tribenuronu metylu, jak i mieszaniny 2,4-D + florasulam oraz obniżoną dawkę mieszaniny 2,4-D + dikamba, gdy zabieg wykonano na rośliny wilgotne. W przypadku, gdy ostatni z wymienionych środków aplikowano w dawce obniżonej, badany gatunek wykazał średnią wrażliwość na ten herbicyd. Obserwowany spadek wrażliwości nie został jednak udowodniony statystycznie. W przypadku, gdy herbicydy aplikowano na rośliny suche, chwasty wykazały zbliżoną wrażliwość na zastosowane środki. Nie mniej jednak występujący spadek wrażliwości roślin po zastosowaniu obniżonej dawki mieszaniny 2,4-D + dikamba był istotny statystycznie (rys. 25).

Rysunek 25. Skuteczność herbicydów w redukcji biomasy *Anthemis arvensis* L. w zależności od stanu uwilgotnienia roślin

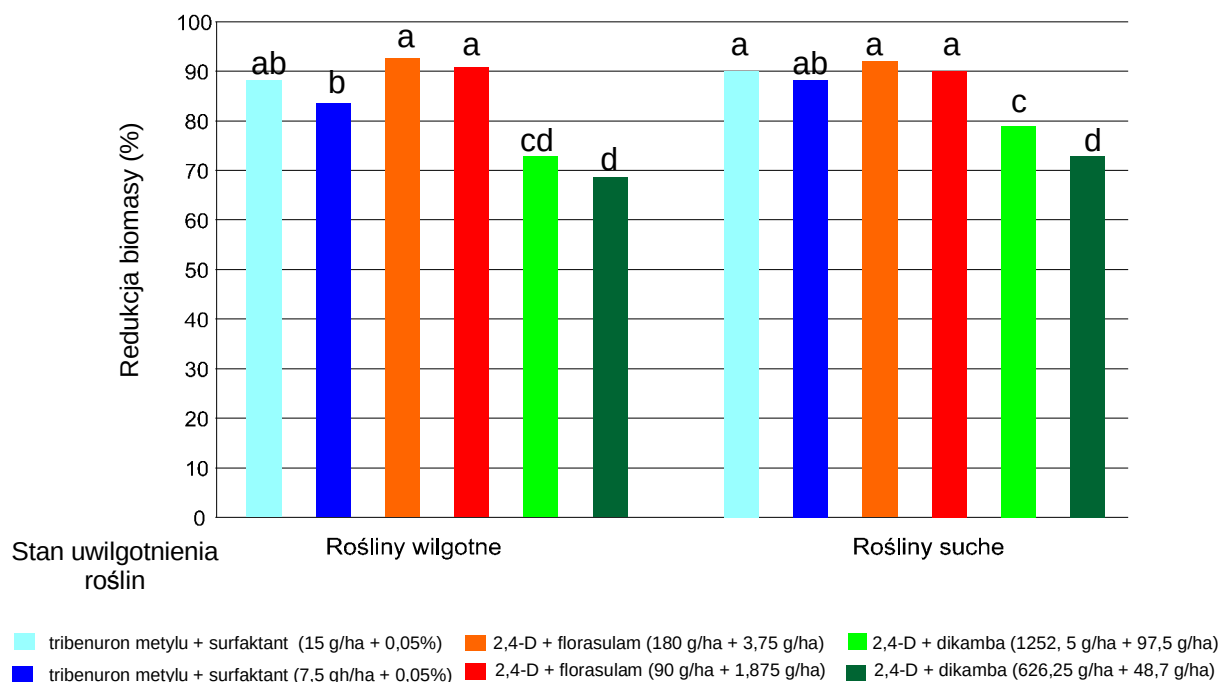


* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

• *Galium aparine* L.

W przypadku, gdy zabieg herbicydowy wykonano na rośliny wilgotne, wyższą redukcję biomasy *Galium aparine* L. (o 88-92%) osiągnięto po aplikacji podstawowej dawki tribenuronu metylu oraz obu ocenianych dawek mieszaniny 2,4-D + florasulam. Istotnie słabszą wrażliwość (w średnim stopniu) omawiany gatunek wykazał na tribenuron metylu, gdy zastosowano go w dawce zredukowanej. Mieszanina 2,4-D + dikamba w obu dawkach działała istotnie gorzej. W sytuacji, gdy herbicydy aplikowano na rośliny suche, *Galium aparine* L. bardzo silnie (w 88-90%) ograniczała wytwarzanie biomasy pod wpływem tribenuronu metylu oraz mieszaniny 2,4-D + florasulam, niezależnie od ich dawki. Jedynie mieszanina 2,4-D + dikamba działała istotnie słabiej. Analiza statystyczna potwierdziła również istotność różnic w jej skuteczności, w zależności od dawki (rys. 26).

Rysunek 26. Skuteczność herbicydów w redukcji biomasy *Galium aparine* L. w zależności od stanu uwilgotnienia roślin

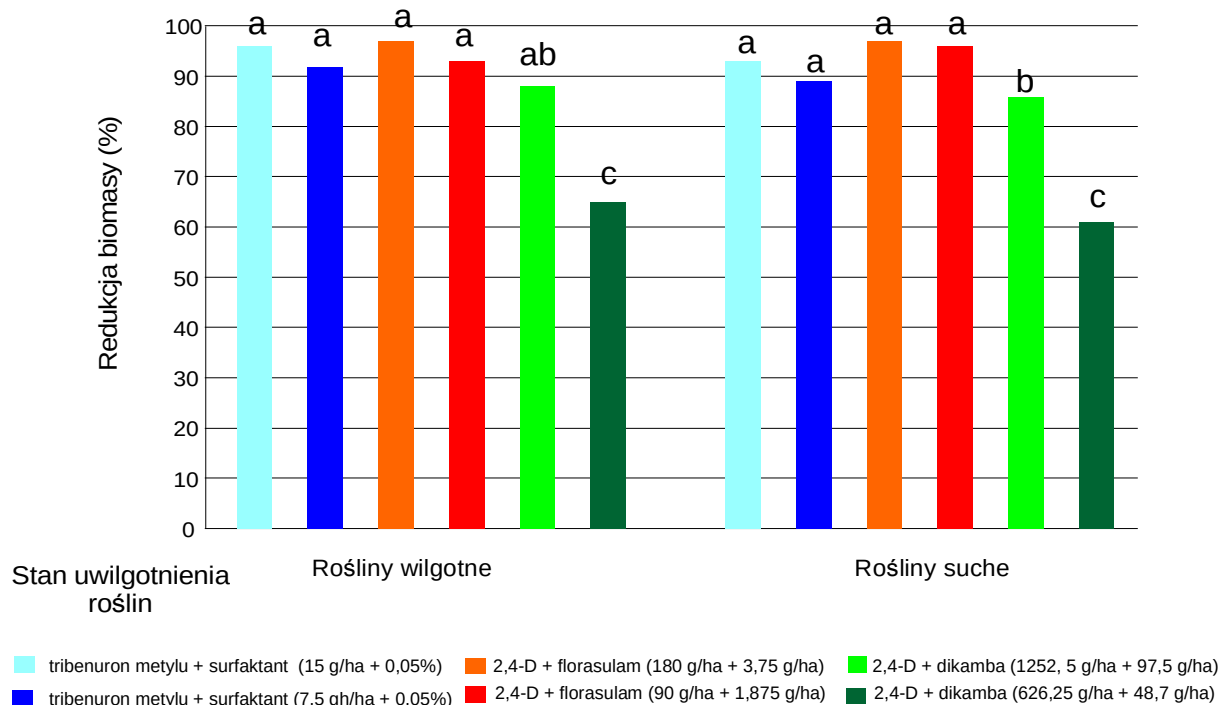


* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

- ***Papaver rhoeas* L.**

Gatunek ten wykazał wysoką wrażliwość na obie dawki zarówno tribenuronu metylu, jak i mieszaniny 2,4-D + florasulam, niezależnie od stanu uwilgotnienia roślin. Aplikacja mieszaniny 2,4-D + dikamba w dawce podstawowej zapewniła skuteczne, lecz nieznacznie słabsze ograniczanie biomasy *Papaver rhoeas* L., niezależnie od stanu uwilgotnienia blaszek liściowych. Różnice te zostały potwierdzone statystycznie tylko w odniesieniu do zabiegu wykonanego na rośliny suche. Niski stopień wrażliwości stwierdzono u roślin traktowanych obniżoną dawką mieszaniny 2,4-D + dikamba w odniesieniu do obu poziomów uwilgotnienia roślin (rys. 27).

Rysunek 27. Skuteczność herbicydów w redukcji biomasy *Papaver rhoeas* L. w zależności od stanu uwilgotnienia roślin

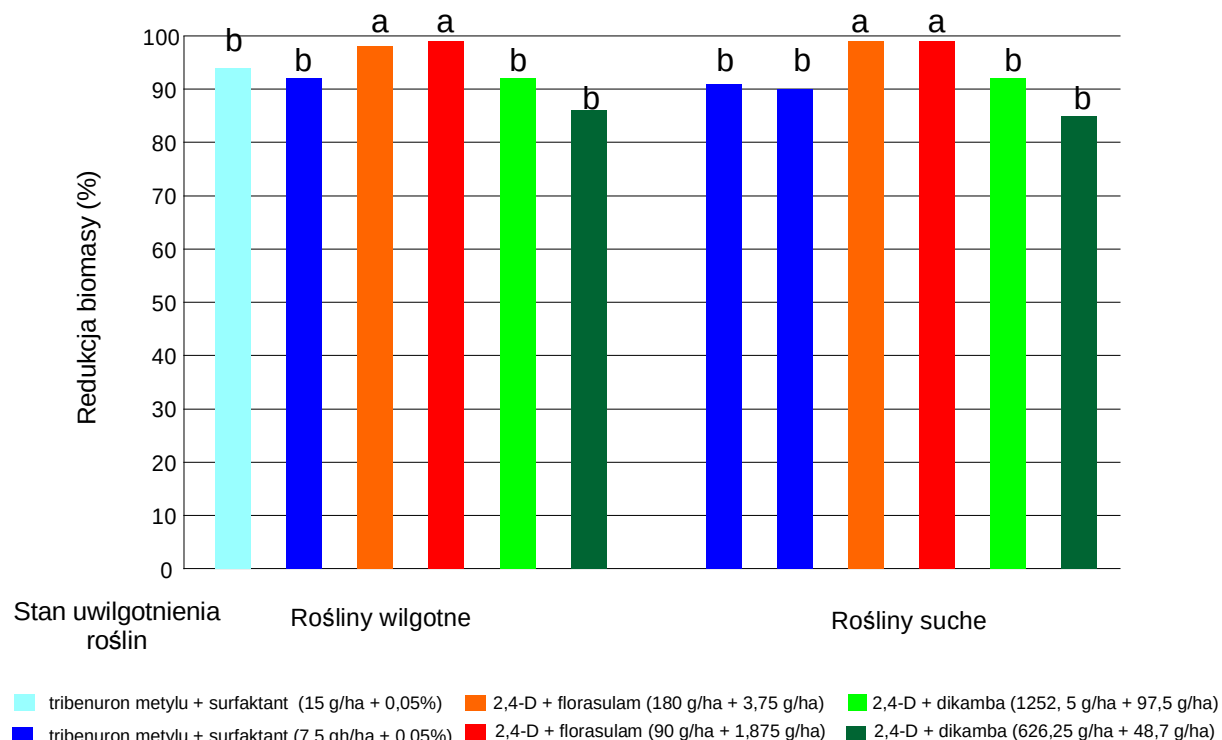


* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

• *Stellaria media* L.

Powyższy gatunek wykazał wysoką wrażliwość (85-99%) na wszystkie zastosowane w doświadczeniu herbicydy, bez względu na wysokość dawki oraz stan uwilgotnienia roślin. Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że istotnie lepszą wrażliwość roślin osiągnięto po zastosowaniu mieszaniny 2,4-D + florasulam, w odniesieniu do obu poziomów uwilgotnienia roślin, w porównaniu do pozostałych środków (rys. 28).

Rysunek 28. Skuteczność herbicydów w redukcji biomasy *Stellaria media* L. w zależności od stanu uwilgotnienia roślin



* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

4.4.2. Reakcja badanych gatunków chwastów na herbicydy w zależności od stanu uwilgotnienia roślin

Spośród badanych gatunków chwastów najwyższą wrażliwością na zastosowane herbicydy, bez względu na ich rodzaj, charakteryzowała się *Stellaria media* L., przy czym stopień jej zniszczenia nie zależał od tego, czy w momencie stosowania herbicydów rośliny były wilgotne, czy też suche. Gatunkiem najmniej wrażliwym na zastosowane środki była *Galium aparine* L., jednak wykazała ona niewielkie, lecz potwierdzone statystycznie różnice w reakcji na herbicydy w zależności od stanu uwilgotnienia roślin (tab. 23).

Tabela 23. Wpływ stanu uwilgotnienia roślin na redukcję biomasy badanych gatunków chwastów niezależnie od stosowanych herbicydów

Stan uwilgotnienia roślin	Redukcja biomasy (%)			
	<i>Anthemis arvensis</i> L.	<i>Galium aparine</i> L.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Stellaria media</i> L.
rośliny wilgotne	90b	83e	88bc	94a
rośliny suche	87bc	85d	87bc	93a

Najwyższą skuteczność redukcji biomasy obserwowano po zastosowaniu podstawowej dawki mieszaniny 2,4-D + florasulam, bez względu na zwalczany gatunek chwastu i stan uwilgotnienia roślin. Najslabiej na chwasty działała mieszanina 2,4-D + dikamba, zwłaszcza w dawce obniżonej, a jej skuteczność nie była uzależniona od stanu uwilgotnienia roślin. Ze wszystkich ocenianych środków, jedynie aktywność tribenuronu metylu była istotnie różnicowana przez ten czynnik (tab. 24).

Tabela 24. Wpływ stanu uwilgotnienia roślin na redukcję biomasy badanych gatunków chwastów w zależności od stosowanych herbicydów

Stan uwilgotnienia roślin	Redukcja biomasy (%)					
	tribenuron metylu + surfaktant		2,4-D + florasulam		2,4-D + dikamba	
	15 g/ha + 0,05 %	7,5 g/ha + 0,05 %	180 g/ha + 3,75 g/ha	90 g/ha + 1,875 g/ha	1252,5 g/ha + 97,5 g/ha	626,25 g/ha + 48,7 g/ha
rośliny wilgotne	93b	90c	95a	93b	86d	75e
rośliny suche	91c	88d	96a	94b	87d	76e

4.4.3. Zmiany w zawartości aminokwasów u badanych gatunków chwastów pod wpływem zastosowanych herbicydów

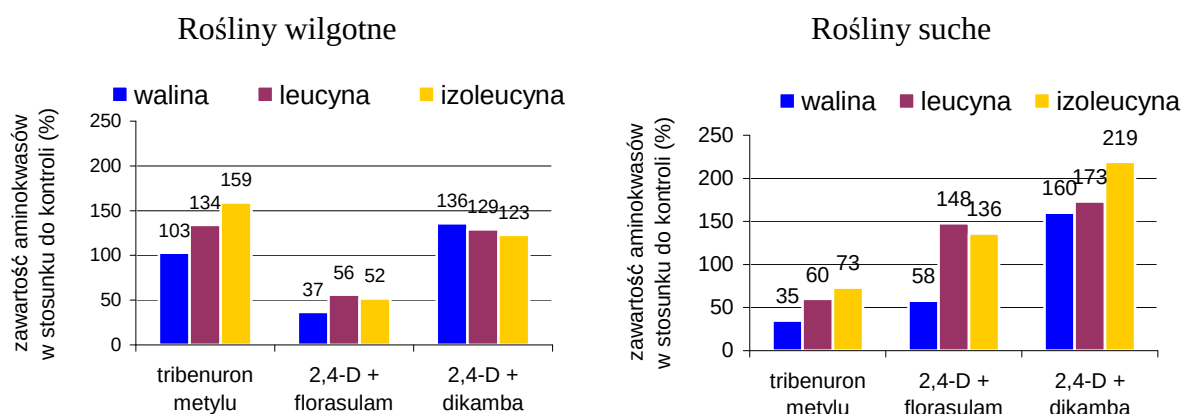
Stan uwilgotnienia roślin jest czynnikiem wpływającym na skuteczność zabiegu w momencie jego wykonywania, natomiast ze względu na fakt, że wprowadzono go na kilka godzin przed opryskiwaniem, nie wpływał on na wzrost i rozwój roślin na obiekcie kontrolnym, a tym samym zawartość aminokwasów w tkankach ocenianych chwastów. Z tego względu w niniejszym rozdziale zostanie omówiony tylko wpływ omawianego czynnika na poziom aminokwasów w tkankach roślin traktowanych badanymi herbicydami.

- ***Anthemis arvensis* L.**

W tkankach roślin *Anthemis arvensis* L. traktowanych tribenuronem metylu obserwowano duże zróżnicowanie w zawartości aminokwasów w zależności od stanu uwilgotnienia roślin w trakcie zabiegu. W przypadku zastosowania tego środka na rośliny wilgotne zawartość aminokwasów odpowiadała wartości 103-159% w porównaniu do obiektu kontrolnego, natomiast gdy herbicyd aplikowano na rośliny suche poziom aminokwasów był znacznie niższy i zawierał się w granicach 35-73%. Odwrotna sytuacja wystąpiła po aplikacji mieszanin 2,4-D + florasulam i 2,4-D + dikamba. Stwierdzono wtedy znaczący wzrost

zawartości aminokwasów, a zwłaszcza leucyny i izoleucyny w przypadku, gdy zabieg wykonano na rośliny suche (rys. 29).

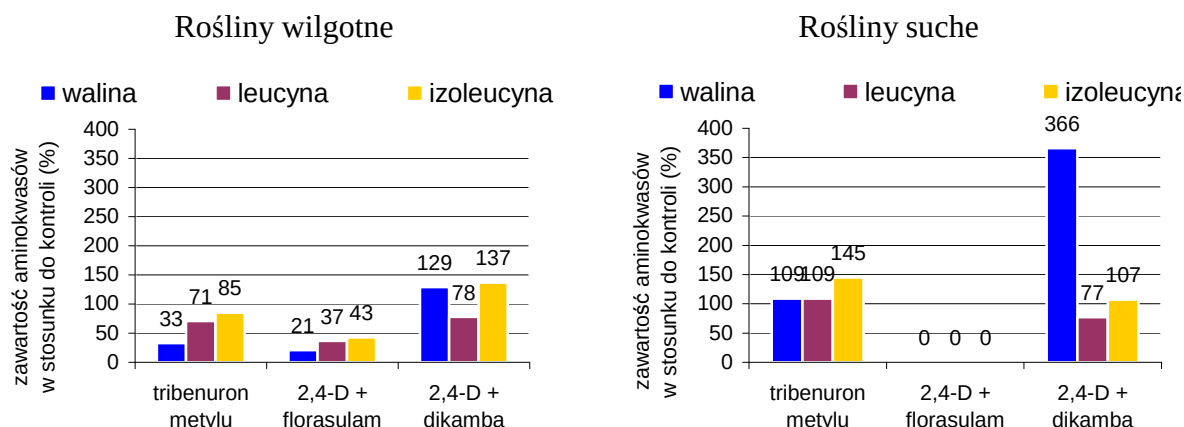
Rysunek 29. Wpływ stanu uwilgotnienia roślin na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Anthemis arvensis* L. traktowanych badanymi herbicydami



- ***Galium aparine* L.**

Na obiekcie, na którym aplikowano mieszaninę 2,4-D + florasulam na suche rośliny *Galium aparine* L., ich biomasa uległa znaczącej redukcji, w związku z czym nie można było ocenić zawartości aminokwasów w materiale roślinnym. Poziom aminokwasów w roślinach *Galium aparine* L. był znacznie niższy, w sytuacji gdy chwasty w momencie wykonywania zabiegu były wilgotne. Najniższe wartości aminokwasów wykazano w próbkach roślin uzyskanych z obiektów traktowanych mieszaniną 2,4-D + florasulam. Po zastosowaniu mieszaniny 2,4-D + dikamba poziom waliny i izoleucyny przekroczył wartości na obiekcie kontrolnym, natomiast leucyny kształtował się na poziomie 78%. W przypadku aplikacji herbicydów na rośliny suche zaobserwowano znaczny wzrost zawartości waliny, w porównaniu do tego jaki stwierdzono, gdy opryskiwane rośliny były wilgotne. Szczególnie duży wzrost poziomu tego aminokwasu (do 366% w porównaniu do kontroli) stwierdzono po aplikacji mieszaniny 2,4-D + dikamba (rys. 30).

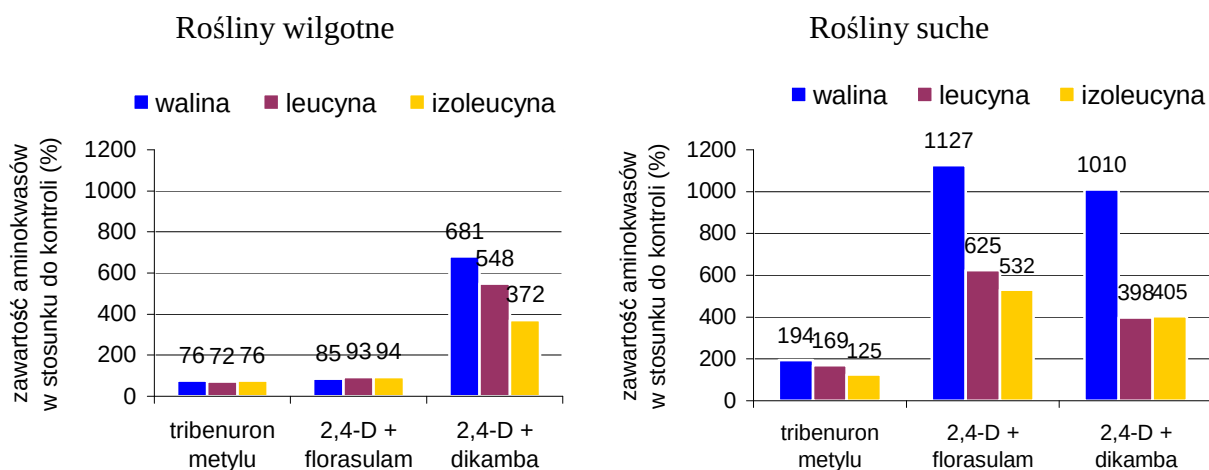
Rysunek 30. Wpływ stanu uwilgotnienia roślin na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Galium aparine* L. traktowanych badanymi herbicydami



- ***Papaver rhoeas* L.**

Omawiany gatunek charakteryzował się dużym zróżnicowaniem pod względem zawartości aminokwasów w zależności od stanu uwilgotnienia roślin. Znacznie wyższy poziom obserwowano, gdy rośliny były suche w momencie wykonania zabiegu. Wyjątkiem było zastosowanie mieszaniny 2,4-D + dikamba i jej wpływ na zawartość leucyny, która w tym przypadku była wyższa oraz izoleucyny, której poziom był podobny. Największy przyrost i zróżnicowanie w zawartości wszystkich trzech aminokwasów wystąpiło po aplikacji mieszaniny 2,4-D + florasulam, natomiast mieszanina 2,4-D + dikamba stymulowała jedynie wzrost poziomu aminokwasów (rys. 31).

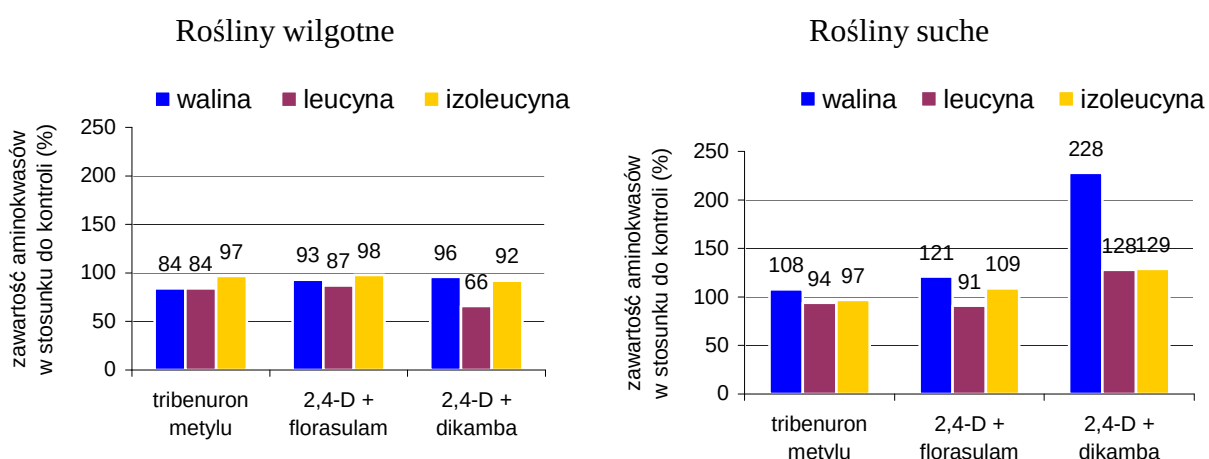
Rysunek 31. Wpływ stanu uwilgotnienia roślin na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Papaver rhoeas* L. traktowanych badanymi herbicydami



- ***Stellaria media* L.**

Poziom badanych aminokwasów w tkankach *Stellaria media* L. nie różnił się znacząco w zależności od stanu uwilgotnienia roślin. Wyjątek stanowiły rośliny traktowane mieszaniną 2,4-D + dikamba, w których stwierdzono znacznie wyższą zawartość waliny, w przypadku, gdy zabieg wykonano na rośliny suche (rys. 32).

Rysunek 32. Wpływ stanu uwilgotnienia roślin na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Stellaria media* L. traktowanych badanymi herbicydami



Na podstawie oceny zawartości wolnych aminokwasów w tkankach badanych gatunków chwastów potraktowanych herbicydami, aplikowanymi na wilgotne lub suche powierzchnie blaszek liściowych ocenianych gatunków chwastów, stwierdzono, że poziom waliny, leucyny i izoleucyny był zróżnicowany w zależności od gatunku oraz zastosowanego środka. Największą zawartością aminokwasów, a zwłaszcza waliny cechowały się rośliny potraktowane mieszaniną 2,4-D + dikamba, bez względu na zwalczany gatunek chwastu. Spośród wszystkich ocenianych gatunków, najmniejsze zróżnicowanie pod względem zawartości aminokwasów w zależności od badanego czynnika abiotycznego wystąpiło u roślin *Stellaria media* L..

4.5. Wpływ natężenia światła na skuteczność herbicydów

Natężenie światła determinuje skuteczność herbicydów zarówno poprzez wpływ na morfologię i fizjologię roślin, jak również na działanie samego środka chwastobójczego. Poszczególne gatunki cechują się zróżnicowanymi wymaganiami świetlnymi i w konsekwencji w różny sposób reagują na warunki świetlne w jakich rosną oraz na zastosowane herbicydy. W przeprowadzonych doświadczeniach oceniono dwa poziomy natężenia światła: 10 000 lx i 7 000 lx.

Spośród badanych gatunków chwastów największym przyrostem świeżej masy na obiekcie kontrolnym charakteryzowały się *Galium aparine* L. i *Stellaria media* L.. Natężenie światła wywarło istotny wpływ na wzrost roślin powyższych gatunków na obiekcie kontrolnym. Większy przyrost biomasy zaobserwowano, gdy rośliny rosły w warunkach większego natężenia światła (10 000 lx). Pozostałe gatunki tj. *Anthemis arvensis* L. i *Papaver rhoeas* L. wytworzyły podobną ilość masy niezależnie od poziomu natężenia światła (tab. 25).

Tabela 25. Produkcja świeżej masy badanych gatunków chwastów rosnących w zróżnicowanych warunkach natężenia światła na obiekcie kontrolnym

Natężenie światła	Świeża masa (g)			
	<i>Anthemis arvensis</i> L.	<i>Galium aparine</i> L.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Stellaria media</i> L.
10 000 lx	2,58	6,14	1,89	8,63
7 000 lx	2,42	2,32	1,47	6,11
NIR(0,05)	r.n.	1,28	r.n.	1,86

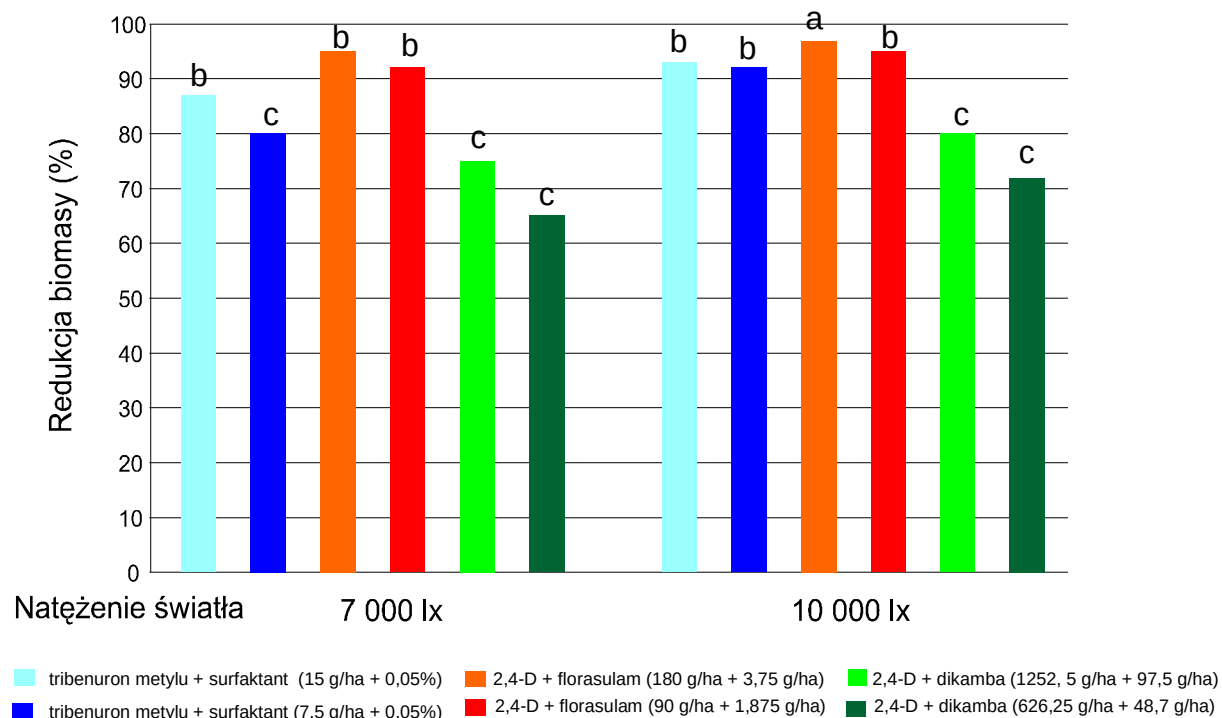
4.5.1. Wrażliwość badanych gatunków chwastów na herbicydy na podstawie redukcji świeżej masy roślin

- *Anthemis arvensis* L.

Biomasa badanego gatunku była skutecznie redukowana (w 87-95%) na obiektach traktowanych podstawową dawką tribenuronu metylu oraz obiema dawkami mieszaniny 2,4-D + florasulam zarówno w warunkach niższego (7 000 lx), jak i wyższego natężenia światła (10 000 lx). Stwierdzono zróżnicowaną reakcję *Anthemis arvensis* L. na obniżoną dawkę tribenuronu metylu w zależności od natężenia światła. Niższą wrażliwość (80%) wykazano, gdy rośliny rosły w gorszych warunkach świetlnych. Najslabiej reagowały rośliny potraktowane mieszaniną 2,4-D + dikamba. W lepszych warunkach oświetleniowych pełna dawka tego środka działał ze średnią skutecznością, natomiast ograniczenie natężenia światła lub zredukowanie dawki prowadziło do spadku wrażliwości roślin. Pomimo obserwowanych

różnic w efektywności ograniczania biomasy *Anthemis arvensis* L. przez mieszaninę 2,4-D + dikamba w zależności od powyższych czynników analiza statystyczna nie wykazała ich istotności (rys. 33).

Rysunek 33. Skuteczność herbicydów w redukcji biomasy *Anthemis arvensis* L. w zależności od natężenia światła



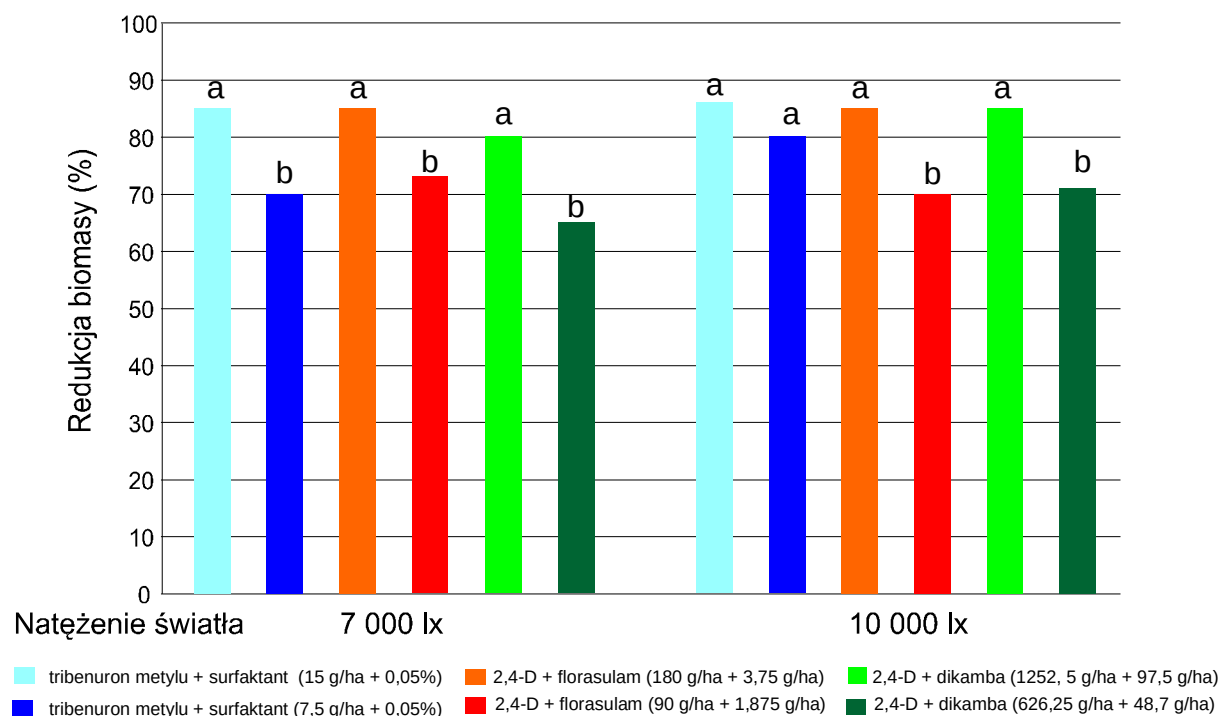
* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

• *Galium aparine* L.

Rośliny *Galium aparine* L. cechowały się wysokim stopniem wrażliwości (ograniczenie produkcji biomasy o 85-87%) na tribenuron metylu oraz mieszaninę 2,4-D + florasulam aplikowane tylko w dawce podstawowej, niezależnie od natężenia światła. Mieszanina 2,4-D + dikamba skutecznie redukowałą masę roślin tylko w warunkach wyższego natężenia światła, natomiast w średnim stopniu w gorszych warunkach świetlnych. Istotność tych różnic nie została jednak udowodniona statystycznie. Omawiany gatunek wykazał średnią wrażliwość na tribenuron metylu oraz mieszaninę 2,4-D + florasulam aplikowaną w dawce obniżonej, bez względu na warunki świetlne. Podobną wrażliwość wykazano u roślin traktowanych mieszaniną 2,4-D + dikamba w dawce obniżonej, w warunkach większego natężenia światła. Po aplikacji tej samej dawki, lecz w warunkach słabszego natężenia światła

stwierdzono niską wrażliwość na ten środek, jednak spadek wrażliwości w zależności od natężenia światła nie został potwierdzony statystycznie (rys. 34).

Rysunek 34. Skuteczność herbicydów w redukcji biomasy *Galium aparine* L. w zależności od natężenia światła

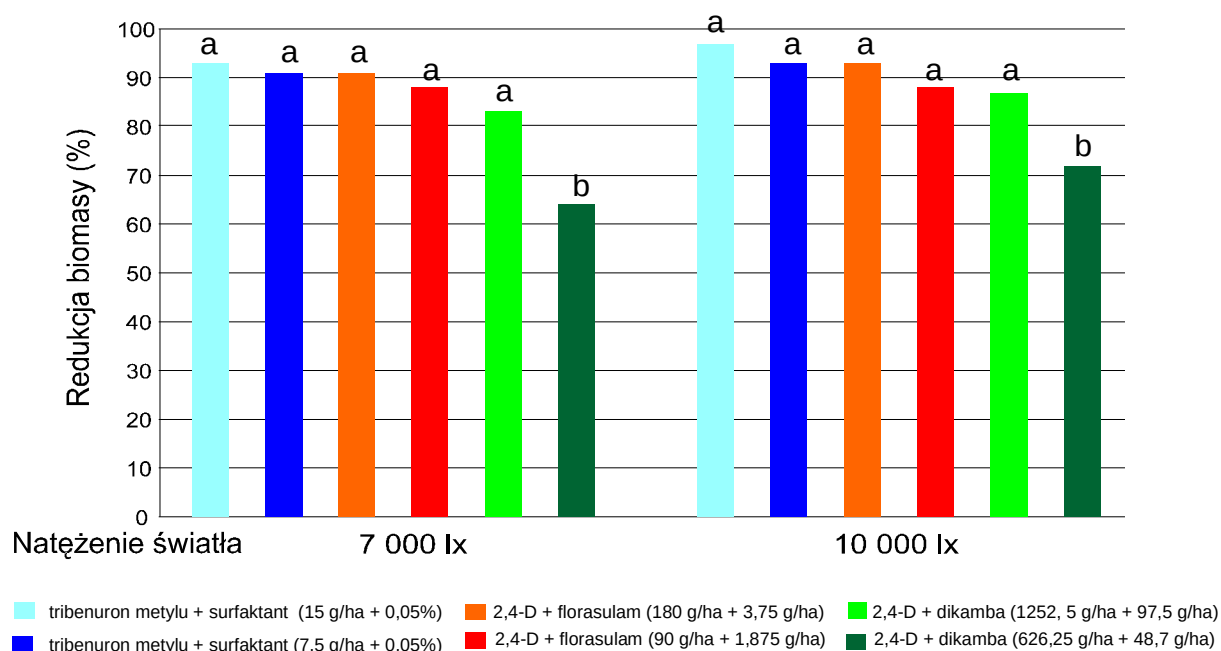


* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

• *Papaver rhoeas* L.

Gatunek ten wykazał wysoką wrażliwość, ograniczając produkcję biomasy o 88-87%, na obie dawki tribenuronu metylu oraz mieszaniny 2,4-D + florasulam, niezależnie od natężenia światła. Równie skutecznie jego biomasa była redukowana po zastosowaniu zalecanej dawki mieszaniny 2,4-D + dikamba w warunkach wyższego natężenia światła, natomiast tylko w średnim stopniu, gdy natężenie światła było ograniczone do 7 000 lux. Powyższe różnice nie zostały potwierdzone analizą statystyczną. Istotnie niższą skutecznością, w stosunku do innych środków, charakteryzowała się mieszanina 2,4-D + dikamba w dawce obniżonej. *Papaver rhoeas* L. wykazał średnią wrażliwość na obniżoną dawkę tego środka, gdy rośliny rosły w warunkach wyższego natężenia światła, natomiast słabą w niskim natężeniu. Analiza statystyczna nie potwierdziła istotności tych różnic (rys. 35).

Rysunek 35. Skuteczność herbicydów w redukcji biomasy *Papaver rhoeas* L. w zależności od natężenia światła

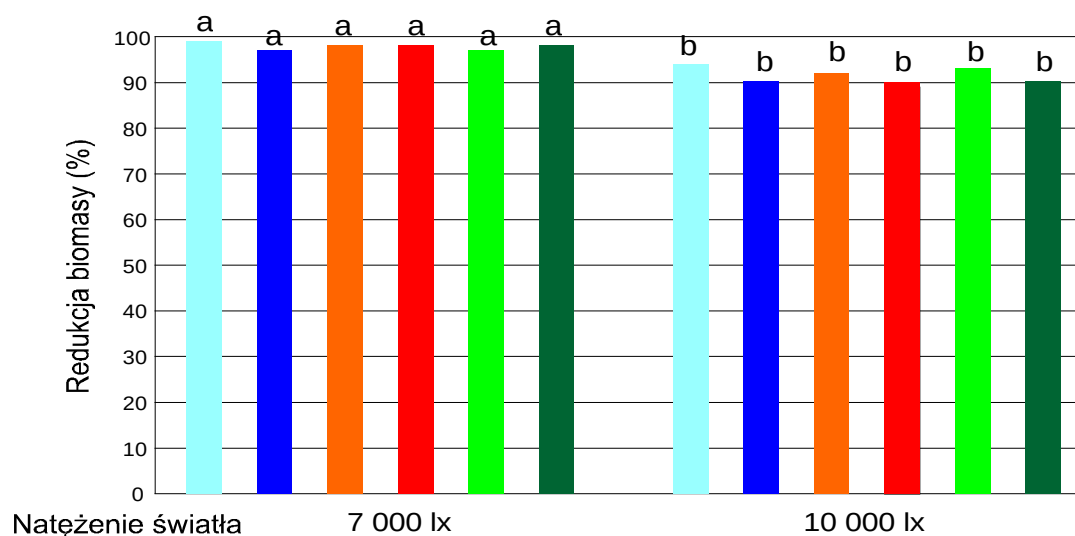


* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

- ***Stellaria media* L.**

Rośliny tego gatunku charakteryzowały się wysokim stopniem wrażliwości (redukcja biomasy o 90-99%) na wszystkie oceniane w doświadczeniu herbicydy, niezależnie od natężenia światła. Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała jednak, że na każdym obiekcie herbicydowym wrażliwość roślin *Stellaria media* L. była istotnie niższa, gdy rosły one w warunkach słabszego natężenia światła (rys. 36).

Rys. 36 Skuteczność herbicydów w redukcji biomasy *Stellaria media* L. w zależności od natężenia światła



■ tribenuron metylu + surfaktant (15 g/ha + 0,05%)
 ■ 2,4-D + florasulam (180 g/ha + 3,75 g/ha)
 ■ 2,4-D + dikamba (1252,5 g/ha + 97,5 g/ha)
■ tribenuron metylu + surfaktant (7,5 g/ha + 0,05%)
 ■ 2,4-D + florasulam (90 g/ha + 1,875 g/ha)
 ■ 2,4-D + dikamba (626,25 g/ha + 48,7 g/ha)

* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

4.5.2. Reakcja badanych gatunków chwastów na tribenuron metylu w zależności od natężenia światła

Analizując wpływ natężenia światła na redukcję biomasy chwastów można stwierdzić, że najsilniej na ten czynnik reagowała *Stellaria media* L.. Gatunek ten był bardzo wrażliwy, niezależnie od poziomu natężenia światła, jednak istotnie wyższą wrażliwość wykazano w mniejszym natężeniu światła. W przypadku *Anthemis arvensis* L. stwierdzono odwrotną zależność, a mianowicie gatunek ten był bardziej wrażliwy w warunkach większego natężenia światła. Pozostałe gatunki tj. *Galium aparine* L. i *Papaver rhoeas* L. nie wykazały zróżnicowanej reakcji na herbicydy w zależności od warunków świetlnych (tab. 26).

Tabela 26. Wpływ natężenia światła na redukcję biomasy badanych gatunków chwastów niezależnie od stosowanych herbicydów

Natężenie światła	Redukcja biomasy (%)			
	<i>Anthemis arvensis</i> L.	<i>Galium aparine</i> L.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Stellaria media</i> L.
10 000 lx	88b	78c	88b	91b
7 000 lx	82bc	77c	85b	98a

Oceniane w doświadczeniu herbicydy wykazały podobną efektywność w zwalczaniu chwastów za wyjątkiem mieszaniny 2,4-D + dikamba aplikowanej w dawce obniżonej, co zostało dowiedzione statystycznie. Nie stwierdzono natomiast istotnych statystycznie różnic w skuteczności poszczególnych herbicydów w zależności od natężenia światła (tab. 27).

Tabela 27. Wpływ natężenia światła na redukcję biomasy badanych gatunków chwastów w zależności od stosowanych herbicydów

Natężenie światła	Redukcja biomasy (%)					
	tribenuron metylu + surfaktant		2,4-D + florasulam		2,4-D + dikamba	
	15 g/ha + 0,05%	7,5 g/ha + 0,05%	180 g/ha + 3,75 g/ha	90 g/ha + 1,875 g/ha	1252,5 g/ha + 97,5 g/ha	626,25 g/ha + 48,7 g/ha
10 000 lx	92a	89a	91a	85a	86a	74b
7 000 lx	91a	85a	92a	88a	84a	74b

4.5.3. Zawartość aminokwasów u badanych gatunków chwastów pod wpływem zastosowanych herbicydów

Natężenie światła wywarło znaczny wpływ na poziom aminokwasów na obiekcie kontrolnym w przypadku *Anthemis arvensis* L., *Galium aparine* L. i *Papaver rhoeas* L.. Najwyższy wzrost (prawie trzykrotny) nastąpił w komórkach *Galium aparine* L., natomiast nieco niższy (ok. 40%) u *Anthemis arvensis* L., gdy rosły one w słabszym natężeniu światła. W przypadku *Papaver rhoeas* L. więcej aminokwasów (o ok. 50%) wystąpiło w roślinach rosnących w warunkach większego natężenia światła. Rośliny *Stellaria media* L. nie wykazały podobnych prawidłowości, gdyż niezależnie od intensywności światła, zawartość aminokwasów była zbliżona (tab. 28).

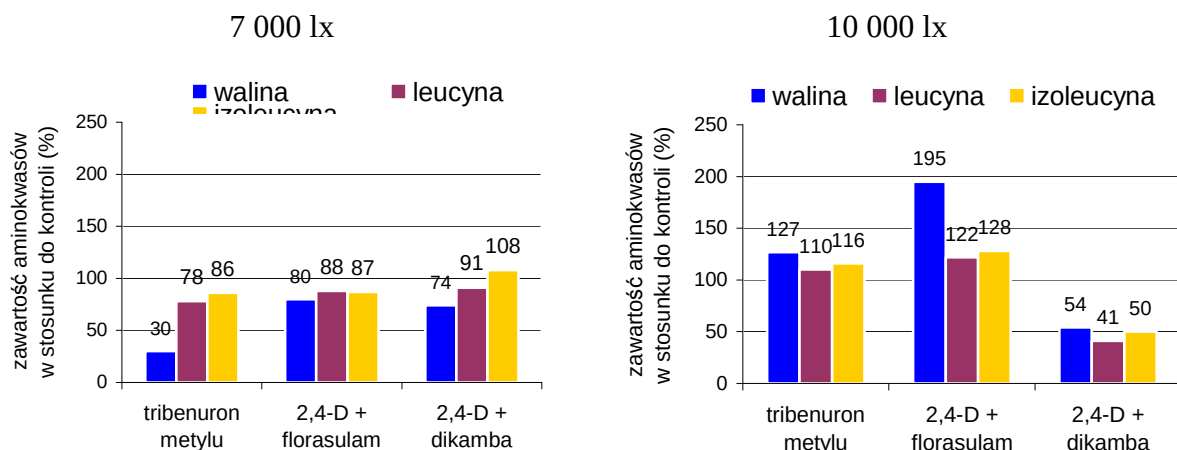
Tabela 28. Zawartość aminokwasów w komórkach roślin badanych gatunków chwastów na obiekcie kontrolnym w zależności od natężenia światła

Natężenie światła	Aminokwasy	Zawartość aminokwasów (mg/kg)			
		<i>Anthemis arvensis</i> L.	<i>Galium aparine</i> L.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Stellaria media</i> L.
10 000 lx	walina	6,60	2,68	18,22	8,98
	leucyna	51,28	16,92	93,76	56,12
	izoleucyna	36,72	12,78	72,44	50,74
	suma	94,58	32,38	184,40	115,84
7 000 lx	walina	14,72	11,68	10,20	10,16
	leucyna	52,18	42,92	58,00	60,08
	izoleucyna	69,36	38,50	50,08	56,40
	suma	136,26	93,10	118,26	126,64

- *Anthemis arvensis* L.

W roślinach *Anthemis arvensis* L. traktowanych tribenuronem metylu oraz mieszaniną 2,4-D + florasulam stwierdzono znacznie wyższy poziom aminokwasów, gdy rośliny rosły w warunkach intensywniejszego naświetlenia. Po aplikacji mieszaniny 2,4-D + florasulam w tych warunkach zaobserwowano znaczne zróżnicowanie w zawartości poszczególnych aminokwasów, szczególnie na znacznie wyższym poziomie kształtowała się zawartość waliny (o ok. 200% w stosunku do kontroli). Przeciwnie, na obiektach potraktowanych mieszaniną 2,4-D + dikamba stwierdzono wzrost poziomu aminokwasów, a zwłaszcza izoleucyny, w przypadku roślin rosnących w warunkach słabszego natężenia światła (rys. 37).

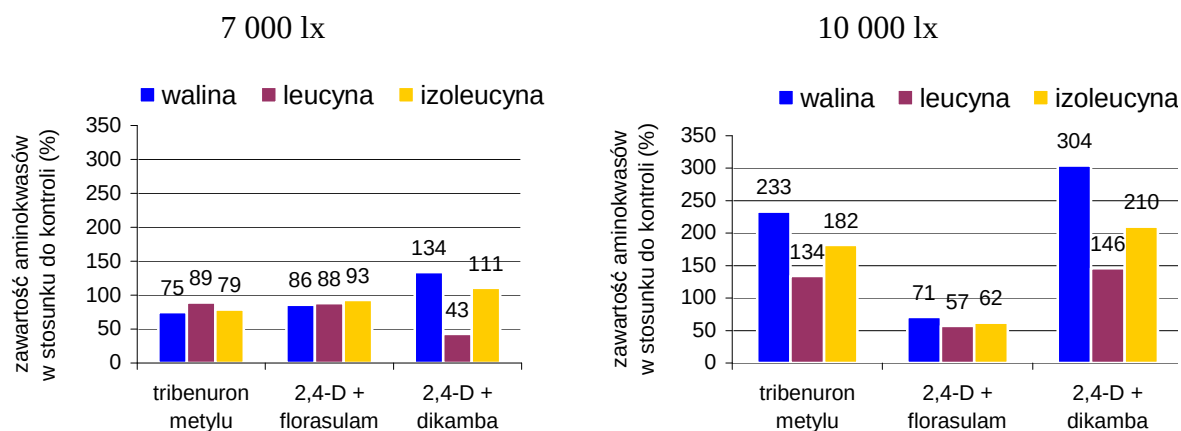
Rysunek 37. Wpływ natężenia światła na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Anthemis arvensis* L. traktowanych badanymi herbicydami



- ***Galium aparine* L.**

W przypadku *Galium aparine* L., znacznie wyższą zawartością aminokwasów charakteryzowały się rośliny rosnące w warunkach wyższego natężenia światła na obiektach, na których zastosowano tribenuron metylu i mieszaninę 2,4-D + dikamba. Szczególnie wyraźny wzrost zaobserwowano w przypadku zawartości waliny. Na obiektach traktowanych mieszaniną 2,4-D + florasulam wykazano odwrotną zależność, jednak różnice w zawartości aminokwasów pomiędzy badanymi poziomami natężenia światła były znacznie mniej wyraźne (rys. 38).

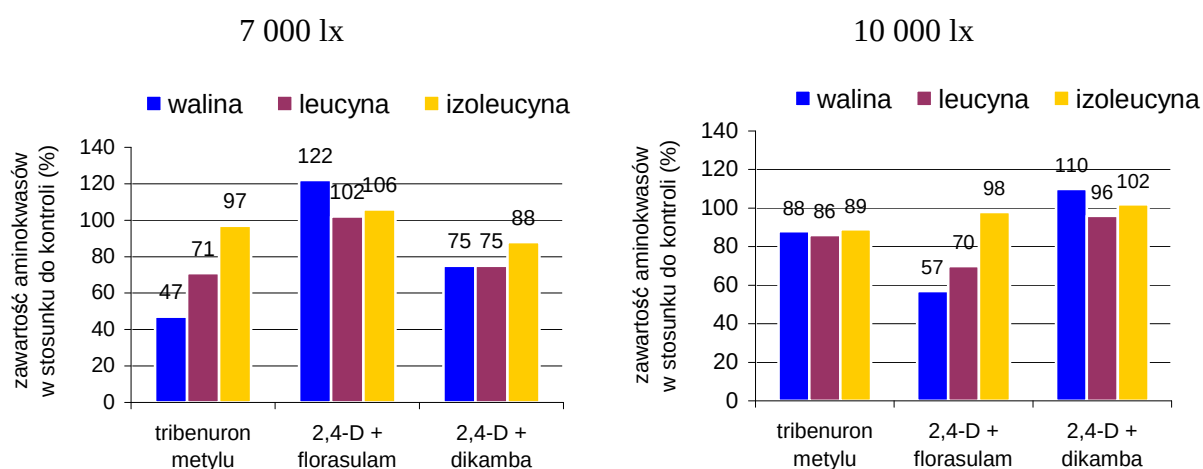
Rysunek 38. Wpływ natężenia światła na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Galium aparine* L. traktowanych badanymi herbicydami



- ***Papaver rhoeas* L.**

W przypadku *Papaver rhoeas* L., różnice w ogólnej zawartości aminokwasów w zależności od natężenia światła, były nieznaczne, natomiast wystąpiły różnice w proporcji pomiędzy aminokwasami. Na obiektach traktowanych tribenuronem metylu i mieszaniną 2,4-D + dikamba wystąpił spadek zawartości waliny i leucyny w warunkach słabszego natężenia światła. Z kolei po zastosowaniu mieszaniny 2,4-D + florasulam zaobserwowano wzrost poziomu tych aminokwasów przy niższym natężeniu światła (rys. 39).

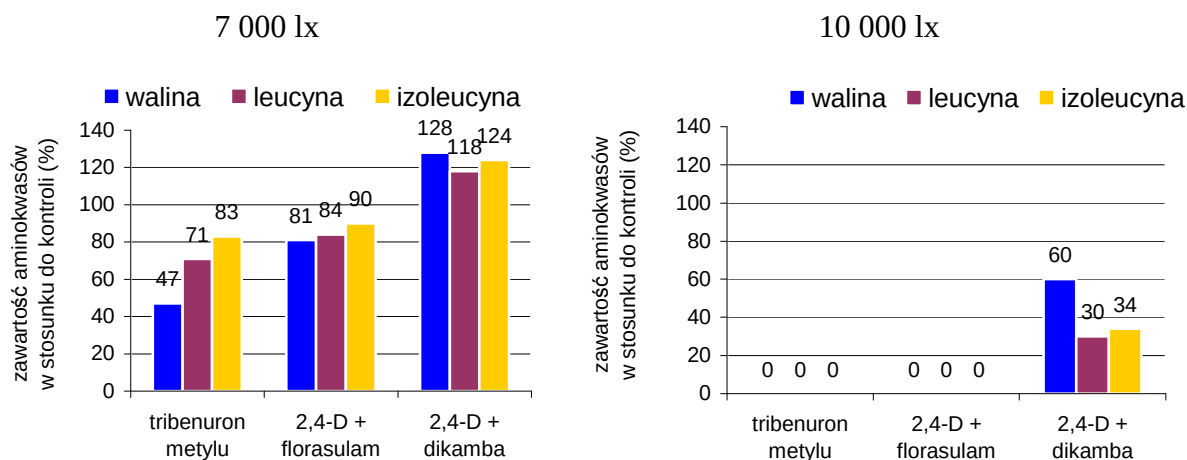
Rysunek 39. Wpływ natężenia światła na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Papaver rhoeas* L. traktowanych badanymi herbicydami



- ***Stellaria media* L.**

W roślinach *Stellaria media* L. rosnących w warunkach większego natężenia światła aminokwasy oznaczono tylko na obiekcie traktowany mieszaniną 2,4-D + dikamba. Na pozostałych obiektach rośliny pod wpływem stosowanych środków uległy zniszczeniu. Poziom aminokwasów na tym obiekcie wahał się w granicach 34-60% w porównaniu z obiektem kontrolnym, przy czym najwięcej było waliny. W warunkach słabszego natężenia światła nastąpił wzrost zawartości każdego z aminokwasów, i tak waliny było ponad dwukrotnie więcej, leucyny czterokrotnie, a izoleucyny ponad trzykrotnie więcej. Dodatkowo w gorszych warunkach świetlnych wykazano obecność aminokwasów w próbkach roślin traktowanych tribenuronem metylu oraz mieszaniną 2,4-D + florasulam, gdyż rośliny nie zostały zniszczone przez te środki (rys. 40).

Rysunek 40. Wpływ natężenia światła na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Stellaria media* L. traktowanych badanymi herbicydami



Analizując wpływ natężenia światła na zawartość waliny, leucyny i izoleucyny w tkankach badanych gatunków chwastów traktowanych herbicydami, można zaobserwować zróżnicowaną reakcję poszczególnych gatunków. Największe różnice w sumarycznej zawartości aminokwasów w zależności od natężenia światła wystąpiły u *Galium aparine* L. i *Stellaria media* L., natomiast najmniejsze u *Papaver rhoeas* L.. W tkankach roślin *Galium aparine* L. i *Anthemis arvensis* L. rosnących w warunkach słabszego natężenia światła poziom aminokwasów był podobny dla poszczególnych obiektów herbicydów. W przypadku roślin *Anthemis arvensis* L. rosnących w większej intensywności światła nastąpił wzrost zawartości aminokwasów po aplikacji tribenuronu metylu i mieszaniny 2,4-D + florasulam, natomiast u *Galium aparine* L. po zastosowaniu tribenuronu metylu i mieszaniny 2,4-D + dikamba.

4.6. Wpływ typu gleby na skuteczność herbicydów

Typ gleby odgrywa znaczącą rolę w kształtowaniu cech morfologicznych oraz procesów fizjologicznych roślin. Poszczególne gatunki chwastów charakteryzują się preferencjami odnośnie rodzaju gleby na jakiej rosną. W przypadku herbicydów stosowanych nalistnie rola tego czynnika jest nieznaczna jeśli chodzi o działanie herbicydów. W przeprowadzonych badaniach uwzględniono dwa typy gleb: czarną ziemię i glebę płową.

Podobnie, jak w przypadku doświadczeń nad oceną wpływu temperatury i wilgotności powietrza oraz natężenia światła na skuteczność herbicydów, w omawianym doświadczeniu gatunkami cechującymi się najbardziej intensywnym wzrostem na obiekcie kontrolnym były *Galium aparine* L. i *Stellaria media* L.. Typ gleby istotnie różnicował wzrost wszystkich ocenianych gatunków chwastów. Wytworzyły one znacznie więcej świeżej masy, gdy rosły na cięższej i zasobniejszej czarnej ziemi, niż na lżejszej glebie płowej (tab. 29).

Tabela 29. Produkcja świeżej masy badanych gatunków chwastów rosnących na różnych typach gleby na obiekcie kontrolnym

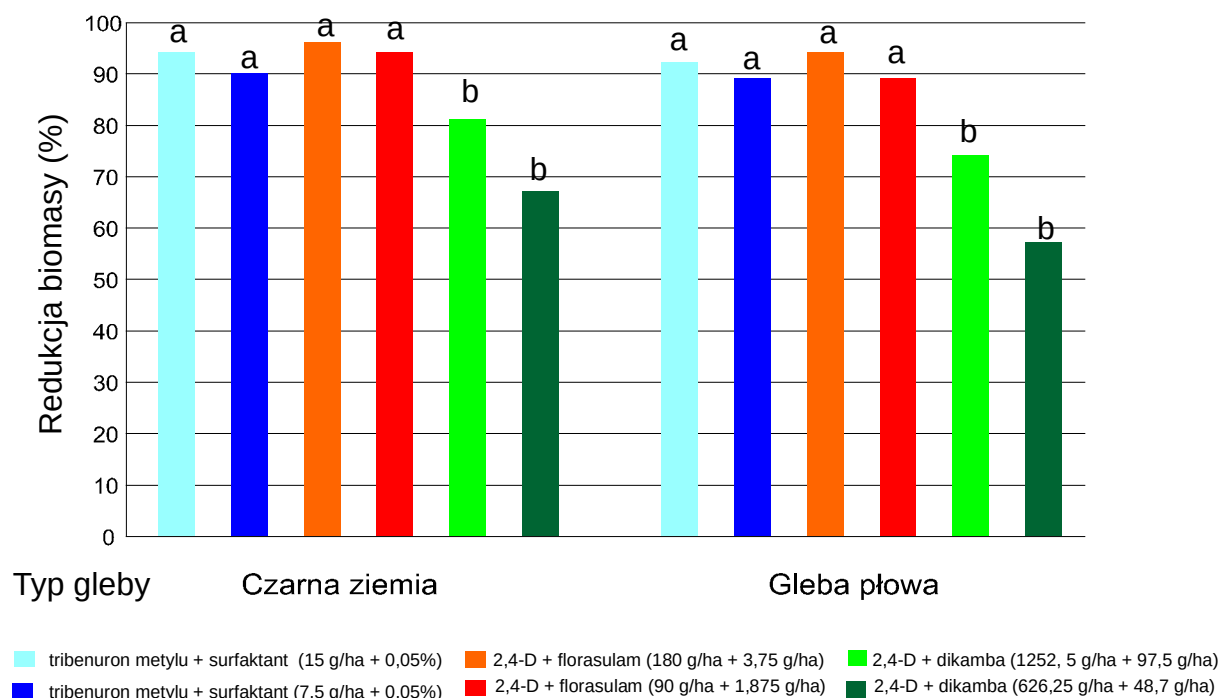
Typ gleby	Świeża masa (g)			
	<i>Anthemis arvensis</i> L.	<i>Galium aparine</i> L.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Stellaria media</i> L.
Czarna ziemia	2,00a	5,83a	1,76a	3,20a
Gleba płowa	1,25b	3,45b	0,67b	2,65b
NIR(0,05)	0,35	1,52	0,30	0,29

4.6.1. Wrażliwość badanych gatunków chwastów na herbicydy na podstawie redukcji świeżej masy roślin

- *Anthemis arvensis* L.

Gatunek ten charakteryzował się wysoką wrażliwością, skutkującą redukcją biomasy w 89-94%, na tribenuron metylu aplikowany łącznie z surfaktantem oraz mieszaniną 2,4-D + florasulam, niezależnie od dawki środka oraz typu gleby. Rośliny rosnące zarówno na czarnej ziemi, jak i na glebie płowej, potraktowane zalecaną dawką mieszaniny 2,4-D + dikamba, wykazały średnią wrażliwość na ten herbicyd. Po aplikacji dawki obniżonej tego środka stwierdzono niską wrażliwość badanego gatunku (ograniczenie świeżej masy o 57-67%) na obu typach gleby, jednak spadek wrażliwości nie został udowodniony statystycznie (rys. 41).

Rysunek 41. Skuteczność herbicydów w redukcji biomasy *Anthemis arvensis* L. w zależności od typu gleby

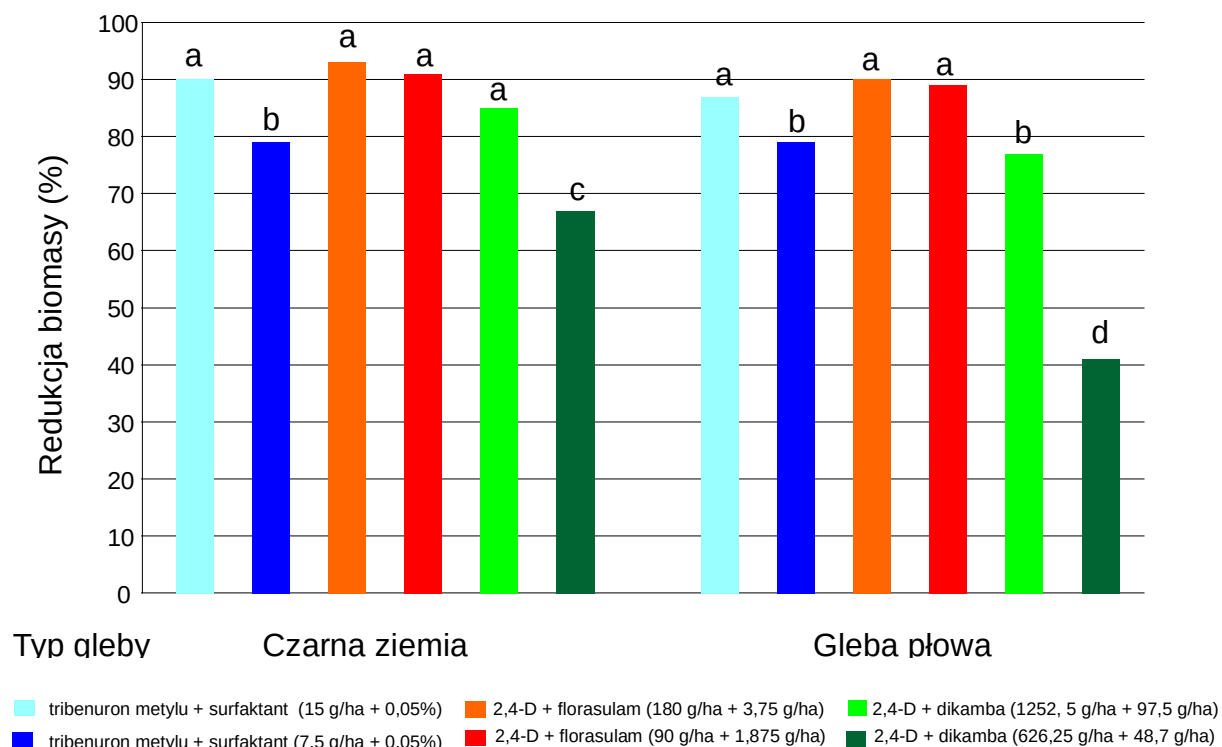


* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

• *Galium aparine* L.

Masa *Galium aparine* L. była silnie redukowana (w 87-93%), gdy rośliny potraktowano zalecaną dawką tribenuronu metylu oraz obiema dawkami mieszaniny 2,4- + florasulam, na obu typach gleby. Badany gatunek wykazał również wysoką wrażliwość na zalecaną dawkę mieszaniny 2,4-D + dikamba, gdy rósł na czarnej ziemi, natomiast średnią na glebie płowej. Średni stopień wrażliwości tego gatunku stwierdzono również po aplikacji obniżonej dawki tribenuronu metylu, zarówno na czarnej ziemi, jak i na glebie płowej. Najśłabszą reakcję *Galium aparine* L. na herbicydy zaobserwowano na obiektach potraktowanych obniżoną dawką mieszaniny 2,4-D + dikamba. W tym przypadku wystąpiły istotne statystycznie różnice we wrażliwości roślin w zależności od typu gleby. Masa badanego gatunku znacząco słabiej ograniczana (41%), gdy rośliny rosły na glebie płowej w porównaniu z roślinami rosnącymi na czarnej ziemi (rys. 42).

Rysunek 42. Skuteczność herbicydów w redukcji biomasy *Galium aparine* L. w zależności od typu gleby

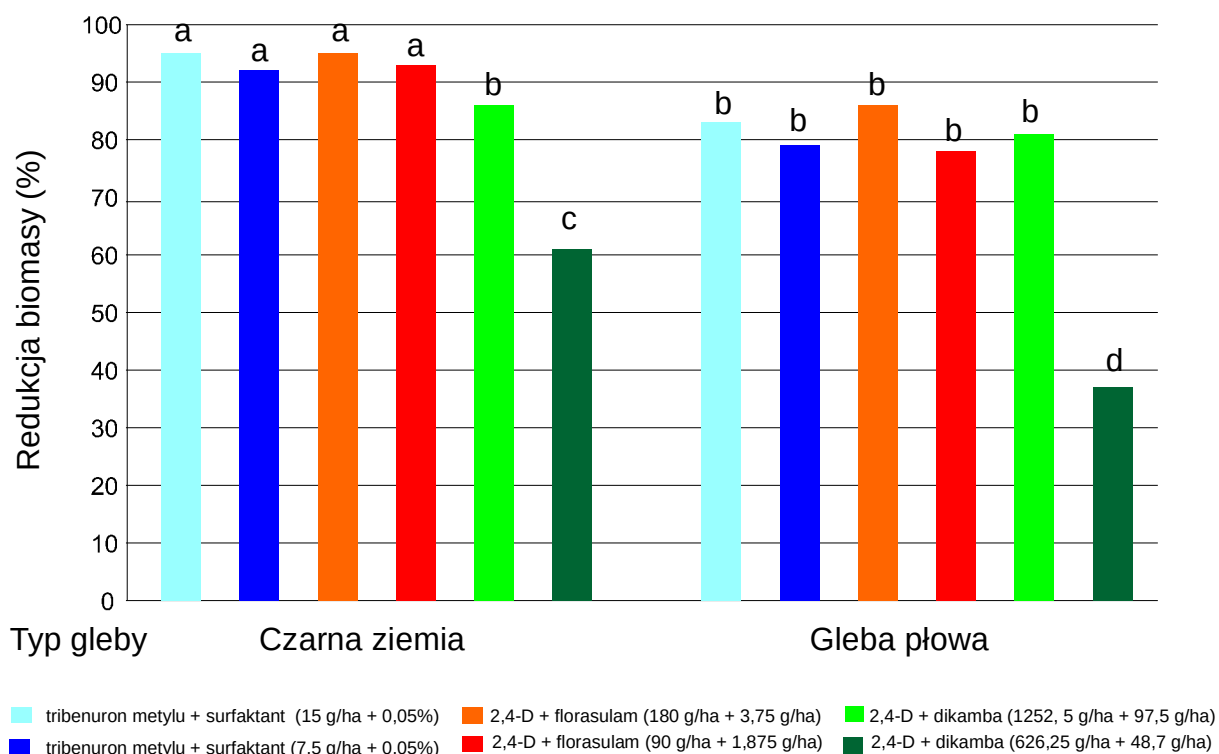


* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

- ***Papaver rhoeas* L.**

Gatunek ten, rosnący na czarnej ziemi był wrażliwy na tribenuron metylu oraz mieszaninę 2,4-D + florasulam aplikowane w dawce zalecanej oraz obniżonej i reagował redukcją biomasy roślin o 92-95%. Nieco słabiej działała mieszanina 2,4-D + dikamba zastosowana w dawce podstawowej, ograniczając świeżą masę *Papaver rhoeas* L. o 86%. W przypadku, gdy rośliny rosły na glebie płowej, ich wrażliwość na powyższe środki została istotnie ograniczona (do średniego stopnia). Niski stopień wrażliwości stwierdzono po aplikacji mieszaniny 2,4-D + dikamba w dawce obniżonej, na obu typach gleb. W przypadku, tej dawki środka wystąpiło istotne zróżnicowanie skuteczności w zależności od typu gleby. Znacznie słabiej niszczone były rośliny na glebie płowej (redukcja biomasy o 37%) w porównaniu do tych, które rosły na czarnej ziemi (61%) (rys. 43).

Rysunek 43. Skuteczność herbicydów w redukcji biomasy *Papaver rhoeas* L. w zależności od typu gleby

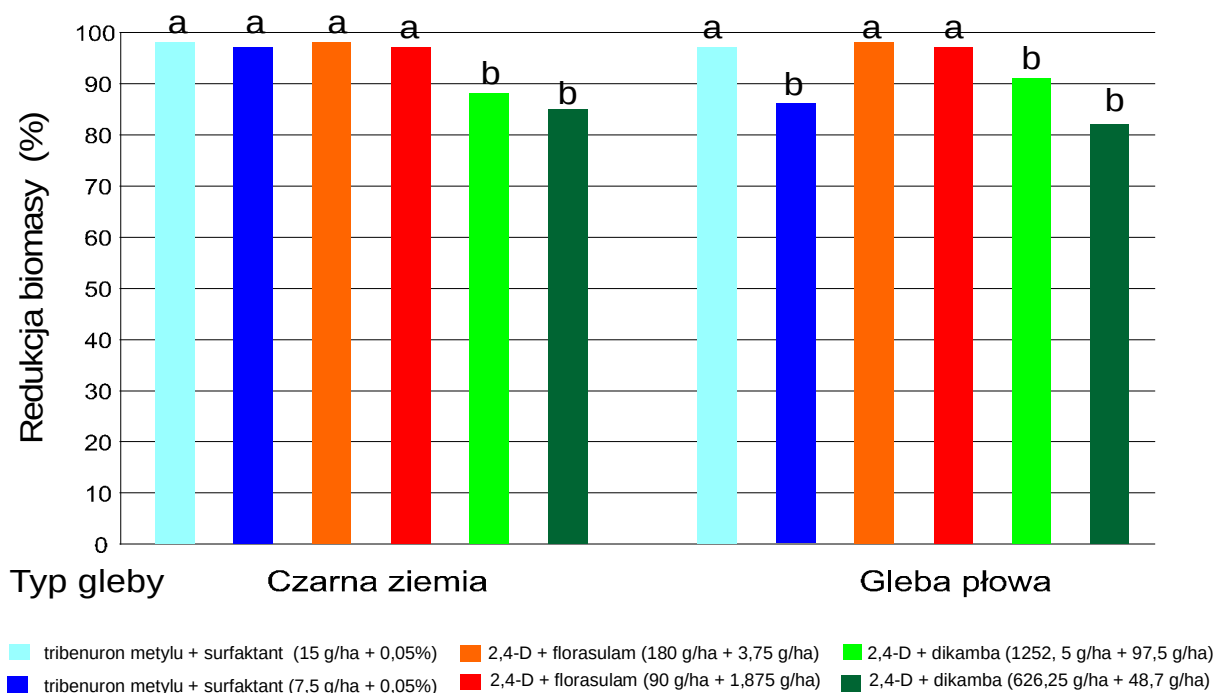


* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

• *Stellaria media* L.

Stellaria media L. rosnąca na czarnej ziemi cechowała się wysoką wrażliwością na wszystkie badane w doświadczeniu herbicydy, reagując redukcją świeżej masy w 85-98%. Stwierdzono jednak różnice pomiędzy obiektami, na których zastosowano tribenuron metylu oraz mieszaninę 2,4-D + florasulam, a potraktowanym mieszaniną 2,4-D + dikamba. Na ostatnim z wymienionych obiektów wrażliwość roślin była istotnie niższa. Rośliny rosnące na glebie płowej wykazały podobny stopień wrażliwości na herbicydy, jak te rosnące na czarnej ziemi, za wyjątkiem obiektu na którym zastosowano obniżoną dawkę mieszaniny 2,4-D + dikamba. Wrażliwość *Stellaria media* L. na tym obiekcie kształtowała się na średnim poziomie (ograniczenie wytwarzania biomasy o 82%). Powyższy spadek wrażliwości w stosunku do osiągniętego na obiekcie traktowanym dawką zalecaną nie został jednak udowodniony statystycznie. Pomimo zbliżonej skuteczności, również tribenuron metylu stosowany w dawce obniżonej wykazał się istotnie słabszym działaniem na *Stellaria media* L. rosnącą na tym samym typie gleby (rys. 44).

Rysunek 44. Skuteczność herbicydów w redukcji biomasy *Stellaria media* L. w zależności od typu gleby



* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

4.6.2. Reakcja badanych gatunków chwastów na herbicydy w zależności od typu gleby

Spośród ocenianych gatunków chwastów największą wrażliwością na zastosowane w doświadczeniu herbicydy charakteryzowała się *Stellaria media* L., niezależnie od rodzaju zastosowanego środka. Jej wrażliwość na herbicydy była jednakowa na obu typach gleb. Istotnie mniej wrażliwy był *Anthemis arvensis* L., choć nie udowodniono statystycznie różnic we wrażliwości w zależności od typu gleby. Podobny stopień reakcji, jak *Anthemis arvensis* L., wykazały *Galium aparine* L. i *Papaver rhoeas* L., lecz tylko wtedy, gdy rosły na czarnej ziemi. W przypadku roślin rosnących na glebie płowej ich wrażliwość na herbicydy istotnie spadła, przy czym najslabiej na herbicydy reagował *Papaver rhoeas* L. (tab. 30).

Tabela 30. Wpływ typu gleby na redukcję biomasy badanych gatunków chwastów niezależnie od stosowanych herbicydów

Typ gleby	Redukcja biomasy (%)			
	<i>Anthemis arvensis</i> L.	<i>Galium aparine</i> L.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Stellaria media</i> L.
czarna ziemia	87b	84b	88b	92a
gleba płowa	83b	77c	74d	94a

Oceniając wpływ interakcji pomiędzy typem gleby, a zastosowanym herbicydem, na redukcję biomasy, można stwierdzić, że najlepsze rezultaty chwastobójcze osiągnięto na obiektach potraktowanych zalecaną dawką każdego z ocenianych środków, gdy rośliny rosły na czarnej ziemi, bez względu na zwalczany gatunek chwastu. Podobnie, wysoce skuteczna okazała się dawka obniżona mieszaniny 2,4-D + florasulam. Na glebie płowej, na każdym obiekcie herbicydowym, biomasa chwastów redukowana była ze znacznie słabszym rezultatem, niż gdy rosły na czarnej ziemi. Najsłabsze zniszczenie stwierdzono po aplikacji obniżonej dawki mieszaniny 2,4-D + dikamba na glebie płowej (tab. 31).

Tabela 31. Wpływ typu gleby na redukcję biomasy badanych gatunków chwastów w zależności od stosowanych herbicydów

Typ gleby	Redukcja biomasy (%)					
	tribenuron metylu + surfaktant		2,4-D + florasulam		2,4-D + dikamba	
	15 g/ha + 0,05%	7,5 g/ha + 0,05%	180 g/ha + 3,75 g/ha	90 g/ha + 1,875 g/ha	1252,5 g/ha + 97,5 g/ha	626,25 g/ha + 48,7 g/ha
czarna ziemia	94a	90b	96a	94a	85b	71d
gleba płowa	90b	83c	92b	88b	81d	55e

4.6.3. Zmiany w zawartości aminokwasów u badanych gatunków chwastów pod wpływem zastosowanych herbicydów

Spośród badanych gatunków chwastów, tylko *Anthemis arvensis* L. i *Stellaria media* L. wykazały zróżnicowanie w zawartości aminokwasów na obiekcie kontrolnym w zależności od typu gleby, na jakiej rosły rośliny. W przypadku *Anthemis arvensis* L. znacznie więcej aminokwasów wystąpiło w roślinach rosnących na czarnej ziemi, niż na glebie płowej. Odwrotną prawidłowość, występującą z mniejszą intensywnością, obserwowano u *Stellaria media* L.. W tkankach roślin rosnących na glebie płowej wystąpił wyższy poziom leucyny i izoleucyny. U pozostałych gatunków poziom aminokwasów był zbliżony na obu typach gleb (tab. 32).

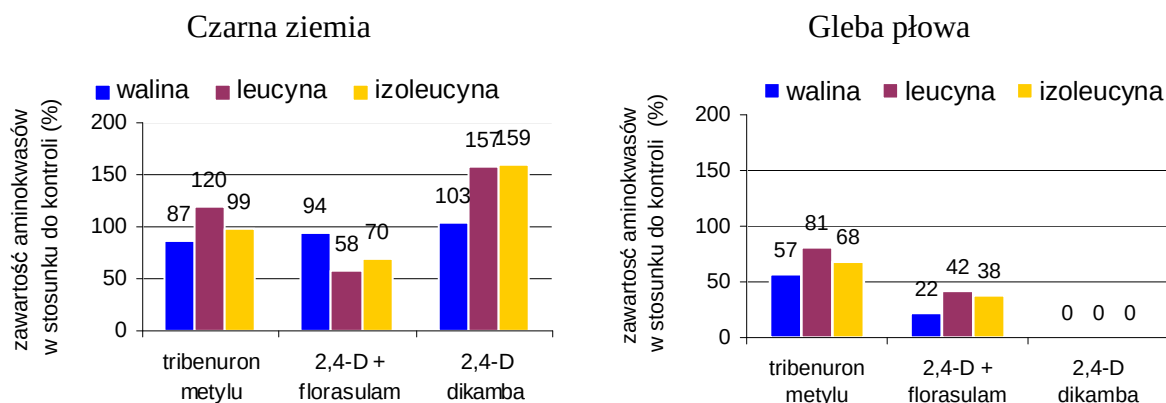
Tabela 32. Zawartość aminokwasów w komórkach badanych gatunków chwastów na obiekcie kontrolnym w zależności od typu gleby

Typ gleby	Aminokwasy	Zawartość aminokwasów (mg/kg)			
		<i>Anthemis arvensis</i> L.	<i>Galium aparine</i> L.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Stellaria media</i> L.
Czarna ziemia	walina	19,66	10,88	9,54	12,02
	leucyna	76,56	49,04	56,18	45,36
	izoleucyna	75,78	39,16	52,86	40,12
	suma	172,00	99,06	118,58	97,50
Gleba płowa	walina	9,16	8,58	9,02	9,76
	leucyna	46,82	54,68	55,34	63,14
	izoleucyna	48,58	38,36	59,10	53,76
	suma	105,54	101,60	123,44	126,66

- *Anthemis arvensis* L.

Rośliny *Anthemis arvensis* L., rosnące na glebie płowej, potraktowane mieszaniną 2,4-D + dikamba, uległy zniszczeniu pod wpływem działania tego środka, w związku z czym nie można było określić zawartości aminokwasów. Gatunek ten charakteryzował się znacznie wyższym poziomem aminokwasów na obiektach herbicydowych, gdy rośliny rosły na czarnej ziemi. Najwyższy poziom tych związków (103-159% w odniesieniu do kontroli) stwierdzono po aplikacji mieszaniny 2,4-D + dikamba, przy czym najmniej było waliny, natomiast zawartość pozostałych aminokwasów była zbliżona. Podobną prawidłowość, lecz występującą z mniejszą intensywnością obserwowano w odniesieniu do tribenuronu metylu i mieszaniny 2,4-D + florasulam. W pierwszym przypadku najbardziej wzrósł poziom leucyny, a nieco mniej pozostałych aminokwasów, natomiast w drugim zdecydowanie podniosła się zawartość waliny, przy znacznie mniej intensywnym wzroście leucyny i izoleucyny (rys. 45).

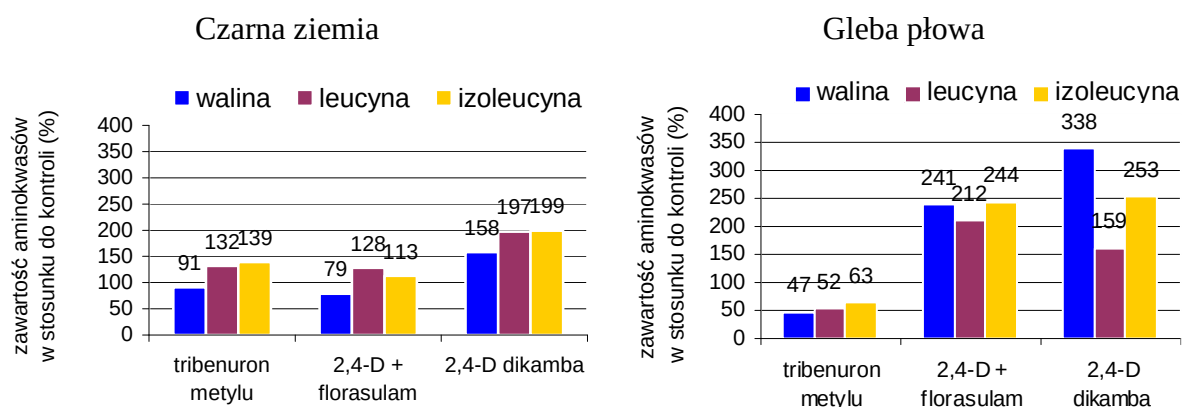
Rysunek 45. Wpływ typu gleby na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Anthemis arvensis* L. traktowanych badanymi herbicydami



- ***Galium aparine* L.**

W tkankach roślin *Galium aparine* L. traktowanych tribenuronem metylu poziom aminokwasów był znacznie wyższy (91-139% w stosunku do kontroli), gdy rośliny rosły na czarnej ziemi niż na glebie płowej (47-63%). W przypadku pozostałych środków, tj. mieszanin 2,4-D + florasulam oraz 2,4-D + dikamba nastąpił znaczny wzrost zawartości aminokwasów, gdy rośliny rosły na glebie płowej. Na obiekcie, na którym zastosowano 2,4-D i dikambę na glebie płowej, nastąpiło zróżnicowanie w poziomie poszczególnych aminokwasów. Stwierdzono znaczny wzrost zawartości waliny i nieco mniejszy izoleucyny, natomiast zawartość leucyny kształtowała się na zbliżonym poziomie jak na czarnej ziemi. *Galium aparine* L. traktowana mieszaniną 2,4-D + florasulam, na glebie płowej, charakteryzowały się znacznie wyższą zawartością badanych aminokwasów, w porównaniu do roślin rosnących na czarnej ziemi (rys. 46).

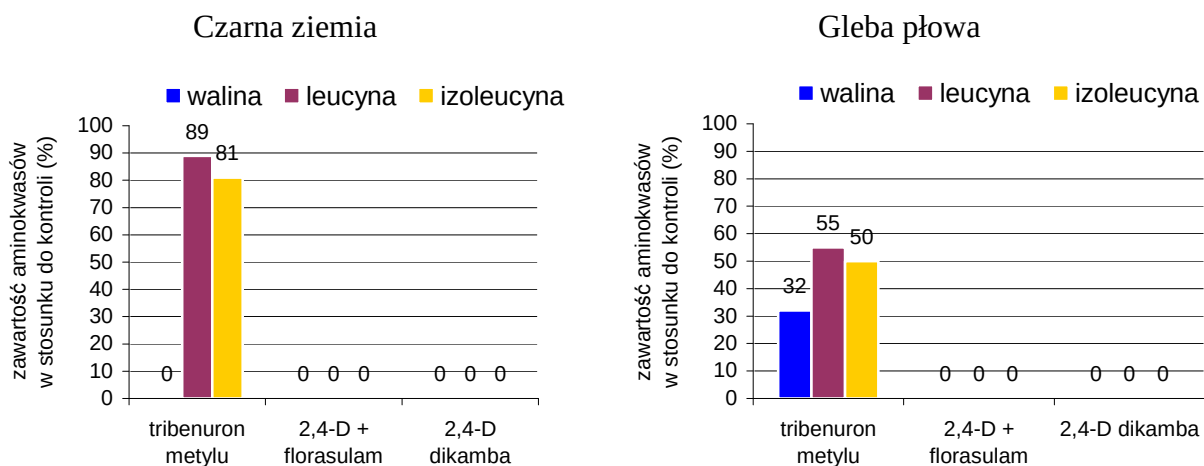
Rysunek 46. Wpływ typu gleby na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Galium aparine* L. traktowanych badanymi herbicydami



- ***Papaver rhoeas* L.**

W roślinach *Papaver rhoeas* L. poziom aminokwasów oznaczono tylko na obiektach traktowanych tribenuronem metylu, ponieważ pozostałe herbicydy skutecznie zniszczyły rośliny i nie można było pobrać materiału do badań. W przypadku chwastów rosnących na czarnej ziemi obserwowano wyższy poziom zawartości leucyny i izoleucyny, natomiast nie wykazano obecności waliny, która występowała w tkankach *Papaver rhoeas* L. na glebie płowej (rys. 47).

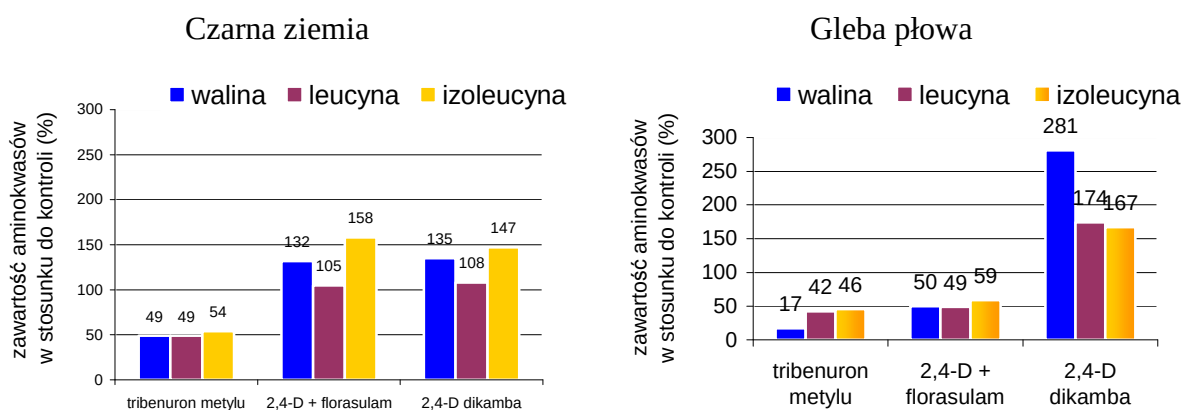
Rysunek 47. Wpływ typu gleby na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Papaver rhoeas* L. traktowanych badanymi herbicydami



- ***Stellaria media* L.**

W materiale roślinnym tego gatunku, stwierdzono podobny poziom leucyny i izoleucyny, na obu typach gleb po aplikacji tribenuronu metylu, natomiast nieco niższą zawartość waliny na glebie płowej. Na obiektach, na których aplikowano mieszaninę 2,4-D + florasulam zawartość aminokwasów była wyższa, gdy rośliny rosły na czarnej ziemi, niż na glebie płowej. W roślinach traktowanych mieszaniną 2,4-D + dikamba zaobserwowano znaczny wzrost zawartości waliny i leucyny, gdy rośliny rosły na czarnej ziemi w stosunku do tych, które rosły na glebie płowej, natomiast poziom izoleucyny kształtował się podobnie na obu typach gleb (rys. 48).

Rysunek 48. Wpływ typu gleby na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Stellaria media* L. traktowanych badanymi herbicydami



Zawartość wolnych aminokwasów: waliny, leucyny i izoleucyny w tkankach badanych chwastów, rosnących na różnych typach gleb, podlegała zmianom w zależności od rodzaju zastosowanego herbicydu, typu gleby oraz zwalczanego gatunku. Największe różnice w poziomie aminokwasów pod wpływem zastosowanych środków, w zależności od typu gleby wystąpiły u *Anthemis arvensis* L. i *Galium aparine* L.. U pierwszego z wymienionych gatunków sumaryczna zawartość aminokwasów na każdym obiekcie herbicydowym była wyższa u roślin rosnących na czarnej ziemi, natomiast u drugiego gatunku wystąpiła odwrotna zależność. U badanych gatunków, za wyjątkiem *Anthemis arvensis* L., najniższy poziom aminokwasów w tkankach roślin był obserwowany na obiektach, na których zastosowano tribenuron metylu.

4.7. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność działania tribenuronu metylu w zależności od temperatury powietrza

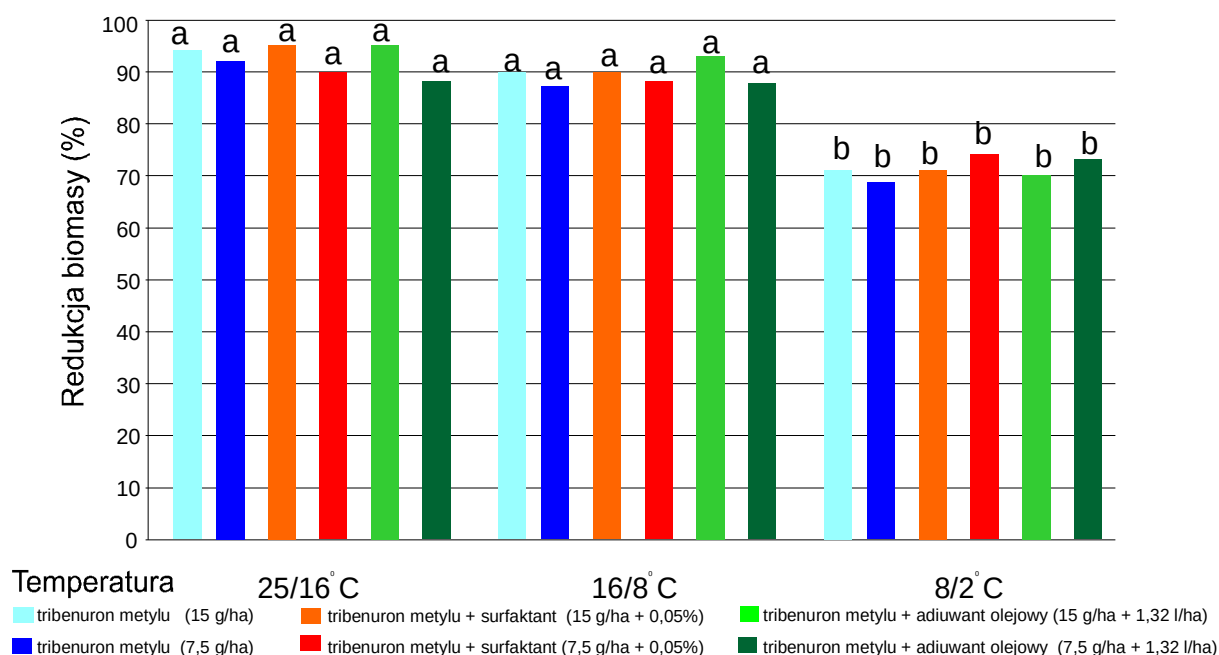
Zastosowanie herbicydu w warunkach termicznych nie sprzyjających jego działaniu może spowodować spadek efektywności. Łączna aplikacja herbicydu z adiuwantem pozwala zapobiegać zmniejszeniu skuteczności działania środka chwastobójczego, będącego następstwem stosowania w nieodpowiednich warunkach termicznych.

4.7.1. Wrażliwość badanych gatunków chwastów na tribenuron metylu stosowany samodzielnie lub z adiuwantami na podstawie redukcji świeżej masy roślin

- ***Anthemis arvensis* L.**

Gatunek ten wykazał wysoką wrażliwość na tribenuron metylu (redukcja biomasy o 86-96%) w warunkach wyższych temperatur, tj. 25/16 i 16/8⁰C, bez względu na sposób aplikacji herbicydu oraz rodzaj zastosowanego adiuwanta (surfaktant i adiuwant olejowy). Rośliny rosnące w niskiej temperaturze (8/2⁰C) charakteryzowały się średnią wrażliwością na badany herbicyd, zastosowany samodzielnie w dawce zalecanej oraz w mieszaninie z ocenianymi adiuwantami (bez względu na dawkę herbicydu). Niski stopień wrażliwości (68% redukcji biomasy) wykazano po zastosowaniu obniżonej dawki środka aplikowanego samodzielnie. Powyższy spadek wrażliwości nie został potwierdzony statystycznie (rys. 49).

Rysunek 49. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność tribenuronu metylu w ograniczaniu świeżej masy *Anthemis arvensis* L. w warunkach zróżnicowanej temperatury powietrza



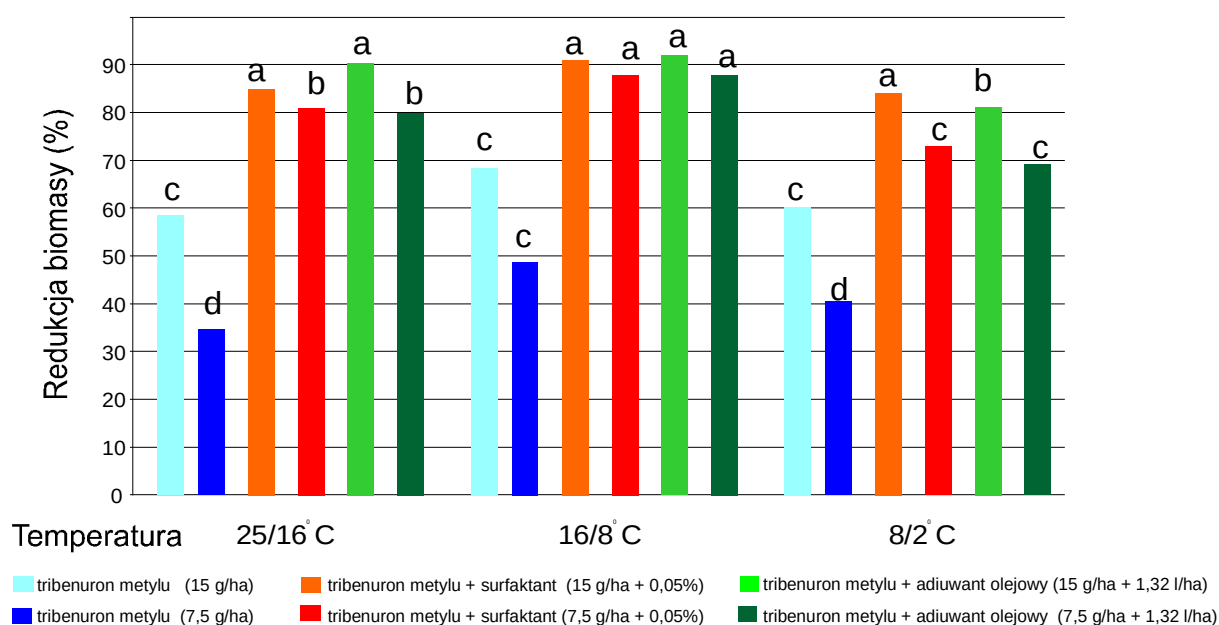
* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

• *Galium aparine* L.

Rośliny *Galium aparine* L. rosnące w warunkach najcieplejszych (25/16°C) wykazały wysoką wrażliwość (redukcja biomasy o 85-91%) na tribenuron metylu aplikowany w dawce zalecanej, łącznie z każdym z ocenianych adiuwantów. Świeża masa tego gatunku redukowana była ze średnim rezultatem, gdy w mieszaninach użyto obniżoną dawkę środka. Na obiekcie, na którym tribenuron metylu zastosowano samodzielnie, wrażliwość roślin była znacznie niższa (ograniczanie świeżej masy o 34-59%). Wykazano również istotne różnice pomiędzy zastosowanymi dawkami środka. Badany gatunek rosnący w zakresie umiarkowanych temperatur (16/8°C) był bardzo wrażliwy na herbicyd stosowany łącznie z adiuwantami, niezależnie od dawki środka oraz rodzaju adiuwanta. Samodzielna aplikacja środka powodowała istotny spadek wrażliwości roślin, które reagowały redukcją biomasy tylko o 48-68%, bez zróżnicowania pomiędzy dawkami herbicydu. W przypadku, gdy rośliny rosły w najniższej temperaturze (8/2°C) nie wykazano wysokiej wrażliwości na żadnym z ocenianych obiektów. Średnią wrażliwość stwierdzono po aplikacji obu mieszanin herbicydu i adiuwanta w dawce zalecanej oraz dawce obniżonej mieszaniny herbicyd + surfaktant. W przypadku mieszaniny herbicyd + adiuwant olejowy, *Galium aparine* L. była średnio odporna, lecz różnice te nie zostały dowiedzione statystycznie. Na obiekcie, na którym

tribenuron metylu zastosowano samodzielnie, wrażliwość roślin była znacznie niższa (redukcja biomasy 41-60%). Obserwowano również znaczące różnice w działaniu pomiędzy dawką podstawową i ograniczoną o połowę. Jednak ich istotność została potwierdzona tylko w przypadku temperatur najniższych i najwyższych (rys. 50).

Rysunek 50. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność tribenuronu metylu w ograniczaniu świeżej masy *Galium aparine* L. w warunkach zróżnicowanej temperatury powietrza



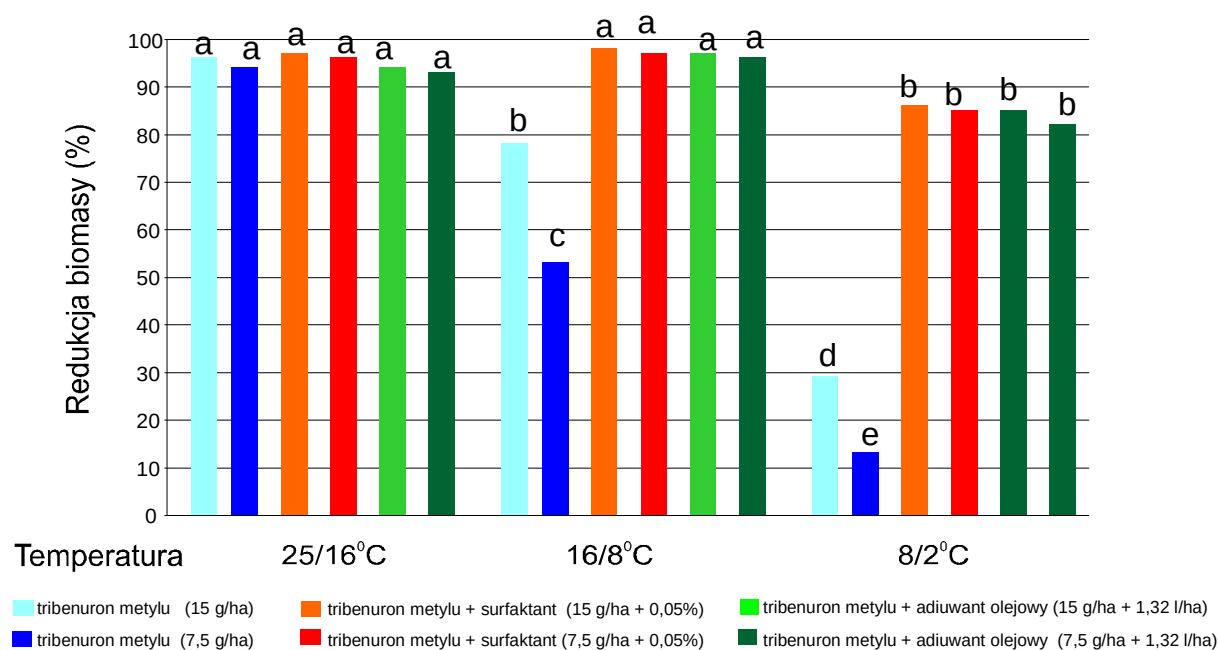
* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

• *Papaver rhoeas* L.

W temperaturze najwyższej, tj. 25/16°C, świeża masa *Papaver rhoeas* L. była intensywnie redukowana (w 93-97%) przez tribenuron metylu stosowany zarówno samodzielnie, jak i z ocenianymi adiuwantami. Podobną wrażliwość tego gatunku zaobserwowano na obiektach traktowanych mieszaninami herbicydu z każdym z ocenianych adiuwantów, gdy rośliny rosły w umiarkowanej temperaturze, jednak w tym zakresie temperatury zaobserwowano znaczący spadek wrażliwości *Papver rhoeas* L. po samodzielnej aplikacji herbicydu. Średnio wrażliwe były rośliny potraktowane podstawową dawką środka, natomiast odporne – dawką obniżoną. Różnice te zostały potwierdzone analizą statystyczną. W temperaturze najniższej wrażliwość roślin po zastosowaniu mieszanin herbicydu z adiuwantami była wysoka (85-86%), za wyjątkiem mieszaniny herbicydu w dawce obniżonej z adiuwantem olejowym. Na tym obiekcie osiągnięto średni stopień wrażliwości chwastów.

Pomimo tego dowiedziono, że wrażliwość na tych obiektach była istotnie niższa, w porównaniu do wykazanej w wyższych temperaturach. Znacząco niski stopień wrażliwości (ograniczenie świeżej masy tylko o 15-29%) stwierdzono u roślin traktowanych tribenuronem metylu bez dodatku żadnych adiuwantów. Analiza statystyczna dowiodła istotność różnic w działaniu herbicydu stosowanego samodzielnie, w zależności od jego dawki (rys. 51).

Rysunek 51. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność tribenuronu metylu w ograniczaniu świeżej masy *Papaver rhoeas* L. w warunkach zróżnicowanej temperatury powietrza

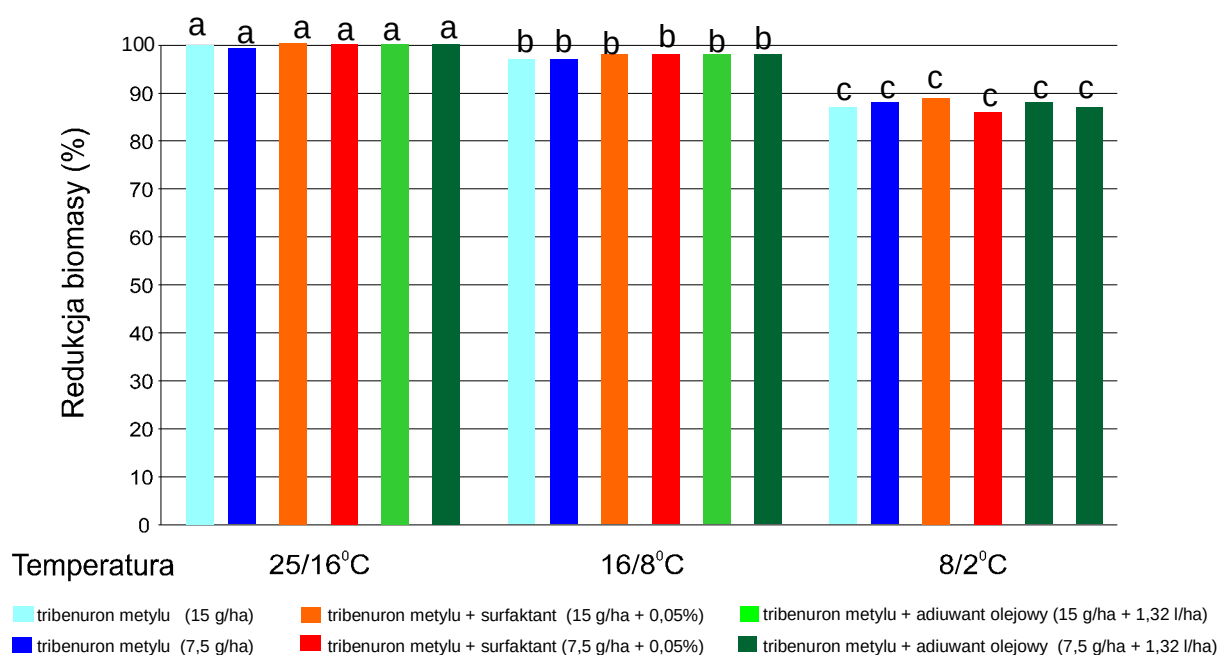


* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

- ***Stellaria media* L.**

Gatunek ten był wrażliwy (redukcja biomasy w 86-100%) na tribenuron metylu, niezależnie od poziomu temperatury powietrza oraz bez względu na sposób aplikacji herbicydu oraz wysokość dawki. Nie wykazano również różnic w zależności od rodzaju adiuwanta. Analiza statystyczna wykazała jednak istotność różnic w działaniu tribenuronu metylu w zależności od zakresu temperatury (rys. 52).

Rysunek 52. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność tribenuronu metylu w ograniczaniu świeżej masy *Stellaria media* L. w warunkach zróżnicowanej temperatury powietrza



* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

4.7.2. Reakcja badanych gatunków chwastów na sposób aplikacji tribenuronu metylu w zależności od temperatury powietrza

Temperatura powietrza znacząco zróżnicowała wrażliwość ocenianych gatunków chwastów na tribenuron metylu, niezależnie od sposobu jego aplikacji. Największą wrażliwością cechowała się *Stellaria media* L., rosnąca w temperaturze najwyższej (25/16°C), zaś najmniejszą *Papaver rhoeas* L. w temperaturze najniższej (8/2°C). Generalnie każdy z ocenianych gatunków chwastów wykazał zróżnicowaną wrażliwość na herbicyd, w zależności od temperatury powietrza. Była ona istotnie wyższa w temperaturze 25/16°C, zaś istotnie najniższa w 8/2°C, dla wszystkich omawianych gatunków, za wyjątkiem *Galium aparine* L.. Chwast ten wykazał największą wrażliwość w warunkach umiarkowanych temperatur (16/8°C) (tab. 33).

Tabela 33. Wpływ temperatury powietrza na redukcję biomasy badanych gatunków chwastów niezależnie od sposobu aplikacji tribenuronu metylu

Temperatura powietrza	Redukcja biomasy (%)			
	<i>Anthemis arvensis</i> L.	<i>Galium aparine</i> L.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Stellaria media</i> L.
25/16°C	92d	72g	95c	100a
16/8°C	89e	79f	87e	98b
8/2°C	71g	69h	63j	87e

Rozpatrując interakcję pomiędzy sposobem aplikacji tribenuronu metylu oraz temperaturą powietrza, można stwierdzić, że najwyższą skuteczność można osiągnąć w zakresie wyższych temperatur po aplikacji herbicydu łącznie z adiuwantami, bez względu na jego rodzaj oraz wysokość dawki. W temperaturze najniższej następuje istotny spadek efektywności w stosunku do wyższych temperatur, zarówno w przypadku samodzielnej aplikacji, jak i łącznie z adiuwantami. Tribenuron metylu zastosowany bez adiuwanta, był wysoce efektywny tylko w temperaturze 25/16°C, gdy aplikowano go w dawce podstawowej. W przypadku samodzielnej aplikacji wystąpiło znaczne zróżnicowanie w efektywności, w zależności od poziomu temperatury powietrza (tab. 34).

Tabela 34. Wpływ temperatury powietrza na redukcję biomasy badanych gatunków chwastów w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu

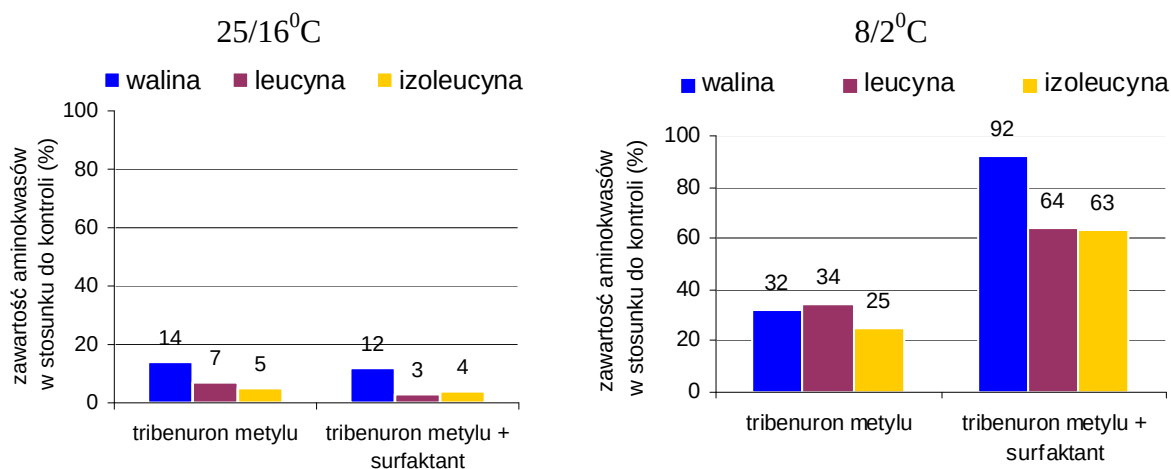
Temperatura powietrza	Redukcja biomasy (%)					
	tribenuron metylu		tribenuron metylu + surfaktant		tribenuron metylu + adiuwant olejowy	
	15 g/ha	7,5 g/ha	15 g/ha + 0,05%	7,5 g/ha + 0,05%	15 g/ha + 1,32 l/ha	7,5 g/ha + 1,32 l/ha
25/16°C	87ab	80b	94a	92a	95a	90a
16/8°C	83b	71c	94a	93a	95a	92a
8/2°C	61d	53e	82b	79b	81b	78b

4.7.3. Zawartość aminokwasów u badanych gatunków chwastów w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu

- *Anthemis arvensis* L.

Zawartość aminokwasów w roślinach *Anthemis arvensis* L. traktowanych tribenuronem metylu zarówno samodzielnie, jak i z dodatkiem surfaktanta, rosnących w wyższej temperaturze była niewielka i stanowiła 5-15% poziomu wykazanego na kontroli. W niskiej temperaturze nastąpił wzrost poziomu aminokwasów w przypadku obydwu sposobów aplikacji tribenuronu metylu, jednak znacznie wyższe różnice wykazano po łącznym zastosowaniu badanego środka z surfaktantem. Dodatkowo na tym obiekcie zaobserwowano wyraźne różnice pomiędzy poziomem waliny a pozostałych aminokwasów (rys. 53).

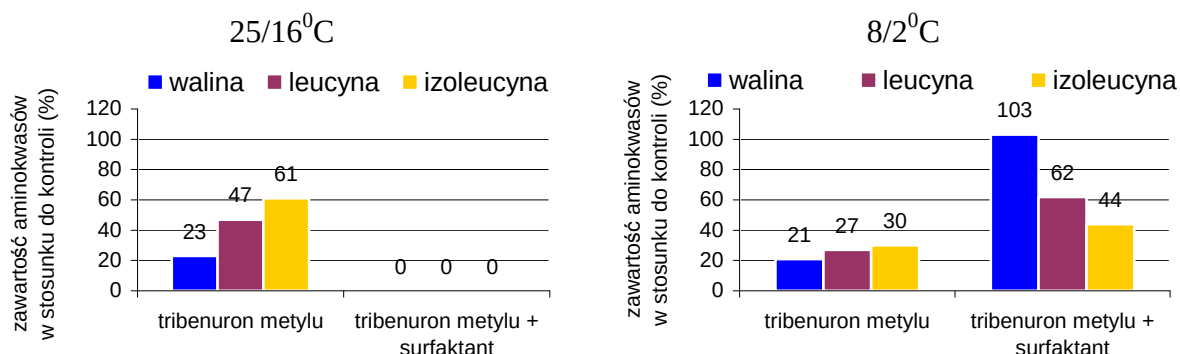
Rysunek 53. Wpływ temperatury powietrza na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Anthemis arvensis* L. w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu



- ***Galium aparine* L.**

W roślinach *Galium aparine* L. rosnących w temperaturze 25/16°C aminokwasy oznaczono tylko na tym obiekcie, na którym tribenuron metylu zastosowano samodzielnie, z tego względu, że w przypadku łącznej aplikacji z surfaktantem rośliny uległy zniszczeniu w stopniu uniemożliwiającym oznaczenie poziomu aminokwasów. Zawartość aminokwasów na tym obiekcie kształtowała się w granicach 23-61% wartości uzyskanych na obiekcie kontrolnym, w zależności od aminokwasu. W temperaturze 8/2°C poziom aminokwasów uległ zmniejszeniu do 21-30% po samodzielnym zastosowaniu badanego środka. Po aplikacji tribenuronu metylu w mieszaninie z surfaktantem poziom aminokwasów, a zwłaszcza waliny, był wysoki (103% w odniesieniu do kontroli) (rys. 54).

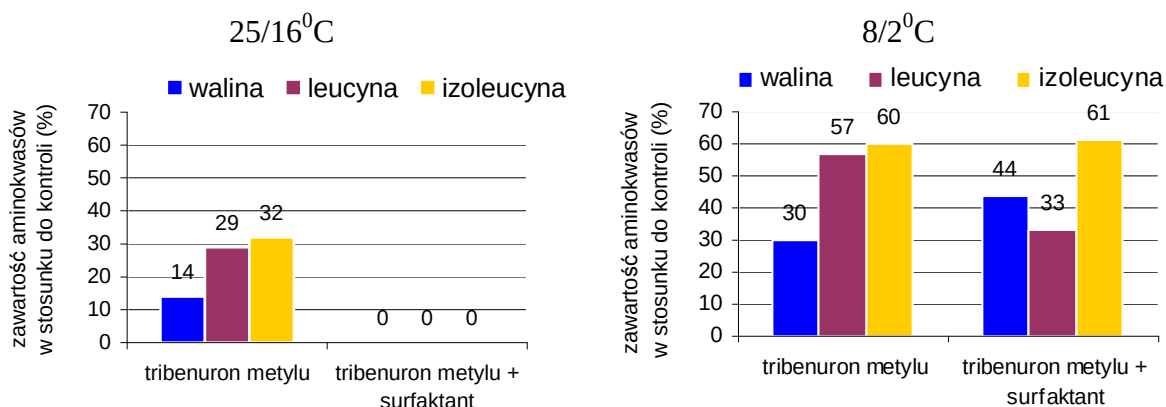
Rysunek 54. Wpływ temperatury powietrza na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Galium aparine* L. w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu



- ***Papaver rhoeas* L.**

W roślinach *Papaver rhoeas* L., rosnących w temperaturze 25/16°C, aminokwasy oznaczono tylko na obiekcie, na którym tribenuron metylu zastosowano samodzielnie. W przypadku łącznej aplikacji z surfaktantem rośliny uległy zniszczeniu w stopniu uniemożliwiającym oznaczenie poziomu aminokwasów. W warunkach wyższych temperatur poziom aminokwasów wahał się w granicach 14-32% wartości uzyskanych na obiekcie kontrolnym. W niskiej temperaturze nastąpił wzrost poziomu aminokwasów po samodzielnej aplikacji tribenuronu metylu, w stosunku do osiągniętego w wyższej temperaturze. Na obiektach potraktowanych tribenuronem metylu z dodatkiem surfaktanta poziom aminokwasów był zróżnicowany. Najwięcej było izoleucyny (61% w porównaniu do obiektu kontrolnego), a najmniej leucyny (33%) (rys. 55).

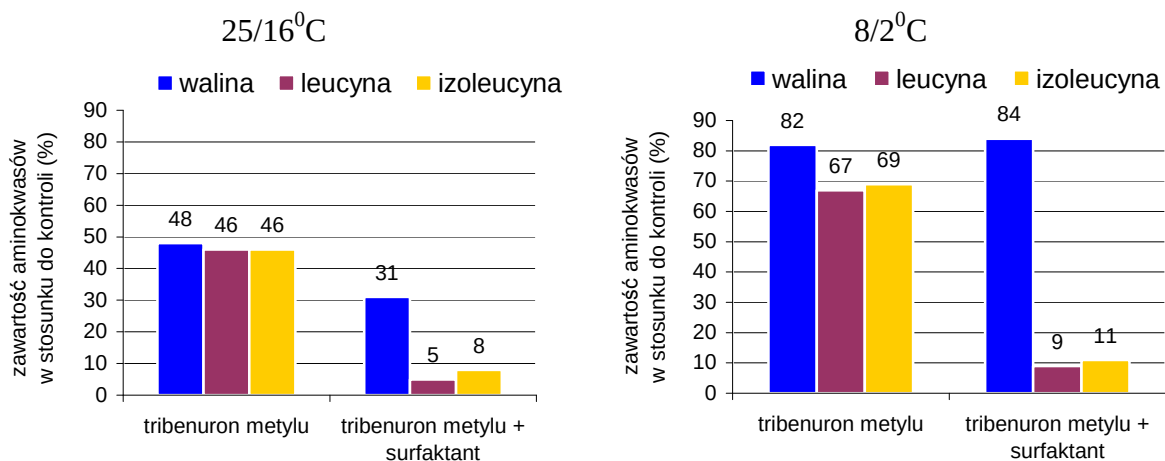
Rysunek 55. Wpływ temperatury powietrza na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Papaver rhoeas* L. w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu



- ***Stellaria media* L.**

Zawartość aminokwasów w roślinach *Stellaria media* L., rosnących w wyższej temperaturze, była znacznie wyższa na obiekcie traktowanym tribenuronem metylu bez dodatku adiuwanta, niż na obiekcie, na którym środek zastosowano łącznie z surfaktantem. W temperaturze niskiej stwierdzono znacznie wyższy poziom aminokwasów po samodzielnej aplikacji tribenuronu metylu, w stosunku do tego, jaki osiągnięto w wyższej temperaturze. Na obiekcie potraktowanym mieszaniną herbicydu z surfaktantem nastąpił znaczny wzrost zawartości waliny, podczas gdy poziom pozostałych aminokwasów kształtował się na poziomie zbliżonym do tego, jaki obserwowano w temperaturze wyższej (rys. 56).

Rysunek 56. Wpływ temperatury powietrza na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Stellaria media* L. w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu



Analizując wpływ temperatury powietrza na zawartość waliny, leucyny i izoleucyny w tkankach roślin traktowanych tribenuronem metylu (samodzielnie lub w mieszaninie z surfaktantem), zaobserwowano różnice w reakcji badanych gatunków chwastów na ten środek. Generalnie poziom tych związków był zdecydowanie niższy u roślin rosnących w warunkach cieplejszych, co wynika ze znacznie lepszego działania herbicydu. Wyjątek stanowi *Stellaria media* L., u której wykryto więcej aminokwasów, gdy rosła w niższej temperaturze. Gatunek ten reagował znacznym obniżeniem zawartości tych związków na skutek zastosowania herbicydu łącznie z adiuwantem, w porównaniu do samodzielnej aplikacji, bez względu na warunki termiczne. W warunkach chłodniejszych, u roślin *Anthemis arvensis* L. i *Galium aparine* L., zaobserwowano znacznie większą zawartość waliny, leucyny i izoleucyny, na obiektach, na których tribenuron metylu zastosowano w mieszaninie z surfaktantem.

4.8. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność działania tribenuronu metylu w zależności od wilgotności powietrza

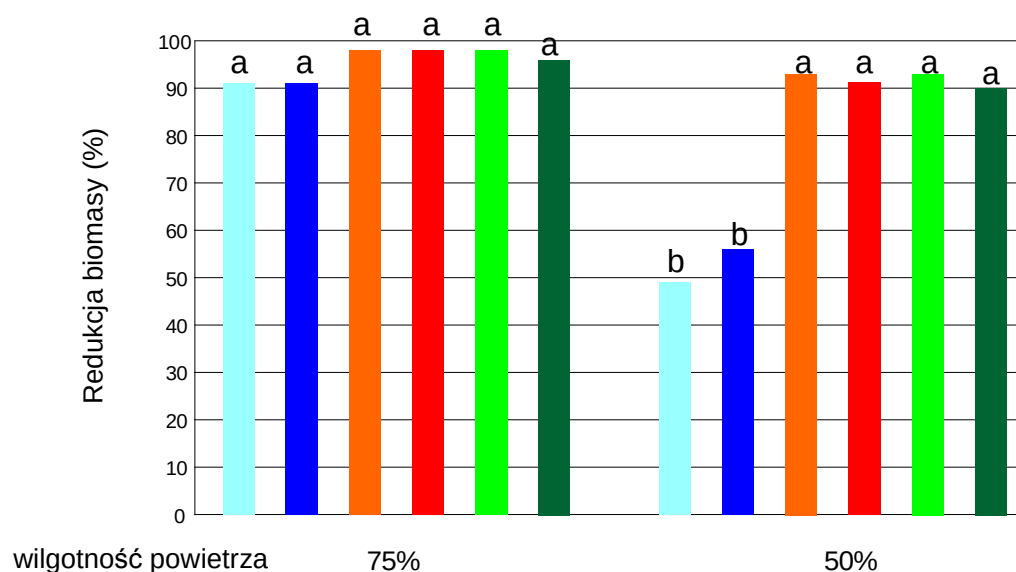
W warunkach niskiej wilgotności powietrza skuteczność herbicydu może ulec znacznemu zmniejszeniu. Łączne zastosowanie herbicydu i adiuwanta pomaga zapobiegać spadkowi efektywności działania środka spowodowanym zbyt niskim poziomem tego czynnika.

4.8.1. Wrażliwość badanych gatunków chwastów na tribenuron metylu stosowany samodzielnie lub z adiuwantami na podstawie redukcji świeżej masy roślin

- *Anthemis arvensis* L.

Wilgotność powietrza różnicowała wrażliwość *Anthemis arvensis* L. na tribenuron metylu, w zależności od sposobu jego aplikacji (samodzielnie lub z adiuwantem). Rośliny rosnące w warunkach wyższej wilgotności powietrza (75%) charakteryzowały się wysoką wrażliwością na badany środek. Świeża masa *Anthemis arvensis* L. rosnącego w tych warunkach redukowana była w 91-98%, w zależności od rodzaju adiuwanta oraz dawki herbicydu. W niższej wilgotności powietrza (50%) wysoką wrażliwość na tribenuron metylu wykazały rośliny, które potraktowano mieszaniną tego herbicydu z każdym z ocenianych adiuwantów (surfaktant i adiuwant olejowy), natomiast istotnie słabiej redukowana była masa roślin (w 49-56%) na obiektach, na których środek zastosowano samodzielnie (rys. 57).

Rysunek 57. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność tribenuronu metylu w ograniczaniu świeżej masy *Anthemis arvensis* L. w warunkach zróżnicowanej wilgotności powietrza



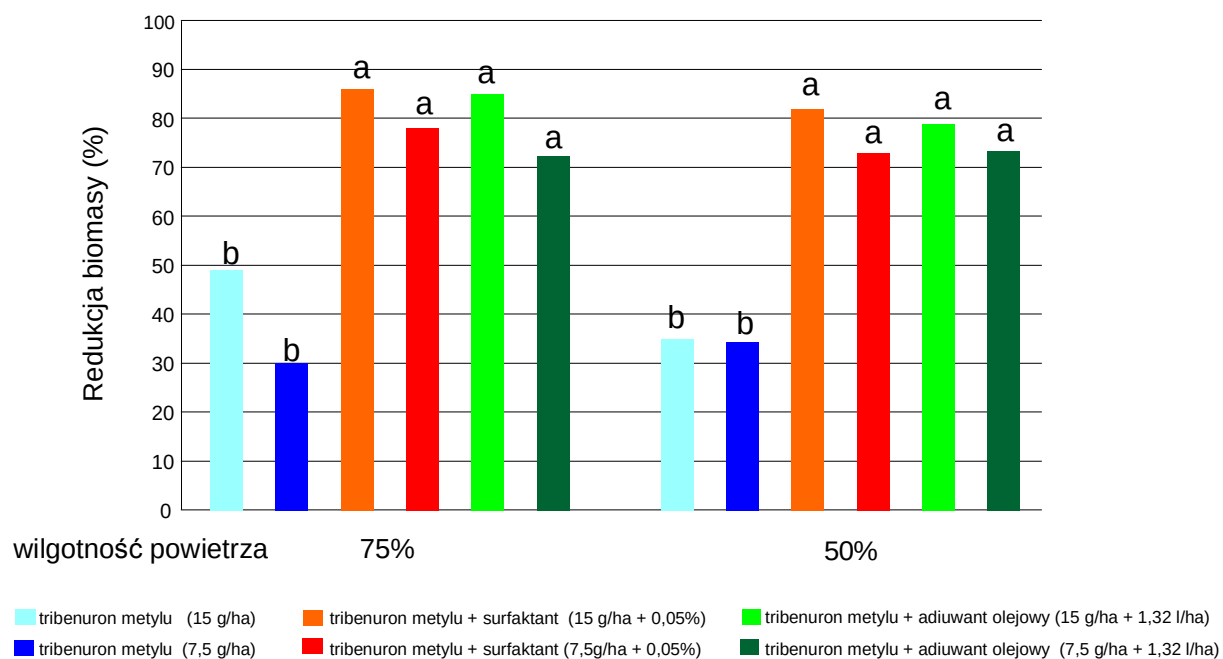
■ tribenuron metylu (15 g/ha)
 ■ tribenuron metylu + surfaktant (15 g/ha + 0,05%)
 ■ tribenuron metylu + adiuwant olejowy (15 g/ha + 1,32 l/ha)
■ tribenuron metylu (7,5 g/ha)
 ■ tribenuron metylu + surfaktant (7,5 g/ha + 0,05%)
 ■ tribenuron metylu + adiuwant olejowy (7,5 g/ha + 1,32 l/ha)

* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

• *Galium aparine* L.

Galium aparine L. rosnąca w warunkach wysokiej wilgotności powietrza, wykazała wysoka wrażliwość na tribenuron metylu, tylko na obiektach traktowanych badanym środkiem w dawce zalecanej, stosowanym z dodatkiem adiuwantów, natomiast w średnim stopniu reagowała, gdy herbicyd z adiuwantami zastosowano w dawce obniżonej. Ze statystycznego punktu widzenia nie wykazano jednak istotności różnic pomiędzy dawką zalecaną a obniżoną. *Galium aparine* L. wykazała niską wrażliwość na herbicyd zastosowany samodzielnie, niezależnie od wysokości dawki. Podobną tendencję obserwowano u roślin rosnących w niższej wilgotności powietrza, lecz skuteczność tribenuronu metylu stosowanego z surfaktantem i adiuwantem olejowym nieznacznie spadła (rys. 58).

Rysunek 58. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność tribenuronu metylu w ograniczaniu świeżej masy *Galium aparine* w warunkach zróżnicowanej wilgotności powietrza

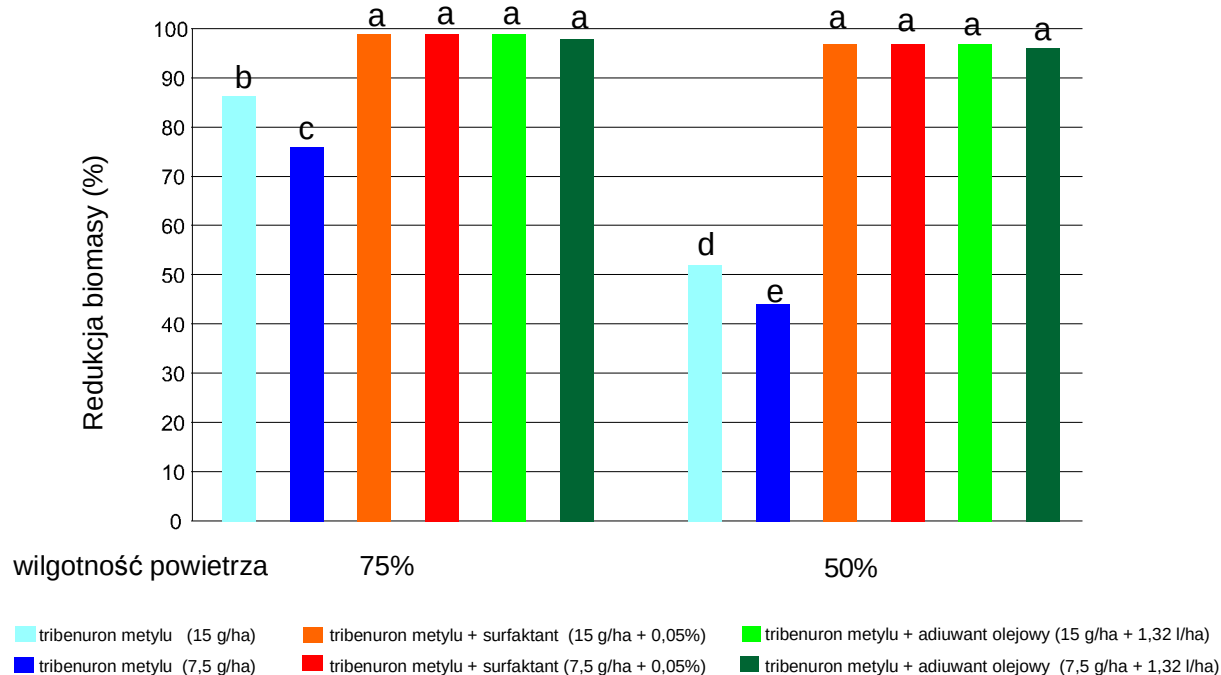


* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

- ***Papaver rhoeas* L.**

Gatunek ten, rosnący w warunkach wyższej wilgotności powietrza charakteryzował się wysoką wrażliwością (redukcja biomasy o 97-99%) na tribenuron metylu aplikowany w obu dawkach, gdy stosowano go łącznie z ocenianymi adiuwantami. Również wysoką wrażliwość (85%) wykazano na obiekcie, na którym badany środek aplikowano samodzielnie. Analiza statystyczna wykazała jednak istotność różnic, pomiędzy powyższym obiektem oraz tymi, na których zastosowano mieszaninę herbicydu i adiuwanta. Średnio wrażliwe na działanie środka były rośliny potraktowane obniżoną dawką środka stosowanego samodzielnie. W przypadku roślin rosnących w niższej wilgotności powietrza, ich wrażliwość na tribenuron metylu aplikowany łącznie z adiuwantem była podobna do tej, jaką wykazano w wyższej wilgotności. Na obiektach traktowanych herbicydem bez dodatku adiuwanta, wrażliwość *Papaver rhoeas* L. kształtowała się na znacznie niższym poziomie (redukcja świeżej masy o 44-52%) w stosunku obiektów na których zastosowano mieszaniny herbicydu i adiuwanta, jak również w stosunku do obiektów z samodzielną aplikacją, lecz w wyższej wilgotności. Istotność tych różnic została potwierdzona analizą statystyczną (rys. 59).

Rysunek 59. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność tribenuronu metylu w ograniczaniu świeżej masy *Papaver rhoeas* L. w warunkach zróżnicowanej wilgotności powietrza

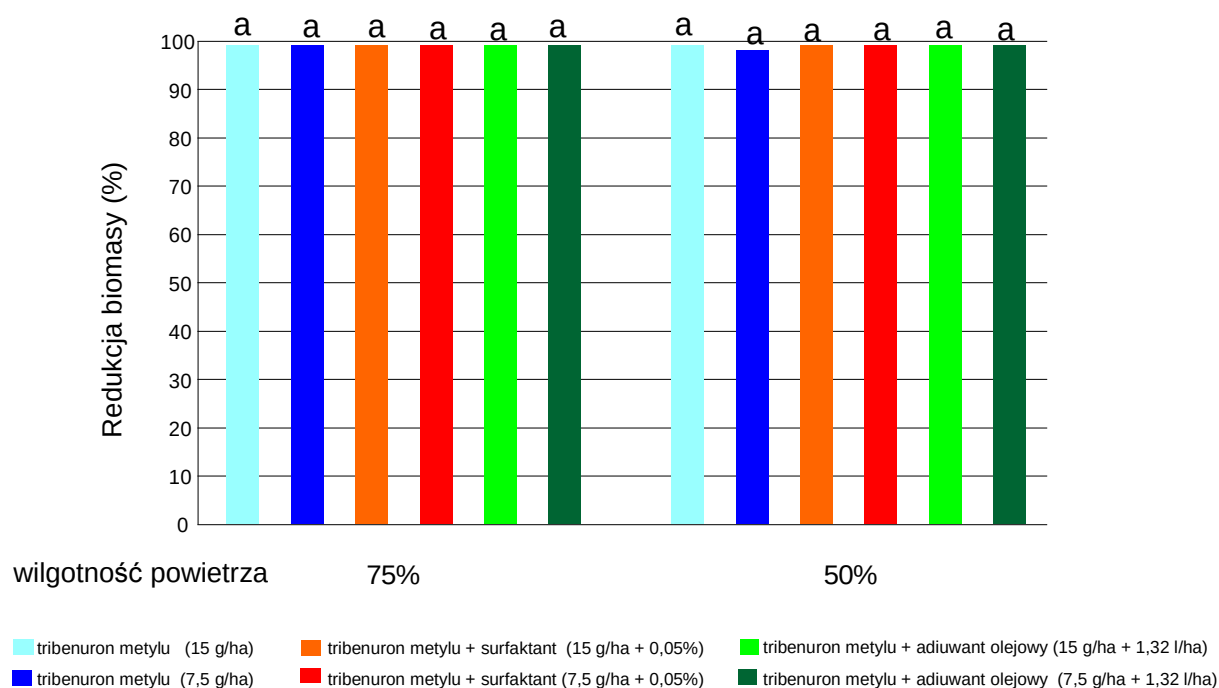


* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

- ***Stellaria media* L.**

Stellaria media L. wykazała wysoką wrażliwość na tribenuron metylu (98-99%) niezależnie od sposobu aplikacji herbicydu oraz wilgotności powietrza. Nie wystąpiły również istotne różnice pomiędzy ocenianymi dawkami środka (rys. 60).

Rysunek 60. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność tribenuronu metylu w ograniczaniu świeżej masy *Stellaria media* L. w warunkach zróżnicowanej wilgotności powietrza



* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

4.8.2. Reakcja badanych gatunków chwastów na sposób aplikacji tribenuron metylu w zależności od wilgotności powietrza

Najlepiej zwalczanym gatunkiem chwastu, niezależnie od sposobu aplikacji herbicydu (samodzielnie lub z adiuwantem), była *Stellaria media* L.. Jej biomasa była ograniczana w jednakowym stopniu, niezależnie od poziomu wilgotności powietrza. Pozostałe gatunki wykazały zróżnicowaną reakcję na tribenuron metylu w zależności od warunków w jakich rosły. W niższej wilgotności powietrza (50%) wykazywały istotnie mniejszą wrażliwość na herbicyd, bez względu na to czy aplikowano go samodzielnie, czy też z adiuwantem. Spośród badanych gatunków najmniej wrażliwa okazała się *Galium aparine* L., rosnąca w warunkach niskiej wilgotności powietrza (tab. 35).

Tabela 35. Wpływ wilgotności powietrza na redukcję biomasy badanych gatunków chwastów niezależnie od sposobu aplikacji tribenuronu metylu

Wilgotność powietrza	Redukcja biomasy (%)			
	<i>Anthemis arvensis</i> L.	<i>Galium aparine</i> L.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Stellaria media</i> L.
75%	95b	57d	93b	99a
50%	79c	54e	80c	99a

Tribenuron metylu zastosowany łącznie z każdym z ocenianych adiuwantów wykazał wysoką skuteczność w niszczeniu chwastów, bez względu na zwalczany gatunek. Jedynie w przypadku aplikacji obniżonej dawki herbicydu łącznie z surfaktantem wykazano istotny statystycznie spadek skuteczności. Znacznie słabiej tribenuron metylu działał, gdy zastosowano go bez dodatku adiuwanta, zwłaszcza w dawce obniżonej. W przypadku samodzielnej aplikacji stwierdzono również zróżnicowanie w skuteczności środka w zależności od wilgotności powietrza – była ona istotnie wyższa, gdy parametr ten osiągał wartość 75% (tab. 36).

Tabela 36. Wpływ wilgotności powietrza na redukcję biomasy badanych gatunków chwastów w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu

Wilgotność powietrza	Redukcja biomasy (%)					
	tribenuron metylu		tribenuron metylu + surfaktant		tribenuron metylu + adiuwant olejowy	
	15 g/ha	7,5 g/ha	15 g/ha + 0,05%	7,5 g/ha + 0,05%	15 g/ha + 1,32 l/ha	7,5 g/ha + 1,32 l/ha
75%	81b	73c	95a	93a	95a	91a
50%	59d	59d	93a	89b	92a	90a

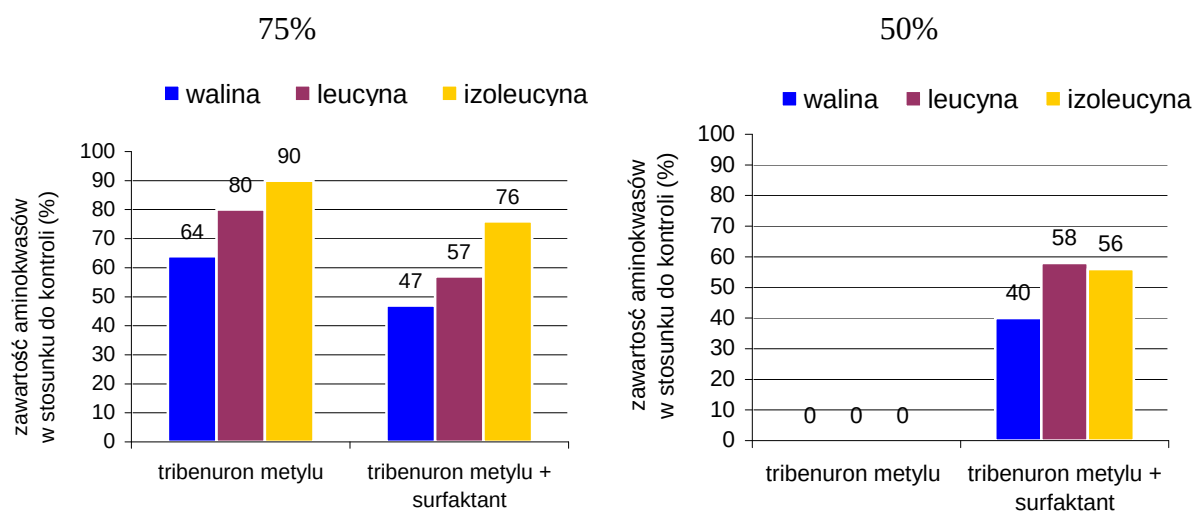
4.8.3. Zawartość aminokwasów u badanych gatunków chwastów w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu

- *Anthemis arvensis* L.

Poziom aminokwasów w tkankach roślin *Anthemis arvensis* L. rosnących w wyższej wilgotności powietrza był podobny dla obu sposobów aplikacji badanego środka. W roślinach rosnących w niższej wilgotności zawartość aminokwasów można było oznaczyć tylko na obiekcie traktowanym tribenuronem metylu bez surfaktanta, ponieważ środek ten aplikowany z surfaktantem niszczył całkowicie rośliny *Anthemis arvensis* L.. Poziom aminokwasów w

tych warunkach był o ok. 30% niższy w porównaniu z tym, jaki oznaczono w roślinach rosnących w wyższej wilgotności powietrza (rys. 61).

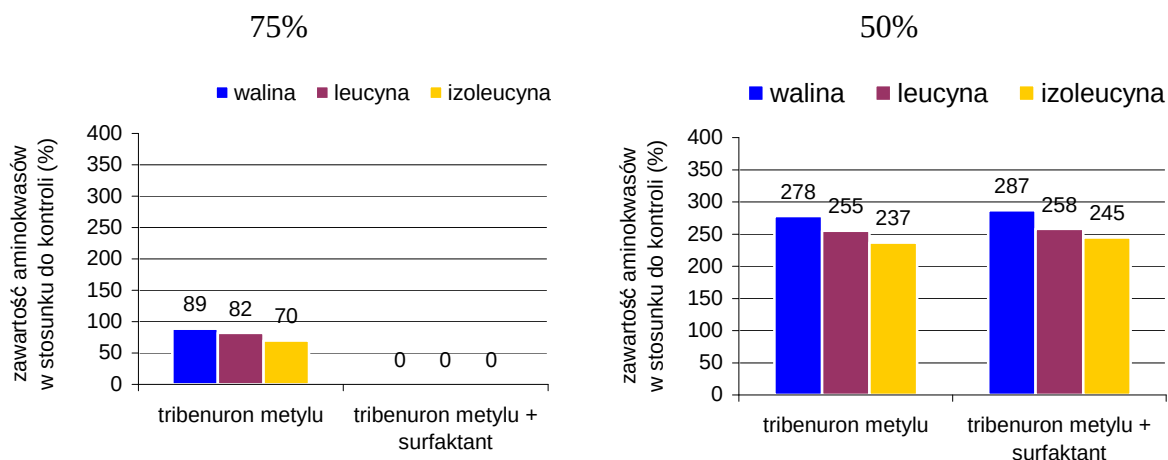
Rysunek 61. Wpływ wilgotności powietrza na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Anthemis arvensis* L. w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu



- ***Galium aparine* L.**

W tkankach *Galium aparine* L. rosnących w warunkach wyższej wilgotności powietrza (75%) zawartość aminokwasów oznaczono tylko na obiektach traktowanych tribenuronem metylu bez dodatku surfaktanta, ponieważ w przypadku łącznej aplikacji rośliny uległy zniszczeniu pod wpływem działania herbicydu. Poziom aminokwasów stanowił 70-89% wartości oznaczonych na obiekcie kontrolnym. W niskiej wilgotności powietrza (50%) zaobserwowano znaczący wzrost zawartości każdego z aminokwasów w porównaniu do osiągniętego w wilgotności 75%. Na obiekcie, na którym zastosowano łącznie herbicyd z surfaktantem, poziom aminokwasów był podobny do uzyskanego po samodzielnej aplikacji herbicydu (rys. 62).

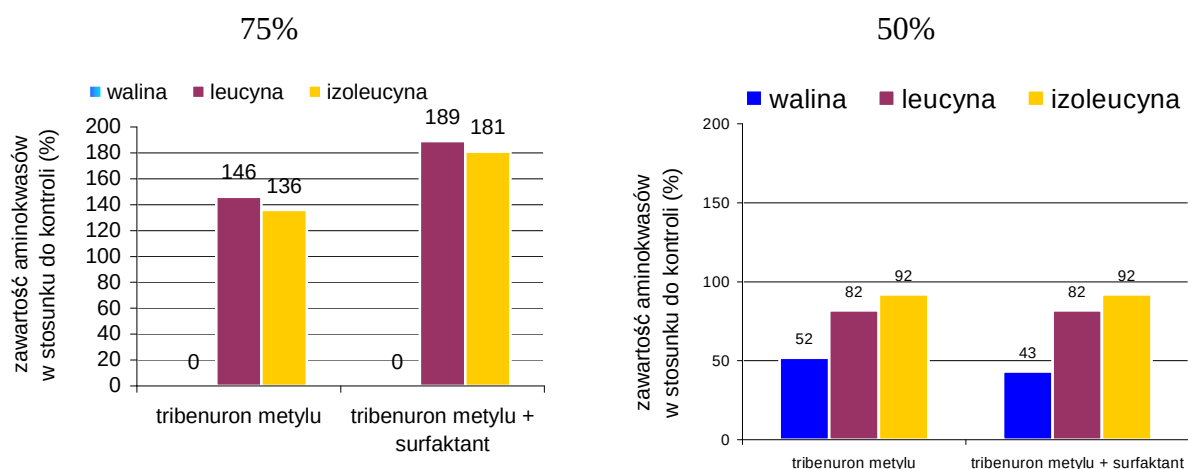
Rysunek 62. Wpływ wilgotności powietrza na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Galium aparine* L. w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu



- ***Papaver rhoeas* L.**

W roślinach *Papaver rhoeas* L. rosnących w warunkach niższej wilgotności powietrza (50%) zawartość aminokwasów kształtowała się na podobnym poziomie dla obu obiektów herbicydowych i wynosiła 43-92% wartości uzyskanych na obiekcie kontrolnym. U roślin rosnących w warunkach bardziej wilgotnych, nie wykryto obecności waliny. Poziom leucyny i izoleucyny był znacznie wyższy niż na obiekcie kontrolnym, przy czym wyższe wartości w stosunku do kontroli (181-189%) uzyskano w wyniku łącznej aplikacji herbicydu z surfaktantem (rys. 63).

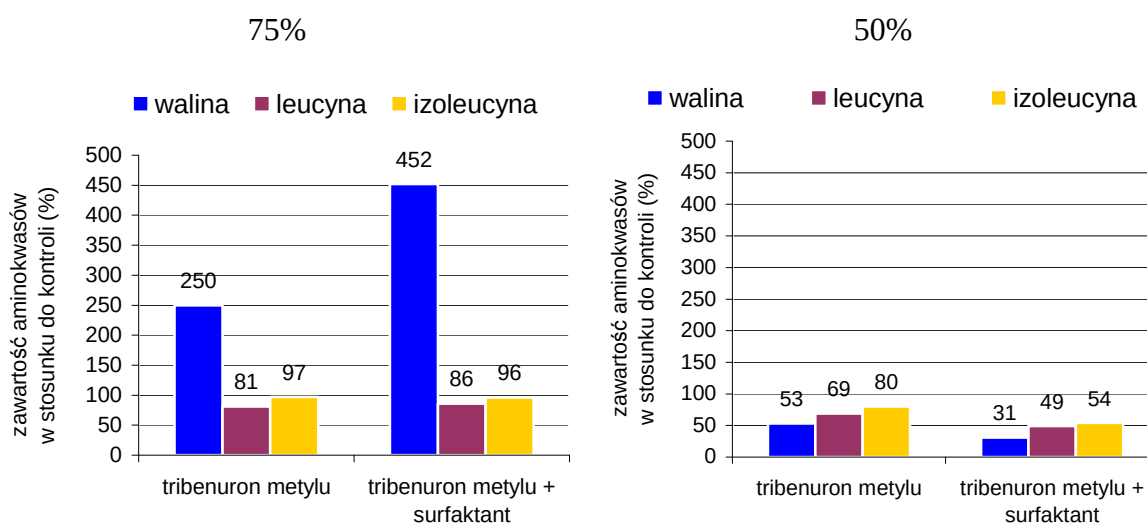
Rysunek 63. Wpływ wilgotności powietrza na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Papaver rhoeas* L. w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu



- ***Stellaria media* L.**

W roślinach *Stellaria media* L. poziom leucyny i izoleucyny różnił się tylko nieznacznie, w zależności od poziomu wilgotności powietrza oraz sposobu aplikacji herbicydu. W warunkach wyższej wilgotności stwierdzono natomiast znaczny wzrost zawartości waliny, zwłaszcza na obiekcie, na którym tribenuron metylu aplikowano łącznie z surfaktantem (rys. 64).

Rysunek 64. Wpływ wilgotności powietrza na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Stellaria media* L. w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu



Analizując wpływ wilgotności powietrza na efektywność tribenuronu metylu aplikowanego samodzielnie lub łącznie z surfaktantem, na podstawie oceny zawartości wolnych aminokwasów: waliny, leucyny i izoleucyny w tkankach badanych chwastów, stwierdzono, że poszczególne gatunki chwastów odmiennie reagują na ten środek. W większości przypadków poziom tych aminokwasów kształtował się na poziomie poniżej wartości oznaczonych dla obiektu kontrolnego. Nie zaobserwowano znacznych różnic w zawartości tych składników pomiędzy badanymi sposobami aplikacji środka, jedynie w przypadku *Anthemis arvensis* L. i *Stellaria media* L. poziom waliny, leucyny i izoleucyny był nieco niższy na obiekcie, na którym tribenuron metylu zastosowano łącznie z surfaktantem.

4.9. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność działania tribenuronu metylu w zależności od wilgotności gleby

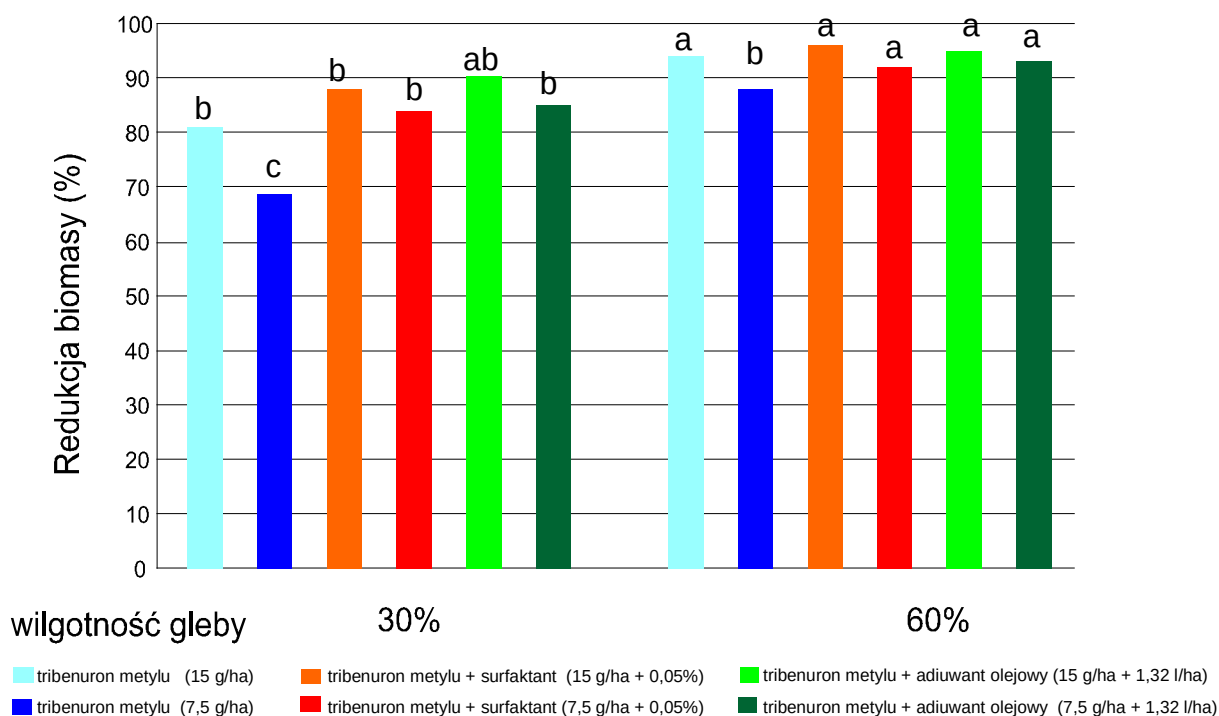
W warunkach niskiej wilgotności gleby można zaobserwować spadek efektywności działania herbicydów. Dodatek adiuwanta ogranicza niekorzystny wpływ tego czynnika na działanie środków chwastobójczych.

4.9.1. Wrażliwość badanych gatunków chwastów na tribenuron metylu stosowany samodzielnie lub z adiuwantami na podstawie redukcji świeżej masy roślin

- ***Anthemis arvensis* L.**

Gatunek ten, w warunkach niskiego uwilgotnienia gleby (30%) był wrażliwy na tribenuron metylu aplikowany w dawce zalecanej, łącznie z ocenianymi adiuwantami. Aplikacja powyższych mieszanin w dawce obniżonej skutkowałą zmianą zakresu wrażliwości chwastów do średnio wrażliwego pomimo, że różnice te nie zostały udowodnione statystycznie. Podobne rezultaty wykazano po aplikacji samego herbicydu stosowanego bez dodatków w dawce zalecanej, natomiast znacznie słabsze (redukcja biomasy o 68%) po zastosowaniu herbicydu w dawce obniżonej. Rośliny rosnące w warunkach większej wilgotności gleby (60%) cechowały się wysokim stopniem wrażliwości (spadek świeżej masy 88-96%) na badany środek stosowany samodzielnie oraz z adiuwantami, bez względu na dawkę. Jednak pomimo niewielkich różnic we wrażliwości pomiędzy badanymi obiektami, analiza statystyczna wykazała istotność w reakcji *Anthemis arvensis* L. na obniżoną dawkę tribenuronu metylu stosowanego samodzielnie (rys. 65).

Rysunek 65. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność tribenuronu metylu w redukcji biomasy *Anthemis arvensis* L. stosowanego w zróżnicowanych warunkach wilgotności gleby

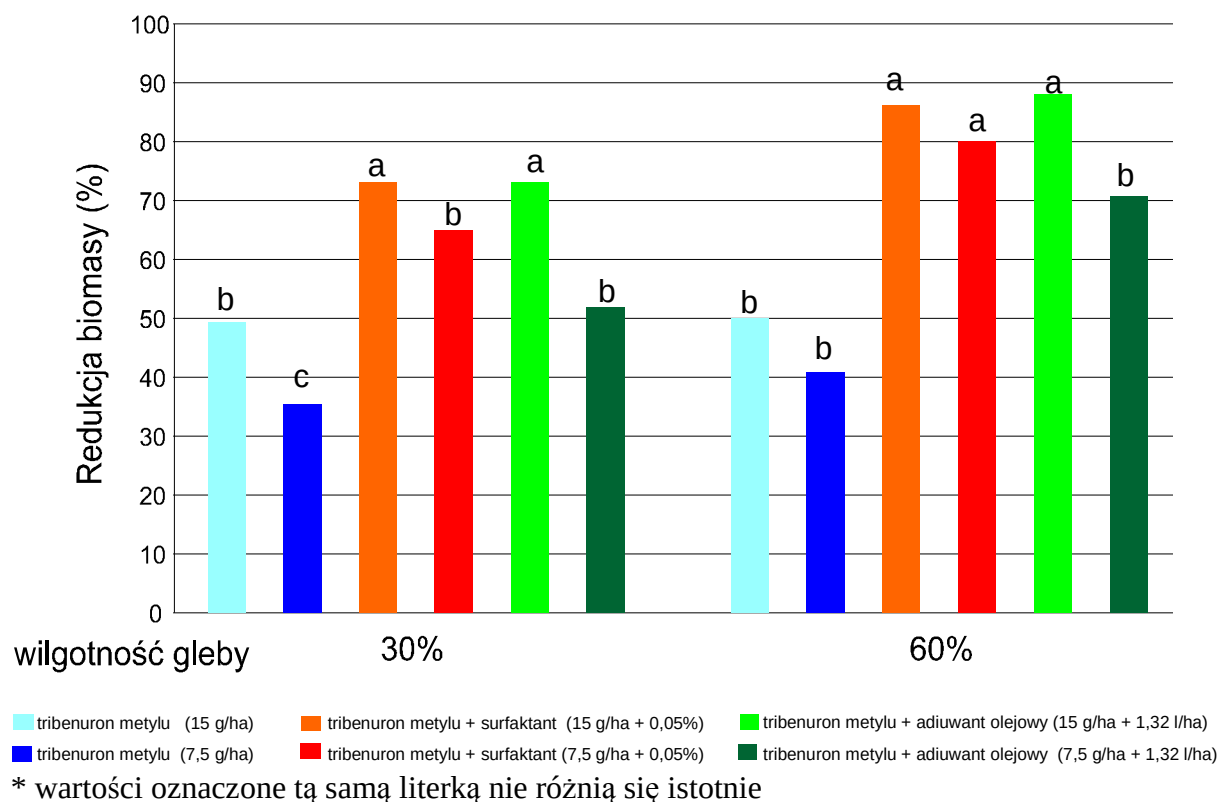


* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

• *Galium aparine* L.

W warunkach niskiego uwilgotnienia gleby nie osiągnięto wysokiej wrażliwości *Galium aparine* L. na żadnym z ocenianych obiektów. Średni stopień wrażliwości (redukcja świeżej masy o 73%) stwierdzono na obiektach traktowanych pełną dawką środka w mieszaninie z ocenianymi adiuwantami. W pozostałych przypadkach rośliny wykazały słabą wrażliwość na badany środek, zwłaszcza, gdy stosowano go samodzielnie. Analiza statystyczna wykazała w każdym z przypadków istotność różnic pomiędzy dawką pełną, a ograniczoną, również gdy tribenuron metylu stosowano z adiuwantami. W warunkach większej wilgotności gleby (60%) *Galium aparine* L. była wrażliwa na mieszaniny herbicydu z adiuwantami, stosowane w zalecanych dawkach i reagowała ograniczeniem produkcji biomasy o 86-88%. Gatunek ten wykazał się średnią wrażliwością, gdy badane mieszaniny zastosowano w dawce obniżonej. Podobnie, jak w warunkach słabego uwilgotnienia, niski stopień wrażliwości roślin osiągnięto w wyniku samodzielnej aplikacji tribenuronu metylu. Pomimo różnic w działaniu analiza statystyczna potwierdziła tylko ich istotność w przypadku dawki zalecanej i obniżonej tribenuronu metylu stosowanego z adiuwantem olejowym (rys. 66).

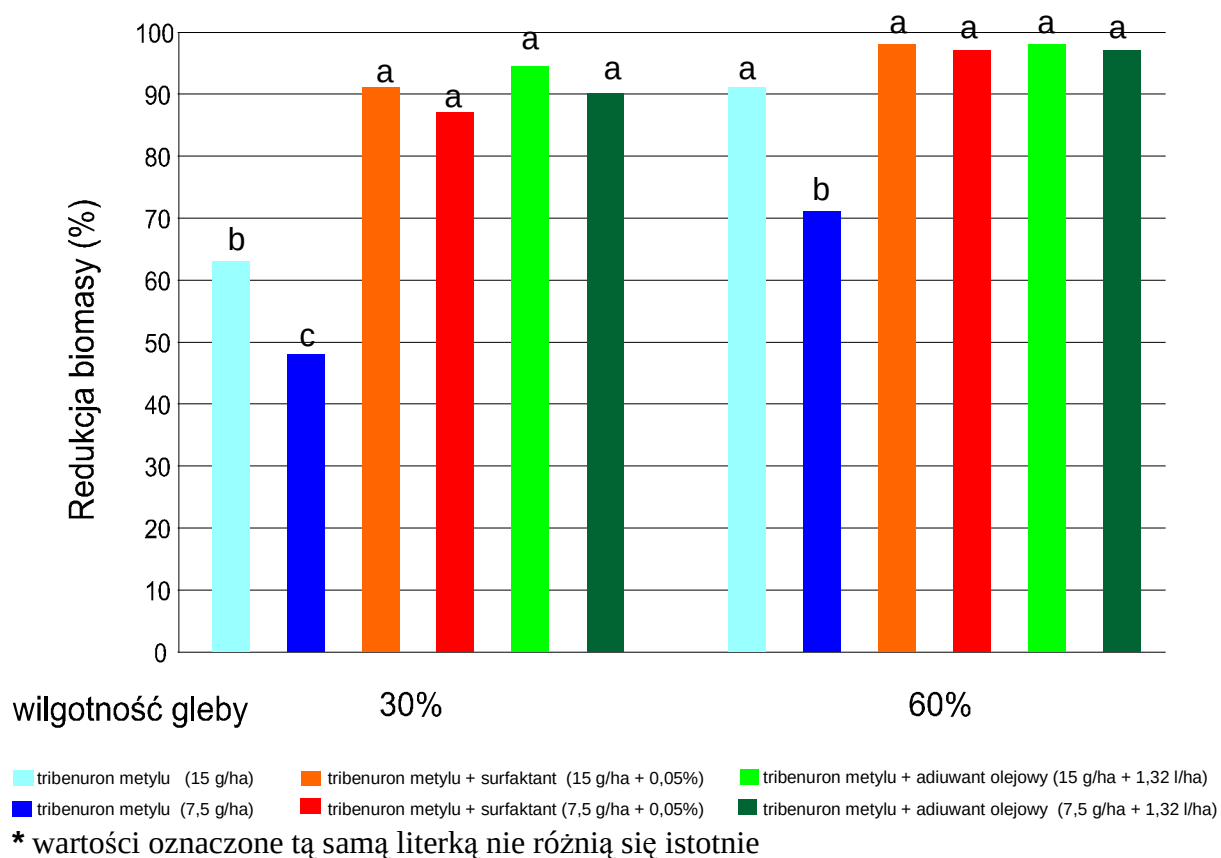
Rysunek 66. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność tribenuronu metylu w redukcji biomasy *Galium aparine* L. stosowanego w zróżnicowanych warunkach wilgotności gleby



- ***Papaver rhoeas* L.**

Gatunek ten, rosnący w warunkach niskiej wilgotności gleby był wrażliwy (87-94%) na tribenuron metylu zastosowany łącznie z obydwoma ocenianymi adiuwantami. Niezależnie od zastosowanej dawki reagował zahamowaniem produkcji biomasy o 87-94%. Samodzielna aplikacja środka spowodowała istotny spadek wrażliwości (48-63%) oraz istotne statystycznie różnice w skuteczności pomiędzy dawkami. W warunkach wyższej wilgotności gleby (60%) rośliny wykazały nieznacznie wyższą wrażliwość (redukcja biomasy o 97-98%) na łączną aplikację herbicydu i adiuwantów, w porównaniu z rezultatami uzyskanymi na glebie mniej uwilgotnionej. Znacznie wyższą wrażliwość tego gatunku obserwowano po zastosowaniu herbicydu bez dodatku adiuwanta, zwłaszcza w dawce zalecanej (hamowanie przyrostu świeżej masy o 91%). Dawka obniżona redukowałą biomasę *Papaver rhoeas* L. w średnim stopniu (rys. 67).

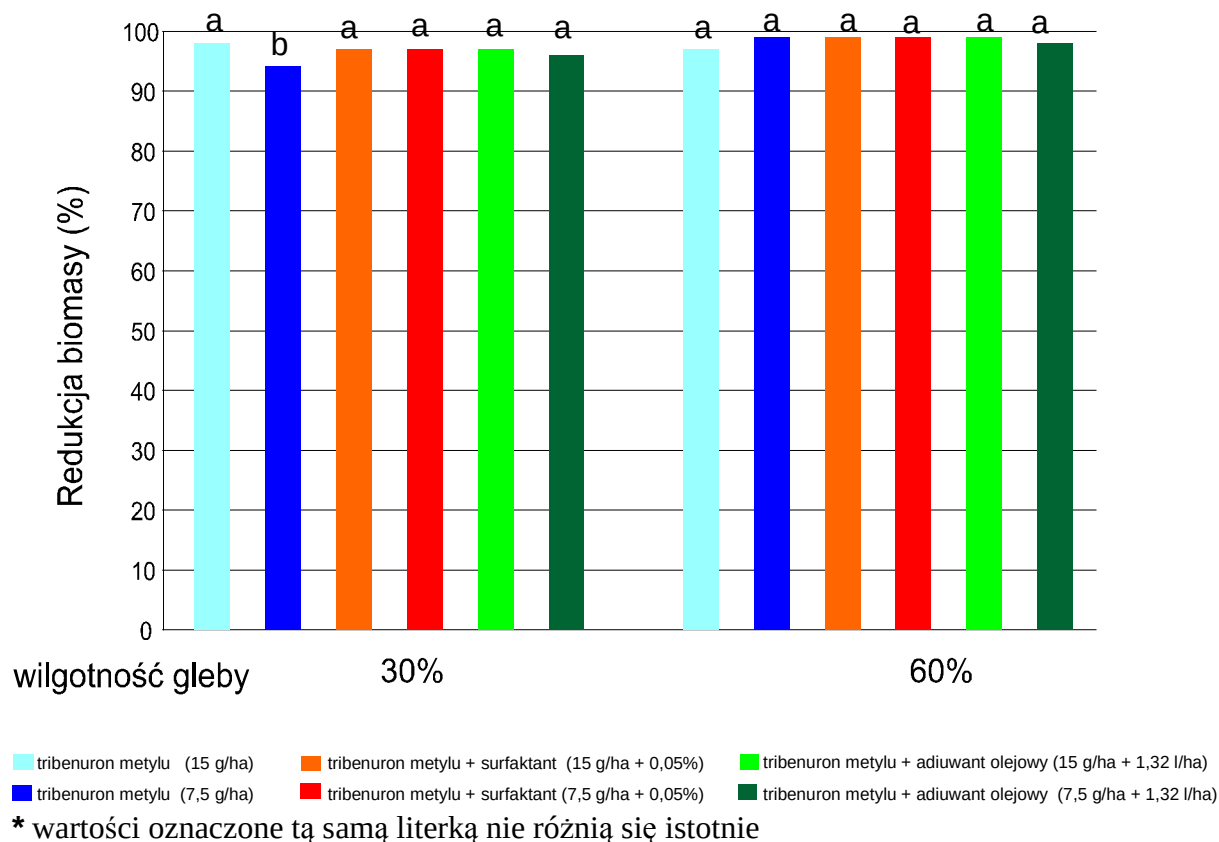
Rysunek 67. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność tribenuronu metylu w redukcji biomasy *Papaver rhoeas* L. stosowanego w zróżnicowanych warunkach wilgotności gleby



- ***Stellaria media* L.**

Powyższy gatunek był wrażliwy (95-98%) na tribenuron metylu aplikowany zarówno samodzielnie, jak i z adiuwantami, niezależnie od poziomu wilgotności gleby. Pomimo tych niewielkich różnic, analiza statystyczna wykazała istotnie słabsze działanie tribenuronu metylu stosowanego samodzielnie w dawce obniżonej (rys. 68).

Rysunek 68. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność tribenuronu metylu w redukcji biomasy *Stellaria media* L. stosowanego w zróżnicowanych warunkach wilgotności gleby



4.9.2. Reakcja badanych gatunków chwastów na sposób aplikacji tribenuronu metylu w zależności od wilgotności gleby

Najsilniej na badany środek, bez względu na sposób jego aplikacji, zareagowała *Stellaria media* L. rosnąca w warunkach większego uwilgotnienia gleby, natomiast nieznacznie słabiej, lecz istotnie ze statystycznego punktu widzenia, gdy gleba była mniej wilgotna. Pozostałe gatunki, jakkolwiek były niszczone z nieznacznie słabszym rezultatem, wykazały bardziej zróżnicowaną reakcję na tribenuron metylu w zależności od wilgotności gleby. *Anthemis arvensis* L. i *Papaver rhoeas* L. bardzo skutecznie zwalczane były w wyższej wilgotności gleby (redukcja biomasy o 92-93%), natomiast istotnie słabiej reagowały, ograniczając produkcję biomasy o 79-83%, gdy wilgotność gleby była niska. Zdecydowanie najniższą skuteczność obserwowano w odniesieniu do *Galium aparine* L.. Była ona istotnie niższa niż w przypadku pozostałych gatunków. Również poziom wilgotności gleby miał istotny wpływ na reakcję tego gatunku na tribenuron metylu (tab. 37).

Tabela 37. Wpływ wilgotności gleby na redukcję biomasy badanych gatunków chwastów niezależnie od sposobu aplikacji tribenuronu metylu

Wilgotność gleby	Redukcja biomasy (%)			
	<i>Anthemis arvensis</i> L.	<i>Galium aparine</i> L.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Stellaria media</i> L.
60%	93b	69d	92b	98a
30%	83c	58e	79c	96b

Najbardziej efektywne w zwalczaniu chwastów, niezależnie od ich gatunku, okazały się mieszaniny tribenuronu metylu zastosowane w dawce podstawowej, z każdym z testowanych adiuwantów, w warunkach większej wilgotności gleby. W przypadku aplikacji na rośliny rosnące w niższym uwilgotnieniu, działały one z istotnie gorszym rezultatem. Mieszaniny te były również istotnie mniej efektywne, gdy herbicyd użyto w dawce obniżonej, jednak nie potwierdzono statystycznie różnic w zależności od wilgotności gleby. Tribenuron metylu wykazał najslabsze działanie, gdy zastosowano go samodzielnie, zwłaszcza w obniżonej dawce (tab. 38).

Tabela 38. Wpływ wilgotności gleby na redukcję biomasy badanych gatunków chwastów w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu

Wilgotność gleby	Redukcja biomasy (%)					
	tribenuron metylu		tribenuron metylu + surfaktant		tribenuron metylu + adiuwant olejowy	
	15 g/ha	7,5 g/ha	15 g/ha + 0,05 %	7,5 g/ha + 0,05 %	15 g/ha + 1,32 l/ha	7,5 g/ha + 1,32 l/ha
60%	83bc	75c	95a	92ab	95a	90b
30%	73c	62c	87b	83bc	89ab	81bc

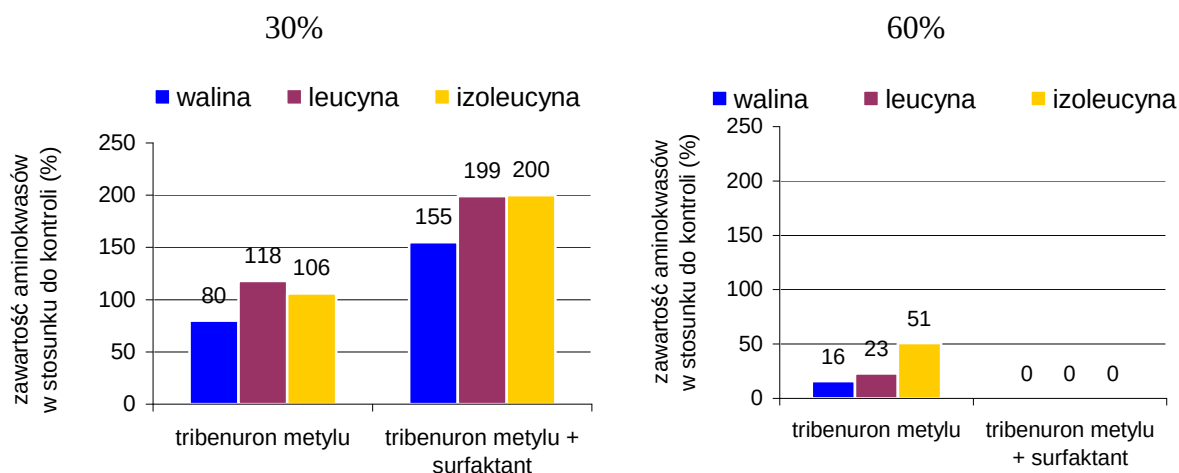
4.9.3. Zawartość aminokwasów u badanych gatunków chwastów w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu

- *Anthemis arvensis* L.

W roślinach *Anthemis arvensis* L. rosnących na glebie bardziej uwilgotnionej zawartość aminokwasów oznaczono tylko na obiekcie, na którym tribenuron metylu zastosowano samodzielnie, ponieważ aplikacja tego herbicydu łącznie z adiuwantem powodowała całkowite zniszczenie roślin testowych. W warunkach wyższego uwilgotnienia gleby, w roślinach traktowanych tribenuronem metylu bez surfaktanta, poziom aminokwasów kształtował się w granicach 25-55% wartości uzyskanych na obiekcie kontrolnym. W

tkankach roślin rosnących na glebie o niższej wilgotności (30%), zaobserwowano znaczny wzrost zawartości aminokwasów, na obu obiektach herbicydowych przy czym na obiekcie, na którym herbicyd zastosowano łącznie z surfaktantem, poziom aminokwasów był prawie dwukrotnie wyższy niż na obiekcie bez surfaktanta (rys. 69).

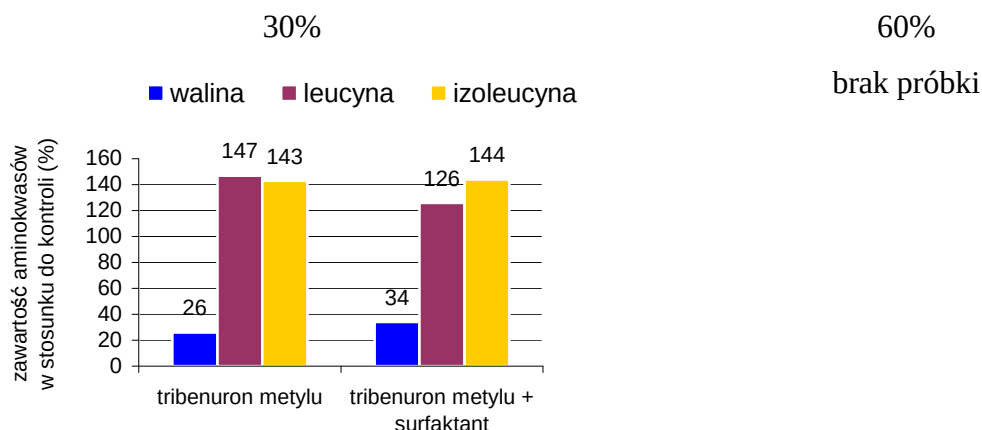
Rysunek 69. Wpływ wilgotności gleby na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Anthemis arvensis* L. w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu



- ***Galium aparine* L.**

Rośliny *Galium aparine* L. rosnące w warunkach wyższej wilgotności gleby (60%) uległy całkowitemu zniszczeniu pod wpływem herbicydu, niezależnie od sposobu jego aplikacji, co uniemożliwiło oznaczenie poziomu aminokwasów. W przypadku niższego uwilgotnienia gleby (30%), na obiektach traktowanych tribenuronem metylu stosowanym samodzielnie, jak również łącznie z surfaktantem, poziom leucyny i izoleucyny był wysoki i wynosił 126-147% wartości uzyskanych na obiekcie kontrolnym. Wykazano bardzo niski w stosunku do pozostałych aminokwasów poziom waliny, który kształtował się w granicach 26-34% w porównaniu do kontroli (rys. 70).

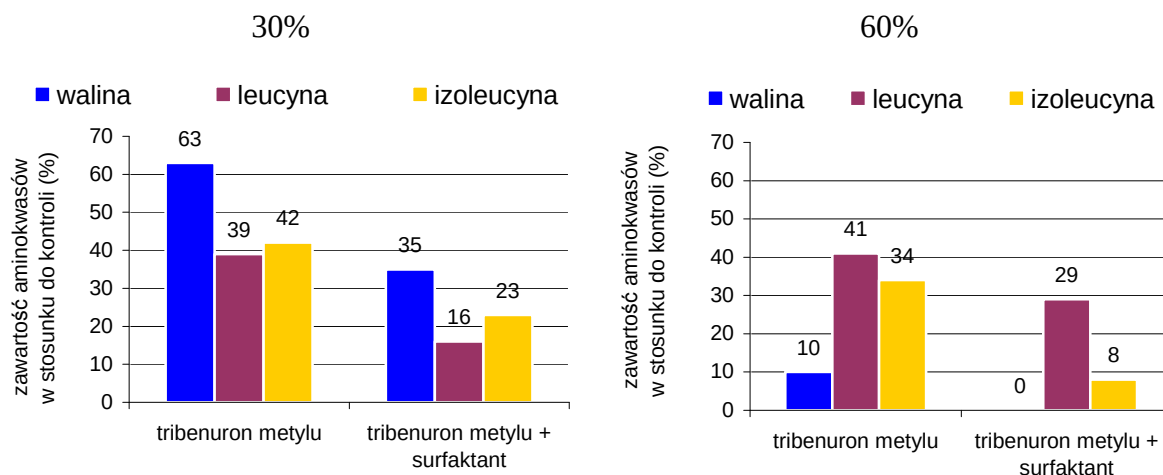
Rysunek 70. Wpływ wilgotności gleby na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Galium aparine* L. w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu



- ***Papaver rhoeas* L.**

W roślinach *Papaver rhoeas* L. rosnących w warunkach wyższej wilgotności gleby wykazano bardzo niski, w porównaniu do pozostałych aminokwasów, poziom waliny, który wystąpił po samodzielnej aplikacji tribenuronu metylu, natomiast w próbkach pochodzących z roślin traktowanych mieszaniną herbicydu i surfaktanta nie wykazano wcale obecności tego aminokwasu. W warunkach niskiego uwilgotnienia gleby zaobserwowano znaczny wzrost (3,5-krotny dla mieszaniny herbicydu z surfaktantem oraz 6-krotny dla herbicydu stosowanego samodzielnie) zawartości tego aminokwasu. Poziom leucyny i izoleucyny u roślin traktowanych tribenuronem metylu bez dodatku surfaktanta był zbliżony zarówno w przypadku gleby suchej, jak i bardziej wilgotnej. Łączna aplikacja tribenuronu metylu z surfaktantem powodowała, w warunkach wyższej wilgotności gleby, ponad dwukrotny wzrost zawartości leucyny oraz spadek poziomu izoleucyny o ponad połowę (rys. 71).

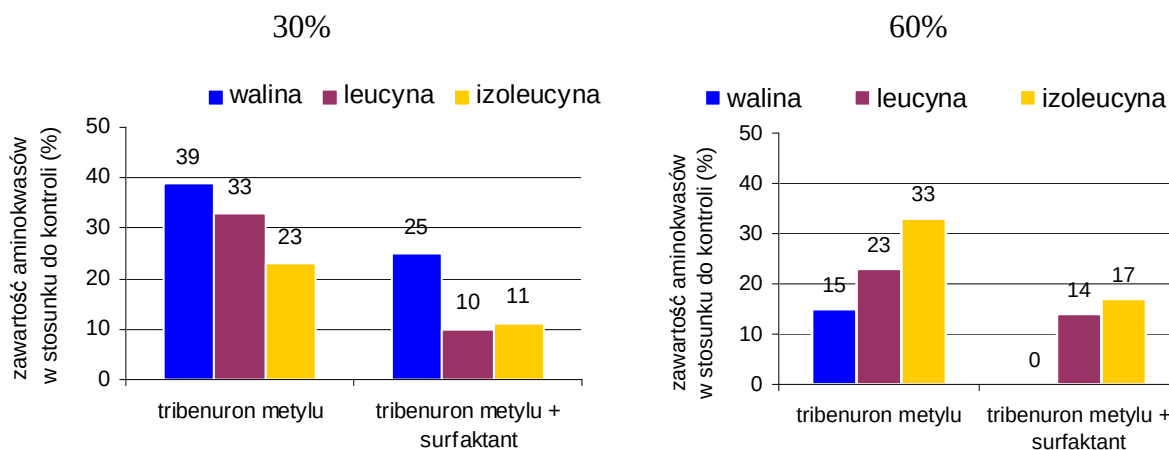
Rysunek 71. Wpływ wilgotności gleby na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Papaver rhoeas* L. w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu



- ***Stellaria media* L.**

W roślinach *Stellaria media* L. rosnących w warunkach wyższego uwilgotnienia gleby poziom aminokwasów był zróżnicowany, zwłaszcza po samodzielnym zastosowaniu tribenuronu metylu. Na obiekcie tym najwięcej było leucyny (33% w odniesieniu do kontroli), zaś najmniej waliny (15%). W roślinach potraktowanych mieszaniną herbicydu i surfaktanta nie wykazano obecności waliny, natomiast w nieco niższej (14-17%) ilości występowały leucyna i izoleucyna. Gdy sam herbicyd zastosowano na rośliny rosnące w glebie o niskiej wilgotności, nastąpiła zmiana w proporcji pomiędzy oznaczanymi aminokwasami. Poziom zawartości waliny i leucyny uległ zwiększeniu, natomiast izoleucyny zmniejszeniu, w porównaniu do uzyskanej na glebie bardziej wilgotnej. Na obiekcie traktowanym mieszaniną herbicydu i surfaktanta wykazano, w odróżnieniu od rezultatów uzyskanych w warunkach wysokiego uwilgotnienia gleby, obecność waliny na poziomie 25% w porównaniu do kontroli, natomiast zawartość pozostałych aminokwasów (leucyna i izoleucyna) była podobna (rys. 72).

Rysunek 72. Wpływ wilgotności gleby na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Stellaria media* L. w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu



Analizując zmiany w zawartości wolnych aminokwasów: waliny, leucyny i izoleucyny w materiale roślinnym pochodzącym z obiektów potraktowanych tribenuronem metylu, można zaobserwować niższą zawartość tych aminokwasów w tkankach roślin rosnących na glebie bardziej wilgotnej, co może świadczyć o lepszym działaniu herbicydu w tych warunkach. Niektóre gatunki, tj. *Papaver rhoeas* L. i *Stellaria media* L. cechowały się niższym poziomem aminokwasów na skutek łącznej aplikacji herbicydu z adiuwantem w porównaniu z aplikacją samodzielną, niezależnie od stopnia uwilgotnienia gleby.

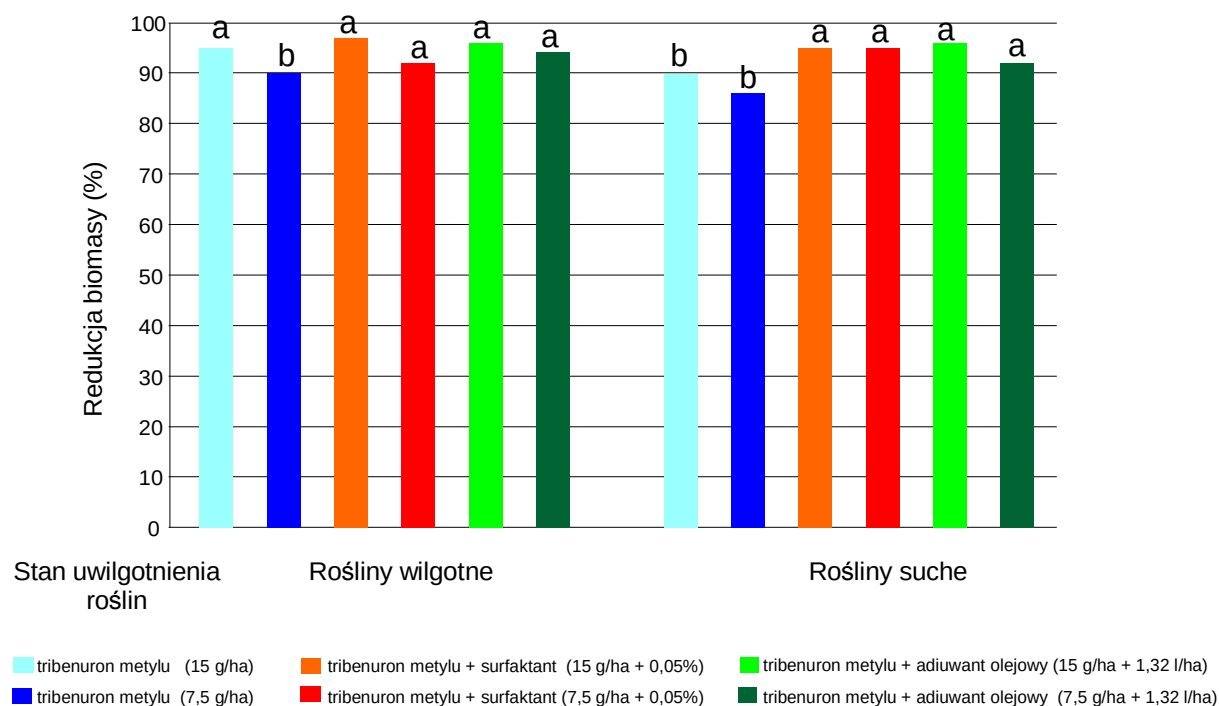
4.10. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność działania tribenuronu metylu w zależności od stanu uwilgotnienia roślin

4.10.1. Wrażliwość badanych gatunków chwastów na herbicydy na podstawie redukcji świeżej masy roślin

- *Anthemis arvensis* L.

Gatunek ten charakteryzował się wysoką wrażliwością (86-97% ubytku świeżej masy) na aplikację tribenuronu metylu, zarówno stosowanego samodzielnie, jak i z adiuwantami, niezależnie od jego dawki oraz faktu czy powierzchnia blaszek liściowych była sucha, czy wilgotna. Nieznaczny spadek skuteczności (potwierdzony statystycznie) obserwowano, gdy tribenuron metylu zastosowano samodzielnie w pełnej dawce na rośliny suche oraz w dawce obniżonej, niezależnie od stanu uwilgotnienia liści. Nie mniej jednak uzyskany rezultat hamowania wzrostu *Anthemis aevensis* L. nadal pozwalał go zaliczyć do gatunków wrażliwych (rys. 73).

Rysunek 73. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność tribenuronu metylu w redukcji biomasy *Anthemis arvensis* L. w zależności od stanu uwilgotnienia roślin

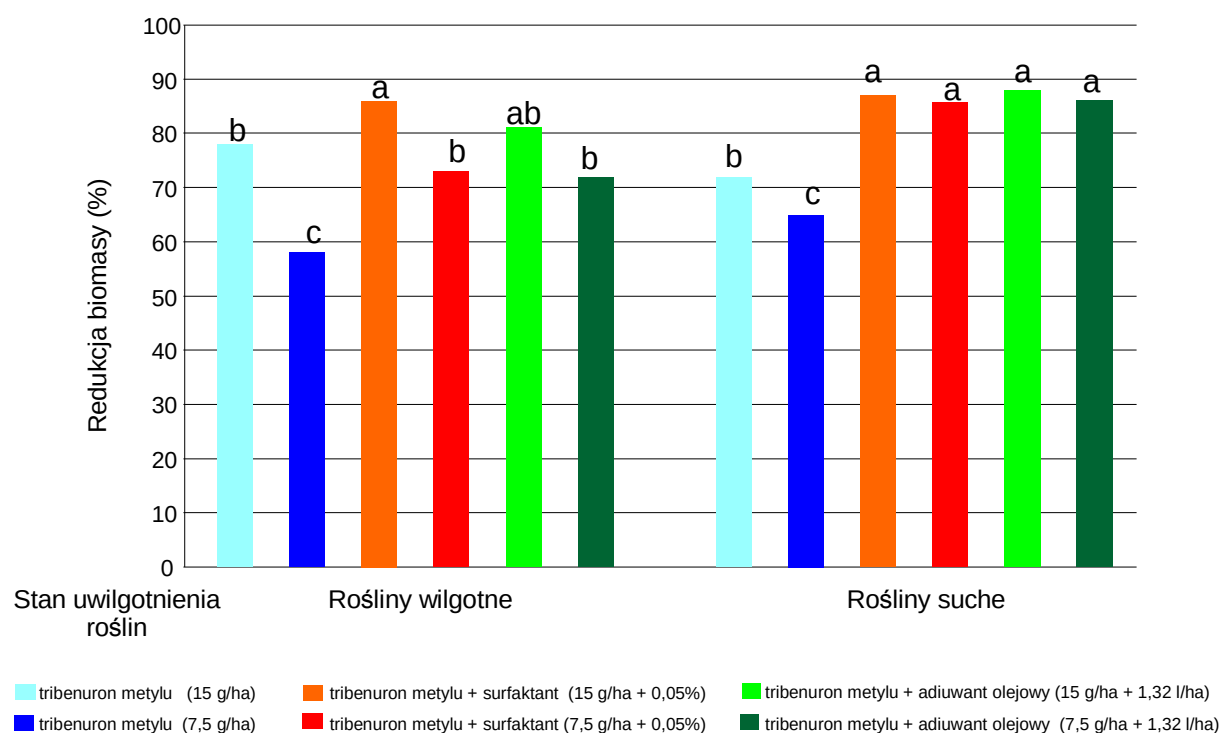


* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

- ***Galium aparine* L.**

Stan uwilgotnienia blaszek liściowych różnicował istotnie reakcję roślin *Galium aparine* L. na tribenuron metylu. Rośliny suche w trakcie zabiegu były skutecznie ograniczane w rozwoju przez herbicyd stosowany łącznie, zarówno z surfaktantem, jak i adiuwantem olejowym, bez względu na użytą dawkę środka. Samodzielna aplikacja tribenuronu metylu przynosiła istotnie gorsze rezultaty. Wystąpienie rosy na liściach spowodowało, że jedynie zastosowanie herbicydu w pełnej dawce z dodatkiem surfaktanta, pozwoliło zachować wymaganą skuteczność. W pozostałych przypadkach obserwowano istotnie słabsze działanie (rys. 74).

Rysunek 74. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność tribenuronu metylu w redukcji biomasy *Galium aparine* L. w zależności od stanu uwilgotnienia roślin



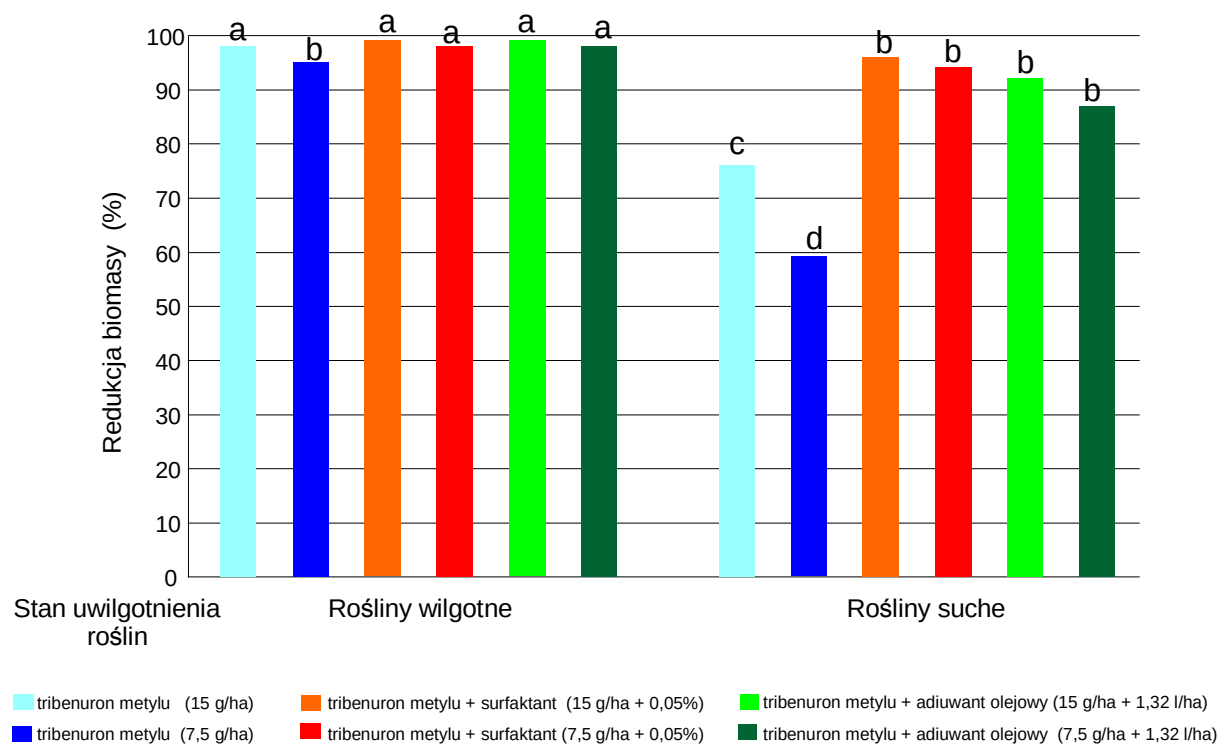
* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

- ***Papaver rhoeas* L.**

Gatunek ten był bardzo wrażliwy (94-99% ubytku świeżej masy) na tribenuron metylu aplikowany samodzielnie oraz z adiuwantami, niezależnie od użytej dawki, gdy rośliny w momencie wykonywania zabiegu były wilgotne. Również wysoki stopień wrażliwości osiągnięto po zastosowaniu mieszanin herbicydu (bez względu na jego dawkę) z każdym z ocenianych adiuwantów na rośliny suche (redukcja biomasy o 87-96%). Przeprowadzona

analiza statystyczna wykazała jednak istotność różnic w reakcji *Papaver rhoeas* L. w zależności od stanu uwilgotnienia liści w momencie zabiegu. Na obiekcie potraktowanym badanym środkiem bez dodatku adiuwanta nastąpił znaczny, istotny spadek wrażliwości do poziomu średniego (hamowanie wytwarzania biomasy o 76%) dla dawki zalecanej oraz niskiego (59% redukcji świeżej masy) dla dawki obniżonej. Również te różnice w działaniu pomiędzy dawkami zostały udowodnione statystycznie (rys. 75).

Rysunek 75. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność tribenuronu metylu w redukcji biomasy *Papaver rhoeas* L. w zależności od stanu uwilgotnienia roślin

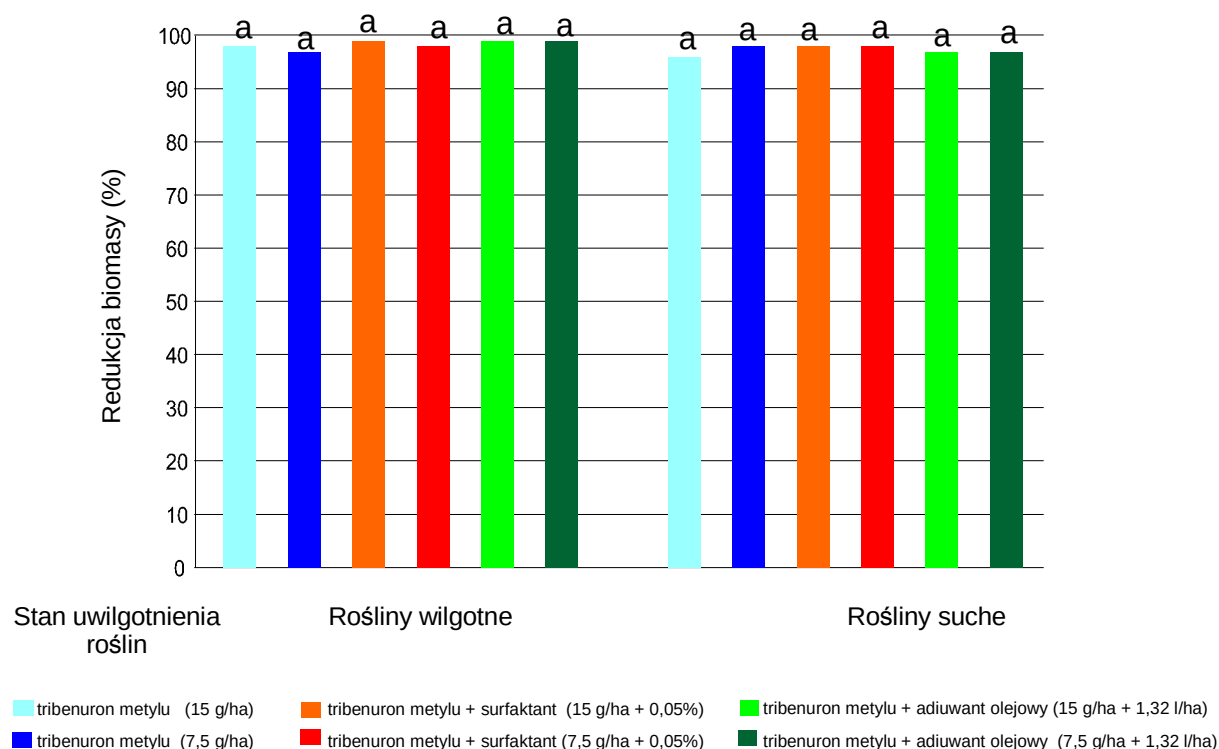


* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

• *Stellaria media* L.

Powyższy gatunek był bardzo wrażliwy (95-98%) na tribenuron metylu, niezależnie od sposobu jego aplikacji, dawki środka oraz stanu uwilgotnienia roślin (rys. 76).

Rysunek 76. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność tribenuronu metylu w redukcji biomasy *Stellaria media* L. w zależności od stanu uwilgotnienia roślin



* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

4.10.2. Reakcja badanych gatunków chwastów na sposób aplikacji tribenuronu metylu w zależności od stanu uwilgotnienia roślin

Spośród badanych gatunków chwastów w najwyższym stopniu na zastosowany herbicyd reagowały *Stellaria media* L. i *Papaver rhoeas* L., bez względu na sposób aplikacji środka. Pierwszy z nich był z jednakowym rezultatem zwalczany, gdy zabieg wykonano zarówno na rośliny mokre, jak i suche. Z kolei *Papaver rhoeas* L. wykazał istotnie wyższą wrażliwość na tribenuron metylu, gdy rośliny w momencie aplikacji herbicydu były wilgotne. W odmienny sposób zareagowała *Galium aparine* L., ponieważ była lepiej zwalczana, gdy herbicyd zastosowano na rośliny suche, lecz mimo to reakcja była słabsza niż wyżej wymienionych gatunków. Ostatni z ocenianych gatunków – *Anthemis arvensis* L. charakteryzował się podobną wrażliwością na tribenuron metylu bez względu na stan uwilgotnienia roślin (tab. 39).

Tabela 39. Wpływ stanu uwilgotnienia roślin na redukcję biomasy badanych gatunków chwastów niezależnie od sposobu aplikacji tribenuronu metylu

Stan uwilgotnienia roślin	Redukcja biomasy (%)			
	<i>Anthemis arvensis</i> L.	<i>Galium aparine</i> L.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Stellaria media</i> L.
Rośliny mokre	94b	74c	98a	98a
Rośliny suche	92b	80b	84b	97a

Najlepsze zniszczenie chwastów, bez względu na gatunek, osiągnięto na obiektach traktowanych podstawową dawką tribenuronu metylu łącznie z każdym z ocenianych adiuwantów, gdy rośliny w momencie aplikacji miały wilgotną powierzchnię blaszek liściowych. Powyższe mieszaniny działały z nieznacznie słabszym efektem, lecz istotnym statystycznie, gdy zastosowano je na rośliny suche. W przypadku samodzielnej aplikacji herbicydu skuteczność dawki podstawowej kształtowała się na poziomie, jaką osiągnięto w wyniku łącznej aplikacji herbicydu z adiuwantem, lecz w dawce zredukowanej, a rośliny w momencie zabiegu były wilgotne. Zabieg wykonany na rośliny suche skutkował spadkiem efektywności tribenuronu metylu stosowanego samodzielnie (tab. 40).

Tabela 40. Wpływ wilgotności powietrza na redukcję biomasy badanych gatunków chwastów w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu

Stan uwilgotnienia roślin	Redukcja biomasy (%)					
	tribenuron metylu		tribenuron metylu + surfaktant		tribenuron metylu + adiuwant olejowy	
	15 g/ha	7,5 g/ha	15 g/ha + 0,05%	7,5 g/ha + 0,05%	15 g/ha + 1,32 l/ha	7,5 g/ha + 1,32 l/ha
Rośliny mokre	92b	85c	95a	90b	94a	91b
Rośliny suche	84d	77e	94ab	93b	93b	90b

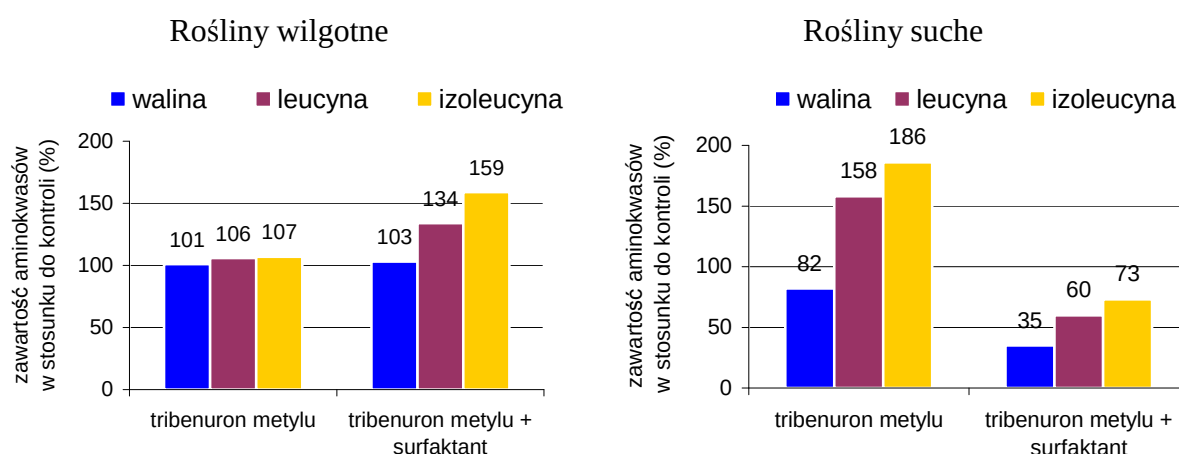
4.10.3. Zawartość aminokwasów u badanych gatunków chwastów w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu

- *Anthemis arvensis* L.

Na obiekcie potraktowanym tribenuronem metylu bez dodatku adiuwanta, gdy rośliny *Anthemis arvensis* L. w momencie zabiegu były wilgotne, poziom aminokwasów był zbliżony do wartości osiągniętych na obiekcie kontrolnym. W przypadku aplikacji tego środka na rośliny suche, nastąpił znaczny wzrost zawartości leucyny i izoleucyny do 159-186% wartości uzyskanych na kontroli. Po zastosowaniu tribenuronu metylu łącznie z surfaktantem

na rośliny wilgotne, poziom waliny był podobny jak na obiekcie opryskanym herbicydem bez dodatku surfaktanta, natomiast leucyny i izoleucyny był wysoki i kształtował się w granicach 134-159% w porównaniu z obiektem kontrolnym. Powyższa mieszanina aplikowana na rośliny suche powodowała znaczny spadek zawartości każdego z ocenianych aminokwasów (rys. 77).

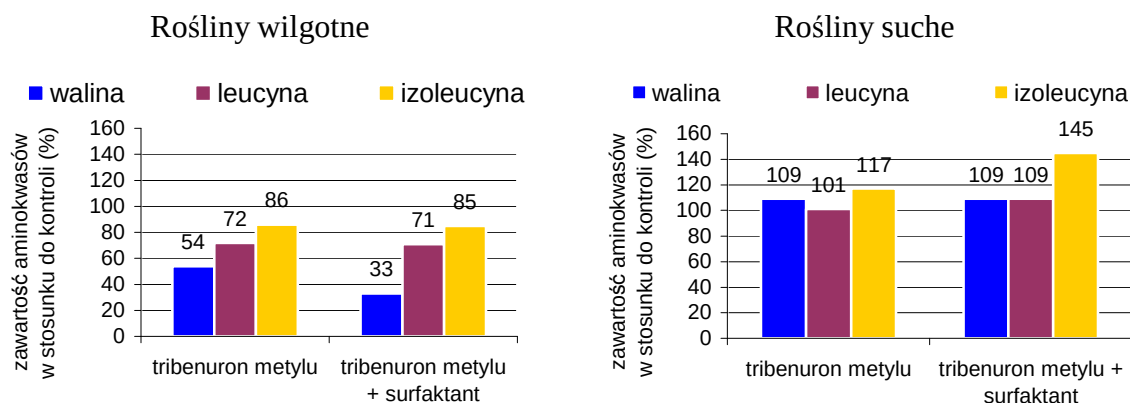
Rysunek 77. Wpływ stanu uwilgotnienia roślin na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Anthemis arvensis* L. w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu



- ***Galium aparine* L.**

Rośliny *Galium aparine* L. charakteryzowały się znacznie niższym poziomem aminokwasów, niezależnie od sposobu aplikacji tribenuronu metylu, gdy w momencie wykonywania zabiegu powierzchnia ich liści była wilgotna, w porównaniu do zabiegu przeprowadzonego na rośliny suche. W przypadku roślin wilgotnych w trakcie zabiegu, w ich tkankach wykryto więcej leucyny i izoleucyny, niezależnie od sposobu aplikacji tribenuronu metylu, natomiast poziom waliny był niższy. U roślin suchych, traktowanych tribenuronem metylu bez dodatku surfaktanta, zawartość badanych aminokwasów była zbliżona do wartości osiągniętych na obiekcie kontrolnym. Łączne stosowanie tribenuronu metylu z surfaktantem powodowało jedynie niewielki wzrost zawartości izoleucyny (rys. 78).

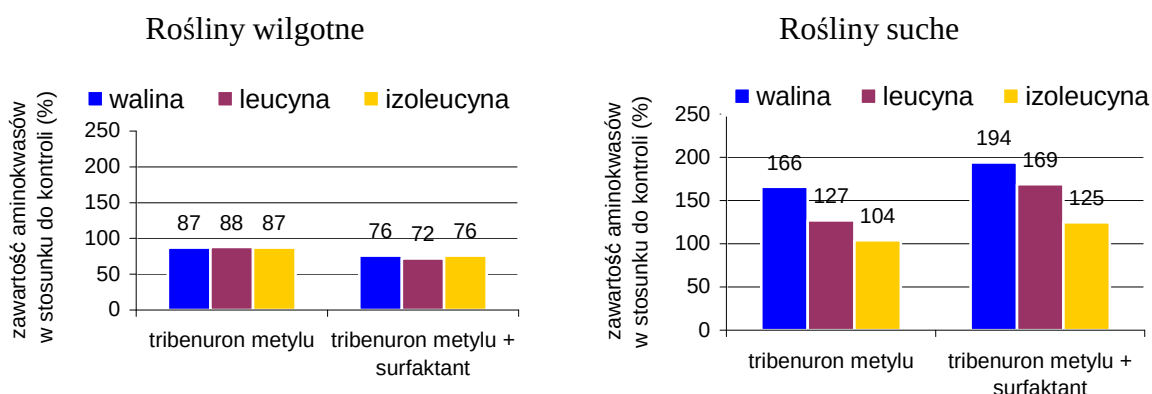
Rysunek 78. Wpływ stanu uwilgotnienia roślin na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Galium aparine* L. w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu



- ***Papaver rhoeas* L.**

W roślinach *Papaver rhoeas* L. wykazano znacznie niższy poziom aminokwasów, gdy tribenuron metylu zastosowano na rośliny wilgotne, bez względu na sposób aplikacji. W przypadku zabiegu wykonanego na rośliny suche, nastąpił wzrost zawartości wszystkich aminokwasów, przy czym na obu obiektach najwyższy był poziom waliny, następnie leucyny i izoleucyny (rys. 79).

Rysunek 79. Wpływ stanu uwilgotnienia roślin na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Papaver rhoeas* L. w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu

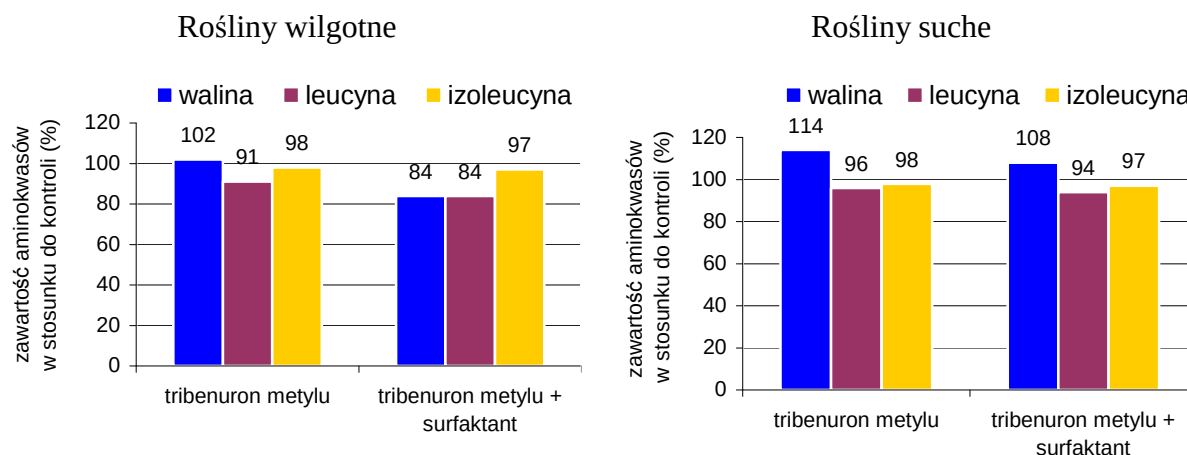


- ***Stellaria media* L.**

Powyższy gatunek nie wykazał zdecydowanego zróżnicowania w zawartości aminokwasów, w zależności od stanu uwilgotnienia roślin oraz sposobu aplikacji tribenuronu metylu. Wykrywany poziom aminokwasów wahał się w granicach 84-114% w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Niewielki wzrost zawartości waliny obserwowano jedynie u roślin

traktowanych badanym środkiem (niezależnie od sposobu aplikacji), gdy powierzchnia ich liści była sucha w trakcie zabiegu (rys.80).

Rysunek 80. Wpływ stanu uwilgotnienia roślin na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Stellaria media* L. w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu



Na podstawie oceny zawartości wolnych aminokwasów w tkankach badanych gatunków chwastów potraktowanych tribenuronem metylu (samodzielnie lub z dodatkiem adiuwanta), aplikowanym na wilgotne lub suche powierzchnie blaszek liściowych ocenianych gatunków chwastów, stwierdzono, że chwasty w różnicowany sposób reagowały na badany środek. Poziom waliny, leucyny i izoleucyny w tkankach roślin *Stellaria media* L. nie różnił się znacznie pomiędzy sposobami aplikacji środka, jak i stanem uwilgotnienia roślin. W przypadku *Galium aparine* L. i *Papaver rhoeas* L. wykazano różnice w obrębie stanu uwilgotnienia roślin, przy czym więcej aminokwasów było nagromadzonych u roślin, które w momencie wykonania zabiegu miały suche powierzchnie. W roślinach *Anthemis arvensis* L., w przypadku stosowania herbicydu na rośliny suche, zaobserwowano mniejszą zawartość aminokwasów po zastosowaniu tribenuronu metylu łącznie z surfaktantem, w porównaniu z samodzielną aplikacją.

4.11. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność działania tribenuronu metylu w zależności od natężenia światła

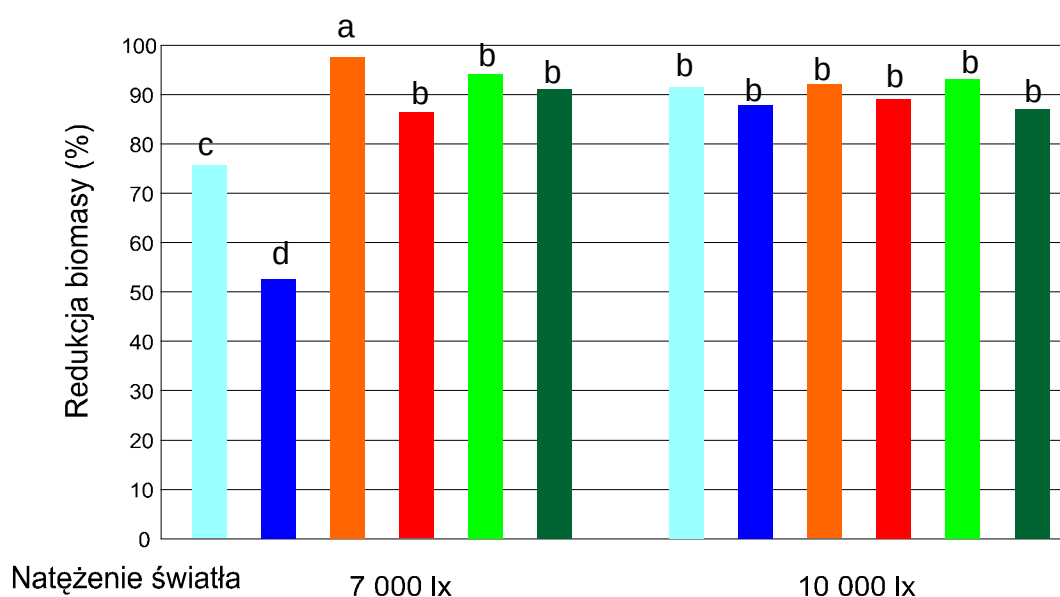
Rośliny rosnące w słabszych warunkach świetlnych są słabiej niszczone przez herbicydy. Dodatek adiuwanta może jednak spowodować poprawę działania środków chwastobójczych.

4.11.1. Wrażliwość badanych gatunków chwastów na tribenuron metylu stosowany samodzielnie lub z adiuwantami na podstawie redukcji świeżej masy roślin

- *Anthemis arvensis* L.

Gatunek ten rosnący w warunkach słabszego natężenia światła (7 000 lx) wykazał wysoką wrażliwość (redukcja biomasy o 86-98%) na tribenuron metylu aplikowany łącznie z każdym z ocenianych adiuwantów. Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała istotnie lepsze działanie na obiekcie, na którym zastosowano tribenuron metylu w dawce zalecanej w mieszaninie z surfaktantem, w porównaniu z pozostałymi obiektami z łączną aplikacją herbicydu z adiuwantami. Rośliny potraktowane zalecaną dawką środka stosowanego samodzielnie były średnio wrażliwe, natomiast dawką obniżoną – odporne. Zostało to również potwierdzone statystycznie. Rośliny rosnące w warunkach większego natężenia światła były wrażliwe na herbicyd, który spowodował ograniczenie biomasy o 87-93%, niezależnie od sposobu aplikacji oraz dawki środka (rys. 81).

Rysunek 81. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność tribenuronu metylu w redukcji biomasy *Anthemis arvensis* L. w warunkach zróżnicowanego natężenia światła



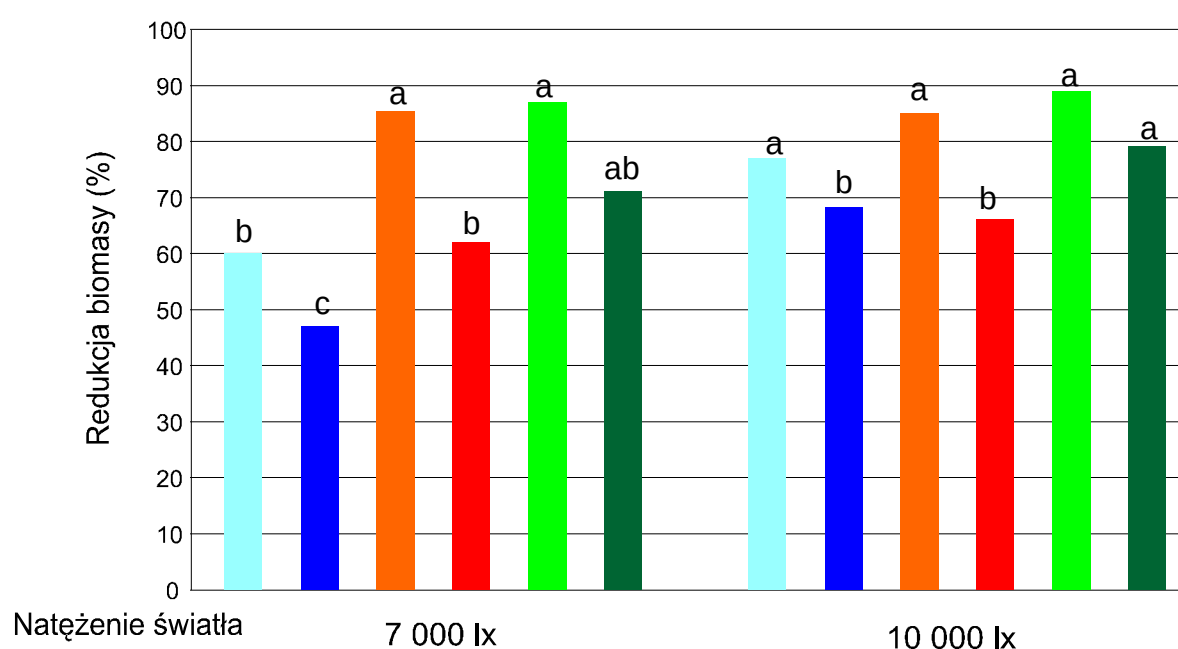
■ tribenuron metylu (15 g/ha)
 ■ tribenuron metylu + surfaktant (15 g/ha + 0,05%)
 ■ tribenuron metylu + adiuwant olejowy (15 g/ha + 1,32 l/ha)
■ tribenuron metylu (7,5 g/ha)
 ■ tribenuron metylu + surfaktant (7,5 g/ha + 0,05%)
 ■ tribenuron metylu + adiuwant olejowy (7,5 g/ha + 1,32 l/ha)

* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

• *Galium aparine* L.

Wysoką wrażliwość (zahamowanie produkcji świeżej masy o 85-87%) roślin rosnących w słabszym natężeniu światła zanotowano tylko na obiektach potraktowanych tribenuronem metylu w dawce zalecanej, aplikowanym w mieszaninie z każdym z ocenianych adiuwantów. Na obiektach, na których powyższe mieszaniny zastosowano w niższej dawce (tribenuron metylu), wrażliwość roślin uległa istotnemu zmniejszeniu, przy czym na obiekcie herbicyd + surfaktant kształtowała się ona na niskim poziomie (redukcja biomasy o 62%), natomiast na obiekcie herbicyd + adiuwant olejowy na poziomie średnim (71%). W przypadku samodzielnej aplikacji tribenuronu metylu, wrażliwość chwastów na ten środek była niska (47-60%), a różnice w skuteczności pomiędzy dawkami zostały potwierdzone statystycznie. W warunkach wyższego natężenia światła wykazano podobną wrażliwość *Galium aparine* L. na herbicyd stosowany w mieszaninach, do osiągniętej w słabszym natężeniu światła. Znacznie silniej natomiast reagowały rośliny na tribenuron metylu aplikowany samodzielnie. Po zastosowaniu pełnej dawki środka wykazały się średnią wrażliwością, natomiast po aplikacji dawki obniżonej były odporne (rys. 82).

Rysunek 82. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność tribenuronu metylu w redukcji biomasy *Galium aparine* L. w warunkach zróżnicowanego natężenia światła



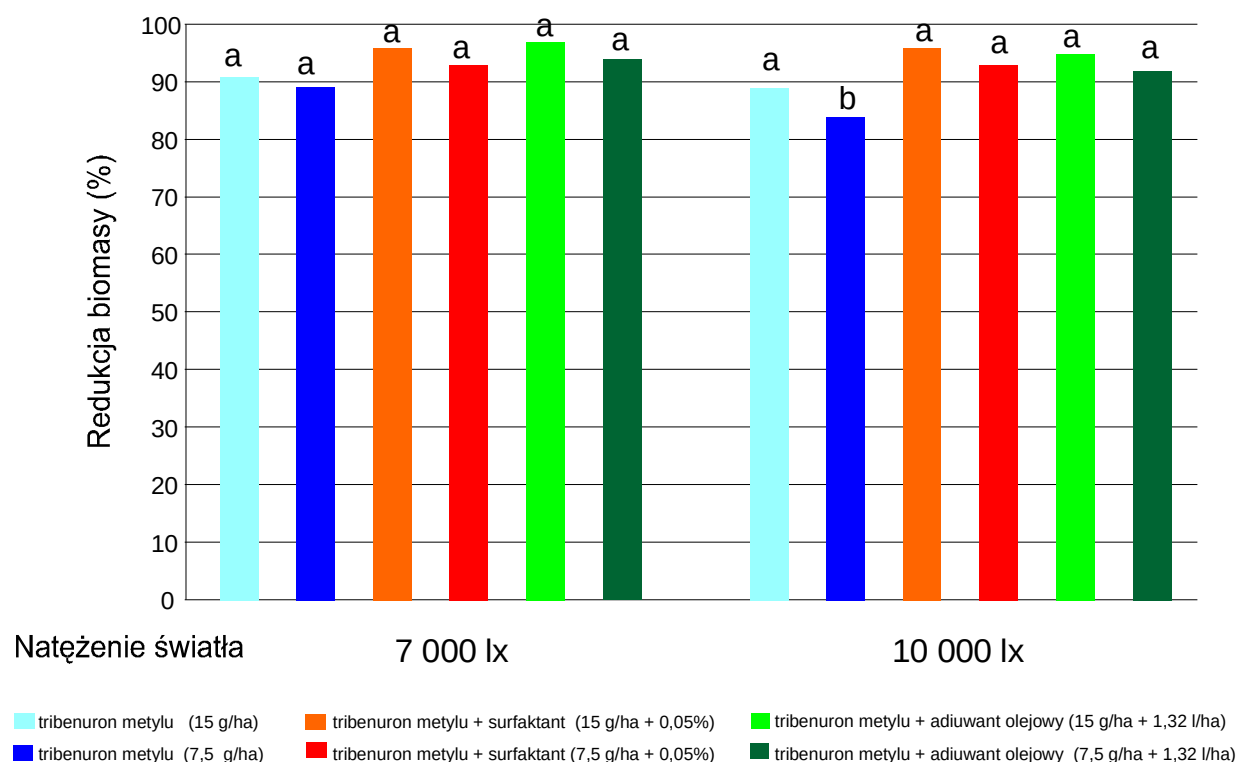
■ tribenuron metylu (15 g/ha) ■ tribenuron metylu + surfaktant (15 g/ha + 0,05%) ■ tribenuron metylu + adiuwant olejowy (15 g/ha + 1,32 l/ha)
■ tribenuron metylu (7,5 g/ha) ■ tribenuron metylu + surfaktant (7,5 g/ha + 0,05%) ■ tribenuron metylu + adiuwant olejowy (7,5 g/ha + 1,32 l/ha)

* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

• *Papaver rhoeas* L.

Omawiany gatunek rosnący w słabszym natężeniu światła charakteryzował się wysokim stopniem wrażliwości (redukcja biomasy o 89-97%) na tribenuron metylu niezależnie od sposobu aplikacji oraz dawki herbicydu. Podobną wrażliwość wykazano dla roślin rosnących w większym natężeniu światła, które potraktowano mieszaninami herbicydu z adiuwantami oraz samym herbicydem, lecz w dawce podstawowej. Po obniżeniu dawki środka wrażliwość roślin była istotnie niższa (84%) (rys. 83).

Rysunek 83. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność tribenuronu metylu w redukcji biomasy *Papaver rhoeas* L. w warunkach zróżnicowanego natężenia światła

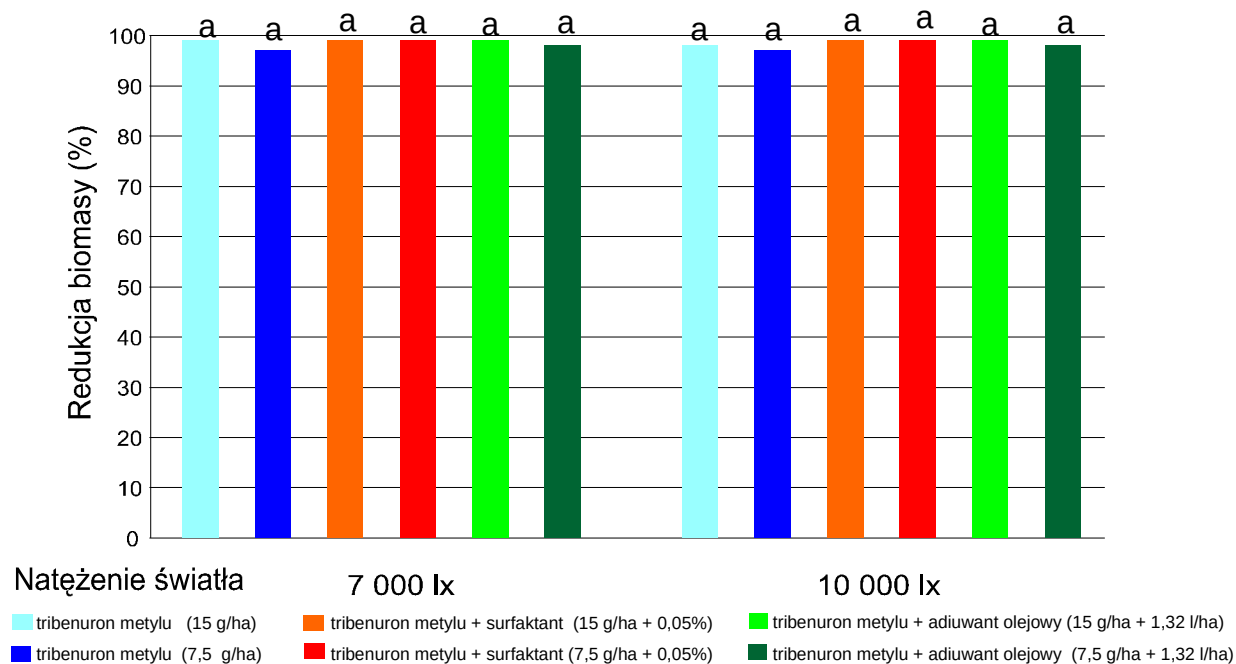


* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

• *Stellaria media* L.

Gatunek ten był wrażliwy (97-99%) na tribenuron metylu, bez względu na sposób jego aplikacji oraz wysokość dawki (rys. 84).

Rysunek 84. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność tribenuronu metylu w redukcji biomasy *Stellaria media* L. w warunkach zróżnicowanego natężenia światła



* wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

4.11.2. Reakcja badanych gatunków chwastów na sposób aplikacji tribenuronu metylu w zależności od natężenia światła

Ze wszystkich uwzględnionych w doświadczeniu gatunków chwastów *Stellaria media* L. cechowała się największą wrażliwością na tribenuron metylu, bez względu na sposób jego aplikacji. Nie wykazano istotnych różnic we wrażliwości na badany środek w zależności od natężenia światła. Mniejszym stopniem wrażliwości charakteryzował się *Papaver rhoeas* L., który był również zwalczany z jednakowym skutkiem niezależnie od natężenia światła. *Anthemis arvensis* L. rosnący w warunkach większego natężenia światła wykazał taką samą wrażliwość, jak *Papaver rhoeas* L., natomiast istotnie mniejszą w gorszych warunkach świetlnych. Spośród ocenianych gatunków najslabiej zwalczana była *Galium aparine*, szczególnie gdy rosła w warunkach słabszego natężenia światła (tab.41).

Tabela 41. Wpływ natężenia światła na redukcję biomasy badanych gatunków chwastów niezależnie od sposobu aplikacji tribenuronu metylu

Natężenie światła	Redukcja biomasy (%)			
	<i>Anthemis arvensis</i> L.	<i>Galium aparine</i> L.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Stellaria media</i> L.
10 000 lx	90b	77d	92b	98a
7 000 lx	83c	68e	93b	98a

Najlepsze zniszczenie chwastów, bez względu na zwalczany gatunek, uzyskano na obiektach traktowanych podstawową dawką tribenuronu metylu łącznie z każdym z ocenianych adiuwantów, niezależnie od poziomu natężenia światła. Istotnie słabsze działanie wystąpiło w wyniku łącznej aplikacji tego środka z adiuwantami, lecz w dawce obniżonej. Nie wykazano również zróżnicowania w obrębie omawianego czynnika abiotycznego. W przypadku samodzielnej aplikacji herbicydu, skuteczność dawki podstawowej kształtowała się na poziomie, jaki osiągnięto w wyniku łącznej aplikacji herbicydu z adiuwantem, lecz w dawce zredukowanej, bez względu na poziom natężenia światła. W warunkach słabszego natężenia światła dawka obniżona działała z istotnie słabszym efektem (tab. 42).

Tabela 42. Wpływ natężenia światła na redukcję biomasy badanych gatunków chwastów niezależnie od sposobu aplikacji tribenuronu metylu

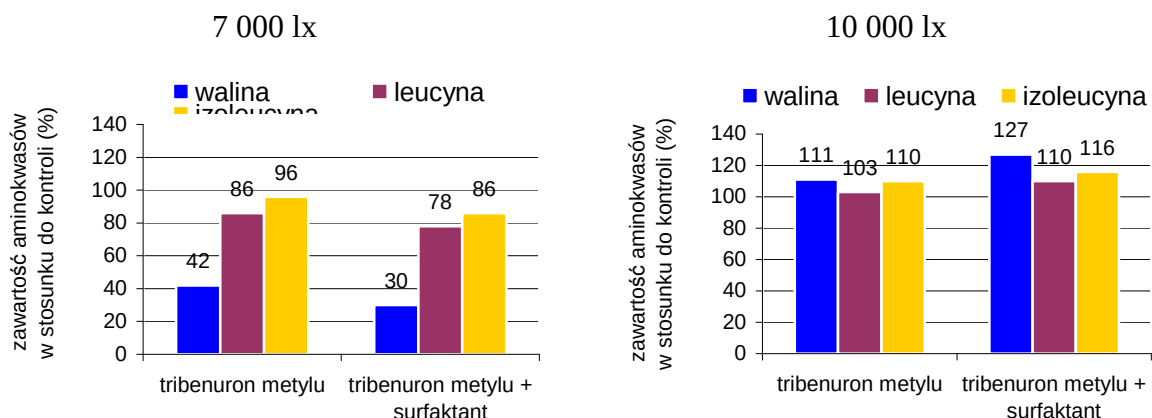
Natężenie światła	Redukcja biomasy (%)					
	tribenuron metylu		tribenuron metylu + surfaktant		tribenuron metylu + adiuwant olejowy	
	15 g/ha	7,5 g/ha	15 g/ha + 0,05%	7,5 g/ha + 0,05%	20 g/ha + 1,32 l/ha	7,5 g/ha + 1,32 l/ha
10 000 lx	89b	84b	93a	87b	94a	89b
7 000 lx	81b	71c	94a	85b	94a	89b

4.11.3. Zawartość aminokwasów u badanych gatunków chwastów w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu

- *Anthemis arvensis* L.

Poziom aminokwasów w roślinach *Anthemis arvensis* L. rosnących w warunkach większego natężenia światła kształtował się na wysokim poziomie (103-127% w stosunku do obiektu kontrolnego) w przypadku obu sposobów aplikacji tribenuronu metylu. Znacznie mniejszą zawartość aminokwasów (30-96%) wykazano w roślinach rosnących w słabszym natężeniu światła, na obu obiektach herbicydowych. W tych warunkach zaobserwowano znaczne zróżnicowanie w proporcji poszczególnych aminokwasów, wśród których znacznie mniej było waliny w porównaniu do pozostałych aminokwasów (rys. 85).

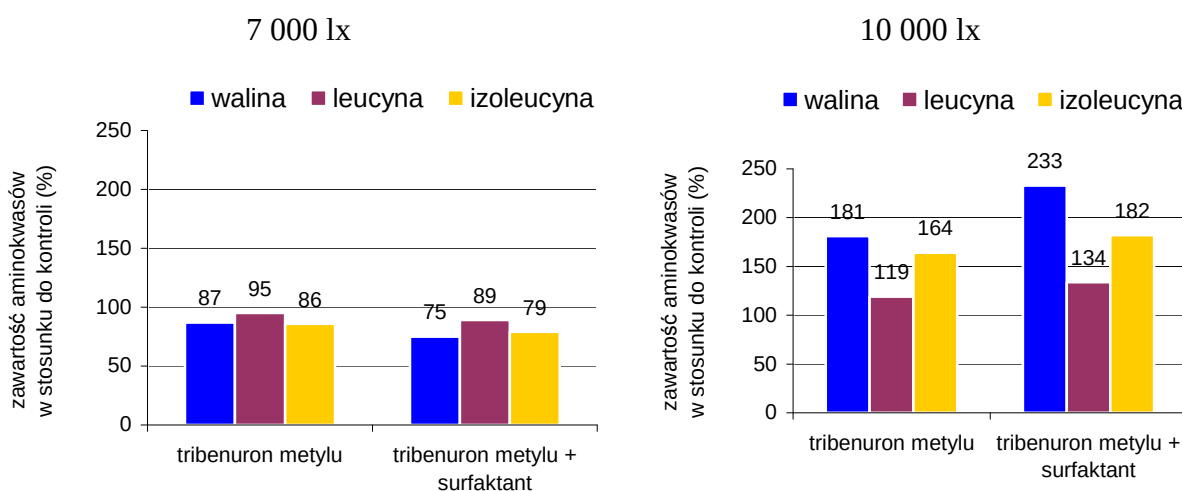
Rysunek 85. Wpływ natężenia światła na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Anthemis arvensis* L. w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu



- *Galium aparine* L.

Poziom aminokwasów w roślinach *Galium aparine* L. rosnących w warunkach większego natężenia światła był zróżnicowany. Bez względu na sposób aplikacji tribenuronu metylu, znacznie mniej było leucyny w stosunku do pozostałych aminokwasów. Najwięcej było waliny zwłaszcza na obiekcie, na którym herbicyd aplikowano łącznie z surfaktantem (233% w porównaniu do kontroli). W warunkach słabszego natężenia światła nastąpił spadek zawartości aminokwasów w roślinach na obu obiektach herbicydowych. Nie stwierdzono również znaczących różnic pomiędzy poziomem poszczególnych aminokwasów (rys. 86).

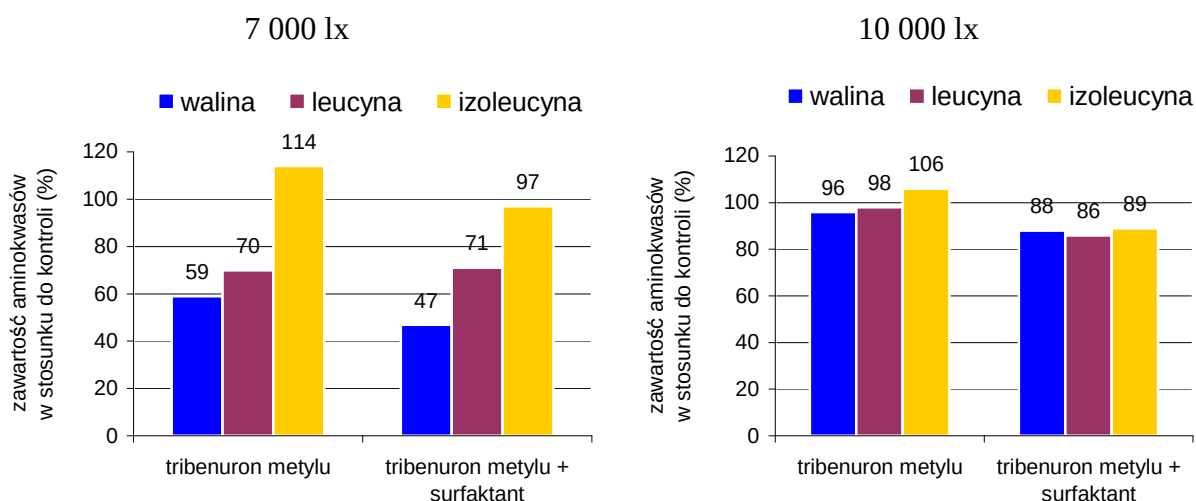
Rysunek 86. Wpływ natężenia światła na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Galium aparine* L. w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu



- ***Papaver rhoeas* L.**

Podobnie jak w przypadku poprzednio omówionych gatunków, poziom aminokwasów w roślinach *Papaver rhoeas* L. rosnących w większym natężeniu światła kształtował się na wysokim poziomie (86-106% w stosunku do kontroli), niezależnie od sposobu aplikacji tribenuronu metylu. Znacznie mniejszą zawartość aminokwasów, a zwłaszcza waliny (47-59%) i leucyny (70-71%) wykazano w roślinach rosnących w słabszym natężeniu światła na obu obiektach herbicydowych. Poziom izoleucyny kształtował się w granicach 97-114% w stosunku do kontroli (rys. 87).

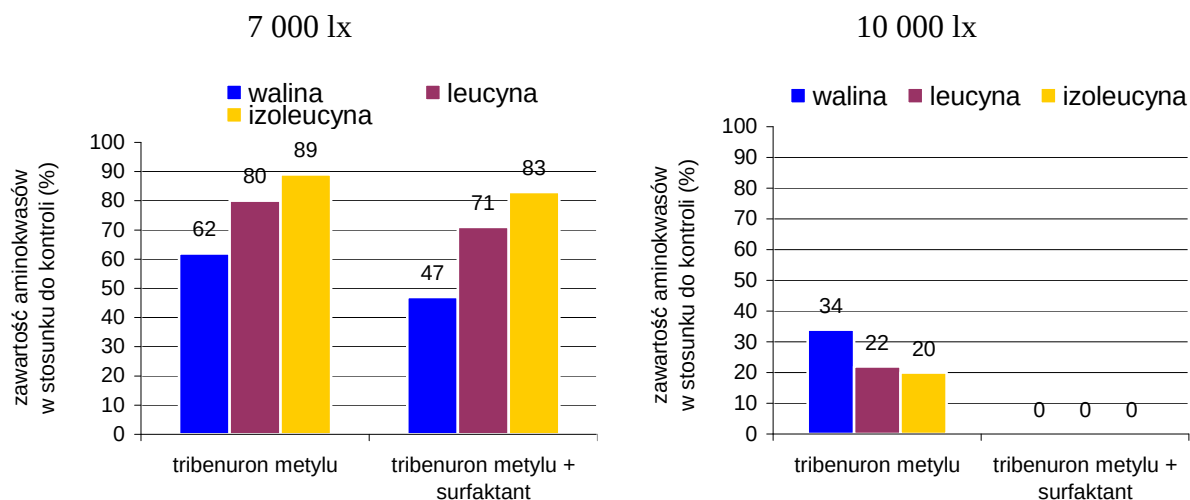
Rysunek 87. Wpływ natężenia światła na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Papaver rhoeas* L. w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu



- ***Stellaria media* L.**

W roślinach *Stellaria media* L. rosnących w warunkach większego natężenia światła poziom aminokwasów można było oznaczyć tylko na obiekcie traktowanym tribenuronem metylu bez surfaktanta. Zawartość aminokwasów była niska i kształtowała się w granicach 20-34% w stosunku do kontroli. Na obiekcie z łączną aplikacją chwasty zostały zniszczone. W warunkach słabszego natężenia światła nastąpił wzrost zawartości aminokwasów, wynosił on 47-89% w porównaniu z kontrolą. Na obu obiektach herbicydowych zanotowano różnice w proporcji między aminokwasami. Najmniej było waliny, zaś najwięcej izoleucyny, natomiast zawartość poszczególnych aminokwasów była zbliżona bez względu na sposób stosowania tribenuronu metylu (rys. 88).

Rysunek 88. Wpływ natężenia światła na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Stellaria media* L. w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu



Rozpatrując wpływ natężenia światła na zawartość waliny, leucyny i izoleucyny w tkankach badanych gatunków chwastów traktowanych tribenuronem metylu (aplikacja samodzielna lub w mieszaninie z surfaktantem), można zaobserwować zróżnicowaną reakcję poszczególnych gatunków chwastów na ten herbicyd. U badanych gatunków, za wyjątkiem *Stellaria media* L., zawartość wolnych aminokwasów była wyższa w warunkach większego natężenia światła. W większości przypadków, na obiektach, na których tribenuron metylu zastosowano łącznie z surfaktantem, zaobserwowano nieco niższy poziom aminokwasów, niż na potraktowanych samym herbicydem. Wyjątek stanowią rośliny *Anthemis arvensis* L. i *Galium aparine* L. rosnące w warunkach większego natężenia światła.

4.12. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność działania tribenuronu metylu w zależności od typu gleby

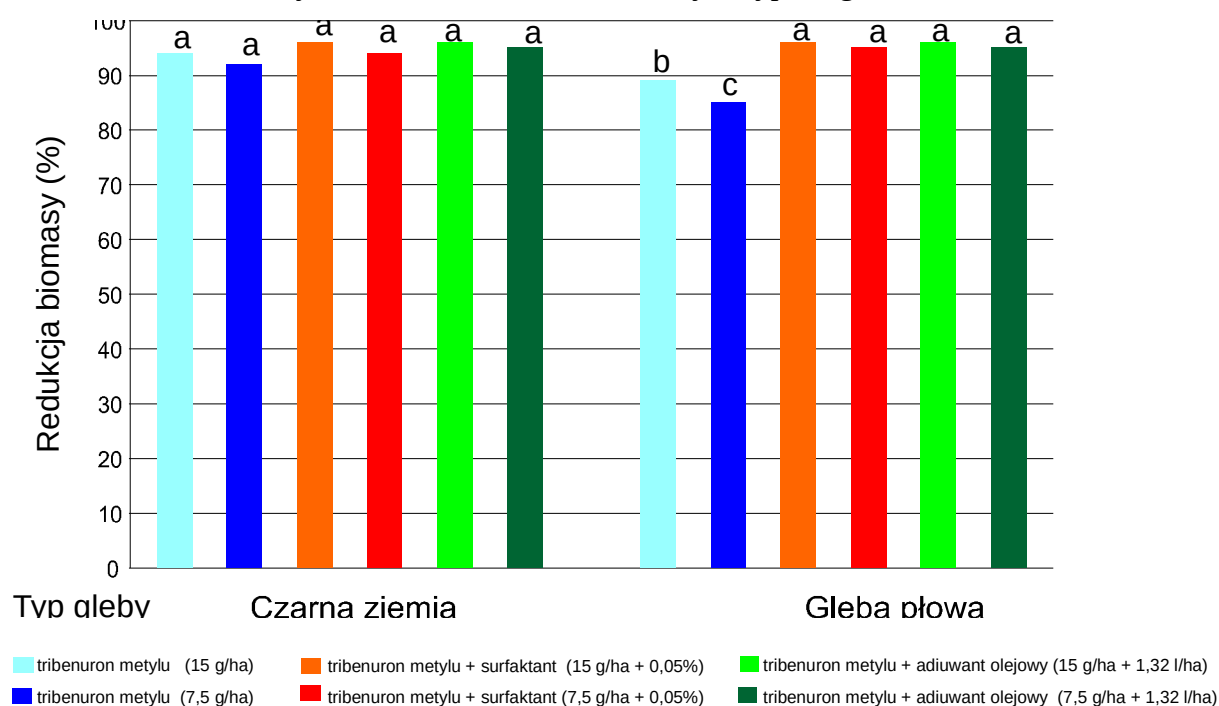
W przypadku roślin rosnących na glebie płowej skuteczność działania herbicydów może być ograniczona w porównaniu z czarną ziemią. Łączna aplikacja herbicydu z adiuwantem pozwala na zachowanie wysokiej skuteczności herbicydów stosowanych na słabszej glebie.

4.12.1. Wrażliwość badanych gatunków chwastów na tribenuron metylu stosowany samodzielnie lub z adiuwantami na podstawie redukcji świeżej masy roślin

- *Anthemis arvensis* L.

Rośliny *Anthemis arvensis* L. rosnące na czarnej ziemi, jak i na glebie płowej, były wrażliwe (redukcja biomasy o 86-96%) na tribenuron metylu zastosowany samodzielnie, jak również z ocenianymi adiuwantami, niezależnie od wysokości dawki. Wykonana analiza statystyczna wykazała jednak istotne różnice w skuteczności działania tribenuronu metylu na glebie płowej pomiędzy obiektami, na których herbicyd aplikowano w mieszaninie i samodzielnie. Również na obiekcie potraktowanym tym środkiem bez dodatku adiuwanta wystąpiły istotne różnice w reakcji roślin w zależności od dawki herbicydu (rys. 89).

Rysunek 89. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność tribenuronu metylu w redukcji biomasy *Anthemis arvensis* L. na różnych typach gleb

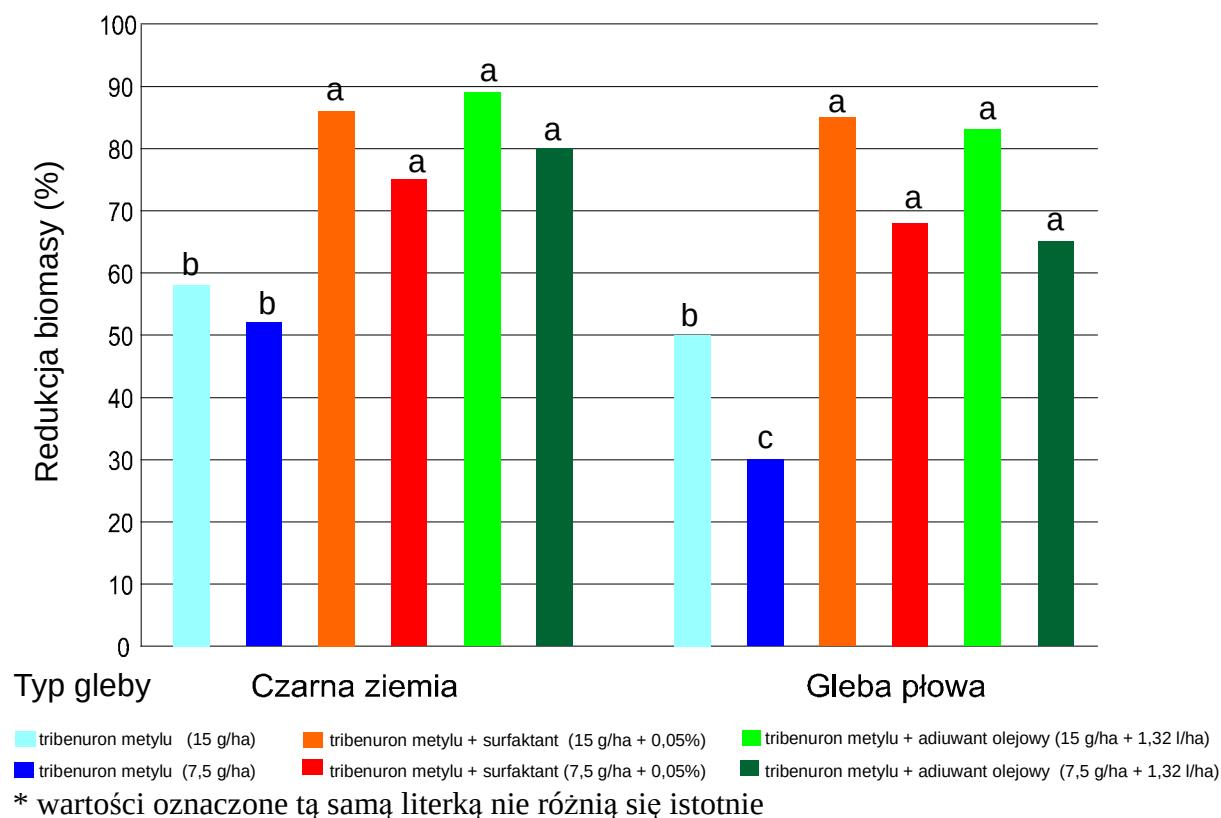


*wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie

- ***Galium aparine* L.**

Wysoką wrażliwość *Galium aparine* L. rosnącej na czarnej ziemi, wyrażoną redukcją biomasy o 86-89%, obserwowano na obiektach, na których tribenuron metylu zastosowano w dawce podstawowej, łącznie z ocenianymi adiuwantami. W przypadku obniżenia dawki środka w powyższych mieszaninach wrażliwość roślin była niższa i kształtowała się na średnim poziomie, jednak analiza statystyczna nie dowiodła istotności tych różnic. Niskim stopniem wrażliwości (52-58%) charakteryzowały się rośliny potraktowane herbicydem bez dodatku adiuwanta. Omawiany gatunek, rosnący na glebie płowej nie wykazał się wysoką wrażliwością na żadnym z obiektów herbicydowych. Najlepsze rezultaty (redukcja świeżej masy o 83-85%) w tych warunkach glebowych stwierdzono na obiektach traktowanych mieszaniną tribenuronu metylu w dawce zalecanej z obydwoma ocenianymi adiuwantami. Po ograniczeniu dawki herbicydu, w obu mieszaninach nastąpił spadek wrażliwości roślin (do 65-68%), jednak różnice te nie zostały udowodnione statystycznie. Na obiektach potraktowanych samym herbicydem rośliny wykazały istotnie niższą wrażliwość, ponadto wystąpiły istotne różnice między badanymi dawkami tribenuronu metylu (rys. 90).

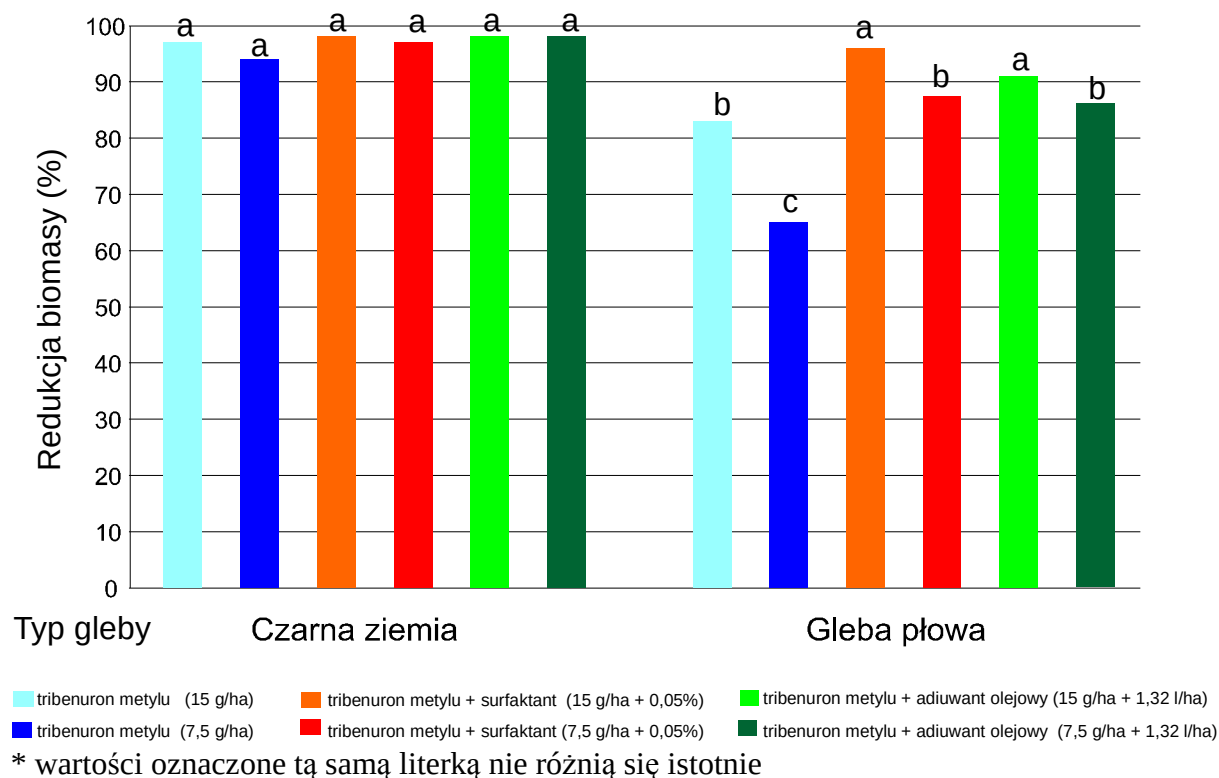
Rysunek 90. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność tribenuronu metylu w redukcji biomasy *Galium aparine* L. na różnych typach gleb



- ***Papaver rhoeas* L.**

Rośliny *Papaver rhoeas* L. rosnące na czarnej ziemi były bardzo wrażliwe (zahamowanie produkcji biomasy o 94-98%) na tribenuron metylu, bez względu na sposób jego aplikacji oraz wysokość dawki. W przypadku roślin rosnących na glebie płowej, ich wrażliwość była wysoka w stosunku do mieszanin herbicydu z adiuwantami, niezależnie od dawki środka. Zanotowano jednak istotne statystycznie różnice w działaniu pomiędzy dawką zalecaną, a obniżoną. Średnim stopniem wrażliwości (ograniczenie świeżej masy o 83%) w tych warunkach glebowych charakteryzowały się rośliny potraktowane herbicydem bez dodatku adiuwanta, w dawce zalecanej. Po aplikacji dawki obniżonej nastąpił istotny spadek wrażliwości tego gatunku do poziomu średnio odpornego (65%) (rys. 91).

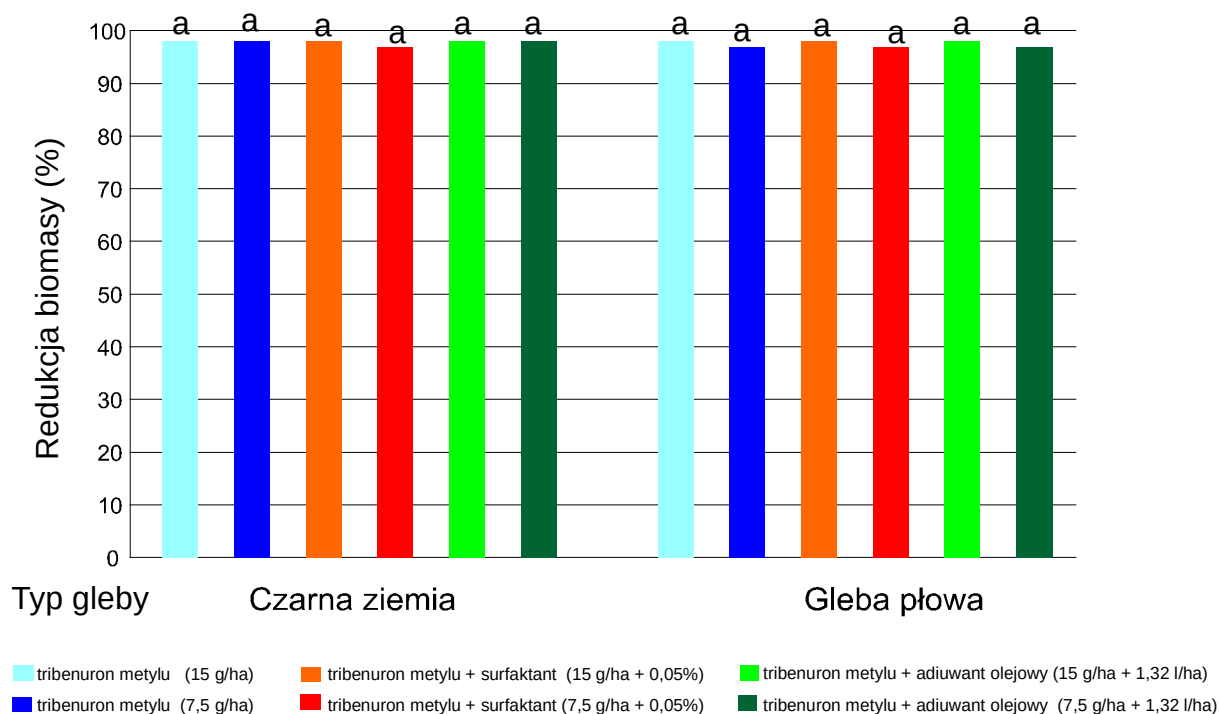
Rysunek 91. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność tribenuronu metylu w redukcji biomasy *Papaver rhoeas* L. na różnych typach gleb



- ***Stellaria media* L.**

Gatunek ten, rosnący na czarnej ziemi oraz na glebie płowej wykazał wysoką wrażliwość na tribenuron metylu stosowany samodzielnie oraz z dodatkiem adiuwantów, bez względu na wysokość dawki. Na obiektach herbicydowych rośliny reagowały zahamowaniem produkcji świeżej masy o 97-98% (rys. 92).

Rysunek 92. Wpływ dodatku adiuwanta na skuteczność tribenuronu metylu w redukcji biomasy *Stellaria media* L. na różnych typach gleb



4.12.2. Reakcja badanych gatunków chwastów na herbicydy w zależności od typu gleby

Największym stopniem wrażliwości na tribenuron metylu (niezależnie od sposobu jego aplikacji) charakteryzowała się *Stellaria media* L. rosnąca zarówno na czarnej ziemi, jak i na glebie płowej. Podobną wrażliwość wykazał *Papaver rhoeas* L. na czarnej ziemi, podczas gdy na glebie płowej jego wrażliwość była istotnie mniejsza. Świeża masa *Anthemis arvensis* L. była redukowana znacznie słabiej niż u *Stellaria media* L., bez istotnego zróżnicowania w zależności od typu gleby. Spośród badanych gatunków, najmniej wrażliwa na tribenuron metylu okazała się *Galium aparine* L.. W przypadku tego gatunku zaobserwowano istotne różnice w reakcji na herbicyd, w zależności od typu gleby. Na czarnej ziemi była ona silniejsza niż na glebie płowej (tab. 43).

Tabela 43. Wpływ typu gleby na redukcję biomasy badanych gatunków chwastów niezależnie od sposobu aplikacji tribenuronu metylu

Typ gleby	Redukcja biomasy (%)			
	<i>Anthemis arvensis</i> L.	<i>Galium aparine</i> L.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Stellaria media</i> L.
Czarna ziemia	95b	73d	97a	98a
Gleba płowa	93b	63e	83c	98a

Najwyższą skuteczność badanego herbicydu zaobserwowano, gdy aplikowano go w dawce zalecanej, łącznie z każdym z ocenianych adiuwantów. Mieszanina tribenuron metylu + surfaktant nie wykazała zróżnicowania na obu typach gleb. Słabsze rezultaty uzyskano po aplikacji mieszanin herbicydu w obniżonej dawce z każdym z badanych adiuwantów na glebie płowej. Tribenuron metylu zastosowany samodzielnie na czarnej ziemi niszczył chwasty z podobnym rezultatem, jak w wyniku łącznej aplikacji z surfaktantem, lecz w dawce obniżonej. Środek ten, zastosowany na glebie płowej wykazał istotny spadek efektywności. Najśłabsze działanie na chwasty zaobserwowano, gdy aplikowano go w powyższych warunkach, w dawce obniżonej (tab. 44).

Tabela 44. Wpływ typu gleby na redukcję biomasy badanych gatunków chwastów w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu

Typ gleby	Redukcja biomasy (%)					
	tribenuron metylu		tribenuron metylu + surfaktant		tribenuron metylu + adiuwant olejowy	
	20 g/ha	10 g/ha	20 g/ha + 0,05%	10 g/ha + 0,05%	20 g/ha + 1,32 l/ha	10 g/ha + 1,32 l/ha
Czarna ziemia	87ab	84b	95a	91ab	95a	93ab
Gleba płowa	80c	69d	93a	86b	92ab	86b

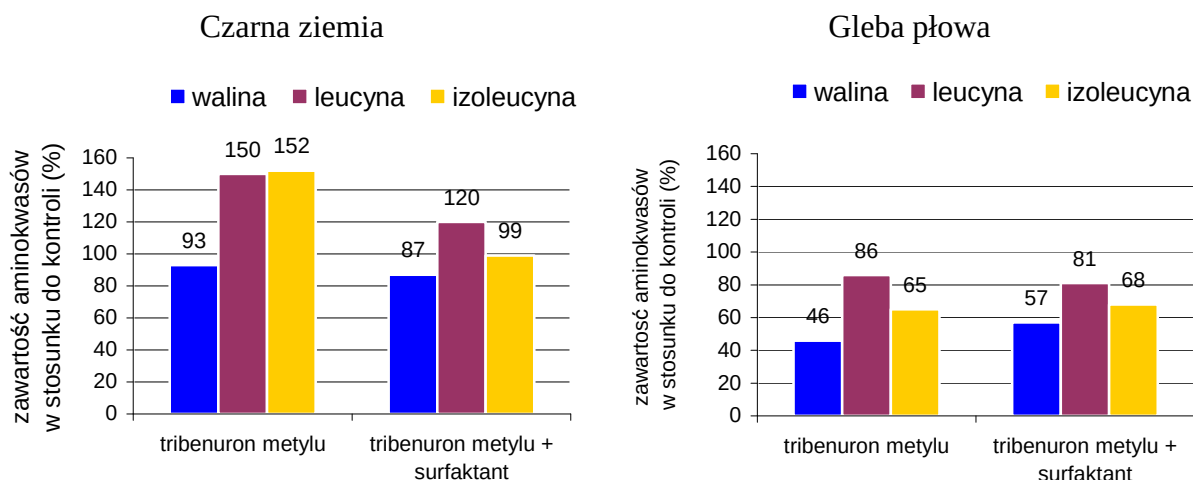
4.12.3. Zawartość aminokwasów u badanych gatunków chwastów w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu

- *Anthemis arvensis* L.

Zawartość aminokwasów w roślinach *Anthemis arvensis* L. traktowanych tribenuronem metylu samodzielnie, jak i łącznie z adiuwantem była znacznie wyższa na czarnej ziemi (87-152% w porównaniu do obiektu kontrolnego) niż na glebie płowej (46-86%). Na każdym z ocenianych obiektów wystąpiły różnice w składzie aminokwasowym. Znacznie mniej było

waliny i izoleucyny w stosunku do leucyny. Różnice te były bardziej wyraźne u roślin rosnących na czarnej ziemi (rys. 93).

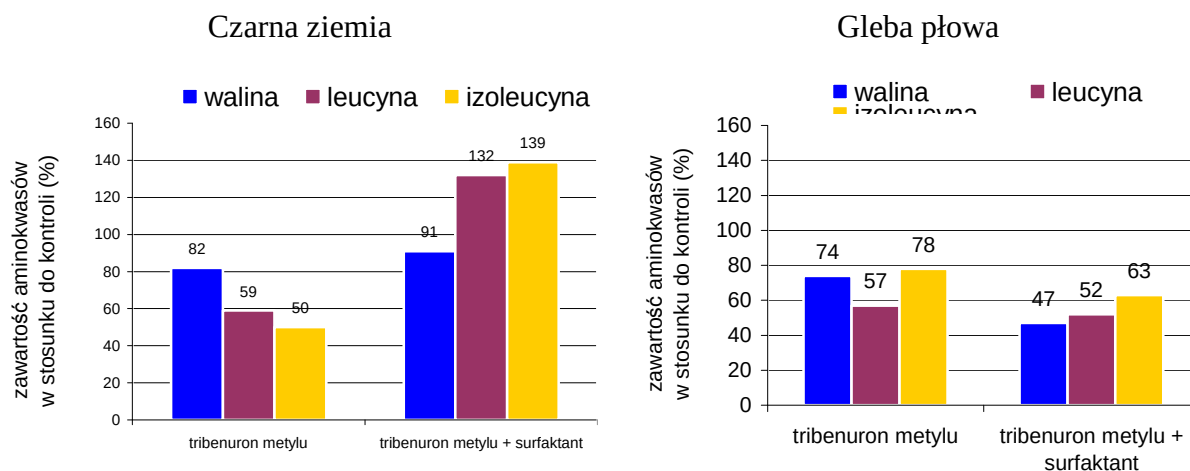
Rysunek 93. Wpływ typu gleby na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Anthemis arvensis* L. w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu



- ***Galium aparine* L.**

W roślinach *Galium aparine* L. rosnącej na obu typach gleb (czarnej ziemi i glebie płowej) wykazano znaczące różnice w zawartości aminokwasów na obiektach traktowanych tribenuronem metylu z dodatkiem surfaktanta. Na czarnej ziemi poziom leucyny i izoleucyny wahał się w granicach 132-139% w stosunku do obiektu kontrolnego, natomiast waliny było znacznie mniej (91%). W przypadku, gdy badaną mieszaninę zastosowano na glebie płowej, poziom aminokwasów był znacznie niższy (47-63% w porównaniu z kontrolą). Zawartość aminokwasów na obiektach traktowanych tribenuronem metylu bez dodatku adiuwanta była zbliżona na obu typach gleb i kształtowała się w granicach 50-82% wartości uzyskanych na obiekcie kontrolnym, na czarnej ziemi oraz 57-78% na glebie płowej (rys. 94).

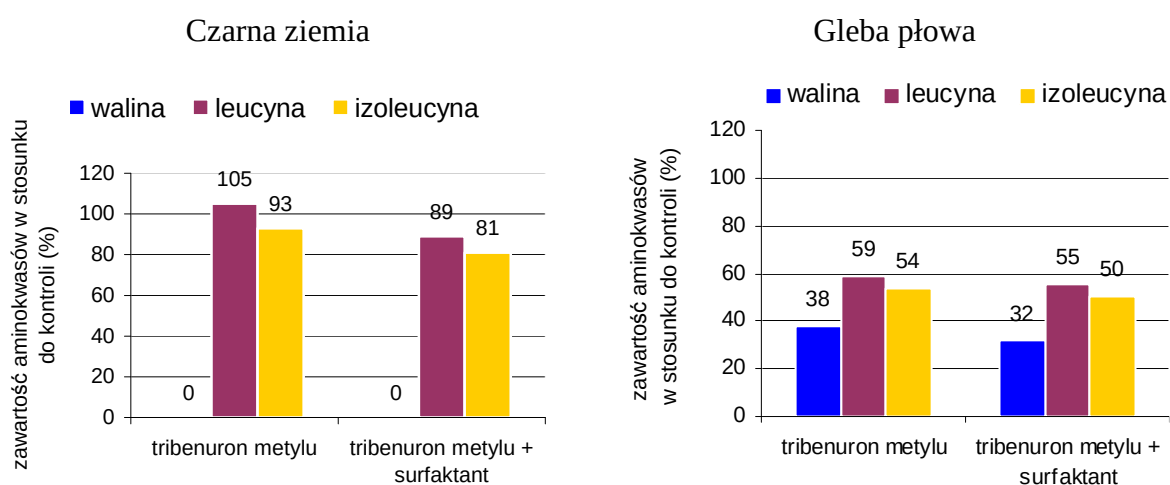
Rysunek 94. Wpływ typu gleby na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Galium aparine* L. w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu



- *Papaver rhoeas* L.

W tkankach roślin tego gatunku, rosnących na czarnej ziemi, nie wykazano obecności waliny na żadnym z obiektów herbicydowych. Poziom leucyny i izoleucyny był tylko nieznacznie wyższy w przypadku samodzielnej aplikacji tribenuronu metylu (93-105% w porównaniu do obiektu kontrolnego) niż uzyskany po łącznej aplikacji herbicydu i surfaktanta (81-89%). W próbkach roślin rosnących na glebie płowej poziom leucyny i izoleucyny uległ znacznemu zmniejszeniu, bez względu na sposób aplikacji herbicydu, natomiast wykazano obecność waliny na poziomie 32-38% dla obiektu kontrolnego (rys. 95).

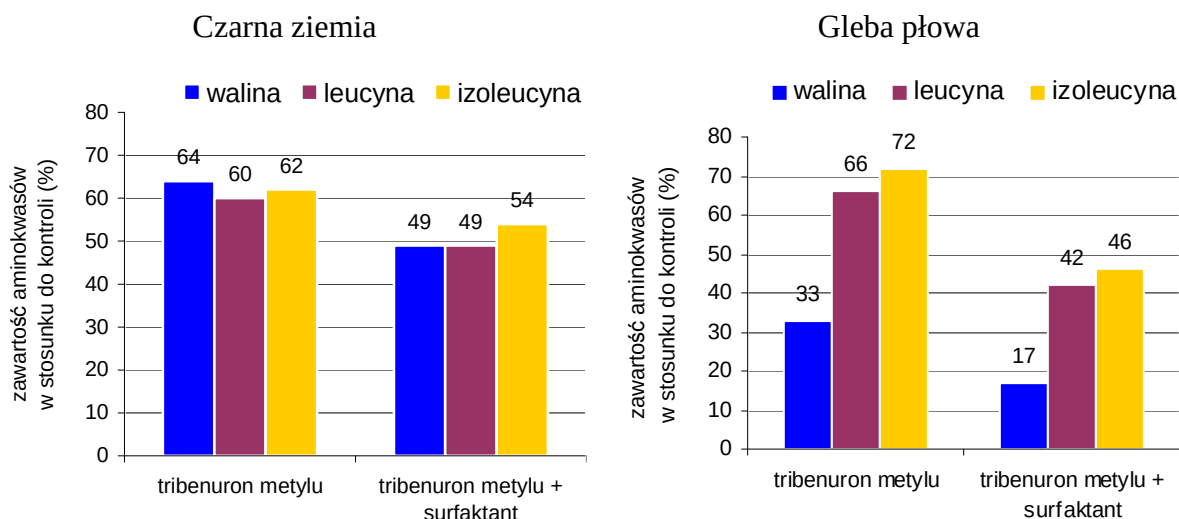
Rysunek 95. Wpływ typu gleby na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Papaver rhoeas* L. w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu



- ***Stellaria media* L.**

Poziom aminokwasów w tkankach *Stellaria media* L. rosnącej na czarnej ziemi i traktowanej tribenuronem metylu bez dodatku adiuwanta kształtował się w granicach 60-64% wartości dla obiektu kontrolnego, natomiast po łącznej aplikacji herbicydu i surfaktanta był nieco niższy (49-54%). W roślinach rosnących na glebie płowej wystąpiły różnice w proporcji waliny do pozostałych aminokwasów, na obu obiektach herbicydowych. Jej zawartość była znacznie niższa (17-33%) w porównaniu do tej, jaką uzyskano na czarnej ziemi. Poziom leucyny i izoleucyny w tkankach chwastów był podobny, bez względu na rodzaj gleby na jakiej rosły (rys. 96).

Rysunek 96. Wpływ typu gleby na zawartość aminokwasów w tkankach roślin *Stellaria media* L. w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu



Zawartość wolnych aminokwasów: waliny, leucyny i izoleucyny w tkankach badanych chwastów rosnących na różnych typach gleb, podlegała zmianom w zależności od sposobu aplikacji tribenuronu metylu, typu gleby oraz zwalczanego gatunku. Większą ilość aminokwasów wykrywano u roślin rosnących na glebie bardziej zasobnej – czarnej ziemi, niezależnie od sposobu aplikacji środka. U roślin *Galium aparine* L. i *Stellaria media* L. rosnących na glebie płowej, poziom aminokwasów na obiekcie, na którym zastosowano herbicyd z adiuwantem, był niższy w porównaniu do tego, jaki uzyskano na obiekcie potraktowanym samym tribenuronem metylu. W przypadku roślin *Anthemis arvensis* L., *Papaver rhoeas* L. i *Stellaria media* L. rosnących na czarnej ziemi, zaobserwowano podobną prawidłowość, przy czym największe różnice wystąpiły u pierwszego z wymienionych gatunków.

DYSKUSJA WYNIKÓW

Wpływ czynników klimatycznych i glebowych na efektywność herbicydów może być zróżnicowany w zależności od zastosowanego środka oraz gatunku chwastu. W literaturze można znaleźć wiele prac potwierdzających zróżnicowaną reakcję chwastów na herbicydy, w zależności od warunków klimatycznych i glebowych (Coetzer i wsp. 2001, Petersen i Hurle 2001, Johnson i Young 2002, Lubbers i wsp. 2007). Reakcja roślin na herbicydy jest wypadkową wrodzonej wrażliwości poszczególnych gatunków chwastów na substancję aktywną oraz na występujący czynnik abiotyczny. W badaniach Petersena i Hurle (2001) *Galium aparine* L. i *Brassica rapa* L. wykazywały bardzo zróżnicowaną wrażliwość na glufosinat, pomimo podobnej reakcji na zmiany klimatyczne.

Różnice w reakcji roślin na herbicydy wynikają z właściwości genetycznych roślin, determinujących ich wrażliwość na herbicydy oraz ze zdolności adaptacyjnych do różnych warunków klimatycznych i glebowych. Rośliny w zróżnicowany sposób reagują na zmiany warunków środowiska, a szczególnie na czynniki stresowe (Martínez-Ghersa i wsp. 2004, Potters i wsp. 2007, Bączek-Kwinta i wsp. 2008). Stopień wrażliwości na konkretny herbicyd podyktowany jest właściwościami genetycznymi gatunku chwastu, determinującymi tempo pobierania środka, które jest kluczowym procesem kształtującym efekt chwastobójczy. Czynnik ten może być w znaczący sposób modyfikowany przez warunki klimatyczno-glebowe, jak też przez zróżnicowaną reakcję na warunki środowiskowe. Do najważniejszych z cech wpływających na pobieranie herbicydów należą: liczba i rozmieszczenie aparatów szparkowych, omszenie blaszek liściowych, ilość i skład wosku epidermalnego (Chachalis i wsp. 2001 a,b).

Zaobserwowano, że spośród czynników abiotycznych wpływających na efektywność herbicydów, kluczową rolę odgrywa temperatura powietrza, w związku z czym najwięcej prac z zakresu poruszanej tematyki koncentruje się wokół tego czynnika. Powszechnie znany jest fakt, że wyższa temperatura sprzyja działaniu herbicydów, a niska ogranicza ich działanie (Xie i wsp. 1996, Fausey i Renner 2001, Kumaratilake i Preston 2005). Uzyskane wyniki badań dowiodły, że w zakresach wyższych temperatur – 25/16°C i 16/8°C badane środki charakteryzowały się zbliżonym działaniem na chwasty, natomiast w niskiej temperaturze, tj. 8/2°C, nastąpił znaczny spadek ich skuteczności, przy czym był on zróżnicowany dla poszczególnych herbicydów oraz gatunków chwastów (rys. 1-4, tab. 12). Najbardziej wrażliwa na badane herbicydy była *Stellaria media* L. Gatunek ten był skutecznie niszczony nawet w warunkach najchłodniejszych, natomiast pozostałe z objętych badaniami gatunków

wykazywały niską wrażliwość na badane środki. W zakresie wyższych temperatur *Anthemis arvensis* L. i *Papaver rhoeas* L. reagowały podobnie, natomiast *Galium aparine* L. najlepiej była niszczona w warunkach najcieplejszych, a ze średnim rezultatem w umiarkowanej temperaturze (rys. 1-4, tab. 12). Również Coetzer i współautorzy (2001) dowiedli, że różne gatunki chwastów mogą w odmienny sposób reagować na herbicydy w zależności od temperatury powietrza. W przeprowadzonych badaniach wykazali, że glufosinat stosowany w kilku zakresach temperatur niszczył trzy gatunki z rodzaju *Amaranthus* ze zróżnicowanym efektem. Podobne rezultaty uzyskali Johnson i Young (2002) dowodząc, że zwalczanie niektórych chwastów przez mezotrion było zależne od temperatury, a w przypadku innych gatunków temperatura nie wywierała istotnego wpływu.

Spośród badanych substancji aktywnych herbicydów, najsilniej na obniżenie temperatury powietrza reagowała 2,4-D w mieszaninie z dikambą. W przypadku tribenuronu metylu i 2,4-D + florasulam nie zaobserwowano tak wyraźnego obniżenia efektywności (rys. 1-4, tab. 13). Odmienne rezultaty odnośnie tribenuronu opisują w swoich pracach inni autorzy (Mathiassen i wsp. 1994, Mathiassen i wsp. 1995, Mathiassen i Kudsk 1996), w których dowiedziono, że środek ten działał słabiej w warunkach cieplejszych.

Podobnie jak temperatura, również wilgotność powietrza wywiera znaczący wpływ na skuteczność herbicydów, co zostało przedstawione w licznych pracach. Na ogół w warunkach wyższej wilgotności skuteczność herbicydu wzrasta, głównie z powodu wzrostu tempa pobierania i przemieszczania środka w roślinie (Kudsk i wsp. 1990, Bouma i wsp. 1996, Skuterud i wsp. 1998, Coetzer i wsp. 2001, Ramsey i wsp. 2002, Ramsey i wsp. 2006). Rezultaty przeprowadzonych badań jednak nie potwierdzają tych prawidłowości w odniesieniu do niektórych gatunków, jak np. *Papaver rhoeas* L. i *Stellaria media* L.. Chwasty te były w podobnym zakresie niszczone przez herbicydy w obu zakresach wilgotności powietrza – 50% i 75%. Dwa pozostałe gatunki, tj. *Anthemis arvensis* L. i *Galium aparine* L. wykazały zróżnicowaną reakcję na herbicydy w zależności od wilgotności powietrza. Chwasty te były słabiej niszczone w warunkach niższej wilgotności powietrza (rys. 9-12, tab. 16). Również w badaniach Coetzera i współautorów (2001) *Galium aparine* była znacznie mniej wrażliwa na glufosinat aplikowany w niskiej wilgotności powietrza. Autorzy twierdzą, że gatunek ten znacznie słabiej reaguje na glufosinat w porównaniu z wieloma innymi chwastami, stąd jego zwalczanie może być trudniejsze w niskiej wilgotności, czyli warunkach niekorzystnych dla działania herbicydów.

Rozpatrując skuteczność badanych herbicydów, stwierdzono, że tylko tribenuron metylu wykazał zróżnicowane działanie w zależności od wilgotności powietrza (rys. 9-12, tab. 17).

Uzyskane rezultaty nie są jednak zgodne z doniesieniami literaturowymi, w których wykazano, że skuteczność tego środka nie była zależna od omawianego czynnika abiotycznego (Mathiassen i wsp. 1995, Mathiassen i Kudsk 1996).

Wilgotność gleby, poprzez wpływ na morfologię roślin, odgrywa istotną rolę w stosowaniu nalistnych środków chwastobójczych (Caseley 1989; Morrison i wsp. 1995; Levene i Owen 1995). Stres wodny powoduje na ogół znaczący spadek ich efektywności chwastobójczej. Podobne rezultaty uzyskano w badaniach własnych, w których dowiedziono, że czynnik ten wywierał silny wpływ na działanie każdego z badanych herbicydów. Stosowane herbicydy wykazywały znacznie słabszą skuteczność, gdy stosowano je na rośliny rosnące na glebie o niskim uwilgotnieniu, przy czym największe różnice pomiędzy glebą wilgotną a suchą były obserwowane w odniesieniu do *Galium aparine* L. i *Stellaria media* L. (rys. 17-20, tab. 20). Słabszą skuteczność w stosunku do chwastów rosnących na glebie o niskim stopniu uwilgotnienia wykazano również w innych badaniach, m.in. w przypadku zastosowania fluroksypyru wobec *Kochia scoparia* (L.) Schrad., fenoxaprofu wobec *Avena fatua* L. czy też glifosatu (Xie i wsp. 1997, Adkins i wsp. 1998, Lubbers i wsp. 2007).

Uwzględniona w badaniach własnych *Stellaria media* L. okazała się gatunkiem bardzo wrażliwym na większość herbicydów. Z wcześniejszych badań wynika, że można ją skutecznie zniszczyć nawet przez czterokrotnie obniżoną dawkę środka chwastobójczego, a także gdy rośliny są mocno zaawansowane w rozwoju (Domaradzki i Kieloch 2007). W związku z tym można było zakładać, że jej wrażliwość na herbicydy jest w słabym stopniu zależna od czynników klimatyczno-glebowych. Przeprowadzone badania nie potwierdziły tego założenia. Spośród wszystkich ocenianych w prezentowanej pracy czynników abiotycznych, wilgotność gleby wywierała najsilniejszy wpływ na reakcję tego gatunku, powodując spadek wrażliwości na herbicydy w warunkach stresu wodnego (tab. 20, rys. 20). We wcześniejszych badaniach (Merrit 1984) dowiedziono, że *Stellaria media* L. była znacznie mniej wrażliwa na ioxynil w warunkach niskiej wilgotności gleby. Dość wyraźna reakcja tego gatunku na herbicydy stosowane w warunkach stresu wodnego może być spowodowana faktem, że jest on wrażliwy na suszę, co przejawia się wykształceniem cech morfologicznych chroniących przed utratą wody, a tym samym ograniczających pobieranie herbicydów.

Wpływ stanu uwilgotnienia roślin na efektywność herbicydów był, jak dotąd, przedmiotem zainteresowania nielicznych autorów. W dodatku rezultaty ich badań dają rozbieżne wnioski, co w konsekwencji nie pozwala jednoznacznie stwierdzić, jak czynnik ten kształtuje efektywność herbicydów. Autorzy obserwowali w nich zarówno stymulujący, jak i

ograniczający wpływ stanu uwilgotnienia roślin na skuteczność środków chwastobójczych (Caseley 1989, Muro 1991, Roman i wsp. 2004, Fausey i Renner 2001). Również w niniejszej pracy uzyskano rozbieżne rezultaty, gdyż oceniany wpływ rosy był znaczący jedynie w przypadku *Galium aparine* L. i *Anthemis arvensis* L. (rys. 25, 26). Ponadto wykazano, że chwasty te w odmienny sposób zareagowały na herbicydy. Pierwszy z nich był lepiej niszczone, gdy zabieg przeprowadzono na roślinach suchych, natomiast drugi, gdy opryskiwane rośliny były wilgotne (rys. 25, 26, tab. 23). Spośród ocenianych herbicydów tylko tribenuron metylu wykazał zróżnicowaną skuteczność działania w zależności od poziomu tego czynnika. Lepsze rezultaty uzyskano, gdy aplikowano go na rośliny wilgotne (rys. 25-28, tab. 24).

Podobnie jak w przypadku uprzednio omawianego czynnika abiotycznego, niewiele jest prac dotyczących wpływu natężenia światła na efektywność środków chwastobójczych. Wynika z nich, że ograniczenie intensywności światła powoduje spadek skuteczności herbicydów (Coupland 1983, Xie i wsp. 1994 b, Xie i wsp. 1996). Rezultaty wykonanych doświadczeń pozwalają stwierdzić, że czynnik ten nie wpłynął znacząco na ogólne działanie herbicydów i tylko w niewielkim stopniu zróżnicował ich działanie w zależności od zwalczanego gatunku chwastu (rys. 33-36, tab. 26). W przeprowadzonych badaniach czynnik ten wpływał na skuteczność herbicydów aplikowanych jedynie w stosunku do *Anthemis arvensis* L. i *Stellaria media* L., natomiast w przypadku pozostałych spośród badanych gatunków takiej prawidłowości nie zaobserwowano. Wymienione gatunki zareagowały w odmienny sposób na badane herbicydy w zależności od warunków świetlnych. Spadek efektywności w warunkach słabszego natężenia światła zaobserwowano w odniesieniu do *Anthemis arvensis* L.. Z kolei *Stellaria media* L. była lepiej niszczona, gdy rośliny rosły w warunkach mniejszego natężenia światła (rys. 33-36, tab. 26). Do podobnych wniosków doszli Kumaratilake i Preston (2005) dowodząc, że słabsze natężenie światła wpłynęło korzystnie na działanie glufosinatu.

Typ i rodzaj gleby odgrywa znaczącą rolę w skuteczności herbicydów stosowanych dogłębowo, natomiast brak jest prac odnoszących się do skuteczności środków stosowanych nalistnie. Czynnik ten może wywierać pośredni wpływ na działanie herbicydów poprzez kształtowanie ich cech morfologicznych i ogólnej kondycji roślin. Ponadto poszczególne gatunki chwastów charakteryzują się specyficznymi wymaganiami w stosunku do warunków glebowych, sprzyjających ich wzrostowi i rozwojowi, co może wpływać na ich kondycję (Zarzycki i wsp. 2002). W prezentowanych badaniach uwzględniono dwa typy gleb – zasobną w próchnicę i składniki pokarmowe – czarną ziemię oraz mniej zasobną, zwłaszcza pod

względem materii organicznej oraz fosforu i potasu – glebę płową. Lepsze rezultaty w ograniczaniu świeżej masy chwastów uzyskano na czarnej ziemi, zwłaszcza w przypadku *Galium aparine* L. i *Papaver rhoeas* L.. Spośród ocenianych herbicydów, najsilniejszy wpływ typu gleby obserwowano dla mieszaniny 2,4-D z dikambą (rys. 41-44, tab. 31). Trudno jest jednoznacznie określić przyczynę nieco większej skuteczności herbicydów stosowanych na czarnej ziemi. Z jednej strony wzrost roślin jest szybszy, produkcja biomasy jest zwiększona, a rośliny są w lepszej kondycji, co teoretycznie powinno zwiększać ich tolerancję na herbicydy. Czarne ziemie są glebami bardziej zasobnymi w azot, co może sugerować zbieżność z wynikami badań Mithila i wsp. (2008), którzy dowiedli spadek skuteczności glifosatu w warunkach niskiego zaopatrzenia gleby w ten pierwiastek. Wyjaśnienie tego zagadnienia wymaga jednak bardziej szczegółowych badań odnośnie wpływu poszczególnych cech obu gleb, tj. pH, zasobności w składniki pokarmowe, zawartości substancji organicznej na skuteczność herbicydów stosowanych nalistnie.

Badania nad określeniem wpływu czynników klimatycznych i glebowych są ważnym elementem prac w zakresie możliwości obniżania dawek herbicydów z tego względu, że w niekorzystnych warunkach środowiska dawka zredukowana może okazać się niewystarczająco skuteczna do osiągnięcia zadowalającego poziomu zwalczania chwastów. W związku z tym niektórzy autorzy sugerują, że informacja o przebiegu pogody przed opryskiem jest znacząca dla optymalizacji dawek herbicydów (Kudsk 1989, Rietmuller–Haage i wsp. 2007). W przeprowadzonych badaniach własnych znaczny spadek efektywności herbicydów aplikowanych w dawce zredukowanej, a zwłaszcza mieszaniny 2,4-D + dikamba, obserwowano w warunkach niekorzystnych dla działania herbicydów tj. niska temperatura oraz wilgotność gleby (rys. 1-4 i 17-20). Podobne rezultaty uzyskał Collings i wsp. (2003) twierdząc, że wpływ przebiegu pogody jest bardziej wyraźny, gdy herbicydy stosuje się w dawkach niższych niż zalecana. Również Xie i wsp. (1997) dowiedli, że niska temperatura powietrza spowodowała spadek skuteczności herbicydu stosowanego w niższych dawkach, czego jednak nie udowodniono w temperaturze wyższej. Podobnie w badaniach Romana i wsp. (2004) stwierdzono słabsze działanie glifosatu stosowanego w niższej dawce, gdy zabieg wykonano na rośliny wilgotne. W pracy Xie i innych (1994a) wykazano, że możliwe jest ograniczenie dawek fenoksaprofu i imazametabenzu, gdy zabieg herbicydowy przeprowadza się po dłuższym okresie pochmurnej pogody. W prezentowanej pracy znaczne zmniejszenie efektywności herbicydów, na skutek obniżenia dawki i niekorzystnego działania czynnika abiotycznego, najczęściej obserwowano w odniesieniu do *Galium aparine* L. m.in. w warunkach niskiej wilgotności powietrza i gleby oraz niskiego natężenia światła (rys. 10, 18,

34). Wcześniejsze badania dowodzą (Domaradzki 2006), że gatunek ten jest mało wrażliwy na niższe dawki tribenuronu metylu, stąd też większe prawdopodobieństwo słabszej reakcji na tą substancję, gdy stosuje się ją w warunkach niesprzyjających jego działaniu.

Niekorzystny wpływ czynników klimatycznych i glebowych na skuteczność herbicydów może być w znacznym stopniu ograniczony przez ich łączne zastosowanie z adiuwantami. Adiuwanty odgrywają znaczącą rolę w podnoszeniu efektywności herbicydów zwłaszcza, gdy stosuje się je w warunkach niesprzyjających ich działaniu. Środki te poprawiają pobieranie herbicydów przez rośliny, co wzmacnia końcowy efekt chwastobójczy (Davies i Caseley 2001, Levene i Owen 1995, Szeleźniak 2006). W badaniach własnych wpływ adiuwantów określono na przykładzie tribenuronu metylu i dwóch rodzajów adiuwantów - olejowego i surfaktanta. Dodatek każdego z nich w różnym stopniu poprawił skuteczność działania tribenuronu metylu, w odniesieniu do badanych gatunków chwastów. Najbardziej wyraźny wzrost efektywności zaobserwowano w przypadku *Galium aparine* L., bez względu na testowany czynnik abiotyczny. Gatunek ten był słabo niszczony przez herbicyd stosowany samodzielnie, nawet gdy czynniki abiotyczne sprzyjały jego działaniu, a dodatek adiuwanta powodował znaczący wzrost efektywności herbicydu (rys. 50, 58, 74, 82, 90). Jedynie w przypadku niskiej wilgotności gleby nie osiągnięto oczekiwanej poprawy skuteczności działania herbicydu w odniesieniu do *Galium aparine* L. (rys. 66). Zbliżone rezultaty uzyskał Morrison i współautorzy (1995) twierdząc, że dodatek surfaktanta nie zniwelował ograniczonej efektywności pikloramu wywołanej stresem suszy. Również w badaniach prowadzonych przez Zhou i współpracowników (2007) nie uzyskano poprawy działania glifosatu stosowanego w warunkach suszy. W przypadku *Papaver rhoeas* L. i *Anthemis arvensis* L. wpływ ten był znaczący tylko w niekorzystnych warunkach klimatycznych i glebowych, które ograniczały działanie środka, jak np. niższe temperatury, niedobór wilgoci w glebie czy niskie natężenie światła (rys. 49, 51, 65, 67, 81, 83). Podobne rezultaty w badaniach z tribenuronem metylu uzyskał Stagnari i współpracownicy (2007). Wynika z nich, że dodatek surfaktanta nie wpłynął na efektywność chwastobójczą wobec *Papaver rhoeas* L., a znacząco ją poprawił w odniesieniu do *Galium aparine* L.. Poprawa skuteczności tribenuronu metylu na skutek łącznej aplikacji z surfaktantem została również udowodniona w badaniach prowadzonych przez Aliverdiego i wsp. (2009). Ponadto autorzy wykazali różnice gatunkowe w reakcji na ten środek. Dodatek surfaktanta okazał się znacznie bardziej korzystny w zwalczaniu *Avena ludoviciana* Dur. niż *Sinapis arvensis* L.. W zwalczaniu *Stellaria media* L. dodatek adiuwanta nie był wymagany do osiągnięcia wysokiej skuteczności, bez względu na warunki środowiskowe, co było spowodowane wysoką

wrażliwością tego gatunku na tribenuron metylu (rys. 52, 60, 68, 76, 84, 92). Coetzer i wsp. (2001) udowodnili, że u gatunków bardziej wrażliwych tempo pobierania herbicydu jest znacznie większe. W związku z powyższym dodatek adiuwanta, nie wywiera wpływu na skuteczność środka albo wpływ ten jest nieznaczny, tak jak w przypadku *Stellaria media* L.

Dodatek adiuwantów pozwala na zachowanie wysokiej skuteczności herbicydów stosowanych w dawce niższej niż zalecana (Collins i Helling 2002, Stagnari i wsp. 2006). Uzyskane wyniki badań również potwierdzają tę prawidłowość. Łączne zastosowanie tribenuronu metylu z adiuwantami pozwoliło na znaczne zmniejszenie lub całkowite zniwelowanie różnic pomiędzy dawką zalecaną, a obniżoną, gdy środek zastosowano w warunkach niekorzystnych dla jego działania, tj. niska wilgotność powietrza i gleby, niska temperatura powietrza i mała intensywność światła. Jedynie w przypadku *Galium aparine* L. dodatek adiuwanta tylko w niewielkim stopniu wpłynął na zmniejszenie różnic pomiędzy skutecznością różnych dawek (rys. 50, 58, 66, 74, 82, 90).

Wszystkie środki chwastobójcze w początkowym etapie ich działania powodują zakłócenia w przebiegu procesów biochemicznych, co powoduje zahamowanie wytwarzania biomasy, a w konsekwencji prowadzi do zamierania roślin. Nemat Alla i współautorzy (2008) podają, że świeża lub sucha masa chwastów jest wspólnym mianownikiem oceny działania herbicydów z różnych grup chemicznych, jednak dobrze jest poznać ich wpływ na procesy zachodzące w roślinach. W celu określenia wpływu badanych środków na biosyntezę wolnych aminokwasów – ważnego składnika budulcowego, oznaczono w materiale roślinnym poziom tych związków. Pod uwagę brano trzy aminokwasy o łańcuchach rozgałęzionych, tj. walinę, leucynę i izoleucynę. Za ich biosyntezę odpowiedzialne są enzymy ALS (syntaza acetolaktanowa)/AHAS (syntaza kwasu acetohydroksylowego), a ich działanie może być hamowane przez herbicydy z grupy pochodnych sulfonilomocznika. Przeprowadzone badania własne uwzględniały dwie substancje aktywne o takim mechanizmie działania – tribenuron metylu i florasulam, przy czym drugi składnik był zastosowany łącznie z regulatorem wzrostu. Ocenę poziomu aminokwasów wykonano także w przypadku stosowania mieszaniny 2,4-D z dikambą (substancje z grupy regulatorów wzrostu). Zahamowanie biosyntezy aminokwasów nie jest bezpośrednim celem ich działania, jednak poprzez zakłócenia szlaków biochemicznych w roślinie, w sposób pośredni wpływają na ich zawartość.

Poziom aminokwasów w roślinach traktowanych herbicydami był zróżnicowany w zależności od zastosowanego środka, gatunku chwastu oraz czynnika abiotycznego. Zawartość tych związków w tkankach roślin jest uzależniona od warunków środowiska. We wcześniejszych pracach dowiedziono, że poziom aminokwasów może odzwierciedlać reakcję roślin na warunki stresowe jak np. zanieczyszczenie metalami ciężkimi, niedobór składników pokarmowych lub wody (Rai 2002, Hsu i Kao 2003, Kováčik i wsp. 2006).

Oceniane w niniejszej pracy czynniki abiotyczne w zróżnicowanym stopniu determinowały poziom aminokwasów u ocenianych gatunków, jednak najbardziej wyraźny wpływ zaobserwowano w przypadku wilgotności gleby. W warunkach słabego uwilgotnienia gleby zawartość aminokwasów kształtowała w roślinach się na znacznie niższym poziomie niż u rosnących w glebie dostatecznie wilgotnej (rys. 21-24, tab. 22). We wcześniejszych pracach wykazano jednak, że stres wodny powodował wzrost poziomu niektórych aminokwasów, a zwłaszcza proliny (Fayez i Kristen 1996, Rai 2002, Chyliński i wsp. 2007). W przeprowadzonych doświadczeniach zaobserwowano również różnice w poziomie poszczególnych aminokwasów. W najmniejszej ilości występowała walina, natomiast zawartość dwóch pozostałych tj. leucyny i izoleucyny kształtowała się na podobnym poziomie. Analizując wpływ poszczególnych czynników abiotycznych na zawartość tych składników można oczekiwać, że w warunkach sprzyjających wzrostowi i rozwojowi roślin ich poziom będzie wyższy, niż u roślin rosnących w warunkach niekorzystnych. Jednak na podstawie przeprowadzonych badań nie można jednoznacznie stwierdzić, jakie warunki sprzyjają produkcji aminokwasów w tkankach roślin, ponieważ każdy z ocenianych gatunków w odmienny sposób reaguje na warunki środowiskowe. W niektórych przypadkach można zaobserwować wzrost zawartości aminokwasów, np. u *Galium aparine* L. poziom aminokwasów wzrastał w warunkach wyższych temperatur i wilgotności powietrza, ale był niższy u roślin rosnących w większym natężeniu światła i na glebie bardziej zasobnej w składniki pokarmowe (tab. 14, 18, 22, 28, 32).

Różnice w poziomie aminokwasów w chwastach wynikały również z mechanizmu działania herbicydów. Największą zawartość waliny, leucyny i izoleucyny obserwowano po aplikacji mieszaniny 2,4-D z dikambą, u wszystkich gatunków chwastów, niezależnie od badanego czynnika abiotycznego. Poziom aminokwasów znacznie przekraczał wartości uzyskane dla obiektu kontrolnego, a w niektórych przypadkach był nawet dziesięciokrotnie wyższy (rys. 5-8, 13, 15, 29-32, 38, 40, 35, 46, 48). Powyższa mieszanina jest kombinacją dwóch składników z grupy regulatorów wzrostu. Herbicydy te stymulują wzrost roślin, a co się z tym wiąże przebieg procesów biochemicznych zachodzących w tkankach, w tym biosyntezę aminokwasów - ważnego składnika budulcowego tkanek roślinnych. Znacznie niższe wartości aminokwasów wykrywano na obiektach traktowanych tribenuronem metylu i mieszaniną 2,4-D z florasulamem, w zależności od gatunku chwastu i badanego czynnika abiotycznego. Mechanizm działania tych środków związany jest z zahamowaniem biosyntezy waliny, leucyny i izoleucyny, stąd też poziom tych aminokwasów był znacznie niższy w porównaniu do uzyskanego po aplikacji regulatora wzrostu (rys. 5-8, 15, 29-32, 38-40, 45, 46, 48).

Według Shanera i Singha (1992) w roślinach traktowanych herbicydami sulfonylomocznikowymi powinien wystąpić deficyt aminokwasów o łańcuchach

rozgałęzionych tj. waliny, leucyny i izoleucyny, na skutek zahamowania ich biosyntezy, a w konsekwencji śmierć roślin z powodu braku materiału budulcowego. W badaniach Marczewskiej i współpracowników (2007) poziom tych aminokwasów był wskaźnikiem wrażliwości lub odporności chwastów na herbicyd o powyższym mechanizmie działania. Wynika z nich, że u roślin wrażliwych na daną substancję aktywną, u których redukcja biomasy była znacząca, poziom aminokwasów był obniżony w porównaniu z obiektem kontrolnym. Rezultaty wykonanych doświadczeń nie są jednak w pełni zgodne z wcześniejszymi doniesieniami. W badaniach własnych zawartość aminokwasów na obiektach traktowanych herbicydami sulfonilomocznikowymi, w wielu przypadkach, nie odbiegała znacznie od poziomu dla obiektu kontrolnego, lecz oscylowała wokół tych wartości. Osiągnęła jednak poziom znacznie niższy niż na obiektach traktowanych regulatorami wzrostu (rys. 14, 15, 32, 39, 45, 46). W większości przypadków poziom aminokwasów nie był powiązany z redukcją masy chwastów. Najbardziej zgodne, z pomiarami świeżej masy wyniki, uzyskano w doświadczeniach dotyczących wpływu temperatury powietrza. Zaobserwowano, że poziom aminokwasów po aplikacji herbicydów sulfonilomocznikowych był niższy niż na obiekcie kontrolnym. Stwierdzono także, że w temperaturze wyższej, a więc sprzyjającej działaniu herbicydu, zawartość aminokwasów była niższa niż w warunkach chłodniejszych (rys. 5-8).

Można również zaobserwować, w niektórych przypadkach, tendencję do zmniejszenia zawartości aminokwasów w roślinach potraktowanych tribenuronem metylu z adiuwantem, w porównaniu z tymi, które zostały potraktowane samym herbicydem, co jest związane z lepszym działaniem na chwasty tej mieszaniny, niż samego herbicydu (rys. 56, 61, 64, 71, 72, 77, 85, 87, 88, 93-96). Trudno jest jednak znaleźć prawidłowości pomiędzy zawartością aminokwasów, a stopniem redukcji masy chwastów, gdyż uzyskane wyniki w większości przypadków nie pokrywają się z danymi uzyskanymi z pomiaru biomasy chwastów (rys. 9,10, 14, 15, 17-48, 49, 50, 53, 54, 57-59, 61-63, 70, 74, 78, 81, 82, 85, 86, 89-91, 93-95). W związku z powyższym, na podstawie oceny poziomu waliny, leucyny i izoleucyny, trudno jest dokonać jednoznacznej oceny reakcji różnych gatunków na herbicydy, w zależności od warunków klimatycznych i glebowych. Ponadto na zawartość aminokwasów, oprócz środka chwastobójczego, wpływa cały szereg czynników. W pracach prowadzonych przez Shima i współpracowników (2003) na obiektach traktowanych azimsulfuronem poziom wolnych aminokwasów wzrastał wraz ze wzrostem dawki środka, co autorzy tłumaczą ponowną aktywacją szlaków biochemicznych wprowadzających do obiegu te składniki, które zostały uzyskane z rozpadu aminokwasów. Również w badaniach nad chlorosulfuronem wykazano

wzrost wolnych aminokwasów po jego aplikacji, jako wynik wtórnych przemian aminokwasów i białek w roślinie (Bestman i wsp. 1990). Na poziom aminokwasów może także wpływać stres środowiskowy. W pracy dotyczącej zawartości aminokwasów w roślinach *Apera spica-venti* L. traktowanych prosulfokarbem, autorzy tłumaczą wzrost poziomu czterech aminokwasów łącznym działaniem herbicydu i czynników środowiska, które indukują określone procesy biochemiczne prowadzące do nagromadzenia się tych związków (Hjorth i wsp. 2006).

Z przeprowadzonych badań wynika, że czynniki abiotyczne determinują skuteczność herbicydu w zależności od jego rodzaju oraz zwalczanego gatunku chwastu (tab. 12, 13, 16, 17, 20, 21, 23, 24, 26, 27, 30, 31). Znajomość reakcji chwastów występujących w łanie rośliny uprawnej na herbicydy stosowane w różnych warunkach wilgotności i temperatury powietrza posiada duże znaczenie dla praktyki rolniczej. Pozwala na wykonanie zabiegu herbicydowego w takim terminie, aby warunki środowiskowe były optymalne dla skutecznego zniszczenia gatunków najmniej wrażliwych (Johnson i Young 2002, Rietmuller-Haage i wsp. 2007). Badania nad wpływem poszczególnych czynników abiotycznych na skuteczność herbicydów prowadzone są głównie w warunkach kontrolowanych, z tego względu, że w warunkach polowych efekt chwastobójczy może być kształtowany przez kilka czynników jednocześnie. Ponadto w warunkach polowych czynniki te podlegają dynamicznym zmianom, zarówno w ciągu doby, jak i w dłuższym okresie czasu, a zmiana jednego parametru pociąga za sobą zmianę innego, jak np. wraz ze wzrostem temperatury powietrza wzrasta wilgotność powietrza. Nie mniej jednak rezultaty przeprowadzonych doświadczeń stanowią cenne źródło informacji odnośnie możliwości skutecznego zastosowania danego herbicydu, w określonych warunkach klimatyczno-glebowych i przeciw wybranym gatunkom chwastów.

WNIOSKI

1. W zakresie wyższych temperatur, tj. 25/16⁰C i 16/8⁰C, badane gatunki chwastów, tj. *Anthemis arvensis* L., *Galium aparine* L., *Papaver rhoeas* L. i *Stellaria media* L. były wrażliwe na zastosowane w doświadczeniu herbicydy (tribenuron metylu, 2,4-D + florasulam, 2,4-D + dikamba). Niska temperatura powietrza (8/2⁰C) spowodowała istotny spadek wrażliwości ocenianych chwastów, przy czym wpływ ten był najbardziej wyraźny w odniesieniu do *Anthemis arvensis* L. i *Papaver rhoeas* L.. Spośród badanych herbicydów, najmniej efektywna w niskiej temperaturze okazała się mieszanina 2,4-D + dikamba.
2. Wilgotność powietrza nie różnicowała wrażliwości *Papaver rhoeas* L. i *Stellaria media* L. na badane herbicydy. Pozostałe gatunki – *Anthemis arvensis* L. i *Galium aparine* L. – wykazały mniejszą wrażliwość na herbicydy stosowane w warunkach niższej wilgotności (50%).
3. Wilgotność gleby wpłynęła istotnie na reakcję wszystkich badanych gatunków chwastów na herbicydy. W warunkach słabego uwilgotnienia gleby (30%) nastąpił znaczny spadek ich wrażliwości. Największe różnice pomiędzy testowanymi poziomami wilgotności gleby obserwowane były na obiektach traktowanych mieszaniną 2,4-D + dikamba.
4. Stan uwilgotnienia roślin w momencie aplikacji herbicydów nie różnicował wrażliwości *Papaver rhoeas* L. i *Stellaria media* L. na stosowane herbicydy. Rośliny *Anthemis arvensis* L. wykazały większą wrażliwość, gdy w momencie aplikacji herbicydów były wilgotne, natomiast *Galium aparine* L. lepiej była niszczona, gdy opryskiwane rośliny były suche. Spośród stosowanych herbicydów, największe różnicowanie w skuteczności, w warunkach różnego stanu uwilgotnienia roślin, wykazał tribenuron metylu. Większą skuteczność uzyskano po jego aplikacji na rośliny wilgotne.
5. Natężenie światła wywarło istotny wpływ na stopień zniszczenia *Anthemis arvensis* L. i *Stellaria media* L. przez aplikowane herbicydy. Pierwszy z wymienionych gatunków wykazał większą wrażliwość w warunkach większego natężenia światła (10 000 lux), natomiast drugi w słabszym natężeniu światła (7 000 lux).
6. Spośród badanych gatunków chwastów *Galium aparine* L. i *Papaver rhoeas* L. charakteryzowały się większą wrażliwością na herbicydy, gdy rosły na czarnej ziemi w porównaniu z glebą płową. Każdy ze stosowanych herbicydów wykazał większą

skuteczność, gdy był aplikowany na rośliny rosnące na czarnej ziemi. Największe różnice w zależności od typu gleby stwierdzono na obiektach traktowanych mieszaniną 2,4-D + dikamba.

7. Zastosowane adiuwanty – surfaktant i adiuwant olejowy – wzmacniały wrażliwość *Galium aparine* L. na tribenuron metylu. Jedynie w warunkach niskiego uwilgotnienia gleby, gatunek ten wykazał słabą reakcję na herbicyd stosowany z adiuwantami. W przypadku *Anthemis arvensis* L. i *Papaver rhoeas* L. wzrost wrażliwości obserwowano w warunkach niekorzystnych dla działania herbicydów. Badane adiuwanty nie zmieniały wrażliwości *Stellaria media* L. na tribenuron metylu ze względu na wysoką wrażliwość tego gatunku na herbicyd stosowany samodzielnie.
8. Łączna aplikacja tribenuronu metylu z adiuwantami pozwoliła na zredukowanie dawki herbicydu stosowanego w różnych warunkach klimatycznych i glebowych, z jednoczesnym zachowaniem wysokiej skuteczności w odniesieniu do *Anthemis arvensis* L., *Papaver rhoeas* L. i *Stellaria media* L..
9. Czynniki abiotyczne znacząco wpłynęły na wrażliwość chwastów potraktowanych zredukowaną o połowę dawką herbicydu. Spośród ocenianych gatunków najsilniej na obniżone dawki środków chwastobójczych reagowała *Galium aparine* L., zaś najslabiej *Stellaria media* L.. Ze wszystkich badanych herbicydów, skuteczność mieszaniny 2,4-D + dikamba była najbardziej zależna od wysokości dawki i wpływu czynnika abiotycznego.
10. Stosowane herbicydy oraz czynniki abiotyczne zróżnicowały zawartość wolnych aminokwasów: waliny, leucyny i izoleucyny w tkankach badanych gatunków chwastów. Na obiektach traktowanych mieszaniną 2,4-D + dikamba nastąpił znaczący wzrost poziomu aminokwasów w stosunku do obiektu kontrolnego. W przypadku zastosowania tribenuronu metylu oraz mieszaniny 2,4-D + florasulam zawartość tych składników kształtowała się na poziomie obiektu kontrolnego lub była niższa.

SPIS LITERATURY

1. Adamczewski K., Grala B., Stachecki S. 1996. Ekonomiczne aspekty stosowania adiuwantów przy zwalczaniu chwastów. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 36(1): 126-133.
2. Adamczewski K., Matysiak R. 2005. Znaczenie i korzyści wynikające ze stosowania adiuwantów z herbicydami sulfonilomocznikowymi. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 45(1): 17-24.
3. Adkins S.W., Tanpipat S., Swarbrick J.T., Boersma M.. 1998. The influence of soil moisture content on glyphosate efficacy for the control of annual grasses in fallow land. *Weed Research*, 38(2): 119-127.
4. Aliverdi A., Mohassel M.H.R., Mahallati M.N. 2009. Increased foliar activity of clodinafop-propargyl and/or tribenuron-methyl by surfactants and their synergistic action on wild oat (*Avena ludoviciana*) and wild mustard (*Sinapis arvensis*). *Weed Biology and Managemt*, 9(4): 292-299.
5. Anderson D.M., Swanton C.J., Hall J.C., Mersey B.G. 1993 a. The influence of temperature and relative humidity on the efficacy of glufosinate-amonium. *Weed Research*, 33(2): 139-147.
6. Anderson D.M., Swanton C.J., Hall J.C., Mersey B.G. 1993 b. The influence of soil moisture, simulated rainfall and time of application on the efficacy of glufosinate-amonium. *Weed Research*, 33(2): 149-160.
7. Barriuso E., Calvet R. 1992. Soil type and herbicide adsorption. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 46(1-3): 117-128.
8. Barros J.F.C., Basch G., DE Carvalho M. 2007. Effect of reduced doses of a post-emergence herbicide to control grass and broad-leaved weeds in no-till wheat under Mediterranean conditions. *Crop Protection*, 26(10): 1538-1545.
9. Bączek-Kwinta R., Tokarz K., Czyczyło-Mysza I. 2008. Odmienna reakcja roślin *Melissa officinalis* L. i *Ocimum basilicum* L. na suszę i zatapianie korzeni. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, z. 524: 127-135.
10. Bernard H., Chabalier P.F., Chopart J.F., Legube B., Vauclin M. 2005. Assessment of herbicide leaching risk in two tropical soils of Reunion Island (France). *Journal of Environmental Quality*, 34(2): 534-543.
11. Bestman H.D., Devine M.D., Vanden Born W.H. 1990. Herbicide chlorsulfuron decreases assimilate transport out of treated leaves of Field Pennycress (*Thlaspi arvense* L.) seedlings. *Plant Physiology*, 93(4): 1441-1448.

12. Blair A. M., Caseley J. C. 1994. The influence of soil moisture at spraying on the activity of herbicides on *Bromus Sterilis* growing in pots in a controlled environment and in the field. British Crop Protection Council Monograph, 59: 227-232.
13. Bouma E., Van Der Weide R.Y., Flook H.W.G. 1996. Influence of weather parameters on efficacy of reduced dosages of herbicides in winter wheat. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 26(3-4): 651-657.
14. Caseley J.C. 1989. Variations in foliar pesticide performance attributable to humidity, dew and rain effects. Aspect of Applied Biology, 21:215-225.
15. Chachalis D, Reddy K.N., Elmore C.D. 2001 b. Characterization of leaf surface, wax composition, and control of redvine and trumpet creeper with glyphosate. Weed Science, 49(2): 156-163.
16. Chachalis D, Reddy K.N., Elmore C.D., Steele M.L. 2001 a. Herbicide efficacy, leaf structure, and spray droplet contact angle among *Ipomoea* species and smallflower morning glory. Weed Science, 49(5): 628-634.
17. Chyliński W.K., Łukaszewska A.J., Kutnik K. 2007. Drought response of two bedding plants. Acta Physiologiae Plantarum, 29(5): 399-406.
18. Coetzer E., Al-Khatib K., Loughin T. M. 2001. Glufosinate efficacy, absorption and translocation in amaranth as affected by relative humidity and temperature. Weed Science, 49(1): 8-13.
19. Collins R.T., Helling Ch.S. 2002. Surfactant – enhanced control of two *Erythroxylum* species by glyphosate. Weed Technology, 16(4): 851-859.
20. Collings L.V., Blair A.M., Gay A.P., Dyer C.J., Mackay N. 2003. The effect of weather factors on the performance of herbicides to control *Alopecurus myosuroides* in winter wheat. Weed Research, 43(2): 146-153.
21. Coupland D., Caseley J.C. 1981. Environmental influences on the effect of glyphosate on *Agropyron repens*. Proceedings of the Conference on Grass Weeds in Cereals, 6-7 January, Wellesbourne, United Kingdom, pp. 177-186.
22. Coupland D. 1983. Influence of light, temperature and humidity on the translocation and activity of glyphosate in *Elymus repens* (= *Agropyron repens*). Weed Research, 23(6): 347-355.
23. Davies J., Caseley J.C. 2001. Drought-induced tolerance to aryloxyphenoxypropionate herbicides in blackgrass (*Alopecurus myosuroides*) and wild oat (*Avena fatua*). Proceedings British Crop Protection Council Conference – Weeds, Brighton, 12-15 November 2001, 2: 519-524.

24. Domaradzki K., Kieloch R. 2005. Wpływ rodzaju adiuwanta oraz dawki mieszaniny jodosulfuronu i mezosulfuronu na skuteczność niszczenia *Apera spica-venti*, *Alopecurus myosuroides* i chwastów dwuliściennych. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 45(1): 91-99.
25. Domaradzki K. 2006. Efektywność regulacji zachwaszczenia zbóż w aspekcie ograniczania dawek herbicydów oraz wybranych czynników agroekologicznych. *Pamiętnik Puławski, Monografie i rozprawy naukowe*, z. 17.
26. Domaradzki K., Kieloch R. 2007. Działanie różnych dawek herbicydów z grupy regulatorów wzrostu i pochodnych sulfonylomocznika na *Galium aparine* i *Stellaria media* w zależności od ich fazy rozwojowej. *Annales UMCS*, 2008, LXII (2): 1-8.
27. Durán-Serantes B., Gonzáles L., Reigosa M.J. 2002. Comparative physiological effects of three allelochemicals and two herbicides on *Dactylis glomerata*. *Acta Physiologiae Plantarum*, 24(4): 385-392.
28. Fausey J.C., Renner K.A. 2001. Environmental effects on CGA-248757 and flumiclorac efficacy/soybean tolerance. *Weed Science*, 49(5): 668-674.
29. Fayez K.A., Kristen U. 1996. The influence of herbicides on the growth and proline content of primary roots and on the ultrastructure of the root caps. *Environmental and Experimental Botany*, 36(1): 71-81.
30. Fayez K.A. 1999. Action of photosynthetic diuron herbicide on cell organelles and biochemical constituents of the leaves of two soybean cultivars. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 33(2): 105-115.
31. Gallaher K., Mueller T.C., Hayes R.M., Schwartz O., Barrett M. 1999. Absorption, translocation and metabolism of primisulfuron and nicosulfuron in broadleaf signalgrass (*Brachiaria platyphylla*) and corn.. *Weed Science*, 47(1): 8-12.
32. Garrod J.F. 1989. Comparative responses of laboratory and field grown test plants to herbicides. *Aspects Of Applied Biology*, 21: 51-62.
33. Greek J.M., Strek H.J. 2001. Influence of weather on the performance of acetolactate synthase inhibiting herbicides. *Proceedings British Crop Protection Council Conference – Weeds, Brighton, 12-15 November 2001*, 2: 505-512.
34. Harbour J.D., Messersmith C.G., Ramsdale B.K. 2003. Surfactants affect herbicides on kochia (*Kochia scoparia*) and Russian thistle (*Salsola iberica*). *Weed Science*, 51(3): 430-434.

35. Hatterman-Valenti H.M., Pitty A., Owe M.D.K. 2006. Effect of environment on giant foxtail (*Setaria faberi*) leaf wax and fluazifop-P absorption. *Weed Science*, 54(4): 607-614.
36. Hjorth M., Mathiassen S.K., Kudsk P., Ravn H.W. 2006. Amino acids in loose silky-bent (*Apera spica-venti* (L.) Beauv.) responding to prosulfocarb exposure and the correlation with physiological effects. *Pesticide Biochemistry Physiology*, 86(3): 138-145.
37. Hsu Y.T., Kao Ch.H. 2003. Changes in protein and amino acid contents in two cultivars of rice seedlings with different apparent tolerance to cadmium. *Plant Growth Regulation*, 40(2): 147-155.
38. Huang H., Xiong Z.T. 2009. Toxic effects of cadmium, acetochlor and bensulfuron-methyl on nitrogen metabolism and plant growth in rice seedlings. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 94(2-3): 64-67.
39. Johnson B.C., Young B.G. 2002. Influence of temperature and relative humidity on the foliar activity of mesotrione. *Weed Science*, 50(2): 157-161.
40. Kapeluszny J. 2003. Wpływ zróżnicowanej gęstości siewu i obniżonych dawek herbicydów na plonowanie zbóż jarych. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 43(2): 718-721.
41. Kierzek R., Ratajkiewicz H. 2004. Wpływ adiuwantów i parametrów opryskiwania na retencję cieczy na liściach w wybranych roślinach jednoliściennych. *Progress in Plant Protection/Postępy Ochrony Roślin*, 44(2): 828-831.
42. Kogan M., Zúñiga M. 2001. Dew and spray volume effect on glyphosate efficacy. *Weed Technology*, 15(3): 590-593.
43. Kováčik J., Repčák M., Kron I. 2006. Nitrogen deficiency induced changes of free amino acids and coumarin contents in the leaves of *Matricaria camomilla*. *Acta Physiologiae Plantarum*, 28(2): 159-164.
44. Krawczyk R. 2008. Obniżona dawka herbicydu – uwarunkowania, badania i praktyka. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 48(2): 621-627.
45. Kudsk P. 1989. Experiences with reduced herbicide dose in Denmark and the development of the concept of factor-adjusted doses. *Proceedings Brighton Crop Protection Council Conference – Weeds*, 20-23 November 1989, Brighton, United Kingdom, 1: 545-554.

46. Kudsk P., Olesen T., Thonke K.E. 1990. The influence of temperature, humidity and simulated rain on the performance of thiameturon-methyl. *Weed Research*, 30(4): 261-269.
47. Kudsk P., Kristensen J.L. 1992. Effect of enviromental factors on herbicide performance. *Proceedings of The First International Weed Control Congress*, 17-21 February 1992, Melbourne, Australia, pp. 173-185.
48. Kudsk P. 2001. How to investigate the influence of environmental factors on herbicide performance. *Proceedings Brighton Crop Protection Council Conference – Weeds*, 12-15 November 2001, Brighton, United Kingdom, 2: 945-504.
49. Kudsk P., Mathiassen S.K. 2007. Analysis of adjuvants effects and their interactions with variable applications parameters. *Crop Protection*, 26(3): 328-334.
50. Kudsk P. 2008. Optimising herbicide dose: a straightforward approach to reduce the risk of side effects of herbicides. *Environmentalist*, 28(1): 49-55.
51. Kumaratilake A.R., Preston Ch. 2005. Low temperature reduces glufosinate activity and tranlocation in wild radish (*Raphanus raphanistrum*). *Weed Science*, 53(1): 10-16.
52. Levene B.C., Owen M.D.K. 1995. Effect of moisture stress and leaf age on bentazon absorption in common cocklebur (*Xantium strumarium*) and velvetleaf (*Abutilon theoprasti*). *Weed Science*, 43(1): 7-12.
53. Lubbers M.D., Stahlman P.W., Al.-Khatib K. 2007. Fluroxypyr efficacy is affected by relative humidity and soil moisture. *Weed Science*, 55(3): 260-263.
54. Marczevska K., Rola H., Sadowski J. 2007. Wolne aminokwasy wskaźnikiem odporności chwastów na chlorosulfuron. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 47(3): 199-205.
55. Martínez-Ghersa M.A., Vila Aiub M.M., Ghersa C.M., Gundel P., Satorre E.H. 2004. Herbicide selection of Italian ryegrass under different levels of UVB radiation. *Journal of Environmental Quality*, 33(4): 1376-1386.
56. Mathiassen S.K., Kudsk P., Kristensen J.L. 1994. Climate simulators – one step closer to natural conditions. *Proceedings SCI International Symposium: Comparing glasshouse and field pesticide performance II*, 12-14 April 1994, Canterbury, United Kingdom, pp. 257-260.
57. Mathiassen S.K., Kudsk P., Kristensesn J.L. 1995. Efficacy of broadleaf herbicides at three natural climates. *Proceedings British Crop Protection Council Conference – Weeds*, 20-23 November 1995, Brighton, United Kingdom, 2: 683- 689.

58. Mathiassen S.K., Kudsk P. 1996. Influence of climate scenarios on herbicide performance. Proceedings 2-nd International Weed Control Congress, 25-28 June 1996, Copenhagen, Denmark, 3: 905-910.
59. Merritt C.R. 1984. Influence of environmental factors on the activity of ioxynil salt and ester applied to *Stellaria media*. Weed Research, 24(3): 173-182.
60. Mithila J., Swanton C.J., Blackshaw R.E., Cathcart R.J., Hall J.C. 2008. Physiological basis for reduced glyphosate efficacy on weeds grown under low soil nitrogen. Weed Science, 56(1): 12-17.
61. Morton C.A., Harvey R.G. 1994. Simulated environments influence primisulfuron efficacy. Weed Science, 42(3): 424-429.
62. Morrison R.G., Lownds N.K., Steerling T.M.. 1995. Picloram uptake, translocation and efficacy in relation to water status of russian knapweed (*Acroptilon repens*). Weed Science, 43(1): 34-39.
63. Muro J. 1991. Influencia del rocío y del volumen de caldo de aplicación en la eficacia de tres herbicidas de contacto. Córdoba: Actas Reunión Soc. Española de Malerbología, pp. 271-274.
64. Nemat Alla M.M., Badawi A.M., Hassan N.M., El-Bastawisy Z.M., Badran E.G. 2008. Effect of metribuzin, butachlor and chlorimuron-ethyl on amino acid and protein formation in wheat and maize seedlings. Pesticide Biochemistry and Physiology, 90(1): 8-18.
65. Olson B.L.S., Al-Khatib K., Stahlman P., Parrish S., Moran S. 1999. Absorption and translocation of MON 37500 in wheat and other grass species. Weed Science, 47(1): 37-40.
66. Olson B.L.S., Al-Khatib K., Stahlman P., Isakson P.J. 2000. Efficacy and metabolism of MON 37500 in *Triticum aestivum* and weedy grass species as affected by temperature and soil moisture. Weed Science, 48(5): 541-548.
67. Pałczyński J., Dobrzański A., Anyszka Z. 1997. Skuteczność chwastobójcza obniżonych dawek metrybuzyny (Sencor 70 WG) z dodatkiem adiuwantów w uprawie pomidora. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 37(2): 163-166.
68. Penner D. 1989. The impact of adjuvants on herbicide antagonism. Weed Technology, 3(2): 227-231.
69. Petersen J., Hurler K. 2001. Influence of climatic conditions and plant physiology on glufosinate-ammonium efficacy. Weed Research, 41(1): 31-39.

70. Petersen I.L., Bruun Hansen H.Ch., Ravn H. W., Sørensen J.Ch., Sørensen H. 2007. Metabolic effects in rapeseed (*Brassica napus* L.) seedlings after root exposure to glyphosate. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 89(3): 220-229.
71. Pline W.A., Hatzios K.K. 1999. Temperature effects on the response of liberty-link and roundup-ready soybeans to glufosinate and glyphosate treatments. *Proceedings Southern Weed Science Society*, 52: 172–173.
72. Potters G., Pasternak T.P., Guises Y., Palme K.J., Jansen M.A.K. 2007. Stress-induced morphogenic responses: growing out of trouble?. *Trends in Plant Science*, 12(3): 98-105.
73. Praczyk T., Stachecki S. 1996. Biologiczne działanie metemitronu stosowanego z adiuwantami na samosiewy rzepaku. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, (36)2: 269-272.
74. Praczyk T. 2001. Rozwój badań i zastosowań adiuwantów w Polsce. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 41(1): 110-113.
75. Praczyk T., Bączkowska E., Balcer G., Kulczyński J., Dorna J. 2008. Nowy adiuwant wspomagający aktywność niektórych herbicydów i fungicydów. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 48(2): 647-652.
76. Rai V.K. 2002. Role of amino acids in plant response to stresses. *Biologia Plantarum*, 45(4): 481-487.
77. Ramsey R.J.L., Stephenson G.R, Hall J.C. 2002. Effect of relative humidity on the uptake, translocation and efficacy of glufosinate ammonium in wild oat (*Avena fatua*). *Pesticide Biochemistry & Physiology*, 73(1): 1-8.
78. Ramsey R.J.L., Stephenson G.R, Hall J.C. 2006. Effect of humectants on the uptake and efficacy of glufosinate in wild oat (*Avena fatua*) plants and isolated cuticles under dry conditions. *Weed Science*, 54(2): 205-211.
79. Ray T.B. 1984. Site of action of chlorsulfuron. Inhibition of valine and isoleucine biosynthesis in plants. *Plant Physiology*, 75(3): 827-831.
80. Rhodes D., Hogan A.L., Deal L., Jamieson G.C., Haworth P. 1987. Amino acid metabolism of *Lemna minor* L. II. Responses to chlorsulfuron. *Plant Physiology*, 84(3): 775-780.
81. Riethmuller-Haage I., Bastiaans L., Kempenaar C., Smutny V., Kropff M.J. 2007. Are pre-spraying growing conditions a major determinant of herbicide efficacy?. *Weed Research*, 47(5): 415-424.

82. Rola H., Rola J., Zaliwski A. 2001. Rozmieszczenie chwastów segetalnych w uprawach rolniczych Polski. Wydawnictwa IUNG, s. 12, 24, 38.
83. Roman E.S., Vargas L., Ribeiro M.C.F. 2004. Influence of dew and spray volume on the efficacy of glyphosate for *Brachiaria plantaginea* burndown. *Planta Daninha*, 22(3): 479-482.
84. Rosales-Robres E., Chandler J.M., Senseman S.A., Prostko E.P. 1999. Influence of growth stage and herbicide rate on postemergence Johnsongrass (*Sorghum halepense*) control. *Weed Technology*, 13(3): 525-529.
85. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i rozwoju Wsi z dn. 04.08.2004 r. (Dz. U., nr 183, poz. 1890) oraz z dn. 14.04.2005 r. (Dz. U., Nr 76, poz. 670).
86. Rutherford, D.W., C.T. Chiou, and E.D. Kile. 1992. Influence of soil organic matter composition on the partition of organic compounds. *Environmental Science and Technology*, 26 (2):336–340.
87. Sellers B.A., Smeda R.J., Li J. 2004. Glutamine synthase activity and ammonium accumulation is influenced by time of glufosinate application. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 78(1): 9-20.
88. Shaner D.L., Singh B.K. 1992. How does inhibition of amino acids biosynthesis kill plants? In: Singh B.K. Flores H.E., Shannon J.C. (eds) *Biosynthesis and molecular regulation of amino acids in plants*. American Society of Plant Physiologist, Rockville, Md, pp. 174-183.
89. Sharma S.D., Singh M. 2001. Environmental factors affecting absorption and bio-efficacy of glyphosate in Florida beggarweed (*Desmodium tortuosum*). *Crop Protection*, 20(6): 511-516.
90. Shim S.I., Lee B.M., Ryu E.I., Kang B.H. 2003. Response of leaf acetolactate synthase from different leaf position and seedling ages to sulfonylurea herbicide. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 75(1-2): 39-46.
91. Skuterud R, Bjugstad N., Tyldum A., Semb Tørresen K. 1998. Effect of herbicides applied at different times of the day. *Crop Protection*, 17(1): 41-46.
92. Stagnari F., Onfori A., Covarelli G. 2006. Influence of vegetable oils on the efficacy of some post-emergence herbicides for grass weed control in wheat. *Journal of Pesticide Science*, 31(3): 339-343.
93. Stagnari F., Chiarini M., Pisante M. 2007. Influence of fluorinated surfactants on the efficacy of some post-emergence sulfonylurea herbicides. *Journal of Pesticide Science*, 32(1): 16-23.

94. Starratt A.N., Lazarowitz G. 1996. Increases in free amino acid level in tomato plants accompanying herbicide-induced disease resistance. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 54(3): 230-240.
95. Szeleźniak E. 2006. Efektywność działania tralkoksydymu aplikowanego z surfaktantami w zróżnicowanych warunkach temperatury i wilgotności powietrza. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 46(2): 233-236.
96. Tan S., Evans R., Singh B. 2006. Herbicidal inhibitors of amino acid biosynthesis and herbicide-tolerant crops. *Amino Acids*, 30(2): 195-204.
97. Tester M., Bacic A. 2005. Abiotic stress tolerance in grasses. From model to crop plants. *Plant Physiology*, 137(3): 791-793.
98. Thompson W.M., Nissen S.J. 2002. Influence of shade and irrigation on the response of corn (*Zea mays*), soybean (*Glycine max*) and wheat (*Triticum aestivum*) to carfentrazone-ethyl. *Weed Technology*, 16(2): 314-318.
99. Tymrakiewicz W. 1976. Atlas chwastów. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, s. 28, 142, 328, 356.
100. Wang C.J., Liu Z.Q. 2007. Foliar uptake of pesticides – Present status and future challenge. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 87(1): 1-8.
101. Wesołowski M., Kwiatkowski C., Harasim E. 2005. Wpływ zmniejszonych dawek niektórych herbicydów na plonowanie i zachwaszczenie pszenicy ozimej. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 45(2): 1194-1995.
102. Willingham S.D., Senseman S.A., McCauley G.N., Chandler J.M. 2008. Effect of temperature and propanil on penoxulam efficacy, absorption, and translocation in *Aligatorweed* (*Alternanthera philoxeroides*). *Weed Science*, 56(6): 780-784.
103. Woźnica Z., Nalewaja J. 1996. Wpływ nowych adiuwantów na skuteczność chwastobójczą glifosatu. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 36(2): 317-319.
104. Woźnica Z., Miłkowski P., Waniorek W. 1997. Adiuwanty a skuteczność chwastobójcza herbicydów. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 37(2): 190-193.
105. Woźnica Z. 2008. *Herbologia*. PWRiL, s. 239.
106. Xie H.S., Hsiao A.I., Quick W.A. 1994. Effect of shading on activity of imazamethabenz and fenoxaprop in wild oat (*Avena fatua*). *Weed Science*, 42(1): 66-69.

107. Xie H.S., Quick W.A., Hsiao A.I. 1994 b. Spring cereal response to imazamethabenz and fenoxaprop-p-ethyl as influenced by environment. *Weed Technology*, 8(4): 713-716.
108. Xie H.S., Caldwell B.C., Hsiao A.I., Quick W.A., Chao J.F. 1995. Spray deposition of fenoxaprop and imazamethabenz on wild oat (*Avena fatua*) as influenced by environmental factors. *Weed Science*, 43(2): 179-183.
109. Xie H.S., Hsiao A.I., Quick W.A. 1996. Influence of temperature and light intensity on absorption, translocation and phytotoxicity of fenoxaprop-ethyl and imazamethabenz-methyl in *Avena fatua*. *Journal of Plant Growth Regulation*, 15(2): 57-62.
110. Xie H.S., Hsiao A.I., Quick W.A. 1997. Influence of drought on graminicide phytotoxicity in Wild oat (*Avena fatua*) grown under different temperature and humidity conditions. *Journal of Plant Growth Regulation*, 16(4): 233-237.
111. Zarzycki K., Trzcińska-Tacik H., Róžański W., Szelać Z., Wołek J., Korzeniak U. 2002. Ecological indicator values of vascular plants of Poland. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, 1-183.
112. Zhou J., Tao B., Messersmith C.G., Nalewaja J.D. 2007. Glyphosate efficacy on velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) is affected by stress. *Weed Science*, 55(3): 240-244.