

**Zastosowanie żywych ściółek w rzędach drzew jabłoni
jako alternatywnego sposobu pielęgnacji gleby
w porównaniu z ugorem herbicydowym**

Maria Licznar-Małańczuk

**Zastosowanie żywych ściółek
w rzędach drzew jabłoni
jako alternatywnego sposobu
pielęgnacji gleby w porównaniu
z ugiem herbicydowym**

Wrocław 2012



Autor

Maria Licznar-Małańczuk

Opiniodawcy:

prof. dr hab. Ewa Jadczyk-Tobjasz

prof. dr hab. Augustyn Mika

Redaktor merytoryczny

prof. dr hab. inż. Zofia Spiak

Opracowanie redakcyjne i korekta:

Elżbieta Winiarska-Grabosz

Magdalena Kozińska

Łamanie

Halina Sebzda

Projekt okładki

Paweł Wójcik

Monografie CLIV

© Copyright by Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław 2012

ISSN 2083-5531

ISBN 978-83-7717-115-8

WYDAWNICTWO UNIWERSYTETU PRZYRODNICZEGO WE WROCŁAWIU

Redaktor Naczelny – prof. dr hab. inż. Andrzej Kotecki

ul. Sopocka 23, 50-344 Wrocław, tel. 71 328 12 77

e-mail: wyd@up.wroc.pl

Nakład 100 + 16 egz. Ark. wyd. 9,15. Ark. druk. 8,25

Druk i oprawa: EXPOL, P. Rybiński, J. Dąbek, Spółka Jawna

ul. Brzeska 4, 87-800 Włocławek

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP I CEL PRACY	7
2. PRZEGLĄD LITERATURY.....	9
2.1. Zastosowanie roślin okrywowych	9
2.2. Kryteria doboru gatunków roślin okrywowych do sadu.....	10
2.2.1. Charakterystyka roślin z rodzin <i>Fabaceae</i> i <i>Poaceae</i>	11
2.2.2. Charakterystyka roślin z innych rodzin botanicznych.....	13
2.3. Rola roślin okrywowych w sadzie i ich wpływ na drzewa owocowe.....	14
2.3.1. Biomasa ściółek z roślin okrywowych i sukcesja chwastów.....	14
2.3.2. Oddziaływanie żywych ściółek na stosunki wodne w glebie.....	15
2.3.3. Oddziaływanie żywych ściółek na właściwości fizyczne, fizykochemiczne i chemiczne gleby.....	16
2.3.4. Wpływ żywych ściółek na stan odżywienia drzew	18
2.3.5. Wpływ żywych ściółek na wzrost i plonowanie drzew	20
2.3.6. Rola żywych ściółek w ochronie sadu przed chorobami i szkodnikami.....	23
2.3.7. Ekonomiczne aspekty stosowania żywych ściółek w sadzie	24
3. MATERIAŁ I METODY.....	25
3.1. Lokalizacja doświadczenia i charakterystyka warunków glebowych.....	25
3.2. Zakładanie doświadczenia.....	25
3.3. Zabiegi agrotechniczne po posadzeniu drzew	27
3.4. Metodyka doświadczenia polowego i badań laboratoryjnych	32
3.4.1. Analiza właściwości gleby.....	32
3.4.2. Ocena pokrycia gleby żywymi ściółkami, zachwaszczenia, obecności gryzoni.....	33
3.4.3. Analiza zawartości składników mineralnych w liściach.....	34
3.4.4. Ocena intensywności wzrostu drzew, kwitnienia, plonowania, jakości owoców	34
3.4.5. Ocena nakładów pracy i pracochłonność jednostkowa produkcji	35
3.4.6. Statystyczne metody opracowania wyników.....	35
3.5. Charakterystyka warunków atmosferycznych w latach 2004–2010.....	36
4. WYNIKI BADAŃ.....	39
4.1. Oddziaływanie żywych ściółek na środowisko glebowe	39
4.1.1. Właściwości fizykochemiczne i chemiczne gleby	39
4.1.2. Właściwości fizyczne, retencyjne i wilgotność gleby	45
4.2. Charakterystyka roślin okrywowych i ich zachwaszczenia	52

4.2.1. Pokrycie gleby żywymi ściółkami.....	52
4.2.2. Zachwaszczenie roślin okrywowych	52
4.2.3. Dynamika zmian w występowaniu najważniejszych gatunków chwastów.....	54
4.3. Wpływ żywych ściółek na stan odżywienia liści drzew jabłoni	67
4.4. Wpływ żywych ściółek na wzrost, kwitnienie, plonowanie jabłoni, jakość owoców oraz żywotność drzew uszlachetnionych na różnych podkładkach.....	71
4.4.1. Wzrost radialny i elongacyjny drzew.....	71
4.4.2. Kwitnienie i zawiązywanie owoców	79
4.4.3. Plonowanie jabłoni i jakość owoców	79
4.4.4. Współczynnik plenności drzew.....	84
4.4.5. Żywotność drzew	85
4.5. Wybrane aspekty ekonomiczne uprawy jabłoni z zastosowaniem żywych ściółek.....	86
4.5.1. Nakłady pracy ręcznej i siły pociągowej.....	86
4.5.2. Jednostkowa pracochłonność produkcji jabłek.....	90
5. DYSKUSJA	93
6. WNIOSKI	103
7. PIŚMIENNICTWO.....	105
ANEKS.....	121

1. WSTĘP I CEL PRACY

W drugiej połowie XX w. w wielu krajach świata miały miejsce dynamiczne zmiany w rolnictwie. Zmechanizowanie upraw i użycie na niespotykaną dotychczas skalę środków chemicznych wpłynęły na wzrost wydajności z jednostki powierzchni [Reganold i in. 1990]. Nadmierne i długotrwałe stosowanie środków chemicznych i uprawy mechanicznej oddziaływało jednak niekorzystnie na środowisko rolnicze. Obserwowano stopniową utratę produktywności gleby. Skażeniu ulegały wody gruntowe. Nasilały się zjawiska erozji gleby. Pozbawione bioróżnorodności duże monokultury roślin uprawnych uzależniono przy zwalczaniu chorób, szkodników czy zachwaszczenia jedynie od stosowania środków chemicznych. W konsekwencji, postępująca degradacja środowiska rolniczego skłoniła konsumenta, a także producenta, do refleksji nad jakością uzyskanej żywności i jej wpływem na zdrowie człowieka [Reganold i in. 1990, Doran 2002].

Niekorzystne skutki długotrwałego stosowania chemicznych zabiegów agrotechnicznych sygnalizowano w środowiskach naukowych już pod koniec lat 60. XX w. [Sansavini 1997]. W następnych dekadach świadomie podejmowano kroki pozwalające uzyskać wysokiej jakości produkty przy jednoczesnym zachowaniu zasobów środowiska rolniczego [Reganold i in. 1990, Sansavini 1997, Leary i DeFrank 2000]. Taki sposób produkcji żywności uzyskał poparcie ze strony środowisk ekologicznych i coraz bardziej świadomych konsumentów w wysoko rozwiniętych krajach Europy i USA [Thompson 2000].

Współczesne rolnictwo, w tym ogrodnictwo, uwzględnia kompleks interakcji zachodzących w środowisku rolniczym, a zwłaszcza glebowym i łączy tradycyjne rozwiązania agrotechniczne z nowoczesnymi technologiami. Taki sposób uprawy roślin zapewnia wieloletnią i zrównoważoną działalność rolniczą (ang. *sustainable agriculture*) [Reganold i in. 1990, Sansavini 1997], która może być realizowana według kilku wariantów takich jak produkcja integrowana, ekologiczna czy biodynamiczna [Reganold i in. 1987, 1993, Balázs i in. 1997, Brumfield 2000, Amarante i in. 2008, Delate i in. 2008]. W Europie największe znaczenie ma Produkcja Integrowana (IP), a od początku lat 90. XX w. również Integrowana Produkcja Owoców (IPO) [Cross 1991, Sansavini 1997]. Zainteresowanie takim sposobem uprawy pojawiło się także w Polsce. W kolejnych latach wprowadzanie IPO było związane z przystąpieniem kraju do Unii Europejskiej [Zamarlicki 2000, Niemczyk 2004].

Gleba – środowisko życia roślin – jest najcenniejszym zasobem środowiska rolniczego [Reganold i in. 1990]. Właściwy sposób jej pielęgnacji w sadzie jest jednym z ważniejszych elementów prawidłowej agrotechniki prowadzonej według zasad IPO. Pozwala zachować żywność gleby i jednocześnie stwarza korzystne warunki do uprawy drzew owocowych [Franz-luebbbers 2004, Granatstein 2008]. Powszechnie stosowane chemiczne zwalczanie zachwaszczenia w rzędach drzew i krzewów można zastąpić ściółkowaniem. Pozytywna ocena kilku organicznych i nieorganicznych ściółek użytych w warunkach klimatyczno-glebowych naszego kraju [Lipecki i Berbec 1997, Mika 2000, Szewczuk i Licznar-Małańczuk 2000, Szewczuk

2004] w dużej mierze kontrastuje z nielicznymi doniesieniami na temat warunków i możliwości wykorzystania żywych ściółek w Polsce [Lipecki i Wieniarska 1990, 2000, 2001, Mika i Krzewińska 1993, 1995, 1996, Olszewski i Niemczyk 1994, Jaworska 1995, Brown i in. 1997, Mika i in. 1998, Mika 2000, Sosna i in. 2009]. Obecność dodatkowej rośliny nie pozostaje bez wpływu na rośliny sadownicze, implikuje zespół oddziaływań między żywą ściółką a drzewem owocowym, często przyjmujący charakter konkurencji [Anderson i in. 1992].

Z sadowniczego punktu widzenia wpływ żywej ściółki na drzewo owocowe jest uzależniony od szeregu czynników, do których należą między innymi: warunki glebowe i wodne, gatunek rośliny okrywowej, termin jej wysiewu, a także jakość wysadzonych okulantów i, modyfikowana podkładką, siła wzrostu drzewa owocowego. Z ekologicznego punktu widzenia obecność niskiej rośliny okrywowej, pozostawiającej resztki organiczne, wpływa pozytywnie na procesy przemiany materii organicznej i przyczynia się do zachowania żyzności gleby. Stosowanie żywych ściółek wymaga również uwzględnienia uwarunkowań ekonomicznych, decydujących o opłacalności wprowadzenia takiego systemu pielęgnacji gleby w sadzie.

Celem pracy była ocena zastosowania kilku żywych ściółek w rzędach drzew jabłoni odmiany 'Ligol' jako alternatywnego sposobu pielęgnacji gleby w porównaniu z ugorem herbicydowym. W latach 2004–2010 w podjętych badaniach przeprowadzono:

- określenie wpływu kilkuletniej uprawy roślin okrywowych w rzędach drzew na wybrane właściwości fizyczne, retencyjne, fizykochemiczne i chemiczne gleby;
- ocenę pokrycia gleby przez żywe ściółki, analizę towarzyszącego im zachwaszczenia oraz ich wpływ na stan odżywienia jabłoni;
- badanie wpływu ściółek na plonowanie, wzrost i żywotność drzew oraz jakość owoców odmiany 'Ligol' uszlachetnionej na, charakteryzujących się zróżnicowaną siłą wzrostu, podkładkach P 22, P 16 i P 2;
- analizę wybranych aspektów ekonomicznych warunkujących uprawę drzew jabłoni z zastosowaniem żywych ściółek.

2. PRZEGLĄD LITERATURY

2.1. Zastosowanie roślin okrywowych

Wykorzystanie żywych roślin w charakterze ściółek (ang. *cover crop*) zdefiniowali Hartwig i Ammon [2002]. Jest to wprowadzenie dodatkowego gatunku ochraniającego powierzchnię gleby w okresie uprawy rośliny głównej lub dopiero po jej zbiorze. Okres wegetacji takich roślin jest krótki, ponieważ przy zabiegach uprawowych pod kolejną uprawę ich biomasa ulega ścięciu i przeoraniu. Żywa ściółka (ang. *living mulch*) stanowi inny przykład dodatkowego zastosowania roślin. Jest wprowadzana równolegle z rośliną główną i pozostaje z nią przez cały okres wegetacji. Przy wykorzystaniu wieloletnich roślin ściółkujących uprawiane w niej rośliny jednoroczne są w następnych latach wysiewane lub wysadzone w istniejącą już darń. Nasadzenia wieloletnie współistnieją z żywą ściółką przez długie lata ich uprawy.

Zastosowanie roślin okrywowych nie zawsze przyjmuje ściśle definicyjny charakter w praktyce rolniczej. Modyfikacje odnoszą się do terminu ich wysiewu, zastosowanej agrotechniki oraz długości użytkowania [Paine i Harrison 1993]. Pojęcie "cover crop" w niektórych przypadkach zastępuje określenie "living mulch". Paine i Harrison [1993] podkreślają jednak, że żywa ściółka "living mulch" towarzyszy uprawie rośliny głównej przez cały okres wegetacji, stąd też w starszych doniesieniach określono ją mianem "companion crop".

Ściółkowanie roślinami żywymi znalazło zastosowanie w rolnictwie w wybranych technologiach produkcji zbóż i strączkowych [Enache i Ilnicki 1990, Jędrzczyk i Poniedziałek 2007, Rabary i in. 2008], a także w ogrodnictwie, np. przy produkcji warzyw [Adamczewska-Sowińska 2008, Adamczewska-Sowińska i in. 2009]. Wprowadzenie dodatkowej rośliny w typowych uprawach wieloletnich może prowadzić do trwałego, często jednolitego zadarnienia całej powierzchni gleby. Inny sposób jej użycia to permanentne lub czasowe pokrycie jedynie międzyrzędzi albo przeciwnie – zastosowanie tylko w rzędach drzew lub krzewów. Istnieje też możliwość wykorzystania resztek roślinnych (ang. *dead mulch*) uzyskanych w wyniku desykcji wysianych wcześniej roślin [Teasdale i Daughtry 1993, Lipecki i Berbec 1997, Teasdale i Mohler 2000, Mennan i in. 2006] lub ściółkowanie ściętymi ich fragmentami [Nielsen i in. 2003a,b, Abouziena i in. 2008, Fang i in. 2008]. Takie zastosowania pojawiły się w uprawie wieloletnich roślin specjalnych, np. chmielu [Lipecki i Berbec 1997], w szkółkach ozdobnych [Calkins i Swanson 1995, Hänninen 1998, Hänninen i in. 1999], na plantacjach drzew iglastych [Sæbø i in. 2009], przy wprowadzaniu drzew na terenach rekultywowanych [Fang i in. 2008] oraz zalesianych [Paris i in. 1995, 1998, 2005, Pini i in. 1999, Navarro-Cerrillo i in. 2009]. W sadownictwie zastosowanie roślin okrywających glebę jest najczęściej postrzegane jako alternatywny sposób jej pielęgnacji w porównaniu z powszechnie stosowanym w rzędach drzew lub krzewów ugiem herbicydowym [Merwin 1993, 1994, Lipecki i Wieniarska 2000, Lisek 2001, 2004]. Natomiast w uliczkach roboczych gatunki ściółkujące po-

zwalają wyeliminować albo ograniczyć mechaniczną uprawę gleby [Sánchez i in. 2007, Glenn i Newell 2008, Ramos i in. 2010].

W wielu rejonach uprawy drzew owocowych tylko między rzędami stosuje się samorzutną lub wysiewaną z nasion wybranych gatunków traw – murawę [Staněk i in. 1993, Lipecki i Berbeć 1997]. Odwołując się do definicji Hartwiga i Ammona [2002], jeżeli murawa jest zakładana w momencie wysadzania drzewek i towarzyszy im przez cały okres życia, można ją uznać za żywą ściółkę – "living mulch". Inny charakter ma uprawa roślin okrywowych między rzędami tylko przez kilka miesięcy w roku. Niektóre gatunki zaleca się wysiewać latem, a inne późną jesienią. W tym przypadku spełniają one odpowiednio rolę "summer cover crop" i "winter cover crop" [Linares i in. 2008]. Rośliny okrywowe w uliczkach roboczych znalazły zastosowanie w sadach drzew ziarnkowych [Wyss 1995, Rieux i in. 1999, Bone i in. 2009], pestkowych [Belding i in. 2004, Glenn i Newell 2008, Ramos i in. 2010], cytrusów [Fidalski i in. 2007], na plantacjach kawy [Bradshaw i Lanini 1995], w winnicach [Celette i in. 2005], a nawet w uprawie roślin jagodowych, takich jak malina [Zebarth i in. 1993] i truskawka [Newenhouse i Dana 1989, Univer i in. 2009].

Gatunki okrywowe wprowadzone tylko w rzędy drzew lub krzewów owocowych jako substytut ugoru herbicydowego spełniają podobną funkcję jak stosowane w sadownictwie ściółki organiczne albo syntetyczne [Mika 2000]. Najczęściej żywa ściółka jednolicie okrywa całą wierzchnią warstwę gleby w rzędzie drzew. W niektórych przypadkach obszar ten można jednak modyfikować. Na przykład w uprawie leszczyny [Mennan i in. 2006] oraz na plantacjach bananowca [Issac i in. 2007] przy znacznych odległościach między krzewami ściółkowano tylko powierzchnię 16–18 m² pod pojedynczymi roślinami. Natomiast w badaniach Merwina i in. [1995] zadarnieniem kostrzewą owczą objęto całą powierzchnię gleby w rzędach drzew, a jedynie pod koronami jabłoni zastosowano ściółkę organiczną. W innych przypadkach rośliny ściółkujące wysiewano wyłącznie wzdłuż dwóch stron rzędu drzew, a na pozostającym między nimi, najczęściej wąskim, pasie gleby prowadzono chemiczne zwalczanie chwastów [Olszewski i Niemczyk 1994, Brown i in. 1997, Brown i Glenn 1999]. Odwrotnie, stosując system "Swiss sandwich", można ograniczyć udział roślin ściółkujących albo chwastów tylko do wąskiego pasa bezpośrednio pod koronami drzew, natomiast na pozostałym obszarze, od wschodniej i zachodniej strony rzędu, eliminować zachwaszczenie za pomocą uprawy mechanicznej [Hoagland i in. 2008, Stefanelli i in. 2009, Wiman i in. 2009]. Staněk i Novotná [1995a] ograniczyli powierzchnię ugoru herbicydowego w rzędzie drzew, pozostawiając w niektórych miejscach zadarnienie utworzone przez chwasty.

Możliwe jest też wieloletnie lub okresowe ściółkowanie całej powierzchni sadu [Nielsen i Hogue 1985, 2000] albo winnicy [Bugg i in. 1996] pod warunkiem odpowiedniego doboru gatunków do miejsca ich zastosowania. Tworkoski i in. [1997] wprowadzili żywą ściółkę w całym sadzie, a jedynie bezpośrednio wokół pni drzew stosowali ugor herbicydowy.

2.2. Kryteria doboru gatunków roślin okrywowych do sadu

Wymagania stawiane wobec roślin wykorzystywanych w charakterze żywych ściółek są duże [Hartwig i Ammon 2002]. Wybrane gatunki powinny być zaadaptowane do konkretnych warunków klimatycznych, dobrze powstrzymywać zachwaszczenie i nie stwarzać konkurencji dla uprawianych roślin [Brandsæter i Netland 1999]. Williams [1987 cyt. za Paine i Harrison 1993] w sformułowanych przez siebie zasadach doboru roślin akcentuje następujące cechy żywych ściółek: wysoką tolerancję na suszę, trwałość zadarnienia i niewielkie wymagania agro-

techniczne, w tym potrzeby nawozowe. Ważne są również krótki okres kiełkowania i szybki wzrost żywych ściółek, ponieważ te czynniki decydują o skutecznej kontroli wschodów lub wczesnego rozwoju chwastów. Bugg i in. [1996] zwracają uwagę na wielkość produkowanej przez ściółki biomasy jako wskaźnika potencjalnej ilości materii organicznej, którą pozostawia w glebie. Ważna jest również ich fenologia jako wyznacznik spodziewanego okresu konkurencji roślin okrywowych w stosunku do uprawy sadowniczej. Cykl życia rośliny ściółkującej decyduje z jednej strony o okresie pobierania przez nią wody i składników pokarmowych, a z drugiej – o ich uwalnianiu z pozostawionych przez nią resztek organicznych.

Liczba roślin wykorzystywanych w charakterze żywych ściółek jest ograniczona. W USA wśród 139 testowanych gatunków tylko kilka uznano za obiecujące [Paine i Harrison 1993]. Bone i in. [2009] ułożyli listę 51 roślin przydatnych jako żywe ściółki do chłodniejszych warunków klimatycznych australijskiego stanu Victoria, a do dalszych badań wytypowano tylko 7. Natomiast Bugg i in. [1996] opisali zróżnicowaną przydatność 32 gatunków wykorzystywanych jako zadarnienie w winnicy.

2.2.1. Charakterystyka roślin z rodzin *Fabaceae* i *Poaceae*

Przeważająca liczba gatunków stosowanych w charakterze roślin okrywowych w uprawach sadowniczych należy do rodziny bobowatych – *Fabaceae* i wiechlinowatych – *Poaceae*. W polskich sadach ocenę ich przydatności zapoczątkowano już w latach 60. XX w. [Kłossowski i in. 1962, Kłossowski 1969]. Największa grupa roślin pochodzi z rodziny bobowatych. Wśród nich dominuje rodzaj koniczyna – *Trifolium* [Shribbs i Skroch 1986a,b, Mika i Krzewińska 1993, 1995, 1996, Hornig i Bünemann 1995, 1996a,b, Mika i in. 1998, Hartley i in. 2000, Lipecki i Wieniarska 2000, Sanchez i in. 2003, Granatstein i Mullinix 2008, Hoagland i in. 2008, TerAvest i in. 2010]. W przeprowadzonych badaniach den Hollander i in. [2007a,b] spośród kilku gatunków tego rodzaju za najbardziej przydatne jako żywe ściółki uznali koniczynę białą (*T. repens* L.), perską (*T. resupinatum* L.) i podziemną (*T. subterraneum* L.). Koniczyna perska charakteryzowała się szybszymi o 6–8 dni wschodami roślin i największym dziennym przyrostem suchej masy, wynoszącym 16 g·m⁻². Gatunek ten pozwolił uzyskać 50% pokrycie powierzchni gleby o 9–14 dni wcześniej w porównaniu z pozostałymi badanymi roślinami. Jednak uzyskana przy jego zastosowaniu maksymalna ilość suchej masy (425,5 g·m⁻²) nie wykazała istotnego zróżnicowania w stosunku do koniczyny białej i podziemnej (odpowiednio 469,7 i 448,5 g·m⁻²). Koniczyna podziemna wykształciła natomiast istotnie mniejszy system korzeniowy. Największą biomasę korzeni zanotowano u koniczyny białej. Dodatkowo gatunek ten w zadowalającym stopniu ograniczał obecność chwastów, jednocześnie przyczynił się do niewielkiej redukcji plonu rośliny głównej. Badania Rossa i in. [2001] kilku gatunków z rodzaju koniczyna potwierdziły ograniczenie zachwaszczenia w wyniku zastosowania koniczyny białej. W kombinacji kontrolnej sucha masa chwastów wynosiła 2,35 Mg·ha⁻¹, natomiast przy zastosowaniu ściółkowania koniczyną białą była istotnie mniejsza – 0,34 Mg·ha⁻¹. Jednak po uwzględnieniu charakterystyki wzrostu roślin, wielkości produkowanej biomasy i późnego kwitnienia za najbardziej obiecujący został uznany gatunek jednoroczny – koniczyna aleksandryjska (*T. alexandrinum* L.).

Oprócz koniczyn z rodziny bobowatych stosowanych jako żywe ściółki w rzędach drzew owocowych można zaliczyć gatunki z rodzaju lucerna – *Medicago* [Lipecki i Wieniarska 2000, Sanchez i in. 2003, TerAvest i in. 2010] oraz komonicę zwyczajną – *Lotus corniculatus* L. [TerAvest i in. 2010]. Sporadycznie badaniami obejmowano wykę siewną – *Vicia*

sativa L., groch zwyczajny – *Pisum sativum* L. [Lipecki i Wieniarska 2000], łubin biały – *Lupinus albus* L. [Walsh i in. 1996a,b], a także cieciorę pstrą – *Coronilla varia* L. [Merwin i in. 1992, 1994, 1999, Merwin i Stiles 1994, Sanchez i in. 2003] i seradelę siewną – *Ornithopus sativus*. Brot. [Sosna i in. 2009]. W krajach o klimacie tropikalnym lub subtropikalnym większe znaczenie może mieć rodzaj orzech ziemny – *Arachis*, głównie *A. glabrata* Benth. [Rouse i Mullahey 1997], oraz gatunek lespedeza koreańska – *Lespedeza stipulacea* Maxim. [Shribbs i Skroch 1986a,b].

Gatunki z rodziny bobowatych wykorzystuje się także w przypadku czasowego lub trwałego zadarniania międzyrzędzi [Bradshaw i Lanini 1995, Fidalski i in. 2007, Sánchez i in. 2007, Linares i in. 2008, Sirrine i in. 2008, Stefanelli i in. 2009, Ramos i in. 2010]. Zainteresowanie tymi roślinami jest bardzo duże. Podobnie jak pozostałe żywe ściółki zapobiegają one stratom azotu z gleby, ale w odróżnieniu od roślin z innych rodzin botanicznych posiadają ponadto zdolność wiązania go z atmosfery. Stwierdzono wysoki stopień korelacji ($r = 0,94$) między wczesnym pokryciem gleby przez żywą ściółkę a ilością związanego azotu [den Hollander i in. 2007a].

W praktyce sadowniczej stosuje się również trawy, reprezentowane przez rodzinę wiechlinowatych. Od szeregu lat zadarnienie międzyrzędzi polega na wysiewie dobranych gatunków traw, a następnie wieloletniej pielęgnacji murawy. W skład mieszanki nasion najczęściej wchodzi dwa lub trzy gatunki. Należą do nich: kostrzewa czerwona – *Festuca rubra* L., życica trwała – *Lolium perenne* L. oraz wiechlina łąkowa – *Poa pratensis* L. [Bone i in. 2009, Kühn i Lindhard Pedersen 2009]. Każdy z nich można zastosować pojedynczo, w charakterze żywej ściółki tylko w rzędach drzew owocowych. Kostrzewa czerwona odznacza się średniej wysokości odrostem runi [Frey 2007, Rutkowski 2007]. Jest to jedna z najczęściej wysiewanych traw w uprawach sadowniczych [Merwin i in. 1992, 1994, 1996, 1999, Merwin i Stiles 1994, Walsh i in. 1996a,b, Hartley i in. 2000, Oliveira i Merwin 2001, Yao i in. 2005, 2006, Laurent i in. 2008]. Mniejsze znaczenie mają: kostrzewa owcza – *F. ovina* L. [Lipecki i Wieniarska 1990, Sosna i in. 2009] oraz *F. longifolia* Thuill. [Sanchez i in. 2003]. W przeciwieństwie do nich kostrzewa trzcinowa – *F. arundinacea* Schreb. należy do traw tworzących wysokie kępy [Frey 2007, Rutkowski 2007], wskutek czego można nią zadarniać tylko rzędy silnie rosnących drzew [Shribbs i Skroch 1986a,b, Glenn i Welker 1989, Tworkoski i Glenn 2001] albo stosować w uliczkach roboczych [Belding i in. 2004, Sánchez i in. 2007, Glenn i Newell 2008].

W porównaniu z trawami z rodzaju kostrzewa mniejsze znaczenie jako żywe ściółki w rzędach drzew mają: życica trwała – *Lolium perenne* L. [Lipecki i Wieniarska 1990, Merwin i in. 1992, 1994, Merwin i Stiles 1994, Tworkoski i Glenn 2001], wiechlina łąkowa – *Poa pratensis* L. [Shribbs i Skroch 1986a,b] oraz – zaliczana w naszych warunkach klimatycznych do traw o krótkotrwałym okresie życia – życica wielokwiatowa – *L. multiflorum* Lam. [Sanchez i in. 2003, Frey 2007] czy – uważana za chwast upraw sadowniczych [Lipecki 1985, 1993] – wiechlina roczna – *P. annua* L. [Schumacher i in. 1988, Mika i Krzewińska 1993, 1995, 1996, Mika i in. 1998]. Wśród innych gatunków z rodziny wiechlinowatych na uwagę zasługuje, charakteryzująca się średnią wysokością zdźbła, mietlica pospolita – *Agrostis vulgaris* With. [Rutkowski 2007, Hoagland i in. 2008, Sosna i in. 2009, Wiman i in. 2009, TerAvest i in. 2010]. Oceniano również kępową, tworzącą wysoki odrost kupkówkę pospolitą – *Dactylis glomerata* L. [Rutkowski 2007]. Podobnie jak w przypadku innych, silnie rosnących traw, najczęściej wykorzystywano ją w rzędach drzew uszlachetnionych na silnie rosnących podkładkach [Shribbs i Skroch 1986a,b, Tworkoski i Glenn 2001]. Kupkówka pospolita stanowiła mniejszą konkurencję dla drzew w porównaniu z kostrzewą trzcinową [Tworkoski i in. 1997]. Ponadto

w rzędach drzew owocowych wprowadzono również jako żywe ściółki cztery podstawowe zboża klimatu umiarkowanego: pszenicę zwyczajną – *Triticum aestivum* L. [Shribbs i Skroch 1986a,b], żyto zwyczajne – *Secale cereale* L. [Sanchez i in. 2003, Granatstein i Mullinix 2008], jęczmień zwyczajny – *Hordeum vulgare* L. i owies zwyczajny – *Avena sativa* L. [Lipecki i Wieniarska 2000, 2001].

2.2.2. Charakterystyka roślin z innych rodzin botanicznych

Rośliny wykorzystywane w sadownictwie w charakterze żywych ściółek, pochodzące z innych niż *Fabaceae* i *Poaceae* rodzin botanicznych, stanowią bardzo zróżnicowaną grupę. Najczęściej wysiewa się je w odpowiednio dobranych mieszankach, często z udziałem roślin bobowatych lub traw [Wyss 1995, Hoagland i in. 2008, Linares i in. 2008, Wiman i in. 2009]. Sporadycznie stosowane są w monokulturze [Schumacher i in. 1988, Hornig i Bünemann 1995, 1996a,b]. W obrębie tej grupy można wyróżnić między innymi podstawowe rośliny rolnicze [Jasińska i Kotecki 2003]: marchew zwyczajną – *Daucus carota* L. z rodziny selerowatych – *Apiaceae* [Walsh i in. 1996a,b], gorczycę białą – *Sinapis alba* L. [Lipecki i Wieniarska 1990, 2000, 2001, Olszewski i Niemczyk 1994], kapustę sitowatą – *Brassica juncea* (L.) Czern. [Granatstein i Mullinix 2008] i rzepak – *Brassica napus* L. [Brown i Glenn 1999] z rodziny kapustowatych – *Brassicaceae*. Można też zastosować pastewną facelię błękitną (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) z rodziny faceliowatych – *Hydrophyllaceae* [Olszewski i Niemczyk 1994, Sosna i in. 2009] i należącą do zbóż grykę zwyczajną – *Fagopyrum esculentum* Moench z rodziny rdestowatych – *Polygonaceae* [Olszewski i Niemczyk 1994, Brown i Glenn 1999].

Inną grupę stanowią niskie wieloletnie byliny ozdobne o pokroju rozesłanym i pokładających się pędach [Chmiel 2000], zaliczane do rodziny jasnotowatych – *Lamiaceae*: bluszczyk kurdybanek – *Glechoma hederacea* L. [Hornig i Bünemann 1995, 1996a,b], dąbrowka rozłogowa – *Ajuga reptans* L. [Wiman i in. 2009] i macierzanka piaskowa – *Thymus serpyllum* L. [Hoagland i in. 2008, Wiman i in. 2009]. Niskie kobierce o wysokości 5–10 cm tworzą: płomyk szydlasty – *Phlox subulata* L. z rodziny wielosiłowatych – *Polemoniaceae* i przetacznik – *Veronica repens* Clarion ex DC z rodziny trędownikowatych – *Scrophulariaceae* [Wiman i in. 2009]. Na miejsca półcieniste lub cieniste polecana jest przytulia wonna – *Galium odoratum* (L.) Scop. z rodziny marzanowatych – *Rubiaceae* [Hoagland i in. 2008, Wiman i in. 2009].

Rozesłany pokrój charakteryzuje również niektóre ozdobne rośliny jednoroczne [Chmiel 2000], takie jak smagliczka nadmorska – *Lobularia maritima* (L.) Desv. z rodziny kapustowatych – *Brassicaceae* [Hoagland i in. 2008, Wiman i in. 2009]. Podobne zastosowanie w rzędach drzew owocowych może mieć również gwiazdnica pospolita – *Stellaria media* (L.) Vill. z rodziny goździkowatych – *Caryophyllaceae* [Schumacher i in. 1988], mimo że jest to gatunek klasyfikowany jako jednoroczny chwast upraw sadowniczych [Lipecki 1985, 1993]. Szczególne znaczenie w uprawach sadowniczych mogą mieć również jednoroczne ozdobne gatunki z rodzaju aksamitka – *Tagetes*, z rodziny astrowatych – *Asteraceae*. Obecność tych roślin kontroluje populację nicieni w glebie. W doświadczeniach niemieckich jabłonie wysadzano w rzędach drzew, w których wcześniej uprawiano, a następnie rozdrobniono i wymieszano z glebą, zieloną masę wymienionych roślin [Faby 2001]. Kilkumiesięczna obecność aksamitki rozpięchłej – *T. patula* L., a w mniejszym stopniu też aksamitki wzniesionej – *T. erecta* L., wpływała na 70–85% ograniczenie nicieni, głównie *Pratylenchus penetratus* oraz *Pratylenchus neglectus* [von Lung i in. 1997, Faby 2001]. Obecność tych roślin nie wywoływała jednak istotnych zmian w populacji bakterii glebowych [Topp i in. 1998].

Jeszcze inny skład gatunkowy charakteryzuje żywe ściółki zakładane z wielogatunkowych mieszanek nasion roślin flory polskiej lub europejskiej. Można do nich zaliczyć rośliny pochodzące z rodziny astrowatych – *Asteraceae*: krwawnik pospolity – *Achillea millefolium* L. oraz cykorię podróżnik – *Cichorium intybus* L. czy wybrane gatunki z rodziny ogórecznikowatych – *Boraginaceae*, jak ogórecznik lekarski – *Borago officinalis* L. lub żywokost lekarski – *Symphytum officinale* L. i inne [Wyss 1995, Rutkowski 2007, Bone i in. 2009]. Skład wysiewanej mieszanki w niektórych wypadkach wzbogacano o rośliny powszechnie zachwaszczające uprawy rolnicze, na przykład rumianek pospolity – *Matricaria chamomilla* L. z rodziny astrowatych – *Asteraceae* [Wyss 1995], albo wykorzystywano tylko samoistnie pojawiające się gatunki chwastów [Staněk i Novotná 1995a, Rieux i in. 1999, Miñarro i Depena 2003, Stefanelli i in. 2009]. Stosowanie wielogatunkowych ściółek w międzyrzędziach lub tylko w rzędach było najczęściej uwarunkowane prowadzoną w sadzie biologiczną ochroną drzew [Olszewski i Niemczyk 1994, Wyss 1995, Brown i in. 1997, Brown i Glenn 1999, Bone i in. 2009].

Wykaz 120 gatunków roślin wykorzystywanych przez różnych autorów jako żywe ściółki w uprawach sadowniczych znajduje się w załączonym aneksie. Zestawienie opracowano na podstawie danych z literatury. Pominięto kilka taksonów występujących sporadycznie oraz o znaczeniu lokalnym. Pisownię nazw łacińskich, polskich i angielskich podano według „Wielojęzycznego słownika florystycznego” [Anioł-Kwiatkowska 2003] oraz „Indeksu Zandera” [Erhardt i in. 2008]. W zestawieniu umieszczono też lokalne angielskojęzyczne nazwy własne roślin, stosowane jedynie przez autorów publikacji.

2.3. Rola roślin okrywowych w sadzie i ich wpływ na drzewa owocowe

2.3.1. Biomasa ściółek z roślin okrywowych i sukcesja chwastów

Zachwaszczenie w uprawach sadowniczych jest niejednorodne przestrzennie w obrębie każdej kwatery i charakteryzuje się dużą zmiennością gatunkową w kolejnych latach po posadzeniu drzew [Lipecki i Janisz 1999, 2000, Verdú i Mas 2007]. W znacznym stopniu przyczynia się do zmniejszenia plonu i pogorszenia jego jakości [MacRae i in. 2007]. Wielkość populacji chwastów pozostaje pod wpływem zastosowanej agrotechniki: rotacji roślin, odległości między rzędami, uprawy gleby, nawożenia, stosowanych herbicydów [Kropff i Walter 2000, Buhler 2002], a także terminu odchwaszczania [Merwin i Ray 1997]. Przypadkową populację chwastów można zastąpić regularną i kontrolowaną uprawą roślin ściółkujących. Supresja chwastów jest wówczas uzależniona od stopnia pokrycia gleby przez żywą ściółkę i wielkości biomasy roślin okrywowych lub ich resztek [Teasdale 1993, Teasdale i Daughtry 1993, Hartley i in. 2000, Belding i in. 2004, Isaac i in. 2007, Linares i in. 2008]. Pokrycie gleby przez rośliny okrywowe zależy od morfologii i fizjologii konkretnego gatunku, pozostaje również pod wpływem wielkości nasion oraz dawki i terminu ich wysiewu [den Hollander i in. 2007a]. Ilość biomasy jest większa u gatunków charakteryzujących się długim okresem wzrostu i późnym kwitnieniem [Brandsæter i Netland 1999, Ross i in. 2001]. Słabe zagęszczenie roślin okrywających glebę, zwłaszcza w roku wysiewu wieloletnich ściółek, takich jak kostrzewa czerwona w mieszance z koniczyną białą, przyczynia się do szybkiego pojawiania się chwastów [Hartley i in. 2000].

Linares i in. [2008] ocenili skuteczność redukcji zachwaszczenia przy zastosowaniu różnych roślin okrywowych, wyznaczając indeks wyrażający stosunek suchej masy żywej ściółki do suchej masy chwastów. Istotnie wyższy, wskazujący na ograniczenie liczby chwastów,

notowano w przypadku wysiewu dwu- lub trzygatunkowych mieszanek traw z roślinami z rodziny bobowatych (39,4–99,9) w porównaniu ze ściółkowaniem tylko jednym gatunkiem (10,6–35,3). W badaniach Calkinsa i Swansona [1995] zagęszczenie chwastów kształtowało się na poziomie od 0,7 szt. \cdot m⁻² w mieszance traw do 8,6 szt. \cdot m⁻² w komonicy zwyczajnej, a przy uprawie mechanicznej gleby osiągało 55,7 szt. \cdot m⁻². Rośliny okrywowe w większym stopniu eliminowały chwasty roczne. Doświadczenie Isaaca i in. [2007] również wykazało dużą podatność roślin z rodziny bobowatych na zachwaszczenie. Sucha masa chwastów wynosiła w tym przypadku od 59,0 do 83,8 g \cdot m⁻², a przy kilkakrotnym odchwaszczaniu ręcznym – 90,5 g \cdot m⁻². Inni autorzy potwierdzili, że zależność między pokryciem gleby a biomasa występujących chwastów jest uwarunkowana odpowiednim wyborem rośliny okrywowej [Bradshaw i Lanini 1995, Hartley i in. 2000].

Supresja chwastów może być również wynikiem chemicznego oddziaływania żywych ściółek. Rozkład ich resztek w glebie przebiega szybciej niż ściółki organicznej wyłożonej na powierzchni. Niektóre uwalniane związki mogą wykazywać silne działanie allelopatyczne na kiełkujące rośliny, korzenie chwastów i gatunków uprawnych [White i in. 1989], a w niektórych przypadkach – także na drzewa owocowe [Lisek 2004]. Silnym oddziaływaniem allelopatycznym odznacza się wyka kosmata, a w mniejszym stopniu – koniczyna krwistoczerwona [White i in. 1989] i podziemna [Enache i Ilnicki 1990, Hartwig i Ammon 2002]. Podobne właściwości mogą wykazywać koniczyna biała, pięciornik rozłogowy, owies siewny [Lisek 2004], a także żyto ozime [Calkins i Swanson 1995].

Zmniejszenie populacji chwastów jest też efektem ograniczenia ich kiełkowania w wyniku pogorszenia warunków świetlnych i wilgotnościowych związanego z obecnością resztek roślinnych na powierzchni gleby [Teasdale 1993] – podobnie jak w przypadku stosowania ściółek organicznych [Mathews i in. 2002, Rifai i in. 2002, Brown i Tworowski 2004]. Materiał, który tworzą resztki roślin, jest bardzo niejednorodny pod względem porowatości i równomierności okrycia gleby [Teasdale i Mohler 2000]. Skuteczność redukcji zachwaszczenia zapewnia odpowiednia warstwa ściółki [Abouziene i in. 2008]. W badaniach Beldinga i in. [2004] w drugim roku po posadzeniu drzew, przy trwałym zadarnieniu międzrzędzi, ściółka uzyskana w wyniku desykcji życicy trwałej w rzędach brzoskwini istotnie ograniczyła populację chwastów dwuliściennych (6–6,8 szt. na 0,33 m²) w porównaniu z uprawą mechaniczną (29,3 szt. na 0,33 m²). Mennan i in. [2006] uzyskali istotnie większą biomasa roślin zachwaszczających ściółkę utworzoną z zasychających fragmentów wyki kosmatej oraz koniczyny łąkowej w porównaniu z resztkami życicy wielokwiatowej. We wszystkich badanych ściółkach zachwaszczenie było mniejsze od zanotowanego w ugorze herbicydowym w okresie bezpośrednio poprzedzającym aplikację środków chwastobójczych.

2.3.2. Oddziaływanie żywych ściółek na stosunki wodne w glebie

Dynamika zmian zasobów wody w glebie jest związana z wielkością i rozkładem opadów, poziomem wód gruntowych, zdolnością retencyjną gleb, a także ewapotranspiracją [Merwin i in. 1992, Pacholak i in. 2004, Przybyła i Kozaczyk 2004]. Lakatos i Bubán [2000] w eksperymencie porównującym różne ściółki w sadzie w obecności kostrzewy nibyowczej oraz przy zastosowaniu mechanicznego zwalczania chwastów notowali szybki spadek zawartości wody w glebie. W badaniach Ramos i in. [2010] obecność roślin okrywowych istotnie obniżyła wilgotność gleby w czerwcu i lipcu w porównaniu z kombinacją z mechanicznym zwalczaniem chwastów. Jednak w okresie suszy, jak wykazali Teasdale i Daughtry [1993], przy zastosowa-

niu żywych ściółek zawartość wody w glebie była wyższa. Istotnie większą wilgotność gleby notowano w przypadku zastosowania gatunków jednorocznych [Kühn i Lindhard Pedersen 2009].

Odpowiednie warunki wodne mają kluczowe znaczenie w okresie wschodów i początkowego wzrostu darni żywych ściółek. Odbywa się to w obecności również korzystających z wody drzew [Lipecki i Wieniarska 2000]. Problem konkurencji między rośliną okrywową a drzewem owocowym potęguje się w przypadku dużego zachwaszczenia ściółek, zwłaszcza w początkowym okresie ich wprowadzania do upraw sadowniczych [Bradshaw i Lanini 1995, Mika i Krzewińska 1996]. Lehoczky i in. [2006] wykazali ujemną korelację między zawartością wody w glebie w poziomie 0–20 cm a świeżą masą chwastów ($r = -0,899$). Podobną zależność potwierdzają wyniki Weavera i in. [1992]. Skuteczne ograniczenie zachwaszczenia przez żywą ściółkę powinno być uzyskane przy jak najmniejszym poziomie jej konkurencji w stosunku do drzewa owocowego [Bradshaw i Lanini 1995]. Można to osiągnąć, stosując okresowe zadarnianie ściółkami zimowymi. Ich krótkotrwała obecność, tylko od jesieni do kwietnia następnego roku, w dużej części przypada na okres spoczynku zimowego drzew. W porównaniu ze ściółkami letnimi produkują one mniejszą ilość biomasy [Linares i in. 2008]. Inny charakter ma wykorzystanie roślin wieloletnich [Shribbs i Skroch 1986a,b]. Konkurencja nasila się wtedy, kiedy zużycie wody i składników pokarmowych przez żywą ściółkę zbiega się z okresem największego zapotrzebowania na nie drzew owocowych [Lisek 2004].

Złagodzeniu konkurencji o wodę między drzewami owocowymi a żywą ściółką sprzyja ich uprawa w rejonach charakteryzujących się roczną sumą opadów powyżej 1100 mm [Hartwig i Ammon 2002]. W innych miejscach konieczne jest wprowadzenie dodatkowych zabiegów agrotechnicznych, początkowo stymulujących uzyskanie dobrego zadarnienia [Hartley i in. 2000], a w późniejszym okresie pozwalających kontrolować wielkość jego biomasy [Paine i Harrison 1993, Hartwig i Ammon 2002]. Najskuteczniejszym sposobem, choć nieuzasadnionym ekonomicznie w dużych uprawach sadowniczych, jest ręczne usuwanie chwastów z roślin okrywowych [Bradshaw i Lanini 1995]. Selektywne herbicydy również pozwalają ograniczyć zachwaszczenie [Hartwig i Ammon 2002], a zastosowane w odpowiednich dawkach – także wielkość biomasy roślin okrywowych [Merwin i Stiles 1994, Hartwig i Ammon 2002]. Hartley i in. [2000] uzyskali zadowalające 75% pokrycia gleby mieszanką kostrzewy owczej i koniczyny białej po zastosowaniu chemicznego odchwaszczania i dosiewania nasion w roku wprowadzenia roślin okrywowych do sadu. W kombinacji bez herbicydów rozprzestrzenienie żywych ściółek było o 25% mniejsze. Wielkość biomasy żywej ściółki można też regulować poprzez systematyczne jej koszenie. Tylko dwukrotne ścinanie kilku gatunków koniczyn w badaniach Rossa i in. [2001] przyczyniło się do ograniczenia w nich zachwaszczenia, ale ponowny odrost roślin ściółkujących doprowadził jednak do wytworzenia większej biomasy w porównaniu z kombinacją kontrolną.

2.3.3. Oddziaływanie żywych ściółek na właściwości fizyczne, fizykochemiczne i chemiczne gleby

Roślina okrywowa zapewnia naturalną ochronę gleby, kształtuje jej właściwości fizyczne, chemiczne i decyduje o aktywności biologicznej [Delate i in. 2008, Mulumba i Lal 2008]. Obecność żywej ściółki lub jej resztek pozwala uniknąć zaskorupiania się gleby, ponieważ eliminuje uderzenia kropel deszczu o jej powierzchnię. Ponadto nie wywiera ona istotnego wpływu na gęstość gleby [Oliveira i Merwin 2001] lub przyczynia się wręcz do jej zmniej-

szenia [Merwin i in. 1994, Dilley i Nonnecke 2007, Paluszek i Świca 2008], co prowadzi do wzrostu jej porowatości i zwiększenia objętość przestrzeni makro- i mezoporów gromadzących wodę dostępną dla roślin [Przybyła i Kozaczyk 2004, Paluszek i Świca 2008]. Poprawa infiltracji wody w obecności żywych ściółek [Neilsen i in. 2003b] może sięgać 24–31% w porównaniu z ugiem herbicydowym, odpowiada to 65–86 mm wody dostępnej dla roślin [Glenn i Welker 1989]. Zastosowanie traw takich jak kostrzewa czerwona ogranicza spływ wody z powierzchni gleby i ma znacznie w jej ochronie przed erozją [Merwin i in. 1996].

Większa odporność gleby na niekorzystne zjawiska atmosferyczne wynika również ze strukturotwórczego oddziaływania na nią gatunków okrywowych. Ich obecność wzbogaca glebę w materię organiczną, pochodzącą z zamierających części roślin. Jakość materii organicznej, jej rozkład i uwalnianie składników pokarmowych w glebie decydują o dynamice zmian populacji mikroorganizmów [Yao i in. 2005], a także makrofauny glebowej [Merlim i in. 2005]. Humifikacja dużej biomasy korzeni decyduje o gromadzeniu znacznych ilości związków węgla w glebie [Haynes i Beare 1997, Bugg i Van Horn 1998, Six i in. 1998, 2000]. Stwarza to dobre warunki do rozwoju mikroflory, głównie bakterii i grzybów [Hartley i in. 1996, Haynes i Beare 1997, Doran i in. 1998, Yao i in. 2005, Laurent i in. 2008]. W powstawaniu i stabilizacji agregatów glebowych biorą udział zarówno polisacharydowe wydzieliny mikroorganizmów, jak i strzępki grzybni [Haynes i Beare 1997]. W doświadczeniu Haynesa i Beare [1997] istotnie większa masa korzeni łubinu wąskolistnego ($8 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) w porównaniu z pszenicą zwyczajną ($6,8 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) przyczyniła się do powstania czterokrotnie większej długości strzępek grzybni, co istotnie wpłynęło na poprawę agregacji gleby. W innych badaniach wykazano strukturotwórcze oddziaływanie roślin, stosując mieszanki z udziałem gatunków bobowatych lub wieloletnie zadarnienie z traw [Walsh i in. 1996b, Six i in. 1998, Ramos i in. 2010]. Glover i in. [2000] uznali, że dobra agregacja gleby połączona ze wzrostem liczby mikroorganizmów oraz makrofauny glebowej świadczy o wysokiej jakości gleby w uprawie integrowanej. Zwiększenie intensywności metabolizmu mikroorganizmów w wyniku nagromadzenia materii organicznej odzwierciedlają również badania aktywności enzymatycznej gleby. Enzymy biorą udział w degradacji celulozy i innych składników komórek pochodzących z resztek roślinnych, uczestniczą w przemianach azotu i innych pierwiastków – w procesach, które kształtują zasobność gleby [Hartley i in. 1996, Bielińska i Lipecki 1998, Bielińska 2001, Russel 2005].

Wartość nawozowa żywych ściółek lub jej ściętych fragmentów zależy w dużej mierze od gatunku zastosowanych roślin oraz od ilości pobranych z gleby i skumulowanych w ich biomacie makro- i mikroelementów [Neilsen i Hogue 1985, Hornig i Bünemann 1996b, Adamczewska-Sowińska i Kołota 2009], a u gatunków z rodziny bobowatych także od ilości związanego azotu atmosferycznego [den Hollander i in. 2007a]. Sorpcja biologiczna pozwala organicznie wymyć z gleby składników pokarmowych, w tym azotu azotanowego [Haynes i Goh 1980, Merwin i in. 1996, Bielińska i Lipecki 1998, Fokin 1999, Sanchez i in. 2003]. Jednocześnie jednak pobieranie składników przez roślinę okrywową skutkuje poważnym ograniczeniem ich dostępności dla drzewa owocowego [Walsh i in. 1996a,b, Sanchez i in. 2003]. Już dwu- lub trzyletnia obecność żywych ściółek w sadzie może prowadzić do zmniejszenia zawartości azotu azotanowego w glebie [Walsh i in. 1996a]. W badaniach Kühna i Lindhard Pedersen [2009] po kilkuletniej uprawie wieloletnich traw nawet z koniczyną białą zanotowano istotny spadek zasobności w ten pierwiastek w porównaniu ze ściółką z jednorocznej życicy wielokwiatowej z udziałem koniczyny perskiej. W niektórych latach stwierdzono również istotny wpływ żywych ściółek na zawartości fosforu i potasu w glebie [Walsh i in. 1996a, Ramos i in. 2010].

Ponowny dostęp drzew owocowych do składników pokarmowych w glebie jest wynikiem mineralizacji zamierających fragmentów roślin okrywowych. Rozkład resztek organicznych jest dłuższy przy dużej zawartości: celulozy, hemicelulozy i ligniny w przypadku roślin z rodziny *Poaceae*, a krótszy u gatunków należących do *Fabaceae*, a także *Brassicaceae* [Quemada i Cabrera 1995, Bugg i Van Horn 1998]. Wąski stosunek C:N, charakteryzujący resztki organiczne roślin z rodziny bobowatych, decyduje o ich szybszej mineralizacji i większej dostępności azotu mineralnego w glebie [Quemada i Cabrera 1995, Cline i Silvernail 2001]. Mineralizacja materii organicznej przebiega szybciej w glebach dobrze napowietrzonych w wyniku zastosowania częstej uprawy mechanicznej i w wyższej temperaturze [Walsh i in. 1996a]. W przeprowadzonych badaniach temperatura gleby okrytej roślinnością była niższa w porównaniu z zanotowaną w innych kombinacjach [Merwin i in. 1992, 1994, Teasdale i Daughtry 1993]. Rezygnacja z uprawy mechanicznej gleby obniża jej temperaturę, na głębokości 5 cm, najczęściej w granicach 1–2°C. Spadek przeciętnej maksymalnej temperatury gleby może dochodzić nawet do 5°C [Doran i in. 1998]. Takie warunki termiczne wpływają na powolniejsze uwalnianie składników pokarmowych z resztek organicznych [Magdoff i Weil 2004].

Wzrost zawartości materii organicznej w wyniku zastosowania roślin okrywowych lub naturalnego zadarnienia odzwierciedla istotnie wyższą zawartość węgla organicznego w glebie [Doran i in. 1998, Ramos i in. 2010]. W badaniach Sancheza i in. [2003], już po kilku latach utrzymywania zadarnienia w sadzie, najwyższy zanotowany wzrost zawartości tego składnika wynosił 38% w stosunku do kombinacji z ugiem herbicydowym. W niektórych badaniach obserwowano wzrost zawartości azotu całkowitego w glebie nawet do 40%. Obecność żywych ściółek decydowała też o szerszym stosunku C:N w glebie, który wynosił od 12 do 14 w badaniach Sancheza i in. [2003]. W eksperymencie Ramos i in. [2010] jego wartość wahała się w granicach 8,0–8,4, a przy zastosowaniu uprawy mechanicznej wynosiła tylko 6,5. Obecność żywych ściółek wpływa również na zmiany odczynu gleby. Ograniczenie strat kationów Ca^{2+} i Mg^{2+} w wyniku sorpcji biologicznej roślin okrywowych i ich ponowny powrót do gleby w wyniku rozkładu resztek organicznych przyczyniają się do obniżenia kwasowości wymiennej i wzrostu pH gleby [Haynes i Goh 1980, Lipecki i in. 1985, Glenn i in. 1987, Bielińska i Lipecki 1998].

Przemiany i ilość materii organicznej w glebie decydują o jej właściwościach [Masciandaro i in. 1997, Magdoff i Weil 2004]. Długoletnie stosowanie ugiu herbicydowego lub ściółek nieorganicznych ogranicza jej dopływ, prowadzi do wymywania składników i stopniowych zmian żyzności, a w konsekwencji do degradacji chemicznej i biologicznej gleby [Komosa 1990, Bielińska i Lipecki 1998, Licznar i in. 2000, 2001, 2004, 2009, Yin i in. 2007]. Podobne negatywne skutki przynosi stosowanie przez długie lata mechanicznej uprawy gleby [Franzluebbbers 2004].

2.3.4. Wpływ żywych ściółek na stan odżywienia drzew

Obecność dodatkowej roślinności w sadzie stwarza niekorzystne warunki do zaopatrzenia drzew owocowych w azot [Niggli i in. 1989]. Shribbs i Skroch [1986a,b] wykazali ujemną korelację między ilością suchej masy żywych ściółek w rzędach drzew a zawartością azotu w liściach silnie rosnących jabłoni 'Golden Delicious' ($-0,59 < r < -0,30$). W trzecim i czwartym roku eksperymentu, przy stosowaniu większości ściółek z traw, zawartość tego pierwiastka w liściach jabłoni kształtowała się na poziomie niskim (1,83–2,05% s.m.). Istotnie wyższą

zanotowano u drzew uprawianych w ugorze herbicydowym, a także w ściółce z roślin z rodziny bobowatych (odpowiednio 2,43 i 2,45% s.m.). Granatstein i Mullinix [2008] uzyskali zbliżone wyniki, porównując o kilka lat starsze jabłonie na półkarłowej podkładce M.26 uprawiane w życie zwyczajnym (1,8–2,1% s.m.) i w koniczynie białej (2,2–2,5% s.m.). Optymalne lub wysokie zaopatrzenie drzew w ten składnik było odzwierciedleniem wyższej zawartości azotu mineralnego w glebie, będącego skutkiem kilkuletniej obecności roślin bobowatych lub ich resztek w rzędach drzew jabłoni. Powyższe obserwacje są zgodne z badaniami Horniga i Bünemanna [1996a,b], którzy stwierdzili od czwartego roku po założeniu sadu deficytową zawartość azotu (<1,80% s.m.) w liściach jabłoni 'Elstar' na podkładce M.9, uprawianych w ściółce z mieszanki traw.

Zaopatrzenie drzew w azot było uzależnione od stopnia przyswajania tego składnika przez żywą ściółkę. W przypadku mieszanki kilku gatunków z rodziny wiechlinowatych wynosiło 18,8 g N·m⁻², a koniczyny białej – tylko 13,7 g N·m⁻² [Hornig i Bünemann 1996b]. Mniejszy wpływ na zawartość azotu wywarło stosowanie ściółki organicznej z roślin bobowatych [Neilsen i in. 2003a] lub uprawa koniczyny białej w mieszance z życią trwałą tylko w uliczkach roboczych sadu [Kühn i Lindhard Pedersen 2009]. Opisane wyniki potwierdził też eksperyment z odmianą 'Bisbee Delicious' na podkładce M.26, uprawianą w wielogatunkowej żywej ściółce zawierającej trawy i koniczynę łąkową. Zawartość azotu w liściach tej odmiany kształtowała się na poziomie wysokim (2,50–2,59% s.m.), ale już od czwartego roku po posadzeniu drzew była istotnie niższa w porównaniu z zanotowaną w kombinacji z ugorzem herbicydowym (2,89–3,13% s.m.) [Neilsen i Hogue 1985]. Zastosowanie roślin z rodziny bobowatych nie zawsze przyczyniało się do łagodzenia ujemnych skutków konkurencji o azot pomiędzy drzewem owocowym a ściółką. Zawartość tego składnika w liściach w kolejnych latach badań kształtowała się na poziomie niskim albo deficytowym, zarówno u młodych jabłoni na podkładce silnie rosnącej [Merwin i Stiles 1994], jak i w okresie pełni owocowania drzew półkarłowych [Sánchez i in. 2007]. Zniwelowanie negatywnego oddziaływania żywych ściółek z różnych rodzin botanicznych na odżywienie jabłoni można uzyskać, stosując bardzo wysokie nawożenie azotem, na przykład w dawce 180 kg N·ha⁻¹ [Neilsen i Hogue 2000]. W badaniach Merwina i Stilesa [1994] zastosowanie 166 kg·N ha⁻¹ nie przyniosło jednak oczekiwanych rezultatów w przypadku żywej ściółki z traw.

Wysoka zawartość azotu w liściach jabłoni w badaniach Shribbsa i Skrocha [1986b] była niejednokrotnie ujemnie skorelowana z zawartością fosforu i potasu. Mimo to zawartości tych dwóch składników we wszystkich kombinacjach z żywymi ściółkami nie zmniejszyły się do poziomu niskiego, a w obecności traw kształtowały się nawet na poziomie wysokim. Zastosowanie wiechliny rocznej, kupkówki pospolitej oraz kostrzewy trzcinowej w trzecim i czwartym roku po posadzeniu istotnie wpłynęło na wzrost zawartości fosforu (0,36–0,44% s.m) w porównaniu z kombinacją z roślinami bobowatymi (0,23–0,26% s.m.). W badaniach Horniga i Bünemanna [1996a, b] początkowo wysoki poziom potasu w liściach, wraz z wchodzeniem drzew jabłoni 'Elstar' na podkładce M.9 w okres owocowania, stopniowo się zmniejszał. Tylko w przypadku koniczyny białej w czwartym i piątym roku po posadzeniu obniżył się jednak istotnie, ale tylko do poziomu optymalnego (1,25 i 1,29% s.m.), mimo że wspomniana ściółka charakteryzowała się mniejszym (13,2 g·m⁻²) przyswajaniem potasu w porównaniu z mieszanką traw (17,5 g·m⁻²). W innych badaniach zawartość makroelementów również nie obniżyła się do poziomu niskiego w wyniku zastosowania ściółek z udziałem gatunków należących do rodziny bobowatych, zarówno w przypadku zadarniania pasów pod koronami jabłoni [Merwin i Stiles 1994], jak i między rzędami drzew [Neilsen i Hogue 2000, Sánchez

i in. 2007]. W obecności roślin z rodziny wiechlinowatych, w niektórych eksperymentach, obserwowano często istotny wzrost zawartości potasu w liściach jabłoni [Nielsen i Hogue 1985, Kühn i Lindhard Pedersen 2009]. Mogło to być wynikiem szybkiego uwalniania tego składnika z charakteryzujących się również większą jego koncentracją resztek biomasy traw [Kühn i Lindhard Pedersen 2009].

Hornig i Bünemann [1996a] stwierdzili podobną koncentrację wapnia i magnezu w liściach jabłoni bez względu na sposób pielęgnacji gleby w młodym sadzie. W obecności różnych ściółek w rzędach drzew w badaniach Shribbsa i Skrocha [1986b] zawartość wapnia w liściach utrzymywała się na poziomie deficytowym (<1,0% s.m.). Podobne wyniki zanotowali Merwin i Stiles [1994]. Zawartość wapnia w granicach od 0,93 do 1,28% s.m. uzyskali Nielsen i Hogue [1985] przy zadarnieniu prawie całego sadu mieszanką traw z udziałem koniczyny łąkowej. Kühn i Lindhard Pedersen [2009] stwierdzili istotnie wyższą jego koncentrację, stosując między rzędami koniczynę białą z życicą trwałą (1,44% s.m.) w porównaniu z mieszanką traw (1,21% s.m.). Większą zawartość wapnia przy zadarnianiu roślinami bobowatymi zanotowali też Sánchez i in. [2007], jednocześnie odnotowując optymalną, a sporadycznie wysoką zawartość magnezu w liściach jabłoni w okresie pełni owocowania drzew. W badaniach Neilsena i Hogue [2000], w przeważającej liczbie lat, zawartość magnezu pozostawała na poziomie optymalnym (0,22–0,32% s.m.) i nie wykazywała istotnego zróżnicowania między ocenianymi ściółkami. Natomiast we wcześniejszych badaniach tych samych autorów [Nielsen i Hogue 1985] w czwartym i piątym roku po posadzeniu drzew zawartość tego składnika (odpowiednio 0,40 i 0,30% s.m.) była istotnie niższa w porównaniu z kombinacją z ugorem herbicydowym (odpowiednio 0,45 i 0,37% s.m.).

Zawartość mikroelementów, takich jak: żelazo, mangan, miedź, cynku i bor, w liściach kształtowała się na zróżnicowanym poziomie [Merwin i Stiles 1994, Sánchez i in. 2007]. W przeważającej liczbie ocenianych żywych ściółek Shribbs i Skroch [1986b] wykazali dodatnią korelację między zawartością miedzi i cynku a koncentracją azotu w liściach.

2.3.5. Wpływ żywych ściółek na wzrost i plonowanie drzew

Ograniczenie wzrostu drzew, szczególnie młodych, może być wynikiem znacznego zachwaszczenia w sadzie [Rupp i Anderson 1985, Merwin 1994, Staněk i Novotná 1995b, Merwin i Ray 1997, Derr 2001]. Podobny wpływ wywiera obecność żywych ściółek, które stwarzają konkurencję o wodę, składniki pokarmowe i przestrzeń dla systemu korzeniowego [Hoagland i in. 2008]. W doświadczeniach wazonowych Tworkoski [2000] wykazał ujemne korelacje między suchą masą pędów lub korzeni drzewa owocowego a suchą masą żywej ściółki z traw ($r=-0,85$ i $-0,58$) oraz jej korzeni ($r=-0,74$ i $-0,59$). Obniżenie wilgotności gleby w rzędach drzew ściółkowanych mieszanką traw skutkowało ograniczeniem wzrostu pędów i pola przekroju poprzecznego pnia silnie rosnących jabłoni na podkładce MM 111 [Merwin i Stiles 1994, Merwin i in. 1994]. Słabszy rozwój systemu korzeniowego jabłoni w żywej ściółce z ciecioriki pstrej [Merwin i in. 1994] został też potwierdzony w kostrzewie czerwonej [Yao i in. 2005]. Zmniejszenie pola przekroju poprzecznego pnia o 15% w obecności darni z traw zanotowano po 11 latach w porównaniu z kombinacją z chemicznym zwalczaniem chwastów [Yao i in. 2005, 2006].

Negatywne oddziaływanie żywych ściółek w sadzie ujawnia się najczęściej w pierwszych latach po posadzeniu drzew. Shribbs i Skroch [1986a] już w roku założenia sadu z silnie rosnącymi jabłoniąmi 'Golden Delicious' obserwowali przy większości zastosowanych ściółek

z traw i roślin bobowatych istotne ograniczenie sumy długości pędów (1,55–3,06 m) w porównaniu z ugiem herbicydowym (5,33 m). Pomiar średnicy pnia potwierdził istotnie silniejszy wzrost jabłoni przy zastosowaniu chemicznego zwalczania chwastów. Podobne wyniki dla drzew na podkładce MM 106 zanotowali Hartley i in. [2000]. Badania odmiany 'Idared' na półkarłowej podkładce M.26, przeprowadzone przez Mikę i Krzewińską [1993] oraz Mikę i in. [1998], również wykazały redukcje sumy przyrostów rocznych jabłoni w roku wysadzenia drzew w ściółce z koniczyny białej (2,4 m) i wiechliny rocznej (2,3 m). W dwóch kombinacjach z ugiem herbicydowym uzyskano 3,2 i 3,6 m. W innym eksperymencie w obecności koniczyny białej pole przekroju poprzecznego pnia półkarłowych jabłoni było istotnie mniejsze od zanotowanego w kombinacji ze ściółkowaniem ściętymi roślinami lucerny siewnej [Granatstein i Mullinix 2008]. Również w sadzie karłowym z odmianą 'Elstar' na podkładce M.9 od trzeciego roku po posadzeniu w rzędach z koniczyną białą obserwowano istotne zmniejszenie średnicy pnia w porównaniu z uprawą w ugorze herbicydowym. Niewielkie ograniczenie wzrostu uzyskano w obecności traw i bluszczyka kurdybanka [Hornig i Bünemann 1995].

W innych eksperymentach także wykazano negatywny wpływ na drzewa niektórych żywych ściółek, a szczególnie koniczyny białej. Takie skutki wywołała uprawa tej rośliny w rzędach drzew [Mantinger i in. 1996], w międzyrzędziach [Nielsen i Hogue 2000, Kühn i Lindhard Pedersen 2009] oraz przypadkowe zachwaszczenie sadu tym gatunkiem [MacRae i in. 2005]. W badaniach Schumachera i in. [1988] najbardziej antagoniczny stosunek wobec jabłoni wykazała wiechlina roczna. Zastosowana w rzędach jabłoni w roku założenia sadu przyczyniła się do zamierania niektórych drzewek. Negatywny wpływ żywych ściółek na wzrost i zwiększoną śmiertelność drzew potwierdziły też liczne badania drzew brzoskwini, zwłaszcza w obecności kostrzewy trzcinowej [Glenn i Welker 1989, Meagher i Meyer 1990, Meyer i in. 1992, Tworowski i Glenn 2001, Belding i in. 2004, Glenn i Newell 2008]. Natomiast w eksperymencie Lipeckiego i Wieniarskiej [2000] oraz Sosny i in. [2009] w pierwszych dwóch latach, w obecności kilku różnych żywych ściółek, wzrost jednorocznych lub czteroletnich karłowatych drzew jabłoni mierzony polem przekroju poprzecznego pnia nie wykazał istotnych różnic między kombinacjami. Kühn i Lindhard Pedersen [2009] uznali ściółkowanie roślinami jednorocznymi, np. życią wielokwiatową z koniczyną perską w międzyrzędziu, za korzystny zabieg agrotechniczny w sadzie karłowym. Ściółka wpłynęła na zwiększenie dostępnego azotu mineralnego w glebie, co znalazło odzwierciedlenie w odżywieniu drzew i wpłynęło na istotny wzrost sumy długości ich pędów od piątego do siódmego roku po posadzeniu (22,78 m) w porównaniu z innymi ściółkami wieloletnimi (10,69–18,92 m). W jednym z nielicznych doświadczeń podkładowych uwzględniającym też zróżnicowaną pielęgnację gleby, przyrost pola przekroju poprzecznego pnia jabłoni 'Pacific Gala' w systemie "Swiss sandwich" był mniejszy w porównaniu ze ściółką ze ściętej lucerny siewnej. Zanotowane różnice między badanymi sposobami pielęgnacji gleby w rzędach drzew, a także interakcja sposobu pielęgnacji gleby z podkładką były jednak nieistotne. Jedynie drzewa na najsilniejszej z badanych podkładek – Supporter 4 charakteryzowały się istotnie większym przyrostem pnia [Stefanelli i in. 2009].

Zastosowanie roślin okrywowych jako żywych ściółek w rzędach już w pierwszym roku po posadzeniu jabłoni opóźniło wejście silnie rosnących drzew odmiany 'Golden Delicious' w okres owocowania. W czwartym roku po posadzeniu w obecności kupkówki pospolitej i kostrzewy trzcinowej jabłonie nadal nie plonowały [Shribbs i Skroch 1986a]. Podobne wyniki zanotowali Hartley i in. [2000] na podkładce MM 106. Plon w ugorze herbicydowym

w trzecim roku po posadzeniu wyniósł 2,55 kg na drzewo, a w obecności żywych ściółek obserwowano pojedyncze owoce na drzewie. W innych badaniach, na podkładce MM 111, drzewa weszły w owocowanie również w trzecim roku po posadzeniu. Dwa lata później plon w kombinacjach ściółkowanych (8,87–9,52 kg·drz⁻¹) był istotnie mniejszy od uzyskanego w ugorze herbicydowym (21,37–22,38 kg·drz⁻¹) [Merwin i Stiles 1994]. W eksperymencie z kostrzewą czerwoną owocowanie jabłoni ‘Empire’ na podkładkach MM 111 i M.9 w okresie 10 lat było w większości lat istotnie niższe w porównaniu z uprawą w dwóch wariantach ugoru herbicydowego [Yao i in. 2005, 2006]. Na podkładce M.26 [Granatstein i Mullinix 2008], a także na karłowej M.9 [Lipecki i Wieniarska 2000] nie zanotowano istotnego zróżnicowania plonu w kilku badanych żywych ściółkach, w okresie pierwszych trzech lub dwóch lat owocowania. Natomiast kilkuletnia ocena odmiany ‘Idared’ na podkładce M.26 wykazała, że suma plonu w okresie siedmiu lat była istotnie niższa w kombinacji, w której tylko w pierwszym roku po posadzeniu drzew zastosowano ściółkę z koniczyny białej [Mika i Krzewińska 1996, Mika i in. 1998]. Wyniki te potwierdziły też badania drzew karłowych odmiany ‘Elstar’ lub ‘Golden Delicious Smoothee’ na podkładce M.9. Obecność koniczyny białej oraz traw przyczyniła się do obniżenia plonu już od drugiego lub trzeciego roku owocowania drzew [Hornig i Bünemann 1995, Mantinger i in. 1996].

Pogorszenie plonowania różnych gatunków drzew owocowych w wyniku konkurencji żywych ściółek w rzędach drzew potwierdziło zastosowanie roślin okrywowych tylko między rzędami [Schumacher i in. 1988, Neilsen i Hogue 2000], szczególnie kostrzewą trzcinową charakteryzującą się dużym pobieraniem azotu oraz silnym wzrostem [Sánchez i in. 2007, Glenn i Newell 2008]. Natomiast w badaniach Kühn i Lindhard Pedersen [2009] plon w obecności jednorocznych żywych ściółek był istotnie wyższy w porównaniu z wieloletnimi. Złagodzeniu negatywnych skutków obecności roślin okrywowych w sadzie może służyć wprowadzanie żywych ściółek po kilku [Sosna i in. 2009] lub nawet kilkunastu [Sanchez i in. 2003, Serrine i in. 2008] latach po posadzeniu drzew, coroczna supresja biomasy roślin okrywowych przez herbicydy [Belding i in. 2004] albo ściółkowanie tylko ściętymi fragmentami roślin z rodziny bobowatych [Neilsen i in. 2003a, b].

Obecność żywych ściółek ma również wpływ na zależność pomiędzy wzrostem drzew a ich plonowaniem. Neilsen i Hogue [2000] przy zadarnieniu całego sadu mieszanką traw lub koniczyną białą uzyskali w niektórych latach istotnie niższe współczynniki plenności drzew. Podobne wyniki, stosując uprawę żywych ściółek w rzędach drzew, uzyskali Brown i Glenn [1999] oraz Sosna i in. [2009]. Wartość współczynnika plenności była bardzo zróżnicowana w badaniach Lipeckiego i Wieniarskiej [2000] oraz zależała od gatunku rośliny okrywowej.

Żywa ściółka w sadzie, zarówno w rzędach drzew, jak i w uliczkach roboczych, jest czynnikiem kształtującym jakość owoców. W pierwszych latach po posadzeniu w kwaterze jabłoni ściółkowanej koniczyną białą obserwowano istotne zmniejszenie średniej masy owoców (115,6–134,4 g) w porównaniu z ugiem herbicydowym (129,7–148,8) [Hornig i Bünemann 1995]. Sosna i in. [2009] potwierdzili te badania u gruszy, sygnalizując również istotnie mniejszą średnią masę uzyskaną w obecności mieszanki wieloletnich traw. Mniejszy wpływ miała obecność gatunków jednorocznych [Lipecki i Wieniarska 2000], zwłaszcza po wejściu drzew w okres pełni owocowania [Kühn i Lindhard Pedersen 2009] lub w przypadku wprowadzania roślin okrywowych dopiero kilka lat po posadzeniu jabłoni [Sosna i in. 2009]. Najmniejszy udział owoców w klasie I, Schumacher i in. [1988] stwierdzili w uprawie wiechliny rocznej w rzędach drzew. Wzrost udziału owoców o średnicy poniżej 6,5 cm zanotowali też Sosna i in. [2009] na drzewach ziarnkowych, a poniżej 5,0 cm – Tworkoski i Glenn [2001] u brzoskwini.

W przeciwieństwie do negatywnego wpływu żywych ściółek na wielkość owoców uprawa roślin okrywających, szczególnie traw, przyczyniała się do wyraźniej poprawy ich wybarwienia [Hornig i Bünemann 1995, Granatstein i Mullinix 2008, Sosna i in. 2009]. Nawet w okresie wejścia drzew w pełnię owocowania procentowy udział owoców z wybarwieniem powyżej $\frac{3}{4}$ powierzchni skórki owocu wynosił 68,7% w uprawie z udziałem gatunków z rodziny wiechlinowatych, a w pozostałych żywych ściółkach tylko 32,5–35,3% [Kühn i Lindhard Pedersen 2009].

2.3.6. Rola żywych ściółek w ochronie sadu przed chorobami i szkodnikami

Wprowadzenie roślin okrywowych do sadu jest również elementem biologicznej ochrony drzew przed chorobami i szkodnikami [Olszewski i Niemczyk 1994, Wyss 1995, Brown i in. 1997, Brown i Glenn 1999, Bone i in. 2009]. Ściółki są zróżnicowane pod względem atrakcyjności pyłku dla owadów oraz mogą być siedliskiem fauny pożytecznej i szkodliwej [Bugg i Waddington 1994]. Poprzez ukierunkowany wzrost bioróżnorodności możliwe jest kontrolowanie relacji między tymi populacjami [Meyer i in. 1992, Rieux i in. 1999]. W badaniach Wyssa [1995] obecność kwitnących wielogatunkowych mieszanek roślin okrywowych między rzędami jabłoni przyczyniła się do wzrostu drapieżników odżywiających się mszycami. Niewłaściwie dobrane gatunki mogą jednak wpłynąć na wzrost liczby szkodników takich jak wciornastki [Bone i in. 2009] czy przędziorki [Meyer i in. 1992, Stanyard i in. 1997]. W ochronie drzew przed chorobami żywa ściółka może spełniać rolę fizycznej bariery ograniczającej emisję zarodników workowych parcha jabłoni. Jednocześnie, ze względu na utrzymującą się w darni wyższą wilgotność, w niektórych latach istotnie wpływa ona na wzrost liczby infekcji wywołujących zgnilizny mięszu jabłek [Brown i Glenn 1999], a także chorób fizjologicznych owoców, np. gorzkiej plamistości podskórnej czy zbrunatnienia mięszu [Schumacher i in. 1988]. Obecność żywych ściółek może mieć istotne znaczenie w rozwoju zgnilizny pierścieniowej podstawy pnia [Merwin i in. 1992, Utkhede i Hogue 1999]. W doświadczeniu Merwina i Stilesa [1994], w okresie sześciu lat uprawy w cieciorce pstrej, śmiertelność drzew w wyniku porażenia zgnilizną pierścieniową podstawy pnia, powodowaną przez grzyby z rodzaju *Phytophthora*, objęła 14% populacji jabłoni i była wyższa od zanotowanej w ugorze herbicydowym. W opisywanym przypadku długość życia jabłoni zależała również od wielkości populacji gryzoni w sadzie. Uprawa żywych ściółek może zwiększać ryzyko ich pojawienia się i uszkodzenia przez nie drzew [Mika i in. 1998, Lipecki i Wieniarska 2001]. W badaniach Jaworskiej [1995] zanotowano w uprawie wiechliny rocznej, gwiazdnicy pospolitej i koniczyny 8,0 kolonii nornika polnego na 50 m², a istotnie mniej (0,3 kolonii) w ugorze herbicydowym. Ograniczenie populacji gryzoni między innymi w gorczyca białej, gryce zwyczajnej i facełli błękitnej uzyskano, stosując w okresie letnim koszenie roślin ściółkujących. Merwin i in. [1999] obserwowali znacznie więcej uszkodzonych drzew w cieciorce pstrej (prawie 50%) w porównaniu z kombinacją z ugiem herbicydowym i ściółką z traw. Wiman i in. [2009] również zanotowali największą populację nornika polnego w żywej ściółce obejmującej mieszanek roślin bobowatych, niewiele mniejszą w trawach, a istotnie mniejszą w wielogatunkowej darni zawierającej przytulę wonną.

2.3.7. Ekonomiczne aspekty stosowania żywych ściółek w sadzie

Odstąpienie od klasycznych sposobów produkcji często wiąże się ze spadkiem plonu. Alternatywne sposoby uprawy roślin najczęściej wymagają zwiększenia nakładów pracy. Wysokie są też koszty stosowanych materiałów. Wpływa to na niską opłacalność produkcji oraz wysoką cenę owoców [Cross 1991]. Z tych powodów zainteresowanie innymi sposobami uprawy jest uzależnione od systemu dopłat oraz subsydiów rządowych obowiązujących w danym kraju [Sansavini 1997, Thompson 2000]. Najczęściej jest to jedyny sposób gwarantujący opłacalność produkcji [Brumfield 2000]. Wprowadzanie alternatywnych rozwiązań agrotechnicznych uzasadniają jednak wieloletnie badania integrowanych czy ekologicznych upraw, ukazujące ich korzystne oddziaływanie na środowisko rolnicze [Reganold i in. 1990, 2001] oraz jakość uzyskanych produktów [Thompson 2000, Peck i in. 2006].

Adaptacja ściółkowania jako sposobu pielęgnacji gleby w sadzie wymaga uwzględnienia czynników biologicznych, środowiskowych i ekonomicznych, które warunkują uprawę drzew [Sansavini 1997, Yin i in. 2007]. Wysiew nasion i pielęgnacja żywej ściółki w roku jej wprowadzenia do sadu zwiększają o około 35% koszty pielęgnacji gleby w stosunku z ugorzem herbicydowym [Sirriner i in. 2008]. Wartość produkcji owoców w niektórych warunkach agrotechnicznych w obecności roślin ściółkujących glebę może być niższa, np. w porównaniu z uzyskaną przy mechanicznym usuwaniu chwastów [Meagher i Meyer 1990]. Gdyby wielkość plonu nie różniłaby się tak bardzo w porównaniu z uzyskaną w ugorze herbicydowym, wykorzystanie wybranych wieloletnich ściółek żywych można by uznać za ekonomicznie uzasadniony sposób pielęgnacji gleby w sadzie. Koszty ich prowadzenia w kolejnych latach są niższe od kosztów stosowania ugoru herbicydowego [Sirriner i in. 2008].

3. MATERIAŁ I METODY

3.1. Lokalizacja doświadczenia i charakterystyka warunków glebowych

Ocenę zastosowania roślin okrywowych jako żywych ściółek w rzędach drzew jabłoni w porównaniu z ugorem herbicydowym przeprowadzono na terenie Stacji Badawczo-Dydaktycznej w miejscowości Samotwór (51°06'12"N, 16°49'52"E), należącej do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Miejscowość jest oddalona o 3 km od granic miasta. Drzewa jabłoni odmiany 'Ligol' uszlachetnione na podkładkach P 2, P 16 i P 22 wysadzono na glebie płowej, wytworzonej z gliny lekkiej pylastej, zalegającej na glinie lekkiej i średniej pylastej. Glebę zakwalifikowano do klas bonitacyjnych IIIa lub IIIb. Najwyższy odnotowany w maju poziom wody gruntowej pozostawał na głębokości około – 1,2 m.

3.2. Zakładanie doświadczenia

Jednoroczne nierozgałęzione drzewka odmiany 'Ligol' wysadzono wiosną 2004 r. w rozstawie 3,5×1,2 m (2380 drzew·ha⁻¹). Materiał szkółkarski był wyrównany, charakteryzował się średnią jakością. Przeciętna średnica okulanta, mierzona na wysokości 30 cm od miejsca okulizacji, wynosiła 0,77 cm.

Doświadczenie prowadzono w latach 2004–2010. W eksperymencie badano dwa czynniki doświadczałne. Pierwszy obejmował sześć sposobów pielęgnacji gleby w rzędach drzew: ugór herbicydowy, agrotkaninę oraz żywe ściółki – aksamitkę rozpierzchlą, kostrzewę owczą, mietlicę pospolitą i koniczynę białą, a drugi czynnik doświadczalny zastosowanie trzech podkładek: P 2, P 16 i P 22. Łącznie utworzyły one 18 kombinacji.

Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków dla dwóch czynników. Każdy podbłok, odpowiadający określonemu sposobowi pielęgnacji gleby, wyznaczono w rzędach drzew, w czterech powtórzeniach. W pojedynczym podbloku, o wymiarach 18 m długości i 1 m szerokości (18 m²) znajdowały się trzy poletka o wymiarach 6×1 m, na których wysadzono po 4 drzewa doświadczałne i jedno ochronne. Każdemu poletku losowo przyporzędkowano okulanty uszlachetnione na innej, z trzech badanych, podkładek i w ten sposób wprowadzono drugi czynnik doświadczalny.

W podblokach utrzymywano ugór herbicydowy lub rozłożono czarną agrotkaninę polipropylenową (AGRO 84F-170 TKANINA PP) o gramaturze 94 g·m⁻² produkcji zakładu „Wigolen” w Częstochowie. Żywe ściółki wprowadzono do sadu również wiosną 2004 r. Bezpośrednio po posadzeniu jabłoni wysiano: koniczynę białą – *Trifolium repens* L. odmianę 'Sonja' (10 kg·ha⁻¹) oraz mietlicę pospolitą – *Agrostis vulgaris* With. (syn. *Agrostis tenuis* Sibth., *Agrostis capillaris* L.) odmianę 'Frasek' (34 kg·ha⁻¹). W tym samym czasie wysiano jednoroczną aksamitkę rozpierzchlą – *Tagetes patula* L. odmiany karłowe 'Carmen' lub



Fot. 1. Żywa ściółka – aksamitka rozpierschła
Phot. 1. Living mulch – French marigold



Fot. 2. Żywa ściółka – kostrzewa owcza
Phot. 2. Living mulch – blue fescue

'Kolumbina' ($10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), którą w kolejnych latach odnawiano, stosując normę 15 kg nasion na hektar. Nasiona czwartej z badanych żywych ściółek kostrzewy owczej – *Festuca ovina* L. odmianę 'Edolana' ($30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), wysiano wiosną 2005 r. Zastąpiono nią, wykazującą małą przydatność ze względu na słabe zadarnienie gleby, jednoroczną nasturcję karłową – *Tropaeolum majus nanum* L. Rośliny okrywowe zastosowane jako żywe ściółki przedstawiono na fotografiach 1–4.



Fot. 3. Żywa ściółka – mietlica pospolita
Phot. 3. Living mulch – colonial bent grass



Fot. 4. Żywa ściółka – koniczyna biała
Phot. 4. Living mulch – white clover

3.3. Zabiegi agrotechniczne po posadzeniu drzew

Wykaz wszystkich zabiegów związanych z zakładaniem i pielęgnacją żywych ściółek oraz agrotkaniny w rzędach drzew jabłoni zawiera tabela 1. Ręczne plewienie aksamitki rozpierzchniej zapewniło jej pomyślny rozwój, lecz ze względu na wysokie nakłady pracy było możliwe tylko w pierwszym i drugim roku po założeniu sadu. Od trzeciego roku zastąpiono je ręcznym odchwaszczaniem gleby poprzedzającym siew nasion, wspomaganym w niektóre

lata opryskiem herbicydami stosowanym po zakończeniu wegetacji aksamitki rozpierzchłej. Zabiegi te były konieczne przed każdym siewem.

W roku założenia wieloletnich żywych ściółek – mietlicy pospolitej i kostrzewy owczej przeprowadzono ręczne odchwaszczanie roślin. W kolejnych latach zadarnienie utworzone przez trawy oraz koniczynę białą wymagało dwu- lub trzykrotnego koszenia ściółki i przerażających ją chwastów kosą ręczną. Podobny zabieg, eliminujący tylko zachwaszczenie, wykonywano na granicy agrotkaniny i murawy oraz w miejscach rozcięcia materiału ściółkującego. Po kilku latach koszeniem objęto również chwasty występujące na zanieczyszczonej rozkładającymi się resztkami organicznymi lub uszkodzonej powierzchni agrotkaniny. W niektórych latach przy ściółkowaniu agrotkaniną wykonano chemiczną likwidację jej zachwaszczenia. W kostrzewie owczej, w drugim roku po jej wysiewie, przeprowadzono chemiczne niszczenie chwastów dwuliściennych. Ze względu na obecność gryzoni w ściółce z koniczyny białej jesinią, w roku założenia sadu, wyłożono w rzędach drzew zatrute ziarno.

Ugór herbicydowy utrzymywano według przyjętych zaleceń dla sadów produkcyjnych. W każdym roku niszczenie zachwaszczenia oparto na dwu- lub trzykrotnym dolistnym oprysku chwastów. W tym celu zastosowano mieszaninę dwóch herbicydów, zawierających substancje czynne glifosat i MCPA (kwas 2-metylo-4-chlorofenoksyoctowy), w dawkach – odpowiednio 4 i 2 l·ha⁻¹. W roku założenia doświadczenia pierwszy oprysk wykonano w czerwcu, a drugi w listopadzie tylko preparatem opartym na glifosacie (4 l·ha⁻¹). Od drugiego roku po posadzeniu zabiegi wykonywano, stosując jednocześnie dwa herbicydy w maju i lipcu, a w przypadku zastosowania trzeciej dawki – najczęściej w listopadzie. Wyjątkowo w piątym roku po posadzeniu drzew, ze względu na duże zachwaszczenie perzem właściwym – *Elymus repens* (L.) Gould, zabieg jesienny wykonano tylko środkiem zawierającym glifosat, w maksymalnej dawce – 8 l·ha⁻¹. W sporadycznych przypadkach, w pierwszym i piątym roku po posadzeniu, wysokość darni utworzonej przez chwasty ograniczono, stosując jednokrotny zabieg koszenia. Między rzędami już w pierwszym roku po posadzeniu drzew została założona murawa. W kolejnych miesiącach wegetacji koszono ją w momencie, kiedy jej wysokość przekroczyła około 15 cm. Rozdrobniony pokos pozostawiano w uliczkach roboczych.

Przed założeniem doświadczenia w 2003 r. przeprowadzono analizę gleby. Oceniono jej skład granulometryczny, odczyn oraz zasobność w potas i fosfor. Na tej podstawie ustalono dawki nawozowe fosforu (P₂O₅ – 50 kg·ha⁻¹) i potasu (K₂O – 200 kg·ha⁻¹) oraz wapnowanie gleby (CaO – 500 kg·ha⁻¹). Nawozy zastosowano wiosną przed wysadzeniem drzew. Już w pierwszych latach po posadzeniu zrezygnowano z indywidualnego nawożenia jabłoni azotem. Obecność żywych ściółek wymagała równomiernego pokrycia całej powierzchni poletka jednakową ilością nawozu, w dawce 45 – 50 kg N·ha⁻¹. Jedynie w 2008 r. zastosowano 80 kg N·ha⁻¹. W pierwszym roku owocowania (2005) zastosowano dodatkowo dolistne azotowe nawożenie jabłoni. Natomiast z powodu wystąpienia okresu suszy wiosną i na początku lata 2006 r., w celu uniknięcia uszkodzenia wschodów aksamitki rozpierzchłej, zupełnie zrezygnowano z nawożenia drzew. Ponadto, ze względu na niewielką ilość opadów w lipcu 2006 i w czerwcu 2008 r. zastosowano interwencyjnie nawadnianie. Kwaterę nawadniano przy użyciu przenośnej instalacji do deszczowania. Z tego samego powodu przed wysiewem aksamitki rozpierzchłej w 2007 i 2008 r., glebę podlano bezpośrednio przed rozmieszczeniem nasion na jej powierzchni.

Tabela 1
Table 1

Zabiegi agrotechniczne prowadzone w rzędach drzew jabłoni, w latach 2004–2010, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby
Agrotechnical methods carried out in the apple tree rows, in the years 2004–2010, depending on the orchard floor management treatment

Okres Period	Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management					
	Agrotkanina Nonwoven polypropylene	Aksamitka rozpierzchła French marigold	3	Kostrzewa owcza Blue fescue	Mietlica pospolita Colonial bent grass	Koniczyna biała White clover
1	2		4	5	6	
Pierwszy rok po posadzeniu (2004) – First year after the planting (2004)						
1–20 V	Rozkładanie agrotkaniny	Tyczenie powierzchni, spulchnianie i wyrównywanie gleby w rzędach drzew		Siew rzutowy – 10 kg·ha ⁻¹	Siew rzutowy – 34 kg·ha ⁻¹	Siew rzutowy – 10 kg·ha ⁻¹
1–20 VII	Koszenie chwastów na granicy agrotkaniny z murawą	Mieszanie nasion z glebą – grabienie i wałowanie				
20–31 VII	–	Odcwaszczanie ręczne				
10–30 IX	Oprysk chwastów na granicy z murawą: Klinik Duo 360 SL – 4 l·ha ⁻¹ + Agritox 500 SL – 2 l·ha ⁻¹	Koszenie chwastów przewyższających ściółkę				
20–30 IV	–	Koszenie chwastów przewyższających ściółkę				
20–31 V	Koszenie chwastów i oprysk na granicy agrotkaniny z murawą: Glifogan 360 SL – 4 l·ha ⁻¹ + Agritox 500 SL – 2 l·ha ⁻¹	Rozkładanie trzcin na gryzonię, koszenie ściółki				
1–30 VI	–	Koszenie chwastów przewyższających ściółkę				
10–31 VII	–	Dwukrotne koszenie ściółki				
Drugi rok po posadzeniu (2005) – Second year after the planting (2005)						
20–30 IV	–	Oprysk chwastów w resztkach ściółki: Glifogan 360 SL – 8 l·ha ⁻¹ + Agritox 500 SL – 1,5 l·ha ⁻¹				
20–31 V	Koszenie chwastów i oprysk na granicy agrotkaniny z murawą: Glifogan 360 SL – 4 l·ha ⁻¹ + Agritox 500 SL – 2 l·ha ⁻¹	Odcwaszczanie ręczne, siew rzutowy kostrzewy owczej – 30 kg·ha ⁻¹ , mieszanie nasion z glebą, wałowanie				
1–30 VI	–	Koszenie chwastów przewyższających ściółkę				
10–31 VII	–	Dwukrotne koszenie ściółki				

1	2	3	4	5	6
Trzeci rok po posadzeniu (2006) – Third year after the planting (2006)					
10–31 V				Koszenie ściółki	
10–20 VI	–	–	Oprysk chwastów dwulściennych: Agritox 500 SL – 2 l·ha ⁻¹		Koszenie ściółki
20–30 IX	–	–	–		Koszenie ściółki
10–20 XI	–	Oprysk chwastów: Chwastox Extra 300 SL – 3,5 l·ha ⁻¹	–	–	–
Czwarty rok po posadzeniu (2007) – Fourth year after the planting (2007)					
20–30 IV	Oprysk chwastów na granicy z murawą: Klinik Duo 360 SL – 4 l·ha ⁻¹ + Agritox 500 SL – 2 l·ha ⁻¹	Odchwaszczanie ręczne, siew – 15 kg ha ⁻¹ , mieszanie, wałowanie	–	–	–
10–20 V	Koszenie chwastów na granicy z murawą i na agrotkaninie	–	–	Koszenie ściółki	
20–30 VI	–	–	–	Koszenie ściółki	
Piąty rok po posadzeniu (2008) – Fifth year after the planting (2008)					
1–10 V	Koszenie chwastów na granicy z murawą i na agrotkaninie	Odchwaszczanie ręczne, siew – 15 kg·ha ⁻¹ , mieszanie, wałowanie	–	Koszenie ściółki	
1–10 VI	Koszenie chwastów na granicy z murawą i na agrotkaninie	–	–	Koszenie ściółki	
1–10 VIII	Koszenie chwastów na granicy z murawą i na agrotkaninie	–	–	Koszenie ściółki	
10–20 XI	–	Oprysk chwastów: Roundup 360 SL – 8 l·ha ⁻¹	–	–	–

Tabela 1 cd.
Table 1 cont.

1	2	3	4	5	6
Szósty rok po posadzeniu (2009) – Sixth year after the planting (2009)					
10–20 V	Koszenie chwastów na granicy z murawą i na agrotkaninie	Odchwaszczanie ręczne, siew – 15 kg·ha ⁻¹ , mieszanie, wałowanie		Koszenie ściółki	
1–10 VIII	Koszenie chwastów na granicy z murawą i na agrotkaninie			Koszenie ściółki	
Siódmy rok po posadzeniu (2010) – Seventh year after the planting (2010)					
20–30 IV	–	Dwukrotny oprysk chwastów: Roundup 360 SL – 4 l·ha ⁻¹ + Chwastox Ex. 300 SL – 2 l·ha ⁻¹	–	–	–
20–31 V	Koszenie chwastów na granicy z murawą i na agrotkaninie	Odchwaszczanie ręczne, siew – 15 kg·ha ⁻¹ , mieszanie, wałowanie		Koszenie ściółki	
1–20 VI	Koszenie chwastów na granicy z murawą i na agrotkaninie	–		Koszenie ściółki	

Jabłonie prowadzono w formie wąskiego wrzeciona. Nierozgałęzione okulanty przycięto po posadzeniu. W kolejnych dwóch latach, w okresie formowania koron, cięcie ograniczono do niezbędnego minimum. Silne pędy boczne stanowiące konkurencje dla przewodnika najczęściej wylamywano przed zdrewnieniem tkanek. Od czwartego roku po posadzeniu (2007) wprowadzono coroczne cięcie prześwietlające. Ręczne przerzedzanie zawiązków wykonano w pierwszym roku owocowania (2005), pozostawiając maksymalnie pięć owoców na drzewie. Ze względu na skłonność drzew do przemiennego owocowania kolejne przerzedzanie zawiązków przeprowadzono w drugim, czwartym i szóstym roku owocowania. Chemiczną ochronę drzew przed szkodnikami i chorobami prowadzono corocznie, zgodnie z zaleceniami programu ochrony dla sadów towarowych.

3.4. Metodyka doświadczenia polowego i badań laboratoryjnych

3.4.1. Analiza właściwości gleby

Analizę przeprowadzono wiosną w ostatnim roku prowadzenia eksperymentu (2010). Próbki gleby pobrano z poziomów 5–15 cm i 30–40 cm, w odkrywkach wykopanych wzdłuż linii rzędów jabłoni, w połowie odległości między drzewami, tylko na poletkach z drzewami na podkładce P 2. Materiał do analiz zebrano w trzech powtórzeniach, które obejmowały wszystkie sposoby pielęgnacji gleby w rzędach drzew. W zebranych materiale oznaczono:

- Właściwości fizykochemiczne: pH w H_2O oraz w 1 mol $KCl \cdot dm^{-3}$ metodą potencjometryczną, kwasowość hydrolityczną (H_h) metodą Kappena, kationy wymienne metodą Pallmanna, w tym: wapń, potas i sód na fotometrze płomieniowym, a magnez na aparacie AAS. Na podstawie wyników wyliczono sumę kationów o charakterze zasadowym (S), pojemność sorpcyjną (T) i stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym (V).
- Właściwości chemiczne: węgiel organiczny oznaczono na aparacie CS-MAT 5500, azot ogółem metodą Kjeldahla, przyswajalne formy potasu i fosforu metodą Egnera-Rhiema, magnez metodą Schachtschabela, przyswajalne (rozpuszczalne w 1 mol $HCl \cdot dm^{-3}$) formy: miedzi, cynku, manganu, niklu i żelaza na aparacie AAS marki Philips. Na podstawie uzyskanych wyników obliczono stosunek C:N i Mg:K. Zasobność gleby w P, K, Mg interpretowano według liczb granicznych opracowanych przez Sadowskiego i in. [1990]. Przy wycenie mikroelementów: Cu, Zn Mn i Fe posłużono się zasadami ujętymi w „Zaleceniach nawozowych” opracowanych przez IUNG [1985].
- Skład frakcyjny związków próchnicznych: określono zmodyfikowaną metodą Tiurina, wydzielając:
 - I frakcję Ia – fulwową, obejmującą połączenia kwasów fulwowych (C_{kf}) oraz związki organiczne niskocząsteczkowe,
 - II frakcję I – połączenia kwasów humusowych (fulwowych – C_{kf} oraz huminowych – C_{kh}) wolne i związane z Ca oraz niekrzemianowymi formami R_2O_3 ,
 - III frakcję II – połączenia kwasów humusowych (C_{kf} oraz C_{kh}) z krzemianowymi formami R_2O_3 ,
 - IV frakcję III – reprezentującą kwasy humusowe (C_{kf} oraz C_{kh}) wolne i związane z niekrzemianowymi formami R_2O_3 .

Opierając się na uzyskanych wynikach, wyliczono procentowy udział węgla niehydrolizującego i kwasów huminowych (C_{kh}) związanych z wapniem.

Po zakończeniu wegetacji drzew, według tej samej metodyki jak w okresie wiosennym w 2010 r., z poziomu 5–15 cm w trzech powtórzeniach pobrano do cylinderków Kopeckiego próbki gleby o nienaruszonej strukturze. Na ich podstawie oznaczono:

- Właściwości fizyczne: gęstość fazy stałej metodą piknometryczną, gęstość objętościową metodą grawimetryczną, na podstawie stosunku masy gleby wysuszonej w 105°C do jej objętości. Biorąc pod uwagę uzyskane wyniki, wyliczono porowatość ogólną gleby.
- Potencjalne właściwości retencyjne: pojemność wodną w zakresie potencjału wody glebowej od -0,1 do -1554,0 kPa w komorach ekstrakcyjnych nisko- i wysokociśnieniowych, wyznaczając:
 - I pełną pojemność wodną (-0,1 kPa),
 - II kapilarną pojemność wodną (-0,4 kPa),
 - III połowę pojemność wodną (-9,8 kPa),
 - IV punkt początku hamowania wzrostu roślin (-73,6 kPa),
 - V punkt silnego hamowania wzrostu roślin (-196,0 kPa),
 - VI punkt całkowitego zahamowania wzrostu roślin (-490,3 kPa),
 - VII punkt trwałego więdnienia roślin (-1554,0 kPa).

Na podstawie odpowiednich wartości pojemności wodnej wyliczono następujące retencje różnych form wody glebowej dla roślin: produkcyjną (-9,8: -490,3 kPa), użyteczną (-9,8: -1554,0 kPa), bardzo łatwo dostępną (-9,8: -73,6 kPa), łatwo dostępną (-73,6: -196,0 kPa), trudno dostępną (-196,0: -490,3 kPa), bardzo trudno dostępną (-490,3: -1554,0 kPa) oraz nieużyteczną dla roślin (-1554,0 kPa). Określono również objętość makro- (> 30 μm), mezo- (0,2–30 μm) i mikroporów (< 0,2 μm) glebowych.

Niezależnie od oznaczenia potencjalnych właściwości retencyjnych w roku 2006 i 2010 oznaczono aktualną wilgotność gleby metodą suszarkowo-wagową. Próbkę pobierano co dwa tygodnie w okresie od trzeciej dekady kwietnia do drugiej lub trzeciej dekady września, z dwóch głębokości: 0–30 i 30–50 cm. Badania prowadzono w trzech powtórzeniach we wszystkich sposobach pielęgnacji gleby. Łaskę gleboznawczą, umożliwiającą pobranie próbek, wprowadzano do gleby w rzędach drzew pomiędzy dwiema jasionami. Podobnie jak w przypadku próbek do analiz właściwości fizycznych, fizykochemicznych i chemicznych gleby ograniczono się do poletek z drzewami na podkładce P 2.

3.4.2. Ocena pokrycia gleby żywymi ściółkami, zachwaszczenia, obecności gryzoni

Stopień pokrycia gleby żywymi ściółkami oceniano, szacując z dokładnością do 5%, jaki udział powierzchni całkowitej (6 m²) każdego poletka był zajmowany przez roślinę ściółkującą. Łącznie oceniono 48 poletek. Ocenę przeprowadzono po raz pierwszy w roku wysiewów (2004) po okresie wschodów żywych ściółek i powtórzono jesienią. W kolejnych czterech latach (2005–2008) wykonywano ją trzy razy w roku: w kwietniu i lipcu oraz na przełomie września i października.

W tych samych terminach, biorąc pod uwagę sam zestaw poletek rozszerzony o kolejne 12, wyznaczone w pasach ugoru herbicydowego, określono procentowo udział powierzchni gleby zajmowanej przez chwasty w całkowitej powierzchni poletka. W tym celu posłużono się metodyką Lipeckiego i Janisz [2000], zmodyfikowaną na potrzeby oceny zachwaszczenia żywych ściółek. Ocenę przeprowadzono oddzielnie dla każdego gatunku, w niektórych przypadkach – rodzaju chwastu, z pominięciem taksonów słabo reprezentowanych. W przyjętym sposobie oceny indywidualny udział danego gatunku na powierzchni każdego poletka wyrażono w skali

skokowej: 0, 20, 40, 60, 80 oraz 100%. Przeprowadzone przy każdym gatunku oddzielne oszacowanie jego udziału na powierzchni poletka wykluczyło możliwość przedstawienia w skali 100% relacji między łącznym udziałem populacji wszystkich chwastów i darnią żywych ściółek.

W pierwszych dwóch latach po posadzeniu (2004–2005), przed utworzeniem się zwartej darni wieloletnich roślin ściółkujących, na podstawie otworów w glebie prowadzących do podziemnych nor notowano obecność kolonii gryzoni w obrębie każdego poletka doświadczanego. Po utworzeniu zwartej okrywy wieloletnich gatunków zadarniających, w kolejnych latach badań (2006–2010), o obecności gryzoni wnioskowano jedynie, posiłkując się odnotowywaną corocznie liczbą wypadów drzew jabłoni na każdym poletku doświadczalnym.

3.4.3. Analiza zawartości składników mineralnych w liściach

Próby liści pobierano w latach 2005–2008 w 3. dekadzie lipca lub 1. dekadzie sierpnia ze środkowego odcinka jednorocznych przyrostów jabłoni, według ogólnie przyjętej metodyki. Liście zebrano we wszystkich 18 kombinacjach. Oznaczenia zawartości N, P, K, Ca i Mg wykonano dla każdego roku oddzielnie w jednej próbce średniej z każdej kombinacji, którą utworzono z materiału roślinnego zebranego w dwóch powtórzeniach doświadczalnych. Pierwiastki przyswajalne oznaczono metodą uniwersalną, w której jako roztwór ekstrakcyjny wykorzystano 2% kwas octowy. Zawartości potasu i wapnia w liściach określono metodą fotometrii płomieniowej. Fosfor i magnez oznaczono metodą kolorymetryczną, a azot na autoanalyzerze II, po wcześniejszym zmineralizowaniu próbek w bloku mineralizacyjnym Kjeldatherm KB20. Interpretację zawartości poszczególnych składników w liściach przyjęto według liczb granicznych opracowanych przez Sadowskiego i in. [1990].

3.4.4. Ocena intensywności wzrostu drzew, kwitnienia, plonowania, jakości owoców

Wzrost drzew oceniano w latach 2004–2010 na podstawie pomiarów średnicy pnia w kierunku północ-południe i wschód-zachód, u wszystkich jabłoni, na wysokości 30 cm od miejsca okulizacji. Na podstawie uzyskanych wyników wyliczono pole przekroju poprzecznego pnia oraz jego przyrost. Po uwzględnieniu danych dotyczących plonowania jabłoni w okresie pierwszych sześciu lat owocowania wyliczono współczynnik plenności drzew dla każdego poletka w $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$. W pierwszych czterech latach po posadzeniu (2004–2007) określono liczbę wszystkich przyrostów jednorocznych oraz wykonano pomiary długości pędów >5 cm. Pomiary przeprowadzono na losowo wybranym jednym drzewie, w każdym z czterech powtórzeń, we wszystkich kombinacjach.

Intensywność kwitnienia drzew wyrażono liczbą kwiatostanów przypadającą na pojedyncze drzewo w okresie pierwszych trzech lat owocowania (2005–2007). Ocenę wykonano na losowo wybranym jednym drzewie, w każdym z czterech powtórzeń, we wszystkich kombinacjach. Analogicznie określono liczbę zawiązków i na tej podstawie wyliczono procentowy udział zawiązanych owoców.

Plon w okresie pierwszych sześciu lat owocowania jabłoni (2005–2010) ważono oddzielnie z każdego poletka doświadczalnego, łącznie z czterech drzew doświadczalnych. W tym samym czasie na podstawie analizy wagowej 20 sztuk jabłek z każdego poletka określono masę jednego owocu. Ponadto losowo wybraną próbę 30 kg owoców z każdej kombinacji dzielono na wybory: powyżej 8,5; 7,5–8,5; 6,5–7,5 i poniżej 6,5 cm oraz cztery klasy wybarwienia jabłek: rumieniec obejmujący powyżej 75%, 50–75%, 25–50% i poniżej 25% powierzchni skórki.

3.4.5. Ocena nakładów pracy i pracochłonność jednostkowa produkcji

Nakłady pracy ręcznej i siły pociągowej poniesione na założenie sadu i prowadzenie jabłoni przy zróżnicowanych sposobach pielęgnacji gleby w rzędach drzew opracowano na podstawie fotografii czasu pracy poszczególnych zabiegów agrotechnicznych przeprowadzonych w pierwszych siedmiu latach po posadzeniu jabłoni (2004–2010). Fotografie wykonano w podblokach doświadczalnych, we wszystkich powtórzeniach obejmujących poszczególne sposoby pielęgnacji gleby w rzędach jabłoni, bez uwzględniania zróżnicowania drzew pod względem zastosowanej podkładki.

Głównym przedmiotem analizy były nakłady pracy poniesione na zespół zabiegów agrotechnicznych przy wysiewie nasion i pielęgnacji czterech gatunków okrywowych zastosowanych jako żywe ściółki. Oceną objęto również utrzymanie ugoru herbicydowego, a także zastosowanie agrotkaniny. Wykonane fotografie czasu pracy dotyczyły również nakładów pracy poniesionych na formowanie i cięcie drzew, przerzedzanie zawiązków, nawożenie mineralne oraz pielęgnację gleby między rzędami, a w niektórych latach także na interwencyjne nawadnianie jabłoni. Przy ocenie nakładów pracy siły pociągowej poniesionych na ochronę drzew uwzględniono liczbę przeprowadzonych zabiegów i przeciętną wydajność opryskiwacza. W kalkulacjach dotyczących założenia sadu i wysadzania drzew przyjęto wysokość nakładów pracy ręcznej i siły pociągowej według wcześniejszych badań Licznar-Małańczuk [2001]. W sporadycznych wypadkach brakujące dane oszacowano na podstawie innych dostępnych źródeł.

Nakłady pracy ręcznej na zbiór owoców wyliczono na podstawie wysokości plonu w każdym z pierwszych sześciu lat owocowania jabłoni, przy założeniu wydajności zbioru jednego pracownika w nasadzeniu doświadczalnym na poziomie 100 kg jabłek na godzinę. Wyniki ilustrujące nakłady pracy wyrażono w roboczegodzinach lub ciągnikogodzinach na 100 m² sadu. Na ich podstawie oraz opierając się na wysokości plonowania jabłoni w latach 2005–2010, wyliczono wskaźniki opisujące jednostkową pracochłonność produkcji owoców.

3.4.6. Statystyczne metody opracowania wyników

Wyniki oceny plonowania, średniej masy owocu, siły wzrostu drzew i współczynnika plenności opracowano statystycznie przy użyciu metody analizy wariancji dla dwuczynnikowych losowanych podbloków (ang. *split-plot*), oddzielnie dla każdego roku lub dla sumy albo wartości średniej z wielolecia. Zmienne określające właściwości gleby, stopień jej pokrycia żywymi ściółkami oraz zachwaszczenie w zależności od sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew jabłoni (bez uwzględniania podkładki) opracowano statystycznie, posługując się jednoczynnikową analizą wariancji w układzie losowanych bloków (ang. *randomized block design*) [Elandt 1964, Szczepański i Rejman 1987, Januszewicz i Puzio-Idźkowska 2002].

Uzyskane wyniki obrazujące liczbę kwiatostanów, procent zawiązanych owoców, procentowy udział owoców w wyborach i klasach wybarwienia oraz zawartość makroskładników w liściach jabłoni opracowano na danych uśrednionych, stosując analizę wariancji dla doświadczeń z dwoma czynnikami bez powtórzeń. Podejście to uniemożliwiło ocenę interakcji badanych czynników, ale było konieczne do spełnienia założeń analizy wariancji [Elandt 1964]. Dodatkowo wyniki oznaczeń zawartości makroelementów w liściach jabłoni opracowano, stosując analizę wariancji syntezy doświadczeń wieloletnich, w której w kolejnych czterech latach badań rolę powtórzeń spełniały podkładki [Januszewicz i Puzio-Idźkowska 2002].

Niektóre, niespełniające założeń analizy wariancji, dane pomiarowe o charakterze ciągłym transformowano, stosując przekształcenia wykładnicze i logarytmiczne – dążąc do

przynajmniej przybliżonego spełnienia założeń. Dane wyrażone wielkościami dyskretnymi (zmienne wyrażone w procentach), dotyczące udziału poszczególnych wyborów i klas wybarwienia owoców, a także pokrycia powierzchni gleby darnią żywych ściółek oraz ich zachwaszczenia, transformowano za pomocą funkcji Bliss'a [Elandt 1964, Szczepański i Rejman 1987, Januszewicz i Puzio-Idźkowska 2002].

Ze względu na znaczną liczbę wypadów drzew, zwłaszcza w rzędach ściółkowanych koniczyną białą, układ pomiarów równoważono, posługując się procedurą brakującej obserwacji (ang. *missing-plot technique*) w wersji dla losowanych podbloków [Anderson 1946, Elandt 1964, Gomez 1984].

Niezależnie od zastosowanego modelu wariancje wewnątrz- i międzygrupowe porównywano z zastosowaniem testu Fishera-Snedecora (F). Wielokrotne porównanie średnich wykonano, wykorzystując do tego celu test Duncana i przyjmując 5-procentowy poziom istotności. Średnie różniące się w sposób istotny oznaczano w tabelach i na rysunkach różnymi literami [Szczepański i Rejman 1987, Mądry 1996].

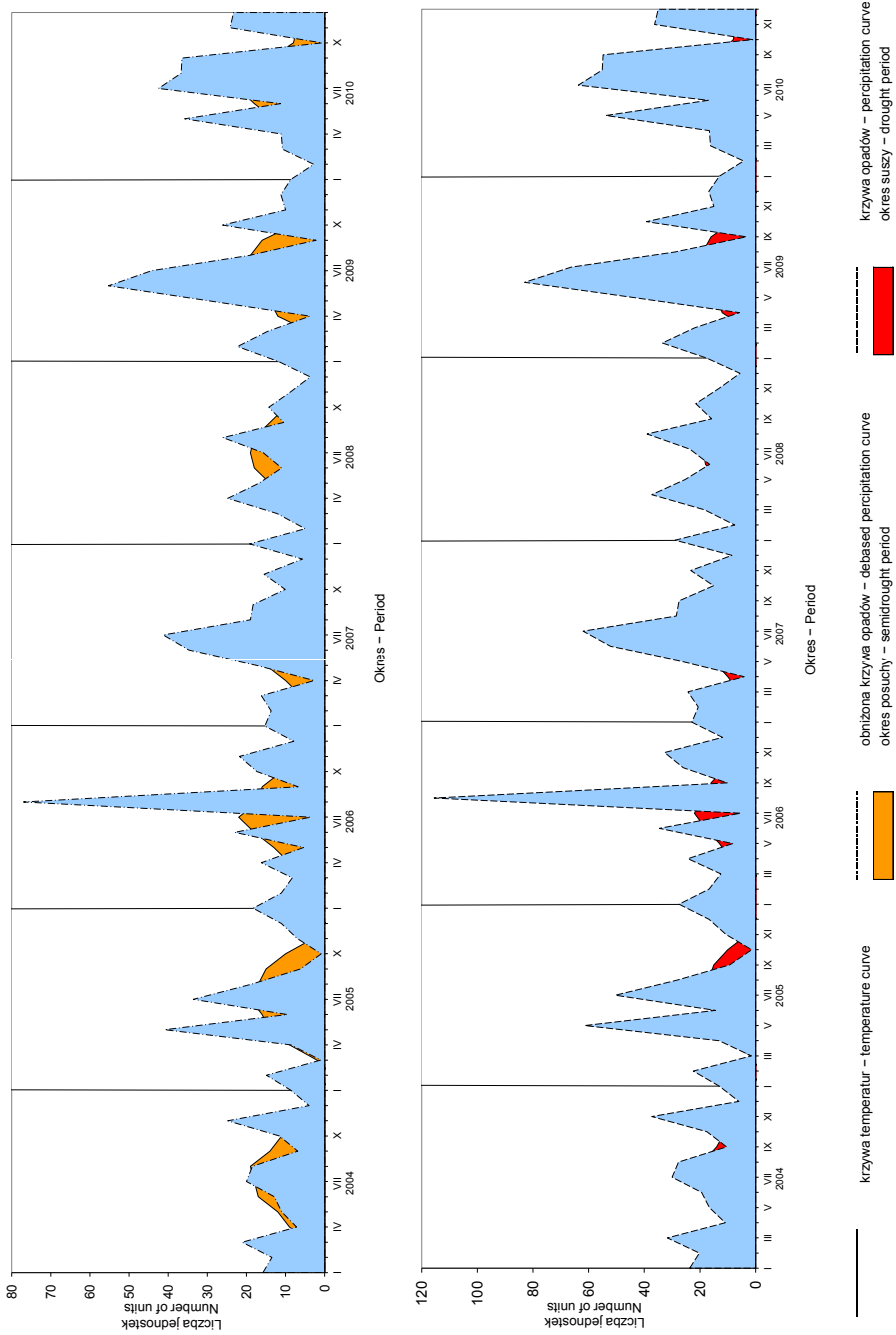
3.5. Charakterystyka warunków atmosferycznych w latach 2004–2010

Warunki atmosferyczne w latach 2004–2010 na terenie Stacji Badawczo-Dydaktycznej w Samotworze przedstawiono na diagramach klimatycznych (rys. 1), pozwalających na graficzne ukazanie współdziałania temperatury powietrza i opadów atmosferycznych oraz określenie ich wpływu na rozwój roślin [Walter 1976]. Na klimatodiagramach zaznaczono:

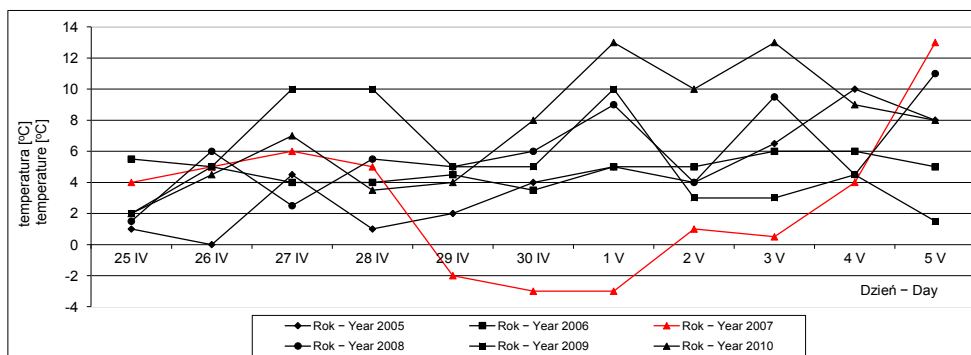
- krzywą faktycznych średnich miesięcznych temperatur powietrza i krzywą miesięcznych sum opadów w stosunku $1^{\circ}\text{C} = 2 \text{ mm}$,
- krzywą faktycznych średnich miesięcznych temperatur powietrza i obniżoną krzywą miesięcznych sum opadów w stosunku $1^{\circ}\text{C} = 3 \text{ mm}$.

Stosunek temperatury do sumy opadów pozwolił na wyodrębnienie pory suchej, odpowiadającej okresom kiedy krzywa temperatur przebiega nad krzywą sumy opadów oraz okresu posuchy, odpowiadającej okresom kiedy krzywa temperatur przebiega nad tzw. obniżoną krzywą sumy opadów. W pozostałych okresach, kiedy krzywa temperatur przebiega poniżej krzywej sumy opadów, stwierdzono wilgotne pory roku. Dodatkowo, w celu lepszego zobrazowania warunków pogodowych, zamieszczono wykres przedstawiający przebieg temperatur minimalnych od 25 kwietnia do 5 maja w latach 2005–2010, w okresach kwitnienia drzew jabłoni (rys. 2).

W kolejnych latach prowadzenia doświadczenia opady atmosferyczne i warunki termiczne były zróżnicowane. Pierwszy rok prowadzenia eksperymentu charakteryzował się niższą niż średnia wieloletnia (586 mm) roczną sumą opadów (502 mm) i był mało korzystny dla wysadzanych drzew oraz wysiewanych żywych ściółek. W roku założenia doświadczenia (2004) oraz w 2006 w okresie wiosennym i letnim zanotowano, niekorzystne dla roślin, długotrwałe okresy posuchy. Podobna sytuacja wystąpiła w okresie letnim 2008 r., a w 2005 i 2009 – pod koniec lata i jesienią. Deficyt opadów w niektórych latach pozwolił wyznaczyć pory suche. Takie okresy pojawiły się w roku 2006, w którym warunki wodne były skrajnie zróżnicowane: po dwóch okresach suszy notowano wzmożone opady w sierpniu, których suma (231 mm) była najwyższą zanotowaną w całym eksperymencie. Do lat typowo wilgotnych zaliczono 2009 i 2010, w których opady atmosferyczne – wynoszące odpowiednio 750 i 733 mm – znacznie przekroczyły średnią z wielolecia.



Rys. 1. Diagramy klimatyczne dla Stacji Badawczo-Dydaktycznej w Samotworze, obejmujące okres 2004–2010
 Fig. 1. Climographs at the Research Station in Samotwór, for the period 2004–2010



Rys. 2. Temperatury minimalne w okresie kwitnienia drzew jabłoni dla Stacji Dydaktyczno-Badawczej w Samotworze, w latach 2005–2010

Fig. 2. The minimum temperatures during the apple trees blooming period at the Research Station in Samotwór, in the years 2005–2010

W okolicach Wrocławia średnia temperatura powietrza przyjmuje wartości 8,2–8,3°C. W badanym okresie najcieplejszy był rok 2008. Najniższe temperatury minimalne zanotowano 22 i 23 stycznia 2006 r. – odpowiednio minus 25,0 i 23,0°C, a także 7 stycznia 2009 – minus 21°C oraz 27 stycznia 2010 – minus 24°C. W pozostałych latach minimalna temperatura powietrza utrzymywała się na poziomie powyżej minus 20°C. Najmniej korzystny układ warunków termicznych zanotowano w okresie zimowym 2004–2005: po styczniowym ociepleniu, kiedy średnia miesięczna temperatura powietrza wynosiła 1°C, w lutym obniżyła się do minus 2°C. W omawianym roku w pierwszych dniach marca notowano temperatury minimalne w granicach minus 19,5–13,0°C.

Niskie temperatury powietrza w okresach zimowych nie powodowały uszkodzeń pąków, pędów oraz drewna drzew jabłoni. W okresie sześciu lat owocowania drzew jedynie w roku 2007, od 29 kwietnia do 1 maja, zanotowano kilkudniowe obniżenie temperatury powietrza do minus 3°C (rys. 2). Na pozostających w pełni kwitnienia drzewach widoczne były zbrązowienia płatków i generatywnych części kwiatów świadczące o ich uszkodzeniach.

4. WYNIKI BADAŃ

4.1. Oddziaływanie żywych ściółek na środowisko glebowe

4.1.1. Właściwości fizykochemiczne i chemiczne gleby

Analiza statystyczna wyników uzyskanych w siódmym roku po posadzeniu jabłoni nie wykazała istotnego wpływu sposobu pielęgnacji gleby na jej właściwości fizykochemiczne w warstwie 5–15 i 30–40 cm (tab. 2–3). Przy uprawie pod drzewami aksamitki rozpierzchłej i koniczyny białej odczyn w warstwie ornej (oznaczony w KCl) był obojętny (pH 6,7). W pozostałych sposobach pielęgnacji gleby stwierdzono lekko kwaśny. W warstwie 30–40 cm wartość pH była niższa. Wartości pH oznaczonego w H₂O były wyższe w warstwie ornej o 0,5–0,6; a w podornej 1,1–1,5 jednostki. Kwasowość hydrolityczna w warstwie 5–15 cm pod aksamitką rozpierzchłą i koniczyną białą wynosiła 10,3 i 10,9 mmol(+).kg⁻¹, pod pozostałymi ściółkami od 13,1 do 13,6; a w ugorze herbicydowym – 15,6. W warstwie podornej kwasowość hydrolityczna była niższa.

W kompleksie sorpcyjnym we wszystkich sposobach pielęgnacji gleby najwyższy udział miały jony Ca²⁺. Odczyn lekko kwaśny lub obojętny kształtowały także kationy Mg²⁺ oraz K⁺. W mniejszej ilości występowały jony Na⁺. Suma kationów oraz pojemność sorpcyjna przy zastosowaniu roślin okrywowych w warstwie 5–15 cm kształtowały się na poziomie odpowiednio 99,7–123,5 oraz 110,5–133,8 mmol(+).kg⁻¹. Przy chemicznym zwalczaniu zachwaszczenia stwierdzono jedynie 77,4 i 93,0 mmol(+).kg⁻¹. W warstwie podornej uzyskano odmienne wyniki. Mimo to w żadnej z badanych warstw uprawa żywych ściółek nie wpłynęła istotnie na zróżnicowanie stopnia wysycenia kompleksu sorpcyjnego w porównaniu z ugiem herbicydowym.

Analiza właściwości chemicznych gleby wykazała istotne różnice w zawartości azotu ogółem oraz stosunku C:N, ale tylko w warstwie ornej (tab. 4–5). Najwięcej azotu znajdowało się pod żywą ściółką z koniczyny białej (0,74 g.kg⁻¹) oraz kostrzewy owczej, a także w ugorze herbicydowym. Istotnie niższą zawartość stwierdzono pod żywą ściółką z mietlicy pospolitej (0,57 g.kg⁻¹). Po kilkuletnim ściółkowaniu koniczyną białą i kostrzewą owczą zawartości węgla organicznego w glebie wynosiły odpowiednio 7,67 i 7,51 g.kg⁻¹, a w ugorze herbicydowym – 6,79 g.kg⁻¹. Stosunek C:N stwierdzony w mietlicy pospolitej był istotnie szerszy (12,62) w porównaniu z innymi żywymi ściółkami, a szczególnie ugiem herbicydowym – 10,18. Warstwa podorna gleby charakteryzowała się mniejszą zasobnością w azot i węgiel organiczny. Przy niewielkiej zawartości węgla wyliczony stosunek C:N w glebie pokrytej żywymi ściółkami przyjął wartości powyżej 13, a w ugorze herbicydowym zanotowano około 10.

W obu warstwach gleby nie stwierdzono istotnego wpływu sposobu pielęgnacji gleby na zawartości przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu. Zasobność w fosfor kształtowała się w warstwie ornej na poziomie wysokim, a w podornej na niskim. W dwóch badanych warstwach gleby stwierdzono średnią zasobność w potas, jedynie przy uprawie pod drzewami

Niektóre właściwości fizykochemiczne gleby (5–15 cm) w rzędach drzew, wiosną w siódmym roku po posadzeniu jabłoni, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby
Selected physical-chemical soil properties (5–15 cm) in the tree rows, in the spring of the seventh year following the apple tree planting, depending on the orchard floor management treatment

Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management	pHH ₂ O	pHKCl	Kwasowość hydrolytyczna H _h Hydrolytic acidity H _h	Kationy wymienne Exchangeable cations				Suma kationów S Base cations BC	Pojemność sorcyjna T Cation- -exchange capacity CEC	Stopień wysycenia kompleksu V Base saturation BS [%]
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺			
[mmol(+)·kg ⁻¹]										
Ugór herbicydowy Herbicide fallow	6,9 a	6,4 a	15,6 a	65,8 a	6,9 a	3,2 a	1,5 a	77,4 a	93,0 a	83,2 a
Agrotkanina Nonwoven polypropylene	7,1 a	6,5 a	13,1 a	68,9 a	7,2 a	2,9 a	1,4 a	80,4 a	93,4 a	85,1 a
Aksamitka rozpierzchna French marigold	7,3 a	6,7 a	10,3 a	113,1 a	6,1 a	2,0 a	2,3 a	123,5 a	133,8 a	89,9 a
Kostrzewa owcza* Blue fescue	7,1 a	6,5 a	13,6 a	90,2 a	8,8 a	2,8 a	1,9 a	103,7 a	117,3 a	86,7 a
Mietlica pospolita Colonial bent grass	7,1 a	6,5 a	13,3 a	91,6 a	6,8 a	2,6 a	1,9 a	102,8 a	116,1 a	86,0 a
Koniczyna biała White clover	7,3 a	6,7 a	10,9 a	88,4 a	6,9 a	2,9 a	1,4 a	99,7 a	110,5 a	88,6 a

* w 2004 r. nasturcja karłowa – in 2004 dwarf nasturtium

W obrębie poszczególnych kolumn średnie oznaczone innymi małymi literami różnią się istotnie wg testu Duncana na poziomie ufności 95%.
Within individual columns, the means marked with varied small letters differ significantly according to the Duncan's test at the confidence level 95%.

Tabela 3
Table 3

Niektóre właściwości fizykochemiczne gleby (30–40 cm) w rzędach drzew, wiosną w siódmym roku po posadzeniu jabłoni, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby
 Selected physical-chemical soil properties (30–40 cm) in the tree rows, in the spring of the seventh year following the apple tree planting, depending on the orchard floor management treatment

Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management	pHH ₂ O	pHKCl	Kwasowość hydrolytyczna H _h Hydrolytic acidity H _h	Kationy wymienne Exchangeable cations				Suma kationów S Base cations BC	Pojemność sorpcyjna T Cation- exchange capacity CEC	Stopień wysycenia kompleksu V Base saturation BS [%]
				[mmol(+)·kg ⁻¹]						
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺			
Ugór herbicydowy Herbicide fallow	7,1 a	5,9 a	9,6 a	82,5 a	8,1 a	2,1 a	1,7 a	104,0 a	90,0 a	
Agrotkanina Nonwoven polypropylene	7,3 a	6,0 a	9,3 a	58,8 a	6,9 a	2,0 a	1,3 a	78,2 a	87,8 a	
Aksamitka rozpierzchna French marigold	7,5 a	6,4 a	7,4 a	70,2 a	7,0 a	1,7 a	1,3 a	87,8 a	90,8 a	
Kostrzewa owcza* Blue fescue	7,6 a	6,1 a	7,7 a	69,7 a	7,0 a	1,9 a	1,6 a	88,0 a	91,2 a	
Mietlica pospolita Colonial bent grass	7,5 a	6,3 a	7,1 a	70,6 a	7,4 a	1,8 a	1,3 a	88,2 a	91,5 a	
Koniczyna biała White clover	7,5 a	6,1 a	7,8 a	68,2 a	8,0 a	1,9 a	1,3 a	87,2 a	89,7 a	

Objaśnienia: patrz tab. 2 – Explanation: see Tab. 2

Niektóre właściwości chemiczne gleby (5–15 cm) w rzędach drzew, wiosną w siódmym roku po posadzeniu jabłoni, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby
 Selected chemical soil properties (5–15 cm) in the tree rows, in the spring of the seventh year following the apple tree planting, depending on the orchard floor management treatment

Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management	C organiczny Organic C	N ogółem Total N	C:N	Formy przyswajalne Available forms				Formy przyswajalne (rozpuszczalne w 1 mol HCl·dm ⁻³) Available forms (soluble in 1 mol HCl·dm ⁻³)				
				P	K	Mg	K:Mg	Cu	Zn	Mn	Ni	Fe
Ugór herbicydowy Herbicide fallow	6,79 a	0,67 bc	10,18 a	76,3 a	122,6 a	48,3 a	2,6 a	6,9 a	9,7 a	219,2 a	2,3 a	819,7 b
Agrotkanina Nonwoven polypropylene	7,29 a	0,62 ab	11,75ab	83,8 a	108,7 a	40,0 a	2,6 a	7,3 a	9,6 a	197,0 a	2,1 a	699,3 a
Aksamitka rozpierzchna French marigold	6,82 a	0,64 ab	10,61 a	110,3 a	68,9 a	53,7 a	1,4 a	7,3 a	9,0 a	199,3 a	2,4 a	704,7 a
Kostrzewa owcza* Blue fescue	7,51 a	0,72 c	10,35 a	90,4 a	113,7 a	68,0 a	2,2 a	7,0 a	8,7 a	218,9 a	2,6 a	813,3 b
Mietlica pospolita Colonial bent grass	7,15 a	0,57 a	12,62 b	99,2 a	80,5 a	46,7 a	2,2 a	7,5 a	10,0 a	255,5 a	2,5 a	821,4 b
Koniczyna biała White clover	7,67 a	0,74 c	10,43 a	89,0 a	93,0 a	38,0 a	2,6 a	7,9 a	10,0 a	215,5 a	2,1 a	700,0 a

Objaśnienia: patrz tab. 2 – Explanation: see Tab. 2

Tabela 5
Table 5

Niektóre właściwości chemiczne gleby (30–40 cm) w rzędach drzew, wiosną w siódmym roku po posadzeniu jabłoni, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby
 Selected chemical soil properties (30–40 cm) in the tree rows, in the spring of the seventh year following the apple tree plantings, depending on the orchard floor management treatment

Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management	C organiczny Organic C	N ogółem Total N	C:N	Formy przyswajalne Available forms			Formy przyswajalne (rozpuszczalne w 1 mol HCl·dm ⁻³) Available forms (soluble in 1 mol HCl·dm ⁻³)				
				P	K	Mg	Cu	Zn	Mn	Ni	Fe
Ugór herbicydowy Herbicide fallow	1,75 a	0,18 a	9,99 a	8,8 a	66,4 a	46,7 a	2,5 a	2,9 a	44,5 a	2,8 a	419,3 a
Agrotkanina Nonwoven polypropylene	1,65 a	0,15 a	11,08 a	12,6 a	75,3 a	42,7 a	2,4 a	2,7 a	39,9 a	2,1 a	364,7 a
Aksamitka rozpierzchła French marigold	2,26 a	0,17 a	13,68 a	14,5 a	65,6 a	47,3 a	2,2 a	2,5 a	51,2 a	2,2 a	422,0 a
Kostrzewa owcza* Blue fescue	1,57 a	0,12 a	13,12 a	9,2 a	63,9 a	38,0 a	2,0 a	3,2 a	41,8 a	1,6 a	417,2 a
Mietlica pospolita Colonial bent grass	1,72 a	0,13 a	13,60 a	11,2 a	78,0 a	44,0 a	2,6 a	3,0 a	36,6 a	1,7 a	369,2 a
Koniczyna biała White clover	1,75 a	0,13 a	13,67 a	9,4 a	68,6 a	53,0 a	2,8 a	2,7 a	48,8 a	2,1 a	423,5 a

Objaśnienia: patrz tab. 2 – Explanation: see Tab. 2

Skład frakcyjny związków próchnicznych gleby (5–15 cm) w rzędach drzew, wiosną w siódmym roku po posadzeniu jabłoni, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby
 Fractional composition of soil humin compounds (5–15 cm) in the tree rows, in the spring of the seventh year following the apple tree planting, depending on the orchard floor management treatment

Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management	C organiczny Organic C [g·kg ⁻¹]	C wydzielony – Extracted C										Frakcja III Fraction III C wydzielony Extracted C [% C organicznego] [% C organic]	C _{th} związane z Ca CHA bounded with Ca
		Frakcja I – Fraction I					Frakcja II – Fraction II						
		Frakcja Ia Fraction Ia C _{kf} CFA	C _{th} +C _{kf} CHA+CFA	C _{th} CHA	C _{kf} CFA	C _{th} +C _{kf} CHA+CFA	C _{th} CHA	C _{kf} CFA	C _{th} +C _{kf} CHA+CFA	C _{th} CHA	C _{kf} CFA		
Ugór herbicydowy Herbicide fallow	6,79 a	4,2 a	34,7 ab	22,8 a	11,9 ab	1,93 b	10,5 ab	8,6 cd	1,9 a	4,50 cd	50,6 b	21,0 a	12,3 a
Agrotkanina Nonwoven polypropylene	7,29 a	4,7 a	40,0 c	22,8 a	17,2 d	1,33 a	11,4 b	9,4 d	1,9 a	5,24 d	44,0 a	19,8 a	13,5 a
Aksamitka rozpierschła French marigold	6,82 a	4,9 a	33,4 ab	20,3 a	13,5 b	1,51ab	10,9 b	7,5 ab	3,5 c	2,16 a	50,8 b	19,7 a	11,7 a
Kostrzewa owcza* Blue fescue	7,51 a	4,5 a	31,9 a	20,7 a	11,2 a	1,89 b	10,5 ab	8,1 bc	2,4 ab	3,41 bc	53,1 b	24,3 a	9,2 a
Mietlica pospolita Colonial bent grass	7,15 a	4,4 a	34,9 ab	19,4 a	15,1 c	1,29 a	9,6 a	6,8 a	2,8 b	2,40 a	51,1 b	21,2 a	10,8 a
Koniczyna biała White clover	7,67 a	4,7 a	35,6 b	23,6 a	12,0 ab	1,97 b	9,5 a	6,9 a	2,6 b	2,66 ab	50,2 b	22,2 a	13,0 a

Objaśnienia: patrz tab. 2 – Explanation: see Tab. 2

aksamitki rozpierzchłej w warstwie 5–15 cm była niska (68,9 mg·kg⁻¹). Podobnie jak w przypadku potasu zasobność w przyswajalne formy magnezu była średnia we wszystkich sposobach pielęgnacji gleby, z wyjątkiem kostrzewy owczej, a w warstwie ornej także koniczyny białej. Stosunek K:Mg we wszystkich sposobach pielęgnacji gleby w obu badanych warstwach był poprawny (poniżej 3,5). Analiza zasobności gleby w mikroelementy, z wyjątkiem żelaza, nie wykazała istotnych różnic między porównywanymi sposobami pielęgnacji gleby w rzędach drzew. W warstwie 5–15 cm jedynie zawartość miedzi kształtowała się na poziomie wysokim; w przypadku cynku, manganu i żelaza była średnia. Mniejszą zasobnością charakteryzowała się warstwa podorna. Zawartość wymienionych mikroelementów pozostawała w niej na poziomie niskim, a jedynie w przypadku miedzi w niektórych sposobach pielęgnacji gleby była średnia.

Oddziaływanie ściółkowania na właściwości chemiczne gleby wykazała także analiza składu frakcyjnego związków próchnicznych (tab. 6). Nie stwierdzono wprawdzie istotnego wpływu sposobu pielęgnacji gleby na zawartość węgla organicznego, procentowy udział jego poszczególnych frakcji był istotnie zróżnicowany. Frakcja (Ia) – fulwowa, wyodrębniająca niskocząsteczkowe i organiczne połączenia węgla, przy zastosowaniu chemicznego zwalczania zachwaszczenia przyjęła wartość – 4,2%. Ugór herbicydowy w najmniejszym stopniu zabezpieczył glebę przed wymywaniem, tworzących tę frakcję, łatwo rozpuszczalnych w wodzie kwasów fulwowych (C_{kf}). Natomiast we frakcji I, którą stanowią labilne połączenia kwasów fulwowych i huminowych z wapniem oraz niekrzemowymi półtoratlenkami, we wszystkich badanych ściółkach i w ugorze herbicydowym dominowały kwasy huminowe. Istotny wzrost udziału tej frakcji (40,0% C_{org}), a w niej ilości kwasów fulwowych (17,0% C_{org}), uzyskano przy ściółkowaniu agrotkaniną, ponieważ ściółka nieorganiczna najbardziej ograniczyła ich wymywanie. Obecność roślin okrywowych, z wyjątkiem mietlicy pospolitej, nie wpłynęła natomiast na istotne zróżnicowanie udziału kwasów fulwowych w porównaniu z ugiem herbicydowym.

Mniejszy udział kwasów huminowych i fulwowych wykazała frakcja II. Tworzą ją stabilne połączenia kwasów humusowych z formami krzemowymi – minerałami ilastymi, wchodzące w skład kompleksu sorpcyjnego gleby. Udział tej frakcji przy uprawie mietlicy pospolitej i koniczyny białej był istotnie mniejszy w porównaniu z agrotkaniną i żywą ściółką z aksamitki rozpierzchłej. Stosunek C_{kh}:C_{kf} był bardzo zróżnicowany: najczęściej istotnie niższy w porównaniu z ugiem herbicydowym i agrotkaniną stwierdzono w glebie pod żywymi ściółkami.

Istotnie niższa zawartość węgla niehydrolizującego w glebie pod agrotkaniną (44,0%) wskazuje na większy stopień humifikacji materii organicznej w glebie i wynika z ograniczenia dopływu do niej świeżych szczątków roślinnych. Przy zastosowaniu żywych ściółek zawartość węgla niehydrolizującego była wyższa (50,2–53,1%). Nie zanotowano natomiast istotnego wpływu sposobu pielęgnacji gleby na udział węgla frakcji III, a także na ilość kwasów huminowych związanych z wapniem.

4.1.2. Właściwości fizyczne, retencyjne i wilgotność gleby

Wykazano istotny wpływ sposobów pielęgnacji gleby na jej podstawowe właściwości fizyczne, a także retencyjne (tab. 7–8). Gęstość fazy stałej w warstwie 5–15 cm kształtowała się w badanych sposobach pielęgnacji gleby w podobnym zakresie 2,61–2,65 Mg·m⁻³. Kilkuletnia uprawa gatunków okrywowych wpłynęła na istotne zmniejszenie gęstości objętościowej (1,36–1,46 Mg·m⁻³) w porównaniu z ugiem herbicydowym (1,59 Mg·m⁻³). Zmniejszenie

zagęszczenia gleby pod żywymi ściółkami potwierdziła analiza porowatości ogólnej. W porównaniu z ugorzem herbicydowym istotnie większą jej wartość uzyskano przy uprawie pod drzewami roślin okrywowych. Wzrost porowatości ogólnej znalazł odzwierciedlenie w charakterystyce przestworów glebowych. Kilkuletnia obecność roślin przyczyniła się do zwiększenia makro- i mezoporów w glebie. Wśród badanych żywych ściółek koniczyna biała wykazała najsilniejsze oddziaływanie na właściwości fizyczne gleby. Uprawa tej rośliny skutkowała istotnym zwiększeniem udziału mezoporów w porównaniu z ugorzem herbicydowymi i ściółkowaniem agrotkaniną.

Kilkuletnie oddziaływanie żywych ściółek na środowisko glebowe wpłynęło na wzrost polowej pojemności wodnej (0,266–0,287 m³·m⁻³) i wody użytecznej dla roślin (0,215–0,236 m³·m⁻³) (tab. 8). Wymienione właściwości retencyjne gleby były istotnie niższe w ugorze herbicydowym i pod ściółką z agrotkaniny. Natomiast ilość dostępnej wody produkcyjnej dla roślin, stanowiącej składową wody użytecznej dla roślin, przyjmowała istotnie wyższe wartości pod wszystkimi gatunkami okrywowych (0,163–0,187 m³·m⁻³). Przy zastosowaniu agrotkaniny stwierdzono 0,144 m³·m⁻³, a przy chemicznym zwalczaniu zachwaszczenia – 0,145. Analogiczne tendencje wykazano przy określaniu zawartości wody bardzo łatwo i łatwo dostępnej dla roślin, zanotowane różnice jednak nie były istotne.

Tabela 7

Table 7

Niektóre właściwości fizyczne gleby (5–15 cm) w rzędach drzew, po zakończeniu siódmego roku po posadzeniu jabłoni, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby
Selected physical soil properties (5–15 cm) in the tree rows, after the end of the seventh year following the apple tree planting, depending on the orchard floor management treatment

Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management	Gęstość fazy stałej** Particle density	Gęstość objęto- ściowa Bulk density	Porowa- tość ogólna Total porosity	Makro- pory Macro- pores (> 30 μm)	Mezopory Mesopores (30–0,2 μm)	Mikro- pory Micro- pores (< 0,2 μm)
	[Mg·m ⁻³]		[m ³ ·m ⁻³]			
Ugór herbicydowy Herbicide fallow	2,63	1,59 c	0,397 a	0,140 a	0,203 a	0,053 a
Agrotkanina Nonwoven polypropylene	2,61	1,51 bc	0,422 ab	0,174 a	0,202 a	0,046 a
Aksamitka rozpierzchła French marigold	2,62	1,44 ab	0,449 bc	0,178 a	0,222 ab	0,048 a
Kostrzewa owcza* Blue fescue	2,61	1,46 ab	0,440 bc	0,163 a	0,226 ab	0,052 a
Mietlica pospolita Colonial bent grass	2,65	1,43 ab	0,455 bc	0,189 a	0,215 ab	0,051 a
Koniczyna biała White clover	2,62	1,36 a	0,483 c	0,196 a	0,236 b	0,051 a

Objaśnienia: patrz tab. 2 – Explanation: see Tab. 2

** bez obliczeń statystycznych – without statistic calculations

Tabela 8
Table 8

Niektóre właściwości retencyjne gleby (5–15 cm) w rzędach drzew, po zakończeniu siódmego roku po posadzeniu jabłoni, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby
Soil moisture characteristic (5–15 cm) in the tree rows, after the end of the seventh year following the apple tree planting, depending on the orchard floor management treatment

Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management	Pojemność wodna Field capacity (-9,8 kPa)	Woda produkcyjna Productive water (-9,8;- 490,3 kPa)	Woda użyteczna dla roślin Water useful for plants (-9,8;-1554 kPa)	Woda bardzo łatwo dostępna dla roślin Water very easily accessible for plants (-9,8;-73,6 kPa)	Woda łatwo dostępna dla roślin Water easily accessible for plants (-73,6;-196,0 kPa)	Woda trudno dostępna dla roślin Water hardly accessible for plants (-196,0;-490,3 kPa)	Woda bardzo trudno dostępna dla roślin Water very hardly accessible for plants (-490,3;-1554 kPa)	Woda nieużyteczna dla roślin Water not useful for plants (-1554 kPa)
Ugór herbicydowy Herbicide fallow	0,256 ab	0,145 a	0,203 a	0,055 a	0,026 a	0,064 a	0,059 a	0,053 a
Agrotkanina Nonwoven polypropylene	0,248 a	0,144 a	0,202 a	0,051 a	0,029 a	0,064 a	0,058 a	0,046 a
Aksamitka rozpierzchła French marigold	0,271 bc	0,171 bc	0,222 ab	0,066 a	0,035 a	0,071 a	0,051 a	0,048 a
Kostrzewa owcza* Blue fescue	0,277 bc	0,165 b	0,226 ab	0,056 a	0,030 a	0,079 ab	0,061 a	0,052 a
Mietlica pospolita Colonial bent grass	0,266 abc	0,163 b	0,215 ab	0,047 a	0,039 a	0,077 ab	0,052 a	0,051 a
Koniczyna biała White clover	0,287 c	0,187 c	0,236 b	0,052 a	0,044 a	0,091 b	0,049 a	0,051 a

Objaśnienia: patrz tab. 2 – Explanation: see Tab. 2

Wilgotność gleby w rzędach drzew, w trzecim roku po posadzeniu jabłoni (2006), w zależności od sposobu pielęgnacji gleby
Soil moisture in the tree rows, in the third year following the apple tree planting (2006), depending on the orchard floor management treatment

Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management	Termin – Date										
	26 IV	10 V	23 V	7 VI	22 VI	6 VII	20 VII	1 VIII	17 VIII	31 VIII	21 IX
[% objętościowe] – [% of the volume]											
Poziom 0–30 cm – 0–30 cm horizon											
Ugór herbicydowy Herbicide fallow	19,30 a	19,35 c	17,67 c	17,26 c	19,30 bc	10,73 d	13,05 a	19,57 b	19,83 b	25,04 b	15,08 a
Agrotkanina Nonwoven polypropylene	19,92 a	19,94 c	17,45 c	18,00 c	20,20 c	14,23 d	18,18 b	21,36 b	21,69 c	25,20 b	19,78 b
Aksamitka rozpierzchna French marigold	18,49 a	17,36 b	12,66 b	12,65 b	14,40 a	6,05 bc	8,46 a	12,47 a	19,28 ab	22,18 a	15,47 a
Kostrzewa owcza* Blue fescue	16,73 a	16,81 b	10,66 ab	8,76 ab	16,35 ab	6,68 c	12,43 a	12,19 a	18,24 ab	21,06 a	15,42 a
Mietlica pospolita Colonial bent grass	21,87 a	16,14 ab	9,71 a	7,79 a	15,65 a	4,51 ab	8,62 a	11,08 a	18,97 ab	22,12 a	14,92 a
Koniczyna biała White clover	17,37 a	14,77 a	7,97 a	6,76 a	15,56 a	3,60 a	10,42 a	12,10 a	17,90 a	20,73 a	12,45 a
Poziom 30–50 cm – 30–50 cm horizon											
Ugór herbicydowy Herbicide fallow	19,48 b	18,72 a	16,06 a	14,54 c	17,85 b	15,58 a	10,56 c	13,55 bc	18,55 a	19,35 a	15,20 a
Agrotkanina Nonwoven polypropylene	21,44 b	20,05 a	17,94 a	15,48 c	19,53 b	14,85 a	16,96 d	17,18 c	18,22 a	19,41 a	17,88 a
Aksamitka rozpierzchna French marigold	17,07 a	15,61 a	14,57 a	13,77 bc	11,17 a	9,07 a	5,72 a	7,23 a	15,45 a	16,14 a	14,06 a
Kostrzewa owcza* Blue fescue	20,55 b	16,86 a	14,47 a	12,00 abc	12,49 a	11,39 a	8,42 abc	7,93 a	15,95 a	19,15 a	13,97 a
Mietlica pospolita Colonial bent grass	20,61 b	19,21 a	14,11 a	8,66 a	8,78 a	14,09 a	6,63 ab	8,81 ab	17,23 a	22,44 a	13,28 a
Koniczyna biała White clover	16,78 a	13,79 a	12,14 a	9,99 ab	10,51 a	6,14 a	9,39 bc	9,74 ab	15,64 a	16,93 a	12,31 a

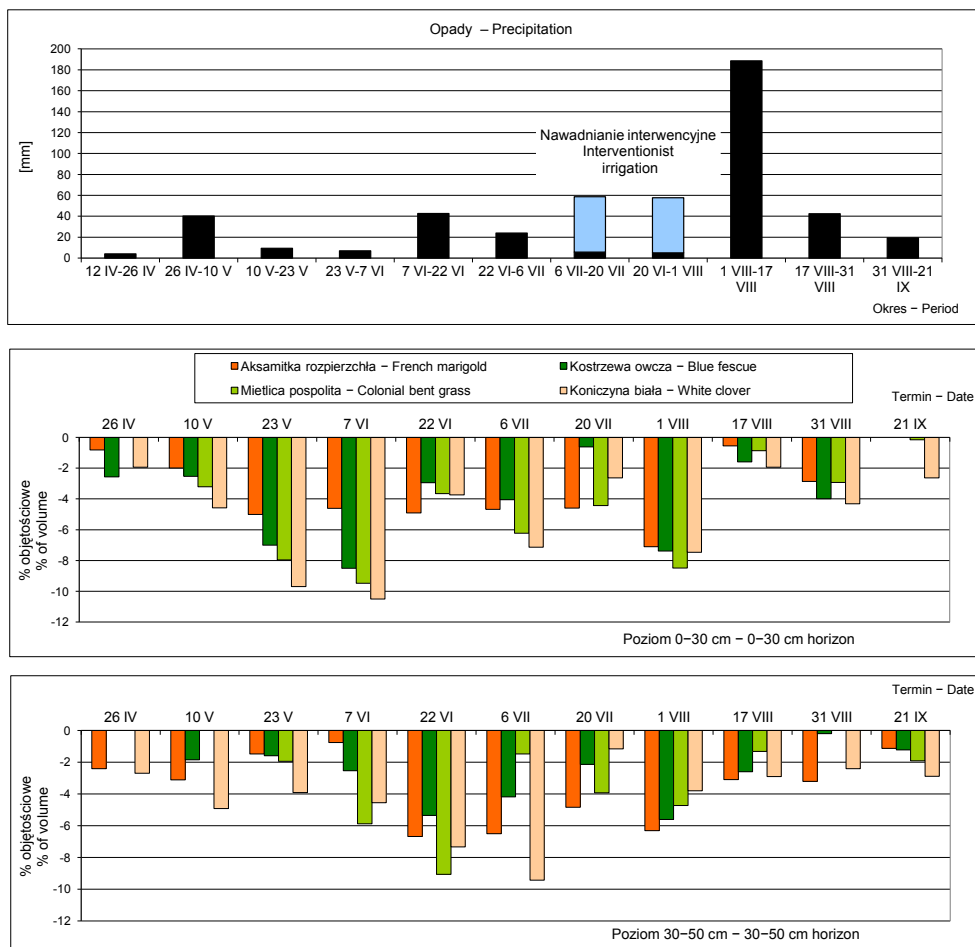
Objaśnienia: patrz tab. 2 – Explanation: see Tab. 2

Tabela 10
Table 10

Wilgotność gleby w rzędach drzew, w siódmym roku po posadzeniu jabłoni (2010), w zależności od sposobu pielęgnacji gleby
Soil moisture in the tree rows, in the seventh year following the apple tree planting (2010), depending on the orchard floor management treatment

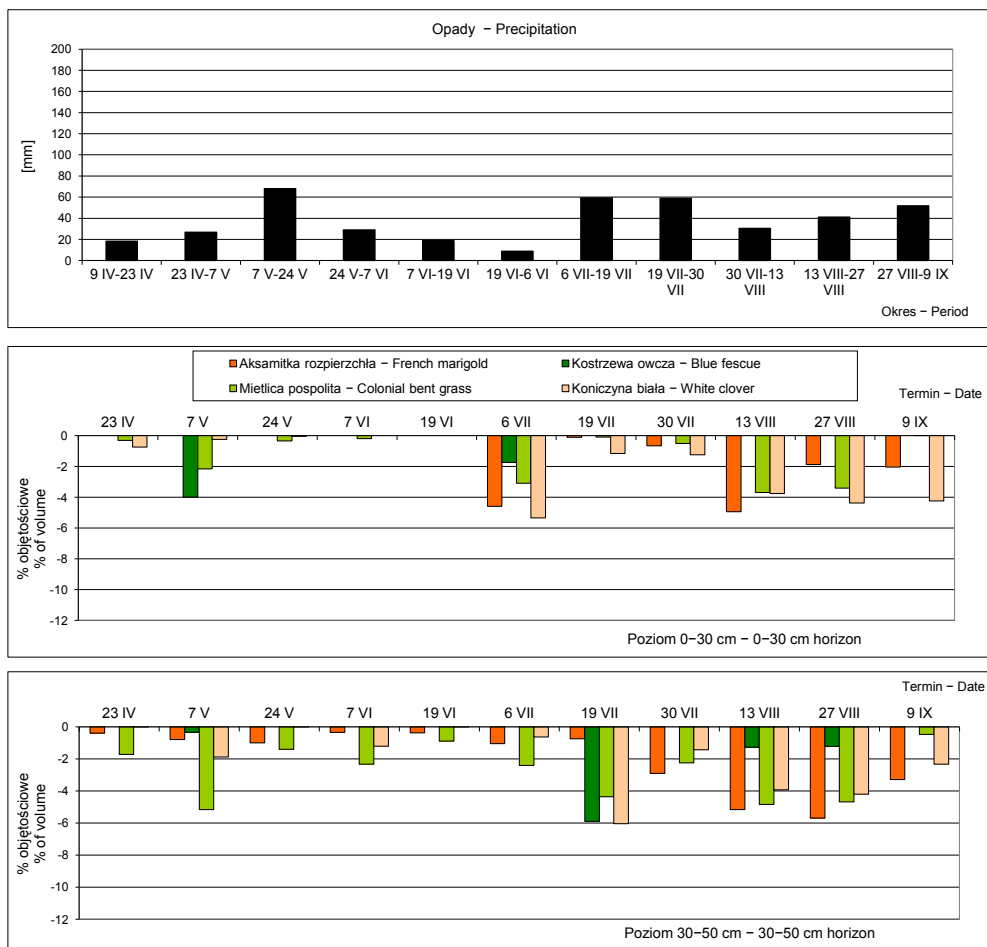
Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management	Termin – Date										
	23 IV	7 V	24 V	7 VI	19 VI	6 VII	19 VII	30 VII	13 VIII	27 VIII	9 IX
	% objętościowe] – [% of the volume]										
	Poziom 0–30 cm – 0–30 cm horizon										
Ugór herbicydowy Herbicide fallow	21,34 a	24,11 a	24,92 a	21,11 a	14,62 a	12,75 a	23,59 a	23,22 a	22,87 b	25,23 bc	27,38 bc
Agrotkanina	21,25 a	20,94 a	24,06 a	20,32 a	14,42 a	9,14 a	21,36 a	21,47 a	19,59 a	21,58 a	24,60 a
Nonwoven polypropylene	21,86 a	24,92 a	25,19 a	22,39 a	18,19 a	8,15 a	23,48 a	22,56 a	17,93 a	23,36 ab	25,33 ab
Aksamitka rozpierzchła French marigold	22,83 a	20,12 a	26,08 a	22,98 a	18,20 a	11,00 a	24,80 a	24,23 a	23,11 b	26,92 c	30,09 d
Kostrzewa owcza* Blue fescue	21,03 a	21,95 a	24,57 a	20,92 a	17,29 a	9,65 a	23,49 a	22,71 a	19,18 a	21,82 a	28,45 cd
Mietlica pospolita Colonial bent grass	20,59 a	23,86 a	24,88 a	22,75 a	17,45 a	7,40 a	22,43 a	21,98 a	19,11 a	20,85 a	23,13 a
Koniczyna biała White clover											
	Poziom 30–50 cm – 30–50 cm horizon										
Ugór herbicydowy Herbicide fallow	22,48 a	22,09 b	24,12 a	22,89 a	18,34 a	13,28 a	23,27 a	22,66 a	24,46 c	23,94 a	24,15 a
Agrotkanina	22,34 a	21,91 b	26,03 a	23,08 a	19,08 a	13,59 a	17,95 a	21,67 a	22,49 bc	22,13 a	23,72 a
Nonwoven polypropylene	22,09 a	21,31 b	23,13 a	22,55 a	17,97 a	12,24 a	22,54 a	19,76 a	19,30 a	18,26 a	20,86 a
Aksamitka rozpierzchła French marigold	24,88 a	21,75 b	25,55 a	23,52 a	20,14 a	14,27 a	17,38 a	23,27 a	23,20 c	22,72 a	24,42 a
Blue fescue	20,76 a	16,94 a	22,72 a	20,57 a	17,46 a	10,87 a	18,91 a	20,41 a	19,62 a	19,26 a	23,69 a
Mietlica pospolita Colonial bent grass	22,85 a	20,22 b	26,36 a	21,68 a	19,58 a	12,66 a	17,23 a	21,23 a	20,54 ab	19,75 a	21,83 a
Koniczyna biała White clover											

Objaśnienia: patrz tab. 2 – Explanation: see Tab. 2



Rys. 3. Obniżenie wilgotności w glebie pokrytej darnią żywej ściółki w stosunku do ugoru herbicydowego, w trzecim roku po posadzeniu jabłoni (2006), na tle opadów
 Fig. 3. Soil moisture reduction under the living mulch cover relative to the herbicide fallow treatment, in the third year following the apple tree planting (2006) presented against the precipitation data

Analiza faktycznego stanu uwilgotnienia gleby pod żywymi ściółkami, przeprowadzona w trzecim (2006) i siódmym (2010) roku po posadzeniu jabłoni, ukazała przeciwnie tendencje (tab. 9–10). W tych sposobach pielęgnacji gleby, w których wodę pobierały zarówno jabłonie, jak i rośliny okrywowe, wilgotność gleby była niejednokrotnie niższa w porównaniu z ugorem herbicydowym lub ściółkowaniem agrotkaniną. W trzecim roku po posadzeniu drzew istotne różnice najczęściej notowano w warstwie 0–30 cm, a w niektórych okresach – również w poziomie 30–50 cm. Rok 2006 charakteryzował się mniejszą ilością opadów od drugiej dekady kwietnia do końca lipca (138 mm) w porównaniu z rokiem 2010 (289 mm) (rys. 3–4). Wystąpiły w nim okresy suszy (rys. 1). Obniżenie wilgotności gleby w stosunku do ugoru herbicydowego było większe pod żywymi ściółkami z koniczyny białej i wieloletnich traw.



Rys. 4. Obniżenie wilgotności w glebie pokrytej darnią żywej ściółki w stosunku do ugoru herbicydowego, w siódmym roku po posadzeniu jabłoni (2010), na tle opadów

Fig. 4. Soil moisture reduction under the living mulch cover relative to the herbicide fallow treatment, in the seventh year following the apple tree planting (2010) presented against the precipitation data

W roku 2010, przy większej ilości opadów i korzystniejszym ich rozkładzie, opisywane tendencje obserwowano sporadycznie. W niektórych terminach pomiarowych wilgotność gleby pod niektórymi żywymi ściółkami, a zwłaszcza kostrzewą owczą, była większa w porównaniu z agrotkaniną, sporadycznie także ugorem herbicydowym. Istotne różnice, szczególnie w warstwie 0–30 cm, zanotowano dopiero pod koniec okresu letniego.

4.2. Charakterystyka roślin okrywowych i ich zachwaszczenia

4.2.1. Pokrycie gleby żywymi ściółkami

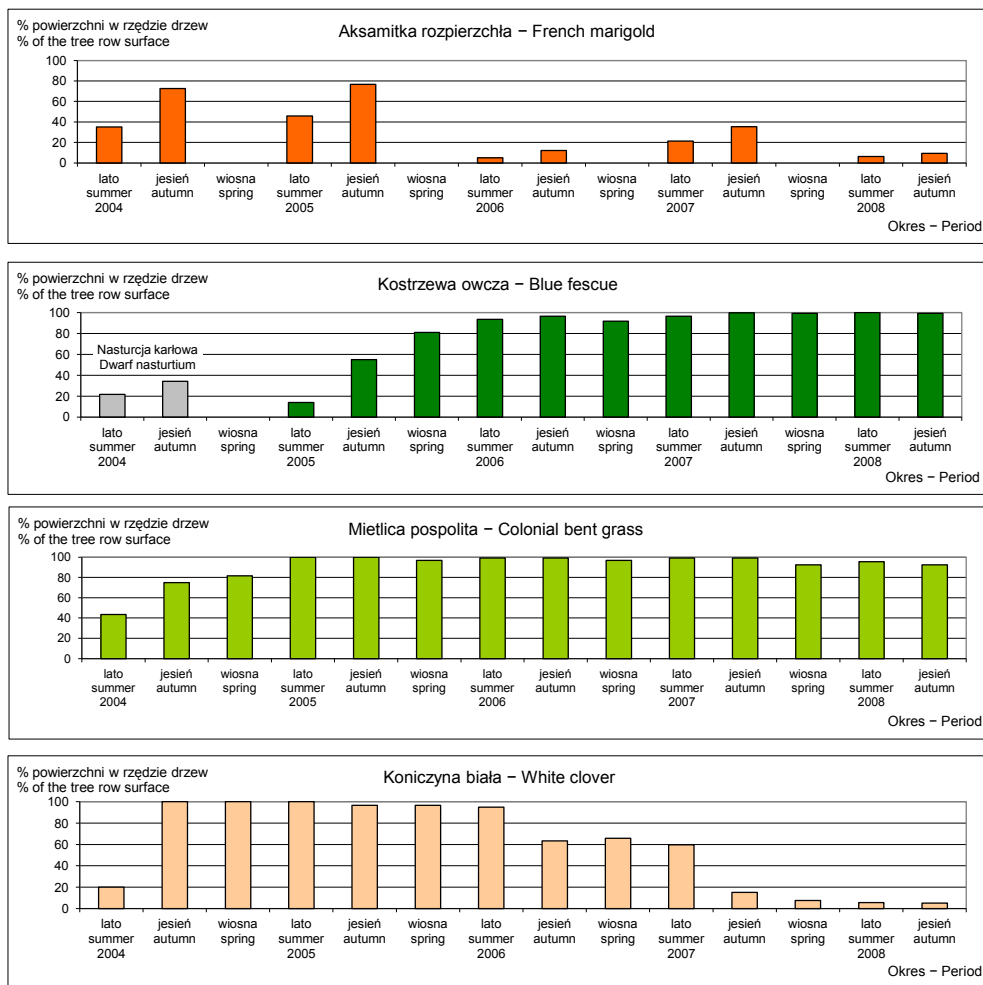
W latach 2004–2008 procent powierzchni gleby w rzędach drzew pokryty darnią żywych ściółek był zróżnicowany w zależności od gatunku uprawianych roślin (rys. 5). Niewielkie okrycie gleby zapewniła aksamitka rozpierzchna. Jedynie w pierwszych dwóch latach po posadzeniu jabłoni (2004–2005) ręczne pielenie zapewniło jej pomyślny rozwój (tab. 1) i pokrycie gleby w okresie jesiennym osiągnęło około 70–75%. Rezygnacja z tego zabiegu w kolejnych latach znacznie ograniczyła obecność tych roślin. Od 2006 r. średnie roczne pokrycie gleby aksamitką rozpierzchną było już istotnie niższe – od 5,1 do 18,9% (tab. 11). Podobnie, niezadowalające dane uzyskano, uprawiając pod drzewami nasturcję karłowatą (34,2%). Przeciwnie, prawie 100% pokrycie powierzchni gleby, już w drugim roku po wysiewie żywych ściółek, zapewniły uprawa mietlicy pospolitej oraz zastąpienie nasturcji karłowej kostrzewą owczą. W przypadku dynamicznie rozprzestrzeniającej się koniczyny białej taki poziom zabezpieczenia gleby uzyskano już jesienią w roku jej wysiewu. W kolejnym roku (2005) średnia roczna powierzchnia pokryta darnią koniczyny białej była istotnie wyższa w porównaniu z pozostałymi ściółkami żywymi i wynosiła 98,9%. Jednak w następnych latach duże zachwaszczenie tej uprawy głównie przez perz właściwy – *Elymus repens* (L.) Gould (tab. 12–13, rys. 9) ograniczyło populację koniczyny białej w rzędach jabłoni. W piątym roku po wysiewie średnia roczna powierzchnia zadarnienia osiągnęła jedynie 6% i była istotnie niższa w porównaniu z uzyskaną przy wykorzystaniu wieloletnich traw.

4.2.2. Zachwaszczenie roślin okrywowych

Przedstawione w tabeli 12 średnie zachwaszczenie z lat 2004–2008 wskazuje obecność ponad 25 rodzajów roślin, z których każdy był reprezentowany przez jeden lub kilka gatunków chwastów. Niektóre spośród nich zajmowały zaledwie kilka procent powierzchni gleby w rzędach drzew. Taki sporadyczny charakter miało występowanie chwastów wieloletnich: ostrożeńca polnego – *Cirsium arvense* (L.) Scop. czy skrzypu polnego – *Equisetum arvense* L. oraz jednorocznych, takich jak: szarłat szorstki – *Amaranthus retroflexus* L., wiosnowka pospolita – *Erophila verna* (L.) Chevall., rdest ptasi – *Polygonum aviculare* L., a także gatunków z rodzaju przetacznik – *Veronica* i wyka – *Vicia*. Za znacznie bardziej uciążliwe uznano w okresie wiosennym chwasty z rodzaju jasnota – *Lamium*, typowe dla okresu letniego: komosę pospolitą – *Chenopodium album* L. oraz chwastnicę jednostronną – *Echinochloa crus-galli* (L.) P.B., a także rośliny obecne w całym okresie wegetacji: wiechlinę roczną – *Poa annua* L., gwiazdnicę pospolitą – *Stellaria media* (L.) Vill., starca zwyczajnego – *Senecio vulgaris* L. i gatunki z rodzaju rumianek – *Chamomilla*. Zdecydowanie największy procentowy udział powierzchni gleby zajmowały gatunki wieloletnie: perz właściwy – *Elymus repens* (L.) Gould oraz mniszek lekarski – *Taraxacum officinale* Web. Nieco mniejsze znacznie w obrębie gatunków trwałych miał rodzaj koniczyna – *Trifolium* i niektóre gatunki traw z rodziny wiechlinowatych – *Poaceae*.

Zachwaszczenie żywych ściółek miało charakter trwały i utrzymywało się przez cały okres wegetacji. W przypadku ugoru herbicydowego jedno- i wieloletnie chwasty pojawiały się periodycznie i osiągały kulminację w czasie bezpośrednio poprzedzającym oprysk środkami dolistnymi. Wśród gatunków zachwaszczających ugor herbicydowy największy udział

miały: gwiazdnica pospolita – *Stellaria media* (L.) Vill., starzec zwyczajny – *Senecio vulgaris* L., wiechlina roczna – *Poa annua* L. oraz wieloletni mniszek lekarski – *Taraxacum officinale* Web. Latem większe znaczenie miały rośliny jednoroczne komosa zwyczajna – *Chenopodium album* L. i chwastnica jednostronna – *Echinochloa crus-galli* (L.) P.B., a jesienią dominowały rodzaje gwiazdnica – *Stellaria* i jasnota – *Lamium*. Jedynym wyjątkiem był wieloletni perz właściwy – *Elymus repens* (L.) Gould. W ugorze herbicydowym występowanie tego gatunku miało charakter sporadyczny, nawet w okresie letnim nie przekroczyło 13% powierzchni gleby w rzędach drzew.



Rys. 5. Dynamika zmian procentowego udziału powierzchni gleby pokrytej darnią żywej ściółki w rzędach drzew, w latach 2004–2008, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby
 Fig. 5. The dynamics of change in the percentage of the soil surface under the living mulch cover in the tree rows, in the years 2004–2008, depending on the orchard floor management treatment

Tabela 11

Table 11

Procent powierzchni gleby pokrytej darnią żywej ściółki w rzędach drzew jabłoni, w latach 2004–2008, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby, średnia z okresu od wiosny do jesieni
Soil surface percentage under the living mulch cover in the apple tree rows, in the years 2004–2008, depending on the orchard floor management treatment, mean of the spring – autumn period

Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management	Rok – Year				
	2004	2005	2006	2007	2008
Aksamitka rozpierzchła – French marigold	53,8 b	40,8 b	5,7 a	18,9 a	5,1 a
Kostrzewa owcza* – Blue fescue	27,9 a	22,9 a	90,1 b	95,8 c	99,4 c
Mietlica pospolita – Colonial bent grass	59,2 b	93,9 c	98,3 c	98,3 c	93,5 b
Koniczyna biała – White clover	60,0 b	98,9 d	85,0 b	46,8 b	6,0 a

Objaśnienia: patrz tab. 2 – Explanation: see Tab. 2

Największe zachwaszczenie obserwowano w okresie letnim. W kolejnych latach, od 2004 do 2008, analizowano zmiany procentowego udziału powierzchni gleby zajmowanej przez poszczególne gatunki chwastów na tle występującego pokrycia gleby przez rośliny okrywowe (rys. 6–9). Stwierdzono duży wpływ żywych ściółek na skład gatunkowy występujących w nich chwastów, ale w kolejnych latach pokrycie gleby przez rośliny okrywowe było również uzależnione od konkurującego z nią zachwaszczenia. Już w okresie letnim w roku wysiewu badanych ściółek zanotowano dużą różnorodność występujących w nich jedno- i wieloletnich chwastów. Podobna sytuacja utrzymywała się w kolejnych latach w odnawianej corocznie akсамitce rozpierzchłej i w znacznym stopniu organiczyła wielkości jej populacji. Już w drugim roku po wysiewie ściółek uprawa wieloletnich traw przyczyniła się do wyraźnej eliminacji zachwaszczenia gatunkami jednorocznymi (rys. 7–8). W darni mietlicy pospolitej i kostrzewy owczej, wypełniającej prawie w 100% powierzchnię gleby w rzędach jabłoni, większe znaczenie miał jedynie perz właściwy – *Elymus repens* (L.) Gould oraz mniszek lekarski – *Taraxacum officinale* Web. W przypadku kostrzewy owczej na ponad 15% powierzchni rozprzestrzeniały się również gatunki z rodzaju koniczyna – *Trifolium*, natomiast w mietlicy pospolitej obserwowano powój polny – *Convolvulus arvensis* L., a od 2007 roku również, występujący tylko w tej żywej ściółce, krowanik pospolity – *Achillea millefolium* L. Podobne tendencje wystąpiły w pierwszych latach uprawy koniczyny białej. Obserwowany jednak od 2008 r. dynamiczny rozwój zachwaszczenia tej ściółki doprowadził do szybkiego ograniczenia jej populacji, w wyniku czego koniczynę białą zastąpił perz właściwy – *Elymus repens* (L.) Gould.

4.2.3. Dynamika zmian w występowaniu najważniejszych gatunków chwastów

Perz właściwy – *Elymus repens* (L.) Gould oraz mniszek lekarski – *Taraxacum officinale* Web., a w mniejszym stopniu również kilka jednorocznych gatunków, utworzyły permanentne zachwaszczenie żywych ściółek (tab. 12). Okresowy charakter miało natomiast ich występowanie w ugorze herbicydowym.

W 2004 r. nie stwierdzono istotnego wpływu sposobu pielęgnacji gleby na procentowy udział powierzchni zajmowanej przez perz właściwy – *Elymus repens* (L.) Gould (tab. 13).

Tabela 12
Table 12

Procent powierzchni gleby zajmowanej przez poszczególne gatunki chwastów w rzędach drzew jabłoni, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby, średnia z lat 2004–2008

Soil surface percentage under individual weed species in the apple tree rows, depending on the orchard floor management treatment, 2004–2008 mean

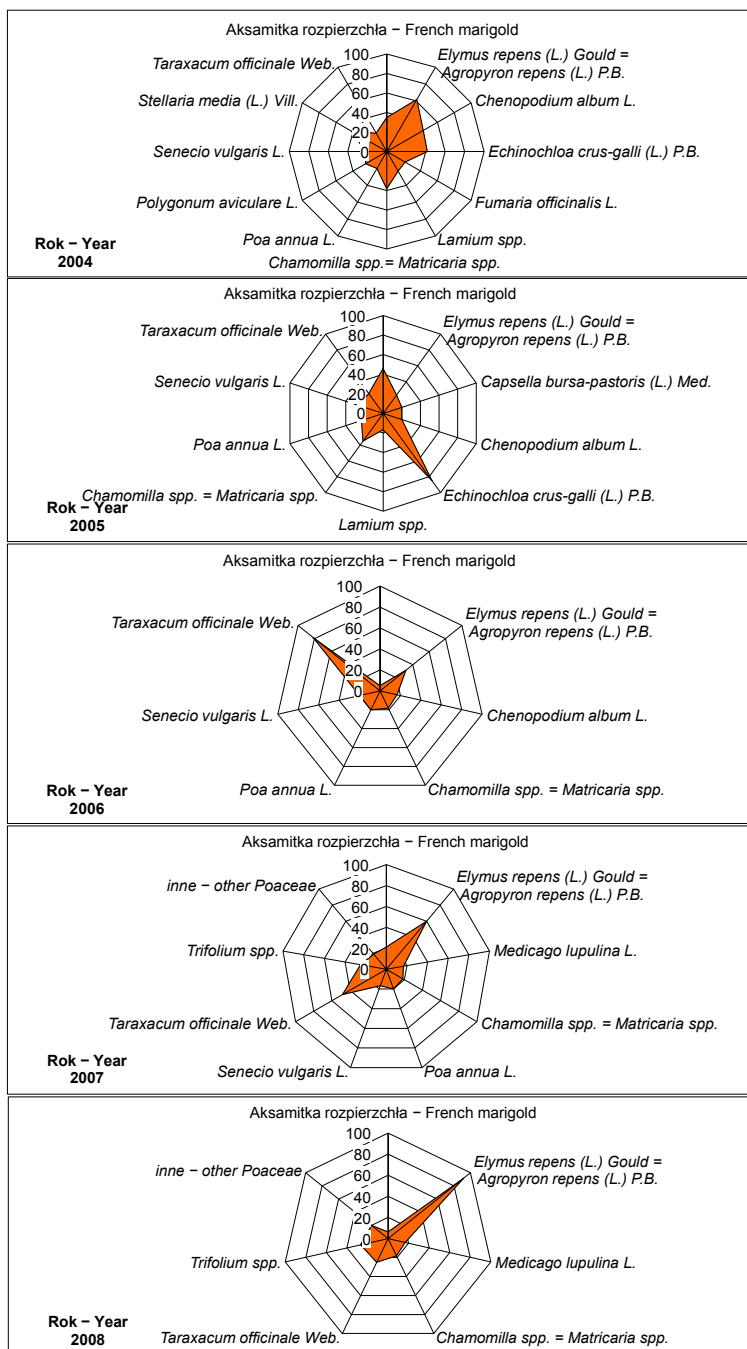
Gatunek chwastu Weed species	Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management														
	Aksamitka rozpięzchła French marigold			Kostrzewa owcza* Blue fescue			Mietlica pospolita Colonial bent grass			Koniczyna biała White clover			Ugór herbicydowy Herbicide fallow		
	wiosna**	lato	jesień	wiosna**	lato	jesień	wiosna**	lato	jesień	wiosna**	lato	jesień	wiosna**	lato	jesień
1. <i>Amaranthus retroflexus</i> L.	–	5,0	4,0	–	4,0	2,7	–	3,0	2,0	–	3,3	3,7	–	16,0	8,3
2. <i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Med.	7,5	12,3	5,7	9,2	10,7	10,0	7,1	6,0	5,7	7,1	6,0	2,0	18,4	29,3	24,3
3. <i>Chamomilla</i> spp. = <i>Matricaria</i> spp.	17,1	25,6	10,7	12,1	18,0	10,3	4,2	13,3	2,3	4,2	9,0	1,3	11,7	23,0	14,7
4. <i>Chenopodium album</i> L.	5,0	21,3	14,0	0,8	18,7	8,3	0,8	13,0	5,0	2,5	22,7	21,0	5,4	39,0	22,3
5. <i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	5,8	9,7	9,7	0,9	1,7	1,7	0,9	7,0	6,7	2,9	5,3	5,7	–	2,7	0,3
6. <i>Convolvulus arvensis</i> L.	2,9	11,3	9,7	6,3	13,7	11,3	0,8	16,7	12,7	1,3	13,0	6,7	5,9	12,0	4,0
7. <i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P.B.	–	31,0	13,3	–	25,7	10,3	–	10,7	4,3	–	5,7	6,7	–	40,0	15,7
8. <i>Elymus repens</i> (L.) Gould = <i>Agropyron repens</i> (L.) P.B.	67,5	53,7	60,7	36,3	29,0	31,3	75,9	62,3	66,3	72,1	68,7	70,0	7,5	13,0	4,0
9. <i>Equisetum arvense</i> L.	0,4	6,4	4,0	1,3	4,0	3,0	–	5,3	3,0	–	1,3	–	0,4	6,0	3,0

Tabela 12 cđ.
Table 12 cont.

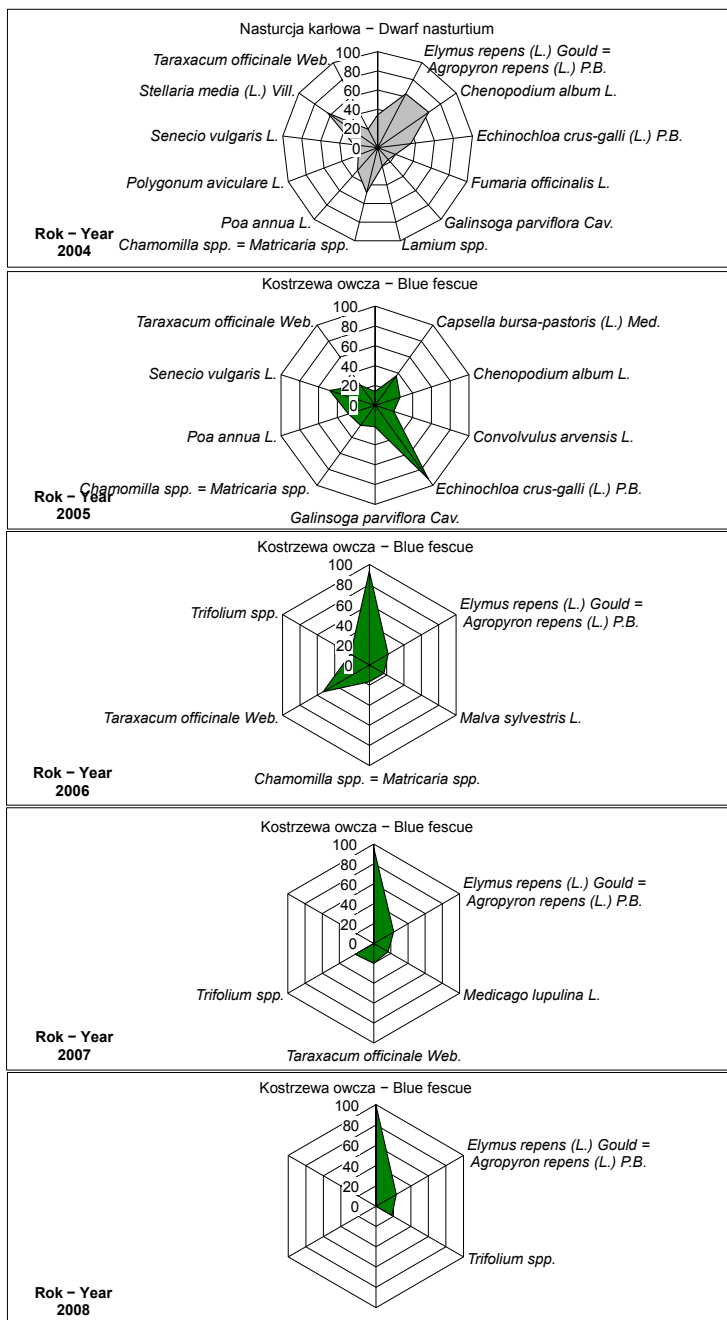
10.	<i>Erophila verna</i> (L.) Chevall.	5,8	3,3	-	0,8	2,3	-	2,1	3,0	-	5,8	2,0	-	26,3	5,3	-
11.	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	-	9,3	12,7	-	8,3	11,0	-	1,3	0,3	-	3,0	2,0	-	3,3	5,7
12.	<i>Geranium</i> spp.	13,7	8,0	7,0	10,4	6,0	4,0	7,1	6,7	2,0	4,6	7,0	3,3	10,0	6,3	10,7
13.	<i>Lamium amplexicaule</i> L. <i>Lamium purpureum</i> L.	14,6	9,7	5,0	9,6	6,3	5,7	12,5	3,7	6,3	15,4	5,0	5,7	21,3	29,7	54,3
14.	<i>Malva sylvestris</i> L.	4,6	6,7	8,0	10,0	11,3	11,4	2,1	3,7	4,3	4,6	6,0	7,3	5,4	7,7	11,0
15.	<i>Medicago lupulina</i> L.	8,3	10,3	7,3	4,6	10,0	7,0	5,0	14,7	5,7	-	4,3	0,3	5,4	5,3	1,7
16.	<i>Poa annua</i> L.	24,2	18,3	14,0	15,8	12,3	16,3	5,0	5,7	4,0	8,8	6,3	3,7	26,7	29,3	22,3
17.	inne <i>Poaceae</i> other <i>Poaceae</i>	11,3	10,7	12,0	5,4	4,0	2,0	2,5	2,3	6,0	16,2	15,3	14,0	12,9	8,0	9,3
18.	<i>Polygonum aviculare</i> L.	4,2	11,3	7,0	-	6,3	2,0	-	5,3	3,3	-	10,0	6,6	-	4,6	0,3
19.	<i>Senecio vulgaris</i> L.	13,8	18,0	11,3	-	15,3	19,3	6,7	5,0	5,0	7,5	8,0	3,0	10,0	34,3	39,3
20.	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	22,9	12,0	9,0	19,6	16,3	12,7	15,4	11,3	7,7	30,0	14,3	8,3	32,9	47,7	66,3
21.	<i>Taraxacum officinale</i> Web.	65,0	40,3	49,6	48,7	24,7	43,7	29,2	23,7	26,0	20,4	21,0	20,6	17,1	22,7	24,7
22.	<i>Trifolium</i> spp.	26,3	16,0	22,7	15,5	15,0	18,0	10,9	14,7	13,7	-	-	-	11,3	15,3	14,7
23.	<i>Veronica</i> spp.	4,6	1,3	0,3	0,9	1,0	0,7	2,5	2,7	-	1,3	1,7	-	10,4	1,3	1,3
24.	<i>Viola arvensis</i> Murr.	0,8	4,3	0,7	0,9	2,3	0,3	0,4	5,7	1,0	-	3,3	-	2,5	3,3	0,7
25.	<i>Vicia</i> spp.	3,3	2,3	1,7	4,2	3,3	1,0	4,2	3,7	3,0	-	0,7	-	3,8	0,3	1,0

* w 2004 r. nasturcja karłowa – in 2004 dwarf nasturtium

** średnia z lat 2005–2008 – 2005–2008 mean

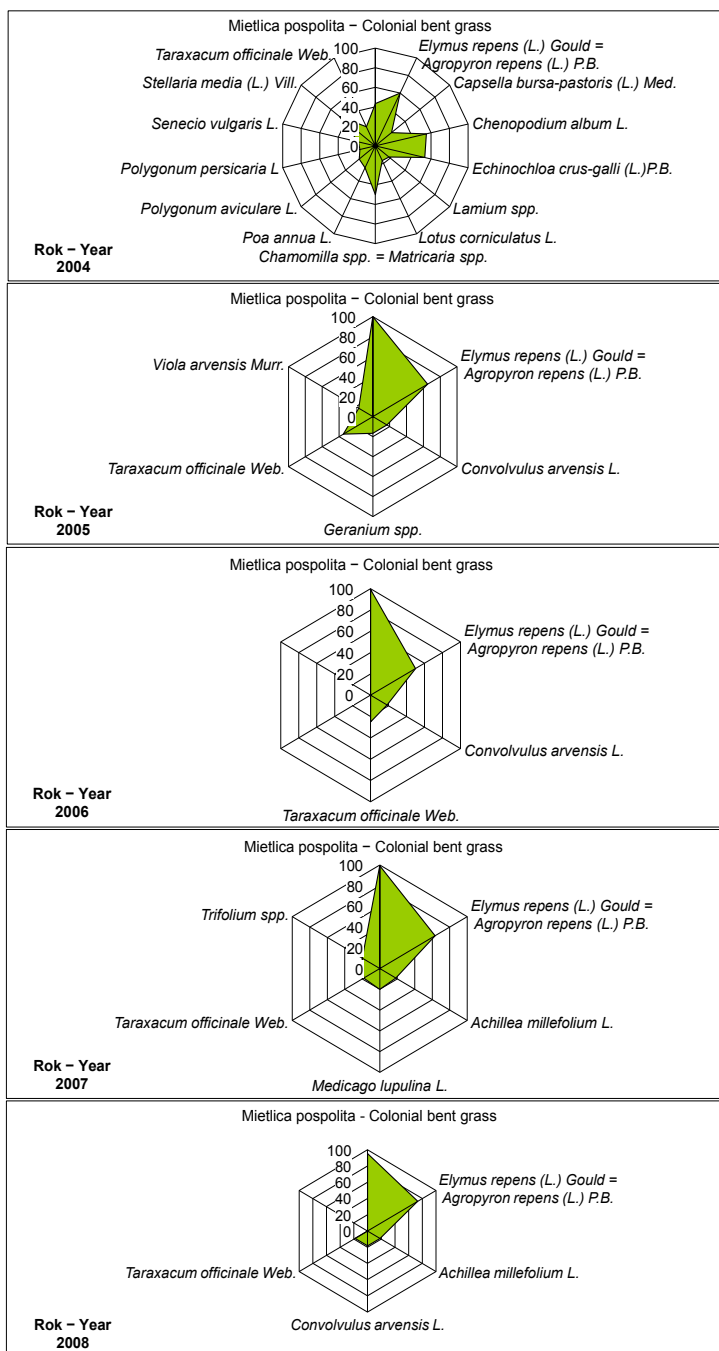


Rys. 6. Procent powierzchni gleby zajmowanej przez aksamitkę rozpierzchłą oraz gatunki chwastów, których udział w rzędach drzew jabłoni, w okresach letnich od 2004 do 2008 r. wynosił ponad 15%
 Fig. 6. Soil surface percentage under the French marigold and the weed species whose share in the apple tree rows during summers of the 2004–2008 period was exceeding 15%



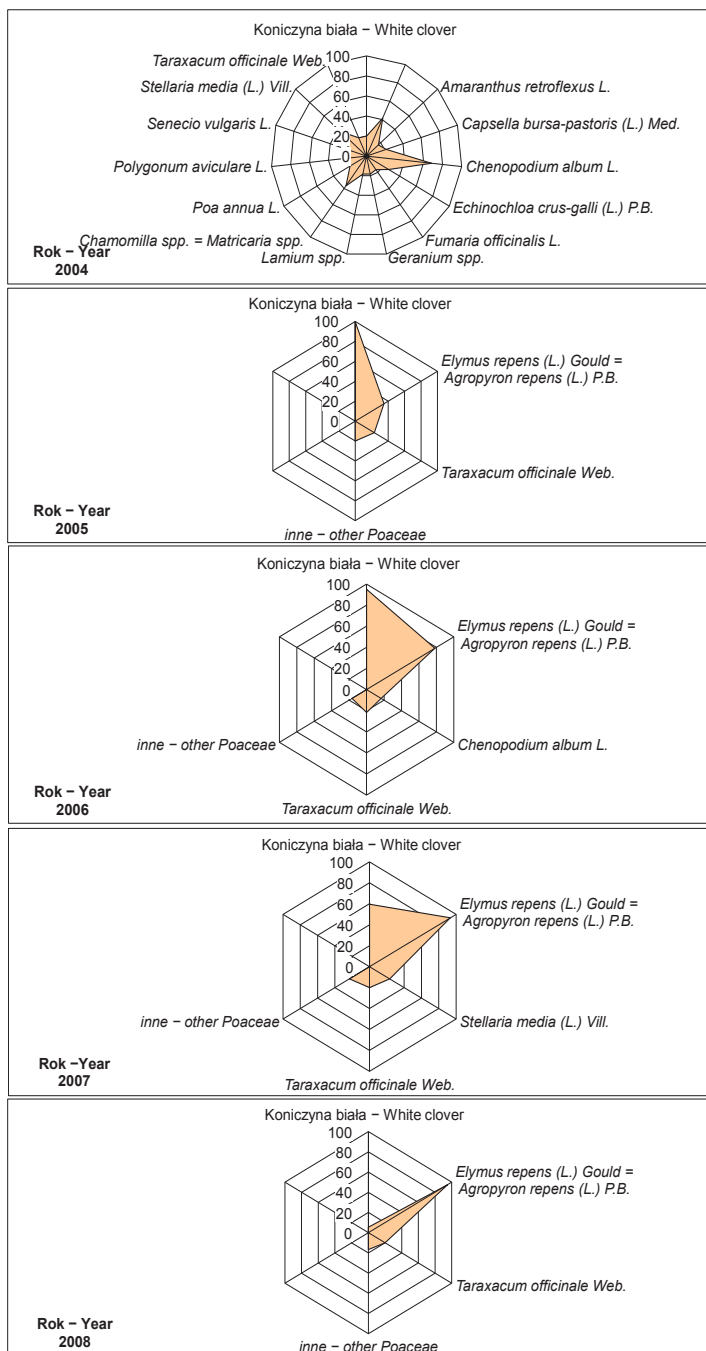
Rys. 7. Procent powierzchni gleby zajmowanej przez nasturcję karłowatą lub kostrzewę owcza oraz gatunki chwastów, których udział w rzędach drzew jabłoni, w okresach letnich od 2004 do 2008 r. wynosił ponad 15%

Fig. 7. Soil surface percentage under the dwarf nasturtium or blue fescue and the weed species whose share in the apple tree rows during summers of the 2004–2008 period was exceeding 15%



Rys. 8. Procent powierzchni gleby zajmowanej przez mietlicę pospolitą oraz gatunki chwastów, których udział w rzędach drzew jabłoni, w okresach letnich od 2004 do 2008 r. wynosił ponad 15%

Fig. 8. Soil surface percentage under the colonial bent grass and the weed species whose share in the apple tree rows during summers of the 2004–2008 period was exceeding 15%



Rys. 9. Procent powierzchni gleby zajmowanej przez koniczynę białą oraz gatunki chwastów, których udział w rzędach drzew jabłoni, w okresach letnich od 2004 do 2008 r. wyniósł ponad 15%

Fig. 9. Soil surface percentage under the white clover and the weed species whose share in the apple tree rows during summers of the 2004–2008 period was exceeding 15%

Tabela 13

Table 13

Procent powierzchni gleby zajmowanej przez najważniejsze gatunki chwastów wieloletnich w rzędach drzew jabłoni, w latach 2004–2008, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby, średnia z okresu od wiosny do jesieni

Soil surface percentage under the most important permanent weed species in the apple tree rows, in the years 2004–2008, depending on the orchard floor management treatment, spring – autumn mean

Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management	Rok – Year				
	2004	2005	2006	2007	2008
<i>Elymus repens</i> (L.) Gould = <i>Agropyron repens</i> (L.) P.B.					
Ugórze herbicydowe – Herbicide fallow	38,3 a	8,9 a	3,9 a	–	–
Aksamitka rozpierzchła – French marigold	58,3 a	43,9 b	42,2 c	63,9 b	91,7 b
Kostrzewa owcza* – Blue fescue	60,0 a	37,2 b	26,1 b	24,4 a	21,1 a
Mietlica pospolita – Colonial bent grass	63,3 a	65,0 c	66,1 d	64,4 b	77,8 b
Koniczyna biała – White clover	36,7 a	40,6 b	78,3 d	91,1 c	92,8 b
<i>Taraxacum officinale</i> Web.					
Ugórze herbicydowe – Herbicide fallow	20,0 a	17,2 a	27,8 ab	24,4 b	18,9 b
Aksamitka rozpierzchła – French marigold	25,0 ab	36,7 b	86,7 d	60,0 c	36,7 c
Kostrzewa owcza* – Blue fescue	30,0 b	52,8 c	67,8 c	26,1 b	12,2 a
Mietlica pospolita – Colonial bent grass	30,0 b	31,1 b	32,2 b	19,4 a	18,9 b
Koniczyna biała – White clover	21,7 a	21,1 a	20,0 a	20,0 a	21,1 b

Objaśnienia: patrz tab. 2 – Explanation: see Tab. 2

W kolejnych latach analiza dynamiki zmian występowania tego gatunku w żywych ściółkach ukazała skuteczne jego ograniczenie jedynie w kostrzewie owczej (rys. 10). W 2007 i 2008 r. udział tego gatunku był istotnie niższy w porównaniu z obserwowanymi w innych żywych ściółkach, wynosząc odpowiednio 24,4 i 21,1%. W tym samym okresie zachwaszczenie koniczyny białej osiągnęło ponad 90%. Całkowitą eliminację perzu właściwego – *Elymus repens* (L.) Gould, w czwartym i piątym roku po posadzeniu jabłoni zapewniło jedynie zastosowanie herbicydów. Udział mniszka lekarskiego – *Taraxacum officinale* Web. w okresie pięciu lat badań kształtował się w ugorze herbicydowym na stosunkowo wyrównanym poziomie (17,2–27,8%), i był zbliżony do obserwowanego w koniczynie białej. W niektórych latach zachwaszczenie tym gatunkiem wieloletnich traw było istotnie większe. Największe obserwowano w aksamitce rozpierzchłej. Od 2005 r. udział powierzchni gleby zajmowanej przez mniszka lekarskiego – *Taraxacum officinale* Web. był istotnie wyższy w tej ściółce niż w ugorze herbicydowym, a w kolejnych latach także w stosunku do pozostałych roślin okrywowych.

Poziom zachwaszczania najważniejszymi gatunkami jednorocznymi w wieloletnich żywych ściółkach osiągnął kulminację w dwóch pierwszych latach po ich założeniu (tab. 14, rys. 11–13). Stopniową eliminację takich chwastów obserwowano od 2006 r. Nawet w przypadku ponownej inwazji gatunku gwiazdnica pospolita – *Stellaria media* (L.) Vill. w koniczynie białej, co miało miejsce w latach 2007–2008, istotnie większą powierzchnię zanotowano przy chemicznym zwalczaniu zachwaszczenia. W ugorze herbicydowym i w uprawie aksamitki rozpierzchłej gatunki jednoroczne występowały w każdym roku badań. Ich procentowy udział na powierzchni gleby okrytej aksamitką rozpierzchłą był najczęściej istotnie niższy w porównaniu z zachwaszczeniem w ugorze herbicydowym. Jedynie w przypadku gatunków z rodzaju rumianek – *Chamomilla*, w niektórych latach, występowanie tych roślin w aksamitce rozpierzchłej było istotnie wyższe.

Tabela 14

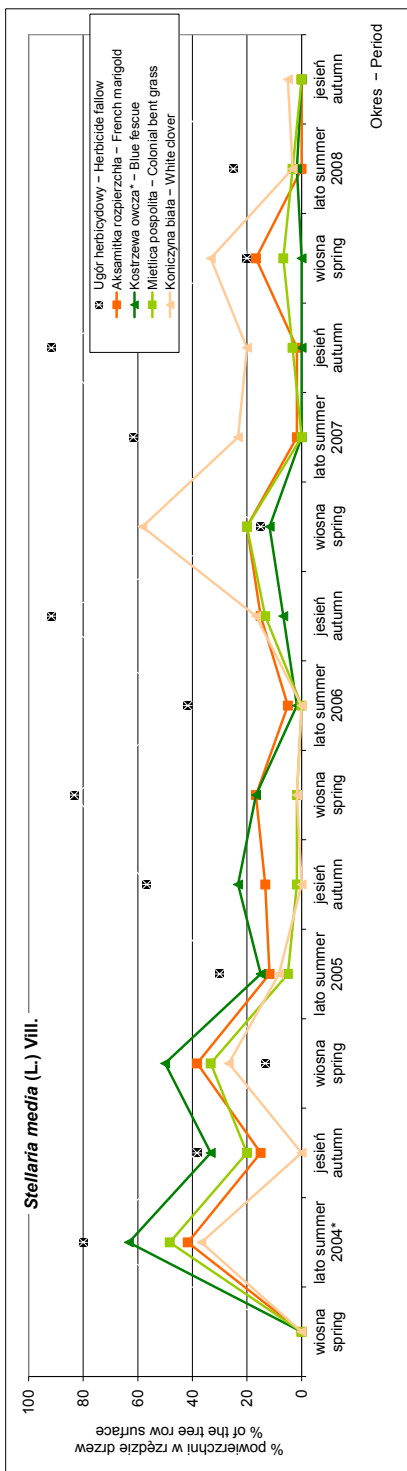
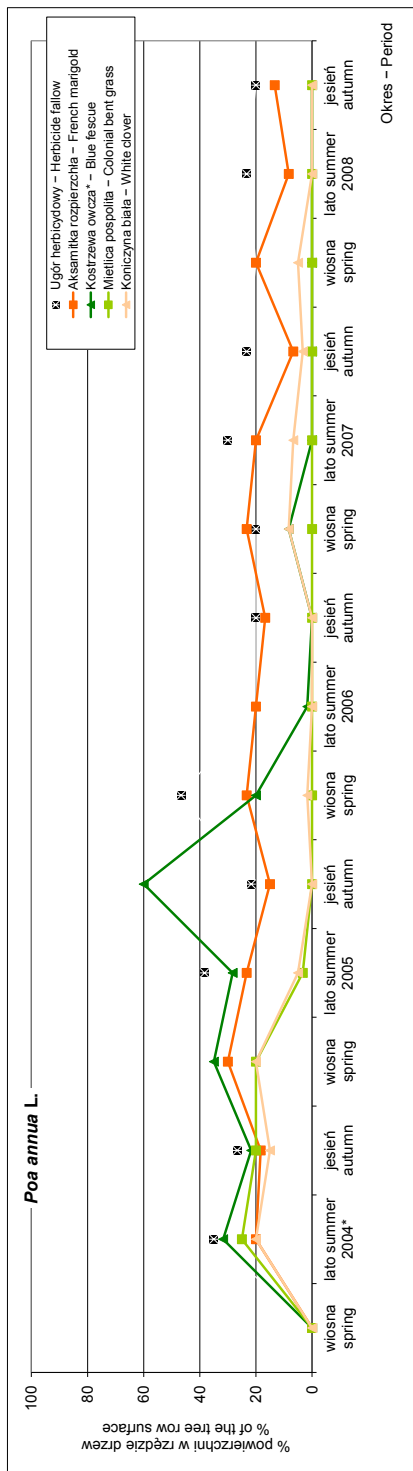
Table 14

Procent powierzchni gleby zajmowanej przez najważniejsze gatunki chwastów jednorocznych w rzędach drzew jabłoni, w latach 2004–2008, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby, średnia z okresu od wiosny do jesieni

Soil surface percentage under the most important annual weed species in the apple tree rows, in the years 2004–2008, depending on the orchard floor management treatment, spring – autumn mean

Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management	Rok – Year				
	2004	2005	2006	2007	2008
<i>Chamomilla</i> spp. = <i>Matricaria</i> spp.					
Ugór herbicydowy – Herbicide fallow	40,8 b	10,0 a	17,2 b	12,2 b	11,7 a
Aksamitka rozpierzchła – French marigold	21,7 a	27,2 b	13,9 b	14,4 c	13,3 a
Kostrzewa owcza* – Blue fescue	35,8 b	26,1 b	13,3 b	–	–
Mietlica pospolita – Colonial bent grass	30,8 ab	8,3 a	–	–	2,8 a
Koniczyna biała – White clover	21,7 a	5,0 a	2,8 a	0,6 a	–
<i>Chenopodium album</i> L.					
Ugór herbicydowy – Herbicide fallow	42,5 a	16,7 b	26,1 c	20,6 b	17,8 b
Aksamitka rozpierzchła – French marigold	28,3 a	12,8 b	16,7 b	7,8 a	9,4 a
Kostrzewa owcza* – Blue fescue	42,5 a	15,0 b	2,8 a	–	–
Mietlica pospolita – Colonial bent grass	34,2 a	0,6 a	1,1 a	–	6,7 a
Koniczyna biała – White clover	60,8 b	3,9 a	15,6 b	7,2 a	8,9 a
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P.B.					
Ugór herbicydowy – Herbicide fallow	27,5 a	33,9 b	14,4 c	9,4 b	16,7 b
Aksamitka rozpierzchła – French marigold	30,8 a	34,4 b	8,3 b	6,1 b	4,4 a
Kostrzewa owcza* – Blue fescue	29,2 a	37,2 b	2,8 a	0,6 a	–
Mietlica pospolita – Colonial bent grass	35,8 a	0,6 a	0,6 a	–	–
Koniczyna biała – White clover	22,5 a	2,2 a	2,8 a	0,6 a	–
<i>Poa annua</i> L.					
Ugór herbicydowy – Herbicide fallow	30,8 c	26,7 b	28,9 d	24,4 c	21,1 c
Aksamitka rozpierzchła – French marigold	19,2 ab	22,8 b	20,0 c	16,7 b	13,9 b
Kostrzewa owcza* – Blue fescue	26,7 bc	41,1 c	7,2 b	2,8 a	–
Mietlica pospolita – Colonial bent grass	22,5 abc	7,8 a	–	–	–
Koniczyna biała – White clover	17,5 a	8,3 a	0,6 a	6,1 a	1,7 a
<i>Senecio vulgaris</i> L.					
Ugór herbicydowy – Herbicide fallow	30,0 c	21,7 b c	33,9 d	32,8 d	27,8 b
Aksamitka rozpierzchła – French marigold	20,8 b	20,0 b	17,2 c	12,8 c	3,3 a
Kostrzewa owcza* – Blue fescue	35,8 c	30,6 c	2,8 a	0,6 a	–
Mietlica pospolita – Colonial bent grass	15,8 ab	5,6 a	3,3 ab	2,8 ab	3,3 a
Koniczyna biała – White clover	10,8 a	3,9 a	7,8 b	7,2 bc	2,2 a
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.					
Ugór herbicydowy – Herbicide fallow	59,2 c	33,3 c	72,2 c	56,1 d	32,8 d
Aksamitka rozpierzchła – French marigold	28,3 a	21,1 ab	12,2 b	7,8 b	5,6 bc
Kostrzewa owcza* – Blue fescue	48,3 bc	29,4 bc	8,3 ab	3,9 a	0,6 a
Mietlica pospolita – Colonial bent grass	34,2 ab	13,3 a	5,0 a	7,8 b	3,3 ab
Koniczyna biała – White clover	18,3 a	11,7 a	6,1 ab	33,9 c	13,9 c

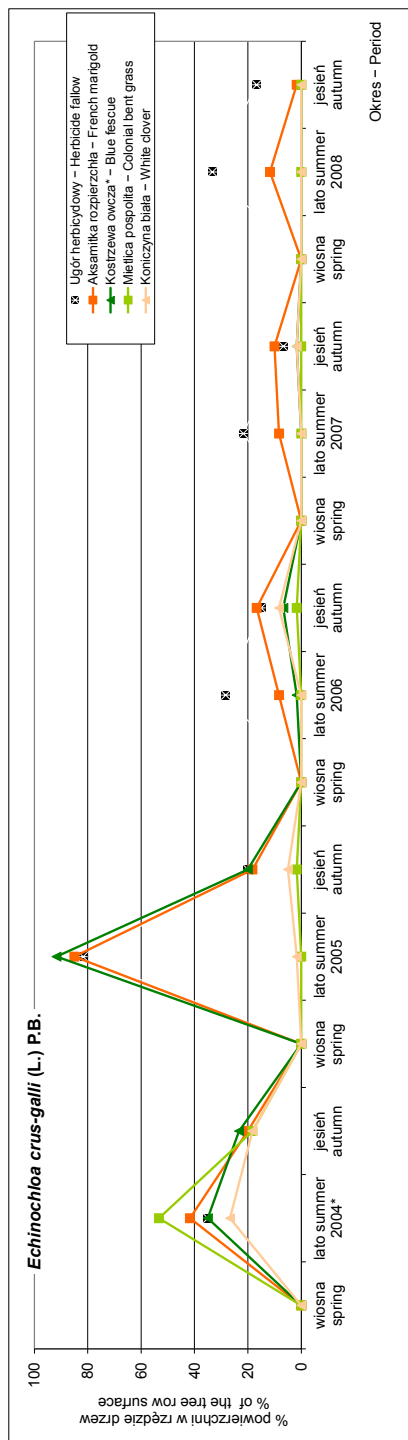
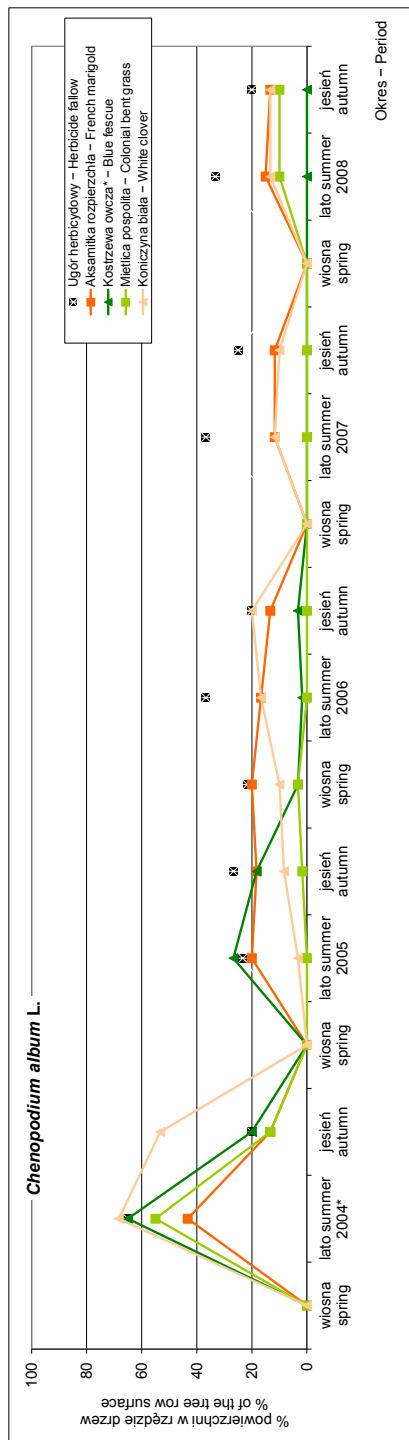
Objaśnienia: patrz tab. 2 – Explanation: see Tab. 2



* w 2004 r. nasturcja karłowa - in 2004 dwarf nasturtium

Rys. 11. Dynamika zmian procentowego udziału powierzchni gleby zajmowanej przez jednoroczne gatunki chwastów: *Poa annua* L. oraz *Stellaria media* (L.) Vill. w rzędach drzew, w latach 2004–2008, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby

Fig. 11. The dynamics of change in the percentage of the soil surface under the *Poa annua* L. and *Stellaria media* (L.) Vill. annual weed species in the tree rows, in the years 2004–2008, depending on the orchard floor management treatment



*w 2004 r. nasturcja karlowa - in 2004 dwarf nasturtium

Rys. 12. Dynamika zmian procentowego udziału powierzchni gleby zajmowanej przez jednoroczne gatunki chwastów: *Chenopodium album* L. oraz *Echinochloa crus-galli* (L.) P.B. w rzędach drzew, w latach 2004–2008, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby

Fig. 12. The dynamics of change in the percentage of the soil surface under the *Chenopodium album* L. and *Echinochloa crus-galli* (L.) P.B. annual weed species in the tree rows, in the years 2004–2008, depending on the orchard floor management treatment

4.3. Wpływ żywych ściółek na stan odżywienia liści drzew jabłoni

Analiza składu chemicznego liści drzew odmiany 'Ligol' przeprowadzona w latach 2005–2008 wykazała istotny wpływ sposobów pielęgnacji gleby na średnią zawartość azotu, fosforu i potasu (tab. 15). W liściach jabłoni uprawianych w żywej ściółce z traw i aksamitki rozpierzchłej stwierdzono niską lub deficytową zawartość azotu, istotnie niższą niż w pozostałych sposobach pielęgnacji gleby. Istotnie wyższą, na poziomie optymalnym, zanotowano w liściach drzew rosnących w koniczynie białej lub ściółkowanych włókniną. Jedynie drzewa uprawiane w ugorze herbicydowym charakteryzowały się wysoką (2,49% s.m.) i istotnie wyższą średnią zawartością azotu w porównaniu ze wszystkimi badanymi sposobami pielęgnacji gleby. Przeciwną zależność wykazały analizy potasu i fosforu. Zaopatrzenie liści w te makroelementy na poziomie wysokim zapewniła żywa ściółka z aksamitki rozpierzchłej (odpowiednio 1,73 i 0,49% s.m.) oraz wieloletnich traw (odpowiednio 1,60–1,66 i 0,39–0,49% s.m.). Istotnie niższą średnią zawartość potasu i fosforu w liściach jabłoni obserwowano, ściółkując glebę koniczyną białą i w ugorze herbicydowym. Nie stwierdzono wpływu zastosowanej podkładki na zawartość badanych makroelementów. Jedynym wyjątkiem była, istotnie niższa, średnia zawartość magnezu u jabłoni uszlachetnionych na podkładce P 16.

Tabela 15

Table 15

Zawartość makroelementów w liściach drzew jabłoni, w zależności od podkładki i sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew, średnia z lat 2005–2008 [% s.m.]

The macroelements content in the leaves of the apple trees, depending on the rootstock and the orchard floor management treatment in the tree rows, 2005–2008 mean [% d.m.]

Wyszczególnienie Specification	Makroelement – Macroelement				
	N	P	K	Ca	Mg
Sposób pielęgnacji gleby – Orchard floor management treatment					
Ugór herbicydowy Herbicide fallow	2,49 d	0,26 a	1,47 a	0,56 a	0,24 a
Agrotkanina Nonwoven polypropylene	2,29 c	0,30 ab	1,51 ab	0,54 a	0,25 a
Aksamitka rozpierzchła French marigold	2,04 b	0,49 c	1,73 d	0,52 a	0,27 a
Kostrzewa owcza* Blue fescue	1,88 ab	0,39 bc	1,60 bc	0,56 a	0,27 a
Mietlica pospolita Colonial bent grass	1,78 a	0,49 c	1,66 cd	0,53 a	0,24 a
Koniczyna biała White clover	2,25 c	0,24 a	1,42 a	0,60 a	0,28 a
Podkładka – Rootstock					
P 22	2,18 a	0,38 a	1,53 a	0,53 a	0,27 b
P 16	2,09 a	0,37 a	1,61 a	0,57 a	0,22 a
P 2	2,09 a	0,34 a	1,55 a	0,55 a	0,28 b

* w 2004 r. nasturcja karłowa – in 2004 dwarf nasturtium

W obrębie poszczególnych kolumn średnie oznaczone innymi małymi literami różnią się istotnie wg testu Duncana na poziomie ufności 95%.

Within individual columns, the means marked with varied small letters differ significantly according to the Duncan's test at the confidence level 95%.

W okresie od drugiego do piątego roku po posadzeniu (2005–2008) największą dynamikę zmian zawartości makroelementów w liściach jabłoni odnotowano w przypadku azotu, a w mniejszym stopniu – fosforu i wapnia (tab. 16–20). Uprawa mietlicy pospolitej już w drugim roku po posadzeniu drzew wpłynęła na istotne obniżenie zawartości azotu do poziomu deficytowego (1,52% s.m.) w porównaniu z pozostałymi sposobami pielęgnacji gleby (tab. 16). W trzecim roku podobne zjawisko obserwowano, ściółkując glebę również kostrzewą owczą, która zastąpiła nasturcję karłową. W tym okresie po posadzeniu drzew wykazano również zmiany zawartości azotu w liściach jabłoni uprawianych w aksamitce rozpierzchłej. Jedynie zastosowanie koniczyny białej gwarantowało utrzymanie w latach 2005–2007 korzystniejszego zaopatrzenia drzew w ten składnik. Eliminacja koniczyny białej w warunkach znacznego jej zachwaszczenia przez perz właściwy – *Elymus repens* (L.) Gould (tab. 13, rys. 5 i 9), w 2008 r., skutkowałą jednak spadkiem zawartości azotu w liściach jabłoni do poziomu niskiego – 1,97% s.m. W ostatnim roku analiz zawartość tego składnika w liściach jabłoni uprawianych we wszystkich żywych ściółkach była istotnie niższa w porównaniu z ugorem herbicydowym. W poszczególnych latach badań analiza statystyczna nie wykazała istotnych zmian zawartości potasu i magnezu we wszystkich sposobach pielęgnacji gleby w sadzie. Natomiast w niektórych latach wykazano istotny wpływ sposobu pielęgnacji gleby na zawartość w liściach jabłoni fosforu i wapnia.

Tabela 16

Table 16

Zawartość azotu w liściach drzew jabłoni, w latach 2005–2008, w zależności od roku po posadzeniu i sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew [% s.m.]

The nitrogen content in the leaves of the apple trees, in the years 2005–2008, depending on the year after the planting and orchard floor management treatment in the tree rows [% d.m.]

Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management	Lata – Years							
	II 2005		III 2006		IV 2007		V 2008	
Ugór herbicydowy Herbicide fallow	2,46	AB bcd	2,53	AB c	2,31	A c	2,66	B c
Agrotkanina Nonwoven polypropylene	2,49	B cd	2,21	A b	2,20	A c	2,25	AB b
Aksamitka rozpierzchła French marigold	2,22	B b	1,95	A b	1,88	A b	2,09	AB ab
Kostrzewa owcza* Blue fescue	2,41	B bc	1,67	A a	1,60	A a	1,85	A a
Mietlica pospolita Colonial bent grass	1,52	A a	1,62	AB a	1,85	B ab	2,12	C ab
Koniczyna biała White clover	2,72	C d	2,03	AB b	2,27	B c	1,97	A ab
Średnia – Mean	2,30 C		2,00 A		2,02 A		2,16 B	

* w 2004 r. nasturcja karłowata – in 2004 dwarf nasturtium

W obrębie poszczególnych kolumn średnie oznaczone innymi małymi literami różnią się istotnie wg testu Duncana na poziomie ufności 95%.

W obrębie poszczególnych wierszy średnie oznaczone innymi dużymi literami różnią się istotnie wg testu Duncana na poziomie ufności 95%.

Within individual columns, the means marked with varied small letters differ significantly according to the Duncan's test at the confidence level 95%.

Within individual rows, the means marked with varied big letters differ significantly according to the Duncan's test at the confidence level 95%.

Tabela 17

Table 17

Zawartość fosforu w liściach drzew jabłoni, w latach 2005–2008, w zależności od roku po posadzeniu i sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew [% s.m.]

The phosphorus content in the leaves of the apple trees, in the years 2005–2008, depending on the year after the planting and orchard floor management treatment in the tree rows [% d.m.]

Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management	Lata – Years							
	II 2005		III 2006		IV 2007		V 2008	
Ugór herbicydowy Herbicide fallow	0,35	B ab	0,10	A a	0,25	B a	0,32	B a
Agrotkanina Nonwoven polypropylene	0,37	B ab	0,18	A ab	0,42	B ab	0,23	AB a
Aksamitka rozpierzchła French marigold	0,53	B b	0,27	A b	0,78	C c	0,38	AB a
Kostrzewa owcza* Blue fescue	0,50	B b	0,25	A ab	0,57	B bc	0,25	B a
Mietlica pospolita Colonial bent grass	0,29	A a	0,50	B c	0,80	C c	0,36	AB a
Koniczyna biała White clover	0,28	AB a	0,13	A ab	0,34	B a	0,22	AB a
Średnia – Mean	0,39 B		0,24 A		0,53 C		0,29 A	

Objaśnienia: patrz tab. 16 – Explanation: see Tab. 16

Tabela 18

Table 18

Zawartość potasu w liściach drzew jabłoni, w latach 2005–2008, w zależności od roku po posadzeniu i sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew [% s.m.]

The potassium content in the leaves of the apple trees, in the years 2005–2008, depending on the year after the planting and orchard floor management treatment in the tree rows [% d.m.]

Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management	Lata – Years			
	II 2005	III 2006	IV 2007	V 2008
Ugór herbicydowy Herbicide fallow	1,85**	1,50	1,40	1,13
Agrotkanina Nonwoven polypropylene	1,63	1,45	1,52	1,42
Aksamitka rozpierzchła French marigold	1,99	1,62	1,78	1,52
Kostrzewa owcza* Blue fescue	1,63	1,66	1,77	1,35
Mietlica pospolita Colonial bent grass	1,62	1,83	1,72	1,47
Koniczyna biała White clover	1,41	1,40	1,43	1,42
Średnia – Mean	1,69 B	1,58 B	1,60 B	1,39 A

Objaśnienia: patrz tab. 16 – Explanation: see Tab. 16

** brak istotnych różnic dla interakcji: sposób pielęgnacji gleby × rok oraz rok × sposób pielęgnacji gleby
no significant differences within interactions: orchard floor management × year and year × orchard floor management

Tabela 19

Table 19

Zawartość wapnia w liściach drzew jabłoni, w latach 2005–2008, w zależności od roku po posadzeniu i sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew [% s.m.]

The calcium content in the leaves of the apple trees, in the years 2005–2008, depending on the year after the planting and orchard floor management treatment in the tree rows [% d.m.]

Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management	Lata – Years							
	II 2005		III 2006		IV 2007		V 2008	
Ugór herbicydowy Herbicide fallow	0,56	AB a	0,50	A a	0,64	B b	0,55	AB ab
Agrotkanina Nonwoven polypropylene	0,54	A a	0,59	A a	0,54	A ab	0,50	A ab
Aksamitka rozpierzchła French marigold	0,49	AB a	0,59	B a	0,57	B ab	0,44	A a
Kostrzewa owcza* Blue fescue	0,59	A a	0,58	A a	0,52	A a	0,56	A b
Mietlica pospolita Colonial bent grass	0,51	AB a	0,53	AB a	0,60	B ab	0,47	A ab
Koniczyna biała White clover	0,78	B b	0,57	A a	0,51	A a	0,52	A ab
Średnia – Mean	0,58 B		0,56 B		0,56 B		0,51 A	

Objaśnienia: patrz tab. 16 – Explanation: see Tab. 16

Tabela 20

Table 20

Zawartość magnezu w liściach jabłoni, w latach 2005–2008, w zależności od roku po posadzeniu i sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew [% s.m.]

The magnesium content in the leaves of the apple trees, in the years 2005–2008, depending on the year after the planting and orchard floor management treatment in the tree rows [% d.m.]

Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management	Lata – Years			
	II 2005	III 2006	IV 2007	V 2008
Ugór herbicydowy Herbicide fallow	0,30**	0,28	0,18	0,21
Agrotkanina Nonwoven polypropylene	0,31	0,28	0,18	0,24
Aksamitka rozpierzchła French marigold	0,33	0,30	0,20	0,23
Kostrzewa owcza* Blue fescue	0,36	0,28	0,21	0,22
Mietlica pospolita Colonial bent grass	0,27	0,29	0,19	0,21
Koniczyna biała White clover	0,34	0,34	0,21	0,23
Średnia – Mean	0,32 D	0,30 C	0,20 A	0,22 B

Objaśnienia: patrz tab. 16 – Explanation: see Tab. 16

** brak istotnych różnic dla interakcji: sposób pielęgnacji gleby × rok oraz rok × sposób pielęgnacji gleby
no significant differences within interactions: orchard floor management × year and year × orchard floor management

Obserwowano tendencję wskazującą na obniżanie się, w kolejnych latach po posadzeniu jabłoni, zawartości makroelementów w liściach odmiany 'Ligo'. Analiza statystyczna wykazała, że średnie roczne zawartości oznaczanych pierwiastków były istotnie niższe w 2008 r. niż w 2005.

4.4. Wpływ żywych ściółek na wzrost, kwitnienie, plonowanie jabłoni, jakość owoców oraz żywotność drzew uszlachetnionych na różnych podkładkach

4.4.1. Wzrost radialny i elongacyjny drzew

W okresie siedmiu lat doświadczenia silniejszy wzrost radialny wykazywały drzewa ściółkowane agrotkaniną oraz uprawiane w ugorze herbicydowym (rys. 14, tab. 21). Do piątego roku po posadzeniu obserwowano znaczny wpływ roślin okrywowych na wzrost. Najmniejsze przyrosty pnia miały w latach 2004–2010 jabłonie w ściółce z koniczyny białej. Już jesienią 2004 r. uprawiane w niej drzewa, w porównaniu z ugorzem herbicydowym i ściółką z agrotkaniny, miały istotnie mniejsze pole przekroju poprzecznego pnia, a od 2006 – także w stosunku do pozostałych gatunków okrywowych. Podobnie, wzrost drzew w mietlicy pospolitej był słabszy niż w ugorze herbicydowym. Istotnie mniejsza suma przyrostów pnia w latach 2004–2005 ($0,38 \text{ cm}^2$) wpłynęła na istotne zróżnicowanie pola przekroju poprzecznego pnia jedynie do piątego roku po posadzeniu. Wzrost radialny jabłoni w aksamitce rozpierzchłej i kostrzewie owczej również był słabszy, ale istotne różnice stwierdzono w niektórych latach jedynie w stosunku do najsilniej rosnących drzew ściółkowanych agrotkaniną. W ostatnich dwóch latach badań (2009–2010) sumy przyrostów pnia drzew uprawianych w różnych systemach pielęgnacji gleby były zbliżone ($3,06$ – $4,61 \text{ cm}^2$). Jedynym wyjątkiem była koniczyna biała, w przypadku której przyrost pola przekroju poprzecznego pnia był istotnie mniejszy – $1,32 \text{ cm}^2$. We wszystkich latach badań silniejszy wzrost radialny uzyskały jabłonie na podkładce P 2 (rys. 15). Analiza statystyczna nie wykazała jednak istotnych różnic w zakresie interakcji badanych czynników (tab. 22).

Powyższe obserwacje potwierdziła analiza wzrostu elongacyjnego drzew w latach 2004–2007. Istotnie mniejszą sumę długości przyrostów jednorocznych miały, w drugim i trzecim roku po posadzeniu, jabłonie ściółkowane koniczyną białą oraz mietlicą pospolitą (tab. 23, rys. 16). W pozostałych żywych ściółkach nie stwierdzono zróżnicowania w porównaniu z ugorzem herbicydowym, a w 2006 r. również ściółkowaniem agrotkaniną. Analogicznie, suma długości jednorocznych przyrostów jabłoni z lat 2004–2007 była istotnie niższa jedynie w przypadku zastosowania koniczyny białej ($0,90 \text{ m-drzewo}^{-1}$) oraz mietlicy pospolitej ($2,77 \text{ m-drzewo}^{-1}$) w odniesieniu do pozostałych sposobów pielęgnacji gleby w sadzie ($5,81$ – $9,91$). W latach 2004–2006 stwierdzono istotny wpływ zastosowanej podkładki na sumę długości jednorocznych przyrostów drzew, która była istotnie wyższa u drzew na podkładce P 2 w porównaniu z jabłonią uszlachetnionymi na P 22 i P 16 (rys. 17). Nie stwierdzono istotnej interakcji badanych czynników doświadczalnych (tab. 23).

Opisywane tendencje ujawniły się również przy ocenie liczby pędów jednorocznych o długości poniżej 20 cm (rys. 18–19). Już w drugim roku po posadzeniu liczba krótkopędów jabłoni w uprawie z koniczyną białą (9,8 sztuki na drzewo) była istotnie niższa niż na drzewach w ugorze herbicydowym (18,5 sztuki na drzewo). W czwartym roku po posadzeniu

uzyskano odpowiednio 20,4 i 108,3 krótkopędów na drzewo, a istotne zróżnicowanie wzrostu drzew w koniczynie białej zanotowano nawet w porównaniu z pozostałymi sposobami pielęgnacji gleby. W każdym roku badań istotnie więcej krótkopędów stwierdzono u jabłoni na podkładce P 2 w porównaniu z drzewami na P 22, a w niektórych latach także P 16.

Tabela 21

Table 21

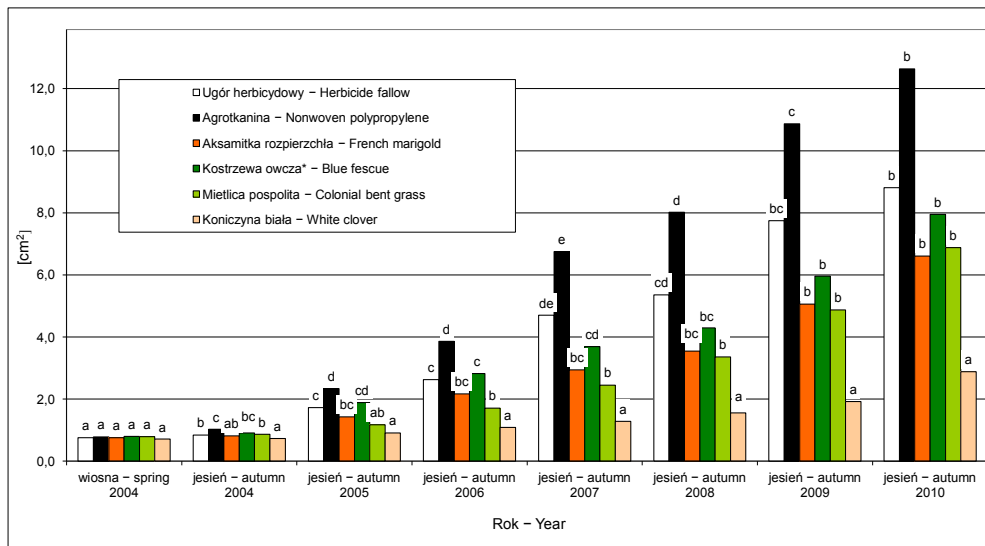
Przyrosty pola przekroju poprzecznego pnia drzew jabłoni w okresach od wiosny 2004 do jesieni 2010 r., w zależności od podkładki i sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew [cm²]

The increments of the trunk cross sectional area of the apple trees in the periods between the spring of 2004 and the autumn of 2010, depending on the rootstock and the orchard floor management treatment in the tree rows [cm²]

Wyszczególnienie Specification	Okres – Period		
	Wiosna 2004 – jesień 2005 Spring 2004 – autumn 2005	Jesień 2005 – jesień 2008 Autumn 2005 – autumn 2008	Jesień 2008 – jesień 2010 Autumn 2008 – autumn 2010
Sposób pielęgnacji gleby – Orchard floor management treatment			
Ugór herbicydowy Herbicide fallow	0,97 cd	3,63 bc	3,46 b
Agrotkanina Nonwoven polypropylene	1,56 d	5,69 c	4,61 b
Aksamitka rozpierzchna French marigold	0,67 c	2,12 b	3,06 b
Kostrzewa owcza* Blue fescue	1,09 cd	2,40 b	3,66 b
Mietlica pospolita Colonial bent grass	0,38 b	2,19 b	3,52 b
Koniczyna biała White clover	0,20 a	0,65 a	1,32 a
Podkładka – Rootstock			
P 22	0,61 a	2,05 a	2,13 a
P 16	0,58 a	1,91 a	2,24 a
P 2	1,25 b	4,39 b	5,44 b

Objaśnienia: patrz tab. 15 – Explanation: see Tab. 15

Wyliczona w latach 2004–2007 liczba wszystkich pędów jednorocznych o długości poniżej 20 cm na drzewach uprawianych w ugorze herbicydowym i ściółkowanym agrotkaniną wynosiła około 160 sztuk na drzewo (tab. 24). Istotnie mniejszą stwierdzono w mietlicy pospolitej i w koniczynie białej. Uprawa tych dwóch wieloletnich żywych ściółek istotnie ograniczyła łączną liczbę długopędów drzew jabłoni w porównaniu z pozostałymi sposobami pielęgnacji gleby (tab. 25). Słabszy wzrost drzew ściółkowanych koniczyną białą i mietlicą pospolitą potwierdziła dodatkowo analiza procentowego udziału pędów o długości powyżej 20 cm w łącznej liczbie wszystkich przyrostów drzew (rys. 20). Istotnie większy udział długopędów zanotowano także u drzew uszlachetnionych na podkładce P 2 w porównaniu z P 16 (rys. 21).



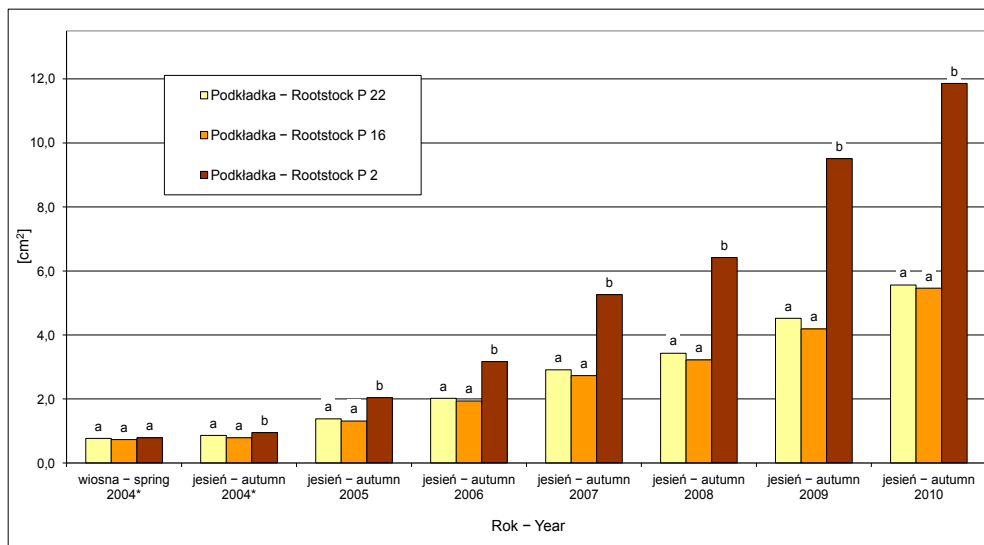
* w 2004 r. nasturcja karłowa – in 2004 dwarf nasturtium

W obrębie poszczególnych lat średnie oznaczone innymi literami różnią się istotnie wg testu Duncana na poziomie ufności 95%.

Within individual years, the means marked with varied letters differ significantly according to the Duncan's test at the confidence level 95%.

Rys. 14. Pole przekroju poprzecznego pnia drzew jabłoni w latach 2004–2010, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew

Fig. 14. The trunk cross sectional area of the apple trees in the years 2004–2010, depending to the orchard floor management treatment in the tree rows



Objaśnienia: patrz rys. 14 – Explanation see: Fig. 14

Rys. 15. Pole przekroju poprzecznego pnia drzew jabłoni w latach 2004–2010, w zależności od podkładki

Fig. 15. The trunk cross sectional area of the apple trees in the years 2004–2010, depending on the rootstock

Tabela 22
Table 22

Pole przekroju poprzecznego pnia drzew jabłoni jesienią 2010 r., w zależności od podkładki i sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew [cm²]
The trunk cross sectional area of the apple trees in autumn 2010, depending on the rootstock and the orchard floor management treatment in the tree rows [cm²]

Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management	Podkładka – Rootstock			Średnia Mean
	P 22	P 16	P 2	
Ugór herbicydowy – Herbicide fallow	6,73**	5,46	14,25	8,81 b
Agrotkanina – Nonwoven polypropylene	8,02	6,91	22,97	12,64 b
Aksamitka rozpierzchła – French marigold	4,83	5,30	9,70	6,61 b
Kostrzewa owcza* – Blue fescue	6,04	6,48	11,32	7,95 b
Mietlica pospolita – Colonial bent grass	5,49	5,78	9,36	6,88 b
Koniczyna biała – White clover	2,24	2,82	3,58	2,88 a
Średnia – Mean	5,56 A	5,46 A	11,86 B	–

* w 2004 r. nasturtcja karłowa – in 2004 dwarf nasturtium

** brak istotnych różnic dla interakcji: sposób pielęgnacji gleby × podkładka oraz podkładka × sposób pielęgnacji gleby
no significant differences within interactions: orchard floor management × rootstock and rootstock × orchard floor management

W obrębie poszczególnych kolumn średnie oznaczone innymi małymi literami różnią się istotnie wg testu Duncana na poziomie ufności 95%.

W obrębie poszczególnych wierszy średnie oznaczone innymi dużymi literami różnią się istotnie wg testu Duncana na poziomie ufności 95%.

Within individual columns, the means marked with varied small letters differ significantly according to the Duncan's test at the confidence level 95%.

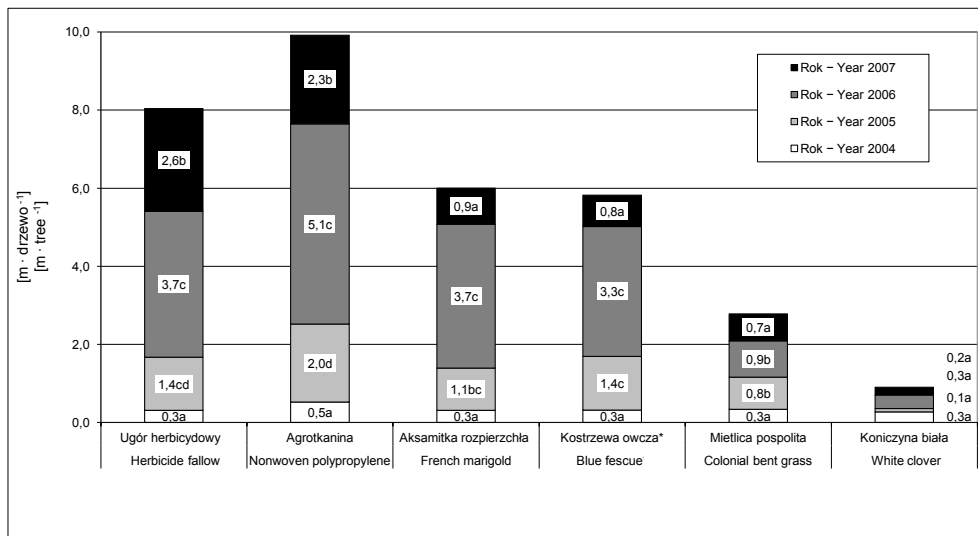
Within individual rows, the means marked with varied big letters differ significantly according to the Duncan's test at the confidence level 95%.

Tabela 23
Table 23

Suma długości jednorocznych pędów na drzewach jabłoni w okresie 2004–2007, w zależności od podkładki i sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew [m·drzewo⁻¹]
The total annual shoots length on the apple trees in the period 2004–2007, depending on the rootstock and the orchard floor management treatment in the tree rows [m·tree⁻¹]

Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management	Podkładka – Rootstock			Średnia Mean
	P 22	P 16	P 2	
Ugór herbicydowy – Herbicide fallow	5,91**	7,27	10,94	8,04 c
Agrotkanina – Nonwoven polypropylene	6,48	5,27	18,00	9,91 c
Aksamitka rozpierzchła – French marigold	3,72	5,37	8,87	5,99 c
Kostrzewa owcza* – Blue fescue	4,49	3,14	9,81	5,81 c
Mietlica pospolita – Colonial bent grass	3,55	2,19	2,58	2,77 b
Koniczyna biała – White clover	0,92	0,85	0,93	0,90 a
Średnia – Mean	4,18 A	4,02 A	8,52 B	–

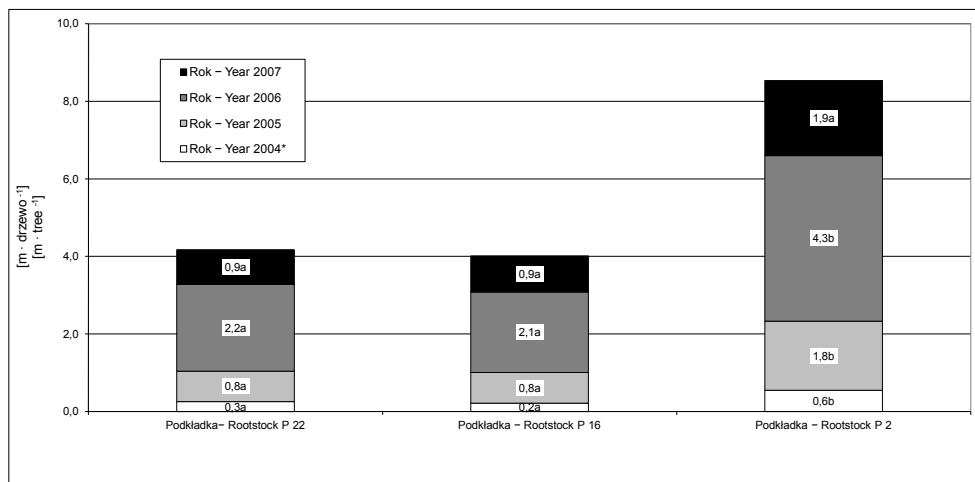
Objaśnienia: patrz tab. 22 – Explanation: see Tab. 22



Objaśnienia: patrz rys. 14 – Explanation see: Fig. 14

Rys. 16. Suma długości jednorocznych pędów na drzewach jabłoni w latach 2004–2007, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew

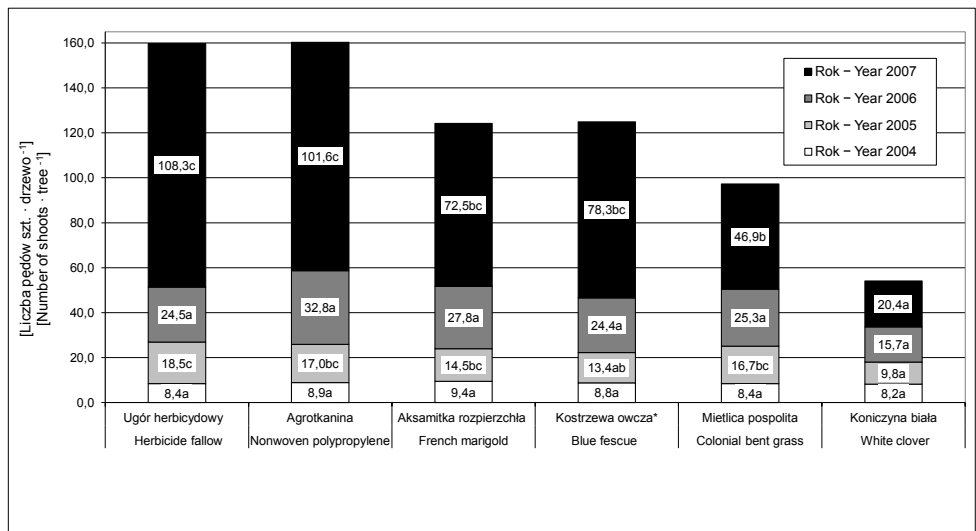
Fig. 16. The total annual shoots length on the of the apple trees in the years 2004–2007, depending on the orchard floor management treatment in the tree rows



Objaśnienia: patrz rys. 14 – Explanation see: Fig. 14

Rys. 17. Suma długości jednorocznych pędów na drzewach jabłoni w latach 2004–2007, w zależności od podkładki

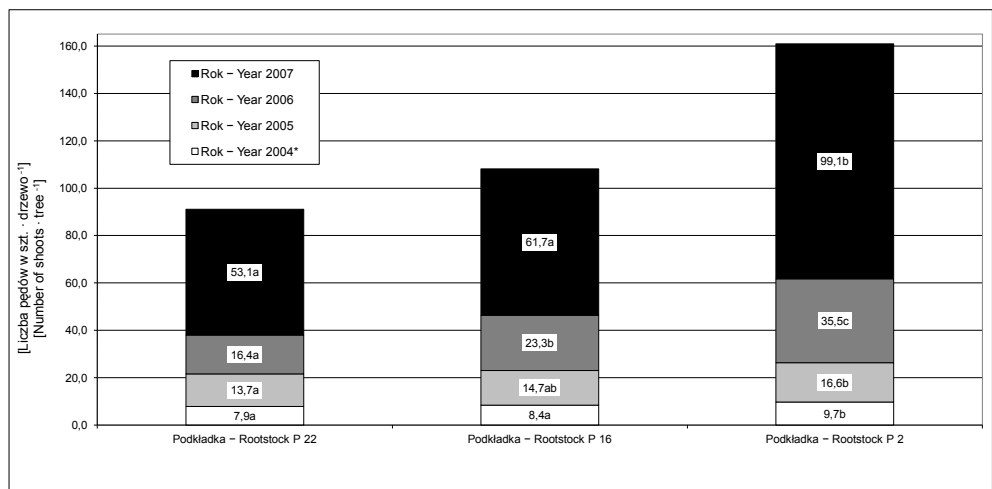
Fig. 17. The total annual shoots length on the apple trees in the years 2004–2007, depending on the rootstock



Objaśnienia: patrz rys. 14 – Explanation see: Fig. 14

Rys. 18. Liczba pędów jednorocznych o długości < 20 cm na drzewach jabłoni w latach 2004–2007, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew

Fig. 18. The number of the annual shoots of the length < 20 cm on the apple trees in the years 2004–2007, depending on the orchard floor management treatment in the tree rows



Objaśnienia: patrz rys. 14 – Explanation see: Fig. 14

Rys. 19. Liczba pędów jednorocznych o długości < 20 cm na drzewach jabłoni w latach 2004–2007, w zależności od podkładki

Fig. 19. The number of the annual shoots of the length < 20 cm on the apple trees in the years 2004–2007, depending on the rootstock

Tabela 24

Table 24

Łączna liczba pędów jednorocznych o długości < 20 cm na drzewach jabłoni w okresie 2004–2007, w zależności od podkładki i sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew [szt.drzewo⁻¹]
The total number of the annual shoots of the length < 20 cm on the apple trees in the period 2004–2007, depending on the rootstock and the orchard floor management treatment in the tree rows [no-tree⁻¹]

Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management	Podkładka – Rootstock			Średnia Mean
	P 22	P 16	P 2	
Ugór herbicydowy – Herbicide fallow	107,3**	174,1	197,8	159,7 c
Agrotkanina – Nonwoven polypropylene	120,3	109,3	251,3	160,2 c
Aksamitka rozpierzchła – French marigold	85,3	117,3	169,8	124,1 bc
Kostrzewa owcza* – Blue fescue	98,3	98,0	178,3	124,8 bc
Mietlica pospolita – Colonial bent grass	88,8	95,5	107,5	97,2 b
Koniczyna biała – White clover	46,8	54,3	60,8	53,9 a
Średnia – Mean	91,1 A	108,1 A	160,9 B	–

Objaśnienia: patrz tab. 22 – Explanation: see Tab. 22

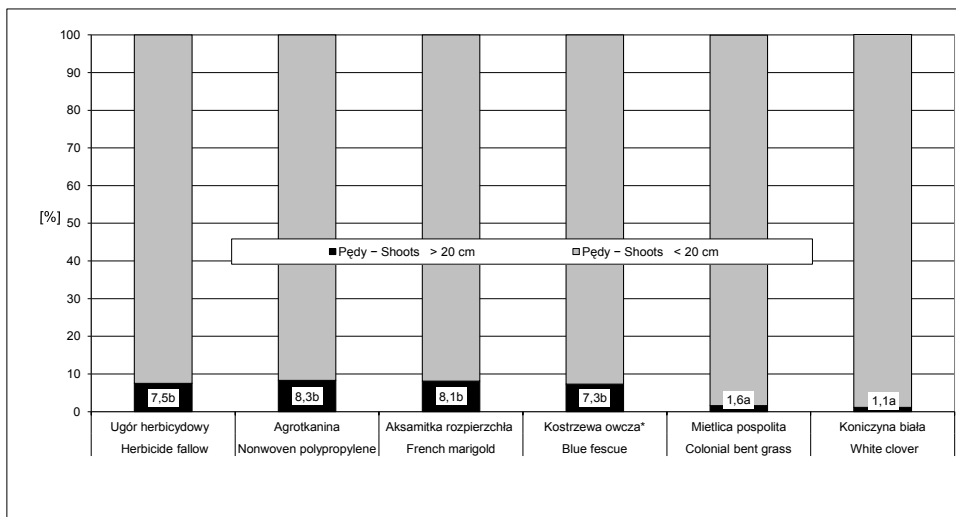
Tabela 25

Table 25

Łączna liczba pędów jednorocznych o długości > 20 cm na drzewach jabłoni w okresie 2004–2007, w zależności od podkładki i sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew [szt.drzewo⁻¹]
The total number of the annual shoots of the length > 20 cm on the apple trees in the period 2004–2007, depending on the rootstock and the orchard floor management treatment in the tree rows [no-tree⁻¹]

Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management	Podkładka – Rootstock			Średnia Mean
	P 22	P 16	P 2	
Ugór herbicydowy – Herbicide fallow	9,8**	9,2	18,8	12,6 b
Agrotkanina – Nonwoven polypropylene	10,5	7,0	35,5	17,7 b
Aksamitka rozpierzchła – French marigold	6,5	8,0	16,0	10,2 b
Kostrzewa owcza* – Blue fescue	8,0	5,5	20,0	11,2 b
Mietlica pospolita – Colonial bent grass	3,3	1,3	1,8	2,1 a
Koniczyna biała – White clover	0,6	0,5	0,5	0,5 a
Średnia – Mean	6,4 A	5,2 A	15,4 B	–

Objaśnienia: patrz tab. 22 – Explanation: see Tab. 22



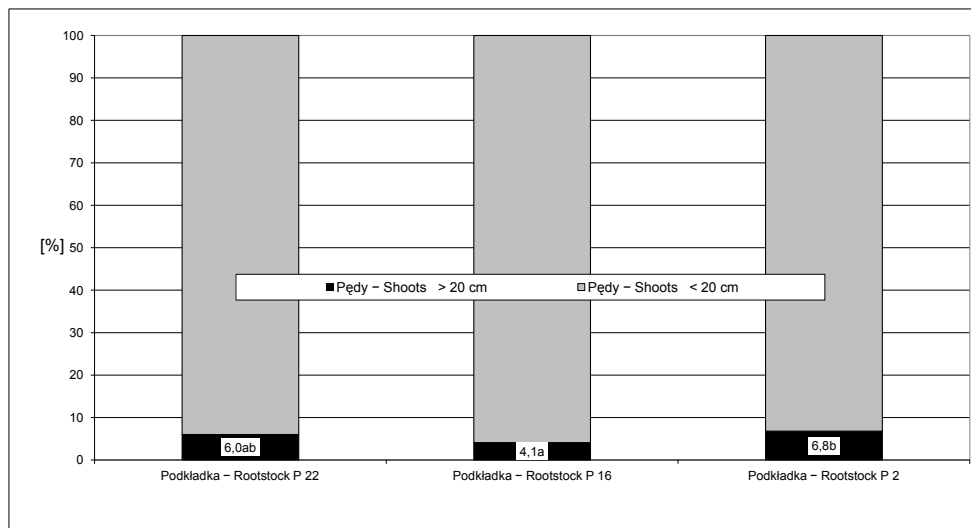
* w 2004 r. nasturcja karłowa – in 2004 dwarf nasturtium

Średnie oznaczone innymi literami różnią się istotnie wg testu Duncana na poziomie ufności 95%.

The means marked with varied letters differ significantly according to the Duncan's test at the confidence level 95%.

Rys. 20. Procentowy udział pędów jednorocznych o długości > 20 cm w łącznej liczbie pędów drzewa jabłoni, w okresie 2004–2007, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew

Fig. 20. The percentage of annual shoots of the length > 20 cm in the total number of shoots of the apple tree, in the period 2004–2007, depending on the orchard floor management treatment in the tree rows



Objaśnienia: patrz rys. 20 – Explanation see: Fig. 20

Rys. 21. Procentowy udział pędów jednorocznych o długości > 20 cm w łącznej liczbie pędów drzewa jabłoni, w okresie 2004–2007, w zależności od podkładki

Fig. 21. The percentage of the annual shoots of the length > 20 cm in the total number of shoots of the apple tree, in the period 2004–2007, depending on the rootstock

4.4.2. Kwitnienie i zawiązywanie owoców

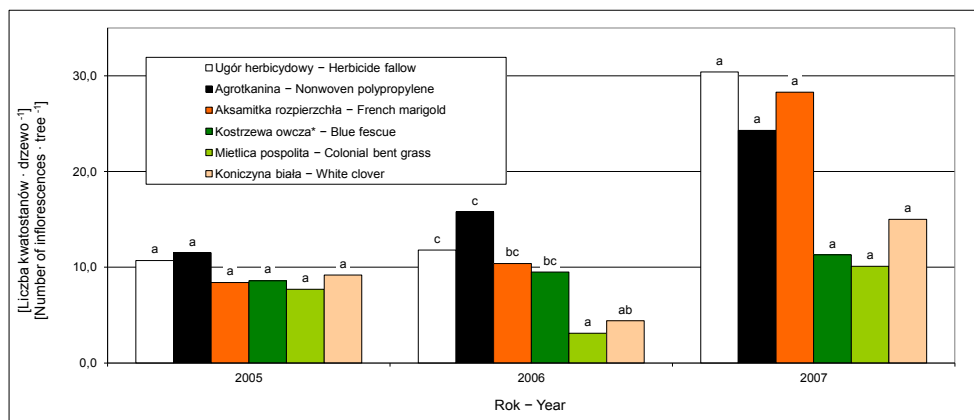
W 2005 r. liczba kwiatostanów na drzewach jabłoni była podobna we wszystkich sposobach pielęgnacji gleby (rys. 22), natomiast istotnie mniejszy procent zawiązanych owoców zanotowano w żywej ściółce z koniczyny białej (rys. 24). W kolejnym roku, w porównaniu z drzewami w ugorze herbicydowym i ściółkowanymi agrotkaniną, istotnie mniejszą liczbę kwiatostanów miały jabłonie uprawiane w mietlicy pospolitej i koniczynie białej. Drzewa w ściółce z agrotkaniny zawiązały odpowiednio cztero- lub pięciokrotnie więcej kwiatostanów w porównaniu z koniczyną białą i mietlicą pospolitą. W kolejnym roku badań (2007) nie potwierdzono istotnego wpływu sposobu pielęgnacji gleby na liczbę kwiatostanów, mimo że drzewa w ugorze herbicydowym miały trzykrotnie więcej kwiatostanów niż uprawiane w mietlicy pospolitej, a także kostrzewie owczej. Procentowy udział zawiązanych owoców we wszystkich ocenianych sposobach pielęgnacji gleby w roku 2007 był natomiast bardzo niski. Nie przekroczył on 20%, co było spowodowane wystąpieniem przymrozków wiosennych w okresie kwitnienia jabłoni (rys. 2). Nie wykazano istotnego wpływu podkładki na liczbę kwiatostanów i procent zawiązanych owoców, z wyjątkiem istotnie większej liczby kwiatostanów zaobserwowanej w 2006 r. na drzewach uszlachetnionych na P 2 (rys. 23 i 25).

4.4.3. Plonowanie jabłoni i jakość owoców

Już w pierwszym roku owocowania zanotowano wpływ sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew na wysokość plonu odmiany 'Ligol' (rys. 26). Istotnie wyższy wydały drzewa utrzymywane w ugorze herbicydowym, ściółkowane agrotkaniną oraz uprawiane w kostrzewie owczej. W drugim (2006) i czwartym (2008) roku owocowania plonowanie jabłoni w żywych ściółkach było istotnie niższe w porównaniu z ugorem herbicydowym i ściółkowaniem agrotkaniną. W latach charakteryzujących się bardzo słabym owocowaniem drzew różnice te były mniejsze. Plon czteroletnich jabłoni, nawet ściółkowanych agrotkaniną, w roku 2007 nie przekroczył 4 kg na drzewo, na co wpłynęły występujące w okresie kwitnienia drzew wiosenne przymrozki (rys. 2). Podobnie, niski poziom plonowania w roku 2009 był wynikiem wejścia drzew w okres przemiennej owocowania. Obserwowane tendencje potwierdził ostatni rok badań (2010). Najwyższe plony na drzewach jabłoni zanotowano w ugorze herbicydowym i przy zastosowaniu agrotkaniny. Istotnie niższy wydały drzewa uprawiane w koniczynie białej.

Największą sumę plonu z lat 2005–2010 uzyskano na drzewach ściółkowanych agrotkaniną oraz rosnących w ugorze herbicydowym (tab. 26). Istotnie niższą – około 4 kg na drzewo stwierdzono w uprawie koniczyny białej. W pozostałych żywych ściółkach drzewa wydały około 13–16 kg na drzewo. Jedynie w aksamitce rozpierzchłej i kostrzewie owczej suma plonu nie była istotnie zróżnicowana w porównaniu z ugorem herbicydowym. W niektórych latach badań plonowanie jabłoni na podkładce P 2 było istotnie wyższe, zwłaszcza w porównaniu z drzewami uszlachetnionymi na P 16 (rys. 27). Również suma plonu w okresie pierwszych sześciu lat owocowania była istotnie wyższa u jabłoni na podkładce P 2. Nie wykazano natomiast wpływu interakcji badanych czynników doświadczalnych (tab. 26).

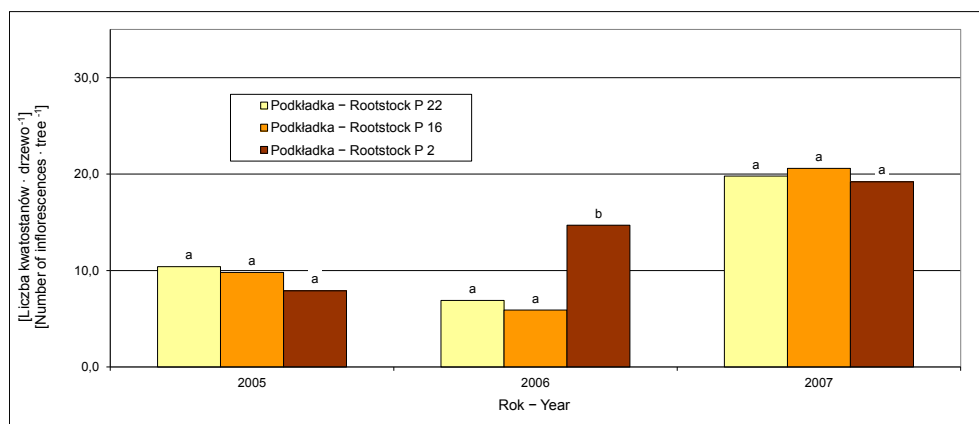
Oprócz plonu również jakość owoców pozostawała pod wpływem sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew (tab. 27–28). W okresie pierwszych siedmiu lat po posadzeniu jabłoni największą średnią masę owoców uzyskano, stosując ściółkowanie agrotkaniną (182 g) oraz w ugorze herbicydowym (170 g). W porównaniu z tymi sposobami pielęgnacji gleby średnia masa owocu z drzew uprawianych w mietlicy pospolitej (143 g) była istotnie mniejsza.



Objaśnienia: patrz rys. 14 – Explanation see: Fig. 14

Rys. 22. Liczba kwiatostanów na drzewach jabłoni w latach 2005–2007, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew

Fig. 22. The inflorescences number on the apple trees in the years 2005–2007, depending on the orchard floor management treatment in the tree rows

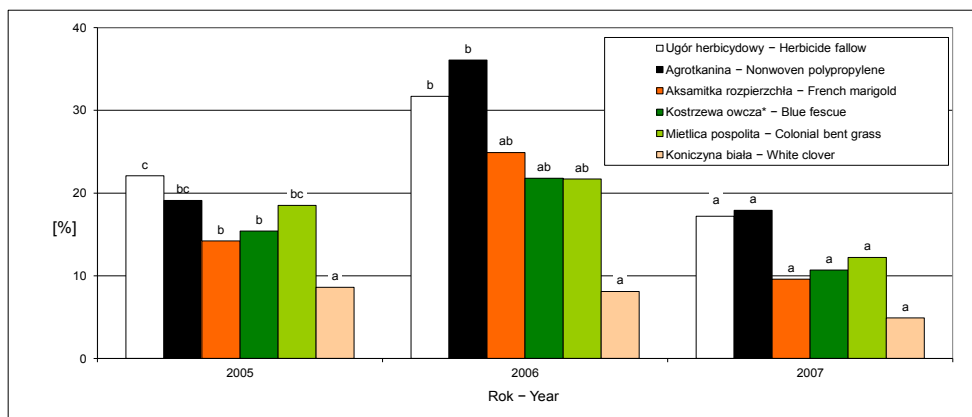


Objaśnienia: patrz rys. 14 – Explanation see: Fig. 14

Rys. 23. Liczba kwiatostanów na drzewach jabłoni w latach 2005–2007, w zależności od podkładki

Fig. 23. The inflorescences number on the apple trees in the years 2005–2007, depending on the rootstock

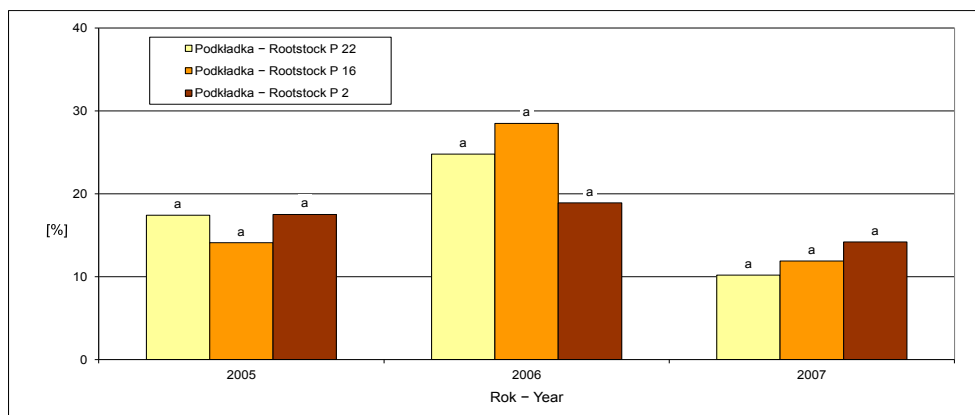
W uprawie koniczyny białej (107 g) istotne zróżnicowanie stwierdzono nawet w porównaniu z pozostałymi żywymi ściółkami. Istotnie wyższą średnią masę owocu uzyskano natomiast na drzewach okulizowanych na podkładce P 2 w porównaniu z P 16. Analiza statystycznie nie wykazała istotnych różnic będących wynikiem interakcji badanych czynników (tab. 27).



Objaśnienia: patrz rys. 14 – Explanation see: Fig. 14

Rys. 24. Procent zawiązanych owoców na drzewach jabłoni w latach 2005–2007, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew

Fig. 24. The fruit sets percentage on the apple trees in the years 2005–2007, depending on the orchard floor management treatment in the tree rows

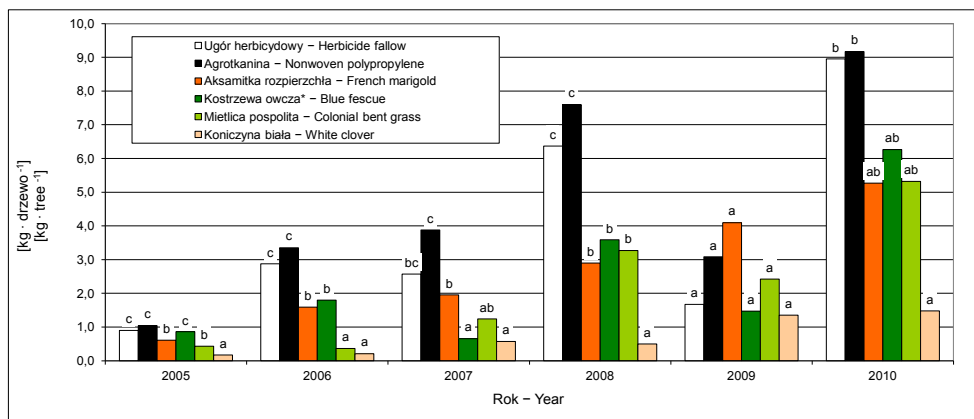


Objaśnienia: patrz rys. 14 – Explanation see: Fig. 14

Rys. 25. Procent zawiązanych owoców na drzewach jabłoni w latach 2005–2007, w zależności od podkładki

Fig. 25. The fruit sets percentage on the apple trees in the years 2005–2007, depending on the rootstock

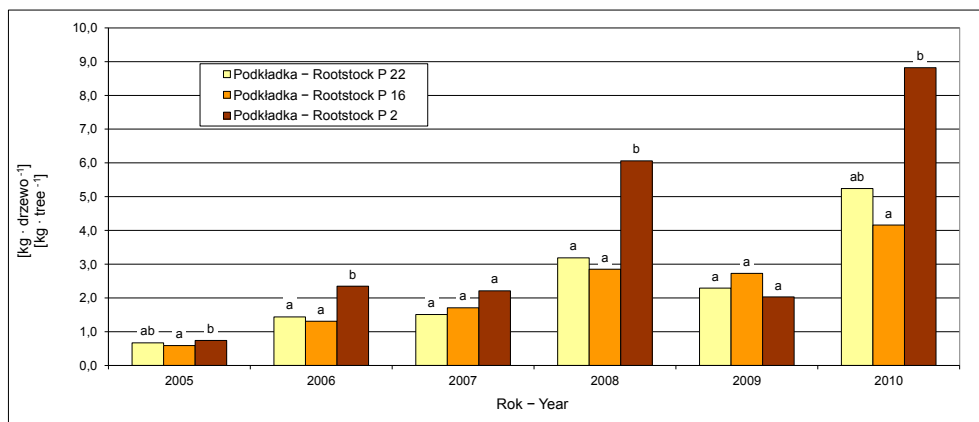
Każdy spośród badanych gatunków okrywowych przyczynił się do poprawy wybarwienia owoców (tab. 28). Zjawisko to najsilniej ujawniło się u wieloletnich traw. Procentowy udział jabłek z powierzchnią rumieńca przekraczającą $\frac{3}{4}$ skórki owocu wahał się od 48%, w uprawie aksamitki rozpięzchłej do 71% w kostrzewie owczej. Wartości uzyskane w ugorze herbicydowym i przy ściółkowaniu agrotkaniną, odpowiednio 24 i 32%, były istotnie niższe. Równocześnie uprawa żywych ściółek, w porównaniu z ugorzem herbicydowym, wpłynęła na istotne ograniczenie udziału jabłek bardzo słabo wybarwionych. Żywa ściółka miała również wpływ na zmniejszenie wielkości owoców. W porównaniu z ugorzem herbicydowym zastoso-



Objaśnienia: patrz rys. 14 – Explanation see: Fig. 14

Rys. 26. Plonowanie drzew jabłoni w latach 2005–2010, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew

Fig. 26. The yielding of the apple trees in the years 2005–2010, depending on the orchard floor management treatment in the tree rows



Objaśnienia: patrz rys. 14 – Explanation see: Fig. 14

Rys. 27. Plonowanie drzew jabłoni w latach 2005–2010, w zależności od podkładki

Fig. 27. The yielding of the apple trees in the years 2005–2010, depending on the rootstock

wanie koniczyny białej przyczyniło się do istotnego wzrostu udziału jabłek małych, o średnicy poniżej 6,5 cm (37%), a w przypadku mietlicy pospolitej – w wyborze 6,5–7,5 cm (43%). Jabłonie uprawiane w ściółce z agrotkaniny uzyskały około 30% owoców bardzo dużych o średnicy powyżej 8,5 cm. W porównaniu z drzewami rosnącymi w żywych ściółkach zanotowane różnice były istotne. Nie stwierdzono istotnego wpływu podkładki na wybarwienie owoców, natomiast procentowy udział jabłek małych, o średnicy poniżej 6,5 cm, był istotnie wyższy na drzewach uszlachetnionych na superkarłowej podkładce P 22 (tab. 28).

Tabela 26
Table 26

Suma plonu drzew jabłoni w okresie 2005–2010, w zależności od podkładki i sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew [kg.drzewo⁻¹]
The total yield of the apple trees in the period 2005–2010, depending on the rootstock and the orchard floor management treatment in the tree rows [kg.tree⁻¹]

Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management	Podkładka – Rootstock			Średnia Mean
	P 22	P 16	P 2	
Ugór herbicydowy – Herbicide fallow	18,8**	18,6	32,6	23,3 cd
Agrotkanina – Nonwoven polypropylene	26,1	20,6	37,6	28,1 d
Aksamitka rozpierzchła – French marigold	11,8	14,6	22,9	16,4 bc
Kostrzewa owcza* – Blue fescue	12,8	11,5	19,6	14,6 bc
Mietlica pospolita – Colonial bent grass	12,4	10,8	16,0	13,1 b
Koniczyna biała – White clover	4,3	4,1	4,5	4,3 a
Średnia – Mean	14,3 A	13,4 A	22,2 B	–

Objaśnienia: patrz tab. 22 – Explanation: see Tab. 22

Tabela 27
Table 27

Średnia masa owocu w zależności od podkładki i sposobu pielęgnacji gleby w rzędach, średnia z lat 2005–2010 [g]
The mean fruit weight depending on the rootstock and the orchard floor management treatment in the tree rows, 2005–2010 mean [g]

Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management	Podkładka – Rootstock			Średnia Mean
	P 22	P 16	P 2	
Ugór herbicydowy – Herbicide fallow	161**	166	183	170 cd
Agrotkanina – Nonwoven polypropylene	182	170	193	182 d
Aksamitka rozpierzchła – French marigold	151	158	155	155 bc
Kostrzewa owcza* – Blue fescue	167	159	168	165 bcd
Mietlica pospolita – Colonial bent grass	156	126	146	143 b
Koniczyna biała – White clover	102	92	129	107 a
Średnia – Mean	153 AB	145 A	162 B	–

Objaśnienia: patrz tab. 22 – Explanation: see Tab. 22

Tabela 28
Table 28

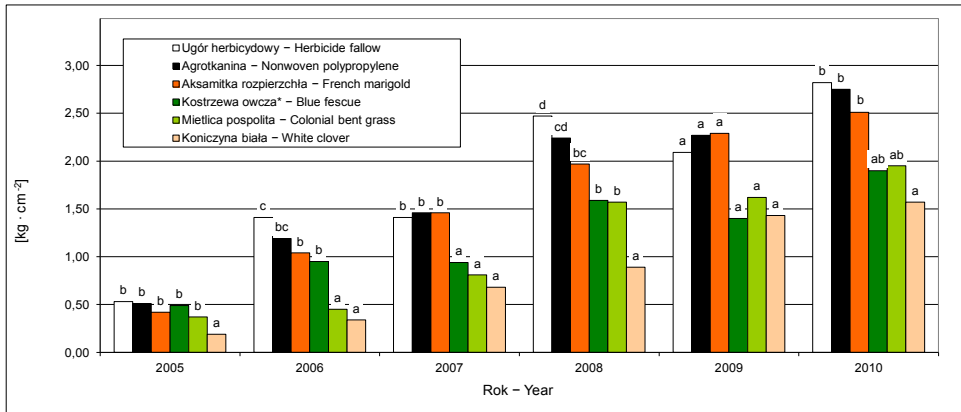
Jakość owoców w zależności od podkładki i sposobu pielęgnacji gleby
w rzędach drzew, średnia z lat 2005–2010 [%]
The quality of the fruits depending on the rootstock and the orchard floor management treatment
in the tree rows, 2005–2010 mean [%]

Wyszczególnienie Specification	Procentowy udział owoców z rumieńcem na powierzchni skórki Percentage of fruit with blush on the skin surface				Procentowy udział owoców o średnicy [cm] Percentage of fruit with diameter [cm]			
	> ¾	½–¾	¼–½	< ¼	> 8,5	7,5–8,5	6,5–7,5	< 6,5
Sposób pielęgnacji gleby – Orchard floor management treatment								
Ugór herbicydowy Herbicide fallow	23,8 a	41,8 d	26,1 d	8,4 c	22,3 bc	27,4 ab	26,6 a	23,7 b
Agrotkanina Nonwoven polypropylene	31,9 b	43,0 d	19,1 c	6,0 bc	29,5 c	30,5 bc	25,3 a	14,7 a
Aksamitka rozpierzchła French marigold	47,5 c	34,8 c	12,8 b	4,9 b	15,5 b	30,4 bc	35,3 ab	18,9 ab
Kostrzewa owcza* Blue fescue	71,1 e	21,5 a	5,9 a	1,6 a	13,8 ab	35,2 c	35,8 ab	15,2 ab
Mietlica pospolita Colonial bent grass	65,7 de	27,1 b	5,6 a	1,7 a	5,4 a	33,4 bc	43,4 b	17,9 ab
Koniczyna biała White clover	57,7 d	35,7 bc	5,8 a	0,8 a	8,1 a	22,5 a	32,3 ab	37,2 c
Podkładka – Rootstock								
P 22	49,3 a	34,9 a	12,6 a	3,3 a	15,9 a	26,4 a	31,0 a	26,8 b
P 16	48,9 a	33,1 a	13,4 a	4,7 a	14,5 a	31,9 a	32,7 a	21,0 a
P 2	50,7 a	34,0 a	11,7 a	3,7 a	16,9 a	31,5 a	35,6 a	16,0 a

Objaśnienia: patrz tab. 15 – Explanation: see Tab. 15

4.4.4. Współczynnik plenności drzew

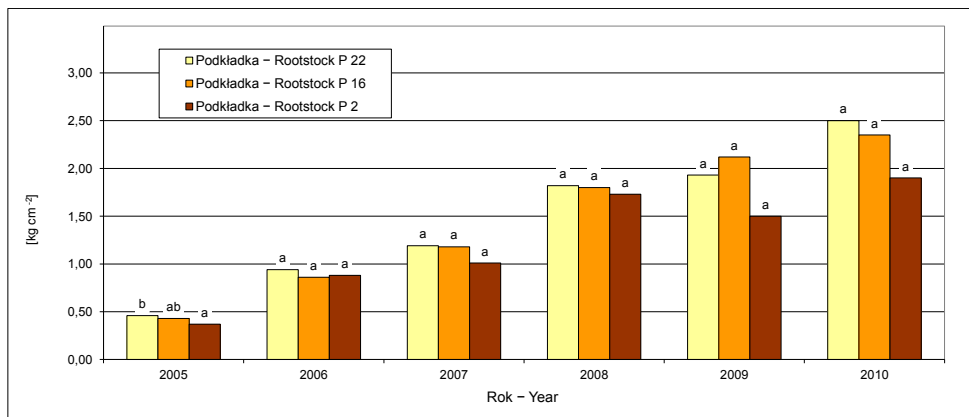
W kolejnych latach owocowania, z wyjątkiem 2009 r., wykazano istotny wpływ sposobu pielęgnacji gleby na wysokość współczynnika plenności drzew jabłoni (rys. 28). Najwyższe wyliczono dla jabłoni uprawianych w ugorze herbicydowym, w ściółce z agrotkaniny oraz uprawianych w aksamitce rozpierzchłej. W szóstym roku plonowały kształtowały się one na poziomach: 2,82; 2,75 i 2,51 kg·cm⁻². W porównaniu z wymienionymi sposobami pielęgnacji gleby uprawa koniczyny białej, a w niektórych latach owocowania, również mietlicy pospolitej, istotnie obniżyła wysokość współczynnika plenności. Podkładka nie miała istotnego wpływu na wartość omawianego współczynnika (rys. 29). Jedynym wyjątkiem był pierwszy roku owocowania, ponieważ u drzew uszlachetnionych na P 2 był istotnie niższy w porównaniu z rosnącymi na podkładce P 22.



Objaśnienia: patrz rys. 14 – Explanation see: Fig. 14

Rys. 28. Współczynnik plności drzew jabłoni w latach 2005–2010, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew

Fig. 28. The crop efficiency coefficient of the apple trees in the years 2005–2010, depending on the orchard floor management treatment in the tree rows



Objaśnienia: patrz rys. 14 – Explanation see: Fig. 14

Rys. 29. Współczynnik plności drzew jabłoni w latach 2005–2010, w zależności od zastosowanej podkładki

Fig. 29. The crop efficiency coefficient of the apple trees in the years 2005–2010, depending on the rootstock

4.4.5. Żywotność drzew

Na wszystkich badanych podkładkach w uprawie koniczyny białej obserwowano masowe zamieranie drzew spowodowane obecnością gryzoni (tab. 29). Do końca 2010 r. procentowy udział wypadów wahał się od 25%, wśród drzew uszlachetnionych na P 2, do nawet 75%, na podkładce P 22. W pozostałych sposobach pielęgnacji gleby obecność gryzoni nie we wszystkich przypadkach była powodem zamierania jabłoni. Mniejszą niż w koniczynie białej śmiertelność drzew odnotowano u jabłoni uprawianych w wieloletnich trawach na podkładce P 16 oraz P 2. Z populacji jabłoni w ugorze herbicydowym i ściółkowanym agrotkaniną wypadło w obu przypadkach 18,8% drzew. Straty te ograniczały się jedynie do drzew na superkarłowej

podkładce P 22 i najczęściej były spowodowane wyłamaniem się odmiany szlachetnej w miejscu okulizacji.

Tabela 29
Table 29

Procentowy udział wypadów drzew jabłoni do końca 2010 r. i obecność kolonii gryzoni, w zależności od podkładki i sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew [%]
The percentage of dead apple trees up to the end of 2010, and the rodent colonies presence, depending on the rootstock and the orchard floor management treatment in the tree rows [%]

Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management	Podkładka – Rootstock			Średnia Mean
	P 22	P 16	P 2	
Ugórze herbicydowe – Herbicide fallow	18,8**	–**	–**	6,3
Agrotkanina – Nonwoven polypropylene	18,8	–	–	6,3
Aksamitka rozpierzchła – French marigold	–	–**	–	–
Kostrzewa owcza* – Blue fescue	–	18,8**	6,3**	8,3
Mietlica pospolita – Colonial bent grass	–**	31,3**	6,3**	12,5
Koniczyna biała – White clover	75,0***	68,8***	25,0***	56,3
Średnia – Mean	18,8	19,8	6,3	–

* w 2004 r. nasturcja karłowa – in 2004 dwarf nasturtium

** kolonie gryzoni w niektórych latach do 2010 r. – rodent colonies in some years up to 2010

*** kolonie gryzoni we wszystkich latach do 2010 r. – rodent colonies in all years up to 2010

4.5. Wybrane aspekty ekonomiczne uprawy jabłoni z zastosowaniem żywych ściółek

4.5.1. Nakłady pracy ręcznej i siły pociągowej

Nakłady pracy ręcznej poniesione w latach 2004–2010 na założenie i prowadzenie 100 m² sadu w ugorze herbicydowym kształtowały się na poziomie 15 roboczogodzin (rys. 30, tab. 30). Wyższe wartości zanotowano przy zastosowaniu agrotkaniny oraz żywych ściółek, z wyjątkiem koniczyny białej. Nakłady pracy ręcznej na założenie sadu, nawożenie, ochronę jabłoni oraz nawadnianie interwencyjne pozostawały na jednakowym poziomie, bez względu na przyjęty sposób pielęgnacji gleby w rzędach drzew. Do zróżnicowania wysokości nakładów pracy ręcznej przyczyniły się: cięcie i formowanie jabłoni, przerzedzanie zawiązków, a w największym stopniu – zespół zabiegów agrotechnicznych związany z pielęgnacją gleby w rzędach drzew. Wyraźny wzrost nakładów pracy na pielęgnację gleby zanotowano, zastępując ugorze herbicydowe ściółką z agrotkaniny (4,2 roboczogodziny·100 m⁻²), większy stwierdzono w uprawie wieloletnich traw, największy w aksamitce rozpierzchłej – 29,1. Utrzymanie gleby w ugorze herbicydowym wymagało około 1 roboczogodziny na 100 m² sadu.

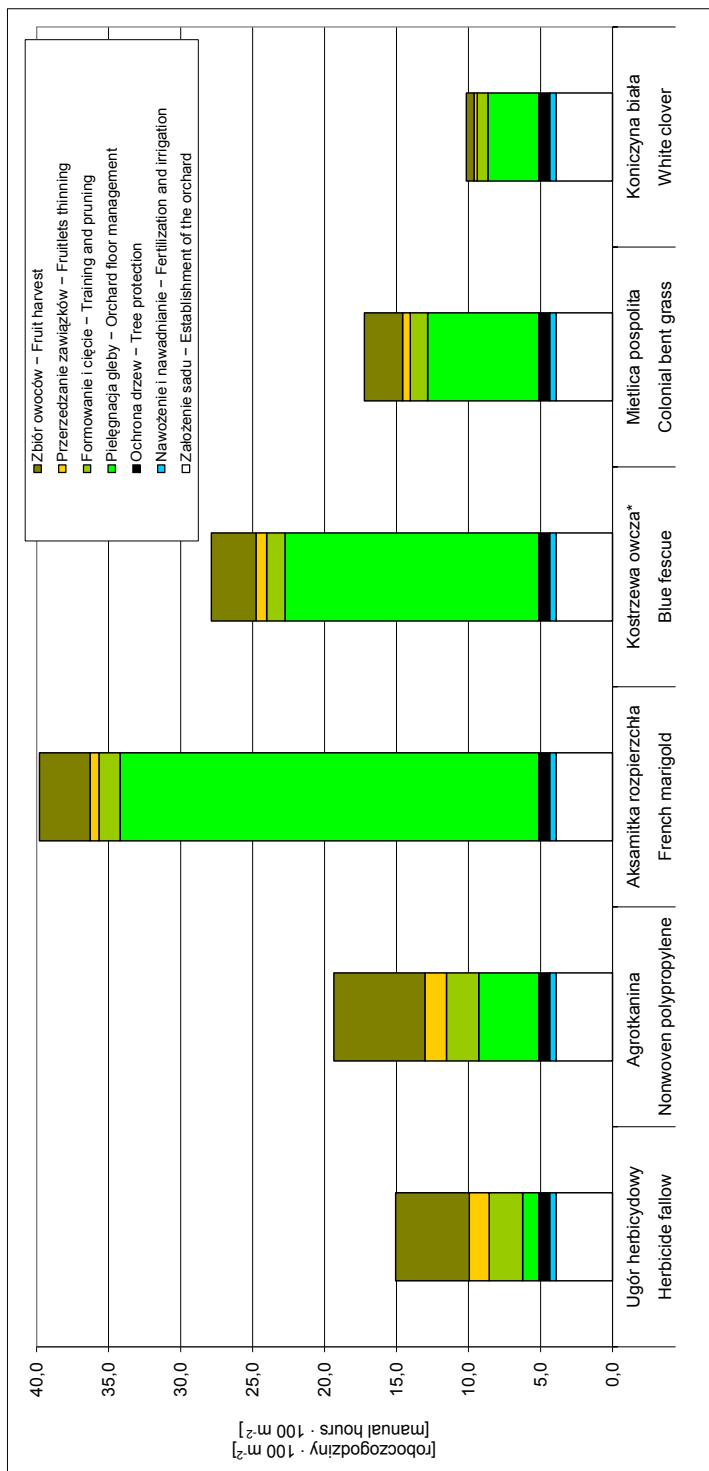
Największe nakłady pracy na pielęgnację gleby w rzędach drzew poniesiono, przygotowując glebę pod wysiew, przy rzutowym rozmieszczeniu nasion na powierzchni gleby, a następnie przy ręcznym odchwaszczaniu ściółek (rys. 31). Nakłady te razem z poniesionymi przy chemicznym zwalczaniu zachwaszczenia w każdym roku uprawy aksamitki rozpierzchłej były wyjątkowo wysokie. Mniej pracy wymagała uprawa wieloletnich traw, w których wysokie poniesiono jedynie w roku ich wysiewu. W kolejnych latach nakłady pracy na pielęgnację darni,

Tabela 30
Table 30

Pracochłonność produkcji jabłek do końca siódmego roku po posadzeniu jabłoni, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew
The apple production labor consumption until to the end of the seventh year following the apple tree planting,
depending on the orchard floor management in the tree rows

Wyszczególnienie Specification	Sposób pielęgnacji gleby Orchard floor management					Koniczyna biała White clover
	Ugór herbicydowy Herbicide fallow	Agrotkanina Nonwoven polypropylene	Aksamitka rozpierzchła French marigold	Kostrzewa owcza* Blue fescue	Mietlica pospolita Colonial bent grass	
	[roboczogodziny – manual hours]					
Nakłady pracy ręcznej na 100 m ² w latach 2004–2010 Manual labor expenditures per 100 m ² in 2004–2010	15,1	19,3	39,8	27,9	17,2	10,2
Nakłady pracy ręcznej na 1 tonę owoców Manual labor expenditures per 1 ton of fruit	29,5	30,6	113,1	89,8	64,8	188,5
	[ciągnikogodziny – tractor hours]					
Nakłady pracy siły pociągowej na 100 m ² w latach 2004–2010 Tractor labor expenditures per 100 m ² in 2004–2010	3,7	4,0	3,5	3,2	3,1	2,5
Nakłady pracy siły pociągowej na 1 tonę owoców Tractor labor expenditures per 1 ton of fruit	7,3	6,3	9,8	10,3	11,5	46,9
	[kg · 100 m ⁻²]					
Wielkość plonu na jedną roboczogodzinę The amount of yield per one manual hour Wielkość plonu na jedną ciągnikogodzinę The amount of yield per one tractor hour	33,9	32,6	8,8	11,1	15,4	5,3
	137,3	158,9	101,9	97,5	87,0	21,3

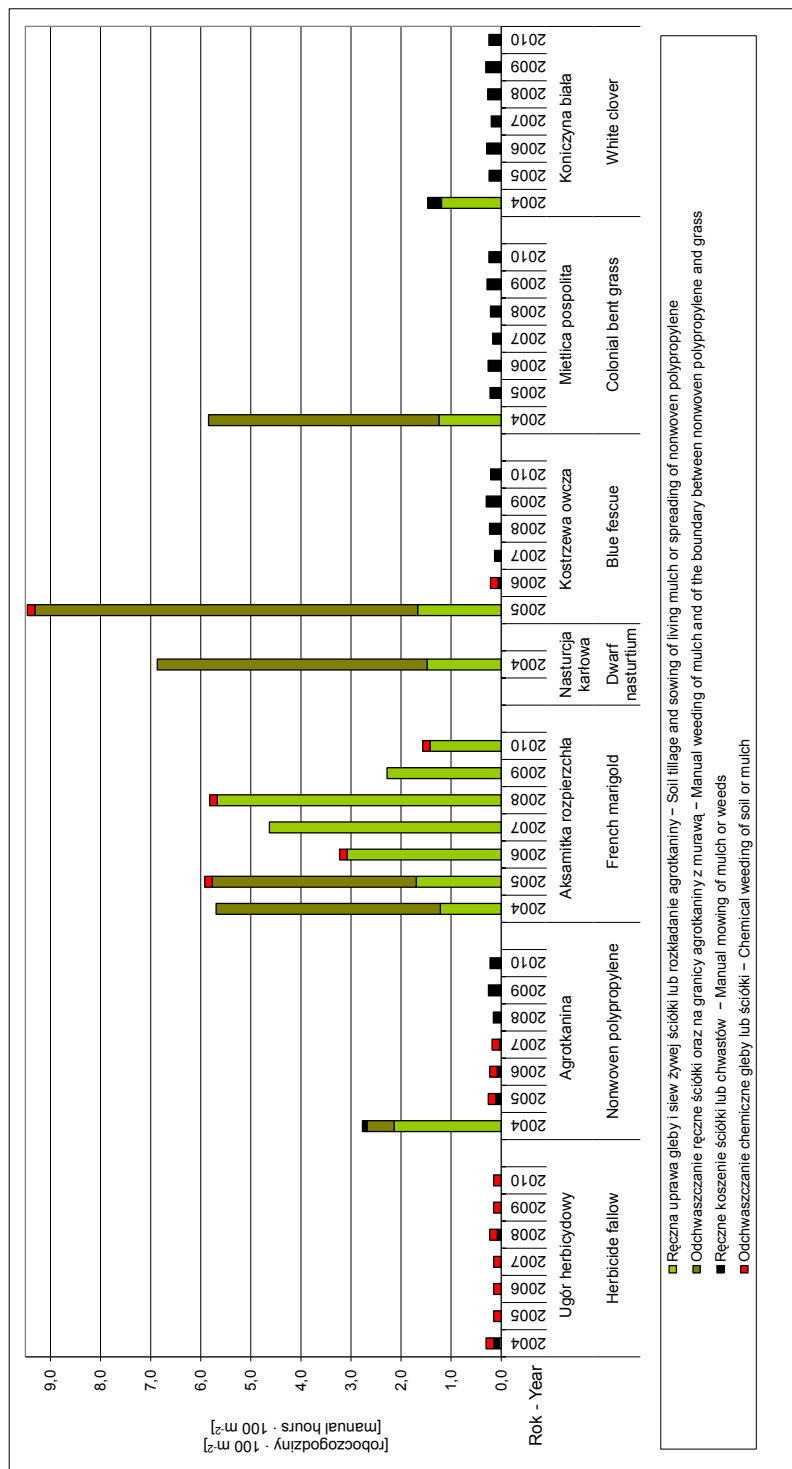
* w 2004 r. nasturcja karłowa – in 2004 dwarf nasturtium



* w 2004 r. nasturcja karłowa – in 2004 dwarf nasturtium

Rys. 30. Nakłady pracy ręcznej na założenie i prowadzenie 100 m² sadu poniesione do końca siódmego roku po posadzeniu jabłoni, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew

Fig. 30. Manual labor expenditures on the establishment and maintenance of 100 m² of the orchard spent until the end of the seventh year following the apple tree planting, depending on the orchard floor management in the tree rows



Rys. 31. Struktura nakładów pracy ręcznej na pielęgnację gleby w rzędach drzew, poniesionych w okresie pierwszych siedmiu lat po posadzeniu jabłoni
 Fig. 31. The structure of the manual labour expenditures on the orchard floor management treatment applied to the apple tree rows, spent during the period of the first seven years following the apple tree planting

najczęściej ograniczające się do koszenia, były już porównywalne z zanotowanymi w ugorze herbicydowym. Uprawę kostrzewy owczej wysianej dopiero w drugim roku po posadzeniu obciążały dodatkowo jednak wysokie nakłady pracy ręcznej związane z uprawą nasturcji karłowej w roku sadzenia drzew. Natomiast dynamiczny wzrost koniczyny białej na przełomie lata i jesieni 2004 r. (rys. 5) pozwolił zrezygnować z jej ręcznego odchwaszczania, co przyczyniło się do znacznego ograniczenia wysokości poniesionych nakładów pracy ręcznej już w roku jej wysiewu.

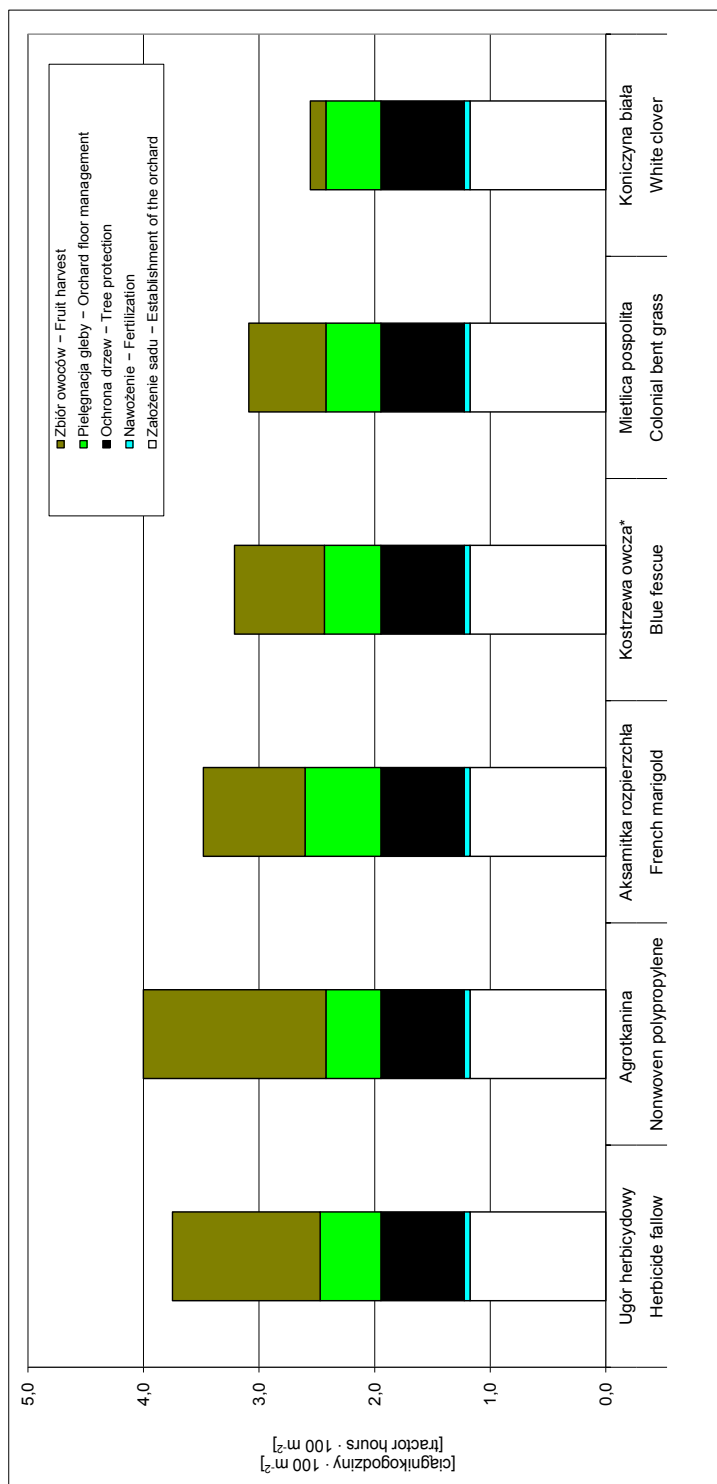
Mniejsze i nieznacznie zróżnicowane pomiędzy badanymi sposobami pielęgnacji gleby nakłady zanotowano, analizując pracę siły pociągowej (rys. 32, tab. 30). W okresie siedmiu lat uprawy jabłoni w ugorze herbicydowym i w ściółce z agrotkaniny poniesiono odpowiednio 3,7 i 4,0 ciągnikogodziny na 100 m² sadu. Przy wprowadzeniu do sadu ściółek żywych były nieco mniejsze. Wykazane różnice między badanymi sposobami pielęgnacji gleby wynikały ze zróżnicowania nakładów pracy siły pociągowej przy zbiorze owoców, które pozostawały w zależności z wysokością plonowania drzew (tab. 26).

4.5.2. Jednostkowa pracochłonność produkcji jabłek

W okresie pierwszych siedmiu lat po posadzeniu najbardziej pracochłonna okazała się uprawa jabłoni z zastosowaniem koniczyny białej i aksamitki rozpierzchłej jako żywych ściółek (tab. 30). W tych sposobach pielęgnacji gleby nakłady pracy ręcznej na wyprodukowanie 1 tony owoców kształtowały się na poziomie 188,5 i 113,1 roboczogodzin. Mniejsze poniesiono, wykorzystując wieloletnie trawy – około 65–90 roboczogodzin. W porównaniu z nakładami zanotowanymi w ugorze herbicydowym i w ściółce z agrotkaniny, w uprawie żywej ściółki z mietlicy pospolitej były dwukrotnie, a kostrzewy owczej – nawet trzykrotnie wyższe. Mniejsze różnice zanotowano, analizując nakłady pracy siły pociągowej. Wyjątkiem okazała się ściółka z koniczyny białej, w której produkcja 1 tony owoców w wymagała prawie 47 ciągnikogodzin. W przypadku pozostałych żywych ściółek wahała się od około 9,8 do 11,5 ciągnikogodzin. Utrzymanie ugoru herbicydowego wymagało jedynie 7,3 godziny pracy siły pociągowej.

Inny wskaźnik pracochłonności – wysokość plonu odpowiadającego pracy ręcznej przez jedną godzinę w ugorze herbicydowym i przy ściółkowaniu agrotkaniną przekroczyła 30 kg na 100 m² sadu. W obecności roślin okrywowych efektywność wykorzystania jednej roboczogodziny była kilkakrotnie mniejsza i odpowiadała od 5,3 do 15,4 kg na 100 m² sadu. Podobnie kształtowało się wykorzystanie jednej godziny pracy siły pociągowej.

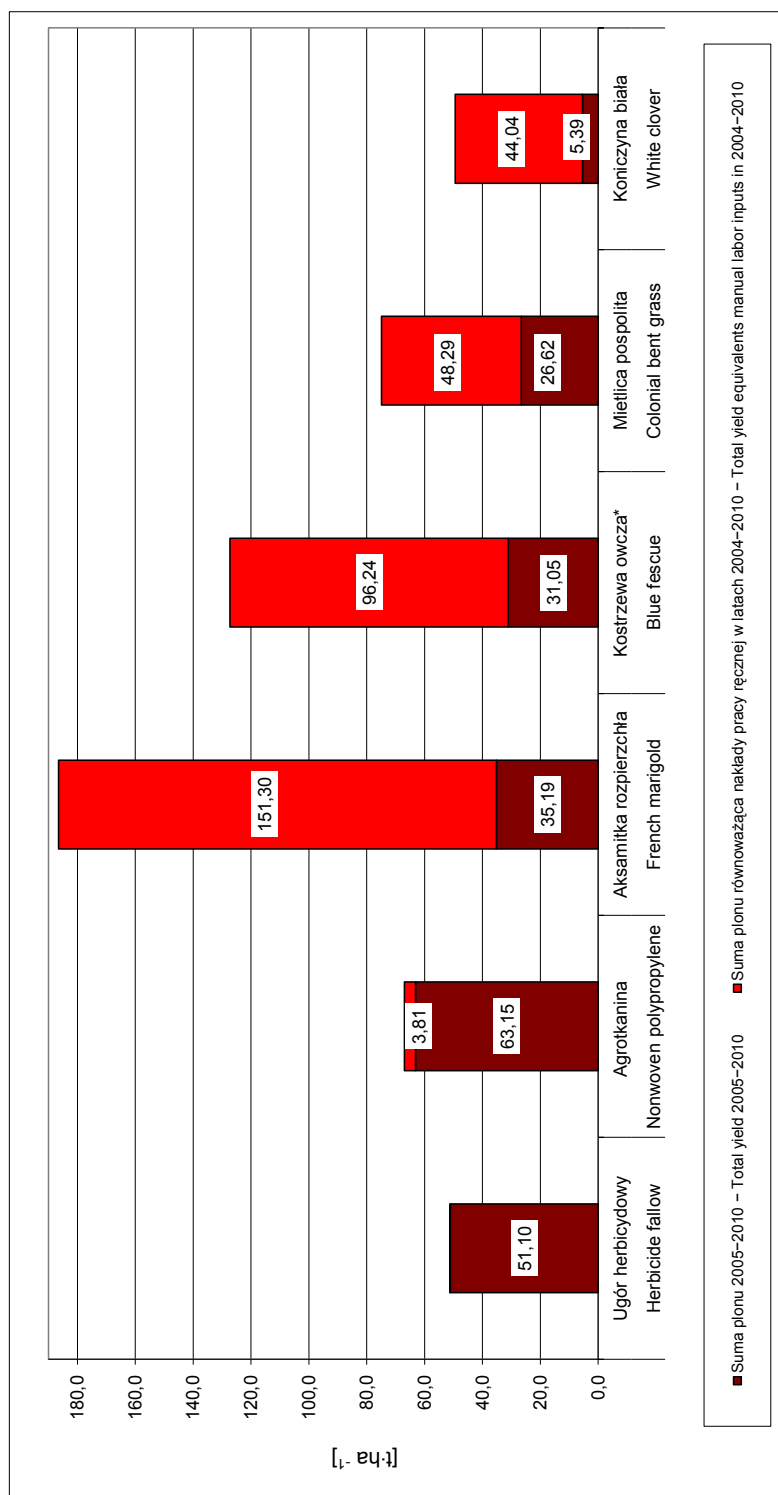
Wyliczona suma faktycznie uzyskanego plonu w latach 2005–2010 i plonu pozwalającego zrównoważyć wysokość nakładów pracy ręcznej w stosunku do ugoru herbicydowego była najmniejsza w koniczynie białej (rys. 33). W przypadku pozostałych wieloletnich żywych ściółek aby zrównoważyć wysokie nakłady pracy poniesione na założenie i prowadzenie sadu w pierwszych siedmiu latach po posadzeniu, suma plonu z hektara musiałaby być wyższa o dodatkowe 50–100 ton. W najbardziej pracochłonnej aksamitce rozpierzchłej byłoby to możliwe dopiero przy uzyskaniu w pierwszych sześciu latach owocowania dodatkowych 150 ton z hektara.



* w 2004 r. nasturcja karłowa – in 2004 dwarf nasturtium

Rys. 32. Nakłady pracy siły pociągowej na założenie i prowadzenie 100 m² sadu poniesione do końca siódmego roku po posadzeniu jabłoni, w zależności od sposobu pielęgnacji gleby w rzędach drzew

Fig. 32. Tractor labor expenditures on the establishment and maintenance of 100 m² of the orchard spent until the end of the seventh year following the apple tree planting, depending on the orchard floor management in the tree rows



* w 2004 r. nasturcja karłowa – in 2004 dwarf nasturtium

Rys. 33. Suma plonu w okresie pierwszych sześciu lat owocowania drzew jabłoni, przy osiągnięciu której nakłady pracy ręcznej poniesione przy ściółkowaniu gleby w rzędach drzew zrównoważyłyby nakłady pracy ręcznej przy zastosowaniu ugoru herbicydowego

Fig. 33. The total yield during the first six years of the apple tree cropping upon reaching which the manual expenditures spent on the tree row mulching would have been equivalent to the manual labor expenditures involved in the herbicide fallow application

5. DYSKUSJA

W prezentowanym doświadczeniu już w pierwszym, a najpóźniej w drugim roku po wysiewie nasion uzyskano pokrycie gleby koniczyną białą i wieloletnimi trawami przekraczające 90% powierzchni w rzędach drzew. Jednak rozprzestrzenianie się w darni chwastów, podobnie jak w badaniach Hartleya i in. [2000], wskazywało na zbyt małe zagęszczenie roślin okrywowych. Taki stan wynikał ze zbyt małej dawki nasion [den Hollender i in. 2007a], a także słabych wschodów roślin w niekorzystnych warunkach wodnych [Lipecki i Wieniarska 2000], związanych z długim okresem posuchy wiosną i na początku lata 2004 r. na Dolnym Śląsku. Wysoka podatność jednogatunkowych żywych ściółek na zachwaszczenie, jaką obserwowali Linares i in. [2008], utrzymała się w przypadku wieloletnich żywych ściółek – koniczyny białej i mietlicy pospolitej również w kolejnych latach po posadzeniu drzew. Podobnie jak w badaniach Calkinsa i Swansona [1995] obserwowano stopniową eliminację chwastów jednorocznych, a wzrost udziału trwałych. Mniejszy udział zachwaszczenia odnotowano przy zastosowaniu wieloletnich traw. Natomiast populacja koniczyny białej do końca piątego roku badań została zdominowana przez perz właściwy – *Elymus repens* (L.) Gould, a w mniejszym stopniu również przez mniszek lekarski – *Taraxacum officinale* Web. Wpłynęło to na utworzenie nowego, odmiennego w stosunku do pierwotnie przewidywanego, zbiorowiska roślinnego w rzędach drzew jabłoni. Wykazane w badaniach własnych zmiany fitosocjologiczne potwierdziły obserwacje Kłossowskiego i in. [1962], którzy notowali spadek populacji koniczyny białej w obecności kostrzewy czerwonej, wiechliny łąkowej i ich zachwaszczenia. Podobne zmiany stwierdzili również Mantinger i in. [1996]. W prezentowanych badaniach nie zanotowano tak dużej, jak w koniczynie białej, eliminacji pokrycia gleby mietlicą pospolitą. Wieloletnia trawa wykazała większy stopień tolerancji wobec chwastów. Mimo to istotny wzrost udziału perzu właściwego – *Elymus repens* (L.) Gould, nieograniczony ręcznym odchwaszczaniem ściółki w 2004 r., wpłynął negatywnie na zaistniałe warunki siedliskowe w sadzie. Podobnie, jak sugerowali Bradshaw i Lanini [1995] czy Mika i Krzewińska [1996], duże zachwaszczenie przyczyniło się do wzrostu konkurencji żywej ściółki w stosunku do drzewa owocowego. Dodatkowo w przypadku koniczyny białej i mietlicy pospolitej nie uzyskano ograniczenia populacji chwastów przez regularne koszenie darni, które Ross i in. [2001] uznali za zabieg w pewnym stopniu eliminujący zachwaszczenie w kilku gatunkach z rodzaju koniczyna.

Odmienne wyniki niż w koniczynie białej i mietlicy pospolitej uzyskano przy zastosowaniu kostrzewy owczej. Jej opóźniony wysiew – dopiero w drugim roku po posadzeniu – poprzedziła uprawa nasturcji karłowej. Niezadowolające, wynoszące jedynie 35%, pokrycie gleby w rzędach drzew uzasadniło decyzję o rezygnacji z jej kolejnego wysiewu. Jednak niewielka populacja jednorocznej nasturcji karłowej oraz ręczne usuwanie chwastów w rzędach drzew zagwarantowały najkorzystniejsze, na tle innych żywych ściółek, warunki wzrostu i rozwoju jabłoni. Dodatkowo, chemiczna likwidacja resztek nasturcji karłowej i jej zachwaszczenia wiosną następnego roku przyczyniły się do stworzenia dobrych warunków do kiełkowania

nasion oraz wzrostu i rozwoju roślin kostrzewy owczej. Rok wysiewu tej wieloletniej trawy (2005) odznaczał się korzystniejszą niż w 2004 r. ilością opadów w okresie wschodów oraz dalszego rozwoju ściółki. Wysiana w lepszych warunkach kostrzewa owcza już w piątym roku po posadzeniu jabłoni utworzyła istotnie większą powierzchnię zadarniania w rzędach drzew na tle innych badanych roślin okrywowych. W tym samym roku udział w jej darni perzu właściwego – *Elymus repens* (L.) Gould i mniszka lekarskiego – *Taraxacum officinale* Web. był istotnie mniejszy w porównaniu z pozostałymi żywymi ściółkami. Do uzyskania tak zadowalającego efektu przyczyniły się również zastosowane zabiegi pielęgnacyjne. Ręczne usuwanie chwastów w roku wysiewu ściółki, podobnie jak w badaniach Bradshawa i Laniniego [1995], okazało się skuteczną metodą stymulującą rozwój zwartej zadarniania. W tym samym celu w trzecim roku po posadzeniu drzew ograniczono populację dwuliściennych chwastów trwałych za pomocą selektywnie działającego herbicydu.

Każda z wieloletnich żywych ściółek wywarła wpływ na pracochłonność i koszty uprawy drzew. Jak podaje Serrine i in. [2008], wysiew nasion i pielęgnacja żywej ściółki w roku jej wprowadzenia do sadu zwiększa o około 35% koszty pielęgnacji gleby w stosunku do ugoru herbicydowego. W prezentowanych badaniach najmniejsze nakłady pracy ręcznej poniesiono przy zastosowaniu koniczyny białej. Rezygnacja z odchwaszczania utworzonej przez nią darni doprowadziła jednak do istotnego spadku udziału tej rośliny ściółkującej w rzędach drzew. Uzyskany efekt był niezadowalający. W porównaniu z koniczyną białą wprowadzenie ręcznego odchwaszczania wieloletnich traw wpłynęło na wyjątkowy wzrost nakładów pracy ręcznej. Zabieg ten, podobnie jak w badaniach Bradshawa i Laniniego [1995], uznano za nieuzasadniony ekonomicznie dla towarowych upraw sadowniczych. W takiej sytuacji możliwość ograniczenia poziomu zachwaszczenia w żywej ściółce wiązała się z koniecznością zastosowania środków chemicznych, co zgadza się z sugestiami Hartwiga i Ammona [2002]. Skuteczność i zasadność takich zabiegów w sadzie produkcyjnym potwierdziło jednokrotne zastosowanie selektywnego herbicydu w kostrzewie owczej, w drugim roku po jej wysiewie. Zabieg istotnie ograniczył populację mniszka pospolitego – *Taraxacum officinale* Web. Prawdopodobnie jeszcze korzystniejsze do zapewnienia szybkiego wzrostu żywych ściółek byłoby, zaproponowane przez Hartleya i in. [2000], nie tylko zastosowanie selektywnych środków chemicznych, ale i dodatkowe dosiewanie nasion, jeszcze w roku wprowadzenia do sadu rośliny okrywowej.

W świetle powyższych wyników kilkuletnie utrzymywanie aksamitki rozpierzchłej w charakterze żywej ściółki okazało się najmniej uzasadnione ekonomicznie. Jej uprawa w pierwszych latach po posadzeniu drzew wymagała wysokich nakładów pracy ręcznej przy corocznym wysiewie nasion oraz ręcznym usuwaniu zachwaszczania w okresie wegetacji roślin. Mimo to procentowy udział powierzchni gleby pokrytej przez tę ściółkę był niezadowalający. Podjęta w kolejnych latach rezygnacja z nieuzasadnionego ekonomicznie ręcznego usuwania chwastów w ściółce oraz wprowadzenie chemicznej i ręcznej likwidacji zachwaszczenia jedynie przed jej wysiewem tylko w pewnym stopniu przyczyniły się do ograniczenia nakładów pracy. Jednocześnie istotnie wzrósł udział niektórych gatunków chwastów w aksamitce rozpierzchłej, nawet mimo zwiększenia dawki wysiewanych nasion o 50%. Opisane trudności w uprawie tego gatunku sugerują wykorzystanie aksamitki rozpierzchłej jedynie jako przedplonu, zgodnie z doniesieniem Faby [2001], wysiewanego w miejscu planowanych rzędów drzew. Nawet kilkumiesięczna obecność tej rośliny, jako gatunku redukującego populację nicieni, ma korzystny wpływ na glebę [von Lung i in. 1997, Faby 2001].

W wielu doniesieniach [Hartley i in. 2000, Belding i in. 2004, Isaac i in. 2007, Linares i in. 2008] skuteczna redukcja zachwaszczenia w sadzie była uzależniona od stopnia pokrycia

i wielkości biomasy żywej ściółki. Badania własne potwierdziły powyższe obserwacje. Aby uzyskać zwarte pokrycie gleby żywą ściółką, należy wysiane rośliny systematycznie pielęgnować. Wykonywane zabiegi powinny być zarówno skuteczne agrotechnicznie, jak i również uzasadnione ekonomicznie. Poniesione w roku założenia żywych ściółek nakłady pracy ręcznej przy ich wysiewie i odchwaszczaniu zdecydowały w największym stopniu o wysokiej pracochłonności produkcji jabłek w kolejnych latach owocowania drzew. Natomiast już w następnych latach po posadzeniu jabłoni liczba roboczogodzin poniesiona przy pielęgnacji darni roślin okrywowych była porównywalna do nakładów na utrzymanie ugoru herbicydowego czy agrotkaniny. Potwierdza to doniesienie Serrine i in. [2008], w którym oszacowane koszty uprawy wieloletnich żywych ściółek między rzędami, z pominięciem roku ich założenia, były nawet niższe w porównaniu z ugiem herbicydowym.

Przedstawiona agrotechniczno-ekonomiczna charakterystyka warunków i możliwości uprawy żywych ściółek ukazuje jedynie wybrane aspekty oceny ich przydatności w sadzie. W praktyce sadowniczej ważniejszym i kluczowym przedmiotem zainteresowania jest wpływ gatunków okrywowych na plonowanie jabłoni i jakość owoców, a w następnej kolejności – również wzrost, stan odżywienia i żywotność drzew.

Według licznych doniesień obecność żywych ściółek w sadzie przyczyniała się do późniejszego wchodzenia drzew w okres owocowania [Shribbs i Skroch 1986a, Merwin i Stiles 1994, Hartley i in. 2000]. W warunkach Dolnego Śląska, podobnie jak w badaniach Horniga i Bünemanna [1995] czy Mantingera i in. [1996], już w pierwszych latach owocowania obserwowano niekorzystne oddziaływanie niektórych roślin okrywowych na wysokość plonu. Najbardziej konkurencyjne dla jabłoni okazały się gatunki wieloletnie: koniczyna biała i mietlica pospolita. Negatywny wpływ koniczyny białej na owocowanie jabłoni ujawnił się również w doświadczeniu w warunkach Mazowsza i zdecydował wręcz o zastąpieniu żywych ściółek innymi sposobami pielęgnacji gleby w sadzie [Mika i Krzewińska 1993, 1995, 1996, Mika i in. 1998]. Mniejszy wpływ na obniżenie plonowania jabłoni miała uprawa aksamitki rozpierzchłej i nasturcji karłowej. Wyniki te odzwierciedlają badania jednorocznych gatunków okrywowych przeprowadzone przez Lipeckiego i Wieniarską [2000] oraz Kühna i Lindhard Pedersen [2009]. Równocześnie nie potwierdzają one bardzo negatywnej oceny Schumachera i in. [1988] dotyczącej obecności jednorocznych żywych ściółek między rzędami drzew. W omawianym doświadczeniu w koniczynie białej – ściółce najbardziej zachwaszczonej perzem właściwym – *Elymus repens* (L.) Gould notowano istotnie niższe plonowanie, nawet po kilku latach od posadzenia drzew. Mniejsze różnice, w porównaniu z ugiem herbicydowym, obserwowano w przypadku pozostałych roślin okrywowych – w tym, wprowadzonej w drugim roku po posadzeniu drzew kostrzewie owczej. Jej uprawa, podobnie jak kostrzewie czerwonej w badaniach Yao i in. [2005], w niektórych latach wpłynęła na istotne obniżenie poziomu owocowania jabłoni w porównaniu z ugiem herbicydowym. Suma plonu z drzewa z lat 2005–2010, uzyskanego w tej ściółce oraz aksamitce rozpierzchłej, nie wykazała jednak istotnego zróżnicowania w stosunku do uprawy jabłoni z zastosowaniem chemicznego zwalczania chwastów.

Badania prezentowane w tej pracy potwierdziły ukazane przez innych autorów wyniki, dotyczące wpływu żywych ściółek na jakość owoców. Jabłonie uprawiane w koniczynie białej i mietlicy pospolite uzyskały owoce o najniższej masie. Negatywny wpływ koniczyny białej na masę owocu potwierdzili także Hornig i Bünemann [1995]. Obecność tej żywej ściółki przyczyniła się ponadto do zwiększenia udziału owoców małych, o średnicy poniżej 6,5 cm, natomiast przy zastosowaniu mietlicy pospolitej – w wyborze 6,5–7,5 cm. Podobne tendencje,

ale w obecności jednorocznych żywych ściółek, zaobserwowali Schumacher i in. [1988] oraz Sosna i in. [2009]. Najlepsze warunki do uzyskania owoców dużych zapewniła uprawa jabłoni w ściółce z agrotkaniny oraz w ugorze herbicydowym. W porównaniu ze ściółką z agrotkaniny zastosowanie żywych ściółek istotnie ograniczyło procentowy udział owoców przerośniętych (o średnicy powyżej 8,5 cm). Jednocześnie uprawa drzew w kostrzewie owczej nie wpłynęła w istotny sposób na średnią masę owocu. Zastosowanie pod drzewami żywych ściółek sprzyjało dobremu wybarwianiu się jabłek. Największy procentowy udział owoców z rumieńcem przekraczającym $\frac{3}{4}$ powierzchni skórki uzyskano w ściółce z kostrzewy owczej i mietlicy popolitej. W porównaniu z ugorzem herbicydowym zanotowano istotne różnice. Opisywane wyniki w pełni potwierdziły badania Horniga i Bünemanna [1995], Granatsteina i Mullinixa [2008], Kühna i Lindhard Pedersen [2009] oraz Sosny i in. [2009].

Wysokość plonu w doświadczeniu w warunkach Dolnego Śląska zależała nie tylko od badanych czynników doświadczalnych. Niskie plonowanie drzew było spowodowane niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi w okresie kwitnienia jabłoni w 2007 r. oraz przemennym owocowaniem drzew, obserwowanym w kolejnych latach badań. Dużą rolę odegrała także jakość materiału szkółkarskiego – sadzenie średniej jakości jednorocznych, nierozgałęzionych okulantów o średnicy nieprzekraczającej 1 cm. Wielkość plonu notowana w ugorze herbicydowym w porównaniu z uzyskaną również dla odmiany 'Ligoł', w innych regionach Polski, na tych samych podkładkach P 22, P 16 i P 2 [Czynczyk i Bartosiewicz 1996, Szczygieł i Czynczyk 2002] była niższa już w pierwszych latach po posadzeniu jabłoni. Suma plonu w okresie pierwszych sześciu lat owocowania (1996–2001) w badaniach na Podkarpaciu [Szczygieł i Czynczyk 2002] była ponad dwukrotnie wyższa w porównaniu z zanotowaną w warunkach Dolnego Śląska (2005–2010). Analiza wyników własnych z innymi uzyskanymi w kraju pozwala przypuszczać, że w latach charakteryzujących się korzystniejszymi warunkami atmosferycznymi można by się spodziewać lepszego poziomu owocowania drzew odmiany 'Ligoł' nie tylko w ugorze herbicydowym, lecz także w uprawie z roślinami okrywowymi. Duże znaczenie dla regularnego owocowania jabłoni mogłoby mieć również wprowadzenie silniejszego i skuteczniejszego, niż miało to miejsce w przeprowadzonym doświadczeniu, przerzedzania zawiązków. Zdaniem Czynczyka i Bartosiewicza [2002] w przypadku odmiany 'Ligoł' taki zabieg należy uznać za niezbędny. Niewątpliwie, znaczny wpływ na poziom plonowania jabłoni, szczególnie w pierwszych latach owocowania, wywarłoby wysadzenie silniejszych, dobrze rozgałęzionych i starszych niż jednoroczne drzewek jabłoni, co potwierdzają wyniki badań Bielickiego i in. [2002] czy Gudarowskiej i in. [2006].

Doniesienia różnych autorów oceniających rośliny okrywowe w sadzie ukazują obniżenie plonowania jabłoni uszlachetnionych na podkładkach karłowych [Hornig i Bünemann 1995, Mantinger i in. 1996], półkarłowych [Mika i Krzewińska 1993, 1995, 1996, Mika i in. 1998], a także na silnie rosnących [Merwin i Stiles 1994, Hartley i in. 2000, Yao i in. 2005, 2006], a nawet na siewkach [Shribbs i Skroch 1986a]. W badaniach własnych w niektórych latach obserwowano istotnie wyższe plonowanie jabłoni na podkładce P 2 niż na pozostałych P 16 i P 22, co jest zbliżone do wyników ocen różnych odmian jabłoni na wymienionych podkładkach [Jadczuk i Bogdanowicz 1995, Callesen 1997, Szczygieł i Czynczyk 2002]. Jednak w obrębie żadnego z ocenianych sposobów pielęgnacji gleby w sadzie nie stwierdzono istotnego zróżnicowania sumy plonu z drzewa w latach 2005–2010 w zależności od podkładki. Mimo to suma plonu, charakteryzujących się najsilniejszym wzrostem, drzew na półkarłowej podkładce P 2 była istotnie wyższa od uzyskanej u jabłoni uszlachetnionych na superkarłowej P 22 i karłowej P 16. Nie potwierdziły tego badania Skrzyńskiego i Poniedziałka [1997],

w których suma plonu w okresie pierwszych trzech lat owocowania na podkładkach P 2 i P 22 nie była istotnie zróżnicowana, a także wyniki Szczygła i Czynczyka [2002] obejmujące sześć lat plonowania. Bez względu na zastosowaną podkładkę zbliżony poziom plonowania jabłoni wykazali też Czynczyk i Bartosiewicz [1996]. W innym doświadczeniu podkładowym uwzględniającym ocenę żywych ściółek Stefanelli i in. [2009] największe plony uzyskali u jabłoni skarlonych w umiarkowanym stopniu (podkładka M.9 RN 29) w porównaniu nie tylko ze znacznie większymi drzewami na podkładce Supporter 4, ale również słabiej rosnącymi, na M.9 NAKB 337.

W żadnym ze sposobów pielęgnacji gleby w sadzie nie stwierdzono wpływu podkładki na średnią masę owocu. Średnia masa z lat 2005–2010 zanotowana dla drzew uszlachetnionych na P 2 była natomiast istotnie wyższa w porównaniu z uzyskaną dla jabłoni okulizowanych na P 16. Drzewa na podkładce P 22 miały istotnie większy udział jabłek drobnych, o średnicy poniżej 6,5 cm. Nie stwierdzono wpływu podkładki na wybarwienie owoców. Obserwowane tendencje potwierdziły wyniki uzyskane przez Szczygła i Czynczyka [2002] dla odmiany 'Ligoł' uszlachetnionej na podkładkach P 22 i P 2. Natomiast Czynczyk i Bartosiewicz [2002] lepsze wybarwienie owoców obserwowali na podkładce P 22.

Niski poziom plonowania jabłoni uprawianych w wieloletnich żywych ściółkach pozostawał w zależności ze słabym wzrostem drzew. Wprowadzenie koniczyny białej i mietlicy pospolitej już w roku założenia sadu wywołało w kolejnych latach istotne ograniczenie wzrostu jednorocznych przyrostów jabłoni oraz powierzchni pola przekroju poprzecznego pnia. W konsekwencji wielkość korony drzew jabłoni odmiany 'Ligoł' w pierwszych latach po posadzeniu, jak również jej powierzchnia owoconośna, były zbyt małe, aby zagwarantować plon przynajmniej zbliżony do poziomu owocowania, jaki obserwowano w ugorze herbicydowym w warunkach Dolnego Śląska, a także w innych eksperymentach na terenie kraju [Czynczyk i Bartosiewicz 1996, Szczygieł i Czynczyk 2002]. W kolejnych latach pojawienie się w koniczynie białej perzu właściwego – *Elymus repens* (L.) Gould pogłębiło tendencje obserwowane w pierwszych latach po posadzeniu jabłoni. Niekorzystne oddziaływanie koniczyny białej na wzrost drzew potwierdzają badania innych autorów [Hornig i Bünemann 1995, Mantinger i in. 1996], w tym przeprowadzone na terenie naszego kraju [Mika i Krzewińska 1993]. Niektórzy autorzy [Shribbs i Skroch 1986a, Hornig i Bünemann 1995] donoszą również o negatywnym wpływie traw – nawet gatunków jednorocznych, takich jak wiechlina roczna na wzrost drzew jabłoni [Schumacher i in. 1988, Mika i Krzewińska 1993]. Jabłonie uprawiane w mietlicy pospolitej nie wykazały tak silnego zahamowania wzrostu drzew, jak w przypadku koniczyny białej – mimo notowanego również w tej żywej ściółce zachwaszczenia gatunkami trwałymi. Zdecydowanie mniejszy wpływ na przyrost pędów i pola przekroju poprzecznego pnia wywarła aksamitka rozpierzchna. Ściółka ta, podobnie jak uprawa innych roślin jednorocznych w badaniach Kühn i Lindhard Pedersen [2009], nie doprowadziła do tak silnego zredukowania wzrostu drzew, jak to miało miejsce przy zastosowaniu roślin wieloletnich. Podobnie jak w eksperymencie Lipeckiego i Wieniarskiej [2000] pierwsze dwa lata uprawy jednorocznych żywych ściółek nie miały istotnego wpływu na zróżnicowanie pola przekroju poprzecznego pnia. Podobne wyniki zanotowano również w uprawie nasturcji karłowej – nawet w kolejnych latach życia drzew – po jej zastąpieniu kostrzewą owczą. Jest to zgodne z badaniami Sosny i in. [2009], w których gatunki ściółkujące wprowadzono dopiero w czwartym roku po posadzeniu jabłoni.

Jabłonie na podkładce P 2 miały istotnie większe pole przekroju poprzecznego pnia i przyrosty pędów w porównaniu z drzewami uszlachetnionymi na P 16 i P 22. Takie wyniki

są zbieżne z charakterystyką tych podkładek opracowaną przez Mantingera [1996], a także z wynikami uzyskanymi na terenie Polski [Jadcuk i Bogdanowicz 1995, Czynczyk i Bartosiewicz 1996, Skrzyński i Poniedziałek 1997, Szczygieł i Czynczyk 2002]. W każdym z ocenianych sposobów pielęgnacji gleby słabszy wzrost drzew wykazywały drzewa na podkładce karłowej P 16 i superkarłowej P 22, ale podobnie jak w cytowanych badaniach amerykańskich Stefanelli i in. [2009] różnice interakcyjne między sposobem pielęgnacji gleby a podkładką nie były istotne.

Słabsze plonowanie drzew uprawianych w żywych ściółkach i mniejsze ich rozmiary wywarły wpływ na współczynnik plenności. Zastosowanie koniczyny białej i traw znacznie zmniejszyło jego wysokość w porównaniu z ugorem herbicydowym, ściółkowaniem agrotkaniną, jak również jednoroczną aksamitką rozpierzchlą. Silna konkurencja wieloletnich żywych ściółek w stosunku do drzewa owocowego doprowadziła do zachwiania równowagi między wzrostem wegetatywnym i rozwojem generatywnym jabłoni. Zbyt duże ograniczenie wzrostu jabłoni uprawianych w żywych ściółkach poważnie zakłóciło tę relację, podobnie jak w badaniach Sosny [2004] zastosowanie innych zabiegów agrotechnicznych zmierzających do osłabienia drzew. Żywe ściółki uniemożliwiły uzyskanie optymalnego poziomu plonowania jabłoni i dobrej jakości owoców. Mniejszy wpływ na wysokość współczynnika plenności miała podkładka. Istotnie mniejszy współczynnik plenności notowano jedynie w pierwszym roku owocowania, dla jabłoni uszlachetnionych na podkładce P 2. Według Webstera [2002] żadna skarłająca podkładka nie spełnia wszystkich potrzeb drzewa owocowego w uprawie z ograniczonym stosowaniem środków ochrony roślin i herbicydów. Na podstawie badań własnych za najbardziej przydatną, przy zastosowaniu w sadzie żywych ściółek, uznano półkarłową podkładkę P 2.

Poszczególne gatunki roślin okrywowych zastosowane jako żywe ściółki wywarły istotny wpływ na stan odżywienia drzew azotem. Już w drugim roku uprawy mietlicy pospolitej i kostrzewy owczej notowano istotny spadek zawartości tego pierwiastka w liściach drzew jabłoni do poziomu deficytowego. Podobny stan zaopatrzenia w azot utrzymał się w kolejnych latach badań. Takie wyniki potwierdziły wcześniejsze badania żywych ściółek, uwzględniające różne gatunki z rodziny wiechlinowatych: trawy użytków zielonych [Shribbs i Skroch 1986b, Hornig i Bünemann 1996a], zboża takie jak żyto zwyczajne [Granatstein i Mullinix 2008] czy nawet mieszanek traw z udziałem koniczyny łąkowej [Nielsen i Hogue 1985]. Natomiast we wspomnianych eksperymentach korzystne oddziaływanie na zawartość azotu w liściach jabłoni zapewniła uprawa gatunków roślin z rodziny bobowatych. W prezentowanych badaniach, w drugim roku po posadzeniu jabłoni, przy zastosowaniu koniczyny białej zawartość tego pierwiastka kształtowała się na poziomie wysokim. W kolejnych trzech latach jego spadek do poziomu niskiego miał miejsce na skutek istotnego wzrostu zachwaszczenia tej żywej ściółki perzem właściwym – *Elymus repens* (L.) Gould. Wysoka zawartość azotu w liściach w dwóch pierwszych latach po posadzeniu nie wpłynęła jednak na złagodzenie ujemnych skutków konkurencji koniczyny białej i jej zachwaszczenia w stosunku do drzew jabłoni. Istotne ograniczenie wzrostu drzew notowano nawet w pierwszych latach prowadzenia doświadczenia. Zwiększenie populacji perzu właściwego – *Elymus repens* (L.) Gould było przyczyną niskiej zawartości tego pierwiastka również przy ściółkowaniu aksamitką rozpierzchlą.

Zawartość pozostałych makroelementów pozostawała na poziomie optymalnym, a nawet wysokim, jedynie sporadycznie wykazano zawartość niską. Podobnie jak w badaniach Shribbsa i Skrocha [1986b], w warunkach Dolnego Śląska obserwowano w niektórych latach istotny wzrost zawartości fosforu w liściach jabłoni uprawianych w wieloletnich trawach.

Podobne tendencje, niepotwierdzone jednak statystycznie, zanotowano również w pierwszych latach doświadczenia w przypadku potasu. Prezentowane wyniki potwierdziły badania Shribbsa i Skrocha [1986b], Horniga i Bünemanna [1996a] oraz Kühna i Lindhard Pedersen [2009]. Podobnie jak w doświadczeniu Horniga i Bünemanna [1996a] we wszystkich badanych sposobach pielęgnacji gleby w sadzie stwierdzono zbliżoną zawartość wapnia i magnezu.

Najbardziej negatywne oddziaływanie żywych ściółek na drzewa wynikało jednak z niekontrolowanego wzrostu populacji gryzoni, które znalazły dogodne warunki życia w darni roślin okrywowych. Pod tym względem wyjątkowo niekorzystna okazała się uprawa jabłoni w koniczynie białej, w której do końca siódmego roku po posadzeniu wypady objęły ponad 50% populacji drzew i w zasadzie stały się podstawą decyzji o likwidacji doświadczenia. W badaniach Merwina i Stilesa [1994], Jaworskiej [1995], Merwina i in. [1999] oraz Wimana i in. [2009] obserwowano również straty drzew uprawianych w ściółkach z udziałem roślin z rodziny bobowatych. Podobnie jak podaje Merwin i in. [1999] w prezentowanym doświadczeniu mniej wypadów jabłoni zanotowano w uprawie wieloletnich traw.

Warto podkreślić, że każdy gatunek rośliny okrywowej utworzył w rzędach drzew naturalną warstwę izolacyjną na powierzchni gleby. Najskuteczniejszą i całoroczną ochronę zapewniły wieloletnie żywe ściółki i towarzyszące im chwasty. Aksamitka rozpierzchła taką funkcję spełniała jedynie w okresie wegetacji drzew, a w miesiącach jesienno-zimowych rolę tę przejmowały zamierające i rozkładające się jej resztki oraz zachwaszczenie. Z kolei w ugorze herbicydowym wyodrębniono tylko krótkie okresy pokrycia gleby chwastami, osiągające maksimum bezpośrednio przed zastosowaniem herbicydów dolistnych. Po aplikacji środków chemicznych obserwowano krótkotrwałe zabezpieczenie powierzchni gleby rozkładającymi się resztkami roślin. Jedynie zastosowanie agrotkaniny, zwłaszcza w pierwszych latach po posadzeniu drzew, zapewniło najskuteczniejszą izolację, wykluczającą jednak nie tylko wzrost chwastów, ale także dopływ do gleby resztek organicznych.

Poprawę właściwości fizycznych i retencyjnych gleby w wyniku kilkuletniej obecności żywych ściółek zanotowano zarówno w porównaniu ze ściółką syntetyczną, jak i ugorzem herbicydowym. Podobnie jak w doniesieniach Merwina i in. [1994], Przybyły i Kozaczyka [2004] czy Dilley'a i Nonnecke [2007] uprawa roślin okrywowych prowadziła do zmniejszenia gęstości objętościowej oraz zwiększenia porowatości ogólnej gleby. Zmiany te, powodowane rozprzestrzenianiem się w glebie licznych korzeni traw [Paluszek i Świca 2008], zaznaczyły się wyraźnie w uprawie kostrzewy owczej i mietlicy pospolitej. Podobne oddziaływanie na właściwości gleby wywierało zachwaszczenie perzem właściwym – *Elymus repens* (L.) Gould, który przerastał darni mietlicy pospolitej i dominował w aksamitce rozpierzchłej. W przypadku mocno zachwaszczonej koniczyny białej współobecność dwóch populacji – rośliny okrywowej i chwastów – przyczyniła się do istotnego zwiększenia nie tylko porowatości ogólnej, lecz również objętości mezoporów w porównaniu z ugorzem herbicydowymi i ściółkowaniem agrotkaniną. Większą, sprzyjającą infiltracji i zatrzymywaniu wody w glebie, objętość makro- i mezoporów notowano również przy zastosowaniu pozostałych żywych ściółek. Wzrosła też retencja wody użytecznej i produkcyjnej dla roślin. Zbliżone oddziaływanie roślin okrywowych na glebę ukazują badania Merwina i in. [1996], Neilsena i in. [2003b], Przybyły i Kozaczyka [2004] czy Paluszka i Świcy [2008].

W obfitym opady deszczu sezonie wegetacyjnym 2010 r. nie wykazano do końca lipca istotnego zróżnicowania aktualnej wilgotności gleby między ocenianymi sposobami jej pielęgnacji. Warto podkreślić, że najlepsze warunki wodne zanotowano w kostrzewie owczej – ściółce, której darni była w najmniejszym stopniu przerośnięta trwałymi gatunkami chwastów.

Stwierdzone potencjalnie większe możliwości retencyjne gleby zabezpieczonej roślinami okrywowymi kontrastują w dużej mierze z wynikami ukazującymi jej aktualną wilgotność, w ciągu charakteryzującego się ograniczoną ilością opadów sezonu wegetacyjnego 2006 r. Pojawiły się w nim trzy okresy suszy, a współrzędna obecność dwóch populacji – drzew owocowych i gatunków okrywowych najczęściej istotnie obniżała aktualną wilgotność gleby w porównaniu z ugiem herbicydowym czy ściółkowaniem agrotkaniną. Takie wyniki potwierdzają też doniesienia Lakatosa i Bubána [2000], Kühna i Lindhard Pedersen [2009], a także Ramos i in. [2010], prezentujące warunki wilgotnościowe gleby pod różnymi gatunkami okrywowymi. Wysokie zapotrzebowanie na wodę drzew owocowych i żywych ściółek, odzwierciedlone deficytem wilgotności gleby, może być spotęgowane obecnością zachwaszczenia [Bradshaw i Lanini 1995, Mika i Krzewińska 1996]. W badaniach własnych duże znaczenie miała populacja perzu właściwego – *Elymus repens* (L.) Gould, którego obecność również w badaniach Merwina i in. [1994] decydowała o spadku uwilgotnienia gleby. Podobny wpływ miał również mniszek lekarski – *Taraxacum officinale* Web., który Derr [2001] uznał za najuciążliwszy chwast w uprawach sadowniczych. Największe obniżenie aktualnej wilgotności gleby w porównaniu z ugiem herbicydowym zanotowano w koniczynie białej oraz mietlicy pospolitej. Duża konkurencja o wodę między żywą ściółką, jej zachwaszczeniem a drzewami owocowymi sprawiła, że w tych sposobach pielęgnacji gleby uzyskano równocześnie niższy poziom plonowania i słabszy wzrost jabłoni. Ograniczenie zaopatrzenia drzew owocowych w wodę uznano, podobnie jak Hartwig i Ammon [2002], za jeden z ważniejszych czynników limitujących możliwość ich uprawy w obecności roślin okrywowych.

W porównaniu z właściwościami fizycznymi i retencyjnymi mniejsze zróżnicowanie w badanych sposobach pielęgnacji gleby wykazała analiza jej właściwości fizykochemicznych i chemicznych. Podobnie jak w badaniach innych autorów [Haynes i Goh 1980, Lipecki i in. 1985, Glenn i in. 1987, Bielińska i Lipecki 1998] w uprawie gatunków okrywowych obserwowano w warstwie ornej wzrost udziału kationów Ca^{2+} , który przyczyniał się do spadku kwasowości hydrolitycznej i wzrostu pH gleby. Zanotowane różnice nie były jednak istotne. W porównaniu z innymi sposobami pielęgnacji zawartość węgla organicznego w glebie ściółkowanej wieloletnimi gatunkami okrywowymi nie była istotnie zróżnicowana. Odmienne wyniki badań przedstawili Sanchez i in. [2003] oraz Ramos i in. [2010]. W prezentowanych badaniach ilość resztek organicznych pochodzących od roślin okrywowych, które uległy procesom rozkładu materii organicznej, nie była tak duża, aby istotnie wpłynąć na zmiany zawartości węgla organicznego. Analiza składu frakcyjnego związków próchnicznych gleby okrytej żywymi ściółkami ukazała jednak istotny wzrost ilości węgla niehydrolizującego w porównaniu z zastosowaniem agrotkaniny. Takie wyniki świadczą o większym dopływie do gleby materii organicznej przy zastosowaniu roślin okrywowych oraz jego ograniczeniu przy izolacji ściółką nieorganiczną.

W prezentowanych badaniach uprawa żywych ściółek wpłynęła na zawartość azotu ogółem w glebie. Najwyższą zawartość zanotowano przy zastosowaniu koniczyny białej mimo jej zachwaszczenia perzem właściwym – *Elymus repens* (L.) Gould. Zdolność do wiązania tego pierwiastka z atmosfery skutkowałą mniejszym zapotrzebowaniem tego gatunku na pobieranie azotu z gleby w porównaniu z trawami [Hornig i Bünemann 1996b]. Również szybka mineralizacja resztek roślin z rodziny bobowatych w porównaniu z wiechlinowatymi [Quemada i Cabrera 1995, Cline i Silvernail 2001] prawdopodobnie zadecydowała o wyższej zasobności gleby w ten składnik. Wzrost zasobności w azot wykazali Sanchez i in. [2003] oraz Kühn i Lindhard Pedersen [2009] w badaniach z różnymi roślinami bobowatymi. W porównaniu

z koniczyną białą nie stwierdzono istotnych różnic zawartości azotu w glebie przy zastosowaniu kostrzewy owczej i w ugorze herbicydowym. Pod znacznie bardziej zachwaszczoną ściółką z mietlicy pospolitej i aksamitki rozpierzchłej zawartość azotu ogółem w glebie była istotnie niższa. Wynikało to prawdopodobnie z dużego zapotrzebowania na ten składnik nie tylko drzew owocowych i żywej ściółki, ale i rosnących w niej chwastów. W badaniach innych autorów ograniczenie zawartości azotu azotanowego w glebie obserwowano już w drugim roku uprawy kostrzewy czerwonej [Walsh i in. 1996a] bądź po kilku latach zadarniania sadu wieloletnimi gatunkami traw – nawet w mieszance z koniczyną białą [Kühn i Lindhard Pedersen 2009].

Analizy warstwy ornej gleby nie wykazały istotnych różnic w zawartości fosforu, potasu i magnezu, a także mikroelementów. Zasobność gleby w wymienione składniki kształtowała się najczęściej na poziomie wysokim lub średnim. Notowany niewielki spadek zawartości potasu wskazuje jednak na pobieranie tego składnika przez rośliny okrywowe oraz przez obecne w darni gatunki zachwaszczające. Hornig i Bünemann [1996b] wykazali większe przyswajanie tego pierwiastka przez ściółki z traw niż przez koniczynę białą. W badaniach własnych większa zawartość potasu w glebie ściółkowanej kostrzewą owczą w porównaniu z koniczyną białą wynikała prawdopodobnie z dominacji perzu właściwego – *Elymus repens* (L.) Gould w ściółce z rośliny z rodziny bobowatych. W niektórych latach obniżenie zawartości potasu w glebie w obecności niektórych żywych ściółek obserwowali również Walsh i in. [1996a] oraz Ramos i in. [2010]. Zróżnicowane wyniki uzyskali oni w przypadku oceny zasobności gleby w fosfor. W prezentowanej pracy po kilku latach uprawy żywych ściółek stwierdzono niewielki, ale nieistotny wzrost zasobności w fosfor, a w przypadku aksamitki rozpierzchłej i kostrzewy owczej – także w magnez. Zarysowana tendencja, wskazująca na wzrost zawartości tych makroelementów, mogła wynikać z ponownego powrotu do gleby składników w wyniku mineralizacji ściętych lub zamierających fragmentów roślin okrywowych [Quemada i Cabrera 1995, Bugg i Van Horn 1998]. Taką hipotezę potwierdza niższa zasobność gleby w te składniki zaobserwowana w ugorze herbicydowym, a także pod agrotkaniną, która początkowo zupełnie eliminowała dopływ materii organicznej do gleby.

Agrotechniczno-ekonomiczna ocena wartości czterech gatunków roślin okrywowych w rzędach drzew jabłoni odmiany 'Ligoł' ujawniła, potwierdzone przez licznych autorów, trudności i ograniczenia związane z uprawą drzew owocowych w obecności żywych ściółek. Ukazane w niniejszej pracy ich pozytywne oddziaływanie na środowisko glebowe pozwala jednak takie poglądy w pewnym stopniu złagodzić. Wśród czterech badanych gatunków okrywowych najkorzystniejsze wyniki uzyskano w przypadku kostrzewy owczej. Wprowadzenie tego gatunku dopiero w drugim roku po posadzeniu miało duże znaczenie w uzyskaniu lepszych warunków wzrostu i plonowania jabłoni. Można się spodziewać, że opóźnienie wysiewu mietlicy pospolitej przyniosłoby podobne rezultaty. Pod wieloma względami najbardziej negatywną ocenę uzyskała koniczyna biała, mimo że najkorzystniej wpłynęła na właściwości gleby. Przy łagodniejszym oddziaływaniu na drzewa aksamitki rozpierzchłej ekonomiczno-agrotechniczne skutki jej uprawy negują zasadność wykorzystania tej rośliny w charakterze żywej ściółki w sadzie.

W prezentowanych badaniach za najbardziej uzasadnione w praktyce sadowniczej uznano zastosowanie wieloletnich gatunków traw. Doświadczenie pokazało, że założenie i prowadzenie uprawy jabłoni w obecności kostrzewy owczej lub ewentualnie mietlicy pospolitej wymaga skutecznych i uzasadnionych ekonomicznie zabiegów agrotechnicznych, które pozwolą na złagodzenie konkurencji między drzewem owocowym i rośliną ściółkującą.

Przy zakładaniu sadu konieczne jest bardzo staranne przygotowanie stanowiska, ze szczególnym uwzględnieniem eliminacji wieloletnich gatunków chwastów. Duże znaczenie ma wybór podkładki, w umiarkowanym stopniu ograniczającej siłę wzrostu drzew. Ze względu na potrzeby pokarmowe drzew owocowych należy również zmodyfikować wysokość dawek nawozów azotowych i zapewnić zaspokojenie potrzeb wodnych jabłoni. Natomiast w celu uzyskania jednolitego zadarnienia w rzędach drzew trzeba zastosować gęsty wysiew nasion. W razie silnego zachwaszczenia wschodów warto jednak wprowadzić selektywne środki chemiczne, pozwalające już w roku zakładania ściółki na ograniczenie do minimum obecności chwastów. Kluczowe znaczenie w technologii uprawy jabłoni w żywych ściółkach ma też decyzja, w którym roku po posadzeniu jabłoni wprowadzić do sadu rośliny okrywowe. Zapewnienie prawidłowego wzrostu i rozwoju drzew jeszcze bez żywych ściółek, w pierwszych latach po założeniu sadu, będzie miało duże znaczenie w przypadku ich przyszłego poziomu plonowania, już w obecności gatunków ściółkujących.

Podjęcie takich zabiegów agrotechnicznych ma na celu złagodzenie konkurencji między żywą ściółką a drzewem owocowym i stworzenie warunków umożliwiających długoletnią uprawę jabłoni z zastosowaniem w rzędach drzew roślin okrywowych. Zaprezentowane wyniki badań wyraźnie wskazują, że przy decyzji o uprawie żywych ściółek w sadzie trzeba uwzględnić potencjalne zahamowanie wzrostu drzew, spodziewany spadek wysokości ich plonowania i pogorszenie jakości owoców. Z takich powodów najczęściej niemożliwe jest uzyskanie ekonomicznie uzasadnionego plonu bez odpowiedniego systemu dopłat czy subsydiów rządowych. Wzrastająca proekologiczna świadomość społeczna wymaga jednak podejmowania przemyślanych kroków na rzecz ochrony środowiska rolniczego, w tym zachowania jego zasobów glebowych.

6. WNIOSKI

1. Uprawa żywych ściółek od pierwszego roku po posadzeniu drzew istotnie wpłynęła na środowisko glebowe oraz na wzrost, stan odżywienia, żywotność i plonowanie jabłoni odmiany 'Ligol' uszlachetnionych na podkładkach P 22, P 16 oraz P 2.

2. W porównaniu z chemicznym zwalczaniem chwastów w rzędach drzew jabłoni kilkuletnia uprawa żywych ściółek nie wpłynęła na zmianę odczynu gleby, właściwości sorpcyjne oraz zawartość makro- i mikroelementów. Obecność kostrzewy owczej i koniczyny białej spowodowała istotne zwiększenie zawartości azotu ogółem w warstwie ornej w stosunku do pozostałych roślin okrywowych, a także ściółkowania agrotkaniną.

3. W szóstym roku po posadzeniu drzew między badanymi sposobami pielęgnacji w rzędach drzew nie odnotowano istotnych różnic w zawartości węgla organicznego w glebie. Zastosowanie roślin okrywowych w porównaniu z ściółkowaniem agrotkaniną zapewniło jednak ciągłość dopływu resztek roślinnych do gleby i wywarło wpływ na przebieg procesu transformacji materii organicznej. Wyższy stopień humifikacji stwierdzono w glebie ściółkowanej agrotkaniną.

4. Obecność żywych ściółek, szczególnie koniczyny białej, pod drzewami w okresie pierwszych kilku lat po posadzeniu jabłoni poprawiła podstawowe właściwości fizyczne i retencyjne gleby. Przy małej ilości opadów i niekorzystnym ich rozkładzie w okresie wegetacji współrzędna uprawa jabłoni oraz roślin okrywowych spowodowała jednak istotny spadek aktualnej wilgotności gleby w porównaniu z ugiem herbicydowym.

5. Wielogatunkowa sukcesja chwastów we wszystkich żywych ściółkach w roku ich wysiewu, w kolejnych latach uprawy wieloletnich roślin okrywowych, zmierzała w kierunku eliminacji gatunków jednorocznych a zwiększania udziału trwałych. Stosunki między populacjami roślin przybierały zróżnicowany charakter i świadczyły o ograniczaniu zachwaszczenia przez kostrzewę owczą, jego współistnieniu z mietlicą pospolitą albo zdominowaniu przez chwasty koniczyny białej.

6. Obecność żywych ściółek wpłynęła na stan zaopatrzenia drzew w azot. Już w drugim lub trzecim roku po wprowadzeniu wieloletnich traw i aksamitki rozpierzchłej zawartość tego składnika w liściach jabłoni kształtowała się na poziomie niskim lub deficytowym. Żywa ściółka z koniczyny białej spowodowała początkowo wysoką zawartość azotu w liściach jabłoni, której późniejsze obniżenie wynikało z rozprzestrzeniania się w tej ściółce perzu właściwego – *Elymus repens* (L.) Gould.

7. Wprowadzenie trwałego zadarnienia koniczyną białą i mietlicą pospolitą w roku sadzenia jabłoni wywierało negatywny wpływ na wzrost radialny i elongacyjny drzew w kilku kolejnych latach po ich posadzeniu. Ograniczeniu wzrostu jabłoni sprzyjało również zastosowanie podkładek P 16 i P 22.

8. Współrzędna uprawa jabłoni i wieloletnich roślin okrywowych – koniczyny białej oraz mietlicy pospolitej istotnie ograniczyła sumę plonu z drzewa w okresie pierwszych sześciu lat owocowania. Spowodowała zwiększenie udziału jabłek drobnych i charakteryzujących się niską średnią masą owocu. Obecność żywych ściółek w rzędach drzew istotnie poprawiła wybarwienie owoców. Istotnie większe i lepsze jakościowo plony zanotowano w przypadku drzew uszlachetnionych na podkładce P 2.

9. Coroczne nakłady pracy ręcznej na zespół zabiegów agrotechnicznych przy wysiewie i odchwaszczaniu jednorocznej aksamitki rozpierzchłej spowodowały bardzo wysoką pracochłonność produkcji owoców. Zakładanie wieloletnich żywych ściółek było również bardzo pracochłonne.

10. Analiza wpływu żywych ściółek na środowisko glebowe, pokrycie gleby darnią i jej zachwaszczenie oraz stan odżywienia, wzrost, żywotność i plonowanie jabłoni, a także pracochłonność produkcji owoców wskazują, że jedynie zastosowanie wybranych wieloletnich gatunków z rodziny wiechlinowatych – *Poaceae* można uznać, w niektórych warunkach agrotechnicznych, za uzasadnione jako alternatywny sposób pielęgnacji gleby w rzędach drzew w porównaniu z ugiem herbicydowym.

11. W celu stworzenia odpowiednich warunków wzrostu i plonowania jabłoni rosnących w żywych ściółkach należy stosować podkładki umiarkowanie skarłające wzrost jabłoni, a także opóźnić wprowadzenie trwałego zadarnienia w rzędach drzew, co najmniej do drugiego roku po ich posadzeniu.

12. W porównaniu z powszechnie przyjętą technologią uprawy jabłoni z zastosowaniem ugoru herbicydowego wprowadzenie w rzędach drzew wieloletnich traw wymaga zastosowania skutecznych zabiegów agrotechnicznych, które zapewnią odpowiednie zaopatrzenie drzew w wodę, optymalne ich odżywienie azotem, wyeliminują trwałe zachwaszczenie w darni roślin okrywowych, a także pozwolą ograniczyć nakłady pracy ręcznej przy wysiewie i pielęgnacji żywych ściółek w roku ich założenia.

7. PIŚMIENNICTWO

- Abouziena H.F., Hafez O.M., El-Metwally I.M., Sharma S.D., Singh M., 2008. Comparison of weed suppression and mandarin fruit yield and quality obtained with organic mulches, synthetic mulches, cultivation, and glyphosate. *HortScience*, 43(3), 795–799.
- Adamczewska-Sowińska K., 2008. Wpływ żywych ściółek na plonowanie i wartość biologiczną papryki. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 527, 59–65.
- Adamczewska-Sowińska K., Kołota E., 2009. Wartość nawozowa żywych ściółek stosowanych w uprawie pomidora i papryki. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 539, 23–29.
- Adamczewska-Sowińska K., Kołota E., Winiarska S., 2009. Living mulches in field cultivation of vegetables. *Veget. Crops Resear. Bullet.*, 70, 19–29.
- Amarante C.V.T., Steffens C.A., Mafra A.L., Albuquerque J.A., 2008. Yield and fruit quality from conventional and organic production systems. *Pesq. Agropec. Bras.*, 43(3), 333–340.
- Anderson J.L., Bingham G.E., Hill R.W., 1992. Effect of permanent cover crop competition on sour cherry tree evapotranspiration, growth and productivity. *Acta Hort.*, 313, 135–142.
- Anderson R.L., 1946. Missing-plot techniques. *Biometrics*, 2(3), 41–47.
- Anioł-Kwiatkowska J., 2003. *Wielojęzyczny słownik florystyczny*. Wyd. UWr., Wrocław.
- Balázs K., Molnár M., Bujáki G., Gonda I., Karácsony D., Bartha J., 1997. Possibility and problems of organic apple growing in Hungary. *Biol. Agric. Horticult.*, 15(1–4), 223–232.
- Belding R.D., Majek B.A., Lokaj G.R.W., Hammerstedt J., Ayeni A.O., 2004. Orchard floor management influence on summer annual weeds and young peach tree performance. *Weed Technol.*, 18, 215–222.
- Bielicki P., Czynczyk A., Nowakowski S., 2002. Influence of plant material quality on growth and yield of two apple cultivars. *Sodininkyste ir daržininkyste*, 21(4), 33–38.
- Bielińska E.J. 2001. Wpływ stosowania ściółek w rzędach drzew na aktywność enzymatyczną gleby w młodym sadzie jabłoniowym. *Acta Agrophys.*, 48, 17–27.
- Bielińska E.J., Lipecki J., 1998. Wpływ sposobu utrzymania gleby w sadzie jabłoniowym na możliwość ograniczenia degradacji chemicznej i biologicznej gleby. *Annal. UMCS*, 6, 1–8.
- Bone N.J., Thomson L.J., Ridland P.M., Cole P., Hoffmann A.A., 2009. Cover crops in Victorian apple orchards: Effects on production, natural enemies and pest across a season. *Crop Protec.*, 28, 675–683.
- Bradshaw L., Lanini W.T., 1995. Use of perennial cover crops to suppress weeds in Nicaraguan coffee orchards. *Inter. J. Pest Managem.*, 41(4), 185–194.
- Brandsæter L.O., Netland J., 1999. Winter annual legumes for use as cover crops in row crops in northern regions: I. Field experiments. *Crop Sci.*, 39, 1369–1379.

- Brown M.W., Glenn D.M., 1999. Ground cover plants and selective insecticides as pest management tools in apple orchards. *J. Econ. Entomol.*, 92(4), 899–905.
- Brown M.W., Niemczyk E., Baicu T., Balzás K., Jarošík V., Jenser G., Kocurek F., Olszak R., Serboiu A., van der Zwet T., 1997. Enhanced biological control in apple orchards using ground covers and selective insecticides: An international study. *Zahradnictví – Hort. Sci. (Prague)*, 24(2), 35–37.
- Brown M.W., Tworkoski T., 2004. Pest management benefits of compost mulch in apple orchards. *Agriculture, Ecosyst. and Environ.*, 103, 465–472.
- Brumfield R.G., 2000. An examination of the economics of sustainable and conventional horticulture. *HortTechnol.*, 10(4), 687–691.
- Bugg R.L., McGourty G., Sarrantonio M., Lanini W.T., Bartolucci R., 1996. Comparison of 32 cover crops in an organic vineyard on the north coast of California. *Biol. Agricul. Horticul.*, 13, 63–81.
- Bugg R.L., Van Horn M., 1998. Ecological soil management and soil fauna: Best practices in California vineyards. *Proceed. of the Viticulture Seminar "Viticultural Best Practice" ASVO, Adelaide*, 23–34.
- Bugg R.L., Waddington C., 1994. Using cover crops to manage arthropod pest of orchard: A review. *Agriculture, Ecosyst. and Environ.*, 50(1), 11–28.
- Buhler D.D., 2002. Challenges and opportunities for integrated weed management. *Weed Sci.*, 50, 273–280.
- Calkins J.B., Swanson B.T., 1995. Comparison of conventional and alternative nursery weed management strategies. *Weed Technol.*, 9, 761–767.
- Callesen O., 1997. Testing 20 apple rootstocks. *Acta Hort.*, 451, 137–145.
- Celette F., Wery J., Chantelot E., Celette J., Gary Ch., 2005. Belowground interactions in a vine (*Vitis vinifera* L.)–tall fescue (*Festuca arundinacea* Sherb.) intercropping system: Water relations and growth. *Plant and Soil*, 276, 205–217.
- Chmiel H. (pod red.), 2000. *Uprawa roślin ozdobnych*. PWRiL, Warszawa.
- Cline G.R., Silvernail A.F., 2001. Residual nitrogen and kill data effects on winter cover crop growth and nitrogen content in a vegetative production system. *Hort.Technol.*, 11(2), 219–225.
- Cross J., 1991. Integrated fruit production. *Chron. Hort.*, 31(4), 52–53.
- Czynczyk A., Bartosiewicz B., 1996. Wstępne wyniki badań z oceną sadowniczej przydatności słabo rosnących podkładek dla nowych odmian jabłoni ('Jonagold', 'Ligol' i 'Lodel'). XXXIV Ogólnopol. Nauk. Konf. Sadow., ISiK, Skierniewice, 268–270.
- Czynczyk A., Bartosiewicz B., 2002. Dziewięcioletnie wyniki badań nad wpływem słabo rosnących podkładek na wzrost i owocowanie jabłoni odmiany 'Ligol'. XLI Ogólnopol. Nauk. Konf. Sadow., ISiK, Skierniewice, 52–53.
- Delate K., McKern A., Turnbull R., Walker J.T.S., Volz R., White A., Bus V., Rogers D., Cole L., How N., Guernsey S., Johnston J., 2008. Organic apple systems: Constraints and opportunities for producers in local and global markets, Introduction to the colloquium. *HortScience*, 43(1), 6–11.
- Derr J.F., 2001. Biological assessment of herbicide use in apple production. I. Background and current use estimates. *HortTechnol.*, 11(1), 11–19.
- Dilley C., Nonnecke G., 2007. Effect of living or straw mulch on vineyard weed and soil quality management. *HortScience*, 42(4), 960–961.

- Doran J.W., 2002. Soil health and global sustainability: Translating science into practice. *Agriculture, Ecosyst. and Environ.*, 88, 119–127.
- Doran J.W., Elliott E.T., Paustian K., 1998. Soil microbial activity, nitrogen cycling, and long-term changes in organic carbon pools as related to fallow tillage management. *Soil Till. Res.*, 49, 3–18.
- Elandt R., 1964. *Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczalnictwa rolniczego*. PWN, Warszawa.
- Enache A.J., Ilnicki R.D., 1990. Weed control by subterranean clover (*Trifolium subterraneum*) used as a living mulch. *Weed Technol.*, 4, 534–538.
- Erhardt W., Götz E., Bödeker N., Seybold S., 2008. *Der große Zander Enzyklopädie der Pflanzennamen, Band 2: Arten und Sorten*. Ulmer, Stuttgart (Hohenheim).
- Faby R., 2001. Wachstumsförderung bei Äpfeln durch *Tagetes* und Bodenaustausch. *Obstbau*, 12, 617–620.
- Fang S., Xie B., Liu J., 2008. Soil nutrient availability, poplar growth and biomass production on degraded agricultural soil under fresh grass mulch. *Forest Ecol. Management*, 255, 1802–1809.
- Fidalski J., Tormena C.A., da Silva A.P., 2007. Soil physical quantity in an orange orchard in northwestern Parana as affected by groundcover management. *Rev. Brasil. Cienc. Solo*, 31, 423–433.
- Fokin A.D., 1999. The role of plant in redistribution of substances along the soil profile. *Euroasian Soil Sci.*, 32(1), 109–116.
- Franzluëbbers A.J., 2004. Tillage and residue management effects on soil organic matter, 227–268 [in:] *Soil organic matter in sustainable agriculture*, Edit. by Magdoff F., Weil R.R., CRC Press, Boca Raton.
- Frey L. (pod red.), 2007. *Księga polskich traw*. Inst. Botan. PAN, Kraków.
- Glenn D.M., Miller S.S., Habecker M.A., 1987. Effect of soil management and calcium nitrate fertilization on the availability of soil nitrate and cations in an eastern apple orchard. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 112(3), 436–440.
- Glenn D.M., Newell M.J., 2008. Long-time effects of sod competition on peach yield. *Hort-Technol.*, 18(3), 445–448.
- Glenn D.M., Welker W.V., 1989. Orchard soil management systems influence rainfall infiltration. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 114(1), 10–14.
- Glover J.D., Reganold J.P., Andrews P.K., 2000. Systematic method for rating soil quality of conventional, organic and integrated apple orchards in Washington State. *Agriculture, Ecosyst. and Environ.*, 80, 29–45.
- Gomez K.A., 1984. *Statistical procedures for agricultural research*. John Wiley and Sons, New York.
- Granatstein D., 2008. Biointensive management of the orchard understory. *Brit. Colum. Orchardist, Hort. Forum Proceed.*, II, 155(8803), 32–33,35.
- Granatstein D., Mullinix K., 2008. Mulching options for northwest organic and conventional orchards. *HortScience*, 43(1), 45–50.
- Gudarowska E., Szewczuk A., Dereń D., 2006. The influence of the height of pruning of apple trees in a nursery on their quality and yielding. *Sodininkyste ir daržininkyste*, 25(3), 98–103.
- Hänninen K., Ohtonen R., Huttunen S., 1999. Effects of leguminous ground cover competition on red birch and soil nutrient status in the nursery. *Plant and Soil*, 216, 129–138.

- Hänninen K.S., 1998. Effects of clovers as vegetative ground cover on the growth of red birch in nursery field production. *J. Horticult. Scien. Biotechnol.*, 73(3), 393–398.
- Hartley M.J., Rahman A., Harrington K.C., James T.K., 2000. Assessing ground covers in a newly planted apple orchard. *New Zeal. Plant Protec.*, 53, 22–27.
- Hartley M.J., Reid J.B., Rahman A., Springett J.A., 1996. Effect of organic mulches and a residual herbicide on soil bioactivity in an apple orchard. *New Zeal. J. Crop. Horticult. Sci.*, 24, 183–190.
- Hartwig N.L., Ammon H.U., 2002. Cover crops and living mulches. *Weed Sci.*, 50, 688–699.
- Haynes R.J., Beare M.H., 1997. Influence of six crop species on aggregate stability and some labile organic matter fractions. *Soil Biol. Biochem.*, 29(11/12), 1647–1653.
- Haynes R.J., Goh K.M., 1980. Some observations on surface soil pH, base saturation and leaching of cations under three contrasting orchard soil management practices. *Plant and Soil*, 56, 429–438.
- Hoagland L., Carpenter-Boggs L., Granatstein D., Mazzola M., Smith J., Peryea F., Reganold J.P., 2008. Orchard floor management effects on nitrogen fertility and soil biological activity in a newly established organic apple orchard. *Biol. Fertil. Soils*, 45, 11–18.
- den Hollander N.G., Bastiaans L., Kropff M.J., 2007a. Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design. I. Characteristics of several clover species. *Europ. J. Agronomy*, 26, 92–103.
- den Hollander N.G., Bastiaans L., Kropff M.J., 2007b. Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design. II. Competitive ability of several clover species. *Europ. J. Agronomy*, 26, 104–112.
- Hornig R., Bünemann G., 1995. Baumstreifenbegrünung und Fertigation im integrierten Apfelanbau. I. Wachstum, Ertrag und Fruchtqualität. *Gartenbauwissenschaft*, 60(5), 262–268.
- Hornig R., Bünemann G., 1996a. Baumstreifenbegrünung und Fertigation im integrierten Apfelanbau. II. Nährstoffversorgung der Apfelbäume. *Gartenbauwissenschaft*, 61(1), 1–7.
- Hornig R., Bünemann G., 1996b. Baumstreifenbegrünung und Fertigation im integrierten Apfelanbau. III. Biomassebildung und Nährstoffaufnahme der Deckpflanzen sowie Einfluß auf den Wasser- und Nährstoffhaushalt des Bodens. *Gartenbauwissenschaft*, 61(4), 164–173.
- Isaac W.A.P., Brathwaite R.A.I., Cohen J.E., Bekele I., 2007. Effects of alternative management strategies on *Commelina diffusa* Burm. infestations in Fairtrade banana (*Musa spp.*) in St. Vincent and the Grenadines. *Crop Protec.*, 26, 1219–1225.
- IUNG, 1985. Zalecenia nawozowe, cz. I, Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. Puławy.
- Jadczuk E., Bogdanowicz N., 1995. Ocena przydatności ośmiu podkładek dla odmiany 'Jonagold'. *Mat. Ogólnopol. Konf. Nauk. „Nauka praktyce sadowniczej”*, Lublin, 5–8.
- Januszewicz E.K., Puzio-Idźkowska M., 2002. Doświadczalnictwo rolnicze. Przewodnik do ćwiczeń. Wyd. Uniw. War.-Maz., Olsztyn.
- Jasińska Z., Kotecki A. (pod red.), 2003. Szczegółowa uprawa roślin, t. I–II, Wyd. AR, Wrocław.
- Jaworska K., 1995. Sposób pielęgnacji gleby w rzędach drzew a występowanie gryzoni. *Ogólnopol. Konf. Ochr. Rośl. Sadow.*, ISiK, Skierniewice, 47–50.

- Jędraszczyk E., Poniedziałek M., 2007. The impact of the living mulch on plant growth and selected features of sweet corn yield. *Folia Hort.*, 19(1), 3–13.
- Kłossowski W., 1969. Badania nad przydatnością różnych mieszanek traw z motylkowymi do uprawy w sadzie. II. Wpływ częstości koszenia mieszanek na wilgotność gleby. *Prace IS*, 13, 109–119.
- Kłossowski W., Łaźniewska I., Soczek Z., 1962. Badania nad przydatnością różnych mieszanek traw z motylkowymi do uprawy w sadzie. I. Mieszanki na pasy murawy zakładane w rzędach drzew. *Prace IS*, 6, 71–81.
- Komosa A., 1990. Changes in some chemical properties of the soil under grass sward and herbicide strip in apple orchards. *Acta Hort.*, 274, 223–230.
- Kropff M.J., Walter H., 2000. EWRS and the challenges for weed research at the start of a new millenium. *Weed Res.*, 40, 7–10.
- Kühn B.F., Lindhard Pedersen H., 2009. Cover crop and mulching effects on yield and fruit quality in unsprayed organic apple production. *Europ. J. Hort. Sci.*, 74(6), 247–253.
- Lakatos T., Bubán T., 2000. Effectiveness of different groundcover materials to preserve soil water content in a young apple orchard. *Acta Hort.*, 525, 425–426.
- Laurent A.St., Merwin I.A., Thies J.E., 2008. Long-term orchard groundcover management systems affect soil microbial communities and apple replant disease severity. *Plant and Soil*, 304, 209–225.
- Leary J., DeFrank J., 2000. Living mulches for organic farming systems. *HortTechnol.*, 10(4), 692–698.
- Lehoczyk É., Németh T., Reisinger P., Radimsky L., Kömíves T., 2006. Effect of weediness on the water content of the soil: A field study. *Commun. Soil Sci. Plant Analysis.*, 37, 2673–2678.
- Licznar M., Licznar S.E., Drozd J., Weber J., 2009. Zmiany związków humusowych w sadach utrzymywanych w wieloletnim ugorze herbicydowym. *Rocz. Gleb.*, 60(1), 60–68.
- Licznar M., Licznar S.E., Szewczuk A., 2004. Wpływ 10-letniego ściółkowania różnymi materiałami rzędów drzew na niektóre właściwości gleb, wzrost i plonowanie jabłoni odmiany 'Elstar'. *Rocz. Gleb.*, 55(1), 153–160.
- Licznar M., Licznar-Małańczuk M., Licznar S.E., 2001. Wpływ intensywnych systemów prowadzenia drzew jabłoni odmiany 'Jonagold' na żyźność i urodzajność gleb. *Acta Agrophys.*, 56, 145–154.
- Licznar S.E., Licznar M., Licznar-Małańczuk M., 2000. Effect of herbicide fallowand mulching in the tree rows on the soil properties, growth and yield of apples var. Elstar. *Acta Agrophys.*, 35, 129–136.
- Licznar-Małańczuk M., 2001. Wzrost i plonowanie dwóch odmian jabłoni przy różnych systemach prowadzenia drzew w warunkach Dolnego Śląska. II. Koszty założenia i nakłady pracy. *Zesz. Nauk. AR Wroc., Rolnictwo*, 80(415), 73–94.
- Linares J., Scholberg J., Boote K., Chase C.A., Ferguson J.J., McSorley R., 2008. Use of the cover crop weed index to evaluate weed suppression by cover crops in organic citrus orchards. *HortScience*, 43(1), 27–34.
- Lipecki J., 1985. Weed occurrence and distribution across the interrow in the apple orchard depending on the soil management systems. *Fruit Scien. Rep.*, 12(2), 73–82.
- Lipecki J., 1993. Reakcja chwastów na nawożenie w sadzie jabłoniowym. *Annal. UMCS*, 1(3), 17–23.

- Lipecki J., Baczevska H., Kiełbińska U., 1985. Soil properties in interrows of apple orchard as related to soil management. *Fruit Scien. Rep.*, 12(2), 61–72.
- Lipecki J., Berbeć S., 1997. Soil management in perennial crops: Orchard and hop gardens. *Soil Till. Res.*, 43, 169–184.
- Lipecki J., Janisz A., 1999. Effects of method of soil management on orchard weed occurrence and distribution. *EJPAU, Horticulture*, 2(2).
- Lipecki J., Janisz A., 2000. Rozmieszczenie przestrzenne oraz zmiany w występowaniu niektórych chwastów w sadzie jabłoniowym Gospodarstwa Doświadczalnego Felin koło Lublina. *Acta Agrobotan.*, 53(2), 85–104.
- Lipecki J., Wieniarska J., 1990. Czy można już zrezygnować z herbicydów w sadach. *Ogrodnictwo*, 1–3, 12–14.
- Lipecki J., Wieniarska J., 2000. Living mulches in the apple orchard – an alternative for herbicides? *Proceed. of the Internat. Conf. "Fruit production and fruit breeding"*, Tartu, Fruit Science, 270, 104–106.
- Lipecki J., Wieniarska J., 2001. Kilka uwag o stosowaniu ściółek w sadach. *Ogrodnictwo*, 1, 9–12.
- Lisek J., 2001. Walka z chwastami w sadach w kontekście światowej tendencji w ochronie roślin i sytuacji gospodarczej. *Ogólnopol. Nauk. Konf. Ochr. Rośl. Sadow.*, ISiK, Skiernewice, 40–44.
- Lisek J., 2004. Niechemiczne i chemiczne zwalczanie chwastów w sadach. *Ogólnopol. Konf. „Proekologiczne technologie produkcji jabłek”*, ISiK, Skierniewice, 52–56.
- von Lung G., Fried A., Schmidt U., 1997. Biologische Bekämpfung von Nematoden mit der Feindpflanze *Tagetes spp.* *Gesunde Pflanzen*, 49(4), 111–118.
- MacRae A.W., Mitchem W.E., Monks D.W., Parker M.L., 2005. White clover (*Trifolium repens*) control and flower head suppression in apple orchards. *Weed Technol.* 19(2), 219–223.
- MacRae A.W., Mitchem W.E., Monks D.W., Parker M.L., Galloway R.K., 2007. Tree growth, fruit size, and yield response of mature peach to weed-free intervals. *Weed Technol.* 21(1), 102–105.
- Magdoff F., Weil R.R., 2004. Soil organic matter management strategies, 45–63 [in:] *Soil organic matter in sustainable agriculture*, Edit. by Magdoff F., Weil R.R., CRC Press, Boca Raton.
- Mantinger H., 1996. Neue schwachwachsende Apfelunterlagen. *Obstbau Weinbau* 11, 278–281.
- Mantinger H., Gasser H., Aichner M., 1996. Esperienze in Alto Adige su diversi sistemi di gestione del terreno nel meleto (I note). *Rivista di Frutticol.*, 11, 71–74.
- Masciandaro G., Ceccanti B., Garcia C., 1997. Changes in soil biochemical and cracking properties induced by "living mulch" systems. *Can. J. Soil Sci.*, 77, 579–587.
- Mathews C.R., Bottrell D.G., Brown M.W., 2002. A comparison of conventional and alternative understory management practices for apple production: Multi-trophic effects. *Applied Soil Ecol.*, 21, 221–231.
- Mądry W., 1996. Doświadczalnictwo rolnicze. Planowanie doświadczeń czynnikowych i analiza wyników. Fundacja: Rozwój SGGW, Warszawa.
- Meagher Jr. R.L., Meyer J.R., 1990. Effects of ground cover management on certain abiotic and biotic interactions in peach orchard ecosystems. *Crop. Protec.*, 9(1), 65–72.
- Mennan H., Ngouajio M., Isik D., Kaya E., 2006. Effects of alternative management systems on weed populations in hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Crop Protec.*, 25, 835–841.

- Merlim A.O., Guerra J.G.M., Junqueira R.M., Aquino A.M., 2005. Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management. *Sci. Agric.*, 62(1), 57–61.
- Merwin I.A., 1993. Alternatives to herbicides for orchard weed control. *N.Y. State Fruit Quart.*, 7(3), 6–8.
- Merwin I.A., 1994. Developing IPM systems for orchard weed control N.Y. State Fruit Quart., 2(3), 1–3.
- Merwin I.A., Ray J.A., 1997. Spatial and temporal factors in weed interference with newly planted apple trees. *HortScience*, 32(4), 633–637.
- Merwin I.A., Ray J.A., Curtis P.D., 1999. Orchard groundcover management systems affect meadow vole populations and damage to apple trees. *HortScience*, 34(2), 271–274.
- Merwin I.A., Ray J.A., Steenhuis T.S., Boll J., 1996. Groundcover management systems influence fungicide and nitrate-N concentrations in leachate and runoff from a New York apple orchard. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 121(2), 249–257.
- Merwin I.A., Rosenberger D.A., Engel C.A., Rist D.L., Fargione M., 1995. Comparing mulches, herbicides, and cultivation as orchard groundcover management systems. *Hort-Technol.*, 5(2), 151–158.
- Merwin I.A., Stiles W.C., 1994. Orchard groundcover management impacts on apple tree growth and yield, and nutrient availability and uptake. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 119(2), 209–215.
- Merwin I.A., Stiles W.C., van Es H.M., 1994. Orchard groundcover management impacts on soil physical-properties. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 119(2), 216–222.
- Merwin I.A., Wilcox W.F., Stiles W.C., 1992. Influence of orchard ground cover management on the development of Phytophthora crown and root rots of apple. *Plant Dis.*, 76(2), 199–205.
- Meyer J.R., Zehr E.I., Meagher Jr. R.L., Salvo S.K., 1992. Survival and growth of peach trees and pest populations in orchard plots managed with experimental ground covers. *Agriculture, Ecosyst. and Environ.*, 41, 353–363.
- Mika A., 2000. Alternatywne metody pielęgnacji gleby w stosunku do ugoru herbicydowego. *Ogólnopol. Zjazd Przodujących Sadowników „Proekologiczne technologie produkcji owoców”*, Skierniewice, 71–80.
- Mika A., Krzewińska D., 1993. Badania nad systemami pielęgnacji gleby w młodym sadzie z ograniczonym stosowaniem herbicydów. *Mat. z XIV Spotk. Zespołu Herb. Komit. Nauk Ogród. PAN, Lublin–Olsztyn*, 42–45.
- Mika A., Krzewińska D., 1995. Stosowanie ściółek w młodym sadzie. *Mat. Ogólnopol. Konf. Nauk. „Nauka praktyce sadowniczej”*, Lublin, 43–44.
- Mika A., Krzewińska D., 1996. Rezultaty ściółkowania gleby w rzędach drzew w półkarłowym sadzie jabłoniowym. *XXXIV Ogólnopol. Nauk. Konf. Sadow., ISiK, Skierniewice*, 158–161.
- Mika A., Krzewińska D., Olszewski T., 1998. Effect of mulches, herbicides and cultivation as orchard groundcover management systems in young apple tree orchard. *J. Fruit Orn. Plant Resear.*, 6(1), 1–13.
- Miñarro M., Depena E., 2003. Effects of groundcover management on ground beetles (*Coleoptera: Carabidae*) in an apple orchard. *Applied Soil Ecol.*, 23, 111–117.
- Mulumba L.N., Lal R., 2008. Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil Till. Res.*, 98(1), 106–111.

- Navarro-Cerrillo R.M., Ariza D., Gonzáles L., del Campo A., Arjona M., Ceacero C., 2009. Legume living mulch for afforestation in agricultural land in Southern Spain. *Soil Till. Res.*, 120, 38–44.
- Neilsen G.H., Hogue E.J., 1985. Effect of orchard soil management on the growth and leaf nutrient concentration of young dwarf 'Red Delicious' apple trees. *Can. J. Soil Sci.*, 65, 309–315.
- Neilsen G.H., Hogue E.J., 2000. Comparison of white clover and mixed sodgrass as orchard floor vegetation. *Can. J. Plant Sci.*, 80, 617–622.
- Neilsen G.H., Hogue E.J., Forge T., Neilsen D., 2003a. Mulches and biosolids affect vigor, yield and leaf nutrition of fertigated high density apple. *HortScience*, 38(1), 41–45.
- Neilsen G.H., Hogue E.J., Forge T., Neilsen D., 2003b. Surface application of mulches and biosolids affect orchard soil properties after 7 years. *Can. J. Soil Sci.*, 83, 131–137.
- Newenhouse A.C., Dana M.N., 1989. Grass living mulch for strawberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 114(6), 859–862.
- Niemczyk E. 2004. 13 lat Integrowanej Produkcji Owoców w Polsce, funkcjonowanie i wnioski. *Ogólnopol. Konf. „Proekologiczne technologie produkcji jabłek”*, ISiK, Skierniewice, 64–70.
- Niggli U., Weibel F.P., Potter C.A., 1989. Unkrautbekämpfung mit organischen Bodenbedeckungen in Apfelanlagen: Auswirkungen auf Ertrag, Fruchtqualität und Dynamik des Stickstoffs in der Bodenlösung. *Gartenbauwissenschaft*, 54(5), 224–232.
- Oliveira M.T., Merwin I.A., 2001. Soil physical conditions in a New York orchard after eight years under different groundcover management systems. *Plant and Soil*, 234, 233–237.
- Olszewski T., Niemczyk E., 1994. Wstępne wyniki badań nad wpływem różnych roślin okrywowych uprawianych w młodym sadzie na wzrost i plonowanie. *XXXIII Ogólnopol. Nauk. Konf. Sadow., cz. I*, ISiK, Skierniewice, 191–192.
- Pacholak E., Przybyła C., Zydlik Z., 2004. Wpływ deficytów wody na plonowanie jabłoni 'Topaz', *Rocz. AR w Poznaniu CCCLVII, Melior. Inż. Środ.*, 25, 445–450.
- Paine L.K., Harrison H., 1993. The historical roots of living mulch and related practices. *Hort-Technol.*, 3(2), 137–143.
- Paluszek J., Świca M., 2008. Porównanie właściwości wodno-powietrznych gleby sadu jabłoniowego w dwóch systemach pielęgnacji. *Rocz. Gleb.* 59(1), 167–175.
- Paris P., Cannata F., Olimpieri G., 1995. Influence of alfalfa (*Medicago sativa* L.) intercropping and polyethylene mulching on early growth of walnut (*Juglans spp.*) in central Italy. *Agroforest. Systems*, 31, 169–180.
- Paris P., Olimpieri G., Todaro L., Pisanelli A., Cannata F., 1998. Leaf-water potential and soil-water depletion of walnut mulched with polyethylene and intercropped with alfalfa in central Italy. *Agroforest. Systems*, 40, 69–81.
- Paris P., Pisanelli A., Todaro L., Olimpieri G., Cannata F., 2005. Growth and water relations of walnut trees (*Juglans regia* L.) on a mesic site in central Italy: Effects of understory herbs and polyethylene mulching. *Agroforest. Systems*, 65, 113–121.
- Peck G.M., Andrews P.K., Reganold J.P., Fellman J.K., 2006. Apple orchard productivity and fruit quality under organic, conventional, and integrated management. *HortScience*, 41(1), 99–107.
- Pini R., Paris P., Benetti A., Vigna Guidi G., Pisanelli A., 1999. Soil physical characteristics and understory management in a walnut (*Juglans regia* L.) plantation in central Italy. *Agroforest. Systems*, 46, 95–105.

- Przybyła C., Kozaczyk P., 2004. Zmienność uwilgotnienia gleb w sadzie jabłoniowym. Roczn. AR w Poznaniu CCCLVII, Melior. Inż. Środ., 25, 467–474.
- Quemada M., Cabrera M.L., 1995. Carbon and nitrogen mineralized from leaves and stems of four cover crops. Soil Sci. Soc. Amer. J., 59(2), 471–477.
- Rabary B., Sall S., Letourmy P., Husson O., Ralambofetra E., Moussa N., Chotte J.L., 2008. Effects of living mulches or residue amendments on soil microbial properties in direct seeded cropping systems of Madagascar. Applied Soil Ecol., 39, 236–243.
- Ramos M.E., Benítez E., García P.A., Robles A.B., 2010. Cover crops under different managements vs. frequent tillage in almond orchards in semiarid conditions: Effects on soil quality. Applied Soil Ecol., 44, 6–14.
- Reganold J.P., Elliott L.F., Unger Y.L., 1987. Long-term effects of organic and conventional farming on soil erosion. Nature, 330(6146), 370–372.
- Reganold J.P., Glover J.D., Andrews P.K., Hinman H.R., 2001. Sustainability of three apple production systems. Nature, 410(6831), 926–930.
- Reganold J.P., Palmer A.S., Lockhart J.C., Macgregor A.N., 1993. Soil quality and financial performance of biodynamic and conventional farms in New Zealand. Science, 260, 344–349.
- Reganold J.P., Papendick R.I., Parr J.F., 1990. Sustainable agriculture. Scientific Amer., 262(6), 112–120.
- Rieux R., Simon S., Defrance H., 1999. Role of hedgerows and ground cover management on arthropod populations in pear orchards. Agriculture, Ecosyst. and Environ., 73, 119–127.
- Rifai M.N., Astatkie T., Lacko-Bartosova M., Gadus J., 2002. Effect of two different thermal units and three types of mulch on weeds in apple orchards. J. Environ. Eng. Sci., 1, 331–338.
- Ross S.M., King J.R., Izaurralde R.C., O'Donovan J.T., 2001. Weed suppression by seven clover species. Agron. J., 93, 820–827.
- Rouse R.E., Mullahey J.J., 1997. Perennial peanut ground cover in citrus orchard row middles and discussion of potential environmental benefits. Proc. Fla. State Hort. Soc., 110, 79–82.
- Rupp L.A., Anderson J.L., 1985. Growth and fruiting responses of young apple and tart cherry trees to weed control. HortScience, 20(4), 727–729.
- Russel S., 2005. Znaczenie enzymów w środowisku glebowym. Acta Agrophys. Rozpr. i Monogr., 3, 5–9.
- Rutkowski L., 2007. Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej. PWN, Warszawa.
- Sadowski A., Nurzyński J., Pacholak E., Smolarz K., 1990. Określanie potrzeb nawożenia roślin sadowniczych. II. Zasady, liczby graniczne i dawki nawożenia. Instr. upowszech., 3, SGGW-AR, Warszawa.
- Sæbø A., Sundheim Fløistad I., Netland J., Skúlason B., Meland Edvardsen Ø., 2009. Weed control measures in Christmas tree plantations of *Abies nordmanniana* and *Abies lasiocarpa* on agricultural land. New Forests, 38, 143–156.
- Sánchez E.E., Giayetto A., Cichón L., Fernández D., Aruani M.C., Curetti M., 2007. Cover crop influence soil properties and tree performance in an organic apple (*Malus domestica* Borkh) orchard in northern Patagonia. Plant and Soil, 292(1–2), 193–203.

- Sanchez J.E., Edson Ch.E., Bird G.W., Whalon M.E., Willson T.C., Harwood R.R., Kizilkaya K., Nugent J.E., Klein W., Middleton A., Loudon T.L., Mutch D.R., Scrimger J., 2003. Orchard floor and nitrogen management influences soil and water quality and tart cherry yields. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 128(2), 277–284.
- Sansavini S., 1997. Integrated fruit production in Europe: Research and strategies for a sustainable industry. *Sci. Horticult.*, 68, 25–36.
- Schumacher R., Stadler W., Krebs Ch., Kobelt M., 1988. Einfluss verschiedener Bodenpflege-massnahmen auf Ertrag und Qualität von Cox Orange. *Zeitschrift für Obst- und Weinbau*. 124, 298–305.
- Shribbs J.M., Skroch W.A., 1986a. Influence of 12 ground cover systems on young ‘Smoothie Golden Delicious’ apple trees: I. Growth. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 111(4), 525–528.
- Shribbs J.M., Skroch W.A., 1986b. Influence of 12 ground cover systems on young ‘Smoothie Golden Delicious’ apple trees: II. Nutrition. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 111(4), 529–533.
- Sirrine J.R., Letourneau D.K., Shennan C., Sirrine D., Fouch R., Jackson L., Mages A., 2008. Impacts of groundcover management systems on yield, leaf nutrients, weed, and arthropods of tart cherry in Michigan, USA. *Agriculture, Ecosyst. and Environ.*, 125, 239–245.
- Six J., Elliott E.T., Paustian K., 2000. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: A mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biol. Biochem.*, 32, 2099–2103.
- Six J., Elliott E.T., Paustian K., Doran J.W., 1998. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 62, 1367–1377.
- Skrzyński J., Poniedziałek W., 1997. Wpływ podkładek karłowych na wzrost i plonowanie odmiany ‘Jonagold’. II Ogólnopol. Semin. Prac. Kat. Sadow. i ISiK „Współczesne trendy w agrotechnice sadów”. Lublin, 46–49.
- Sosna I., 2004. Badania nad osłabianiem wzrostu jabłoni za pomocą podkładek, wysokiej okulizacji, sposobu sadzenia drzew, formowania koron i cięcia. *Zesz. Nauk. AR Wroc.*, Rozprawy CCXVIII, 492.
- Sosna I., Licznar-Małańczuk M., Czaplicka M., 2009. Wstępna ocena wpływu żywych ściółek na wzrost i owocowanie drzew jabłoni i gruszy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 536, 197–203.
- Standyard M.J., Foster R.E., Gibb T.J., 1997. Effects of orchard ground cover and mite management options on the population dynamics of European red mite (Acari: *Tetranychidae*) and *Amblyseius fallacis* (Acari: *Phytoseiidae*) in apple. *J. Econ. Entomol.*, 90(2), 595–603.
- Staněk J., Dvořák J., Novotná M., 1993. Reakce jabloní na systém ošetřování půdy. *Věd. Práce Ovoc.*, 13, 81–86.
- Staněk J., Novotná M., 1995a. Vliv zaplevelení příkmených pásů na výnosy, hmotnost plodů a růst jabloní. *Věd. Práce Ovoc.*, 14, 23–27.
- Staněk J., Novotná M., 1995b. Závislost výnosů a růstu jabloní na šíři herbicidních pásů v řadách stromů. *Věd. Práce Ovoc.*, 14, 29–33.
- Stefanelli D., Zoppolo R.J., Perry R.L., 2009. Organic orchard floor management systems for apple effect on rootstock performance in the midwestern United States. *HortScience*, 44(2), 263–267.
- Szczepański K., Rejman S., 1987. *Metodyka badań sadowniczych*. PWRiL, Warszawa.
- Szczygieł A., Czynczyk A., 2002. Suitability of some semidwarf and dwarf rootstocks to three apple cultivars in the Subcarpathian region. *J. Fruit Ornament. Plant Resear.*, 10, 85–93.

- Szewczuk A., 2004. Skuteczność ściółkowania gleby w uprawie wybranych gatunków roślin sadowniczych przy różnych metodach sadzenia i prowadzenia drzew. Zesz. Nauk. AR Wroc., Rozprawy CCVI, 474.
- Szewczuk A., Licznar-Małańczuk M., 2000. Wpływ ściółkowania rzędów drzew korą sosnową na regularność plonowania młodych drzew jabłoni, Zesz. Nauk. AR Wroc., Rolnictwo, 77(396), 175–185.
- Teasdale J.R., 1993. Interaction of light, soil moisture, and temperature with weed suppression by hairy vetch residue. *Weed Sci.*, 41(1), 46–51.
- Teasdale J.R., Daughtry C.S.T., 1993. Weed suppression by live and desiccated hairy vetch (*Vicia villosa*). *Weed Sci.*, 41, 207–212.
- Teasdale J.R., Mohler Ch.L., 2000. The quantitative relationship between weed emergence and the physical properties of mulches. *Weed Sci.*, 48(3), 385–392.
- TerAvest D., Smith J.L., Carpenter-Boggs L., Hoagland L., Granatstein D., Reganold J.P., 2010. Influence of orchard floor management and compost application timing on nitrogen partitioning in apple trees. *HortScience*, 45(4), 637–642.
- Thompson G., 2000. International consumer demand for organic foods. *HortTechnol.*, 10(4), 663–674.
- Topp E., Millar S., Bork H., Welsh M., 1998. Effects of marigold (*Tagetes sp.*) roots on soil microorganisms. *Biol. Fertil. Soils*, 27, 149–154.
- Tworkoski T., 2000. Response of potted peach trees to pruning and grass competition. *Hort-Science*, 35(7), 1209–1212.
- Tworkoski T.J., Glenn D.M., 2001. Yield, shoot and root growth, and physiological responses of mature peach trees to grass competition. *HortScience*, 36(7), 1214–1218.
- Tworkoski T.J., Glenn D.M., Welker W.V., 1997. Carbohydrate and nitrogen partitioning within one-year shoots of young peach trees grown with grass competition. *Hort-Science*, 32(7), 1174–1177.
- Univer T., Pörk K., Univer N., 2009. Living grass mulches in strawberry cultivation. *Agron. Research*, 7(Special issue I), 532–535.
- Utkhede R.S., Hogue E.J., 1999. Influence of ground cover on development of phytophthora crown and root rot of apple trees. *Can. J. Plant Pathol.*, 21, 106–109.
- Verdú A.M., Mas M.T., 2007. Mulching as an alternative technique for weed management in mandarin orchard tree rows. *Agron. Sustain. Dev.*, 27, 367–375.
- Walsh B.D., MacKenzie A.F., Buszard D.J., 1996a. Soil nitrate levels as influenced by apple orchard floor management systems. *Can. J. Soil Sci.*, 76, 343–349.
- Walsh B.D., Salmins S., Buszard D.J., MacKenzie A.F., 1996b. Impact of soil management systems on organic dwarf apple orchards and soil aggregate stability, bulk density, temperature and water content. *Can. J. Soil Sci.*, 76, 203–209.
- Walter H., 1976. Strefy roślinności a klimat. Strefy klimatyczne Ziemi. Diagramy klimatyczne. PWRiL, Warszawa.
- Weaver S.E., Kropff M.J., Groeneveld R.M.W., 1992. Use of ecophysiological models for crop-weed interference: The critical period of weed interference. *Weed Sci.*, 40, 302–307.
- Webster T., 2002. Dwarfing rootstocks: Past, present and future. *Comp. Fruit Tree*, 35(3), 67–72.
- White R.H., Worsham A.D., Blum U., 1989. Allelopathic potential of legume debris and aqueous extracts. *Weed Sci.*, 37, 674–679.

- Wiman M.R., Kirby E.M., Granatstein D.M., Sullivan T.P., 2009. Cover crops influence meadow vole presence in organic orchards. *HortTechnol.*, 19(3), 558–562.
- Wyss E., 1995. The effects of weed strips on aphids and aphidophagous predators in an apple orchard. *Entomol. Experimen. et Applicata*, 75, 43–49.
- Yao S., Merwin I.A., Bird G.W., Abawi G.S., Thies. J.E., 2005. Orchard floor management practices that maintain vegetative or biomass groundcover stimulate soil microbial activity and alter soil microbial community composition. *Plant and Soil*, 271, 377–389.
- Yao S., Merwin I.A., Brown M.G., 2006. Apple root growth, turnover, and distribution under different orchard ground cover management systems. *HortScience*, 40(3), 492–493.
- Yin X., Seavert C.F., Turner J., Nuñez-Elisea R., Cahn H., 2007. Effects of polypropylene groundcover on soil nutrient availability, sweet cherry nutrition, and cash costs and returns. *HortScience*, 42(1), 147–151.
- Zamarlicki K., 2000. Wymagania rynku UE w zakresie jakości owoców i dostosowywanie warunków produkcji do zmniejszenia negatywnego wpływu na środowisko (na przykładzie działań podjętych w Wielkiej Brytanii). *Mat. III Ogólnopol. Konf. Ograd. „Szanse i zagrożenia dla krajowego ogrodnictwa po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej”*, Lublin, 383–388.
- Zebarth B.J., Freyman S., Kowalenko C.G., 1993. Effect of ground covers and tillage between raspberry rows on selected soil physical and chemical parameters and crop response. *Can. J. Soil Sci.* 73, 481–488.

ZASTOSOWANIE ŻYWYCH ŚCIÓŁEK W RZĘDACH DRZEW JABŁONI JAKO ALTERNATYWNEGO SPOSOBU PIELĘGNACJI GLEBY W PORÓWNANIU Z UGOREM HERBICYDOWYM

Streszczenie

W latach 2004–2010, na terenie Stacji Badawczo-Dydaktycznej w miejscowości Samotwór należącej do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu przeprowadzono ocenę zastosowania żywych ściółek w rzędach drzew jabłoni jako alternatywnego sposobu pielęgnacji gleby w porównaniu z ugiem herbicydowym. Drzewka odmiany 'Ligol' wysadzono wiosną 2004 r., w rozstawie 3,5×1,2 m (2380 drzew·ha⁻¹). Materiał szkółkarski był jednoroczny, nierozgałęziony z przeciętną średnicą okulanta 0,77 cm. Doświadczenie założono w układzie losowanych podbloków, w czterech powtórzeniach, po pięć drzew na poletku. Podbloki zostały wytyczone w roku założenia doświadczenia, w rzędach drzew o szerokości 1 m. Bezpośrednio po wysadzeniu jabłoni wysiano w nich rośliny okrywowe: aksamitkę rozpierzchłą, mietlicę pospolitą i koniczynę białą. Kostrzewę owczą wysiano wiosną 2005 r. i zastąpiono nią zastosowaną w pierwszym roku po posadzeniu drzew nasturcję karłowatą. Ponadto rozłożono czarną agrotkaninę polipropylenową oraz utrzymywano ugi herbicydowy. W obrębie wyznaczonych podbloków wysadzono drzewka uszlachetnione na podkładkach: P 2, P 16 oraz P 22. Eksperyment obejmował 18 kombinacji.

Ocenę warunków siedliskowych oraz konkurencji między żywą ściółką a drzewami jabłoni przeprowadzono na podstawie plonowania, wzrostu, stanu odżywienia, żywotności drzew, a także jakości owoców. Ponadto przeprowadzono analizę stopnia pokrycia gleby darnią roślin okrywowych, charakterystykę jej zachwaszczenia oraz wpływu żywych ściółek na wybrane właściwości fizyczne, fizykochemiczne, chemiczne i retencyjne gleby. Przedmiotem oceny były także zróżnicowane nakłady pracy ręcznej i mechanicznej poniesione na prowadzenie drzew w badanych sposobach pielęgnacji gleby w rzędach jabłoni.

Obecność żywych ściółek pod drzewami, a szczególnie koniczyny białej wpłynęła na poprawę właściwości fizycznych i retencyjnych gleby. Istotny spadek aktualnej wilgotności w warstwie sięgającej do 30 cm gleby wystąpił w roku z małą ilością i niekorzystnym rozkładem opadów i wykazał wzrost zapotrzebowania na wodę przy współrzędnej uprawie jabłoni i gatunków roślin okrywowych w porównaniu z utrzymywaniem drzew w ugorze herbicydowym. Zastosowanie żywych ściółek nie wpłynęło na istotną zmianę właściwości fizykochemicznych gleby, zawartość węgla organicznego, a także makro- i mikroelementów. Obecność kostrzewy owczej i koniczyny białej przyczyniła się do istotnego wzrostu zawartości azotu ogółem w warstwie ornej w stosunku do pozostałych roślin okrywowych, a także ściółkowania agrotkaniną.

Każda żywa ściółka była zasiedlana przez specyficzne gatunki chwastów. Wielogatunkowe zachwaszczenie wszystkich żywych ściółek, w roku ich wysiewu, ulegało dynamicznym przekształceniom w kolejnych latach uprawy. Utworzone zbiorowiska roślinne w rzędach drzew charakteryzowały się coraz większym udziałem chwastów wieloletnich. Postępujące w kolejnych latach rozprzestrzenianie się perzu właściwego – *Elymus repens* (L.) Gould, istotnie eliminujące obecność koniczyny białej, wpłynęło na ograniczenie zaopatrzenia drzew w azot po kilku latach po posadzeniu jabłoni. Zawartość tego pierwiastka w liściach jabłoni ściółkowanych wieloletnimi trawami kształtowała się na poziomie deficytowym już w drugim roku po wprowadzeniu roślin okrywowych.

Wprowadzenie w pierwszym roku po posadzeniu jabłoni wieloletnich roślin okrywowych koniczyny białej i mietlicy pospolitej wpłynęło na osłabienie wzrostu drzew i istotne ograniczenie sumy plonu z drzewa w porównaniu z ugiem herbicydowym. Obecność żywych ściółek przyczyniła się do istotnej poprawy wybarwienia owoców, jednak przy zastosowaniu koniczyny białej i mietlicy pospolitej wzrastał udział jabłek drobnych i charakteryzujących się niską średnią masą owocu. Silniejszy wzrost drzew oraz istotnie większe i lepsze jakościowo plony zanotowano w przypadku drzew uszlachetnionych na podkładce P 2 w porównaniu z P 22 i P 16.

Kostrzewa owcza okazała się najbardziej odpowiednia jako żywa ściółka w sadzie. Wprowadzenie tego gatunku dopiero w drugim roku po posadzeniu zadecydowało o lepszych warunkach wzrostu i plonowania jabłoni niż w pozostałych ściółkach. Można przypuszczać, że opóźnienie w latach wysiewu mietlicy pospolitej przyniosłoby podobne rezultaty. Negatywną ocenę uzyskała koniczyna biała ze względu na bardzo słaby wzrost jabłoni, obecność gryzoni, wypadki drzew i niski poziom plonowania, mimo że wpłynęła korzystnie na właściwości fizyczne i retencyjne gleby. Agrotechniczno-ekonomiczna ocena aksamitki rozpierschłej wykazała, że jej uprawa wymaga bardzo wysokich nakładów pracy ręcznej, co eliminuje jej przydatność w charakterze żywej ściółki w sadzie.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że w porównaniu z powszechnie przyjętą technologią uprawy jabłoni z zastosowaniem ugoru herbicydowego wprowadzenie w rzędach drzew wieloletnich traw jako żywych ściółek wymaga zastosowania skutecznych zabiegów agrotechnicznych, które zapewnią odpowiednie zaopatrzenie drzew w wodę i optymalne ich odżywienie azotem, wyeliminują obecność trwałego zachwaszczenia w darni roślin okrywowych, a także pozwolą ograniczyć wysokość nakładów pracy ręcznej poniesionych na wysiew i pielęgnację żywych ściółek w roku ich założenia.

Słowa kluczowe: pielęgnacja gleby w sadzie, żywa ściółka, wzrost, plon, zachwaszczenie, nakłady pracy

APPLICATION OF LIVING MULCHES IN APPLE TREE ROWS AS AN ALTERNATIVE METHOD OF ORCHARD FLOOR MANAGEMENT IN COMPARISON TO HERBICIDE FALLOW

S u m m a r y

In the years 2004–2010, at the site of the Research Station in Samotwór, belonging to the University of Environmental and Life Sciences in Wrocław, there was conducted an evaluation of living mulch application in apple tree rows as an alternative method of orchard floor management in comparison to herbicide fallow. Ligol cv. trees were planted in spring 2004 at 3.5×1.2 m spacing (2380 trees·ha⁻¹). One year old and measuring on average 0.77 cm in diameter non-feather nursery stock trees were used. The experiment was set up following a split-plot design involving four replications, each plot consisting of five trees. The subplots were laid out in the year of the experiment establishment, within 1 m wide tree rows. Right after the planting of the trees, the living mulch were sown: French marigold, colonial bent grass and white clover. The cover of blue fescue was established in spring 2005, replacing dwarf nasturtium, which had been applied in the first year following the planting. Moreover, black nonwoven polypropylene was spread and herbicide fallow was maintained. Within the laid out subplots, trees budded on P 2, P 16 and P 22 rootstocks were planted. The experiment involved 18 treatment combinations.

The evaluation of the site conditions and the competition between living mulch and apple trees was based on the tree yielding, growth, nutrition status and vitality, as well as on the fruit quality. Moreover, an analysis of the extent of the living mulch sod occurrence on the soil surface was conducted, the profile of weed occurrence was determined and the influence of living mulch on selected physical, physical-chemical, chemical and retention soil properties was explored. The evaluation also included varied manual and tractor labor expenditures spent on the maintenance of the trees in the researched tree row management treatments.

The presence of the living mulches under the trees, particularly white clover, led to an improvement in the soil physical and retention properties. In comparison to the herbicide fallow treatment, in a year of low and disadvantageously distributed precipitation, a significant decline of water content occurred in the top 30 cm soil horizon, indicating an increase in water demand in case of apple trees being cultivated in companion with living mulch. The living mulch application did not significantly influence the physical-chemical soil properties, organic carbon content, or the content of the micro- and macroelements. The presence of blue fescue and white clover contributed to significant increase of total nitrogen content in the topsoil, when compared with the remaining living mulch, as well as the nonwoven polypropylene treatment.

The weed species composition was influenced by the cover crop application. Multi-species weed infestation noted in all living mulches in the year of their sowing was undergoing dynamic changes in the subsequent years. Characteristic for the plant communities formed within the tree rows was an increasing share of perennial weed species. The yearly advancement of the quack grass – *Elymus repens* (L.) Gould led to the elimination of white clover and, in the course of a few years after their planting, limited the availability of nitrogen to the apple trees. As early as in the second year following the introduction of perennial grasses, the content of this element in the leaves of the apple trees fell to the deficit level.

The introduction of the perennial living mulch species: white clover and colonial bent grass, which took place in the first year after the apple tree planting, resulted in retarded growth of the trees and significantly curtailed the yield, calculated as total weight of fruits harvested from a single tree in comparison to herbicide fallow. The presence of the living mulches led to a significant improvement in fruit coloration. However, in case of the white clover and colonial bent grass treatments, an increase in the share of small and low-weight apples was noted. More intensive tree growth and significantly bigger crops of higher quality were recorded in case of the trees budded on the P 2 rootstock in comparison to P 22 and P16.

The best results were obtained in case of blue fescue in an orchard. The delay in the introduction of this species until the second year following the planting resulted in better growth and yielding conditions of the apple trees than the in other living mulches. One can expect that a few-year delay in the sowing of colonial bent grass would have led to similar results. Because of very retarded growth, rodent activity, high level of tree mortality and low yielding, white clover was acknowledged to be unsuitable for use as a living mulch, despite of its advantage effect on the physical and retention soil properties. The agrotechnical-economical evaluation of French marigold showed that its cultivation involved very high manual labor expenditures, what dismisses the possibility of using this plant as living mulch in an orchard.

On the grounds of the conducted research, it has been determined that, in comparison with the prevalent apple tree cultivation technology, which involves application of herbicide fallow, introduction of perennial grasses as a living mulch into tree rows has to be accompanied by effective agrotechnical methods. They would be expected: to sufficiently fulfill water requirements of trees, to guarantee optimum nitrogen nutrition, to eliminate perennial weed infestation within living mulch sod, as well as to allow a reduction in manual labor expenditures spent on sowing and maintenance of living mulches in the year of their establishment.

Key words: orchard floor management, living mulch, growth, yield, weeds, labor expenditures

ANEKS

Gatunki roślin wykorzystywane jako żywe ściółki w uprawach sadowniczych
Plant species used as living mulches in fruit cultivation

Nazwa łacińska Scientific name	Nazwa polska Polish name	Nazwa angielska English name	Literatura Literature
Rodzina – Family: <i>Apiaceae</i>			
<i>Ammi majus</i> L.	aminek wielki	ammi, Queen Anne's lace, bullwort, false bishop's weed, greater ammi	Bone i in. 2009
<i>Anethum graveolens</i> L.	koper ogrodowy	dill, garden dill, common dill	Jaworska 1995, Brown i Glenn 1999
<i>Daucus carota</i> L.	marzech zwyczajna	carrot, wild carrot, garden carrot	Wyss 1995, Walsh i in. 1996 a,b
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	fenkuł, koper włoski, fenkuł włoski, koper lekarski	fennel, common fennel, officinal fennel, finikel	Jaworska 1995, Bone i in. 2009
<i>Hydrocotyle heteromeria</i> L.	rodzaj: wąkrota	hydrocotyle	Hartley i in. 2000
<i>Pastinaca sativa</i> L.	pasternak zwyczajny	parsnip, common parsnip, wild parsnip, garden parsnip, cultivated parsnip	Wyss 1995
Rodzina – Family: <i>Asteraceae</i>			
<i>Achillea millefolium</i> L.	krwawnik pospolity	yarrow, common yarrow, milfoil, common milfoil, nosebleed yarrow	Wyss 1995, Bone i in. 2009
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	ambrozja bylicolistna	common ragweed, annual ragweed	Shribbs i Skroch 1986a,b
<i>Centaurea cyanus</i> L.	chaber bławatek	cornflower, blue cornflower, bachelor's button, blue bonnet, French pink, bluebottle	Wyss 1995
<i>Centaurea jacea</i> L.	chaber łąkowy	brown knapweed, brown-scale centaurea, brown-rayed knapweed	
<i>Cichorium intybus</i> L.	cykoria podróznik	chicory, common chicory, wild chicory, wild succory	Wyss 1995, Bone i in. 2009
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam. = <i>Chrysanthemum leucanthemum</i> L.	złocien wiaściwy	ox-eye daisy, moon daisy, white daisy, woundwort tansy, marguerite	Wyss 1995
<i>Matricaria chamomilla</i> L. = <i>Matricaria recutita</i> L. = <i>Chamomilla recutita</i> (L.) Rauschert	rumianek pospolity	chamomile, common chamomile, German chamomile, wild chamomile, wild camomile, common camile, camomile tea	Wyss 1995
<i>Tagetes erecta</i> L.	aksamitka wzniesiona, aksamitek wzniesiony	African marigold, Aztec marigold	Faby 2001
<i>Tagetes patula</i> L.	aksamitka rozpięzchła, aksamitek rozpięzchły	French marigold, spreading marigold	
<i>Tanacetum vulgare</i> L.	wrotycz pospolity	tansy, common tansy	Wyss 1995

Rodzina – Family: Boraginaceae		
<i>Borago officinalis</i> L.	ogórecznik lekarski	borage, common borage, oxtongue Wyss 1995
<i>Echium vulgare</i> L.	źmijowiec zwyczajny	blueweed, viper's bugloss, common viper's bugloss Wyss 1995
<i>Symphlytum officinale</i> L.	żywokost lekarski	comfrey, common comfrey, woundwort Wyss 1995
Rodzina – Family: Brassicaceae		
<i>Brassica juncea</i> (L.) Czern.	kapusta sitowata, kapusta sarepska, gorczyca sarepska	oriental mustard, Indian mustard, India mustard, brown mustard, Chinese mustard Granatstein i Mullinix 2008, Sirrione i in. 2008
<i>Brassica napus</i> L.	rzepak, kapusta rzepak	oilseed rape, rape, winter rape, rapeseed, coleseed, colza, naron rape, cole, canola Brown i Glenn 1999, Utkhede i Hogue 1999
<i>Brassica nigra</i> (L.) W.D.J. Koch	kapusta czarna, kapusta gorczyca	black mustard Bugg i in. 1996
<i>Lobularia maritima</i> (L.) Desv. = <i>Alyssum maritimum</i> (L.) Lam.	smagliczka nadmorska, lobularia nadmorska	sweet alyssum, sweet alison Hoagland i in. 2008, Wiman i in. 2009
<i>Nasturtium officinale</i> R. Br.	rukiew wodna	water cress, common watercress, fool's water cress Jaworska 1995
<i>Raphanus sativus</i> L.	rzodkiew zwyczajna, rzodkiew oleista	radish, oil radish Linares i in. 2008
<i>Sinapis alba</i> L. = <i>Brassica hirta</i> Moench	gorczyca biała, gorczyca jasna	musztard, white mustard Lipecki i Wieniarska 1990, 2000, 2001, Olszewski i Niemczyk 1994, Jaworska 1995, Rieux i in. 1999, Faby 2001, Bone i in. 2009
Rodzina – Family: Caryophyllaceae		
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	gwiazdnica pospolita	chickweed, common chickweed Schumacher i in. 1988, Jaworska 1995
Rodzina – Family: Clusiaceae		
<i>Hypericum perforatum</i> L.	dziurawiec zwyczajny	St. John's wort, common St. John's-wort, porous common St. John's-wort, perforate St. John's-wort Wyss 1995
Rodzina – Family: Commelinaceae		
<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	rodzaj: komelina	climbing dayflower Bradshaw i Lanini 1995
Rodzina – Family: Convolvulaceae		
<i>Dichondra carolinensis</i> Michx.	–	dichondra, Carolina ponysoot Meyer i in. 1992,
<i>Dichondra micrantha</i> Urb.	–	dichondra, Asian ponysoot, smallflowered ponysoot Hartley i in. 2000

Rodzina – Family: Dipsacaceae				
<i>Knautia arvensis</i> (L.) J.M. Coult.	świerzbiczna polna	field scabious, blue buttons, field kautia		Wyss 1995
Rodzina – Family: Fabaceae				
<i>Arachis glabrata</i> Benth.	–	rhosomal peanut, perennial peanut		Bradshaw i Lanini 1995, Rouse i Mullahay 1997, Fidaliski i in. 2007, Isaac i in. 2007, Linares i in. 2008
<i>Arachis hypogaea</i> L.	orzech ziemny, orzacha ziemna	peanut, groundnut, monkey nut		Merwin i in. 1992, 1994, 1999, Merwin i Stiles 1994, Sanchez i in. 2003
<i>Arachis pintoi</i> Krap. et Greg.	–	perennial peanut, wild peanuts		Bradshaw i Lanini 1995, Isaac i in. 2007
<i>Coronilla varia</i> L.	cieciorka pstra	crown vetch, crown vetch coronilla, chic pea, various sicklewort		Linares i in. 2008
<i>Desmodium heterocarpon</i> (L.) DC. = <i>Desmodium ovalifolium</i> Wall.	–	desmodium, ovalifolium		
<i>Indigofera hirsuta</i> L.	rodzaj: indygowiec	hairy indigo		
<i>Lespedeza stipulacea</i> Maxim. = <i>Kummerowia stipulacea</i> (Maxim.) Makino	lespedeza koreańska	Korean lespedeza, Korean bush clover, Korean lespedeza		Shribbs i Skroch 1986a,b, Meyer i in. 1992
<i>Lotus corniculatus</i> L.	komonica zwyczajna	bird's foot trefoil, common bird's-foot trefoil, bird's-foot clover, bird's-foot deervetch, bacon and eggs		Wyss 1995, Bugg i in. 1996, Hoagland i in. 2008, Wiman i in. 2009, TerAvest i in. 2010
<i>Lupinus albus</i> L.	łubin biały	white lupine, white lupin		Walsh i in. 1996a,b,
<i>Lupinus angustifolius</i> L.	łubin wąskolistny	blue lupine, narrow-leaved lupine		Linares i in. 2008
<i>Macropitium atropurpureum</i> (DC.) Urb.	–	siratko		Merlim i in. 2005
<i>Medicago lupulina</i> L.	lucerna nerkowata, lucerna chmielowa, lucerna żółta	black medic, black medick, shamrock, hop clover, yellow trefoil, hop medick		Lipecki i Wieneraska 1990, Wyss 1995, Bugg i in. 1996,
<i>Medicago polymorpha</i> L.	lucerna zmienna	burr medic, toothed medic, hairy medick, California bur clover, burdock medick		Sanchez i in. 2003, Sanchez i in. 2007,
<i>Medicago sativa</i> L.	lucerna siewna	alfalfa, lucerne, luzerne, purple medick, purple medic, bur clover		Hoagland i in. 2008, Wiman i in. 2009,
<i>Medicago truncatula</i> Gaertn. = <i>Medicago truncatula</i> Gaertn.	lucerna skrócona	barrel medic, truncate medick		TerAvest i in. 2010
<i>Melilotus albus</i> Medik.	nostrzyk biały	white sweet clover, arctic clover, bokhara clover, white melilot		Bugg i in. 1996, Linares i in. 2008
<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Lam.	nostrzyk żółty	yellow sweet clover, common melilot, field melilot, ribbed melilot, bitter melilot, shop melilot, sweet clover, yellow melilot, heart's clover		

<i>Mucuna antitropurpureum</i> (L.) DC.	–	velvet bean	Isaac i in. 2007, Linares i in. 2008
<i>Mucuna pruriens</i> (L.) DC.	świerzbiec właściwy, wspinaacz właściwy	velvetbean, cow itsch, cowage, cowage velvetbean	
<i>Onobrychis vicifolia</i> Scop. = <i>Onobrychis viciaefolia</i> Scop.	esparceta siewna, sparceta siewna	sainfoin, common sainfoin, esparcet	Wyss 1995
<i>Ornithopus sativus</i> Brot.	seradela pastewna, seradela siewna	common serradella, cultivated bird's foot	Jaworska 1995, Sosna i in. 2009
<i>Pisum arvense</i> L.	groch błękitnopurpurowy, groch zwyczajny polny, groch polny, peluszka	pea, field pea	Bugg i in. 1996, Lipecki i Wieniarska 2000
<i>Pisum sativum</i> L.	groch zwyczajny, groch zwy- czajny cukrowy, groch pospoli- ty, groch ogrodowy	pea, green pea, peaplant, field pea, garden pea	
<i>Trifolium alexandrinum</i> L.	koniczyna aleksandryjska	berseem, berseem clover, Egyptian clover	Neilsen i Hogue 1985, 2000, Shribbs i Skroch 1986a,b, Lipecki i Wieniarska 1990, 2000, 2001, Mika i Krzewińska 1993, 1995, 1996, Zebarth i in. 1993, Hornig i Bünemann 1995, 1996a,b, Jaworska 1995, Wyss 1995,
<i>Trifolium ambiguum</i> Bieg.	koniczyna zmienna, koniczyna kaukaska	kura clover	Bugg i in. 1996, Mantinger i in. 1996, Mika i in. 1998, Rieux i in. 1999, Hartley i in. 2000, Mika 2000,
<i>Trifolium fragiferum</i> L.	koniczyna rozdęta	strawberry clover	
<i>Trifolium hirtum</i> All.	–	rose clover	Sanchez i in. 2003, Menman i in. 2006, Sánchez i in. 2007, Granatstein i Mullinix 2008, Hoagland i in. 2008, Linares i in. 2008, Sarrine i in. 2008, Kühn i Lindhard Pedersen 2009, Stefanelli i in. 2009, Univer i in. 2009, Wiman i in. 2009, TerAvest i in. 2010
<i>Trifolium incarnatum</i> L.	koniczyna krwistoczerwona, koniczyna inkarnatka	crimson clover, Italian clover, scarlet clover, flesh-coloured clover	
<i>Trifolium pratense</i> L.	koniczyna łąkowa	red clover	
<i>Trifolium repens</i> L.	koniczyna biała	white clover, ladino clover, creeping white clover, Dutch clover, white Dutch clover	
<i>Trifolium resupinatum</i> L.	koniczyna perska, koniczyna skręcona	Persian clover, reversed clover, shabdar clover, shaftal clover	
<i>Trifolium subterraneum</i> L.	koniczyna podziemna	subterranean clover, burrowing clover	
<i>Trifolium subterraneum</i> L. var. <i>subulata</i>	–	Mt. Barker subclover	
<i>Trigonella foenum-graecum</i> L.	kozieradka pospolita	fenugreek, fenigrec, fenugreek trigonella	Bone i in. 2009

<i>Vicia benghalensis</i> L.	wyka purpurowa,	purple vetch,	
= <i>Vicia atropurpurea</i> Desf.	wyka bengalska	reddish tufted vetch	
<i>Vicia faba</i> L.	bób pospolity,	bean, bell bean, English bean, tickbean,	Olszewski i Niemczyk 1994,
= <i>Faba vulgaris</i> Moench	bób właściwy	ticks, field bean, horse bean, broad bean	Jaworska 1995, Bugg i in. 1996,
<i>Vicia faba</i> L. <i>minor</i> Harz	bobik	fieldbean, velvet bean	Lipecki i Wieneraska 2000,
<i>Vicia sativa</i> L.	wyka siewna, wyka pospolita,	common vetch, spring vetch,	Mennan i in. 2006, Sánchez i in. 2007,
	wyka polna	cahaba vetch	Linares i in. 2008, Sirttine i in. 2008,
<i>Vicia villosa</i> Roth	wyka kosmata, wyka	hairy vetch, winter vetch, Russian vetch,	Ramos i in. 2010
	wschodnia, wyka piaskowa	fodder vetch, woollypod vetch	
<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.	–	asparagus bean, cow pea	Linares i in. 2008
Rodzina – Family: <i>Hydrophyllaceae</i>			
<i>Nemophila maculata</i> Benth. ex Lindl.	porcelanka plamista	five spot, five spot nemophila	Hoagland i in. 2008, Wiman i in. 2009
<i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth.	facelia błękitna	tansy phacelia	Olszewski i Niemczyk 1994,
Rodzina – Family: <i>Lamiaceae</i>			Jaworska 1995, Sosna i in. 2009
<i>Ajuga reptans</i> L.	dąbrówka rozłogowa	ajuga, carpet bugle, common bugle,	Wiman i in. 2009
		bugle, creeping bugle	
<i>Glechoma hederacea</i> L.	bluszcz kurdybanek	ground ivy, alehoof, ivy-like nepeta, gill,	Hornig i Bünemann 1995,
		common ground ivy, field balm	1996 a,b
<i>Mentha requienii</i> Benth.	mięta korsykańska	Corsican mint	Hoagland i in. 2008,
			Wiman i in. 2009
<i>Thymus serpyllum</i> L.	macierzanka piaskowa,	wild thyme, creeping thyme, mother of	Hoagland i in. 2008,
	dzięcielina	thyme, Breckland thyme, lemon thyme,	Wiman i in. 2009
		garden thyme, English thyme	
Rodzina – Family: <i>Onagraceae</i>			
<i>Oenothera biennis</i> L.		common evening primrose, evening	
= <i>Onagra biennis</i> Scop.	wiesiołek dwuletni	primrose, common eelgrass,	Wyss 1995
		grass wrack, faver plant	
Rodzina – Family: <i>Plantaginaceae</i>			
<i>Plantago aristata</i> Michx.	rodzaj: babka	bracted plantain	Meyer i in. 1992
Rodzina – Family: <i>Poaceae</i>			
<i>Agrostis capillaris</i> L.		colonial bent grass, fine bent grass,	Hoagland i in. 2008,
= <i>Agrostis vulgaris</i> With.	mietlica pospolita	brown top, common bent, common	Sosna i in. 2009, Wiman i in. 2009,
= <i>Agrostis tenuis</i> Sibth.		bent grass	Ter-Avest i in. 2010

<i>Avena fatua</i> L.	owies gładki	wild oats, wild oat, oatgrass, spreading oat	Bugg i in. 1996, Utkhedde i Hogue 1999,
<i>Avena nuda</i> L.	owies szorstki	black oat, bristle oat, lopsided,	Lipecki i Wieniarska 2000, 2001,
= <i>Avena strigosa</i> Schreb.	owies zwyczajny	striped oat grass, naked oat	Linares i in. 2008, Ramos i in. 2010
<i>Avena sativa</i> L.	owies zwyczajny	oats, oat, common oat	
<i>Bromus carinatus</i> Hook. et Arn.	stokłosa spłaszczona	California brome	
<i>Bromus hordeaceus</i> L.	stokłosa miękka	brome, soft chess, soft brome,	Meyer i in. 1992, Bugg i in. 1996,
= <i>Bromus mollis</i> L.	stokłosa miękka	soft brome grass, lop grass	Tworkoski i Glenn 2001
<i>Bromus inermis</i> Leyss.	stokłosa bezostna	smooth brome, Hungarian brome,	
	stokłosa bezostna	awnless brome, smooth chess,	
	stokłosa bezostna	smooth brome grass	
<i>Dactylis glomerata</i> L.	kupkówka pospolita	orchard grass, rought cocks foot, rought	Neilsen i Hogue 1985, Shribbs i Skroch
	kupkówka pospolita	cocks foot, dew grass, cocksfoot	1986a,b, Tworkoski i in. 1997,
	kupkówka pospolita	cocks foot, dew grass, cocksfoot	Tworkoski i Glenn 2001,
<i>Elymus glaucus</i> Buckley	–	blue wild rye	Univer i in. 2009
<i>Eremochloa ophiuroides</i> (Munro) Hack.	–	centipede grass	Bugg i in. 1996
	–	centipede grass	Meyer i in. 1992
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	kostrzewa trzcinowa	tall fescue, meadow fescue,	Shribbs i Skroch 1986a,b,
	kostrzewa trzcinowa	reed fescue	Glenn i in. 1987, Glenn i Walker 1989,
	kostrzewa trzcinowa	reed fescue	Lipecki i Wieniarska 1990, Anderson
<i>Festuca heterophylla</i> Lam.	kostrzewa różnolistna	shade fescue, various-leaved fescue,	i in. 1992, Merwin i in. 1992, 1994,
	kostrzewa różnolistna	shade fescue, various-leaved fescue,	1995, 1996, 1999; Meyer i in. 1992,
<i>Festuca longifolia</i> Thuill.	–	hard fescue	Zebarth i in. 1993, Merwin i Stiles
	–	hard fescue	1994, Bugg i in. 1996, Mantinger i in.
<i>Festuca ovina</i> L.	kostrzewa owcza	blue fescue, sheep's fescue	1996, Walsh i in. 1996 a,b, Tworkoski
= <i>Festuca vulgaris</i> (W.D.J. Koch) Hayek	kostrzewa owcza	blue fescue, sheep's fescue	i in. 1997, Hartley i in. 2000, Lakatos
	kostrzewa owcza	blue fescue, sheep's fescue	i Bubán 2000, Neilsen i Hogue 2000,
<i>Festuca pseudovina</i> Hack. ex Wiesb.	kostrzewa niwyowcza	–	Tworkoski 2000, Oliveira i Merwin
	kostrzewa niwyowcza	–	2001, Tworkoski i Glenn 2001, Sanchez
	kostrzewa niwyowcza	–	i in. 2003, Belding i in. 2004, Celette
	kostrzewa niwyowcza	–	i in. 2005, Yao i in. 2005, 2006, Dilley
	kostrzewa niwyowcza	–	i Nonnecke 2007, Sánchez i in. 2007,
<i>Festuca rubra</i> L.	kostrzewa czerwona	creeping red fescue, creeping fescue,	Glenn i Newell 2008, Laurent i in.
	kostrzewa czerwona	red fescue, chewing fescue	2008, Bone i in. 2009, Kühn i Lindhard
	kostrzewa czerwona	red fescue, chewing fescue	Pedersen 2009, Sosna i in. 2009,
	kostrzewa czerwona	red fescue, chewing fescue	Univer i in. 2009

<i>Hordeum brachyantherum</i> Covas et Stebbins	–	meadow barley	Zebarth i in. 1993, Bugg i in. 1996, Lipecki i Winiarska 2001
<i>Hordeum vulgare</i> L.	jęczmień zwyczajny wielorzędowy	barley, six-rowed barley, winter barley, mill less barley, malting barley	Lipecki i Winiarska 2001
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	żylica wielokwiatowa	annual ryegrass, Italian ryegrass, common ryegrass	Newenhouse i Dana 1989, Lipecki i Winiarska 1990, Anderson i in. 1992, Merwin i in. 1992, 1994, Zebarth i in. 1993, Merwin i Stiles 1994, Bugg i in. 1996, Mantinger i in. 1996, Tworkoski i in. 1997, Rieux i in. 1999, Utkhede i Hogue 1999, Tworkoski 2000, Tworkoski i Glenn 2001, Sanchez i in. 2003, Mennan i in. 2006, Bone i in. 2009, Kühn i Lindhard Pedersen 2009, Stefanelli i in. 2009, Univer i in. 2009
<i>Lolium perenne</i> L.	żylica trwała	perennial ryegrass, English rye grass	Shribbs i Skroch 1986a,b, Meyer i in. 1992
<i>Muhlenbergia schreberi</i> J.F. Gmel.	–	nimblewill	Bugg i in. 1996
<i>Nessella pulchra</i> [A. Hitchc.] Barkworth	–	purple needlegrass	Meyer i in. 1992, Merlim i in. 2005, Fidalski i in. 2007
<i>Paspalum notatum</i> Flügge	–	bahia grass	Utkhede i Hogue 1999, Tworkoski i Glenn 2001, Univer i in. 2009
<i>Phleum pratense</i> L.	tymotka łąkowa	timothy, timothy grass, meadow cat's tail grass, meadow timothy grass, herd's grass, cat's tail	Neilsen i Hogue 1985, 2000, Shribbs i Skroch 1986a,b, Schumacher i in. 1988, Newenhouse i Dana 1989, Mika i Krzewińska 1993, 1995, 1996, Jaworska 1995, Mantinger i in. 1996, Mika i in. 1998, Milka 2000, Kühn i Lindhard Pedersen 2009, Univer i in. 2009
<i>Poa annua</i> L.	wiechlina roczna	annual blue grass, Suffolk grass, annual meadow-grass	
<i>Poa pratensis</i> L.	wiechlina łąkowa	Kentucky blue grass, meadow grass, smooth meadow-grass	

<i>Secale cereale</i> L.	żyto zwyczajne	rye, winter rye, common rye	Meagher i Meyer 1990, Bugg i in. 1996, Utkhede i Hogue 1999, Sanchez i in. 2003, Granatstein i Mullimix 2008, Linares i in. 2008, Sirtine i in. 2008 Meyer i in. 1992
<i>Setaria viridis</i> (L.) P.Beauv.	włośnica zielona	green foxtail, green bristle grass	Meyer i in. 1992
<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	sorgo zwyczajne	dwarf sorghum, great millet, kafir corn, sorghum	Brown i Glenn 1999
<i>Triticum aestivum</i> L. = <i>Triticum vulgare</i> Vill.	pszenica zwyczajna	wheat, common bread wheat,	Shribbs i Skroch 1986a,b, Newenhouse i Dana 1989
<i>Vulpia myuros</i> (L.) C.C. Gmel. = <i>Festuca myuros</i> L.	wulpia mysi ogon, kostrzewa mysia	bread wheat, soft wheat rattail fescue, tailgrass, rat's tail fescue	Meyer i in. 1992, Bugg i in. 1996
Rodzina – Family: Polemoniaceae			
<i>Phlox subulata</i> L.	plomyk sztydasty, fłoks sztydasty	moss phlox, moss pink	Wiman i in. 2009
Rodzina – Family: Polygonaceae			
<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench = <i>Fagopyrum sagittatum</i> Gilib.	gryka zwyczajna	buckwheat, common buckwheat	Olzowski i Niemczyk 1994, Jaworska 1995, Brown i Glenn 1999, Bone i in. 2009
<i>Rumex acetosella</i> L.	szczaw polny	red sorrel, sheep sorrel, sheep's sorrel, lesser dock	Shribbs i Skroch 1986a,b
Rodzina – Family: Rosaceae			
<i>Potentilla tabernaemontani</i> Asch. = <i>Potentilla neumanniana</i> Rchb	pięciornik wiosenny	spring cinquefoil spotem, potentilla, spring cinquefoil, spring potentil	Wiman i in. 2009
Rodzina – Family: Rubiaceae			
<i>Galium odoratum</i> (L.) Scop. = <i>Asperula odorata</i> L. <i>Richardia scabra</i> L.	przytulia wonna, marzanka wonna rodzaj: bielikrasa	woodruff, sweet woodruff Florida pusley	Hoagland i in. 2008, Wiman i in. 2009 Meyer i in. 1992
Rodzina – Family: Scrophulariaceae			
<i>Verbascum densiflorum</i> Bertol. <i>Veronica repens</i> Clarion ex DC	dziewanna wielkokwiatowa rodzaj: przetacznik	wool mullein, large-flowered mullein veronica, Corsican speedwell	Wyss 1995 Wiman i in. 2009