

UNIwersytet PRZYRODNICZY WE WROCLAWIU

KATEDRA KSZTAŁTOWANIA AGROEKOSYSTEMÓW
I TERENÓW ZIELENI

Bernadeta Stochalska

**PRODUKCJA BURAKA CUKROWEGO W RÓŻNYCH
SYSTEMACH UPRAWY KONSERWUJĄCEJ**

Praca doktorska
wykonana pod kierunkiem
prof. dr. hab. Lesława Zimnego

Wrocław 2011

*Składam serdeczne podziękowania Panu prof. dr. hab.
Lesławowi Zimmemu za kierownictwo naukowe,
życzliwość i cenne wskazówki podczas wykonywania
niniejszej pracy.*

Dziękuję także wszystkim, którzy mnie wspierali.

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	4
1.1. Przegląd piśmiennictwa.....	4
1.1.1. Znaczenie międzyplonów w uprawie buraka cukrowego.....	4
1.1.2. Znaczenie słomy w uprawie buraka cukrowego.....	5
1.1.3. Możliwości upraszczania uprawy roli pod burak cukrowy	6
1.1.4. Uprawa konserwująca.....	8
1.1.4.1. Znaczenie mulczów w uprawie konserwującej	8
1.1.4.2. Plonowanie buraka cukrowego w uprawie konserwującej.....	10
1.1.4.3. Zmiany siedliskowe wywołane uprawą konserwującą.....	11
1.1.4.4. Zachwaszczenie łąnu buraka cukrowego	12
1.2. Cel pracy.....	13
2. OPIS DOŚWIADCZENIA	13
2.1. Schemat doświadczenia.....	14
2.2. Metodyka badań	15
2.2.1. Badania dotyczące międzyplonów i słomy	15
2.2.2. Badania glebowe.....	15
2.2.3. Badania dotyczące buraka cukrowego	16
2.2.4. Zachwaszczenie łąnu	17
2.3. Warunki glebowe.....	17
2.4. Warunki pogodowe	17
2.5. Zabiegi agrotechniczne.....	18
3. WYNIKI BADAŃ	22
3.1. Ilość biomasy wprowadzonej do gleby	22
3.2. Właściwości fizyczne gleby	26
3.3. Właściwości chemiczne gleby.....	37
3.4. Oddychanie gleby	43
3.5. Zachwaszczenie łąnu	44
3.6. Wschody i obsada końcowa	44
3.7. Plony korzeni.....	46
3.8. Cechy morfologiczne korzeni	48
3.9. Wewnętrzne cechy jakościowe korzeni.....	50
3.10. Plony liści	52
3.11. Cechy morfologiczne liści.....	53
3.12. Analiza wskaźnikowa wzrostu buraka cukrowego.....	55
3.13. Zależność plonu korzeni od elementów jego struktury	56
3.14. Właściwości chemiczne liści	56
4. DYSKUSJA	59
5. WNIOSKI	63
6. PIŚMIENNICTWO	64

1. WSTĘP

W Polsce jedyną rośliną wykorzystywaną do produkcji cukru jest burak cukrowy. W czasie wieloletniej uprawy przeszedł on długą drogę rozwojową zarówno w zakresie uprawy, jak i hodowli, która doprowadziła do pełnego uszlachetnienia i udoskonalenia tej rośliny. Dochodowość uprawy buraka cukrowego systematycznie spada. Spowodowane jest to wzrastającą konkurencją na rynku cukrowniczym oraz coraz niższą opłacalnością tej rośliny. Wymusza to na plantatorach zmniejszenie kosztów produkcji, poszukiwanie sposobów podniesienia plonu oraz poprawienie jego jakości technologicznej. Plony i cechy jakościowe w dużej mierze zależą od optymalnej uprawy roli. Aby obniżyć koszty produkcji należy zastosować uproszczenia w uprawie roli, dostosowane do możliwości technicznych i przyrodniczych gospodarstwa.

Według Kęsika [2005, 2002] uproszczone systemy uprawy polegają m.in. na ograniczeniu liczby zabiegów i zmniejszeniu głębokości uprawy, przechodzeniu do uprawy zerowej i siewów bezpośrednich w rolę nieuprawioną, niespulchnioną oraz uprawy międzyplonowych roślin okrywowych, których biomasa może być pozostawiona na powierzchni pola w postaci mulczu lub wymieszana z wierzchnią warstwą gleby.

Do uproszczonych systemów uprawy roli należy uprawa konserwująca, w której wykorzystuje się mulczowanie, mające na celu ochronę gleby przed degradacją oraz zachowanie jej produktywności [Zimny 1999]. Najczęściej odnosi się ona do roślin jarych wysiewanych w szerokie rzędy, np. buraka cukrowego, kukurydzy, które sieje się w przemarznęty międzyplon ścierniskowy (facelia, gorczyca, rzodkiew). Siew za pomocą specjalnych siewników, może następować w międzyplon (mulcz) płytko wymieszany z rolą lub, bezpośrednio w przemarznętej jego biomase.

Uprawa konserwująca buraka cukrowego, w której stosuje się międzyplon ścierniskowy pozostawiony do wiosny, jest dość dobrze przebadana [Meši i in. 2009, Rajewski 2009, Kuc 2006, Szymczak-Nowak 2002c, Kordas 2000, Dzieńka 1999, Gutmański 1996, Höppner i in. 1995, Garbe i Heimbach 1992, Kessel i Dahms 1991, Sommer 1990, Merkes 1987, Röper i Sommer 1985]. Natomiast brak jest badań nad tą technologią z wykorzystaniem międzyplonów ozimych, które niszczone są przed siewem rośliny uprawnej w celu otrzymania martwego mulczu.

1.1. Przegląd piśmiennictwa

1.1.1. Znaczenie międzyplonów w uprawie buraka cukrowego

Obecnie międzyplony traktowane są jako źródło biomasy nawozowej, która dostarcza glebie składniki pokarmowe, przydatne dla roślin następczych [Zajac i Antonkiewicz 2006].

W wielu krajach obornik zastępowany jest gnojowicą, słomą przedplonową i międzyplonami ścierniskowymi z roślin motylkowych, facelii i roślin krzyżowych, a także liśćmi buraczanymi [Podlaska i Podlaski 1994, Gutmański 1992, Ostrowska 1992]. Ze względu na brak obornika, międzyplony wykorzystuje się jako nawóz organiczny [Malak 2000, Kordas i Zimny 1997, Gutmański i Pikulik 1992a]. Ich uprawa ochrania glebę przed erozją, zapobiega wymywaniu składników pokarmowych, zwiększa aktywność biologiczną gleby i poprawia jej właściwości [Dzienia 1999, Duer 1996, Carter 1992, Estler 1991, Gutser i Vilmeier 1988]. Międzyplony jako nawozy organiczne, uzupełniają niedobór substancji organicznej w glebie, od której zależy plon i jego jakość [Stępień i Adamiak 2002, Brunotte i in. 1998, Ceglarek i in. 1997, Kopczyński 1994].

Jednym ze sposobów łagodzenia negatywnych skutków uprawy uproszczonej jest stosowanie międzyplonów ścierniskowych [Kordas i Zimny 1997]. Przyczyniają się one do poprawy właściwości fizycznych, chemicznych, biologicznych i fitosanitarnych gleby oraz ograniczają zachwaszczenie pola w czasie, gdy nie jest ono zajęte przez plon główny [Miczynski i Siwicki 1962]. Jeszcze lepsze efekty uzyskano przyorując międzyplony ścierniskowe uprawiane po przyoranej słomie przedplonowej [Malicki i Michałowski 1994, Gutmański i Pikulik 1992a, Łachowski 1963]. Międzyplony (jak gorczyca) mają właściwości biologicznego zwalczania mątwika, pozwalają ograniczyć populację tych nicieni w glebie nawet o 40% [Nowakowski i in. 1996], podnosząc plon buraka cukrowego o 8–15% [Hurej i Preis 1995].

Międzyplony ścierniskowe z roślin motylkowych, w porównaniu z pełną dawką obornika, powodują zbliżone przyrosty plonów buraków cukrowych na glebie średniej [Nowakowski 1997, Siwicki 1971]. Podobne wyniki uzyskali Ceglarek i in. [1997], Adamiak i Adamiak [1996], Mazur i Szagała [1992], Ostrowska [1992] oraz Pawłowski i Deryło [1991]. Nieco mniejszy wpływ na plonowanie buraków obserwuje się po przyoraniu międzyplonów z roślin niemotylkowych [Miczynski i Siwicki 1959]. Jednak wykorzystuje się je ze względu na mniejszą wrażliwość na opóźniony termin siewu, szybkie wschody i przyrosty masy oraz większą wytrzymałość na suszę i przymrozki. Zdaniem Malickiego i Michałowskiego [1994] międzyplony ścierniskowe mogą być źródłem dodatkowej materii organicznej w rejonach glebowo-klimatycznych optymalnych do ich uprawy oraz w gospodarstwach o wysokim poziomie organizacyjno-technicznym.

1.1.2. Znaczenie słomy w uprawie buraka cukrowego

W związku z małą liczbą gospodarstw zajmujących się produkcją zwierzęcą, nastąpił spadek ilości obornika, co spowodowało większe zainteresowanie innymi rodzajami nawozów organicznych, takimi jak słoma przedplonowa, międzyplony ścierniskowe i wsiewki w uprawie buraka cukrowego [Kostka-Gościński i in. 2000a, 2000b, Gandecki i in. 1999, Gutmański i in. 1998, Szymczak-Nowak i in. 2002b, 2002c, 1997, Wesółowski i

Bętkowski 2001, 1997, Ceglarek i in. 1997, Nowakowski i in. 1996, Kopczyński 1994], które uzupełniając niedobór substancji organicznej w glebie, wpływają na wysokość i jakość plonu [Stępień i Adamiak 2002, Brunotte i in. 1998, Ceglarek i in. 1997, Kopczyński 1994].

Obecnie słomę pozostawia się na polu dzięki kombajnom wyposażonym w rozdrabniacz słomy, który tnie ją na sieczkę długości 3-10 cm i rozrzuca równomiernie na powierzchni pola. Wartość nawozowa słomy związana jest głównie z jej próchnicotwórczym działaniem rekompensującym ujemny bilans substancji organicznej [Mazur 1997, Dzieńka 1989, Dziadowiec 1987], dostarczeniem do gleby składników pokarmowych, a także wzrostem pojemności sorpcyjnej i wodnej gleby [Nowak i Ciećko 1991, Dzieńka 1989, Łoginow 1989, Fotyma 1988]. Biologiczne procesy rozkładu słomy mogą powodować istotne zmiany we właściwościach gleby i wpływać na plon roślin następczych [Christensen 1986]. Jest to związane z bardzo szerokim stosunkiem węgla do azotu w glebie nawozonej słomą ułatwiającym wykorzystywanie łatwo dostępnego węgla przez mikroorganizmy, przy którym następuje intensywne ich rozmnożenie. W takich warunkach mikroorganizmy, wykorzystując do budowy swego ciała łatwo dostępny dla roślin azot glebowy, doprowadzają do okresowego unieruchomienia azotu mineralnego [Gutmański i in. 1998]. Aby zapobiec temu procesowi, zwanemu zbiłczeniem azotu, konieczne jest stosowanie dodatkowego nawożenia azotowego [Ostrowska 2005, Dziadowiec 1987].

Słomę w ilości od 3–8 t·ha⁻¹ pozostawia się na polu. Składniki pokarmowe uwalniane w procesie mineralizacji substancji organicznej są systematycznie pobierane przez rośliny [Wiatr i Dębicki 1994]. Burak cukrowy dobrze wykorzystuje nawozy organiczne, z których uwalniane powoli składniki pokarmowe udostępniane są w okresie całego sezonu wegetacyjnego [Wiśniewski 1994, Gutmański 1992]. Zdaniem Popławskiego [1996] 80% ogólnej zawartości substancji organicznej ulega rozkładowi w okresie nie krótszym niż 180 dni od wniesienia słomy do gleby. Badania Nowakowskiego i Szymczak-Nowak [2007b] oraz Szymczak-Nowak i in. [2002c] nie wykazały istotnego wpływu obornika i słomy na wschody, świeżę i suchą masę korzeni oraz liści w początkowym okresie wzrostu buraka, a także końcową obsadę i plon cukru. Podobnie Kostka-Gościński i in. [2000a, 2000b] stwierdzili, że słoma istotnie korzystniej wpłynęła na polową zdolność wschodów. Natomiast Urbanowski i in. [1999], Banaszak i in. [1998] oraz Ceglarek i in. [1997] dowiedli, że nawożenie słomą oceniane plonowaniem buraka cukrowego było istotnie gorsze od nawożenia obornikiem. Według Gutmańskiego i Pikulika [1992b] na glebach lekkich o mniejszej zasobności działanie słomy jest korzystniejsze.

1.1.3. Możliwości upraszczania uprawy roli pod burak cukrowy

Uprawa roli ma na celu stworzenie optymalnych warunków dla siewu i kiełkowania nasion, wzrostu i rozwoju roślin uprawnych oraz wytworzenia maksymalnego plonu o wysokiej wartości. Tradycyjna uprawa roli pod burak cukrowy, uwzględniająca trzy orki, tj.:

podorywkę, odwrotkę i ziębłę, jest technologią czaso- i energochłonną [Zimny 1997, Zimny i Krzyśków 1996, Gutmański 1996, Fąfara 1984, Karwowski 1968]. Zmniejszenie nakładów na uprawę roli można uzyskać poprzez ograniczenie liczby zabiegów, zmniejszenie głębokości uprawy lub zastosowanie siewu bezpośredniego. Możliwe jest to dzięki dostępności środków do produkcji rolniczej, a także maszyn, które umożliwiają precyzyjne umieszczenie nasion w różnie uprawionej glebie [Kuś 1998, Becker 1997, Dzienia 1995, Rosin i Frankinet 1994, Tebrügge i in. 1994, Sommer i Zach 1983]. Zmniejszenie nakładów można uzyskać przez ograniczenie liczby zabiegów [Cavalariis i Gemtos 2002, Podlaska i Podlaski 1994, Orlikowski 1985]. W sprzyjających warunkach klimatycznych uproszczenia uprawy roli pozwalają uzyskać polny roślin nie niższe niż w uprawie płuźnej oraz przyczyniają się do znacznych oszczędności w nakładach pracy i zużyciu paliwa [Jabłoński i Kaus 1997, Gonet i Zaorski 1988].

W klasycznej technologii uprawy buraka cukrowego możliwości uproszczeń mogą wystąpić w okresie późniejszym, przedzimowym i wiosennym. Zastosowanie w uprawie późniejszej kultywatora lub agregatu złożonego z kultywatora podorywkowego i wału strunowego, zamiast pługa podorywkowego, przynosi wiele korzyści: mniejsze o 30–50% zużycie paliwa, lepsze przykrycie ścierni i słomy oraz szybszy ich rozkład [Kuś 1995].

Obecnie ze względów ekonomicznych i organizacyjnych rezygnuje się z wykonywania odwrotki – jej zadania przejmują uprawki późniejsze lub orka przedzimowa [Zimny 1997, Hudcová 1990]. Badania Krężła [1991] dowodzą, że takie uproszczenie nie powoduje obniżenia plonów buraka cukrowego.

Obniżenie kosztów uprawy buraka cukrowego można uzyskać również przez spłylenie, względnie całkowite wyeliminowanie orki przedzimowej [Becker 1997, Zimny i Krzyśków 1996, Zimny 1987, Kříšťan i Černý 1972, Černý 1970, Laskowski 1970, Furrer 1967]. Badania przeprowadzone przez Gutmańskiego [1996] i Zimnego [1994] wykazują, że spłylenie ziębli (odpowiednio do 18 i 15 cm) nie spowodowało istotnej obniżki plonu buraka cukrowego.

Również minimalizacja wiosennych zabiegów uprawowych powoduje zmniejszenie kosztów produkcji, ograniczenie nadmiernego rozpylenia roli oraz jej zagęszczenia. Według Gutmańskiego [1996] zastosowanie wiosną agregatu uprawowego zapewnia wyższe i bardziej wierne plonowanie buraka cukrowego w stosunku do uprawy kultywaczem i broną.

Dotychczas zastąpienie ziębli płytką orką wiosenną traktowane było jako zło konieczne [Jabłoński i in. 1996, Schulze i Bohle 1976]. Jednak badania Zimnego [1988, 1984] i Tornau [1949] wskazują, że na glebach średnich można uprawiać burak cukrowy bez obniżki plonów zastępując ziębłę orką wiosenną. Należy jednak pamiętać, aby wykonać ją jak najwcześniej i jak najpłycej [Gutmański 1991].

1.1.4. Uprawa konserwująca

Uprawa konserwująca ma coraz większe znaczenie i zastosowanie w rolnictwie zrównoważonym [Weber 2010]. Polega ona na ograniczeniu intensywności uprawy roli, zmniejszeniu energochłonności przy równoczesnym zapewnieniu dobrych warunków do kiełkowania nasion, wschodów oraz dalszego wzrostu i plonowania roślin [Cavalariis i Gemtos 2002, Ball i in. 1994, Gonet 1991, Radecki i Opic 1991, Dzienia i Sosnowski 1990]. Uprawa konserwująca jest jednym z systemów uprawy, który jest wykorzystywany w produkcji buraka cukrowego oraz innych roślinach jarych wysiewanych w szerokie rzędy. Polega ona na wysiewie nasion buraka w przemarznięty międzyplon ścierniskowy (siew w mulcz) płytko wymieszany z rolą lub bezpośrednio w przemarzniętą biomasę (siew bezpośredni) [Zimny 1999, Höppner i in. 1995]. Najczęściej wykorzystywane do mulczowania są międzyplony z facelii, gorczyca białej i rzodkwi oleistej [Kordas i Zimny 1997, Gutmański 1996, Merkes 1989, Heißenhuber i Schmidtlein 1987, Märlander 1979]. Siew bezpośredni buraka cukrowego jest najbardziej uproszczonym sposobem jego uprawy [Zimny 1999, Kordas 1996]. Uproszczenia w uprawie buraka prowadzą do znacznego ograniczenia kosztów produkcji tej rośliny. Możliwe jest to dzięki dostępności specjalistycznego sprzętu (agregaty uprawowe, siewniki z krojami tarczowymi) oraz dostępności coraz lepszego materiału siewnego. Badania Gutmańskiego i in. [1999a], Kordasa [1999] oraz Kusia [1998] dowodzą, że zrezygnowanie z uprawy przedzimowej i wiosennej może przyczynić się do ograniczenia zużycia paliwa o 10–20%, a pracochłonność procesu uprawy roli nawet o 40%.

W Europie areał uprawy konserwującej jest znaczny [www.ecaf.org]. W Polsce od 2004 roku – dzięki stworzeniu programu rolnośrodowiskowego Pakiet 8 o ochronie gleb i wód [Rozp. MRiRW z dnia 26 lutego 2009] – rolnicy stosujący uprawę konserwującą buraka cukrowego korzystają z dopłat do międzyplonów tworzących okrywę jesienno-zimową (zielone pola).

1.1.4.1. Znaczenie mulczów w uprawie konserwującej

Mulczowanie, czyli ściółkowanie stanowi jeden z istotnych elementów proekologicznej uprawy roślin, której celem jest ograniczenie zużycia nawozów mineralnych i chemicznych środków ochrony roślin oraz utrzymanie trwałej żyzności gleby, przy zadowalającej wysokości i dobrej jakości plonu [Starck 1998]. Jednym ze sposobów mulczowania jest wykorzystywanie roślin okrywowych, które w czasie swojej wegetacji, a także po jej zakończeniu – w postaci obumarłych części, jako ściółka organiczna – pokrywają powierzchnię gleby w celu jej ochrony przed niekorzystnymi czynnikami [Adamczewska-Sowińska 2004]. Rośliny okrywowe uprawiane są jako międzyplony przykrywające

powierzchnię całego pola lub współrzędnie z rośliną uprawną jako tzw. żywa ściółka [Olszewski 2009]. Rośliny międzyplonowe pełnią funkcję nawozową (zielony nawóz), tj. dostarczają do gleby materii organicznej oraz łatwo przyswajanych składników pokarmowych (głównie azotu w przypadku roślin bobowatych) oraz ekologiczną jako mulcz roślinny, który chroni glebę i zabezpiecza ją przed niekorzystnym działaniem warunków atmosferycznych [Olszewski 2009].

Roślinne mulcze okrywowe wysiewane są jesienią, a wiosną niszczone mechanicznie lub chemicznie za pomocą herbicydów. Zniszczone rośliny pozostawione na powierzchni pola tworzą martwy mulcz, w który wsiewa się rośliny uprawne [Adamczewska-Sowińska 2004]. Rośliny te zimą chronią glebę przed erozją, nadmiernym spływem powierzchniowym wody i wypłukiwaniem składników pokarmowych (szczególnie azotu). Powodują wzrost aktywności biologicznej gleby [Pudelko i in. 1994, Dzienia 1995, Duer 1996, Kęsik 1998]. Wayland i in. [1996] stwierdzili, że żyto wysiane jako roślina okrywowa może zredukować w czasie zimy wymywanie N o 65–70% w stosunku do pola nieobsianego.

Żywe ściółki stanowią rośliny okrywowe uprawiane współrzędnie z plonem głównym [Kołota i Adamczewska-Sowińska 2001, Müller-Schärer i Potter 1991]. Rośliny te powinny charakteryzować się szybkim początkowym wzrostem, wytwarzaniem dużej ilości biomasy, odpornością na suszę i niską zasobność gleby, niskimi kosztami związanymi z koszeniem, nawożeniem, niszczeniem chemicznym oraz dużą tolerancją na wzrost w warunkach polowych [Paine i Harrison 1993]. Po zbiorze plonu głównego wytworzona biomasa zostaje przyorana do gleby, stanowiąc cenny nawóz organiczny, o wartości plonotwórczej wyższej od nawożenia mineralnego i porównywalnej z obornikiem [Buczak 1966, Wadas i in. 1996].

Zdaniem Zimnego [2009] w uprawie buraka cukrowego rośliny ozime z opóźnionym siewem ochraniające glebę w okresie jesienno-zimowym, a niszczone wiosną przed siewem buraka, (czasami) nazywane są żywymi mulczami. Żywe mulcze stosuje się w rejonach gdzie uprawa międzyplonu ścierniskowego jest zawodna z powodu zbyt niskich opadów.

Spośród roślin uprawianych jako rośliny okrywowe, w Polsce wykorzystywano zboża ozime (żyto, pszenica, jęczmień), trawy (życica wielokwiatowa, kostrzewa czerwona, wiechlina łąkowa), a także gorczycę białą, rzodkiew oleistą, facelię. Z roślin motylkowych – wykę ozimą, lucernę, koniczynę czerwoną, koniczynę białą, koniczynę inkarnatkę, komonicę [Adamczewska-Sowińska 2004].

Mulczowanie gleby międzyplonami jest szeroko stosowane w uprawie konserwującej [Bochniarz 1998, Dzienia i Boligłowa 1992, Kuś 1998, Zimny 1999]. W tym systemie uprawy rola pozostaje przykryta mulczującymi roślinami międzyplonowymi do wiosny (bez uprawy przedzimowej), kiedy dokonuje się siewów bezpośrednich. W ten sposób jej powierzchnia chroniona jest przed erozją wietrzną i wodną [Zimny 1999].

1.1.4.2. Plonowanie buraka cukrowego w uprawie konserwującej

Plonowanie buraka cukrowego w uprawie konserwującej było badane przez wielu autorów, m.in.: Rajewskiego [2009], Kuca [2006], Szymczak-Nowak i in. [2002c], Kordasa [2000], Dzień [1999], Gutmańskiego [1996], Höppnera i in. [1995], Stephana i in. [1995], Garbe i Heimbacha [1992], Kessela i Dahmsa [1991], Sommera [1990], Merkesa [1987] oraz Röpera i Sommera [1985]. Natomiast niewiele jest badań nad wartością technologiczną korzeni buraka cukrowego uprawianego w tym systemie [Rajewski 2009].

Badania Rajewskiego [2009] dotyczące różnych systemów uprawy konserwującej buraka cukrowego przy dwóch poziomach ochrony herbicydowej wykazały najwyższą zawartość i wydajność cukru w korzeniach uprawianych na międzyplonie ścierniskowym, a najniższą – w warunkach uprawy zerowej. Plony korzeni w badanych systemach były zbliżone do plonów uzyskanych w uprawie tradycyjnej. Natomiast badania Kuca [2006] nad różnymi systemami uprawy buraka cukrowego wykazały najwyższą cukrowość i jakość technologiczną korzeni w warunkach uprawy konserwującej, a najniższą po zastosowaniu uprawy tradycyjnej i obornika w dawce $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Z kolei badania Kordasa [2000] wykazały, że buraki cukrowe uprawiane na stanowisku z siewem bezpośrednim plonują średnio o 13% mniej niż w uprawie tradycyjnej, ale zawierają o 0,2% więcej cukru.

Dzień [1999] stwierdził, że na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego istnieje możliwość zastąpienia uprawy płuznej uprawą bezpłużną za pomocą kultywatora lub rototillera oraz uprawą zerową bez istotnego zmniejszenia plonu korzeni buraka cukrowego oraz pogorszenia jego jakości. Podobne wyniki uzyskali Rosin i Frankinet [1994], Tebrügge i in. [1994], Linke i Köller [1993], Gutmański i Pikulik [1992b] oraz Sommer i Zach [1983]. Natomiast Frankinet i Rixohon [1983] na glebie lessowej uzyskali niższy o 20% plon korzeni na poletkach z siewem bezpośrednim w porównaniu z uprawą płuzną. Do podobnych wniosków doszli Ławiński i Grzebisz [2000] stwierdzając, że uproszczenia uprawowe, polegające na siewie bezpośrednim w ściernisko lub w mulcz międzyplonowy, zmniejszają o kilkanaście procent plon korzeni i cukru niż w uprawie tradycyjnej.

Stephan i in. [1995] w 7-letnim doświadczeniu porównawczym na glebie płowej z uprawą konserwującą, w której stosowano płytką uprawę przedsiewną (8 cm), wykazali, że plon korzeni buraków sianych w glebę mulczowaną, w porównaniu z uprawą tradycyjną, był wyższy średnio o $1,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ a technologiczny plon cukru o $0,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Według Gutmańskiego [1991] burak cukrowy wymaga dobrego stanowiska do wzrostu i rozwoju oraz wydania plonu o wysokiej jakości technologicznej. Stan siedliska, jego uwilgotnienie, zagęszczenie, zawartość w glebie substancji organicznych i mineralnych mają istotny wpływ na dynamikę wschodów oraz na obsadę i zdrowotność roślin, budowę morfologiczną korzenia, co przekłada się na wysokość plonu i jego jakość technologiczną [Wyszyński 1997, Gutmański 1991, Gutmański i Nowakowski 1988]. Uproszczenie uprawy roli przyczynia się do poprawy stabilności i odporności środowiska glebowego na czynniki

degradujące [Lal 1994, Malicki i in. 1994, Goss i in. 1993, Dzienia i Sosnowski 1990, Lal i in. 1990]. Według Beckera [1997], Rosina i Frankineta [1994], Tebrügge i in. [1994], Gutmańskiego i Pikulika [1992b] oraz Sommera i Zacha [1983], w niektórych warunkach glebowo-klimatycznych możliwe są uproszczenia w technologii uprawy roli pod burak cukrowy bez istotnego zmniejszenia plonu.

Na plonowanie buraka cukrowego duży wpływ wywiera temperatura, ilość i rozkład opadów w trakcie wegetacji [Gutmański i in. 1998, Malec 1997, Słowiński i in. 1997]. Badania Kordasa [2000] oraz Tebrügge [1994] wykazały, że przy znacznych niedoborach wilgoci wyższe plony uzyskano na stanowiskach z uprawą konserwującą niż po uprawie tradycyjnej.

O wartości technologicznej korzeni buraka decyduje m.in. ilość uzyskanego cukru [Gutmański 1991, Ceglarek i in. 1985]. Według Zimnego i Kordasa [2002] sposób uprawy przedsięwziętej nie różnicuje istotnie zawartości cukru w korzeniach. Badania Wesołowskiego i Bętkowskiego [2001, 1997] oraz Stępnia i Adamiaka [2002] wykazały, że nawozy organiczne stosowane pod burak cukrowy nie zmieniają zawartości cukru w korzeniach w odniesieniu do obiektu bez nawożenia organicznego. Potwierdzają to badania Szymczak-Nowak i Tyburskiego [2005], Szymczak-Nowak i Nowakowskiego [2003] oraz Ceglarka i in. [1997], gdzie nawożenie słomą i obornikiem nie miało istotnego wpływu na jakość technologiczną korzeni.

Badania Kostki-Gościniak i in. [2000b], Szymczak-Nowak i in. [1997], Wesołowskiego i Bętkowskiego [1997] potwierdzają korzystne oddziaływanie słomy na zawartość cukru w korzeniach buraka cukrowego. Natomiast niższą cukrowość korzeni po nawożeniu słomą, w porównaniu z obornikiem, uzyskali Gutmański i in. [1998]. Z kolei Wesołowski i Jędruszczak [1996] stwierdzili najwyższą zawartość cukru w korzeniach buraka uprawianego z nawozami mineralnymi, a Pačuta i in. [1999], Muchová i in. [1998] oraz Adamiak i Adamiak [1996] w obiektach z nawozami organicznymi. Ceglarek i in. [1996] oraz Kopczyński [1996] stwierdzili korzystny wpływ obornika na zawartość cukru w korzeniach buraka. Natomiast Prośba-Białczyk [2004] wykazała, że uprawa buraka cukrowego po przyoranych międzyplonach ścierniskowych wpływa korzystnie na zawartość cukru oraz jego plon technologiczny.

1.1.4.3. Zmiany siedliskowe wywołane uprawą konserwującą

Uproszczenia w uprawie roli prowadzą do zmian właściwości fizycznych gleby. Ma to szczególne znaczenie przy uprawie roślin korzeniowych, których korzenie spichrzowe rozwijają się w warstwie ornej [Błażewicz-Woźniak i in. 2001].

Mulczowanie gleby ogranicza erozję wodną i wietrzną gleb oraz wpływa korzystnie na wzrost, rozwój i plonowanie roślin [Iwuafor i Kang 1994, Dzienia i Boligłowa 1993]. Większość badaczy donosi o korzystnym wpływie uprawy konserwującej na gromadzenie

wody w glebie [Arshad i in. 1999, Ball i in. 1999, Lyon i in. 1998], zwłaszcza regionach o niewielkich opadach [Miller i Dexter 1982]. Natomiast Pabin i in. [2000], Pabin i Runowska-Hryńczuk [1998] oraz Włodek i in. [1998] wykazali lepszą retencyjność gleb uprawianych tradycyjnie.

Stosowanie uprawy konserwującej wpływa na poprawę struktury gruzelkowej roli [Ball i in. 1998, Brunotte 1990] oraz odporność agregatów glebowych na destrukcyjne działanie wody [Kordas i Zimny 1998, Radecki 1986] zwłaszcza w wierzchnich warstwach gleby [Russell i in. 1975].

Badania potwierdzają korzystny wpływ uprawy konserwującej na aktywność biologiczną gleby. Zdaniem Kordasa i Zimnego [1997], Zimnego [1995, 1994] oraz Merkesa [1991] powoduje ona wzrost aktywności biologicznej gleby, natomiast według Runowskiej-Hryńczuk i in. [1999] w wyniku stosowania uprawy bezpłużnej i siewu bezpośredniego następuje jej spadek w porównaniu do uprawy tradycyjnej.

Uprawa konserwująca, w porównaniu z tradycyjną, najczęściej powoduje wzrost zwięzłości gleby [Kuc i Zimny 2004, Cavalaris i Gemtos 2002, Dzienia i in. 1995], a zwłaszcza w jej powierzchniowych warstwach [Ball 1995, Baylou i Gulyaka 1991]. Może to prowadzić do gorszych wschodów buraka cukrowego. Następuje zwiększenie zbitości, zapasu wody, zmniejszenie porowatości ogólnej i kapilarnej, które w dużym stopniu ulegają zatarciu w miarę upływu czasu [Sosnowski 1997, Radecki 1986]. Podobna tendencja dotyczy gęstości objętościowej gleby, która zwiększa się pod wpływem minimalizacji uprawy roli [Dzienia i in. 1995]. Uprawa konserwująca powoduje zwiększenie koncentracji składników pokarmowych w powierzchniowych warstwach roli, a także obniżenie pH gleby na skutek braku możliwości wymieszania nawozów z glebą i szybkiego przemieszczania się ich w głąb profilu glebowego [Kordas 2000].

1.1.4.4. Zachwaszczenie ładu buraka cukrowego

Plonowanie buraka cukrowego zależy od wielu czynników siedliska, a zwłaszcza zasobności gleby w niezbędne składniki pokarmowe oraz ochrony plantacji przed chwastami [Ceglarek i in. 1995]. W uprawie tradycyjnej zdecydowanie najkorzystniej na wielkość i jakość plonu buraka cukrowego wpływa rozpoczęcie zwalczania chwastów w trakcie wschodów tej rośliny, a następnie utrzymanie jej ładu w stanie wolnym od chwastów aż do momentu zwarcia się rzędów [Kwiatkowski 2003, Kwiatkowski i Wesołowski 2001, Wesołowski 1989].

Uproszczona uprawa roli powoduje wzrost zachwaszczenia plantacji, szczególnie w początkowym okresie [Kordas 2004, Dzienia i in. 2003, Cavalaris i Gemtos 2002]. Inne wyniki uzyskał Rajewski [2009], gdzie najmniejsze zachwaszczenie w porównaniu z uprawą tradycyjną zaobserwował na poletkach z uprawą zerową. Zachwaszczenie buraka cukrowego uprawianego na mulczu z międzyplonów jest mniejsze niż w systemie tradycyjnym.

Potwierdzają to badania Szymczak-Nowak i in. [2002a], gdzie międzyplony ścierniskowe (gorczyca biała i rzodkiew oleista) przyczyniły się do istotnego zmniejszenia liczby chwastów w uprawie buraka cukrowego. Również z badań Kuca [2006] i Kordasa [2000] wynika, że międzyplon ścierniskowy (gorczyca) przyczyniła się do ograniczenia liczby chwastów. Badania przeprowadzone przez Borowego i Jelonkiewicza [1999] z wykorzystaniem międzyplonu ozimego (żyto ozime) pokazują, że mulcz z żyta ograniczył zachwaszczenie warzyw zwłaszcza w początkowym okresie wzrostu. Natomiast Sowiński i Liszka-Podkowa [2010] wykazali większą skuteczność mulczu z wyki ozimej, w porównaniu z mulczem żytnim w ograniczeniu zachwaszczenia kukurydzy w początkowym okresie wzrostu (do fazy 2–3 liścia kukurydzy).

1.2. Cel pracy

Głównym celem produkcji buraków jest wysoka produkcja cukru z 1 ha. Ilość wyprodukowanego cukru zależy od plonu korzeni oraz od ich jakości technologicznej, na którą składają się: duża zawartość cukru i niska zawartość melasotworów. Obecnie poszukuje się takich systemów uprawy, które pozwalają na znaczną redukcję kosztów, przy utrzymaniu wielkości plonu korzeni i cukru na niezmiennym poziomie. Do systemów uprawy, które w dużej mierze spełniają wyżej wymienione warunki należą systemy uprawy konserwującej. Badania z tego zakresu prowadzone od wielu lat pokazują dużą rozbieżność ze względu na różne warunki siedliskowe i agrotechniczne. Jednak niskie nakłady energii i robocizny, przy jednoczesnym uzyskiwaniu wysokich plonów, skłaniają do coraz szerszego stosowania uprawy konserwującej.

Celem podjętych badań było:

1) poznanie wpływu różnych wariantów uprawy konserwującej buraka cukrowego oraz dwóch dawek azotu na glebowe warunki siedliskowe, zachwaszczenie ładu oraz wzrost, plonowanie i jakość technologiczną korzeni buraka cukrowego; badania te miały uwidocznić, który z zastosowanych systemów uprawy był najbardziej efektywny z punktu widzenia nie tylko wysokości plonu, ale także jego wartości technologicznej.

2) sprawdzenie, który z badanych systemów uprawy z wykorzystaniem mulczu z międzyplonów ozimych (żyto i wyka ozima) i słomy jest najbardziej przydatny z punktu widzenia uprawy roli.

2. OPIS DOŚWIADCZENIA

Badania przeprowadzono w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Swojec we Wrocławiu w latach 2007–2010. Przedplonem dla buraka cukrowego w każdym roku doświadczenia była pszenica ozima.

2.1. Schemat doświadczenia

Badania realizowano w oparciu o ściśle, dwuczynnikowe doświadczenie polowe założone metodą split-plot w 3 powtórzeniach. Przed założeniem doświadczenia pole zostało zwapnowane i zgłęboszowane.

Tabela 1. Schemat doświadczenia

Czynnik	Nazwa obiektów	
	pełna	skrócona
I – Systemy uprawy	1. Tradycyjna uprawa konserwująca z gorczycą białą pozostawioną do wiosny – mulcz, agregat uprawowy, siew (kontrola)	Gorczyca - mulcz
	2. Słoma przedplonowa przykryta kultywATOREM podorywkowym i pozostawiona do wiosny – mulcz, <i>Roundup</i> , agregat uprawowy, siew	Słoma przykryta kultyw.
	3. Słoma przedplonowa wymieszana broną zębową i pozostawiona do wiosny – mulcz, <i>Roundup</i> , agregat uprawowy, siew	Słoma wymieszana broną
	4. Uprawa żyta ozimego do wiosny – mulcz, <i>Roundup</i> , agregat uprawowy, siew	Żyto - mulcz
	5. Uprawa wyki ozimej do wiosny – mulcz, <i>Roundup</i> , agregat uprawowy, siew	Wyka oz. - mulcz
II – Nawożenie azotowe	Optymalne – 120 kg·ha ⁻¹	1 N
	Obniżone – 80 kg·ha ⁻¹	2/3 N

W doświadczeniu uwzględniono dwa czynniki (tab. 1). Czynnikiem I rzędu były różnicowane systemy uprawy konserwującej. Na obiekcie 1 (kontrola) stosowano tradycyjną uprawę konserwującą (międzyplon ścierniskowy – gorczyca pozostawiony do wiosny). Rozdrobnioną słomę przedplonową przykryto kultywATOREM podorywkowym (obiekt 2) lub po wymieszaniu broną zębową pozostawiono do wiosny w formie mulczu (obiekt 3). Na pozostałych obiektach uprawiano żyto (obiekt 4) i wykę ozimą (obiekt 5), które po zniszczeniu posłużyły jako mulcz. Na poletkach z mulczem ze słomy (obiekt 2, 3) i na poletkach z mulczem z międzyplonów ozimych (obiekt 4, 5) wczesną wiosną zastosowano *Roundup* w celu zniszczenia międzyplonów i chwastów, a przed siewem agregat uprawowy złożony z brony wirnikowej i wału strunowego. Czynnikiem II rzędu były dwa poziomy nawożenia azotowego: optymalne – 1 N (120 kg·ha⁻¹), obniżone – 2/3 N (80 kg·ha⁻¹).

Wszystkie zabiegi agrotechniczne, w tym siew, wykonywano tradycyjnymi narzędziami. Azot w postaci saletry wapniowej stosowano przedsięwzię 1/3 dawki (40 i 26 kg N·ha⁻¹) oraz pogłównie 2/3 dawki (80 i 54 kg N·ha⁻¹) najpóźniej do fazy 6 liścia. Nawożenie fosforowe i potasowe dostosowano do zasobności gleby. Burak cukrowy wysiewano w rozstawie 0,18 x 0,45 m, zapewniającej optymalną obsadę roślin. Siew wykonano siewnikiem tradycyjnym (punktowym), możliwym do zastosowania w przeciętnym gospodarstwie rolniczym. Burak cukrowy pielęgnowano zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi.

2.2. Metodyka badań

2.2.1. Badania dotyczące międzyplonów i słomy

Masę zieloną i korzeniową międzyplonu ścierniskowego (gorczyca biała) i ozimego (żyto i wyka ozima) określono w 3 powtórzeniach na obiekcie. Próbkę pobrano z powierzchni 0,5 m² – gorczycę jesienią, żyto i wykę ozimą wiosną przed ich zniszczeniem. W materiale roślinnym i słomie oznaczono: azot ogólny – metodą Kjeldahla, fosfor i potas – Egnera-Riehma.

2.2.2. Badania glebowe

Strukturę i ilość mechanicznie trwałych agregatów glebowych określono metodą separacji na sucho i na mokro w aparacie Bakszejewa [Rewut 1980]. Do oznaczeń struktury roli próbki pobierano z warstw 5–10 i 15–20 cm w dwóch terminach: wiosną w okresie wschodów buraka cukrowego oraz jesienią w okresie zbioru. Próbkę glebową po doprowadzeniu do stanu powietrznie suchego rozdzielono na zestawie sit o średnicy oczek: 0,25; 0,5; 1; 3; 5; 7 i 10 mm. Określono udział każdej frakcji agregatów i obliczono wskaźniki strukturalności gleby: B – wskaźnik zbrylenia, S – wskaźnik rozpylenia oraz W – wskaźnik struktury według następujących wzorów:

$$B = \frac{\text{masa frakcji agregatów o } \varnothing > 10 \text{ mm}}{\text{masa frakcji agregatów o } \varnothing < 10 \text{ mm}}$$

$$S = \frac{\text{masa frakcji agregatów o } \varnothing > 0,25 \text{ mm}}{\text{masa frakcji agregatów o } \varnothing < 0,25 \text{ mm}}$$

$$W = \frac{\text{masa frakcji agregatów o } \varnothing > 1-10 \text{ mm}}{\text{masa frakcji agregatów o } \varnothing > 10 \text{ mm i } < 0,25 \text{ mm}}$$

Wodoodporność agregatów glebowych oznaczono przesiewając próbki na mokro na zestawie sit o średnicy oczek 0,25; 0,5; 1; 3; 5 i 7 mm w aparacie Bakszejewa w trzech powtórzeniach. Obliczono średnią ważoną średnicę gruzelka (MWDg) oraz współczynnik wodoodporności agregatów glebowych (W_o) ze wzoru:

$$W_o = \frac{\Sigma \text{frakcji agregatów przesianych na mokro bez frakcji } < 0,25 \text{ mm}}{\Sigma \text{frakcji agregatów przesianych na sucho bez frakcji } < 0,25 \text{ mm}} \cdot 100\%$$

Temperaturę gleby określono za pomocą termometrów glebowych w okresie wschodów na głębokości 3, 5 i 8 cm dwukrotnie w ciągu dnia o godz. 10⁰⁰ i 16⁰⁰ w ciągu trzech różnych dni.

Wilgotność, gęstość objętościową i porowatość gleby oznaczono za pomocą cylinderków o pojemności 100 cm³ w 3 powtórzeniach na obiekcie w okresie wschodów i pod koniec wegetacji buraka cukrowego. W tych samych terminach oznaczono zwięzłość sondą uderzeniową w warstwach co 5 cm do głębokości 25 cm w 3 powtórzeniach na poletku.

Wiosną w okresie siewu oraz pod koniec wegetacji w warstwach 5–10 i 15–20 cm oznaczono zawartość węgla organicznego w glebie metodą Westerhoffa, azotu ogólnego metodą Kjeldahla oraz fosforu i potasu przyswajalnego metodą Egnera-Riehma. Odczyn gleby oznaczono elektrometrycznie w wodzie oraz w 1 M roztworze KCl.

W okresie wschodów, po zwarciu rzędów oraz w okresie zbioru buraka cukrowego badano aktywność biologiczną gleby za pomocą respirometru glebowego. Oceniano ilość wydzielonego CO₂ na 1 m² w ciągu 1 godziny.

2.2.3. Badania dotyczące buraka cukrowego

Dynamikę wschodów buraka cukrowego badano w okresie od pojawienia się siewek aż do ustalenia się stałej obsady na 10 m b rzędu w 5 powtórzeniach na poletku. Wskaźnik wschodów (W) obliczono z ilorazu polowej zdolności wschodów (PZW) i laboratoryjnej zdolności kiełkowania (LZK). W okresie zbioru dokonano pomiarów biometrycznych: długości i grubości korzenia oraz masy jednego korzenia na próbce 10 roślin ze środkowego rzędu każdego poletka. Współczynnik odporności korzeni na wywracanie podczas zbioru określono na podstawie stosunku długości korzenia i wysokości wystawiania nad powierzchnię gleby na 5 roślinach z każdego poletka. Współczynnik spłaszczenia obliczono z ilorazu długości korzenia i grubości jego szyi. Powierzchnię asymilacyjną liści określono na 9 roślinach każdego obiektu, mierząc długość i szerokość blaszki każdego liścia, a następnie mnożąc uzyskane wartości przez siebie, a ich iloczyn przez współczynnik 0,76 podany przez Lazarova [1965]. Wskaźnik pokrycia liściowego (LAI) obliczono na podstawie powierzchni asymilacyjnej przypadającej na jednostkę powierzchni pola, a wskaźnik ulistnienia ze stosunku powierzchni asymilacyjnej do biomasy całej rośliny. Plon korzeni i liści obliczono

mnożąc średnią masę jednego korzenia i masę liści jednej rośliny przez obsadę końcową. Zawartość cukru, potasu, sodu i azotu alfaaminowego oznaczono na automatycznej linii Venema. Plon technologiczny cukru obliczono ze wzoru Reinefelda [Gutmański 1991]:

$$\text{plon technologiczny cukru} = \frac{\text{plon korzeni} \cdot W}{100}$$

gdzie:

W – wydajność cukru technologicznego; $W = \text{Pol} - 0,343 (K+Na) - 0,094 N-\alpha\text{-NH}_2 - 0,29$;

Pol – zawartość procentowa sacharozy; K, Na, $N-\alpha\text{-NH}_2$ – zawartość podana w $\text{mmol} \cdot 1000 \text{ g miazgi}^{-1}$; 0,094 – poprawka eksperymentalna; 0,29 – poprawka na straty nieoznaczone

2.2.4. Zachwaszczenie łąnu

Zachwaszczenie łąnu buraka cukrowego określono na wszystkich poletkach wiosną miesiąc po ostatnim zabiegu herbicydowym – metodą ilościowo-jakościową na powierzchni $0,2 \text{ m}^2$.

Większość wyników badań poddano analizie wariancji przy poziomie istotności 0,05.

2.3. Warunki glebowe

Doświadczenie założono na madzie rzecznej średniej wytworzonej z piasku gliniastego mocnego. Gleba ta charakteryzowała się wysoką kulturą i zawierała w warstwie ornej 1,5–2,0% próchnicy. Zaliczona została do kompleksu żytniego dobrego (IVa). Przed założeniem doświadczenia gleba charakteryzowała się pH_{KCl} 4,8–5,8 i zawierała w warstwie ornej 1,16–1,38 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ azotu, 48,3–86,3 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ fosforu i 125–243,8 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ potasu.

2.4. Warunki pogodowe

Burak cukrowy jest rośliną o dużych wymaganiach wodnych i ciepłych [Gutmański 1991]. Dla pełniejszego zobrazowania wpływu czynników pogodowych na wzrost i plonowanie buraka cukrowego w różnych systemach uprawy konserwującej przedstawiono tabelaryczne zestawienie miesięcznych średnich temperatur powietrza i sum opadów w odniesieniu do potrzeb wodnych buraka cukrowego (tab. 2) oraz ich graficzną zależność w postaci diagramów Waltera [1976] (rys. 1). Metoda ta umożliwiła wykazanie współzależności oraz wpływu obu czynników pogodowych na wzrost i rozwój roślin. Na osi rzędnych oznaczono miesiące, a na osi odciętych średnie miesięczne temperatury oraz ilość opadów w postaci jednostek. W odniesieniu do temperatury jedna jednostka odpowiada 10°C , natomiast ilość opadów obrazują dwie krzywe: 1) krzywa opadów, dla której jednej jednostce

odpowiada 20 mm, 2) obniżona krzywa opadów – jednej jednostce odpowiada 30 mm opadu. Układ krzywej temperatur do krzywych opadów pozwala wskazać zarówno okresy suszy (gdy krzywa opadów przechodzi poniżej krzywej temperatur), jak też okresy posuchy (gdy obniżona krzywa opadów przebiega poniżej krzywej temperatur).

Przebieg pogody w trzyletnim okresie badań był bardzo zróżnicowany (tab. 2). Pierwszy rok badań charakteryzował się ciepłą bezśnieżną zimą ze średnimi temperaturami powyżej zera i chłodnym latem. Jednak opady śniegu pod koniec marca spowodowały pięciokrotne zwiększenie ilości wody w glebie w stosunku do potrzeb opadowych. Pomimo dużej wilgotności i zniszczonej struktury gleby siew buraka odbył się w terminie optymalnym. Dalsza część okresu wegetacji charakteryzowała się nieznacznym niedoborem opadów. Ciepła i słoneczna druga połowa lata spowodowała korzystne warunki dla gromadzenia się cukru w korzeniach.

W drugim roku badań średnia temperatura powietrza w okresie zimy była dodatnia, jedynie w styczniu była poniżej zera i wynosiła $-2,3^{\circ}\text{C}$. W okresie siewu buraków cukrowych średnia temperatura powietrza była optymalna dla prawidłowego rozwoju roślin. Potrzeby opadowe buraka cukrowego zostały zaspokojone przez cały okres wegetacyjny na poziomie dobrym (średnio 138%).

Trzeci rok badań różnił się od dwóch poprzednich i charakteryzował się śnieżną zimą ze średnimi temperaturami poniżej zera w grudniu, styczniu i lutym. Duża ilość opadów w kwietniu (podczas wschodów) spowodowała prawie trzykrotny wzrost ilości wody w glebie, w stosunku do potrzeb opadowych, a w maju prawie dwukrotny. Niska temperatura i zwiększona ilość wody w tym okresie skutkowało utrzymywaniem się wody na powierzchni gleby przez dwa tygodnie. Rozwój roślin w tym czasie był zahamowany. Wysoka wilgotność gleby pod koniec wegetacji (wrzesień) nie sprzyjała gromadzeniu cukru.

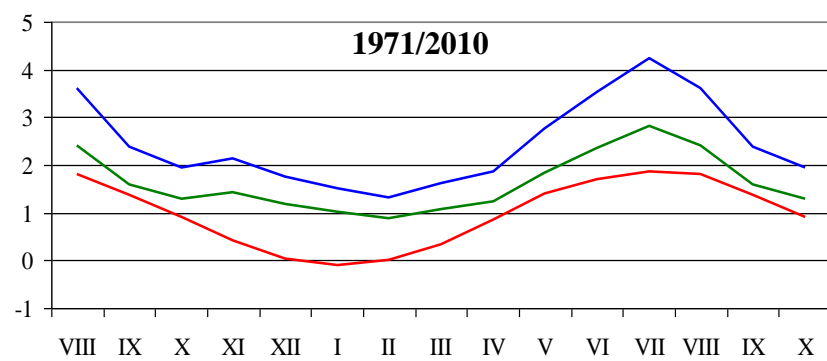
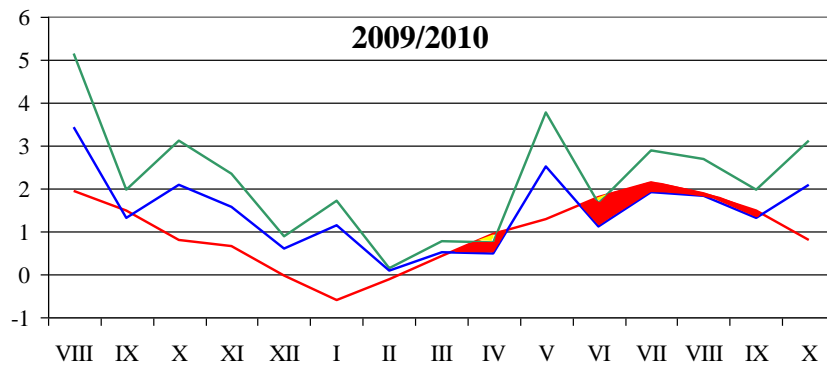
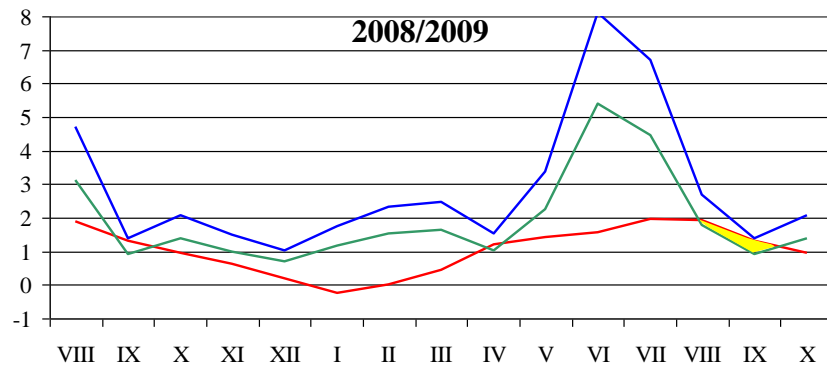
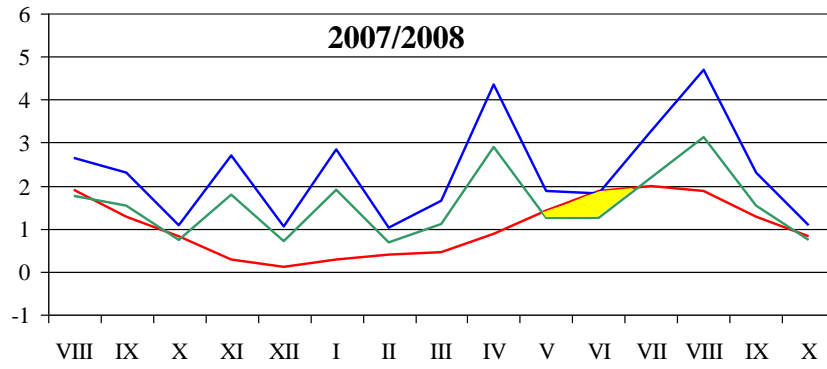
Przebieg pogody dla wzrostu międzyplonów był zróżnicowany ilością opadów i ich rozkładem. Pierwszy i trzeci rok sprzyjał rozwojowi międzyplonów ozimych (żyta i wyki ozimej). W drugim roku badań opady w wysokości 94 mm w sierpniu i w dalszej części wegetacji ciepłe i wilgotne miesiące pozytywnie wpłynęły na prawidłowy rozwój roślin gorczycy.

2.5. Zabiegi agrotechniczne

Po zbiorze przedplonu – pszenicy ozimej na całe pole nawieziono wapno tlenkowe (24% CaO i 11% MgO) w ilości $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ i zgłęboszowano na głębokość 45 cm. Słomę z obiektów 1, 4, 5 zebrano. Następnie na obiekcie 1 wysiano $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ w postaci saletry wapniowej 32%, a na obiektach 2 i 3 w dawce $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na obiekcie 1 wykonano podorywkę, bronowanie broną ciężką i wysiano międzyplon ścierniskowy w postaci gorczycy

Tabela 2. Warunki pogodowe w okresie prowadzenia badań

Lata badań	Miesiące														
	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Temperatura powietrza °C															
2007/08	18,9	12,9	8,3	2,8	1,0	2,9	3,9	4,5	8,9	14,3	18,8	19,9	18,8	13,2	9,6
2008/09	18,8	13,2	9,6	6,1	2,1	-2,3	0,2	4,6	12,0	14,2	15,8	19,5	19,3	14,8	7,9
2009/10	19,3	14,8	7,9	6,6	-0,4	-5,9	-1,1	4,2	9,3	12,7	17,9	21,4	18,9	12,6	7,0
Opady mm															
Potrzeby [Dzieżyc i in. 1987]	-	-	-	-	-	-	-	-	17	62	77	91	83	55	33
2007/08	52,8	46,1	21,7	53,9	21,0	56,7	20,4	33,0	87,1	37,3	36,5	65,6	94,0	27,9	41,1
Pokrycie %	-	-	-	-	-	-	-	-	512	60	47	72	113	51	125
2008/09	94,0	27,9	41,1	29,6	20,5	34,6	46,4	49,5	30,9	67,5	162,0	134,2	53,5	12,0	76,0
Pokrycie %	-	-	-	-	-	-	-	-	182	109	210	147	64	22	230
2009/10	53,5	12,0	76,0	32,5	51,9	40,6	11	44,9	45,4	104	32,9	78,6	109,1	134,1	5,7
Pokrycie %	-	-	-	-	-	-	-	-	267	168	43	86	131	244	17



■ temperatura — krzywa opadów — obniżona krzywa opadów
■ okres suszy ■ okres posuchy

Rys. 1. Warunki pogodowe w okresie prowadzenia badań wg Waltera. Wrocław-Swojec

białej mątwikobójczej odmiany *Rota* w ilości 20 kg·ha⁻¹ w rozstawie 10,8 cm. Na obiektach 4 i 5 wykonano podorywkę, bronowanie broną ciężką i uprawę agregatem. Międzyplon ozimy w postaci żyta ozimego odmiany *Visello* wysiano w ilości 160 kg·ha⁻¹ w rozstawie 12 cm, natomiast wyki ozimej odmiany *Wista* w ilości 90 kg·ha⁻¹ w rozstawie 12 cm. Na obiekcie 2 pociętą słomę przykryto kultywatorem podorywkowym, a na obiekcie 3 wymieszano ją broną zębową (po głęboszowaniu).

Tabela 3. Całokształt zabiegów agrotechnicznych w uprawie buraka cukrowego

Zabiegi agrotechniczne	Lata badań		
	2007/08	2008/09	2009/10
1. Zbiór przedplonu (pszenica ozima)	28 VII	28 VII	7 VIII
2. Zbiór słomy (ob. 1, 4 i 5), cięcie słomy (ob. 2 i 3)	3 VIII	3 VIII	7 VIII
3. Wysiew wapna nawozowego	3 VIII	11 VIII	12 VIII
5. Głęboszowanie	13 VIII	11 VIII	12 VIII
6. Bronowanie broną ciężką (po głęboszowaniu)	14 VIII	12 VIII	13 VIII
7. Podorywka (ob. 1, 4, 5), bronowanie	23 VIII	23 VIII	18 VIII
8. Wysiew saletry wapniowej na słomę (ob. 2, 3)	23 VIII	23 VIII	18 VIII
9. Bronowanie broną ciężką (ob. 1, 3)	23 VIII	23 VIII	19 VIII
10. Kultywatorowanie (ob.2)	23 VIII	23 VIII	19 VIII
11. Siew gorzycy białej	27 VIII	27 VIII	3 IX
12. Uprawa agregatem uprawowym 2x (ob. 5)	15 IX	15 IX	17 IX
13. Siew wyki ozimej (ob. 5)	15 IX	15 IX	17 IX
14. Uprawa agregatem uprawowym 2x (ob. 4)	5 X	7 X	5 X
15. Siew żyta ozimego (ob. 4)	5 X	7 X	5 X
17. Wysiew nawozów fosforowo-potasowych	20 XI	5 XII	26 XI
18. Opryskiwanie preparatem Roundup Energy 450 SL	11 IV	6 IV	8 IV
18. Wysiew saletry wapniowej wg schematu	19 IV	20 IV	17 IV
20. Uprawa agregatem (brona wirnikowa i wał strunowy) 2x	21 IV	21 IV	19 IV
21. Siew buraków	21 IV	21 IV	20 IV
22. Chemiczne zwalczanie chwastów	9 V	5 V	11 V
23. Chemiczne zwalczanie chwastów i szkodników	20 V	13 V	25 V
24. Chemiczne zwalczanie chwastów	28 V	25 V	20 VI
25. Wysiew saletry wapniowej wg schematu	13 VI	2 VI	17 VI
26. Chemiczne zwalczanie chorób	29 VIII	24 VIII	22 VIII
27. Zbiór buraków	28 XI	28 XI	23 IX

Jesienią wysiano superfosfat potrójny 40% (60 kg P·ha⁻¹) i sól potasową 60% (80 kg K·ha⁻¹) zgodnie z zasobnością gleby. Wiosną na obiektach 2, 3, 4 i 5 wykonano oprysk preparatem Roundup, a następnie na wszystkich obiektach wykonano uprawę agregatem złożonym z brony wirnikowej i wału strunowego.

W doświadczeniu użyto diploidalną odmianę *Jagoda* (o typie normalnym do normalno-plennego (N-NP), wpisaną do rejestru w 2005r. *Jagoda* jest odporna na rizomanię wywoływaną przez wirus BNYVV. W obecności wirusa w glebie jak i przy jego braku wytwarza wysoki plon korzeni i cukru. W badaniach PDO w 2006 r. w warunkach

prowokacyjnych plon korzeni przewyższał średnią o 9% a plon technologiczny cukru o 7%. Zawartość cukru, w zależności od warunków, waha się od 16% do 19%. Jagoda odznacza się niską zawartością melasotworów oraz podwyższoną tolerancją na chwościk buraka, w tym także przy braku ochrony fungicydowej.

Buraki wysiewano na gotowo sześciorzędowym mechanicznym siewnikiem punktowym firmy Becker w rozstawie 45 x 18 cm. Użyto kłębków jednokielkowych o kalibrze 3,50–4,75 mm i laboratoryjnej zdolności kiełkowania 98%. Nasiona były otoczkowane zaprawą insektycydową Montur Forte 230 FS (imidachlopryd i beta-cyflutryna) oraz zaprawami fungicydowymi: Zaprawa Oxafun T 75 DS/WS (karboksyna i tiuram) i Tachigaren 70 WS (hymeksazol).

Pielęgnowanie buraków polegało na chemicznym zwalczaniu chwastów metodą dawek dzielonych. Zabiegi wykonano trzykrotnie w każdym roku badań herbicydami: Betanal Elite 274 EC + Kemiron Koncentrat 500 SC + Goltix 700 SC (1 l + 0,2 l + 1 l/200 l wody · ha⁻¹). Po wschodach buraków chwasty jednoliścienne zwalczano preparatem Targa Super 05 EC w dawce 1,5 l/200 l wody · ha⁻¹. Szkodniki zwalczano insektycydem Diazol 500 EC (0,45 l/200 l wody · ha⁻¹) oraz Mospilan 20 SP (125 g/200 l wody · ha⁻¹), a chwościka buraka fungicydem Horizon 250 EW w dawce 0,8 l/200 l wody · ha⁻¹. W okresie wegetacji stosowano dwukrotnie dolistny nawóz wieloskładnikowy Solubor DF w dawce 2 kg/200 l wody · ha⁻¹. Zbiór buraków przeprowadzono jednoetapowo 1-rzędowym kombajnem Z-413 Neptun.

3. WYNIKI BADAŃ

3.1. Ilość biomasy wprowadzonej do gleby

Ilość masy organicznej wprowadzonej do gleby była zróżnicowana (fot. 1, 2). Gorczyca biała w porównaniu do żyta, wyki ozimej i słomy charakteryzowała się większym odpowiednio o 48,9%, 66,8% i 78,2% plonem świeżej masy (rys. 2). Ilość suchej masy międzyplonów wprowadzonych do gleby była na poziomie: gorzycy 3,1 t · ha⁻¹, żyta 1,3 t · ha⁻¹ i wyki ozimej 0,7 t · ha⁻¹. Największą ilością suchej masy charakteryzowała się słoma i wynosiła 4 t · ha⁻¹.

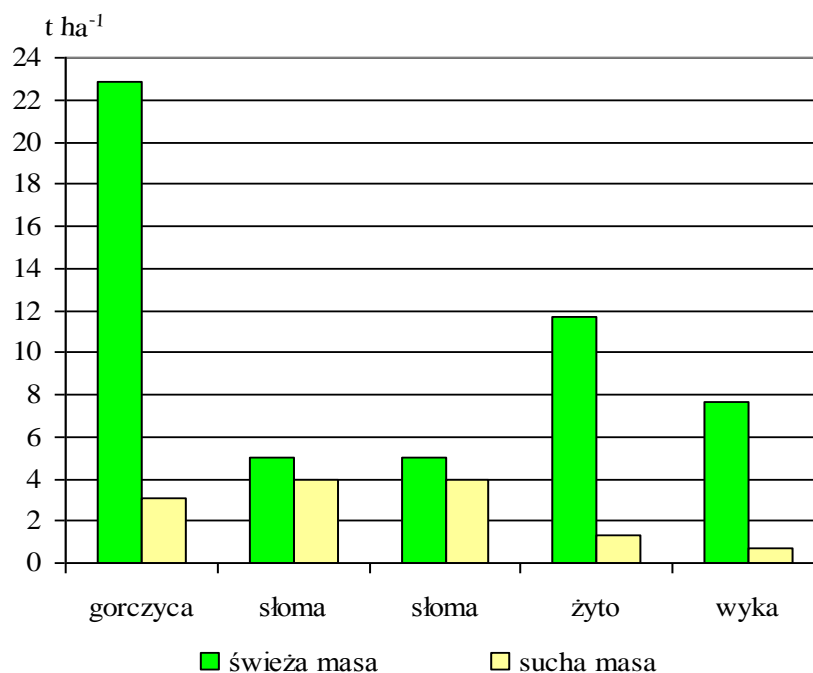
Ilość podstawowych makroskładników wprowadzonych do gleby była uzależniona od ilości oraz rodzaju zastosowanych międzyplonów i słomy przedplonowej (rys. 3). Gorczyca biała charakteryzowała się większą o 28,5% zawartością NPK w porównaniu do żyta i wyki ozimej. Największą masę makroelementów (188,4 kg NPK · ha⁻¹) wprowadzono do gleby pozostawiając mulcz z gorzycy, a następnie mulcz żytni (78,6 kg NPK · ha⁻¹). Zastosowanie słomy wzbogaciło glebę o 107 kg NPK · ha⁻¹, a mulczu z wyki o 28,8 kg NPK · ha⁻¹.



Fot 1. Ogólny widok doświadczenia na wiosnę: 1 – tradycyjna uprawa konserwująca z gorczycą białą pozostawioną do wiosny – mulcz, agregat uprawowy, siew, 2 – słoma przedplonowa przykryta kultywátorem do wiosny – mulcz, *Roundup*, agregat uprawowy, siew, 3 – słoma przedplonowa wymieszana bróną zębówą i pozostawiona do wiosny – mulcz, *Roundup*, agregat uprawowy, siew, 4 – uprawa żyta do wiosny – mulcz, *Roundup*, agregat uprawowy, siew, 5 – uprawa wyki ozimej do wiosny – mulcz, *Roundup*, agregat uprawowy, siew

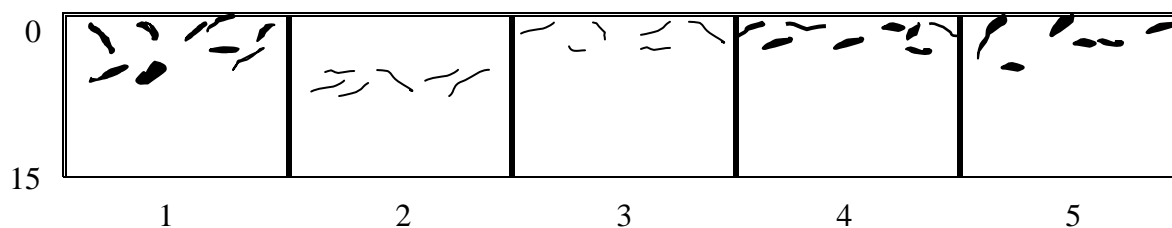


Fot 2. Ogólny widok doświadczenia po wymieszaniu mulczów z rolą agregatem uprawowym: 1 – tradycyjna uprawa konserwująca z gorczycą białą pozostawioną do wiosny – mulcz, agregat uprawowy, siew, 2 – słoma przedplonowa przykryta kultywátorem do wiosny – mulcz, *Roundup*, agregat uprawowy, siew, 3 – słoma przedplonowa wymieszana bróną zębówą i pozostawiona do wiosny – mulcz, *Roundup*, agregat uprawowy, siew, 4 – uprawa żyta do wiosny – mulcz, *Roundup*, agregat uprawowy, siew, 5 – uprawa wyki ozimej do wiosny – mulcz, *Roundup*, agregat uprawowy, siew

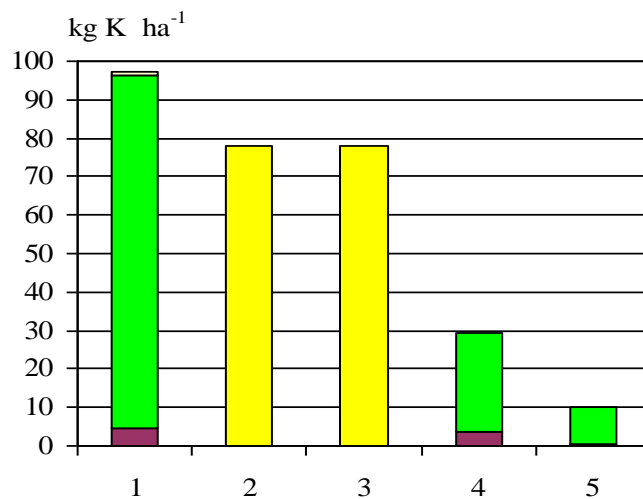
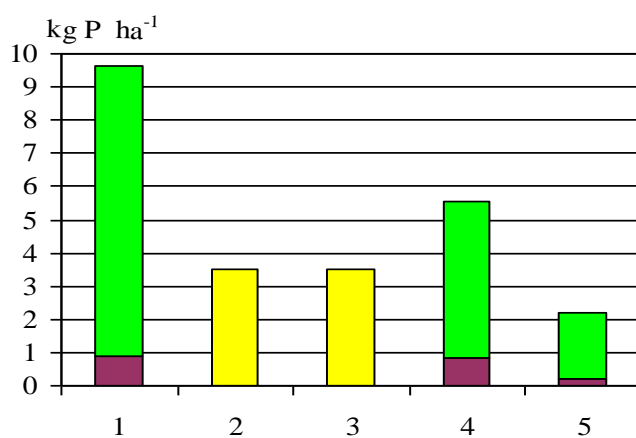
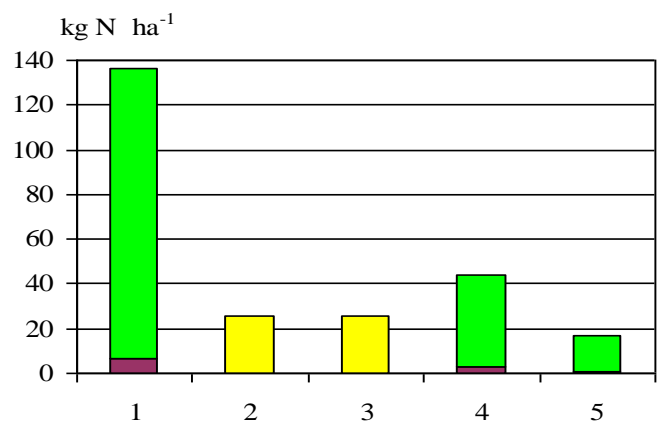


Rys. 2. Ilość biomasy wprowadzonej do gleby

Wyniki badań warstwy ornej podczas siewu buraka cukrowego wskazują, że najpłycej masę organiczną wprowadzono do gleby na poletkach z mulczami (rys. 4). Zarówno przemarznięty międzyplon ścierniskowy jak i zdesykowane wiosną międzyplony ozime były wymieszane z wierzchnią warstwą gleby agregatem uprawowym (brona wirnikowa i wał strunowy). Słomę przedplonową wymieszano z wierzchnią warstwą gleby broną zębową i nieco głębiej słomę umieszczono za pomocą kultywatora podorywkowego. Substancja organiczna była rozmieszczona głównie w warstwie 0–15 cm we wszystkich badanych systemach uprawy.



Rys. 4. Rozmieszczenie masy organicznej w warstwie ornej w okresie wschodów buraków cukrowych (średnie z lat 2007–2009): 1 – tradycyjna uprawa konserwująca z gorczycą białą pozostawioną do wiosny – mulcz, agregat uprawowy, siew, 2 – słoma przedplonowa przykryta kultywátorem do wiosny – mulcz, *Roundup*, agregat uprawowy, siew, 3 – słoma przedplonowa wymieszana broną zębową i pozostawiona do wiosny – mulcz, *Roundup*, agregat uprawowy, siew, 4 – uprawa żyta do wiosny – mulcz, *Roundup*, agregat uprawowy, siew, 5 – uprawa wyki ozimej do wiosny – mulcz, *Roundup*, agregat uprawowy, siew



■ m. - korzenie ■ m. - części nadziemne □ słoma

Rys. 3. Ilość makroelementów wprowadzona do gleby z międzyplonami i słomą przedplonową (średnie z lat 2007–2009): 1 – tradycyjna uprawa konserwująca z gorczycą białą pozostawioną do wiosny – mulcz, agregat uprawowy, siew, 2 – słoma przedplonowa przykryta kultywátorem do wiosny – mulcz, *Roundup*, agregat uprawowy, siew, 3 – słoma przedplonowa wymieszana bróną zębówą i pozostawiona do wiosny – mulcz, *Roundup*, agregat uprawowy, siew, 4 – uprawa żyta do wiosny – mulcz, *Roundup*, agregat uprawowy, siew, 5 – uprawa wyki ozimej do wiosny – mulcz, *Roundup*, agregat uprawowy, siew

3.2. Właściwości fizyczne gleby

W okresie wschodów buraka cukrowego gleba, na której pozostawiono mulcz z żyta i wyki ozimej, odznaczała się nieznacznie niższą **temperaturą** w obu badanych godzinach dnia i na wszystkich głębokościach w porównaniu do pozostałych obiektów (tab. 4). Jedynie na głębokości 8 cm w terminie popołudniowym temperatura gleby zmulczowanej wyką ozimą była wyższa o 0,1°C w porównaniu z pozostałymi obiektami. Systemy uprawy istotnie różnicowały temperaturę gleby tylko w terminie popołudniowym na głębokości 3 cm. W tej warstwie temperatura gleby zmulczowanej roślinami ozimymi była niższa od kontroli odpowiednio o 0,4°C i 0,3°C. Dawki azotu nie różnicowały istotnie temperatury gleby w obu

Tabela 4. Temperatury gleby w °C na początku wschodów buraków cukrowych (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	10 ⁰⁰			16 ⁰⁰		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
3 cm						
Gorzycza - mulcz	18,2	18,1	18,2	23,5	23,4	23,5
Słoma przykryta kultyw.	18,1	18,4	18,3	23,2	23,3	23,3
Słoma wymieszana broną	17,9	18,1	18,0	23,5	23,5	23,5
Żyto - mulcz	17,9	18,0	18,0	23,1	23,1	23,1
Wyka oz. - mulcz	18,2	17,9	18,1	23,2	23,2	23,2
Średnio	18,1	18,1	-	23,3	23,3	-
NIR _{0,05} systemy uprawy	r.n.			0,2		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.		
5 cm						
Gorzycza - mulcz	17,4	17,3	17,4	22,2	22,6	22,4
Słoma przykryta kultyw.	17,5	17,6	17,6	22,4	22,3	22,4
Słoma wymieszana broną	17,6	17,5	17,6	22,2	22,4	22,3
Żyto - mulcz	17,1	17,3	17,2	22,4	21,9	22,2
Wyka oz. - mulcz	17,5	17,1	17,3	22,5	22,3	22,4
Średnio	17,4	17,4	-	22,4	22,3	-
NIR _{0,05} systemy uprawy	r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	0,4			0,4		
8 cm						
Gorzycza - mulcz	16,9	16,8	16,9	21,4	21,8	21,6
Słoma przykryta kultyw.	16,8	16,8	16,8	21,6	21,6	21,6
Słoma wymieszana broną	16,8	16,7	16,8	21,5	21,6	21,6
Żyto - mulcz	16,5	16,6	16,6	21,7	21,4	21,6
Wyka oz. - mulcz	16,7	16,6	16,7	21,8	21,6	21,7
Średnio	16,7	16,7	-	21,6	21,6	-
NIR _{0,05} systemy uprawy	r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			0,3		

badanych terminach i na wszystkich głębokościach. Istotną interakcję obu czynników doświadczenia odnotowano na głębokości 5 cm w obu terminach badań i na głębokości 8 cm tylko w terminie popołudniowym. Na głębokości 5 cm najwyższą temperaturą (17,6°C) przy

optymalnej dawce azotu charakteryzowała się gleba, na której słomę wymieszano broną, a przy obniżonej – gleba, na której słomę przykryto kultywATOREM. Na głębokości 8 cm w terminie popołudniowym najwyższą temperaturą (21,8°C) charakteryzowała się gleba zmulczowana wyką ozimą przy optymalnej dawce azotu i gleba zmulczowana gorczyczą przy obniżonej dawce azotu.

Wskaźnik **zbrylenia gleby** pod wpływem zastosowanych systemów uprawy był niejednoznacznie zróżnicowany w każdej badanej warstwie i w każdym terminie (tab. 5). Wiosną w warstwie 5–10 cm wartość tego wskaźnika była najniższa na obiekcie zmulczowanym gorczyczą (0,50), a najwyższa na obiekcie ze słomą wymieszaną broną (0,85). W warstwie 15–20 cm wystąpiła odwrotna zależność na obiekcie zmulczowanym gorczyczą – wartość wskaźnika była najwyższa (0,70), a najniższa na obiekcie zmulczowanym żytem (0,50). Obniżona dawka azotu wpłynęła na zmniejszenie wartości wskaźnika zbrylenia w obu warstwach. W warstwie płytszej wartość ta była niższa o 13,2%, a w warstwie głębszej o 7,9%. Jesienią w obu badanych warstwach najmniejsze zbrylenie gleby było na obiekcie zmulczowanym gorczyczą (średnio 0,51), a największe na obiekcie zmulczowanym żytem (średnio 0,70). Obniżona dawka azotu wpłynęła na zmniejszenie wartości wskaźnika zbrylenia w obu badanych warstwach. W warstwie 5–10 cm wartość ta była niższa o 8,1%, a w warstwie 15–20 cm o 21,7%.

Tabela 5. Trwałość struktury gleby – wskaźnik zbrylenia (B) (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	W okresie wschodów			W okresie zbioru		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
warstwa 5–10 cm						
Gorczyca - mulcz	0,60	0,39	0,50	0,52	0,50	0,51
Słoma przykryta kultyw.	0,73	0,50	0,62	0,68	0,49	0,59
Słoma wymieszana broną	0,88	0,81	0,85	0,66	0,55	0,61
Żyto - mulcz	0,52	0,60	0,56	0,61	0,72	0,67
Wyka oz. - mulcz	0,65	0,63	0,64	0,61	0,58	0,60
Średnio	0,68	0,59	-	0,62	0,57	-
warstwa 15–20 cm						
Gorczyca - mulcz	0,78	0,61	0,70	0,61	0,39	0,50
Słoma przykryta kultyw.	0,67	0,60	0,64	0,71	0,53	0,62
Słoma wymieszana broną	0,63	0,57	0,60	0,70	0,60	0,65
Żyto - mulcz	0,47	0,52	0,50	0,85	0,61	0,73
Wyka oz. - mulcz	0,60	0,62	0,61	0,57	0,58	0,58
Średnio	0,63	0,58	-	0,69	0,54	-

Konsekwencją większego zbrylenia gleby było mniejsze jej **rozpylenie** (tab. 6). Wiosną w warstwie 5–10 cm rozpylenie gleby było najniższe na poletkach ze słomą (średnio 0,10), a w warstwie 15–20 cm na obiektach zmulczowanych gorczyczą i żytem (średnio 0,10). Najwyższe rozpylenie gleby w obu badanych warstwach było na obiekcie zmulczowanym wyką ozimą (średnio 0,12). W warstwie 15–20 cm obniżona dawka azotu, w porównaniu z optymalną, wpłynęła na wzrost rozpylenia gleby o 10,0%. Jesienią w obu badanych warstwach mulcz z gorczyczy wpłynął na największe rozpylenie gleby i był wyższy od

pozostałych obiektów odpowiednio o 27,3% i 31,8%. Obniżona dawka azotu, w porównaniu z optymalną, wpłynęła na wzrost rozpylenia gleby w warstwie 5–10 cm o 12,5%.

Tabela 6. Trwałość struktury gleby – wskaźnik rozpylenia (S) (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	W okresie wschodów			W okresie zbioru		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
warstwa 5–10 cm						
Gorzycza - mulcz	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Słoma przykryta kultyw.	0,11	0,09	0,10	0,08	0,08	0,08
Słoma wymieszana broną	0,09	0,10	0,10	0,06	0,08	0,07
Żyto - mulcz	0,11	0,11	0,11	0,07	0,07	0,07
Wyka oz. - mulcz	0,12	0,12	0,12	0,10	0,09	0,10
Średnio	0,11	0,11	-	0,08	0,09	-
warstwa 15–20 cm						
Gorzycza - mulcz	0,10	0,10	0,10	0,09	0,13	0,11
Słoma przykryta kultyw.	0,11	0,11	0,11	0,08	0,08	0,08
Słoma wymieszana broną	0,10	0,11	0,11	0,06	0,06	0,06
Żyto - mulcz	0,09	0,10	0,10	0,07	0,08	0,08
Wyka oz. - mulcz	0,12	0,12	0,12	0,08	0,07	0,08
Średnio	0,10	0,11	-	0,08	0,08	-

W okresie wschodów buraka cukrowego w obu badanych warstwach najlepszym **wskaźnikiem struktury** charakteryzowała się gleba zmulczowana żytem (średnio 1,15), a najgorszą gleba ze słomą wymieszaną broną w warstwie 5–10 cm i gleba zmulczowana gorzycą w warstwie 15–20 cm (tab. 7). W okresie zbioru w obu badanych warstwach najgorszą strukturę miały poletka zmulczowane żytem (średnio 0,75), a najlepszą poletka ze słomą wymieszaną broną (0,90) w warstwie 5–10 cm i poletka zmulczowane roślinami ozimymi (średnio 0,88) w warstwie 15–20 cm.

Tabela 7. Trwałość struktury gleby – wskaźnik struktury (W) (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	W okresie wschodów			W okresie zbioru		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
warstwa 5–10 cm						
Gorzycza - mulcz	0,83	1,18	1,01	0,83	0,81	0,82
Słoma przykryta kultyw.	0,72	1,12	0,92	0,73	0,99	0,86
Słoma wymieszana broną	0,83	0,67	0,75	0,88	0,92	0,90
Żyto - mulcz	0,99	1,12	1,06	0,82	0,69	0,76
Wyka oz. - mulcz	0,86	0,84	0,85	0,79	0,85	0,82
Średnio	0,85	0,99	-	0,81	0,85	-
warstwa 15–20 cm						
Gorzycza - mulcz	0,64	0,91	0,78	0,73	1,03	0,88
Słoma przykryta kultyw.	0,72	0,87	0,80	0,69	0,94	0,82
Słoma wymieszana broną	0,92	1,09	1,01	0,77	0,94	0,86
Żyto - mulcz	1,33	1,17	1,25	0,62	0,83	0,73
Wyka oz. - mulcz	0,78	1,07	0,93	0,86	0,90	0,88
Średnio	0,88	1,02	-	0,73	0,93	-

W okresie wschodów w obu badanych warstwach najwyższe wartości **średniej ważonej średnicy agregatu** zaobserwowano na obiekcie ze słomą wymieszaną broną

(średnio 3,5), a najniższe w warstwie 5–10 cm na glebie zmulczowanej gorczycą, w warstwie 15–20 cm na obiekcie ze słomą przykrytą kultywATOREM i glebie zmulczowanej wyką (tab. 8). Wartość MWDa w obu badanych warstwach przy optymalnej dawce azotu w porównaniu z obniżoną była wyższa o 3,1%. W okresie zbioru najwyższą wartość wskaźnika MWDa w obu warstwach stwierdzono na obiekcie ze słomą wymieszaną broną (średnio 3,3). Natomiast najniższą wartość wskaźnika MWDa w obu warstwach zaobserwowano na obiekcie z mulczem z gorczycy i był on niższy od pozostałych obiektów o 12,9% w warstwie płytszej i o 8,9% w warstwie głębszej. MWDa przy obniżonej dawce azotu, w porównaniu z optymalną, była wyższa o 3,2% tylko w warstwie 15–20 cm.

Wartość wskaźnika MWDa w doświadczeniu była wyższa wiosną na wszystkich poletkach uprawy konserwującej i w obu badanych warstwach, natomiast pod koniec wegetacji uległa zmniejszeniu.

Tabela 8. Średnia ważona średnica agregatu (MWDa) (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	W okresie wschodów			W okresie zbioru		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
warstwa 5–10 cm						
Gorczyca - mulcz	3,1	2,9	3,0	2,8	2,6	2,7
Słoma przykryta kultyw.	3,1	3,1	3,1	3,0	2,9	3,0
Słoma wymieszana broną	3,5	3,2	3,4	3,3	3,2	3,3
Żyto - mulcz	3,2	3,1	3,2	3,1	3,1	3,1
Wyka oz. - mulcz	3,1	3,1	3,1	2,9	3,0	3,0
Średnio	3,2	3,1	-	3,0	3,0	-
warstwa 15–20 cm						
Gorczyca - mulcz	3,2	3,1	3,2	2,8	2,8	2,8
Słoma przykryta kultyw.	3,3	2,9	3,1	2,9	2,9	2,9
Słoma wymieszana broną	3,6	3,5	3,6	3,2	3,3	3,3
Żyto - mulcz	3,3	3,3	3,3	3,1	3,1	3,1
Wyka oz. - mulcz	3,1	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2
Średnio	3,3	3,2	-	3,0	3,1	-

W okresie wschodów buraka cukrowego systemy uprawy i dawki azotu istotnie różnicowały **średnią ważoną średnicę gruzelka** tylko na głębokości 15–20 cm (tab. 9). W tym terminie i na tej głębokości najwyższą wartość MWDg (1,29) charakteryzował się system, na którym zastosowano mulcz z żyta, a najniższą – system z wykorzystaniem mulczu z gorczycy. Optymalna dawka azotu, w porównaniu z obniżoną, wpłynęła na wzrost MWDg o 5,4%. Interakcję obu czynników doświadczenia odnotowano jedynie w warstwie 5–10 cm. Najniższą średnią ważoną średnicę gruzelka zaobserwowano na poletkach z mulczem z wyki ozimej przy optymalnej dawce azotu, a najwyższą w tym systemie przy obniżonej dawce azotu.

W okresie zbioru cecha ta była istotnie różnicowana przez czynnik I na głębokości 5–10 cm. Największą średnicę (2,31) odnotowano na glebie ze słomą wymieszaną broną, a najmniejszą (1,82) na glebie z mulczem z wyki ozimej. Jesienią dawki azotu istotnie różnicowały średnią ważoną średnicę gruzelka tylko w warstwie 15–20 cm. Optymalna

dawka azotu, w porównaniu z obniżoną, wpłynęła na wzrost MWDg o 15,2%. Interakcja obu czynników doświadczenia była nieistotna na głębokości 15–20 cm w okresie wschodów i w obu warstwach w okresie zbioru buraka cukrowego.

Tabela 9. Średnia ważona średnica gruzełka (MWDg) (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	W okresie wschodów			W okresie zbioru		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
5–10 cm						
Gorzycza - mulcz	1,25	1,14	1,20	1,73	1,82	1,78
Słoma przykryta kultyw.	1,16	1,17	1,17	2,06	1,94	2,00
Słoma wymieszana broną	1,13	1,17	1,15	2,29	2,32	2,31
Żyto - mulcz	1,29	1,01	1,15	2,11	2,09	2,10
Wyka oz. - mulcz	0,93	1,32	1,13	1,96	1,69	1,82
Średnio	1,15	1,16	-	2,03	1,97	-
NIR _{0,05} systemy uprawy	r.n.			0,13		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	0,17			r.n.		
15–20 cm						
Gorzycza - mulcz	1,10	0,89	0,99	1,99	1,58	1,79
Słoma przykryta kultyw.	1,07	0,93	1,00	1,62	1,50	1,56
Słoma wymieszana broną	1,03	1,07	1,05	2,05	1,51	1,78
Żyto - mulcz	1,31	1,27	1,29	1,89	1,64	1,76
Wyka oz. - mulcz	1,07	1,07	1,07	1,65	1,56	1,61
Średnio	1,11	1,05	-	1,84	1,56	-
NIR _{0,05} systemy uprawy	0,12			r.n.		
NIR _{0,05} dawki azotu	0,06			0,11		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.		

Analiza **wodoodporności agregatów glebowych** wykazała istotny wpływ zróżnicowanych systemów uprawy konserwującej oraz dawek azotu i ich współdziałania (tab. 10). Wiosną w warstwie 5–10 cm najlepszą strukturą gleby charakteryzowały się poletka ze słomą wymieszaną broną, a w warstwie 15–20 cm poletka z mulczem z gorzycy i wyki ozimej. Najgorszą strukturą gleby w warstwie 5–10 cm charakteryzowały się poletka zmulczowane gorzycą, a w warstwie 15–20 cm – zmulczowane żytem. Drugi czynnik doświadczenia miał istotny wpływ na trwałość struktury gruzełkowej tylko w warstwie płytszej. Optymalna dawka azotu, w porównaniu z obniżoną, istotnie wpłynęła na wzrost trwałości struktury gleby o 9,1%. Istotną interakcję obu czynników doświadczenia odnotowano w obu warstwach. Wiosną najlepszą wodoodpornością charakteryzowały się agregaty glebowe z poletek z optymalną dawką azotu – na poletkach ze słomą wymieszaną broną w warstwie 5–10 cm i na poletkach z mulczem z gorzycy w warstwie 15–20 cm. Jesienią w obu badanych warstwach istotny wpływ na tą cechę miały systemy uprawy buraka cukrowego, dawki azotu i ich interakcja. W obu warstwach najlepszą wodoodpornością agregatów glebowych charakteryzowały się poletka z mulczem żytnim (średnio 0,10), a najgorszą z mulczem z gorzycy (0,08). Drugi czynnik doświadczenia miał istotny wpływ na trwałość struktury gruzełkowej jesienią w obu badanych warstwach. Optymalna dawka

azotu, w porównaniu z obniżoną, istotnie wpłynęła na wzrost trwałości struktury gleby o 11,1% w warstwie płytszej i o 20% w warstwie głębszej. Istotną interakcję obu czynników doświadczenia w tym terminie badań stwierdzono w obu warstwach. W warstwie 5–10 cm najlepszą wodoodpornością agregatów glebowych charakteryzowała się gleba na obiekcie ze słomą przykrytą kultywATOREM i optymalną dawką azotu oraz na obiekcie z mulczem żytnim i obniżoną dawką azotu.

Tabela 10. Współczynnik wodoodporności agregatów glebowych (Wo)
(średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	W okresie wschodów			W okresie zbioru		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
5–10 cm						
Gorczyca - mulcz	0,10	0,08	0,09	0,07	0,07	0,07
Słoma przykryta kultyw.	0,11	0,08	0,10	0,10	0,08	0,09
Słoma wymieszana broną	0,15	0,13	0,14	0,09	0,09	0,09
Żyto - mulcz	0,09	0,11	0,10	0,09	0,10	0,10
Wyka oz. - mulcz	0,10	0,11	0,11	0,10	0,08	0,09
Średnio	0,11	0,10	-	0,09	0,08	-
NIR _{0,05} systemy uprawy	0,007			0,004		
NIR _{0,05} dawki azotu	0,004			0,003		
NIR _{0,05} interakcja	0,009			0,006		
15–20 cm						
Gorczyca - mulcz	0,12	0,10	0,11	0,09	0,06	0,08
Słoma przykryta kultyw.	0,11	0,09	0,10	0,09	0,08	0,09
Słoma wymieszana broną	0,10	0,10	0,10	0,09	0,08	0,09
Żyto - mulcz	0,08	0,10	0,09	0,11	0,09	0,10
Wyka oz. - mulcz	0,10	0,11	0,11	0,08	0,09	0,09
Średnio	0,10	0,10	-	0,10	0,08	-
NIR _{0,05} systemy uprawy	0,006			0,006		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			0,003		
NIR _{0,05} interakcja	0,008			0,007		

W okresie wschodów systemy uprawy istotnie wpłynęły na **gęstość objętościową gleby** w warstwach 5–10 i 15–20 cm (tab. 11). Najwyższą gęstość (średnio 1,73 Mg·m⁻³) stwierdzono na poletkach ze słomą wymieszaną broną w obu badanych warstwach. Na obiektach z mulczami z roślin ozimych w warstwie 5–10 cm gęstość objętościowa była niższa o 2,4% od kontroli, a w warstwie 15–20 cm o 2,9% tylko w przypadku mulczu z żyta. Dawki azotu i interakcja obu czynników doświadczenia była nieistotna. W okresie zbioru buraka cukrowego tylko dawki azotu istotnie różnicowały gęstość objętościową gleby w warstwie 15–20 cm. Obniżona dawka azotu, w porównaniu z optymalną, zmniejszyła zbitość gleby o 1,7%. Gleba, na której słomę przykryto kultywATOREM przy obniżonej dawce azotu charakteryzowała się najmniejszą gęstością (1,69 Mg·m⁻³) w tej warstwie.

Tabela 11. Gęstość objętościowa gleby w $\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	W okresie wschodów			W okresie zbioru		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
	5–10 cm					
Gorzycza - mulcz	1,70	1,65	1,68	1,67	1,66	1,67
Słoma przykryta kultyw.	1,67	1,66	1,67	1,72	1,64	1,68
Słoma wymieszana broną	1,71	1,75	1,73	1,63	1,68	1,66
Żyto - mulcz	1,62	1,65	1,64	1,67	1,70	1,69
Wyka oz. - mulcz	1,64	1,64	1,64	1,66	1,67	1,67
Średnio	1,67	1,67	-	1,67	1,67	-
NIR _{0,05} systemy uprawy	0,03			r.n.		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.		
	15–20 cm					
Gorzycza - mulcz	1,72	1,68	1,70	1,73	1,71	1,72
Słoma przykryta kultyw.	1,70	1,69	1,70	1,76	1,69	1,73
Słoma wymieszana broną	1,69	1,74	1,72	1,70	1,72	1,71
Żyto - mulcz	1,63	1,67	1,65	1,71	1,70	1,71
Wyka oz. - mulcz	1,71	1,68	1,70	1,74	1,70	1,72
Średnio	1,69	1,69	-	1,73	1,70	-
NIR _{0,05} systemy uprawy	0,03			r.n.		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			0,02		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.		

W okresie wschodów **porowatość ogólna gleby** była istotnie różnicowana systemami uprawy w warstwach 5–10 cm i 15–20 cm (tab. 12). Gleba, na której słomę wymieszano broną zawierała mniej porów w stosunku do pozostałych obiektów o 3 pkt. % w warstwie 5–10 cm, a o 1,2 pkt. % w warstwie 15–20 cm. Gleba, na której uprawiano mulcz z żyta i wyki ozimej zawierała najwięcej porów w warstwie 5–10 cm (średnio 36,7%), a w warstwie 15–20 cm tylko na glebie zmulczowanej żytem (36,1%). Dawki azotu i interakcja obu czynników nie miały istotnego wpływu na tę cechę w tym terminie. W okresie zbioru buraka cukrowego porowatość ogólną gleby istotnie różnicowały tylko dawki azotu w warstwie 15–20 cm. Obniżona dawka azotu, w porównaniu z optymalną, zwiększyła objętość porów glebowych o 1 pkt. %. W warstwie 5–10 cm obiekt ze słomą wymieszaną broną charakteryzował się największą porowatością ogólną – 36%, a w warstwie 15–20 cm obiekt z mulczem żytnim – 34,1%. Natomiast najmniejszą porowatością charakteryzowały się poletka zmulczowane żytem – 34,7% w warstwie płytszej i poletka ze słomą przykrytą kultywatorem – 33,2% w warstwie głębszej.

W okresie wschodów systemy uprawy istotnie różnicowały **porowatość kapilarną gleby** w warstwach 5–10 cm i 15–20 cm (tab. 13). Gleba, na której uprawiano żyto i wykę ozimą (mulcz) zawierała najwięcej porów (średnio 32,7%) w warstwie 5–10 cm, a w warstwie 15–20 cm tylko gleba zmulczowana żytem (32,6%). Wiosną najgorszą pod tym względem była gleba poletek ze słomą wymieszaną broną (30,8%) w warstwie płytszej i zmulczowanej gorzycą (30,5%) w warstwie głębszej. Dawki azotu i interakcja obu czynników nie miały

Tabela 12. Porowatość ogólna gleby w % (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	W okresie wschodów			W okresie zbioru		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
	5–10 cm					
Gorzycza - mulcz	34,4	36,2	35,3	35,5	35,6	35,6
Słoma przykryta kultyw.	35,2	35,6	35,4	33,5	36,6	35,1
Słoma wymieszana broną	33,8	32,2	33,0	37,0	35,0	36,0
Żyto - mulcz	37,2	36,3	36,8	35,3	34,1	34,7
Wyka oz. - mulcz	36,4	36,5	36,5	35,8	35,4	35,6
Średnio	35,4	35,4	-	35,4	35,3	-
NIR _{0,05} systemy uprawy	1,5			r.n.		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.		
	15–20 cm					
Gorzycza - mulcz	33,5	34,9	34,2	33,1	33,9	33,5
Słoma przykryta kultyw.	34,0	34,4	34,2	31,7	34,6	33,2
Słoma wymieszana broną	34,5	32,5	33,5	34,1	33,5	33,8
Żyto - mulcz	36,9	35,3	36,1	33,8	34,3	34,1
Wyka oz. - mulcz	33,6	34,8	34,2	32,8	34,2	33,5
Średnio	34,5	34,4	-	33,1	34,1	-
NIR _{0,05} systemy uprawy	1,2			r.n.		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			0,9		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.		

istotnego wpływu na porowatość kapilarną gleby w tym terminie. W okresie zbioru buraka cukrowego istotny wpływ na porowatość kapilarną gleby miały dawki azotu w warstwie 15–20 cm. Obniżona dawka azotu, w porównaniu z optymalną, zwiększyła ilość porów glebowych o 1,1 pkt. %. Jesienią poletka zmulczowane gorzyczą zawierały największą objętość porów kapilarnych – 29,6% w warstwie płytszej, a w warstwie głębszej poletka zmulczowane żytem – 29,1%.

W okresie wschodów wilgotność gleby była istotnie różnicowana tylko systemami uprawy (tab. 14). Na obiekcie ze słomą wymieszaną broną w obu badanych warstwach odnotowano najwyższą wilgotność gleby – odpowiednio 27,1% obj. i 27,9% obj. W warstwie 5–10 cm wilgotność gleby zmulczowanej gorzyczą była niższa od pozostałych obiektów o 1,8 pkt. %, a w warstwie 15–20 cm o 1,2 pkt. % na glebie ze słomą przykrytą kultywATOREM. Drugi czynnik doświadczenia, jak i interakcja obu czynników nie wpłynęła w sposób istotny na wilgotność gleby w tym terminie. W okresie zbioru różnice w wilgotności gleby w obu warstwach były nieistotne. Najgorszym uwilgotnieniem w warstwie płytszej charakteryzowała się gleba ze słomą przykrytą kultywATOREM – 17,9% obj., w warstwie głębszej gleba zmulczowana gorzyczą – 18,2% obj. Najbardziej uwilgotnione (19,9% obj.) były poletka ze słomą wymieszaną broną w warstwie 5–10 cm i zmulczowane wyką w warstwie 15–20 cm (21,0% obj.).

Tabela 13. Porowatość kapilarna gleby w % (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	W okresie wschodów			W okresie zbioru		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
	5–10 cm					
Gorzycza - mulcz	30,1	32,1	31,1	29,3	29,9	29,6
Słoma przykryta kultyw.	31,1	32,4	31,8	27,5	29,5	28,5
Słoma wymieszana broną	30,9	30,7	30,8	30,3	28,2	29,3
Żyto - mulcz	32,5	32,7	32,6	28,9	28,6	28,8
Wyka oz. - mulcz	33,3	32,3	32,8	29,7	28,5	29,1
Średnio	31,6	32,0	-	29,1	28,9	-
NIR _{0,05} systemy uprawy	1,2			r.n.		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.		
	15–20 cm					
Gorzycza - mulcz	29,5	31,4	30,5	27,6	28,2	27,9
Słoma przykryta kultyw.	30,5	30,6	30,6	27,3	29,4	28,4
Słoma wymieszana broną	31,9	30,6	31,2	27,5	27,4	27,5
Żyto - mulcz	33,3	31,9	32,6	28,9	29,4	29,1
Wyka oz. - mulcz	30,5	31,3	30,9	27,0	29,2	28,1
Średnio	31,1	31,1	-	27,6	28,7	-
NIR _{0,05} systemy uprawy	1,3			r.n.		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			0,9		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.		

Tabela 14. Wilgotność gleby w % obj. (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	W okresie wschodów			W okresie zbioru		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
	5–10 cm					
Gorzycza - mulcz	23,9	23,3	23,6	18,0	18,0	18,0
Słoma przykryta kultyw.	23,6	24,7	24,1	18,5	17,3	17,9
Słoma wymieszana broną	26,4	27,7	27,1	20,9	18,8	19,9
Żyto - mulcz	26,1	26,1	26,1	18,6	19,4	19,0
Wyka oz. - mulcz	24,3	24,1	24,2	19,4	18,7	19,1
Średnio	24,8	25,2	-	19,1	18,4	-
NIR _{0,05} systemy uprawy	1,2			r.n.		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.		
	15–20 cm					
Gorzycza - mulcz	25,2	25,9	25,5	19,1	17,4	18,2
Słoma przykryta kultyw.	24,8	25,4	25,1	19,6	19,9	19,8
Słoma wymieszana broną	27,8	28,0	27,9	18,8	20,3	20,0
Żyto - mulcz	27,5	26,8	27,1	19,2	20,1	19,7
Wyka oz. - mulcz	26,9	26,6	26,8	19,6	22,4	21,0
Średnio	26,4	26,5	-	19,3	20,0	-
NIR _{0,05} systemy uprawy	2,0			r.n.		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.		

W okresie wschodów **zapas wody** w glebie był istotnie różnicowany tylko systemami uprawy (tab. 15). Na obiekcie ze słomą wymieszaną broną zębową zapas wody był wyższy od pozostałych obiektów o 1,3 mm w warstwie 5–10 cm i o 0,9 mm w warstwie 15–20 cm. W warstwie 5–10 cm gleba zmulczowana gorzycą zawierała najmniejszy zapas wody – 11,8

mm, a w warstwie 15–20 cm gleba, na której słomę przykryto kultywATOREM – 12,6 mm. Drugi czynnik doświadczenia jak i interakcja obu czynników nie wpłynęły w sposób istotny na zapas wody w glebie w tym terminie. W okresie zbioru buraka cukrowego w obu warstwach nie stwierdzono istotnych różnic zapasu wody pod wpływem zastosowanych dawek azotu oraz systemów uprawy. Najmniej wody w warstwie 5–10 cm zgromadziła gleba ze słomą przykrytą kultywATOREM – 8,9 mm, a w warstwie 15–20 cm gleba zmulczowana gorczyczą – 9,1 mm. Jesienią w płytszej warstwie najwięcej wody zmagazynowała gleba, na której słomę wymieszano broną – 10 mm, a w warstwie głębszej gleba zmulczowana wyką – 10,5 mm.

Tabela 15. Zapas wody w glebie w mm (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	W okresie wschodów			W okresie zbioru		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
	5–10 cm					
Gorczyca - mulcz	12,0	11,7	11,8	9,0	9,0	9,0
Słoma przykryta kultyw.	11,8	12,4	12,1	9,2	8,6	8,9
Słoma wymieszana broną	13,2	13,9	13,6	10,5	9,4	10,0
Żyto - mulcz	13,0	13,1	13,1	9,3	9,7	9,5
Wyka oz. - mulcz	12,1	12,0	12,1	9,7	9,3	9,5
Średnio	12,4	12,6	-	9,5	9,2	-
NIR _{0,05} systemy uprawy	0,6			r.n.		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.		
	15–20 cm					
Gorczyca - mulcz	12,6	12,9	12,8	9,5	8,7	9,1
Słoma przykryta kultyw.	12,4	12,7	12,6	9,8	10,0	9,9
Słoma wymieszana broną	13,9	14,0	14,0	9,4	10,1	9,8
Żyto - mulcz	13,8	13,4	13,6	9,6	10,1	9,8
Wyka oz. - mulcz	13,4	13,3	13,4	9,8	11,2	10,5
Średnio	13,2	13,3	-	9,6	10,0	-
NIR _{0,05} systemy uprawy	1,0			r.n.		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.		

W okresie wschodów buraka cukrowego systemy uprawy istotnie różnicowały **zwięzłość gleby** w czterech warstwach (0–5, 5–10, 15–20 i 0–25 cm) (tab. 16a). Zastosowanie mulczów z roślin ozimych, w stosunku do systemów uprawy z wykorzystaniem słomy, zwiększyło zwięzłość gleby o 10,5% w warstwie 0–15 cm. We wszystkich warstwach poletka zmulczowane gorczyczą charakteryzowały się największą zwięzłością. Nie stwierdzono w tym okresie istotnych różnic w zwięzłości gleby wywołanych dawkami azotu. Istotną interakcję obu czynników doświadczenia zaobserwowano w warstwie gleby 0–25 cm. Najmniejszą zwięzłością w całej warstwie ornej (2,5 MPa) charakteryzowała się gleba, na której słomę wymieszano broną przy optymalnej dawce azotu, a największą (3,5 MPa) na glebie zmulczowanej gorczyczą przy obu dawkach azotu.

Tabela 16a. Zwięzłość gleby w okresie wschodów buraka cukrowego w MPa
(średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	1 N	2/3 N	Średnio	1 N	2/3 N	Średnio
	0–5 cm			5–10 cm		
Gorzycza - mulcz	3,3	3,2	3,3	3,3	3,2	3,3
Słoma przykryta kultyw.	3,1	2,5	2,8	2,7	2,3	2,5
Słoma wymieszana broną	2,1	2,6	2,3	2,4	2,7	2,6
Żyto - mulcz	3,2	3,2	3,2	2,8	2,4	2,6
Wyka oz. - mulcz	2,9	3,0	3,0	2,8	2,7	2,8
Średnio	2,9	2,9	–	2,8	2,7	–
NIR _{0,05} systemy uprawy	0,5			0,5		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.		
	10–15 cm			15–20 cm		
Gorzycza - mulcz	3,4	3,5	3,5	3,5	3,6	3,6
Słoma przykryta kultyw.	2,7	2,8	2,8	3,2	2,9	3,1
Słoma wymieszana broną	2,4	2,6	2,5	2,5	2,8	2,7
Żyto - mulcz	2,8	2,6	2,7	2,3	2,8	2,6
Wyka oz. - mulcz	2,5	3,0	2,8	2,8	3,2	3,0
Średnio	2,8	2,9	–	3,0	3,0	–
NIR _{0,05} systemy uprawy	r.n.			0,4		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.		
	20–25 cm			0–25 cm		
Gorzycza - mulcz	4,1	4,0	4,1	3,5	3,5	3,5
Słoma przykryta kultyw.	4,0	3,2	3,6	3,1	2,7	2,9
Słoma wymieszana broną	3,1	3,3	3,2	2,5	2,8	2,7
Żyto - mulcz	3,5	3,3	3,4	3,0	2,8	2,9
Wyka oz. - mulcz	3,4	3,6	3,5	2,9	3,1	3,0
Średnio	3,6	3,5	–	3,0	3,0	–
NIR _{0,05} systemy uprawy	r.n.			0,3		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			0,3		

Systemy uprawy buraka cukrowego w okresie zbioru istotnie różnicowały zwięzłość gleby tylko w warstwie 0–5 cm (tab. 16b). Największą zbitość gleby (5,7 MPa) zaobserwowano na poletkach zmulczowanych wyką ozimą, a najmniejszą (4,9 MPa) na glebie zmulczowanej gorzycą i słomą wymieszaną broną. W tym terminie nie stwierdzono istotnych różnic w zwięzłości gleby wywołanych dawkami azotu oraz interakcją obu czynników doświadczenia. Jesienią zwięzłość gleby zmulczowanej roślinami ozimymi była nieznacznie większa w stosunku do pozostałych obiektów we wszystkich badanych warstwach gleby.

Tabela 16b. Zwięzłość gleby w okresie zbioru buraka cukrowego w MPa
(średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	1 N	2/3 N	Średnio	1 N	2/3 N	Średnio
	0–5 cm			5–10 cm		
Gorzycza - mulcz	5,0	4,8	4,9	6,6	6,3	6,5
Słoma przykryta kultyw.	5,2	4,7	5,0	6,7	6,6	6,7
Słoma wymieszana broną	4,8	5,1	4,9	6,7	6,6	6,7
Żyto - mulcz	5,4	5,6	5,5	6,9	6,8	6,9
Wyka oz. - mulcz	5,4	5,9	5,7	6,9	6,9	6,9
Średnio	5,2	5,2	–	6,8	6,8	–
NIR _{0,05} systemy uprawy	0,5			r.n.		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.		
	10–15 cm			15–20 cm		
Gorzycza - mulcz	7,6	7,5	7,6	8,3	8,0	8,2
Słoma przykryta kultyw.	7,6	7,5	7,6	8,1	8,3	8,2
Słoma wymieszana broną	7,5	7,5	7,5	8,2	8,2	8,2
Żyto - mulcz	7,5	7,7	7,6	8,2	8,4	8,3
Wyka oz. - mulcz	7,8	7,7	7,8	8,4	8,6	8,5
Średnio	7,6	7,6	–	8,3	8,3	–
NIR _{0,05} systemy uprawy	r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.		
	20–25 cm			0–25 cm		
Gorzycza - mulcz	8,8	8,4	8,6	7,3	7,0	7,2
Słoma przykryta kultyw.	8,6	8,7	8,7	7,2	7,1	7,2
Słoma wymieszana broną	8,7	8,5	8,6	7,2	7,2	7,2
Żyto - mulcz	8,5	8,6	8,6	7,2	7,4	7,3
Wyka oz. - mulcz	8,8	8,8	8,8	7,5	7,6	7,6
Średnio	8,7	8,6	–	7,3	7,3	–
NIR _{0,05} systemy uprawy	r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.		

3.3. Właściwości chemiczne gleby

Zastosowane systemy uprawy oraz dawki azotu wywarły zróżnicowany wpływ na właściwości chemiczne gleby w uprawie buraka cukrowego.

Wiosną zanotowano nieznaczny wpływ systemów uprawy i dawek azotu na **odczyn gleby** (tab. 17). W obu warstwach najwyższy odczyn gleby badany w KCl (pH 5,6) stwierdzono na poletkach z gorzycą i słomą przykrytą kultywATOREM, a najniższy (średnio 5,4) na poletkach ze słomą wymieszaną broną i mulczem żytnim. Jesienią, w warstwie 5–10

cm najwyższy odczyn gleby (pH 5,6) stwierdzono na poletkach zmulczonych górczycą i słomą przykrytą kultywatorom. Na pozostałych obiektach wartość pH_{KCl} gleby była taka sama (5,5). W warstwie 15–20 cm najwyższą wartość pH_{KCl} 5,7 stwierdzono na poletkach zmulczonych żytem, a najniższą (5,4) na poletkach zmulczonych wyką ozimą. W obu badanych warstwach nie stwierdzono wpływu dawek azotu na wartość pH_{KCl}, jedynie różnica 0,1 jednostki między dawkami azotu wystąpiła jesienią w warstwie 15–20 cm.

Tabela 17. Odczyn gleby (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	W okresie wschodów			W okresie zbioru		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
pH w 1 M KCl						
5–10 cm						
Górczyca - mulcz	5,6	5,5	5,6	5,6	5,5	5,6
Słoma przykryta kultyw.	5,7	5,5	5,6	5,5	5,6	5,6
Słoma wymieszana broną	5,4	5,4	5,4	5,6	5,3	5,5
Żyto - mulcz	5,4	5,4	5,4	5,4	5,5	5,5
Wyka oz. - mulcz	5,4	5,5	5,5	5,4	5,5	5,5
Średnio	5,5	5,5	–	5,5	5,5	–
15–20 cm						
Górczyca - mulcz	5,6	5,6	5,6	5,7	5,5	5,6
Słoma przykryta kultyw.	5,5	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
Słoma wymieszana broną	5,3	5,3	5,3	5,7	5,4	5,6
Żyto - mulcz	5,4	5,4	5,4	5,7	5,6	5,7
Wyka oz. - mulcz	5,5	5,5	5,5	5,3	5,4	5,4
Średnio	5,5	5,5	–	5,6	5,5	–
pH w H₂O						
5–10 cm						
Górczyca - mulcz	6,4	6,2	6,3	6,5	6,5	6,5
Słoma przykryta kultyw.	6,4	6,2	6,3	6,4	6,6	6,5
Słoma wymieszana broną	6,4	6,3	6,4	6,5	6,4	6,5
Żyto - mulcz	6,3	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4
Wyka oz. - mulcz	6,3	6,3	6,3	6,5	6,4	6,5
Średnio	6,4	6,3	–	6,5	6,5	–
15–20 cm						
Górczyca - mulcz	6,2	6,4	6,3	6,6	6,6	6,6
Słoma przykryta kultyw.	6,3	6,4	6,4	6,6	6,6	6,6
Słoma wymieszana broną	6,2	6,2	6,2	6,6	6,5	6,6
Żyto - mulcz	6,4	6,4	6,4	6,6	6,5	6,6
Wyka oz. - mulcz	6,2	6,4	6,3	6,4	6,4	6,4
Średnio	6,3	6,4	–	6,6	6,5	–

Różnice w pH gleby wywołane systemami uprawy i dawkami azotu oznaczonego w roztworze H₂O były nieco większe niż w KCl. Wiosną w warstwie płytszej najwyższą wartość pH gleby stwierdzono na poletkach ze słomą wymieszaną broną i z mulczem żytnim

(6,4), a na pozostałych obiektach odczyn gleby wynosił 6,3. W warstwie 15–20 cm najwyższą wartość pH stwierdzono na poletkach ze słomą przykrytą kultywATOREM i na poletkach z mulczem żytnim (6,4), a najniższą na poletkach ze słomą wymieszaną broną (6,2). Jesienią w warstwie 15–20 cm wartość odczynu gleby między systemami uprawy nie różniła się, jedynie na poletkach z mulczem z wyki ozimej była niższa o 0,2 jednostki. Różnica między dawkami azotu w pH gleby wynosiła 0,1.

Zastosowane systemy uprawy różnicowały zawartości **węgla organicznego** w obu badanych warstwach zarówno w terminie wschodów, jak i zbioru buraka cukrowego (tab. 18). Wiosną w warstwie 5–10 cm najwyższą zawartość węgla stwierdzono w glebie zmulczowanej żytem (13,40 g·kg⁻¹), a w warstwie 15–20 cm w glebie ze słomą wymieszaną broną (12,73 g·kg⁻¹). Najniższą zawartość tego pierwiastka w obu warstwach stwierdzono na poletkach zmulczowanych gorczycą (średnio 10,9 g·kg⁻¹). Obniżona dawka azotu, w porównaniu z optymalną, wpłynęła na wzrost zawartości węgla organicznego w glebie o 4,7% w warstwie płytszej i o 0,9% w warstwie głębszej. Jesienią w obu badanych warstwach najwyższą zawartość węgla organicznego stwierdzono na obiektach ze słomą (13,05 g·kg⁻¹ w warstwie płytszej i 12,77 g·kg⁻¹ w warstwie głębszej), a najniższą na poletkach zmulczowanych gorczycą w warstwie 5–10 cm (11,67 g·kg⁻¹) i na poletkach ze słomą wymieszaną broną w warstwie 15–20 cm (11,52 g·kg⁻¹). W obu badanych warstwach optymalna dawka azotu, w porównaniu z obniżoną, wpłynęła na wzrost zawartości węgla organicznego w glebie o 5,6% w warstwie 5–10 cm i o 2,1% w warstwie 15–20 cm.

Tabela 18. Zawartość węgla organicznego w glebie w g·kg⁻¹ (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	W okresie wschodów			W okresie zbioru		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
5–10 cm						
Gorczyca - mulcz	10,83	10,66	10,75	12,67	10,60	11,67
Słoma przykryta kultyw.	11,14	12,73	11,94	12,87	13,23	13,05
Słoma wymieszana broną	12,29	12,06	12,18	12,57	11,60	12,09
Żyto - mulcz	13,06	13,73	13,40	12,37	11,83	12,10
Wyka oz. - mulcz	10,67	11,57	11,12	12,60	12,23	12,42
Średnio	11,60	12,15	–	12,62	11,91	–
15–20 cm						
Gorczyca - mulcz	11,63	10,46	11,05	11,60	11,57	11,59
Słoma przykryta kultyw.	10,88	12,38	11,63	11,87	11,83	11,85
Słoma wymieszana broną	13,51	11,95	12,73	13,07	12,45	12,77
Żyto - mulcz	12,38	12,82	12,60	11,20	11,53	11,52
Wyka oz. - mulcz	10,47	11,78	11,13	12,60	11,93	12,27
Średnio	11,77	11,88	–	12,13	11,87	–

Zawartość **azotu ogólnego** w obu badanych warstwach była wyraźnie zróżnicowana pod wpływem pierwszego czynnika doświadczenia zarówno w terminie wschodów, jak i zbioru buraka cukrowego (tab. 19). Wiosną w obu warstwach najwyższą zawartość tego pierwiastka stwierdzono na poletkach ze słomą wymieszaną broną (średnio 1,05 g·kg⁻¹), a najniższą na poletkach zmulczowanych gorczycą (średnio 0,91 g·kg⁻¹). Obniżona dawka azotu w porównaniu z optymalną wpłynęła na wzrost zawartości azotu ogólnego o 4,1% w warstwie 5–10 cm i o 3,1% w warstwie 15–20 cm. Jesienią w obu badanych warstwach najwyższą zawartością azotu ogólnego charakteryzowały się poletka ze słomą wymieszaną broną (średnio 1,05 g·kg⁻¹), a najniższą poletka zmulczowane gorczycą (średnio 0,87 g·kg⁻¹). Optymalna dawka azotu, w porównaniu z obniżoną, wpłynęła na wzrost zawartości azotu ogólnego o 5% w warstwie 5–10 cm i o 2,1% w warstwie 15–20 cm.

Tabela 19. Zawartość azotu ogólnego w glebie w g·kg⁻¹ (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	W okresie wschodów			W okresie zbioru		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
5–10 cm						
Gorczyca - mulcz	0,87	0,93	0,90	0,94	0,90	0,92
Słoma przykryta kultyw.	0,90	0,98	0,94	1,02	0,88	0,95
Słoma wymieszana broną	1,05	1,05	1,05	1,06	1,07	1,07
Żyto - mulcz	0,99	1,02	1,01	1,01	0,99	1,00
Wyka oz. - mulcz	1,03	1,05	1,04	1,00	0,96	0,98
Średnio	0,97	1,01	–	1,01	0,96	–
15–20 cm						
Gorczyca - mulcz	0,86	0,96	0,91	0,78	0,86	0,82
Słoma przykryta kultyw.	0,95	0,93	0,94	0,92	0,90	0,91
Słoma wymieszana broną	1,02	1,07	1,05	1,04	1,00	1,02
Żyto - mulcz	1,01	1,00	1,01	1,01	0,94	0,98
Wyka oz. - mulcz	0,90	0,95	0,93	0,98	0,96	0,97
Średnio	0,95	0,98	–	0,95	0,93	–

Systemy uprawy oraz dawki azotu wpłynęły na zmiany zawartości węgla organicznego oraz azotu ogólnego w glebie, a tym samym na wyraźne zróżnicowanie **stosunku węgla do azotu** (tab. 20). Mniejsze zróżnicowanie tego wskaźnika żyzności gleby obserwowano po zastosowaniu dawek azotu. Wiosną w obu badanych warstwach stosunek C:N był szerszy na poletkach zmulczowanych żytem w porównaniu do pozostałych obiektów i wyniósł średnio 13,0, a najniższy na poletkach zmulczowanych wyką ozimą (średnio 11,4). W warstwie 5–10 cm stosunek C:N był szerszy przy obniżonej dawce azotu (12,1), a w warstwie 15–20 cm przy optymalnej dawce azotu (12,4). Jesienią nie zaobserwowano jednoznacznych zależności w obu badanych warstwach. W warstwie 5–10 cm najszerszy stosunek C:N zanotowano na poletkach ze słomą przykrytą kultywATOREM (13,6), a w

warstwie 15–20 cm na poletkach zmulczonych gorczycą (14,2). Natomiast najniższy wskaźnik (11,8) stwierdzono na poletkach zmulczonych wyką ozimą w warstwie 5–10 cm i na poletkach z mulczem żytnim (11,8) w warstwie 15–20 cm. Stosunek C:N w obu warstwach był szerszy na poletkach z optymalną dawką azotu w porównaniu z obniżoną i wynosił 12,6 w warstwie 5–10 cm i 13,0 w warstwie 15–20 cm.

Tabela 20. Stosunek C:N w glebie (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	W okresie wschodów			W okresie zbioru		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
5–10 cm						
Gorczyca - mulcz	12,5	11,4	12,0	13,5	11,8	12,7
Słoma przykryta kultyw.	12,3	13,0	12,7	12,7	14,4	13,6
Słoma wymieszana broną	11,8	11,4	11,6	12,2	12,5	12,4
Żyto - mulcz	13,2	13,5	13,4	12,3	11,7	12,0
Wyka oz. - mulcz	10,4	11,0	10,7	12,4	11,2	11,8
Średnio	12,0	12,1	–	12,6	12,3	–
15–20 cm						
Gorczyca - mulcz	13,5	10,9	12,2	14,8	13,5	14,2
Słoma przykryta kultyw.	11,4	13,3	12,4	13,6	13,1	13,4
Słoma wymieszana broną	13,3	11,2	12,3	12,2	12,3	12,3
Żyto - mulcz	12,2	12,8	12,5	11,3	12,2	11,8
Wyka oz. - mulcz	11,6	12,4	12,0	12,9	12,6	12,8
Średnio	12,4	12,1	–	13,0	12,7	–

Wiosną systemy uprawy wpłynęły na wzrost **fosforu przyswajalnego** w glebie (tab. 21). W obu warstwach najwyższą zawartość fosforu stwierdzono na poletkach z mulczem żytnim (średnio 78,8 mg·kg⁻¹), a najniższą na poletkach z mulczem z wyki ozimej (średnio 65,2 mg·kg⁻¹). W warstwie 5–10 cm optymalna dawka azotu w porównaniu z obniżoną wpłynęła na wzrost zawartości fosforu przyswajalnego o 3,0%, a w warstwie 15–20 cm na spadek zawartości tego pierwiastka o 6,5%. Jesienią w warstwie 5–10 cm najwyższą zawartość fosforu przyswajalnego w glebie stwierdzono na poletkach z mulczem żytnim (86,6 mg·kg⁻¹), a w warstwie 15–20 cm na poletkach ze słomą wymieszaną broną (87,0 mg·kg⁻¹). W obu warstwach najniższą wartość tego pierwiastka zanotowano na glebie zmulczowanej gorczycą (średnio 75,3 mg·kg⁻¹). Optymalna dawka azotu, w porównaniu z obniżoną, wpłynęła na wzrost zawartości fosforu przyswajalnego w glebie o 4,2% w warstwie płytszej i o 5,6% w warstwie głębszej.

We wszystkich systemach uprawy buraka cukrowego od wiosny do jesieni zawartość fosforu przyswajalnego w glebie wzrosła. Największy wzrost tego pierwiastka w obu warstwach stwierdzono na poletkach zmulczonych wyką ozimą – o 14,9% w warstwie 5–10 cm i o 23,0% w warstwie 15–20 cm.

Tabela 21. Zawartość fosforu przyswajalnego w glebie w mg·kg⁻¹ (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	W okresie wschodów			W okresie zbioru		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
5–10 cm						
Gorzycza - mulcz	71,8	66,2	69,0	78,5	69,8	74,2
Słoma przykryta kultyw.	74,4	74,1	74,3	82,6	79,5	81,1
Słoma wymieszana broną	76,1	74,6	75,4	80,4	77,2	78,8
Żyto - mulcz	78,4	75,5	77,0	86,5	87,1	86,8
Wyka oz. - mulcz	67,7	67,1	67,4	80,6	77,8	79,2
Średnio	73,7	71,5	–	81,7	78,3	–
15–20 cm						
Gorzycza - mulcz	66,6	70,5	68,6	78,1	74,4	76,3
Słoma przykryta kultyw.	74,0	81,0	77,5	81,8	84,7	83,3
Słoma wymieszana broną	65,6	74,3	70,0	90,5	83,4	87,0
Żyto - mulcz	82,0	78,9	80,5	87,7	85,0	86,4
Wyka oz. - mulcz	59,9	65,8	62,9	88,2	75,2	81,7
Średnio	69,6	74,1	–	85,3	80,5	–

Wiosną systemy uprawy wpłynęły na zróżnicowanie zawartości **potasu przyswajalnego** w glebie (tab. 22). Najwięcej tego pierwiastka (210,5 mg·kg⁻¹) w warstwie 5–10 cm zawierała gleba ze słomą przykrytą kultywATOREM, a w warstwie 15–20 cm gleba zmulczowana gorzycą (192,5 mg·kg⁻¹). Najniższą koncentracją tego pierwiastka w warstwie 5–10 cm stwierdzono na poletkach zmulczowanych żytem (182,9 mg·kg⁻¹), a w warstwie 15–20 cm na poletkach ze słomą wymieszaną broną (155,9 mg·kg⁻¹). W obu badanych warstwach zawartość potasu przyswajalnego była wyższa po zastosowaniu azotu w dawce 120 kg·ha⁻¹ w porównaniu z dawką 80 kg·ha⁻¹. Różnica ta wynosiła 4,4% w warstwie 5–10 cm i 5,4% w warstwie 15–20 cm. Jesienią podobnie jak wiosną, systemy uprawy wpłynęły na zróżnicowanie zawartości tego pierwiastka w glebie. W warstwie 5–10 cm najwyższą zawartością potasu przyswajalnego (146,7 mg·kg⁻¹) charakteryzowała się gleba zmulczowana gorzycą, a w warstwie 15–20 cm gleba zmulczowana żytem (150,9 mg·kg⁻¹). Najniższe zawartości tego pierwiastka w warstwie 5–10 cm stwierdzono na poletkach ze słomą wymieszaną broną i poletkach zmulczowanych wyką ozimą (średnio 131,7 mg·kg⁻¹), a w warstwie 15–20 cm na poletkach zmulczowanych wyką ozimą (132,5 mg·kg⁻¹). Optymalna dawka azotu, w porównaniu z obniżoną, wpłynęła na wzrost zawartości potasu przyswajalnego o 10,1% w warstwie płytszej i o 13,0% w warstwie głębszej.

W okresie wegetacji buraka cukrowego zawartość potasu przyswajalnego na wszystkich obiektach uległa zmniejszeniu. Największe różnice między wiosną, a jesienią stwierdzono na poletkach ze słomą przykrytą kultywATOREM w warstwie 5–10 cm (różnica 73,8 mg·kg⁻¹) i na poletkach zmulczowanych gorzycą w warstwie 15–20 cm (różnica 47,5 mg·kg⁻¹).

Tabela 22. Zawartość potasu przyswajalnego w glebie w mg·kg⁻¹ (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	W okresie wschodów			W okresie zbioru		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
5–10 cm						
Gorzycza - mulcz	203,3	175,0	189,2	170,0	123,3	146,7
Słoma przykryta kultyw.	204,2	216,7	210,5	140,0	133,3	136,7
Słoma wymieszana broną	170,8	200,0	185,4	141,7	121,7	131,7
Żyto - mulcz	188,3	177,5	182,9	141,7	135,0	138,4
Wyka oz. - mulcz	220,8	175,0	197,9	128,3	135,0	131,7
Średnio	197,5	188,8	–	144,3	129,7	–
15–20 cm						
Gorzycza - mulcz	199,2	185,8	192,5	168,3	121,7	145,0
Słoma przykryta kultyw.	184,2	183,3	183,8	145,0	135,0	140,0
Słoma wymieszana broną	164,2	147,5	155,9	176,6	120,0	148,3
Żyto - mulcz	176,7	158,3	167,5	145,0	156,7	150,9
Wyka oz. - mulcz	156,7	158,3	157,5	131,7	133,3	132,5
Średnio	176,2	166,6	–	153,3	133,3	–

3.4. Oddychanie gleby

Istotne zróżnicowanie intensywności **oddychania gleby** w różnych systemach uprawy stwierdzono jedynie w terminie zwarcia rzędów buraka cukrowego (tab. 23). W tym terminie wystąpiła najintensywniejsza respiracja gleby na obiektach zmulczowanych żytem i wyką ozimą (średnio 0,44 g CO₂·m⁻²·h⁻¹). Poletka ze słomą miały nieco słabszą wymianę gazową w tym terminie (średnio 0,38 g CO₂·m⁻²·h⁻¹). Nie stwierdzono istotnego zróżnicowania intensywności oddychania gleby pod wpływem drugiego czynnika doświadczenia, jak i ich

Tabela 23. Intensywność oddychania gleby w g CO₂ · m⁻² · h⁻¹ (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	W okresie wschodów			Po zwarciu rzędów			W okresie zbioru		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
Gorzycza - mulcz	0,29	0,31	0,30	0,39	0,40	0,40	0,33	0,33	0,33
Słoma przykryta kultyw.	0,34	0,31	0,33	0,39	0,39	0,39	0,29	0,30	0,30
Słoma wymieszana broną	0,33	0,33	0,33	0,36	0,38	0,37	0,31	0,29	0,30
Żyto - mulcz	0,37	0,31	0,34	0,43	0,42	0,43	0,28	0,32	0,30
Wyka oz. - mulcz	0,31	0,36	0,34	0,43	0,45	0,44	0,28	0,30	0,29
Średnio	0,33	0,32	–	0,40	0,41	–	0,30	0,31	–
NIR _{0,05} systemy uprawy	r.n.			0,02			r.n.		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.			r.n.		

interakcji. Ilość wydzielonego dwutlenku węgla w jednostce czasu w okresie wschodów i zbioru na poletkach ze słomą była dokładnie taka sama i wynosiła odpowiednio $0,33 \text{ g CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ i $0,30 \text{ g CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$. W okresie wschodów i po zwarciu rzędów gleba zmulczowana roślinami ozimymi charakteryzowała się najwyższym oddychaniem w stosunku do pozostałych obiektów, natomiast jesienią różnice te zatarły się.

3.5. Zachwaszczenie ładu

Ocena zachwaszczenia buraka cukrowego przeprowadzona miesiąc po ostatnim zabiegu herbicydowym wykazała, że zastosowane systemy uprawy istotnie różnicowały występowanie wszystkich gatunków występujących w ładzie, pozostałych gatunków chwastów oraz występowanie *Echinochloa crus-galli* (tab. 24). Systemy uprawy konserwującej z wykorzystaniem mulczu z żyta i wyki ozimej wpłynęły na ograniczenie całkowitej liczby chwastów w porównaniu z kontrolą – w przypadku zastosowania optymalnej dawki azotu średnio o 16,8%, a w przypadku obniżonej dawki o 18%. Natomiast przykryta słoma zwiększyła zachwaszczenie ładu w obu dawkach azotu w stosunku do kontroli odpowiednio o 17,4% i 1,1%. Podobne zależności w zachwaszczeniu występowały w pozostałych gatunkach chwastów. Dominującym gatunkiem na wszystkich poletkach była chwastnica jednostronna. Najwięcej jej występowało na poletkach zmulczowanych żytem ($7 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$), a najmniej na poletkach ze słomą wymieszaną broną ($4,2 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$). Poziom nawożenia azotowego istotnie różnicował ogólną liczbę chwastów i pozostałe gatunki. Obniżona dawka azotu, w porównaniu z optymalną, wpłynęła na ograniczenie występowania chwastów ogółem o 20,1% i pozostałych gatunków o 30,2%. Nie udowodniono statystycznie wpływu interakcji obu czynników doświadczenia na zachwaszczenie ładu.

3.6. Wschody i obsada końcowa

Zastosowane systemy uprawy konserwującej przyczyniły się do istotnego różnicowania **wskaźnika wschodów** buraka cukrowego zarówno na początku, jak i na końcu wschodów (tab. 25). Mulcz z gorzycy przyczynił się do istotnie większego wskaźnika o 3,9% w stosunku do obiektów ze słomą, a do obiektów z mulczami z roślin ozimych – o 25,6%. Różnica ta malała w miarę wzrostu buraka cukrowego i w końcowym okresie wschodów wynosiła 17,1% w przypadku obiektów z mulczami z roślin ozimych. Natomiast w końcowym okresie wschodów buraki na słomie wschodziły lepiej o 5,1% niż na kontroli. W obu terminach najgorzej buraki wschodziły na poletkach z mulczem żytnim. W początkowym i końcowym okresie nie stwierdzono istotnego różnicowania wschodów wywołanego dawkami azotu. Lepsze wschody zanotowano na wszystkich poletkach z uprawą konserwującą i optymalną dawką azotu, oprócz obiektu ze słomą wymieszaną broną. Istotną

Tabela 24. Zachwaszczenie wtórne – liczba chwastów na 1 m² (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	<i>Echinochloa crus-galli</i>	<i>Galium aparine</i>	<i>Chenopodium album</i>	<i>Brassica napus</i>	Pozostałe*	Razem
1 N						
Gorzycza - mulcz	5,6	1,1	1,7	1,7	10,6	20,0
Słoma przykryta kultyw.	3,9	1,7	0,6	1,1	15,6	22,8
Słoma wymieszana broną	5,0	2,8	1,1	0,0	15,0	25,6
Żyto - mulcz	7,2	1,1	0,6	0,6	10,0	19,4
Wyka oz. - mulcz	3,9	2,8	0,6	0,0	6,7	13,9
Średnio	5,1	1,9	0,9	0,7	11,6	20,3
2/3 N						
Gorzycza - mulcz	3,9	0,0	1,1	1,1	11,7	18,3
Słoma przykryta kultyw.	7,2	2,8	0,6	0,6	9,4	20,6
Słoma wymieszana broną	3,3	3,3	1,1	0,0	7,8	15,6
Żyto - mulcz	6,7	1,1	0,0	1,7	5,0	15,0
Wyka oz. - mulcz	5,0	2,2	0,6	0,6	6,7	15,0
Średnio	5,2	1,9	0,7	0,8	8,1	16,9
Średnio						
Gorzycza - mulcz	4,8	0,6	1,4	1,4	11,2	19,2
Słoma przykryta kultyw.	5,6	2,3	0,6	0,9	12,5	21,7
Słoma wymieszana broną	4,2	3,1	1,1	0,0	11,4	20,6
Żyto - mulcz	7,0	1,1	0,3	1,2	7,5	17,2
Wyka oz. - mulcz	4,5	2,5	0,6	0,3	6,7	14,5
NIR _{0,05} systemy uprawy	1,7	r.n.	r.n.	r.n.	3,9	4,5
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	2,3	2,4
NIR _{0,05} interakcja	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

**Amaranthus retroflexus*, *Veronica persica*, *Polygonum convolvulus*, *Thlaspi arvense*, *Equisetum arvense*, *Setaria viridis*, *Cirsium arvense*, *Viola arvensis*, *Geranium pusillum*

interakcję obu czynników doświadczenia odnotowano tylko pod koniec wschodów. Najwyższy wskaźnik wschodów (0,84) odnotowano na poletkach ze słomą i w obu dawkach azotu, a najniższy (0,61) na poletkach z mulczem żytnim przy obniżonej dawce azotu.

Obsada końcowa roślin została statystycznie potwierdzona tylko przez pierwszy czynnik doświadczenia (tab. 25). Najwięcej roślin w okresie zbioru (85,5 tys.·ha⁻¹) stwierdzono na kontroli (gleba zmulczowana gorzycą), a najmniej (68,2 tys.·ha⁻¹) na glebie zmulczowanej żytem. Na poletkach ze słomą stwierdzono średnio 82,8 tys.·ha⁻¹ roślin, a na poletkach zmulczowanych wyką ozimą – 73,9 tys.·ha⁻¹. Dawki azotu i interakcja obu czynników doświadczenia nie miały istotnego wpływu na tę cechę. Różnica w obsadzie końcowej między dawkami azotu wynosi 1,4% na korzyść obniżonej dawki azotu.

Tabela 25. Wskaźnik wschodów oraz obsada końcowa (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	Wskaźnik wschodów						Obsada końcowa tys. szt·ha ⁻¹		
	początek wschodów			koniec wschodów			1 N	2/3 N	średnio
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio			
Gorczyca - mulcz	0,76	0,76	0,76	0,77	0,81	0,79	82,7	88,2	85,5
Słoma przykryta kultyw.	0,76	0,75	0,75	0,84	0,81	0,83	84,6	83,1	83,9
Słoma wymieszana broną	0,69	0,73	0,71	0,81	0,84	0,83	80,6	82,8	81,7
Żyto - mulcz	0,53	0,52	0,53	0,62	0,61	0,62	67,6	68,8	68,2
Wyka oz. - mulcz	0,62	0,58	0,60	0,72	0,65	0,69	74,8	73,0	73,9
Średnio	0,67	0,67	–	0,75	0,74	–	78,1	79,2	–
NIR _{0,05} systemy uprawy	0,04			0,04			5,6		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			0,06			r.n.		

3.7. Plony korzeni

W kolejnych latach doświadczenia na poszczególnych obiektach **plony korzeni** były wysokie i wyraźnie zróżnicowane, w głównej mierze przez warunki atmosferyczne (tab. 26). Istotnie najwyżej plonował burak cukrowy (średnio 72,3 t·ha⁻¹) w drugim roku badań, w którym warunki pogodowe były sprzyjające dla rozwoju tej rośliny. Niższe średnio o 8,7% plony zebrano w pierwszym roku, a średnio o 28,4% w trzecim roku doświadczenia, w którym niekorzystne warunki pogodowe (stagnująca woda) zahamowała wzrost roślin w początkowym okresie.

Systemy uprawy wpłynęły istotnie na plony korzeni buraka w każdym badanym roku. W pierwszym roku badań najwyższe plony uzyskano na poletkach zmulczowanych gorczycą (80,2 t·ha⁻¹), a najniższe (44,5 t·ha⁻¹) na poletkach zmulczowanych żytem. Plony korzeni na poletkach zmulczowanych wyką ozimą i słomą przykrytą kultywATOREM były nieco niższe od kontroli, odpowiednio o 8,1% i 10,2%. Różnica w plonowaniu między dawkami azotu wynosiła 11% na korzyść obniżonej dawki i była nieistotna.

W drugim roku, charakteryzującym się korzystnym przebiegiem pogody, uzyskano bardzo wysokie plony korzeni po zastosowaniu mulczu z wyki ozimej (93,4 t·ha⁻¹), a najniższe po mulczu z żyta (62,3 t·ha⁻¹). Plony korzeni przy obu dawkach azotu były podobne.

Trzeci rok badań był najmniej korzystny dla rozwoju buraka cukrowego pod względem przebiegu pogody. Istotnie najwyższe plony, w stosunku do pozostałych systemów uprawy, uzyskano na poletkach ze słomą wymieszaną broną (59,3 t·ha⁻¹), a nieco niższe (48,9 t·ha⁻¹) po zastosowaniu mulczu z żyta. Najniższe plony (46,4 t·ha⁻¹) uzyskano przykrywając słomę kultywATOREM. Różnice w plonowaniu buraka wywołane dawkami azotu nie przekroczyły 6,7% i były nieistotne.

Tabela 26. Plony korzeni w t·ha⁻¹

Systemy uprawy	2008			2009			2010			Średnio		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
Gorzycza - mulcz	74,3	86,1	80,2	70,9	77,1	74,0	44,4	49,9	47,2	63,2	71,0	67,1
Słoma przykryta kultyw.	56,7	87,3	72,0	69,4	67,4	68,4	38,1	54,7	46,4	54,7	69,8	62,3
Słoma wymieszana broną	64,8	54,0	59,4	63,6	63,6	63,6	61,1	57,5	59,3	63,2	58,4	60,8
Żyto - mulcz	40,5	48,5	44,5	61,2	63,3	62,3	58,3	56,1	57,2	53,3	56,0	54,7
Wyka oz. - mulcz	76,2	71,2	73,7	98,2	88,6	93,4	47,9	49,9	48,9	74,1	69,9	72,0
Średnio	62,5	69,4	–	72,7	72,0	–	50,0	53,6	–	61,7	65,0	–
NIR _{0,05} systemy uprawy	12,9			11,2			10,1			5,9		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.			r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.			r.n.			r.n.		

Statystyczna analiza plonów korzeni buraka cukrowego z lat 2008–2010 wykazała istotny wpływ systemów uprawy na plonowanie tej rośliny. Najwyższe plony korzeni ($72,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) uzyskano na poletkach zmulczowanych wyką ozimą, a najniższe ($54,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) na poletkach zmulczowanych żytem. Plony korzeni na obiektach ze słomą były na poziomie średnio $61,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Dawki azotu nie wpłynęły istotnie na tę cechę. Jednak obniżona dawka azotu, w porównaniu z optymalną wpłynęła na wzrost plonu korzeni o 6,2%. Analiza statystyczna nie potwierdziła w żadnym roku badań istotnego zróżnicowania plonowania buraka cukrowego pod wpływem współdziałania obu czynników doświadczenia. Najwyższe średnie plony korzeni ($74,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) uzyskano na poletkach zmulczowanych wyką ozimą i optymalną dawką azotu.

3.8. Cechy morfologiczne korzeni

Przeciętna **masa, długość i grubość** korzenia były większe po zastosowaniu mulczu z wyki ozimej w porównaniu do pozostałych obiektów (tab. 27). Jednak statystycznie udowodnione różnice wystąpiły tylko w przypadku masy i grubości korzenia. Masa korzeni uprawianych na mulczu z roślin ozimych była wyższa od kontroli o 22,8%, a na słomie niższa o 2,5%. Ta sama zależność wystąpiła w grubości korzenia. Korzenie uprawiane na mulczu z roślin ozimych były grubsze od kontroli o 8,2%, a uprawiane na słomie – o 2,7%. Korzenie uprawiane na mulczu z gorczycy (kontrola) i mulczu z roślin ozimych miały większą masę i długość korzenia, a uprawiane na słomie – większą grubość. Nie udowodniono istotnego wpływu zastosowanych dawek azotu na omawiane cechy. Jednak można zaobserwować, że obniżona dawka azotu, w porównaniu z optymalną wpływała na korzyść omawianych cech. Współdziałanie obu czynników doświadczenia nie spowodowało istotnych różnic w otrzymanych wynikach. Największą średnią masę (1,08 kg) i długość (20,8 cm) uzyskano uprawiając buraka na mulczu z wyki ozimej.

Współczynnik spłaszczenia nie był istotnie różnicowany przez pierwszy czynnik doświadczenia (tab. 27). Największy współczynnik (1,86) stwierdzono u buraków uprawianych na słomie wymieszanej broną, a najmniejszy (1,68) – po zastosowaniu mulczu z gorczycy (kontrola). Na poletkach z mulczami z roślin ozimych współczynnik ten był taki sam i wynosił 1,77. Dawki azotu nie wpłynęły w sposób istotny na ten wskaźnik. Wartość współczynnika spłaszczenia była niższa po zastosowaniu azotu w dawce $80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nie stwierdzono istotnego wpływu interakcji obu czynników doświadczenia na tę cechę. Najwyższy współczynnik (1,89) stwierdzono na obiekcie ze słomą wymieszaną broną i obniżoną dawką azotu, a najniższy – na kontroli (1,63) przy wyższej dawce azotu.

Wysokość wystawiania korzeni buraka, uwzględniająca ich zagłębienie w glebie, była istotnie różnicowana tylko przez dawki azotu (tab. 28). Najbardziej wystawały korzenie

Tabela 27. Cechy morfologiczne korzeni (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	Masa 1 korzenia kg			Długość korzenia cm			Grubość korzenia cm			Współczynnik spłaszczenia ¹		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
Gorzycza - mulcz	0,75	0,83	0,79	17,9	19,1	18,5	10,9	11,0	11,0	1,63	1,73	1,68
Słoma przykryta kultyw.	0,66	0,87	0,77	19,0	20,5	19,8	10,4	11,2	10,8	1,78	1,82	1,80
Słoma wymieszana broną	0,80	0,71	0,76	19,6	19,7	19,7	10,7	10,4	10,6	1,82	1,89	1,86
Żyto - mulcz	0,84	0,85	0,85	21,1	20,5	20,8	11,7	12,2	12,0	1,80	1,74	1,77
Wyka oz. - mulcz	1,11	1,04	1,08	20,9	20,7	20,8	11,8	11,6	11,7	1,76	1,77	1,77
Średnio	0,83	0,86	–	19,7	20,1	–	11,1	11,3	–	1,76	1,79	–
NIR _{0,05} systemy uprawy	0,10			r.n.			0,8			r.n.		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.			r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.			r.n.			r.n.		

¹stosunek grubości do długości korzenia

na poletkach kontrolnych (mulcz z gorczycy) – 25,6% długości korzeni. Nieco mniej, bo 25,0% długości korzeni wystawało na poletkach z mulczem z wyki ozimej. Najmniej (20,2%) wystawały korzenie buraka na poletkach ze słomą wymieszaną kultywATOREM. Buraki uprawiane na poletkach z dawką 120 kg·ha⁻¹ wystawały średnio 24,8% długości korzeni, a przy dawce 80 kg·ha⁻¹ – 21,8% długości korzeni. Nie odnotowano istotnego wpływu interakcji obu czynników doświadczenia na tę cechę.

Tabela 28. Odporność korzeni na wywracanie (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	Wysokość wystawiania % ¹			Współczynnik odporności na wywracanie ²		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
Gorczyca - mulcz	27,2	24,0	25,6	3,8	4,4	4,1
Słoma przykryta kultyw.	21,5	18,9	20,2	4,5	5,2	4,9
Słoma wymieszana broną	24,9	21,4	23,2	4,2	5,0	4,6
Żyto - mulcz	25,1	20,1	22,6	4,4	5,2	4,8
Wyka oz. - mulcz	25,2	24,8	25,0	4,3	4,3	4,3
Średnio	24,8	21,8	-	4,2	4,8	-
NIR _{0,05} systemy uprawy	r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} dawki azotu	2,0			0,3		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.		

¹ % obliczono na podstawie długości korzenia i wysokości wystawiania

² stosunek długości korzeni do wysokości wystawiania ponad powierzchnię gleby

Systemy uprawy oraz interakcja obu czynników doświadczenia nie wywarły istotnego wpływu na **współczynnik odporności na wywracanie** (tab. 28). Istotne zróżnicowanie tego parametru wystąpiło na poziomie dawek azotu. Najwyższą wartość współczynnika (4,9) osiągnęły buraki uprawiane na słomie wymieszanej broną i na poletkach zmulczowanych żytem (4,8), co świadczy o najmniejszym wywracaniu się korzeni podczas zbioru. Natomiast najniższą wartość tego współczynnika (4,1) osiągnięto na kontroli (mulcz z gorczycy) – największe wywracanie. Obniżona dawka azotu, w porównaniu z optymalną, wpłynęła wyższą wartość współczynnika o 12,5%.

3.9. Wewnętrzne cechy jakościowe korzeni

Zawartość związków melasotwórczych w korzeniach buraka cukrowego charakteryzuje surowiec pod względem jakości przerobowej. Azot α -aminowy i sód pozwala zakwalifikować surowiec jako średnio dobry, a potas jako nieodpowiedni [Ziegler 1998].

Systemy uprawy konserwującej, dawki azotu i ich interakcja nie wpłynęły istotnie na zawartość **azotu α -aminowego** w korzeniach buraka cukrowego (tab. 29). Najwyższą koncentrację (22,5 mmol·kg⁻¹ miazgi) oznaczono w korzeniach uprawianych na słomie wymieszanej broną, a najniższą (17,2 mmol·kg⁻¹ miazgi) na słomie przykrytej kultywATOREM.

Różnica w zawartości tego melasotworu między dawkami azotu wyniosła 4,8% na korzyść dawki optymalnej.

Pierwszy i drugi czynnik doświadczenia oraz ich interakcja nie wpłynęły istotnie na zawartość **potasu** w korzeniach buraka cukrowego. Najwięcej potasu ($52,9 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ miazgi) zawierały korzenie buraka uprawiane na mulczu z gorzycy, a najmniej ($47,3 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ miazgi) – na słomie przykrytej kultywatozem. Zawartość potasu była wyższa o 0,9 po zastosowaniu dawki optymalnej w porównaniu z obniżoną.

Również zawartość **sodu** w korzeniach nie była istotnie różnicowana przez czynniki doświadczenia i ich interakcję. Wśród systemów uprawy konserwującej najniższą zawartość sodu ($5,5 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ miazgi) oznaczono w korzeniach zebranych z poletek zmulczowanych gorzycą, a najwyższą ($8,5 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ miazgi) na poletkach zmulczowanych żytem. Zawartości sodu była wyższa o $0,5 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ miazgi po zastosowaniu dawki optymalnej w porównaniu z dawką obniżoną.

Tabela 29. Zawartość składników melasotwórczych w korzeniach w $\text{mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ miazgi (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	Azot α -aminowy			Potas			Sód		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
Gorzycyca - mulcz	19,7	19,3	19,5	53,9	51,9	52,9	6,4	4,6	5,5
Słoma przykryta kultyw.	17,1	17,2	17,2	48,2	46,3	47,3	7,3	6,7	7,0
Słoma wymieszana broną	21,8	23,2	22,5	50,6	51,6	51,1	7,2	7,6	7,4
Żyto - mulcz	18,0	18,1	18,1	53,1	50,6	51,9	8,7	8,3	8,5
Wyka oz. - mulcz	17,4	20,5	19,0	48,7	49,7	49,2	6,5	6,5	6,5
Średnio	18,8	19,7	–	50,9	50,0	–	7,2	6,7	–
NIR _{0,05} systemy uprawy	r.n.			r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.			r.n.		

Zawartość cukru w korzeniach buraka była istotnie zróżnicowana przez systemy uprawy konserwującej (tab. 30). Najwyższą zawartość cukru (15,8%) oznaczono w korzeniach uprawianych na słomie wymieszanej broną, a najniższą (14,7%) w korzeniach uprawianych na mulczu z wyki ozimej. Dawki azotu nie wpłynęły istotnie na polaryzację. Różnica między optymalną, a obniżoną dawką azotu wynosiła 0,1 pkt. % na korzyść dawki obniżonej. Interakcja obu czynników doświadczenia nie wpłynęła istotnie na tę cechę. Najwięcej cukru (15,8%) zawierały korzenie uprawiane na poletkach ze słomą wymieszaną broną przy obu dawkach azotu, a najmniej (14,6%) – na mulczu z wyki ozimej i obniżonej dawce azotu.

Wydajność cukru, będąca różnicą między koncentracją sacharozy a zawartością składników melasotwórczych, była istotnie zróżnicowana przez systemy uprawy (tab. 30). Najwyższa wydajność cukru (15,5%) była na poletkach ze słomą wymieszaną broną, a najniższa (14,4%) na poletkach z mulczem z wyki ozimej. Drugi czynnik doświadczenia nie wpłynął istotnie na tę cechę. Obniżona dawka azotu, w porównaniu z optymalną, wpłynęła na wyższą wydajność cukru o 0,1 pkt. %. Analiza interakcji czynników doświadczenia nie wpłynęła istotnie na wydajność cukru. Największą wydajnością cukru (15,5%) odznaczały się korzenie zebrane z poletek ze słomą wymieszaną broną przy obu dawkach azotu, a najmniejszą (14,3%) uprawiane na mulczu z wyki ozimej przy dawce obniżonej.

Tabela 30. Cukrowość korzeni (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	Zawartość cukru %			Wydajność cukru %			Technologiczny plon cukru w t·ha ⁻¹		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
Gorczyca - mulcz	14,9	15,2	15,1	14,6	14,9	14,8	8,8	10,6	9,7
Słoma przykryta kultyw.	15,0	15,2	15,1	14,7	14,9	14,8	8,0	10,4	9,2
Słoma wymieszana broną	15,8	15,8	15,8	15,5	15,5	15,5	9,8	9,0	9,4
Żyto - mulcz	15,2	15,2	15,2	14,9	14,9	14,9	7,9	8,3	8,1
Wyka oz. - mulcz	14,8	14,6	14,7	14,5	14,3	14,4	10,6	10,0	10,3
Średnio	15,1	15,2	–	14,8	14,9	–	9,0	9,7	–
NIR _{0,05} systemy uprawy	0,5			0,5			r.n.		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.			3,3		

Plon cukru technologicznego uzyskany w całym doświadczeniu był wysoki (tab. 30). Zastosowane systemy uprawy oraz dawki azotu nie różnicowały istotnie tej cechy. Najwyższy plon technologiczny cukru (10,3 t·ha⁻¹) uzyskano z korzeni uprawianych na mulczu z wyki ozimej, a najniższy (8,1 t·ha⁻¹) na mulczu żytnim. Obniżona dawka azotu, w porównaniu z optymalną, wpłynęła na wzrost plonu cukru technologicznego o 7,7%. Analiza współdziałania obu czynników doświadczenia wykazała istotny ich wpływ na tę cechę. Najwyższy plon cukru technologicznego (10,6 t·ha⁻¹) uzyskano na kontroli przy obniżonej dawce azotu i na poletkach zmulczowanych wyką ozimą przy optymalnej dawce azotu. Najniższy plon cukru (7,9 t·ha⁻¹) uzyskano na poletkach uprawianych na mulczu żytnim i optymalnej dawce azotu.

3.10. Plony liści

Średnie **plony liści** były istotnie zróżnicowane pod wpływem pierwszego czynnika doświadczenia w pierwszym i drugim roku badań oraz średnich z trzech lat (tab. 31).

Najniższe plony ($29,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) uzyskano w roku 2008 na poletkach ze słomą wymieszaną broną, a najwyższe ($51,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) na poletkach z mulczem z wyki ozimej w drugim roku prowadzenia eksperymentu.

W pierwszym roku doświadczenia najwyższe plony liści ($46,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) uzyskano na poletkach ze słomą przykrytą kultywATOREM i były wyższe od najniższego plonu uzyskanego na poletkach ze słomą wymieszaną broną ($29,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) o 36,4%. Plony liści na poletkach z mulczami z roślin ozimych były niższe od najwyższego plonu średnio o 22,6%. Optymalna dawka azotu, w porównaniu z obniżoną, różnicowała plon liści buraka w niewielkim stopniu.

W drugim roku badań różnica między najwyższym plonem ($51,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) uzyskanym na poletkach zmulczowanych wyką ozimą, a najniższym ($37,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) uzyskanym na poletkach ze słomą wymieszaną broną wynosiła 27,5%, a kontrolą (poletka zmulczowane gorczyczą – 18,1%). Optymalna dawka azotu, w porównaniu z obniżoną, wpłynęła nieistotnie na spadek plonu liści buraka o 3,5%.

W trzecim roku badań plony liści nie były istotnie różnicowane przez czynniki doświadczenia i ich interakcję. Najwyższe plony ($48 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) uzyskano na poletkach ze słomą wymieszaną broną, a najniższe ($41,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) na poletkach zmulczowanych żytem. Obniżona dawka azotu, w porównaniu z optymalną, wpłynęła nieistotnie na wzrost plonu liści o 1,9%.

Średnie plony liści z lat 2008–2010 były różnicowane tylko przez systemy uprawy. Najwyższe plony liści zebrano z poletek zmulczowanych wyką ozimą ($44,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), nieco niższe z obiektu kontrolnego ($44,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), a najniższe z poletek zmulczowanych żytem ($37,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Dawki azotu nie wpłynęły w sposób istotny na tę cechę. Plon liści w obu dawkach był taki sam ($41,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Zarówno w poszczególnych latach, jak i średnich z lat 2008–2010 nie stwierdzono istotnej interakcji obu czynników doświadczenia.

3.11. Cechy morfologiczne liści

Nie stwierdzono istotnego różnicowania **cech morfologicznych** liści pod wpływem pierwszego i drugiego czynnika doświadczenia oraz ich interakcji z wyjątkiem systemów uprawy w przypadku masy liści z 1 rośliny (tab. 32). Różnica między najwyższą masą liści z 1 rośliny uzyskaną na poletkach zmulczowanych wyką, a najniższą – uzyskaną na poletkach ze słomą wymieszaną broną wynosiła 28,1%. Więcej liści (24,1 szt.) o największej masie (0,64 kg) i największej powierzchni asymilacyjnej ($0,42 \text{ m}^2$) wytworzyły rośliny uprawiane na mulczu z wyki ozimej. Natomiast najmniej liści (22,7 szt.) o najmniejszej masie (0,46 kg) i powierzchni asymilacyjnej ($0,33 \text{ m}^2$) stwierdzono na obiekcie ze słomą wymieszaną broną.

Tabela 31. Plony liści w t·ha⁻¹

Systemy uprawy	2008			2009			2010			Średnio		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
Gorzycza - mulcz	45,4	45,4	45,4	37,2	46,8	42,0	52,0	39,8	45,9	44,9	44,0	44,5
Słoma przykryta kultyw.	42,8	49,3	46,1	37,9	37,1	37,5	40,9	46,2	43,6	40,6	44,2	42,4
Słoma wymieszana broną	30,1	28,5	29,3	35,1	39,3	37,2	45,1	50,9	48,0	36,8	39,6	38,2
Żyto - mulcz	35,3	28,2	31,8	37,5	39,5	38,5	42,4	39,9	41,2	38,4	35,9	37,2
Wyka oz. - mulcz	39,3	39,6	39,5	54,2	48,3	51,3	45,0	41,6	43,3	46,2	43,2	44,7
Średnio	38,6	38,2	–	40,4	42,2	–	45,1	43,7	–	41,4	41,4	–
NIR _{0,05} systemy uprawy	10,0			9,5			r.n.			5,9		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.			r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.			r.n.			r.n.		

Tabela 32. Cechy morfologiczne liści (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	Liczba liści z 1 rośliny			Masa liści z 1 rośliny w kg			Powierzchnia asymilacyjna 1 rośliny w m ²		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
Gorzycza - mulcz	22,7	25,3	24,0	0,49	0,50	0,50	0,35	0,37	0,36
Słoma przykryta kultyw.	25,0	24,3	24,7	0,47	0,54	0,51	0,32	0,38	0,35
Słoma wymieszana broną	21,9	23,4	22,7	0,45	0,47	0,46	0,32	0,34	0,33
Żyto - mulcz	23,2	22,6	22,9	0,62	0,53	0,58	0,39	0,36	0,38
Wyka oz. - mulcz	24,7	23,5	24,1	0,65	0,62	0,64	0,42	0,42	0,42
Średnio	23,5	23,8	–	0,53	0,53	–	0,36	0,37	–
NIR _{0,05} systemy uprawy	r.n.			0,08			r.n.		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.			r.n.		

3.12. Analiza wskaźnikowa wzrostu buraka cukrowego

Systemy uprawy buraka cukrowego, dawki azotu oraz ich interakcja nie wpłynęły w sposób istotny na zróżnicowanie **współczynnika i wskaźnika ulistnienia**, a także **wskaźnika pokrycia liściowego** (tab. 33). Najwyższym współczynnikiem ulistnienia (0,73) charaktery-

Tabela 33. Analiza wskaźnikowa wzrostu buraka cukrowego (średnie z lat 2008–2010)

Systemy uprawy	Współczynnik ulistnienia ¹			Wskaźnik ulistnienia ²			Wskaźnik pokrycia liściowego (LAI) ³		
	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio	1 N	2/3 N	średnio
Gorzycza - mulcz	0,77	0,65	0,71	0,29	0,29	0,29	2,9	3,3	3,1
Słoma przykryta kultyw.	0,80	0,65	0,73	0,29	0,28	0,29	2,7	3,2	2,9
Słoma wymieszana broną	0,58	0,68	0,63	0,26	0,29	0,28	2,6	2,9	2,8
Żyto - mulcz	0,75	0,64	0,70	0,28	0,26	0,27	2,6	2,4	2,5
Wyka oz. - mulcz	0,66	0,64	0,65	0,25	0,26	0,26	3,0	2,9	3,0
Średnio	0,71	0,65	–	0,27	0,28	–	2,8	2,9	–
NIR _{0,05} systemy uprawy	r.n.			r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} dawki azotu	r.n.			r.n.			r.n.		
NIR _{0,05} interakcja	r.n.			r.n.			r.n.		

¹ stosunek plonu liści do plonu korzeni

² stosunek powierzchni asymilacyjnej rośliny do jej biomasy

³ powierzchnia asymilacyjna przypadająca na jednostkę powierzchni gleby

zowały się rośliny uprawiane na poletkach ze słomą przykrytą kultywatorem, a najniższym (0,63) – na poletkach ze słomą wymieszaną broną. Mimo braku udowodnionego wpływu systemów uprawy stwierdzono, że najwyższym wskaźnikiem ulistnienia (0,29) charakteryzowały się poletka zmulczowane górczycą i poletka ze słomą przykrytą kultywatorem, a najniższym (0,26) poletka zmulczowane wyką ozimą.

Wskaźnik pokrycia liściowego (LAI) nie był różnicowany istotnie przez czynniki doświadczenia i ich interakcję (tab. 33). Najwyższy wskaźnik LAI (średnio 3,1) stwierdzono na poletkach zmulczowanych górczycą i wyką ozimą, a najniższy (2,5) na poletkach zmulczowanych żytem. Wyższą wartość tego wskaźnika, w porównaniu z dawką optymalną, odnotowano przy obniżonej dawce azotu. Różnica ta wyniosła 3,6%.

3.13. Zależność plonu korzeni od elementów jego struktury

W przeprowadzonym doświadczeniu plon korzeni buraka cukrowego był uzależniony od wskaźnika pokrycia liściowego (LAI) (współczynnik korelacji $r = 0,794$) oraz od plonu liści ($r = 0,767$) (rys. 5). W nieco mniejszym stopniu plon korzeni buraka zależał także od średniej masy korzeni ($r = 0,685$).

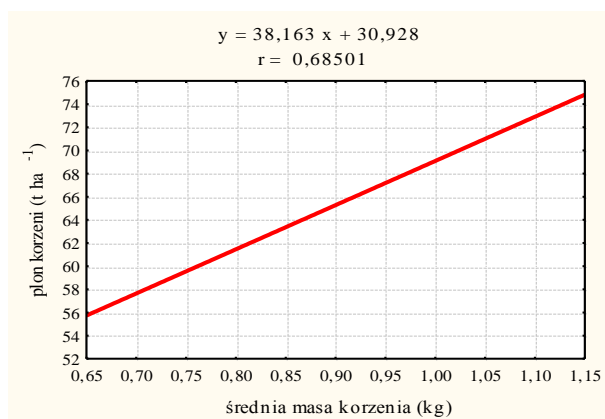
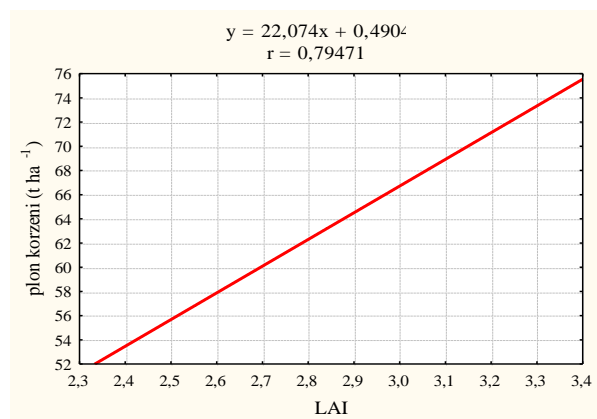
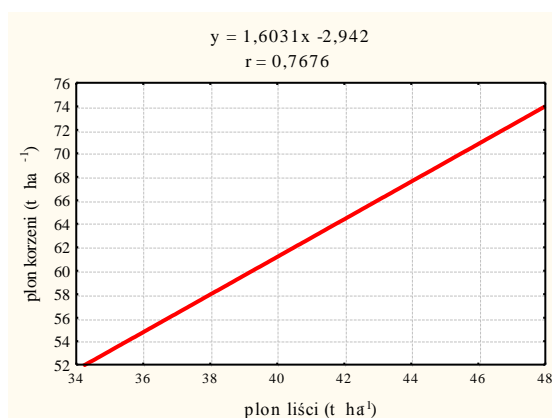
3.14. Właściwości chemiczne liści

Zawartość podstawowych makroelementów w liściach buraka cukrowego przedstawiono na rysunku 6. Ilość **azotu ogólnego** w liściach buraka cukrowego była na zbliżonym poziomie niezależnie od zastosowanej dawki azotu oraz systemów uprawy. Różnica między optymalną, a obniżoną dawką azotu wynosiła tylko 0,1 pkt. % na korzyść dawki obniżonej. Zawartość azotu ogólnego była taka sama przy obu dawkach azotu w systemach uprawy, w których wykorzystano słomę wymieszaną broną i mulcz z wyki ozimej. Najwyższą zawartość azotu (3,4%) zanotowano na obiekcie ze słomą przykrytą kultywatorem, a najniższą (2,7%) – na obiekcie ze słomą wymieszaną broną przy obu dawkach azotu.

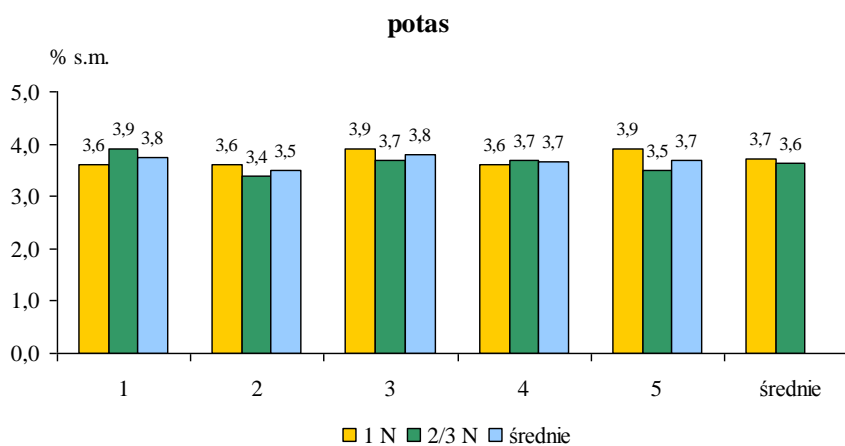
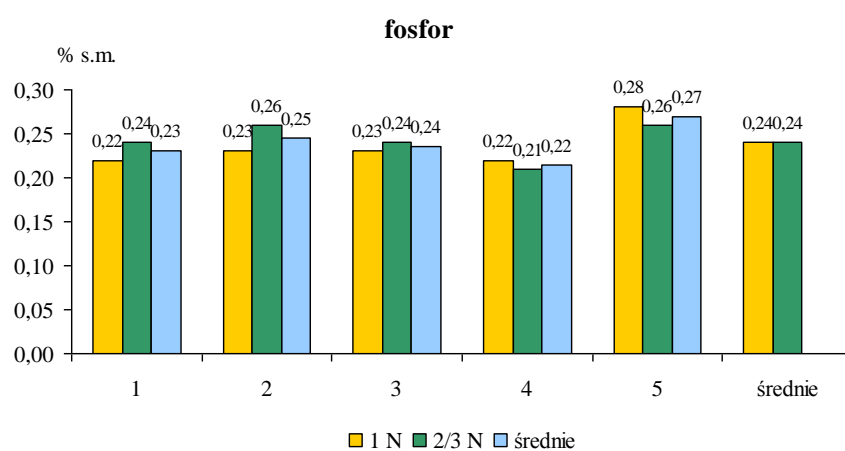
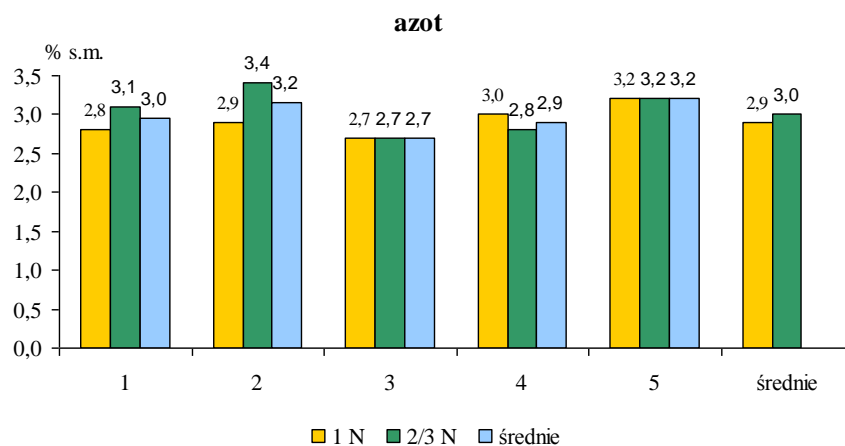
Zawartość **fosforu** na poletkach z optymalną i obniżoną dawką azotu była na tym samym poziomie – 0,24% s.m. Systemy uprawy wyraźne wpłynęły na zróżnicowanie tego pierwiastka. Na obiektach zmulczowanych roślinami ozimymi i zastosowaną optymalną dawką azotu, w porównaniu z obniżoną, zawartość fosforu była wyższa o 0,01 pkt. % na poletkach zmulczowanych żytem i o 0,02 pkt. % na poletkach zmulczowanych wyką ozimą. Na pozostałych obiektach zawartość fosforu była wyższa przy obniżonej dawce azotu.

Zawartość **potasu** na poletkach z optymalną dawką azotu, w porównaniu z dawką obniżoną, była wyższa o 0,1 pkt. %. Najwyższą koncentracją potasu (3,9%) po zastosowaniu optymalnej dawki azotu charakteryzowały się liście z poletek ze słomą wymieszaną broną i z poletek zmulczowanych wyką ozimą, a obniżona dawka azotu – z poletek zmulczowanych

gorzycą. Natomiast najmniejszą koncentracją potasu (3,4%) zanotowano w liściach buraka cukrowego z poletek ze słomą przykrytą kultywatorem.



Rys. 5. Zależność plonu korzeni od elementów jego struktury



Rys. 6. Zawartość podstawowych makroskładników w liściach buraka cukrowego (średnie z lat 2008–2010); 1 – tradycyjna uprawa konserwująca z goriczycą białą pozostawioną do wiosny – mulcz, agregat uprawy, siew, 2 – słoła przedplonowa przykryta kultywatozem do wiosny – mulcz, *Roundup*, agregat uprawy, siew, 3 – słoła przedplonowa wymieszana broną zębowa i pozostawiona do wiosny – mulcz, *Roundup*, agregat uprawy, siew, 4 – uprawa żyta do wiosny – mulcz, *Roundup*, agregat uprawy, siew, 5 – uprawa wyki ozimej do wiosny – mulcz, *Roundup*, agregat uprawy, siew

4. DYSKUSJA

W przeprowadzonym ścisłym doświadczeniu polowym w warunkach Niżu Śląskiego badano różne systemy uprawy konserwującej z wykorzystaniem pociętej słomy przedplonowej, międzyplonu ścierniskowego (gorczyca biała) oraz międzyplonów ozimych (żyto i wyka ozima) z przeznaczeniem na mulcz, a także wpływ różnych dawek azotu na produktywność buraka cukrowego, warunki siedliskowe oraz zachwaszczenie łąnu.

Na plonowanie buraka cukrowego duży wpływ miały warunki atmosferyczne panujące podczas wegetacji, w szczególności ilość i rozkład opadów [Gutmański i in. 1998, Malec 1997, Słowiński i in. 1997]. Wielkość opadów w trzyletnim okresie badań była zróżnicowana i odzwierciedlała niedobory wilgoci w glebie. W pierwszym roku badań potrzeby opadowe zostały zaspokojone na średnim poziomie. Jedynie w czerwcu i lipcu odnotowano nieznaczny brak wody. Najwyższe plony uzyskano na poletkach zmulczowanych gorczycą ($80,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) i nieco niższe na poletkach zmulczowanych wyką ozimą ($73,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Drugi rok badań był najkorzystniejszy pod względem pogodowym (najwyższe plony korzeni). Potrzeby opadowe zostały zaspokojone przez większą część okresu wegetacyjnego, jedynie nieznaczne niedobory wilgoci w glebie odnotowano w sierpniu i wrześniu. Spośród zastosowanych systemów uprawy najwyższe plony uzyskano na mulczu z wyki ozimej ($93,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). W trzecim roku badań, niekorzystnym dla rozwoju buraka cukrowego, zebrano najniższe plony. W początkowym okresie wzrostu ilość wody znacznie przekraczała potrzeby opadowe, co spowodowało utrzymywaniem się lustra wody na polu. Natomiast w czerwcu i lipcu odnotowano nieznaczne niedobory opadów. Najwyższe plony zebrano na poletkach ze słomą wymieszaną broną ($59,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), nieco niższe na mulczu żytnim ($57,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), a najniższe ($46,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) na poletkach ze słomą przykrytą kultywATOREM.

System uprawy tradycyjnej (płużnej), w przeciwieństwie do uprawy konserwującej, przyczynia się do pogorszenia wskaźników struktury gleby [Kordasa i Majchrowski 2001, Gutmański i in. 1999b]. W przeprowadzonym doświadczeniu w warunkach uprawy konserwującej w okresie zbioru buraka cukrowego obserwowano na ogół zmniejszenie wskaźnika rozpylenia gleby. W badaniach Kordasa i Majchrowskiego [2001] po zastosowaniu siewu bezpośredniego zaobserwowano zwiększenie wskaźnika zbrylenia i zmniejszenie wskaźnika rozpylenia. W badaniach własnych poprawie wskaźników struktury gleby zazwyczaj sprzyjało zastosowanie międzyplonów w odróżnieniu do zastosowanej słomy. W wyniku zastosowania uprawy konserwującej średnia ważona średnica gruzelka uległa zwiększeniu, natomiast współczynnik wodoodporności agregatów glebowych zmniejszeniu. Było to prawdopodobnie spowodowane większą ilością substancji organicznej zwłaszcza w powierzchniowej warstwie pozostałej po przemarznętych międzyplonie ścierniskowym i zdesygowanych międzyplonach ozimych.

Buraki cukrowe ujemnie reagują na nadmierne zagęszczenie gleby [Schulze i Bohle 1976, Ostrowska 1971]. Zdaniem Baranowskiego i Pabina [1980] optymalna gęstość

objętościowa powinna wynosić 1,34–1,47 Mg·m⁻³, a optymalna porowatość ogólna roli przeznaczonej pod uprawę tej rośliny według Gutmańskiego [1991] powinna mieścić się w granicach od 42 do 52%. Jak wykazały badania Zimnego i Kordasa [2002], Kordasa [2000], oraz Zimnego [1994] możliwa jest uprawa buraka cukrowego bez obniżki plonów na glebach o większym zagęszczeniu, mieszczącym się w granicach od 1,50 do 1,79 Mg·m⁻³ oraz porowatości ogólnej nie mniejszej niż 31,4%. Potwierdzają to również inni badacze [Rajewski 2009, Kuc 2006, Malak 2000]. W przeprowadzonym doświadczeniu gęstość objętościowa gleby wahała się wiosną od 1,62 do 1,75 Mg·m⁻³, a jesienią od 1,63 do 1,76 Mg·m⁻³, natomiast porowatość ogólna wiosną wahała się od 32,2 do 37,2%, a jesienią od 31,7 do 37,0%. Mimo tego uzyskane plony korzeni były bardzo wysokie. Negatywnie na gęstość objętościową i porowatość gleby, zwłaszcza w okresie wschodów buraka, wpłynęła słoma wymieszana broną. Wzrost gęstości objętościowej gleby pod wpływem stosowania uproszczeń w jej uprawie stwierdzili Włodek i in. [1998]. Natomiast odmienne wyniki uzyskał Ball [1995], który stwierdził obniżkę gęstości gleby po zastosowaniu siewu bezpośredniego.

W badaniach własnych spośród zastosowanych systemów uprawy konserwującej najwyższe uwilgotnienie gleby oraz zapas wody w obu terminach stwierdzono po wymieszaniu słomy broną zębową. Potwierdziły to badania Rajewskiego [2009], który stwierdził najwyższą wilgotność w uprawie zerowej (słoma pozostawiona do wiosny i siew bezpośredni) w okresie wschodów i zbioru buraka cukrowego. Również Pabin i in. [2007] stwierdzili, że późniejsze pozostawienie słomy w postaci siewki wpływało dodatnio na wilgotność gleby uprawianej systemem zerowym. Odmienne wyniki w okresie wschodów buraka cukrowego uzyskał Kuc [2006], który stwierdził negatywny wpływ przyoranej słomy pod międzyplon ścierniskowy na uwilgotnienie gleby.

Zastosowanie różnych systemów uprawy konserwującej buraka cukrowego przyczyniło się do istotnego wzrostu zwięzłości gleby, zwłaszcza w okresie wschodów, w warstwie 5–10 i 15–20 cm. Podobne zmiany zanotowali inni autorzy [Pabin i in. 2000, Brunotte 1990, Radecki 1986]. Badania Rajewskiego [2009], Kuca [2006] oraz Kordasa [2000] wykazały, że w miarę upływu czasu różnice w zwięzłości gleby między uprawą tradycyjną a konserwującą zmniejszyły się. W badaniach własnych, w okresie wschodów najmniejszą średnią zwięzłością gleby charakteryzowały się poletka ze słomą wymieszaną broną w warstwie 0–25 cm.

W wyniku zastosowania uprawy konserwującej, wiosną w wierzchniej warstwie roli stwierdzono wzrost zawartości substancji organicznej, natomiast w okresie zbioru buraka cukrowego, nastąpiło zubożenie gleby w tę substancję. Było to wynikiem braku odwracania roli w badanych systemach uprawy konserwującej, a także pozostawieniem międzyplonu ścierniskowego oraz zdesykowanych międzyplonów ozimych w formie mulczu. Podobne zależności stwierdził Kordas [2000] i Śmierchalski [1980]. Wyraźne zróżnicowanie zawartości azotu w glebie wystąpiło tylko na początku wegetacji buraka cukrowego. W tym

terminie w obu warstwach największą koncentracją tego pierwiastka charakteryzowały się poletka ze słomą wymieszana broną, z mulczem żytnim i z mulczem z wyki ozimej. Uzyskane dane znajdują potwierdzenie w pracach Kordasa [2000] i Balla [1995], którzy stwierdzili wyraźne zróżnicowanie zawartości azotu na początku okresu wegetacji. Niejednoznaczny był wpływ zastosowanych systemów uprawy konserwującej i dawek azotu na zawartość fosforu przyswajalnego w glebie – najwyższą zawartość tego pierwiastka stwierdzono na poletkach zmulczowanych żytem. Koncentracja potasu przyswajalnego w okresie wegetacji buraka cukrowego na wszystkich obiektach uległa zmniejszeniu. Największe różnice między wiosną a jesienią stwierdzono na poletkach ze słomą przykrytą kultywATOREM w warstwie 5–10 cm (różnica $73,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) i na poletkach zmulczowanych gorczycą w warstwie 15–20 cm (różnica $47,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Przy optymalnym stosowaniu nawożenia organicznego wzrasta zasobność gleby w podstawowe makroelementy [Rajewski 2009, Kuc 2006, Songin 1998, Kuszelewski 1993, Gutmański i Pikulik 1992a, Cwojdzński i Chmara 1988, Łoginow i in. 1988, Kuszelewski i Łabętowicz 1986, Laskowski i Konecka 1979]. W przeprowadzonym eksperymencie zastosowanie słomy oraz międzyplonu ścierniskowego (gorczyca biała) i międzyplonów ozimych (żyta i wyki ozimej) pozostawionych do wiosny przyczyniło się do wzrostu zawartości substancji organicznej oraz składników mineralnych w glebie.

Zachwaszczenie jest jednym z czynników decydujących o wysokim plonowaniu buraka cukrowego, które nabiera szczególnego znaczenia w systemach uprawy uproszczonej [Zimny 1994, Radecki 1986]. Według Kordasa [2004] oraz Dzieni i in. [2003] zredukowana uprawa roli poprzez eliminację niektórych zabiegów przyczynia się do wzrostu ilości chwastów oraz zmienia proporcję między chwastami krótkotrwałymi i wieloletnimi na rzecz wieloletnich. Z badań Kuca [2006] wynika, że zaoranie wiosną międzyplonu ścierniskowego przyczynia się do wzrostu zachwaszczenia. Urbański [2001] wykazał, że nawożenie słomą i międzyplonem ścierniskowym przyczynia się do wzrostu zachwaszczenia. Badania własne potwierdziły to – słoma w porównaniu do kontroli przyczyniła się do wzrostu zachwaszczenia łąnu średnio o 17,4% przy optymalnej dawce azotu i o 1,1% przy dawce obniżonej. Odmienne wyniki uzyskał Rajewski [2009], który stwierdził większą o 29% liczbę chwastów na 1 m^2 w uprawie tradycyjnej w porównaniu z konserwującą. Również w badaniach Kordasa [2000] i Gutmańskiego i in. [1999c] przyorywanie międzyplonów ścierniskowych ogranicza nieznacznie zachwaszczenie. Ponadto wielu autorów [Szymczak-Nowak i in. 2002a, Kordas 2000, Gutmański i in. 1999c] uważa, że zastosowanie mulczu obniża poziom zachwaszczenia łąnu. Badania Borowego i Jelonkiewicza [1999] z wykorzystaniem mulczu z żyta ograniczyło zachwaszczenie w początkowym okresie wzrostu, a badania Sowińskiego i Liszki-Podkowy [2010] wykazały, że mulcz z wyki ozimej, w porównaniu z mulczem żytnim, wykazał większą skuteczność chwastobójczą w początkowym okresie wzrostu kukurydzy. Zastosowanie w badaniach własnych mulczu z żyta i wyki ozimej, w porównaniu do kontroli,

przyczyniło się do istotnego ograniczenia zachwaszczenia – w przypadku optymalnej dawki azotu średnio o 16,8%, a w przypadku dawki obniżonej o 18%.

Systemy uprawy konserwującej różnicowały wskaźnik wschodów i obsadę końcową buraka cukrowego. Buraki uprawiane na mulczu z żyta i z wyki ozimej, w porównaniu do kontroli (mulcz z gorzycy), charakteryzowały się niższym wskaźnikiem wschodów i niższą obsadą końcową. Potwierdzają to badania Rajewskiego [2009] i Kordasa [2000], którzy stwierdzili, że uproszczenia uprawy roli pod burak cukrowy, w tym siew bezpośredni, przyczyniają się do gorszych wschodów, a w rezultacie niższej obsady końcowej. Odmienne zdania jest Kuc [2006], który stwierdził najwyższą dynamikę wschodów i obsadę końcową na poletkach z uprawą konserwującą (mulcz z gorzycy wymieszany przedsięwzięciem broną wirnikową i wałem strunowym), a najniższą w warunkach uprawy tradycyjnej. Spośród zastosowanych systemów uprawy konserwującej najlepsze wschody i obsadę końcową buraka cukrowego uzyskano na mulczu z gorzycy przy obniżonej dawce azotu.

Dawki azotu nie miały istotnego wpływu na obsadę końcową buraka cukrowego, cechy morfologiczne korzeni, zawartość cukru, plony korzeni i liści.

W przeprowadzonym doświadczeniu plony korzeni buraka cukrowego uprawiane w systemach uprawy konserwującej były wysokie. Najwyższe średnie plony korzeni buraka cukrowego uzyskano na poletkach zmulczowanych wyką ozimą ($72 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) i nieco niższe na poletkach zmulczowanych gorzycą ($67,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Wysokie plony korzeni po zastosowaniu gorzycy w swoich badaniach uzyskali również Rajewski [2009], Kuc [2006], Dzienia i in. [1995], Höppner i in. [1995], Stephan i in. [1995], Kessel i Dahms [1991] oraz Kalinowska-Zdun i in. [1989], którzy wyższe plony uzyskali w warunkach uprawy konserwującej niż tradycyjnej. Inni badacze [Ławiński i Grzebisz 2000, Kordas i Zimny 1997, Zimny 1995, Merkes 1991] zanotowali nieznaczny spadek plonu korzeni buraka cukrowego uprawianego w warunkach zminimalizowanej uprawy przedsięwziętej.

Jednym z najważniejszych wskaźników jakości technologicznej korzeni buraka cukrowego jest procentowa zawartość sacharozy [Gutmański 1991, Ceglarek i in. 1985]. W badaniach własnych nie stwierdzono różnicy w cukrowości korzeni wywołanej dawkami azotu. Natomiast systemy uprawy konserwującej istotnie różnicowały tę cechę. Spośród systemów uprawy najkorzystniej na tę cechę wpłynęło wymieszanie broną słomy przedplonowej i pozostawienie jej do wiosny. Potwierdził to Rajewski [2009], który donosi, że pod wpływem uproszczeń, zwłaszcza siewu bezpośredniego, nieznacznie wzrasta zawartość sacharozy. Według badań Kordasa [2000] oraz Zimnego i Kordasa [2002] sposób uprawy przedsięwziętej nie różnicuje w sposób istotny zawartości cukru w korzeniach.

Zawartość melasotworów w korzeniach buraka cukrowego zależy głównie od warunków klimatycznych oraz nawożenia mineralnego [Ostrowska i Kucińska 1998, Gutmański 1991]. Ich kumulacji najbardziej sprzyja nawożenie azotem, gdyż burak nie ma mechanizmu ograniczającego pobieranie tego składnika [Czuba i Mazur 1988]. W badaniach

własnych dawki azotu nie różnicowały istotnie tej cechy. Zawartość azotu α -aminowego była wyższa po zastosowaniu dawki obniżonej ($80 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), a potasu i sodu po dawce optymalnej ($120 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Spośród systemów uprawy konserwującej najgorzej na wewnętrzne cechy jakościowe korzeni wpłynęła słoma wymieszana broną w przeciwieństwie do obiektu ze słomą przykrytą kultywatozem, gdzie zawartość azotu α -aminowego była najniższa. Badania Zimnego i in. [2010] wykazały, że korzenie zebrane z uprawy zerowej (słoma przedplonowa pozostawiona do wiosny) chronionej intensywnie charakteryzowały się najlepszą jakością technologiczną (najmniejsza zawartość azotu α -aminowego). Nowakowski i Szymczak-Nowak [2007a] stwierdzili, że słoma przedplonowa, w porównaniu z obornikiem, przyczyniła się do istotnego zmniejszenia zawartości azotu α -aminowego w korzeniach buraka. Również Gutmański i in. [1998], uprawiając burak cukrowy na mulczu z wymieszanej gorczycy białej, uzyskał korzenie o bardzo dobrej jakości przerobowej w stosunku do uprawy tradycyjnej. W badaniach własnych, mimo wysokiej zawartości melasotworów, najwyższy plon cukru technologicznego ($10,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) uzyskano na poletkach zmulczowanych wyką ozimą, nieco niższy ($9,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) na poletkach zmulczowanych gorczycą, a najniższy na poletkach zmulczowanych żytem ($8,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Również Rajewski [2009] uzyskał najwyższy plon cukru technologicznego w warunkach uprawy konserwującej z międzyplonem ścierniskowym (gorczyca) wysiewanym po przyoranej słomie przedplonowej.

5. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych 3-letnich badań na glebie kompleksu żytniego dobrego w warunkach Dolnego Śląska sformułowano następujące wnioski:

1. Systemy uprawy konserwującej istotnie różnicowały plony buraka cukrowego. Najwyższe plony korzeni ($72,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) i liści ($44,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) uzyskano na poletkach, na których stosowano mulcz z wyki ozimej, a najniższe na mulczu żytnim odpowiednio $54,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ i $37,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.
2. Najwyższą dynamikę wschodów i obsadę końcową buraka stwierdzono na poletkach ze słomą i z mulczem z gorczycy, a najniższą na obiektach, na których zastosowano mulcz z żyta i wyki ozimej.
3. Podczas wschodów, w warstwie 5–10 cm, w systemie uprawy ze słomą wymieszaną broną gleba charakteryzowała się najwyższą wilgotnością (27,1% obj.) i najmniejszą zwięzłością (2,3 MPa).
4. Obniżenie dawki azotu z 120 do $80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz zastosowanie mulczu z żyta i wyki ozimej w porównaniu z kontrolą, ograniczyły istotnie zachwaszczenie łąnu.
5. Od wiosny do jesieni we wszystkich systemach uprawy buraka cukrowego (z wyjątkiem systemu z mulczem żytnim) nastąpił wzrost zawartości węgla organicznego, fosforu przyswajalnego i pH w glebie.

6. Najwyższe plony cukru technologicznego ($10,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) uzyskano w uprawie buraka cukrowego na mulczu z wyki ozimej, a najwyższą zawartość cukru (15,8%) i jego wydajność (15,5%) – na słomie wymieszanej broną.
7. Najmniej liści z 1 rośliny (22,7 szt.) o najmniejszej masie (0,46 kg) i powierzchni asymilacyjnej ($0,33 \text{ m}^2$) stwierdzono po wymieszaniu słomy broną.
8. Największą masą i długością charakteryzowały się korzenie buraków uprawianych na mulczu z gorczycy, żyta i wyki ozimej, a najmniejszą masą i grubością – uprawiane na słomie. Największą średnią masę (1,08 kg) i długość korzenia (20,8 cm) uzyskano na mulczu z wyki ozimej.
9. Proponuje się rozszerzyć dotychczasową definicję uprawy konserwującej o ozimą roślinę okrywową. Nowa definicja powinna brzmieć następująco: "Uprawa konserwująca jest systemem uprawy z wykorzystaniem mulczowania, mającym na celu ochronę gleby przed degradacją oraz zachowanie jej produktywności. Ma ona zastosowanie w przypadku roślin jarych wysiewanych w szerokie rzędy, które sieje się w przemarznięty międzyplon ścierniskowy lub ozimą roślinę okrywową po jej zniszczeniu".

6. PIŚMIENNICTWO

1. Adamczewska-Sowińska K. 2004. Zastosowanie żywych ściółek w uprawie pomidora i papryki oraz ich wpływ następczy na plonowanie selera korzeniowego i marchwi jadalnej. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rol. 484, Rozpr. CCXIII.
2. Adamiak J., Adamiak E. 1996. Wpływ różnych form nawożenia organicznego na wysokość i jakość plonu buraka cukrowego. Zesz. Nauk. AR Szczecin, Rol. 172, 3–8.
3. Arshad M.A., Franzluebbbers A.J., Azooz R.H. 1999. Components of surface soil structure under conventional and no-tillage in northwestern Canada. Soil Till. Res. 53 (1), 41–47.
4. Ball B.C. 1995. Soil response to tillage and their environmental implication in Scotland. Experience with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries. Proceedings of the EC Workshop 2, 7–16.
5. Ball B.C., Lang R.W., Robertson E.A.G., Franklin M.F. 1994. Crop performance and soil conditions on imperfectly drained loams after 20-25 years of conventional tillage or direct drilling. Soil Till. Res. 31, 97–118.
6. Ball B.C., Scott A., Parker J.P. 1999. Field N_2O , CO_2 fluxes in relation to tillage, compaction and soil quality in Scotland. Soil Till. Res. 53, 29–39.
7. Ball B.C., Tebrügge F., Sartori L., Gonzalez P., Giraldez J. V. 1998. Influence of no-tillage on physical, chemical and biological soil properties. Experience with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries. Final Report. Review Papers Summaries & Conclusions of the Concerted Action, 7–27.
8. Banaszak H., Gutmański I., Kostka-Gościniak D., Nowakowski M., Szymczak-Nowak J. 1998. Wpływ udziału buraka cukrowego w płodozmianie, stosowania słomy i

- międzyplonu na plonowanie i zdrowotność roślin. *Acta. Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricultura* 66, 239–246.
9. Baranowski R., Pabin J. 1980. Wpływ gęstości gleby lekkiej na plony buraków cukrowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 227, 61–67.
 10. Baylou G.D., Gulyaka M.I. 1991. Productivity of sugar beet depending on the method of basal soil cultivation for the preceding crops. *Vestasi Akademii Nauk BSSR, Seriya Selskagospadarchyk Navuk* 2, 126, 76–79.
 11. Becker C. 1997. Zuckerrübenanbau ohne Pflug. *Zuckerrübe* 4, 198–201.
 12. Błażewicz-Woźniak M., Kęsik T., Knopiński M. 2001. Reakcja roślin warzywnych na różne metody uproszczeń w uprawie roli. *Acta Agrophys.* 58, 5–15.
 13. Bochniarz A. 1998. Znaczenie międzyplonów ścierniskowych w dobrej praktyce rolniczej w świetle literatury. *Mat. konf. nauk. „Dobre praktyki w produkcji rolnej”*. Puławy: 21–29.
 14. Borowy A., Jelonkiewicz M. 1999. Zachwaszczenie oraz plonowanie ośmiu gatunków warzyw uprawianych metodą siewu bezpośredniego w mulcz żytni. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 466, 291–300.
 15. Brunotte J. 1990. Landtechnische Maßnahmen zum bodenschonenden und bodenschonenden Zuckerrübenanbau. *Dissertation, Forschungsbericht Agrartechnik* 183, Kiel.
 16. Brunotte J., Joschko M., Rogasik H. 1998. Mulchsaat standortangepasst – fester Baustein heutiger Zuckerrübenproduktion. *Zuckerrübe* 4, 199–202.
 17. Buczak E. 1966. Nawożenie organiczne i mineralne w płodozmianach warzywnych. Cz. 2. Wpływ nawożenia obornikiem i nawozami zielonymi oraz wyłącznie mineralnego na właściwości gleby. *Rocz. Nauk Rol.* 91, A-2: 273–297.
 18. Carter M.R. 1992. Influence of reduced tillage systems on organic matter, microbial biomass, macro-aggregate distribution and structural stability of the surface soil in a humid climate. *Soil Till. Res.*, 23 (4), 361–372.
 19. Cavalaris C. R., Gemtos T. A. 2002. Evaluation of four conservation tillage methods in the sugar beet crop. *Agricultural Engineering International. CIGR Journal of Scientific Research and Development*, 4, 3–23.
 20. Ceglarek F., Buraczyska D., Płaza A. 1996. Ocena wartości nawozowej roślin międzyplonowych stosowanych jako zielony nawóz pod buraki cukrowe. *Zesz. Nauk AR Szczecin, Rol.* 172, 49–56.
 21. Ceglarek F., Buraczyńska D., Płaza A. 1997. Reakcja buraka cukrowego na nawożenie obornikiem, słomą i międzyplonami wsiewek. *Fragm. Agron.* 4, 18–26.
 22. Ceglarek F., Gąsiorowski A., Gąsiorowska B. 1985. Wpływ zróżnicowanego nawożenia organicznego i mineralnego na wysokość i jakość plonów buraka cukrowego. *Zesz. Nauk. WSPR Siedlce, Rol.* 5, 51–66.

23. Ceglarek F., Płaza A., Buraczyńska D. 1995. Wpływ sposobów pielęgnacji na plonowanie i jakość przemysłową buraka cukrowego. Zesz. Nauk. WSR-P Siedlce, Rol. 37, 19–26.
24. Černý V. 1970. Růžna hloubka orby a zapůsoby prohlubovani hnědozemě ve dvou osevních postu pech. 2. Vysledky z let 1964 až 1966. Rostl. výroba 16, 1209–1215.
25. Christensen B.T. 1986. Barley straw decomposition under field conditions: effect of placement and initial nitrogen content on weigh loss and nitrogen dynamics. Soil. Biol. Biochem. 18, 523–529.
26. Cwojdzński W., Chmara R. 1988. Wpływ nawożenia organicznego i mineralnego na wielkość plonu i niektóre właściwości gleby. Mat. konf. nauk. „Nawozy organiczne”. AR Szczecin, z. 1, 50–56.
27. Czuba R., Mazur T. 1988. Wpływ nawożenia na jakość plonów. PWN, Warszawa.
28. Duer I. 1996. Mulczujący wpływ międzyplonu na plonowanie jęczmienia jarego oraz zawartość wody i azotanów w glebie. Fragm. Agron. 1, 29–43.
29. Dziadowiec H. 1987. Przemiany w glebie słomy zbóż stosowanej jako nawóz organiczny i jej agroekologiczne działanie. Post. Nauk Rol. 4, 39–47.
30. Dzieńcia S. 1989. Wpływ masy organicznej na plonowanie roślin i chemiczne właściwości gleby lekkiej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 337, 157–160.
31. Dzieńcia S. 1995. Siew bezpośredni technologią alternatywną. Mat. konf. „Siew bezpośredni w teorii i praktyce”, Szczecin-Barzkowice, 9–19.
32. Dzieńcia S. 1999. Zachowawcza uprawa roli pod burak cukrowy. Fol. Univ. Agric. Stetin. 195, Agricultura 74, 131–134.
33. Dzieńcia S., Boligłowa E. 1992. Ochrona gleby i wody przy użyciu nowych technologii uprawy roślin okopowych. Mat. konf. nauk. „Konferencja systemów rolniczych.” ART Olsztyn – ODR Przysiek: 79–82.
34. Dzieńcia S., Boligłowa E. 1993. Rola mulczowania w podnoszeniu żyzności i urodzajności gleby. Post. Nauk Rol. 1, 103–111.
35. Dzieńcia S., Piskier T., Wereszczaka J. 1995. Wpływ roślin mulczujących na wybrane właściwości fizyczne gleby po zastosowaniu siewu bezpośredniego bobiku. Mat. konf. „Siew bezpośredni w teorii i praktyce”. Szczecin – Barzkowice, 57–61.
36. Dzieńcia S., Sosnowski A. 1990. Uproszczenia w podstawowej uprawie roli a wysokość nakładów energii. Fragm. Agron. 3, 71–79.
37. Dzieńcia S., Wrzezińska E., Wereszczaka J. 2003. Wpływ systemów uprawy roli na zachwaszczenie pszenicy ozimej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 490, 67–71.
38. Dzieżyc J., Nowak L., Panek K. 1987. Dekadowe wskaźniki potrzeb opadowych roślin uprawnych w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 314, 11–34.
39. Estler M., 1991. Conservation of soil and water by using a new tillage system for row crops. Cover crop for clean water. Jackson, Tennessee.

40. Fąfara R. 1984. Energooszczędne, zmechanizowane technologie w produkcji rolniczej. IMBER, Warszawa.
41. Fotyma M. 1988. Nawożenie roślin w zmianowaniach specjalistycznych i monokulturach. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 331, 206–213.
42. Frankinet M., Rixohon R. 1983. Orientation en travail du sol. Rev. Agric. 36, 561–565.
43. Furrer O.J. 1967. Einfluß von Pflugtiefe und Untergrundlockerung auf den Ertrag von Zuckerrüben. Schweiz. Landw. Forsch. 6, 201–212.
44. Gandecki R., Malak D., Śniady R., Zimny L. 1999. Plonowanie buraka cukrowego przy zróżnicowanym nawożeniu organicznym i wzrastających dawkach azotu mineralnego. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, 361, Konferencje 22, 189–195.
45. Garbe V., Heimbach U. 1992. Mulchsaat zu Zuckerrüben. Zuckerrübe 41, 230-234.
46. Gonet Z. 1991. Metoda i niektóre wyniki badań energochłonności systemów uprawy roli. Fragm. Agron. 2, 7–18.
47. Gonet Z., Zaorski T. 1988. Energochłonność orki w różnych warunkach glebowych. Pam. Puł. 91, 137–152.
48. Goss M.J., Howse K.R., Lane P.W., Christian D.G., Harris G.L. 1993. Losses of nitrate-nitrogen in water draining from under autumn-sown crops established by direct drilling or mouldboard ploughing. J. Soil Sci. 44, 35–48.
49. Gutmański I. 1991. Produkcja buraka cukrowego. PWRiL Poznań.
50. Gutmański I. 1992. Produkcyjne skutki zmniejszania nakładów na agrotechnikę buraka cukrowego. Mat. konf. PAN, ART. „Produkcyjne skutki zmniejszania nakładów na agrotechnikę roślin uprawnych”. Olsztyn, 29–70.
51. Gutmański I. 1996. Niskonakładowa technologia produkcji buraka cukrowego. IHAR, Bydgoszcz.
52. Gutmański I., Kostka-Gościniak D., Kret K., Nowakowski M., Szymczak-Nowak J. 1999a. Nakłady i koszty produkcji buraka cukrowego z siewu w mulcz. Fol. Univ. Agric. Stetin. 195, Agricultura 74, 97–103.
53. Gutmański I., Kostka-Gościniak D., Nowakowski M., Szymczak-Nowak J., Dąbrowski W., Kłos W. 1999b. Niektóre właściwości fizyczne gleby i występowanie dżdżownic (Lumbricidae) na plantacji buraka cukrowego uprawianego z siewu w mulcz międzyplonu. Fol. Univ. Agric. Stetin. 195, Agricultura 74, 87–96.
54. Gutmański I., Kostka-Gościniak D., Szymczak-Nowak J., Nowakowski M., Kłos W., Sitarski A. 1999c. Stan zachwaszczenia plantacji buraka cukrowego uprawianego z siewu w mulcz. Fol. Univ. Agric. Stetin. 195, Agricultura 74, 105–114.
55. Gutmański I., Nowakowski M. 1988. Der Einfluß physikalischer Bodeneigenschaften auf den Ertrag und die Qualität der Zuckerrüben. Feldwirtschaft 1, 35–36.
56. Gutmański I., Pikulik R. 1992a. Przydatność facelii i roślin krzyżowych jako poplonu ścierniskowego w uprawie buraka cukrowego. Mat. konf. nauk. „Nawozy organiczne”, AR Szczecin, 1, 229–236.

57. Gutmański I., Pikulik R. 1992b. Sposoby przedzimowej uprawy roli a plonowanie buraka cukrowego. Mat. konf. PAN i ART. „Produkcyjne skutki zmniejszania nakładów na agrotechnikę roślin uprawnych”. Olsztyn, 179–186.
58. Gutmański I., Szymczak-Nowak J., Kostka-Gościński D., Nowakowski M., Banaszak H. 1998. Wpływ obornika, słomy i międzyplonów ścierniskowych na plonowanie buraka cukrowego przy zróżnicowanej koncentracji jego uprawy w płodozmianie. Roczn. AR w Poznaniu 307, Rol. 52, 1, 263–271.
59. Gutser R., Vilmeier K. 1988. Utilization of various catch crops and utilization of N by plants. Int. Symp. – CIEC, Braunschweig.
60. Heißenhuber A., Schmidlein E. M. 1987. Wie wirtschaftlich sind Sommerzwischenfrüchte? DLG Mitt. 102, 532–534.
61. Höppner F., Zach M., Sommer C. 1995. Conservation tillage – a contribution to soil protection effects on plant yields. Konf. nauk. „Siew bezpośredni w teorii i praktyce”. Szczecin – Barzkowice, 151–157.
62. Hudcová M. 1990. Zakládání zapracování půdy při rozdílném organickém hnojení k cukrovce. Rostl. výroba 36, 1025–1032.
63. Hurej M., Preiss G. 1995. Wykorzystanie roślin odpornych do zwalczania mątwika burakowego. Ochr. Rośl. 2, 8–10.
64. Iwuafor E.N.O., Kang B.T. 1994. Soil conditions under conventional and zero tillage systems with and without mulch and fertilizer. Soil Tillage for Crop Production and Protection of the Environment, ISTRO Denmark, 1031–1041.
65. Jabłoński B., Kaus A. 1997. Wpływ różnych systemów uprawy roli i nawożenia na plonowanie roślin. Bibl. Fragm. Agron. 3, 91–96.
66. Jabłoński B., Świętochowski B., Krężel R. 1996. Technologia uprawy roli. W: Ogólna uprawa roli i roślin. Red. B. Jabłoński. PWRiL, Warszawa.
67. Kalinowska-Zdun M., Bronicka B., Podlaska J. 1989. Plon i wartość przerobowa korzeni buraków cukrowych w zależności od sposobów jesiennej uprawy roli i obsady roślin. Roczn. Nauk Rol. 108, 165–178.
68. Karwowski T. 1968. Mechanizacja uprawy buraków. PWRiL, Warszawa.
69. Kessel R., Dahms K. P. 1991. Mulchsaatverfahren in der Zuckerrübenbestellung. Feldwirtschaft 32, 415–417.
70. Kęsik T. 1998. Uproszczone metody uprawy roli oraz stosowanie roślin okrywowych pod warzywa. Ogólnopol. konf. nauk. „Efektywność stosowania nawozów w uprawach ogrodniczych”. Lublin, 37–42.
71. Kęsik T. 2002. Energooszczędne systemy uprawy. Roczn. AR Poznań, Ogrodnictwo 35, Rozpr. CCCXLI, 192–197.
72. Kęsik T. 2005. Współczesne systemy uprawy roli. Zesz. Nauk. AR Wroc., Rol. 515, 231–240.

73. Kołota E., Adamczewska-Sowińska K. 2001. Żywe ściółki w polowej uprawie warzyw. *Ogrodnictwo 1*: 22–24.
74. Kopczyński J. 1994. Współdziałanie poplonu ścierniskowego, obornika i azotu mineralnego w nawożeniu buraka cukrowego na glebie lekkiej i średniej. *Fragm. Agron.* 4, 46–54.
75. Kopczyński J. 1996. Kierunki zmian niektórych cech jakości korzeni buraka cukrowego pod wpływem współdziałania nawożenia organicznego i azotowego. *Zesz. Nauk. AR Szczec., Rol.* 172, 249–257.
76. Kordas L. 1996. Zastosowanie siewu bezpośredniego w uprawie buraka cukrowego. *Mat. konf. nauk.-techn. „Nowe tendencje w uprawie buraka cukrowego”*. AR Wrocław, 31–39.
77. Kordas L. 1999. Energochłonność i efektywność różnych systemów uprawy roli w zmianowaniu. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 195 *Agricultura* 74, 47–52.
78. Kordas L. 2000. Studia nad optymalizacją uprawy buraka cukrowego na glebie średniej. *Rozpr.* 171, AR Wrocław.
79. Kordas L. 2004. Wpływ wieloletniego stosowania uprawy zerowej w zmianowaniu na zachwaszczenie. *Prog. Plant Prot.* 44, 841–844.
80. Kordas L., Majchrowski P. 2001. Wpływ uprawy późniejszej w systemie siewu bezpośredniego buraka cukrowego na wybrane właściwości fizyczne gleby średniej. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 221, *Agricultura* 88, 103–109.
81. Kordas L., Zimny L. 1997. Wpływ wybranych poplonów ścierniskowych na plonowanie buraka cukrowego uprawianego technologią siewu bezpośredniego. *Biul. IHAR* 202, 207–211.
82. Kordas L., Zimny L. 1998. Wpływ międzyplonów ścierniskowych stosowanych w systemie siewu bezpośredniego na strukturę roli. *Bibl. Fragm. Agron.* 4B, 313–319.
83. Kostka-Gościniak D., Szymczak-Nowak J, Nowakowski M., Sitarski A., Wąsacz E., Banaszak H. 2000a. Wpływ nawożenia słomą i obornikiem na wschody, obsadę i plon wybranych odmian buraka cukrowego. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 211, *Agricultura* 84, 179–186.
84. Kostka-Gościniak D., Szymczak-Nowak J, Nowakowski M., Sitarski A., Wąsacz E., Banaszak H. 2000b. Wpływ nawożenia słomą i obornikiem na jakość przetwórczą wybranych odmian buraka cukrowego. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 211, *Agricultura* 84, 175–178.
85. Krężel R. 1991. Wpływ sposobów i terminów przyorywania obornika na plonowanie buraków cukrowych. *Biul. IHAR* 178, 41–45.
86. Křišťan F., Černý V. 1972. Reakce wynos cukrovky na hlavní agrotechnická opatření v bramborařském výrobním typu. *Rostl. výroba* 18, 821–830.
87. Kuc P. 2006. Optymalizacja produkcji buraka cukrowego w warunkach różnych systemów uprawy. Praca doktorska, AR Wrocław

88. Kuc P., Zimny L. 2004. Produktywność buraka cukrowego w warunkach zróżnicowanych systemów uprawy. *Biul. IHAR* 234, 57–63.
89. Kuszelewski L. 1993. Effect of differentiated mineral and organic fertilization on yields of plants and chemico-agricultural properties of soil in the light of permanent stationary field experiments at Łyczyn. *International Symposium „Long-term static fertilizer experiments”*. Warszawa – Kraków, part 1.
90. Kuszelewski L., Łabętowicz J. 1986. Współdziałanie nawożenia mineralnego i organicznego w kształtowaniu żyzności gleby. *Rocz. Glebozn.* 2/3, 411–419.
91. Kuś J. 1995. Uprawa roli w rolnictwie integrowanym. W: *Promocja systemu integrowanej produkcji w Polsce. Mat. szkol. Sesja 2. Zagadnienia szczegółowe.* Gdańsk.
92. Kuś J. 1998. Optymalizacja uprawy roli. *Mat. szkol.* 67/98, IUNG Puławy.
93. Kwiatkowski C. 2003. Wpływ częstości wykonywania mechanicznych zabiegów pielęgnacyjnych oraz poziomu agrotechniki na cechy biometryczne korzeni buraka cukrowego. *Annales UMCS, Sec. E.* 58, 257–263.
94. Kwiatkowski C., Wesołowski M. 2001. Wpływ częstości wykonywania mechanicznych zabiegów pielęgnacyjnych i poziomu agrotechniki na plonowanie buraka cukrowego. *Annales UMCS, Sec. E.* 56, 1–7.
95. Lal R. 1994. Water management in various crop production systems related to soil tillage. *Soil Till. Res.* 30, 169–187.
96. Lal R., Eckert D.J., Fausey N.R., Edwards W.M. 1990. Conservation tillage in sustainable agriculture. W: *Sustainable Agricultural Systems. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa*, 203–225.
97. Laskowski S. 1970. Działanie różnych sposobów pogłębiania orki na żuławskiej madzie ciężkiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 100, 155–175.
98. Laskowski S., Konecka K. 1979. Wpływ poplonów na poprawę żyzności oraz stanu fitosanitarnego gleby. *Konf. nauk.-techn. „Nowe kierunki w uprawie roli i zmianowaniu roślin.” SITR Oddział Szczecin*, 44–64.
99. Lazarov R. 1965. Koeficienti za opredeljane na listnata pov'rchnost pri njakoi selskostopanski kulturi. *Rastieniev'd Nauki* 2, 2, 27–37.
100. Linke C., Köller K. 1993. Direktsaat – Stand der Technik und künftige Tendenzen. *Landtechnik* 1/2, 26–29.
101. Lyon J. D., Stroup W. W., Brown R. E. 1998. Crop production and soil water storage in long-term winter wheat-fallow tillage experiments. *Soil Till. Res.* 49, 1–2, 19–27.
102. Łachowski J. 1963. Wartość facelii w poplonie nawozowym pod buraki cukrowe. *Rocz. Nauk. Rol.* 4, 741–747.
103. Ławiński H., Grzebisz W. 2000. Ocena wpływu systemu uprawy i dawek azotu na plon i jakość technologiczną buraka cukrowego. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 195, *Agricultura* 84, 251–256.

104. Łoginow W. 1989. Gospodarka substancją organiczną w warunkach intensywnej produkcji rolniczej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 380, 235–242.
105. Łoginow W., Murawska B., Jankowiak J. 1988. Wpływ równoległego nawożenia obornikiem i słomą oraz azotem na zawartość węgla organicznego w glebie. Mat. konf. nauk. „Nawozy organiczne”. AR Szczecin, z. 1, 19–28.
106. Malak D. 2000. Wpływ zróżnicowanego nawożenia organicznego przy wzrastających dawkach azotu mineralnego na właściwości gleby i plonowanie buraka cukrowego. Praca doktorska, AR Wrocław.
107. Malec J. 1997. Warunki produkcji buraków cukrowych w Polsce i ich wpływ na jakość surowca. Mat. konf. „Postęp w uprawie buraka cukrowego i w jakości korzeni”. Warszawa, 74–84.
108. Malicki L., Michałowski Cz. 1994. Problem międzyplonów w świetle doświadczeń. Post. Nauk Rol. 4, 3–18.
109. Malicki L., Orchał M., Podstawka-Chmielewska E. 1994. Energy sumption and effectiveness of various methods of post-harvest and pre-winter cultivation of heavy soil for sugar beet. *Fragm. Agron.* 3, 78–81.
110. Märlander B. 1979. Zwischenfruchtbau – ackerbauliche Notwendigkeit oder Luxus? *Zuckerrübe* 28, 16–17.
111. Mazur T. 1997. Nawozy organiczne. *Zesz. Eduk. IMUZ* 2, 9–15.
112. Mazur T., Szagała J. 1992. Wpływ wieloletniego nawożenia organicznego i mineralnego na plonowanie i skład chemiczny roślin. Cz. 1. *Rocz. Glebozn.* 1/2, 79–87.
113. Merkes R. 1987. Mulchsaat bei Zuckerrüben. *DLG Mitt.* 102, 368–369.
114. Merkes R. 1989. Möglichkeiten zur Verhütung von Bodenerosion durch Wasser. 52 *Congres d’Hiver II RB, Bruxelles*, 27–37.
115. Merkes R. 1991. Biologische und technische Aspekte einer Mulchsaat nach Anbau von Zwischenfrüchten zur Verhütung von Erosion und Stickstoffverlusten. 54 *Congres d’Hiver II RB, Bruxelles*, 43–53.
116. Meši M., Malinović N., Anđelković S., Kosić M. 2009. Proizvodnja šećerne repe u konzervacijskoj obradi zemljišta. *Cont. Agr. Engng.* Vol. 35, No. 1-2, 95–102.
117. Miczyński J., Siwicki S. 1959. Studia nad zielonym nawożeniem buraka cukrowego. *Biul. IHAR* 2, 39–60.
118. Miczyński J., Siwicki S. 1962. Międzyplony nawozowe w uprawie buraka cukrowego. *Rocz. Nauk Rol. A*, 87, 1, 63–89.
119. Miller S.D., Dexter A.G. 1982. No-till crop production in the Red River Valley. *North-Dakota-Farm-Research*, 40, 2, 3–5.
120. Muchová Z., Frančáková H., Slamka P. 1998. Effect of soil cultivation and fertilization on sugar beet root quality. *Rostl. výroba* 44, 4, 167–172.

121. Müller-Schärer H., Potter C.A. 1991. Cover plants in field grown vegetables: prospects and limitations. Brighton Crop Protection Conference – Weeds: 599–604.
122. Nowak G., Ciećko Z. 1991. Właściwości sorpcyjne gleby lekkiej w zależności od rodzaju zastosowanej substancji organicznej. Mat. konf. nauk. „Nawozy organiczne”. AR Szczecin, z. 2, 35–40.
123. Nowakowski M. 1997. Nowości technologiczne w uprawie buraka cukrowego. Mat. semin. „Produkcja buraka cukrowego w świetle przystąpienia Polski do Unii Europejskiej. ODR Piotrowice, 3–22.
124. Nowakowski M., Gutmański I., Szymczak-Nowak J., Kostka-Gościński D., Banaszak H. 1996. Wpływ nawożenia obornikiem, słomą oraz roślinami poplonowymi na plon i zdrowotność buraka cukrowego przy zróżnicowanej koncentracji jego uprawy w płodozmianie. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie 172, Rol. 62, 1, 429–435.
125. Nowakowski M., Szymczak-Nowak J. 2007a. Wpływ nawożenia obornikiem i słomą na jakość technologiczną czterech odmian buraka cukrowego. Pam. Puł. 146, 75–83.
126. Nowakowski M., Szymczak-Nowak J. 2007b. Wpływ nawożenia obornikiem i słomą na wschody i plony czterech odmian buraka cukrowego. Pam. Puł. 146, 67–73.
127. Olszewski W. 2009. Wpływ mulczowania gleby na wielkość i jakość plonu kapusty głowiastej czerwonej (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*) i cebuli zwyczajnej (*Allium cepa* L. var. *cepa*). Praca doktorska. AR Siedlce.
128. Orlikowski P. 1985. Uprawa roli pod burak cukrowy. W: Nowoczesne technologie uprawy roli przy intensywnej produkcji roślinnej. Red. T. Karwowski. PWRiL, Warszawa.
129. Ostrowska D. 1971. Wpływ zagęszczenia gleby na wzrost i plonowanie buraków cukrowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 112, 257–265.
130. Ostrowska D. 1992. Plonowanie buraka cukrowego na tle zróżnicowanego nawożenia organicznego i wzrastających dawek azotu mineralnego w płodozmianie trójpolowym. Mat. konf. nauk. „Nawozy organiczne”. AR Szczecin, z. 1, 38–43.
131. Ostrowska D. 2005. Nawożenie buraka cukrowego nawozami organicznymi. W: Technologia produkcji buraka cukrowego. Red. D. Ostrowska, A. Artyszak. Wieś Jutra, Warszawa.
132. Ostrowska D., Kucińska K. 1998. Wpływ wzrastającego nawożenia azotem oraz różnych form nawozów organicznych na plon i jakość buraka cukrowego. Rocz. AR Pozn., Roln. 52, 273–278.
133. Pabin J., Biskupski A., Włodek S. 2007. Niektóre właściwości fizyczne gleby i plonowanie roślin przy stosowaniu różnych form mulczowania i uprawy roli. Inż. Rol. 3, 143–149.
134. Pabin J., Runowska-Hryńczuk B. 1998. Wpływ zerowej uprawy roli na właściwości gleby. Rocz. AR Pozn., Roln. 52, 95–101.

135. Pabin J., Włodek S., Biskupski A., Runowska-Hryńczuk B., Kaus A. 2000. Ocena właściwości fizycznych gleby i plonowania roślin przy stosowaniu uproszczeń uprawowych. *Inż. Rol.* 6, 213–219.
136. Pačuta V., Karabínová M., Černý I. 1999. Quantity and quality of sugar beet field in relationship to selected growing factors. *Rostl. výroba* 45, 2, 61–67.
137. Paine L.K., Harrison H. 1993. The historical roots of living mulch and relates practices. *Hort. Technol.* 3(2): 137–143.
138. Pawłowski F., Deryło S. 1991. Wpływ poplonów ścierniskowych na plonowanie buraka cukrowego w zmianowaniach o różnym udziale zbóż. *Biul. IHAR* 178, 113–120.
139. Podlaska J., Podlaski S. 1994. Kierunki zmian w technologii buraka cukrowego. Cz. 2. Uprawa roli i nawożenie. *Post. Nauk Rol.* 6, 47–53.
140. Popławski Z. 1996. Słoma jako nawóz organiczny. *IUNG Puławy* 1, 1–15.
141. Prośba-Białczyk U. 2004. Wpływ nawożenia międzyplonami ścierniskowymi i azotem na produktywność i jakość technologiczną buraka cukrowego. *Annales UMCS, Sec. E*, 59, 1193–1202.
142. Pudelko J., Wright D.L., Wiatrak P. 1994. Stosowanie ograniczeń w uprawie roli w Stanach Zjednoczonych AP. *Post. Nauk Rol.* 1: 153–162.
143. Radecki A. 1986. Studia nad możliwością zastosowania siewu bezpośredniego na czarnych ziemiach właściwych. *SGGW, Warszawa*.
144. Radecki A., Opic J. 1991. Metoda siewu bezpośredniego w świetle literatury krajowej i zagranicznej. *Rocz. Nauk Rol., A.* 109, 2, 119–141.
145. Rajewski J. 2009. Zastosowanie uprawy konserwującej w produkcji buraka cukrowego. Praca doktorska, AR Wrocław.
146. Rewut I.B. 1980. *Fizyka gleby*. PWRiL, Warszawa.
147. Röper W., Sommer M. 1985. Mulchsaat bei Zuckerrüben – Probleme und Erfahrungen. *Zuckerrübe* 34, 270–276.
148. Rosin C., Frankinet M., 1994. Developing of a new cropping system for sugar beet production related to protection of the environment. *Int. Soil Till. Res. Procc. of 13th Int. Conf. ISTRO Denmark*, 751–756.
149. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 26 lutego 2009 r. w sprawie szczegółowych warunków i trybu przyznawania pomocy finansowej w ramach działania „Program rolnośrodowiskowy” objętego Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007–2013 (Dz. U. z dnia 28 lutego 2009 r.).
150. Runowska-Hryńczuk B., Hryńczuk B., Weber R. 1999. Aktywność biologiczna gleby w różnych systemach uprawy roli. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 195, *Agricultura* 74, 59–63.
151. Russell R.S., Cannell R.Q., Goss M. 1975. Effect of direct drilling on soil condition and root growth. *Outlook on Agricult.* 8, 227–232.

152. Schulze E., Bohle H. 1976. Zuckerrübenproduktion. Landwirtschaftliche Bodennutzung mit hoher Rendite. Paul Parey, Berlin.
153. Siwicki St. 1971. Wartość nawozowa międzyplonów i obornika w uprawie buraków cukrowych. Biul. IHAR 6, 59–71.
154. Słowiński H., Prośba-Białczyk U., Pytlarz-Kozicka M., Nowak W. 1997. Wpływ nawożenia organicznego i mineralnego na zawartość makroskładników i cukru w buraku cukrowym. Biul. IHAR 202, 149–157.
155. Sommer C. 1990. Konservierende Bodenbearbeitung – ein Baustein Integrierter Landbewirtschaftung Mitt. d. Österr. Bodenkundlichen Ges. 42, 71–83.
156. Sommer C., Zach M., 1983. Mulchsaat zu Zuckerrüben: Ein Baustein der konservierende Bodenbearbeitung. Zuckerrübe 32, 4, 192–194.
157. Songin W. 1998. Międzyplony we współczesnym rolnictwie proekologicznym. Post. Nauk Rol. 2, 43–51.
158. Sosnowski A. 1997. Wpływ siewu bezpośredniego na fizyczne właściwości gleby lekkiej i plonowanie kukurydzy. Zesz. Nauk. AR Szczec. 131, Rol. 64, 131–143.
159. Sowiński J., Liszka-Podkowa A. 2010. Zachwaszczenie kukurydzy we wczesnych fazach rozwojowych w zależności od sposobu niszczenia mulczu z poplonów ozimych. Prog. Plant Prot. 50 (1), 446–450.
160. Starck J.R. 1998. Ogrodnictwo zapewniające trwałą żyzność gleby. Mat. konf. nauk. „Ekologiczne aspekty produkcji ogrodniczej”, AR Poznań: 77–84.
161. Stephan C., Thelen M., Kromer K.H. 1995. Mulchsaat von Zuckerrüben im 7jährigen Vergleich. Zuckerrübe 44, 16–21.
162. Stępień A., Adamiak J. 2002. Wpływ różnych sposobów nawożenia na plonowanie buraka cukrowego. Roczn. Nauk Rol., Ser. A, 116, 1-4, 89–100.
163. Szymczak-Nowak J., Kostka-Gościniak D., Nowakowski M., Gutmański I. 2002a. Systemy uprawy buraka na różnych glebach. Cz. 5. Stan zachwaszczenia plantacji. Biul. IHAR 222, 341–348.
164. Szymczak-Nowak J., Kostka-Gościniak D., Nowakowski M., Gutmański I. 2002b. Systemy uprawy buraka na różnych glebach. Cz. 6. Wybrane pomiary biometryczne. Biul. IHAR 222, 349–354.
165. Szymczak-Nowak J., Nowakowski M. 2003. Reakcja buraka cukrowego na nawożenie obornikiem i słomą. Cz. 3. Jakość technologiczna buraka cukrowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 494, 473–477.
166. Szymczak-Nowak J., Nowakowski M., Kostka-Gościniak D., Redo L., Banaszak H. 1997. Wpływ nawożenia słomą na zdrowotność i plonowanie wybranych odmian buraka cukrowego. Prog. Plant Prot. 37, 2, 260–262.
167. Szymczak-Nowak J., Nowakowski M., Sitarski M., Tyburski J. 2002c. Wpływ nawozów organicznych na plonowanie i zdrowotność buraka cukrowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 484, 683–690.
168. Szymczak-Nowak J., Tyburski J. 2005. Wpływ różnych form nawożenia na kształtowanie się jakości technologicznej buraka cukrowego. Pam. Puł. 139, 269–276.

169. Śmierzchalski L. 1980. Aktualne kierunki zmian w uprawie roli. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 277, 131–148.
170. Tebrügge F. 1994. Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen unter den Aspekten von Bodenschutz und Ökonomie. Justus-Liebig-Universität Gießen, Interdisziplinäre Forschung Agrarwissenschaften, 5–16.
171. Tebrügge F., Böhrnsen A., Groß U., Düring R.A. 1994. Advantages and disadvantages of no-tillage compared to conventional plough tillage. Int. Soil Till. Res. Org. Procc. Of 13th Int. Conf. Denmark „Soil Tillage for Crop Production and Protection of the Environment“, 737–744.
172. Tornau O. 1949. Versuche zur Wirkung der Pflugarbeit im Herbst und Frühjahr. Z. Acker- Pflanzenbau 91, 3–29.
173. Urbanowski S., Jaskulska I., Urbanowska T. 1999. Zmiany zawartości węgla organicznego oraz makroelementów w glebie pod wpływem wieloletniego nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 465, 353–361.
174. Urbański B. 2001. Efektywność nawożenia ekologicznego w uprawie buraka cukrowego. Praca doktorska, UWM Olsztyn.
175. Wadas W., Jabłońska-Ceglarek R., Cholewiński J. 1996. Plonotwórcze efekty nawozów zielonych w proekologicznej uprawie warzyw. W: II Ogólnopol. Symp. „Nowe Rośliny i Technologie w Ogrodnictwie”, Poznań: 261–263.
176. Walter H. 1976. Strefy roślinności a klimat. PWRiL, Warszawa.
177. Weber R. 2010. Przydatność uprawy konserwującej w rolnictwie zrównoważonym. Monografie i rozprawy. IUNiG Puławy.
178. Wesołowski M. 1989. Okres przebywania chwastów w łanie a plonowanie buraka cukrowego. Annales UMCS, Sec. E, 44, 23–27.
179. Wesołowski M., Bętkowski M. 1997. Sposób użyźniania stanowiska a plonowanie buraka cukrowego. Biul. IHAR 202, 145–148.
180. Wesołowski M., Bętkowski M. 2001. Reakcja buraka cukrowego na warunki gospodarki bezobornikowej. Fragm. Agron. 4, 78–87.
181. Wesołowski M., Bętkowski M., Kokoszka M. 2003. Wpływ gospodarki bezobornikowej na jakość korzeni buraka cukrowego. Annales UMCS, Sec. E, 58, 1–12.
182. Wesołowski M., Jędruszczak M. 1996. Yield of sugar beet using alternatives for farm yard manure. Book of abstracts, 4th ESA Congress, II, 612–613.
183. Wiatr J., Dębicki R. 1994. Następcze oddziaływanie różnych materiałów organicznych na glebę i roślinę. Cz. 2. Skład chemiczny roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 407, 65–70.
184. Wiśniewski W. 1994. Dynamika wzrostu i pobierania składników pokarmowych przez buraki cukrowe i pastewne z uwzględnieniem ich jakości. Hod. Rośl. Aklim. Nasien. 38, 1/2, 3–41.
185. Włodek S., Kukuła S., Pabin J., Biskupski A., Kaus A. 1998. Zmiany gęstości, zwięzłości i wilgotności gleby powodowane różnymi systemami uprawy roli. Zesz. Post. Nauk Rol. 460, 413–420.
186. www.ecaf.org – European Conservation Agriculture Federation

187. Wyland L. J., Jackson L. E., Chaney W.E., Klonsky K., Koine S.T., Kimple B. 1996. Winter cover crops in a vegetable cropping system: Impacts on nitrate leaching, soil water, crop yield, pests and management costs. *Agric. Ecosyst. Environ.* 59, 1–17.
188. Wyszynski Z. 1997. Stopień rozwoju siewek buraka cukrowego w okresie młodocianym, powierzchnia życiowa a końcowa masa korzeni i liści. *Biul. IHAR* 202, 63–67.
189. Zając T., Antonkiewicz J. 2006. Zawartość i nagromadzenie NPK w biomase międzyplonów ścierniskowych i wsiewek śródplonowych w zależności od doboru gatunków i sposobu ich siewu. *Pam. Puł.* 142, 595–606.
190. Ziegler K. 1998. Hackfruchtbau. W: *Die Landwirtschaft*. Bd. 1, Pflanzliche Erzeugung. Red. M. Munzert, H. Hüffmeier. BLV München, 382–383.
191. Zimny L. 1984. Wpływ zróżnicowanej uprawy przedzimowej na właściwości fizyczne gleby i plonowanie buraków cukrowych. Praca doktorska, AR Wrocław.
192. Zimny L. 1987. Wpływ zróżnicowanej uprawy przedzimowej na właściwości fizyczne gleby i plonowanie buraków cukrowych. *Zesz. Nauk. AR Wroc.*, Rol. 165, 45–66.
193. Zimny L. 1988. Wpływ spłyconej orki przedzimowej i wiosennej na wybrane właściwości fizyczne gleby i plonowanie buraków cukrowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 356, 269–276.
194. Zimny L. 1994. Badania nad warunkami wzrostu i plonowaniem buraka cukrowego przy zastosowaniu zróżnicowanych technologii uprawy. *Rozpr.* 126, AR Wrocław.
195. Zimny L. 1995. Produktywność buraka cukrowego w warunkach zróżnicowanych systemów uprawy roli. *Fragm. Agron.* 1, 62–69.
196. Zimny L. 1997. Modyfikacje uprawy roli pod burak cukrowy. *Post. Nauk Rol.* 1, 35–47.
197. Zimny L. 1999. Uprawa konserwująca. *Post. Nauk Rol.* 5, 41–51.
198. Zimny L. 2009. Produkcja buraka cukrowego dobie kryzysu gospodarczego. *Gaz. Cukr.* 7-8: 187–192.
199. Zimny L., Kordas L. 2002. Wpływ zagęszczenia roli przy zróżnicowanym nawożeniu organicznym na wschody, obsadę i plonowanie buraka cukrowego. *Biul. IHAR* 222, 239–246.
200. Zimny L., Krzyśków S. 1996. Efektywność produkcji buraka cukrowego w warunkach zróżnicowanych technologii uprawy. *Zesz. Nauk. AR Wroc.*, Rol. 67, 209–214.
201. Zimny L., Rajewski J., Regiec P. 2010. Wpływ uprawy konserwującej na wartość technologiczną korzeni buraka cukrowego. *Annales UMCS, Sec. E*, 65, 2, 110–118.