



**POLITECHNIKA
BYDGOSKA**

Wydział Rolnictwa i Biotechnologii

mgr Beata Sokół

Streszczenie rozprawy doktorskiej pt.:

**WPŁYW UPRAWY ROLI, MIĘDZYPLONU ŚCIERNISKOWEGO
I DAWKI AZOTU NA WŁAŚCIWOŚCI GLEBY I PŁONOWANIE
BURAKA CUKROWEGO (*Beta vulgaris* L.)**

PROMOTOR PRACY

DR HAB. INŻ. EDWARD WILCZEWSKI, PROF. PBŚ
POLITECHNIKA BYDGOSKA IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH

PROMOTOR POMOCNICZY

DR IZABELA WIELEWSKA
POLITECHNIKA BYDGOSKA IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH

Bydgoszcz 2022

1. WSTĘP

Burak cukrowy (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*), ze względów ekonomicznych oraz z uwagi na wyjątkowe znaczenie gospodarcze określany jest jako roślina strategiczna. W naszych szerokościach geograficznych, roślina ta jest jedynym źródłem sacharozy, a energetyczne znaczenie cukru w diecie człowieka jest powszechnie znane [Bzowska-Bakalarz i Gołacki, 2003]. Ponadto uprawa tej rośliny wywiera duży wpływ na produkcję roślinną i zwierzęcą oraz na organizację i mechanizację gospodarstwa.

Uprawa roli jest najstarszym elementem agrotechniki roślin uprawnych, w tym okopowych. Tradycyjna uprawa roli wymaga dużych nakładów paliwa i czasu pracy oraz obciążona jest ryzykiem erozji i degradacji gleby [Kuc i Zimny, 2004]. Wyniki dotychczasowych badań wskazują, że w agrotechnice buraka cukrowego, tradycyjna uprawa płuzna może być zastępowana, z różnym skutkiem produkcyjnym, płytką lub głęboką uprawą uproszczoną cało powierzchniową, a nawet siewem bezpośrednim [Jakubowska i Majchrzak, 2013; Koch i in., 2009; Šařec i in., 2009]. Aktualnie w agrotechnice roślin, w tym buraka cukrowego, stosuje się różne sposoby uprawy bezpłużnej i konserwującej [Zimny, 1999; Dzienia i in., 2006]. Według Kuca i Zimnego [2005], ze względów ekonomicznych, poszukuje się nowych, oszczędniejszych rozwiązań technologicznych i organizacyjnych, które zapewniają plonowanie na wysokim poziomie przy zachowaniu sprawności gleby.

Uprawa konserwująca to sposób uprawy z wykorzystaniem mulczowania i mający na celu ochronę gleby przed degradacją oraz zachowanie jej produktywności [Zimny, 1999]. Uprawa ta jest zgodna z koncepcją zrównoważonego rozwoju rolnictwa [Rajewski i in., 2009]. We współczesnym rolnictwie, międzyplony pełnią rolę agrotechnicznego elementu w specjalistycznych zmianowaniach i uproszczonych systemach uprawy roli [Jaskulska i Gałęzewski, 2009].

W latach 90. ubiegłego wieku, w Stanach Zjednoczonych, Kanadzie i Australii zaczęto uprawiać rośliny w systemie uprawy pasowej roli (ang. strip tillage) [Dominik, 2016]. Uprawa pasowa, łączy zalety orki (głębokie spulchnianie) oraz uprawy konserwującej.

Prawidłowa agrotechnika jest podstawowym warunkiem uzyskiwania wysokich plonów korzeni spichrzowych buraków cukrowych. Do czynników agrotechnicznych, które najbardziej wpływają na wielkość i jakość plonów zalicza się nawożenie azotem [Borówcza i in., 2006]. Wielkości podawanych w literaturze optymalnych dawek azotu są jednak bardzo zróżnicowane, zależnie od warunków glebowych [Borówcza, 1991; Gutmański, 1991; Gutmański i in., 1998; Borówcza i Grześ, 2002]. Ponadto do czynników agrotechnicznych możemy również zaliczyć długość okresu wegetacji i końcową obsadę roślin [Ciebień, 2015]. Natomiast zawartość cukru w korzeniach buraka cukrowego, jak pisze Ciebien [2015], jest zależna od wielu wzajemnie oddziałujących na siebie czynników. Wśród nich można wyróżnić

grupę wykazującą największy bezpośredni wpływ na akumulację sacharozy. Do grupy tej należą czynniki klimatyczne, to jest: temperatura powietrza, opady atmosferyczne i usłonecznienie.

2. HIPOTEZA BADAWCZA, CEL I ZAKRES BADAŃ

Założono, że istnieje zależność pomiędzy technologią uprawy roli, a właściwościami biologicznymi, fizycznymi i chemicznymi gleby oraz plonowaniem i cechami jakościowymi buraka cukrowego. Biomasa międzyplonu ścierniskowego, przyorana jesienią lub pozostawiona na zimę w postaci mulczu, może przyczynić się do poprawy właściwości gleby. Spodziewano się także korzystnej reakcji buraka cukrowego na poprawę tych właściwości. Ważnym argumentem może być założenie, że rośliny, które wzrastają w lepszych warunkach, wytworzą większą biomasę korzeni, zwłaszcza w warunkach stosowania uprawy pasowej, która zapewnia wyższą wilgotność łoża siewnego w otoczeniu kiełkujących nasion. Ponadto efekt stosowania uprawy pasowej roli i międzyplonu ścierniskowego, zależy może od poziomu nawożenia azotem. Spodziewano się również redukcji nakładów paliwa i czasu pracy.

Celem głównym przeprowadzonych badań własnych, było określenie wpływu technologii uprawy pasowej i międzyplonu ścierniskowego na właściwości gleby oraz na wzrost, plonowanie i cechy jakościowe buraka cukrowego, w zależności od nawożenia azotem.

Wobec tak sformułowanego celu głównego pracy, przyjęto następujące cele szczegółowe:

- określenie wpływu technologii uprawy pasowej i międzyplonu ścierniskowego na właściwości fizyczne gleby w otoczeniu kiełkujących nasion,
- ocenę wpływu technologii uprawy pasowej (strip-till) na kiełkowanie oraz wschody buraka cukrowego,
- ocenę wpływu technologii uprawy pasowej na plonowanie buraka cukrowego, w zależności od stosowania międzyplonów,
- ocenę wpływu dawki azotu na plonowanie i cechy jakościowe buraka cukrowego,
- określenie wpływu międzyplonów ścierniskowych na plonowanie i cechy jakościowe buraka cukrowego, w zależności od zastosowanej dawki nawozu azotowego,
- określenie wpływu technologii uprawy roli i międzyplonu ścierniskowego na właściwości biologiczne gleby (liczba i masa dżdżownic).

3. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

3.1 UKŁAD I LOKALIZACJA DOŚWIADCZENIA

Ścisłe, trzyczynnikowe badania polowe, przeprowadzono w latach 2016-2019. Doświadczenie zostało założone na glebie pławowej, wytworzonej z piasku gliniastego mocnego, kompleksu żyniego dobrego, klasy bonitacyjnej IV a. Doświadczenie realizowano w układzie losowanych podbloków (split-split-plot), w 4 powtórzeniach, na łącznie 48 poletkach, każde o powierzchni 30 m², z czego do zbioru roślin przeznaczono 15,12 m². Doświadczenie, zlokalizowane było na terenie Stacji Badawczej Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii w Mochelku (53°13'N, 17°51'E), koło Bydgoszczy.

Badania polowe obejmowały ocenę wpływu technologii uprawy roli (uprawa pasowa z jednoczesnym siewem kłębków buraka cukrowego w mulcz z międzyplonów ścierniskowych; uprawa tradycyjna – czynnik I); nawożenia azotem (120 kg·ha⁻¹, 160 kg·ha⁻¹ – czynnik II) oraz międzyplonu ścierniskowego, wykorzystywanego jako zielony nawóz (groch siewny 'Hubal', wyka siewna 'Hanka' oraz kontrola (bez międzyplonu) – czynnik III).

3.2 AGROTECHNIKA STOSOWANA W UPRAWIE BURAKA CUKROWEGO

Parametry siewu buraka cukrowego

Tabela 1. Parametry siewu buraka cukrowego

Lp.	Parametr	Opis
1.	odmiana rośliny	'Contenta'
2.	liczba kłębków	12,3 szt.·m ⁻²
3.	odległość pomiędzy kłębkami	18,0 cm
4.	rozstawa rzędów	45,0 cm
5.	głębokość siewu	2,0 cm

Tabela 2. Środki ochrony roślin, którymi były zaprawione nasiona buraka cukrowego

Lp.	Rodzaj środka ochrony roślin	Nazwa handlowa	Nazwa substancji czynnej
1.	insektycydy	Cruiser SB 600 FS	tiametoksam
		Force 20 CS	teflutryna
2.	fungicydy	Thiram	tiuram
		Tachigaren 70 WP	hymeksazol

Nawożenie buraka cukrowego

Tabela 3. Zestawienie dawek nawozów doglebowych i nalistnych stosowanych w uprawie buraka cukrowego

Nazwa nawozu	Zastosowany preparat	Faza rozwojowa buraka	Dawka nawozu [kg·ha ⁻¹]	Dawka składnika [kg·ha ⁻¹]
	skład [%]			
Saeletra amonowa	34,0 N	przed siewem	100,0	34,0
		BBCH 19	110,0	37,0*
			227,0	77,0**
Superfosfat	40,0 P ₂ O ₅	przed siewem	200,0	80,0
Sól potasowa	60,0 K ₂ O	przed siewem	250,0	150,0
Polifoska 6	NPK(S) 6,0-20,0-30,0(7,0)	siew; BBCH 00	150,0	9,0-30,0- 45,0(10,5)
Saeletrzak	27,0 N			40,0
Insol 4	mieszanka mikroelementowa, wieloskładnikowa	BBCH 19	1,0 dm ³ ·ha ⁻¹	x
Insol B	10,0 B		1,0 dm ³ ·ha ⁻¹	0,1 dm ³ ·ha ⁻¹

*Dawka N1; **Dawka N2

Ochrona roślin przed agrofagami

Tabela 4. Zestawienie środków ochrony roślin stosowanych w uprawie buraka cukrowego

Zwalczany agrofag	Zastosowany preparat		Faza rozwojowa buraka cukrowego	Dawka preparatu [dm ³ ·ha ⁻¹]
	nazwa handlowa	substancja czynna		
Chwasty	Roundup 360 Plus	glifosat	przed siewem	3,00
	Betanal MaxxPro 209 OD	desmedifam etofumesat lenacyl fenmedifam	BBCH 12	1,25
			BBCH 15	1,40
			BBCH 19	1,25
Agil S 100 EC	propachizafop	BBCH 18	1,50	
Szkodniki	Proteus 110 OD	tiachlopyryd deltametryna	BBCH 19	0,50
Patogeny grzybowe	Duett Star 334 SE	fenpropimorf epoksykonazol	BBCH 39	1,00

3.3. BADANIA POŁOWE, POMIARY I OBSERWACJE

Na poletkach doświadczalnych badano wybrane właściwości fizyczne łoża siewnego w okresie od kwietnia do czerwca (temperatura i wilgotność gleby w otoczeniu wysianych nasion), w terminach 7, 14, 21, 28 i 35 dni po siewie buraka cukrowego. Pomiar wykonywano za pomocą sondy TDR WET-2 oraz czynnika HH2 (Delta-T Devices).

Badania oporu penetracji gleby przeprowadzono za pomocą ręcznego penetrometru, w warstwie gleby 0-30 cm, zarówno w rzędach roślin jak i w międzyrzędziach. Pomiar oporu penetracji wykonano przed zakończeniem wchodów roślin buraka cukrowego, 28 dni po siewie. W poszczególnych latach przyspadały one w następujących terminach: 09.05.2017 r., 18.05.2018 r. oraz 06.05.2019 r.

Pomiar SPAD (Soil Plant Analysis System), czyli stan odżywienia roślin azotem lub inaczej pomiar indeksu zieloności liścia, wykonywany był w okresie intensywnego wzrostu roślin, to jest od początku czerwca, co tydzień w początkowym okresie i co 2 tygodnie, w sierpniu, za pomocą ręcznego chlorofilometru N-Tester, firmy YARA. Pomiar wykonywano na najmłodszych liściach 30 roślin z każdego poletka doświadczalnego. Określano również obsadę roślin [szt.·m⁻²] 14, 21 i 28 dni po siewie oraz po zakończeniu wschodów buraka cukrowego.

Zbiór buraków cukrowych wykonywano corocznie w październiku, to jest 9-10.10.2017, 16-18.10.2018 oraz 14-16.10.2019 roku. Składał się on z trzech etapów, jakimi były obcięcie liści z główkami, wykopanie korzeni oraz zwiezenie z pola doświadczalnego. Zbiór buraka został wykonany ręcznie. Na każdym poletku, był ważony plon korzeni i liści oraz określana była całkowita liczba korzeni [szt. \cdot m⁻²], liczba korzeni małych (o grubości < 4 cm), średnich (o grubości 4-8 cm) i dużych (o grubości >8 cm).

Na polu doświadczalnym, na 4 podstawowych obiektach (uprawa pasowa, uprawa tradycyjna, po międzyplonie ścierniskowym oraz kontrola (bez międzyplonu), przeprowadzono pomiar zasiedlenia gleby przez dżdżownice. Po zbiorze buraka z każdego poletka były pobierane 4 monolity glebowe o wymiarach 20x20x20 cm, z których po ręcznym przesortowaniu i przesianiu przez sito o wymiarach oczek w kształcie kwadratu o powierzchni 0,64 cm², wydobywano dżdżownice [Crittenden i in., 2015]. Określano masę dżdżownic oraz liczbę osobników dojrzałych i młodocianych [Stop-Bowitz, 1969].

3.4. KALKULACJA EKONOMICZNA

Rolnik podejmując decyzję, dotyczącą wykorzystania posiadanych zasobów i środków, aby osiągnąć najlepsze wyniki ekonomiczne wykorzystuje rachunek ekonomiczny. Rachunek ten pozwala na ustalenie i porównanie nakładów z osiągniętymi rezultatami, czyli efektami. Aby wyliczyć dochodowość dwóch różnych systemów uprawy buraka cukrowego to jest tradycyjnego i pasowego, posłużono się kalkulacją kosztów.

Wartość produkcji określono na podstawie wielkości plonu korzeni buraka oraz średniej ceny zbytu z trzech lat badań. Przyjęty w analizie średni plon korzeni spichrzowych buraka cukrowego wyniósł 706,61 dt \cdot ha⁻¹ w uprawie tradycyjnej oraz 729,82 dt \cdot ha⁻¹ w uprawie pasowej.

W zestawieniu kosztów produkcji uwzględniono koszty zakupu materiału siewnego, koszty nawozów mineralnych, koszty chemicznych środków ochrony roślin, a także koszty usług wykonywanych w czasie uprawy buraka oraz koszty pracy najemnej.

Należy zaznaczyć, że wszystkie koszty oraz uwzględnione ceny zastosowane w kalkulacji odpowiadają średniej cenie rynkowej z 2021 roku. Zostały one opracowane na podstawie publikacji „Kalkulacje Rolnicze”, którą wydaje Kujawsko-Pomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Minikowie. Ponieważ badania prowadzono w Mochełku do obliczeń wykorzystano ceny środków produkcji występujące w województwie kujawsko-pomorskim oraz dane z portalu Kujawsko-Pomorskie Notowania Cen Rolniczych [www.notowania.kpodr.pl].

Poziom nakładów materiałowych przyjęto na podstawie rzeczywistego zużycia w stacji doświadczalnej i cen środków produkcji, a zmienne koszty maszynowe obliczono na podstawie rzeczywistych parametrów rocznego

wykorzystania sprzętu i wydajności w stacji doświadczalnej w Mocheńku w ciągu roku.

3.5. ZASTOSOWANE METODY STATYSTYCZNE

Uzyskane wyniki badań opracowano statystycznie, przeprowadzając analizę wariancji, według modelu właściwego dla układu losowanych podbloków (split-split-plot). Istotność różnic, dla poszczególnych poziomów czynników oraz interakcji pomiędzy czynnikami, testowano przy pomocy półprzedziału ufności Tukey'a na poziomie istotności $p = 0,05$.

Do opracowania wyników, został wykorzystany program komputerowy Anw 2.0. oraz Microsoft Office Excel 2010.

Wyznaczono także współczynniki korelacji liniowej prostej pomiędzy plonem korzeni spichrzowych, a zawartością w nich sacharozy i melasotworów. Analiza została wykonana przy pomocy programu komputerowego Statistica StatSoft oraz Microsoft Office Excel 2010.

4. WYNIKI

Burak cukrowy należy do roślin o dużych wymaganiach wodnych i ciepłych. W okresie badawczym warunki pogodowe były znacznie zróżnicowane, zarówno pod względem temperatury powietrza jak i opadów atmosferycznych.

W 2017 roku średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji buraka cukrowego, była nieznacznie niższa od średniej wieloletniej. Najcieplejszymi miesiącami były czerwiec, lipiec oraz sierpień.

Opady atmosferyczne były jednym z kluczowych elementów decydujących o warunkach klimatycznych. Sumy opadów w 2017 roku były aż w sześciu miesiącach znacznie wyższe niż średnie z wielolecia. Ponadto rok ten był najbardziej obfity w opady w porównaniu z pozostałymi latami badań.

W sezonie wegetacyjnym 2018, występowały okresy posuszne, głównie dotyczyło to maja i czerwca. Ponadto rok ten charakteryzował się najniższą sumą opadów deszczu w okresie od marca do zbioru roślin, odbywającego się w październiku. Ilość opadów w 2018 roku była znacznie mniejsza niż w wieloleciu 1980-2010 (o ponad 100 mm).

W 2019 roku średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji buraka cukrowego była najbardziej zbliżona do średniej wieloletniej. Najcieplejszym miesiącem w tym okresie był czerwiec ze średnią temperaturą powietrza odpowiadającą blisko 22°C , co w stosunku do średniej wieloletniej było to aż o $5,8^{\circ}\text{C}$ więcej. 2019 rok był okresem, który najbardziej odbiegał od średniej wieloletniej pod względem opadów atmosferycznych. Sumy opadów w 2019 roku były w sześciu miesiącach znacznie niższe od średnich z wielolecia.

Wyniki badań własnych wykazały, że sposób uprawy roli wywierał zróżnicowany w latach wpływ na właściwości fizyczne gleby, to jest temperaturę, wilgotność i opór penetracji. Uprawa pasowa przyczyniła się do pozytywnego wpływu na wilgotność łoża siewnego. Wpływ technologii uprawy roli na plon korzeni buraka cukrowego był zależny od roku badań. W 2017 roku, cechującym się wysokimi sumami opadów atmosferycznych, stwierdzono dodatni wpływ uprawy pasowej na tę cechę. W tym samym roku stwierdzono także istotny, dodatni wpływ międzyplonów ścierniskowych na plon korzeni spichrzowych. W dwóch kolejnych latach badań, nie stwierdzono istotnego wpływu badanych czynników na plonowanie buraka cukrowego.

Obsada roślin po zakończeniu wschodów roślin, w 2017 i 2018 roku, nie była zależna od badanych czynników. W 2019 roku, obsada roślin buraka cukrowego, była istotnie wyższa po zastosowaniu tradycyjnej uprawy roli niż w uprawie pasowej.

Czynniki badawcze wywarły zróżnicowany w latach wpływ na plon liści, który w latach 2017 i 2019 był zależny od badanych czynników. W pierwszym roku badań, plon liści był istotnie wyższy po zastosowaniu uprawy tradycyjnej niż pasowej w obiektach z grochem siewnym i wyką siewną. W ostatnim roku 2019, międzyplony nie wywarły istotnego wpływu na plon liści buraka cukrowego, wykazano natomiast wpływ technologii uprawy roli na tę cechę. Uprawa pasowa, podobnie jak w roku 2017, przyczyniła się do wytworzenia istotnie niższego plonu liści w porównaniu do tradycyjnej uprawy płuznej.

W 2017 roku, plon technologiczny cukru, był istotnie wyższy w obiektach z międzyplonem niż w obiekcie kontrolnym (bez międzyplonu). Technologia uprawy pasowej wpłynęła korzystnie na tę cechę w porównaniu do tradycyjnej uprawy płuznej. W pozostałych dwóch okresach wegetacyjnych, cecha ta nie była zależna od badanych czynników doświadczenia.

Zawartość azotu alfa-aminowego w 2017 roku, była najniższa w całym trzyletnim cyklu doświadczenia. Była ona zależna od międzyplonów. Zawartość azotu szkodliwego, w 2018 roku, nie była zależna od dawki azotu i międzyplonu. W 2019 roku, po zastosowaniu dawki N2, zawartość azotu szkodliwego, była istotnie wyższa niż po zastosowaniu dawki N1, w obiektach po wyce siewnej.

Uprawa pasowa, wpływała korzystnie również na zawartość sacharozy w korzeniach spichrzowych buraka cukrowego, jednak tylko w pierwszym roku badań, cechującym się dobrym zaopatrzeniem w wodę opadową. Stwierdzono także, że plon korzeni i zawartość cukru były ze sobą ujemnie skorelowane. Plon korzeni oraz zawartość w nich cukru nie były zależne od dawki azotu. Nie stwierdzono również istotnego wpływu międzyplonów na zawartość sacharozy w korzeniach spichrzowych buraka cukrowego.

Stwierdzono korzystne oddziaływanie uprawy buraka cukrowego w technologii uprawy pasowej na właściwości biologiczne gleby. Po zastosowaniu uprawy pasowej, otrzymano istotnie wyższe wartości badanej

cechy, w porównaniu z tradycyjną uprawą płużną. Ponadto międzyplony ścierniskowe również wpłynęły korzystnie na wzrost populacji dżdżownic. Biomasa międzyplonów ścierniskowych była materiałem stanowiącym cenny pokarm dla dżdżownic, co skutkowało silnym wzrostem ich populacji. Biomasa międzyplonów, która uaktywniła życie biologiczne, wpłynęła także na plonowanie roślin, co poskutkowało bardzo wysokim plonem korzeni spichrzowych buraka cukrowego, który w pierwszym roku badań, zależny był właśnie od międzyplonów.

Analiza ekonomiczna potwierdziła, że tradycyjna uprawa płużna jest technologią droższą, wymagającą większych nakładów w porównaniu do uprawy pasowej. W uprawie tradycyjnej najbardziej kosztocílonnym elementem technologii było przygotowanie gleby do siewu.

5. WNIOSKI

1. Technologia uprawy roli wywarła zróżnicowany w latach wpływ na temperaturę i wilgotność gleby w strefie kiełkowania nasion buraka cukrowego. Technologia uprawy pasowej zapewniała lepsze uwilgotnienie łoża siewnego, co było bardzo widoczne przede wszystkim w 2018 roku, w którym wystąpiła posucha w okresie kiełkowania i wschodów roślin.
2. Obsada roślin buraka cukrowego po zakończeniu wschodów, w dwóch pierwszych latach badań, nie była zależna od badanych czynników. W trzecim roku badań natomiast, obsada roślin buraka cukrowego, była istotnie wyższa po zastosowaniu tradycyjnej uprawy płużnej niż po uprawie pasowej.
3. Nie stwierdzono wpływu dawek azotu na wartość wskaźnika SPAD. Wskaźnik zieloności liści był zależny od wieku fizjologicznego roślin buraka cukrowego. Biorąc jednak pod uwagę cały okres badań stwierdzono, że najwyższe wartości tego parametru uzyskano w 2018 roku.
4. Wpływ technologii uprawy roli na plon korzeni buraka cukrowego był zależny od sezonu wegetacyjnego. W 2017 roku, cechującym się wysokimi sumami opadów atmosferycznych, stwierdzono dodatni wpływ uprawy pasowej na plon korzeni, natomiast w kolejnych dwóch latach, nie stwierdzono istotnego wpływu sposobu uprawy na tę cechę.
5. Wpływ międzyplonów na plon liści był różny w poszczególnych latach. Ponadto wywarły one istotny, dodatni wpływ na średni z trzech lat badań plon liści buraka cukrowego.
6. Plon korzeni spichrzowych buraka cukrowego był negatywnie skorelowany z zawartością w nich sacharozy.
7. Zwiększenie dawki N ze 120 do 160 kg·ha⁻¹, nie wpłynęło na plon korzeni spichrzowych buraka cukrowego i zawartość w nich sacharozy.

8. Średni z trzech lat badań plon technologiczny cukru był istotnie zależny od technologii uprawy roli i międzyplonów ścierniskowych. Jakkolwiek tylko w pierwszym roku badań (2017), charakteryzującym się dużą sumą opadów, wykazano korzystny wpływ uprawy pasowej oraz międzyplonów ścierniskowych na tę cechę. W posusznych latach 2018 i 2019 nie był on istotnie zależny od czynników doświadczenia polowego.
9. Zwiększenie dawki azotu ze 120 do 160 kg·ha⁻¹, przyczyniło się do zwiększenia zawartości azotu alfa-aminowego w korzeniach buraka cukrowego. Było to najbardziej widoczne w pierwszym cyklu badań polowych, w którym stwierdzono statystyczne potwierdzenie tego niekorzystnego wpływu.
10. Zastosowanie technologii uprawy pasowej, wpłynęło pozytywnie na właściwości biologiczne gleby po zbiorze buraka cukrowego, mierzone liczebnością i biomasą dżdżownicy ziemnej (*Lumbricus terrestris*) w warstwie ornej gleby. Również międzyplony ścierniskowe z grochu siewnego i wyki siewnej wywarły dodatni wpływ na te parametry.
11. Z analizy kosztów i wartości finansowej plonu buraka cukrowego wynika, że w praktyce rolniczej należy propagować nowoczesny system uprawy buraka w formie uprawy pasowej, co przyczyni się do uzyskania wyższego poziomu plonowania przy jednoczesnym ograniczeniu kosztów uprawy. Technologia ta jest opłacalna i pozwala realizować potencjał produkcyjny roślin bez szkody dla właściwości gleby i środowiska naturalnego.
12. Większą efektywność ekonomiczną można osiągnąć stosując uprawę pasową buraka cukrowego. Decyzja o wyborze konkretnego sposobu uprawy roli powinna być poparta wnikliwą analizą wielu czynników przyrodniczych, agrotechnicznych i ekonomicznych

6. LITERATURA

Spis piśmiennictwa w rozprawie doktorskiej obejmuje 194 pozycje. W niniejszym streszczeniu zacytowano 20 pozycji literaturowych, w tym 2 pozycje ze stron internetowych.

- [1] Borówczak F., 1991. Wpływ deszczowania, zagęszczenia roślin i nawożenia azotem na plon buraków cukrowych. *Biul. IHAR Radzików*, 178, 23-31.
- [2] Borówczak F., Grobelny M., Kołata M., Zieliński T., 2006. Wpływ nawożenia azotem na plony i wartość technologiczną korzeni buraków cukrowych. *J. Res. Appl. Agric. Eng.*, 51(3), 11-15.
- [3] Borówczak F., Grześ S., 2002. Wpływ deszczowania, dokarmiania dolistnego i nawożenia azotem na plon korzeni i efekty ekonomiczne uprawy buraków cukrowych. *Biul. IHAR Radzików*, 222, 203-213.
- [4] Bzowska-Bakalarz M., Gołacki K., 2003. Produkcja buraków cukrowych na tle zmian technologicznych i strukturalnych w regionie lubelskim. *Motrol* 5, 32-39.
- [5] Ciebień M., 2015. Ocena oddziaływania warunków meteorologicznych na zawartość cukru w korzeniach buraka cukrowego na Zamojszczyźnie. *Annal. UMCS, sec. E, Agric.*, LXX (3), 1-10.
- [6] Crittenden S.J., Huerta E., De Goede R.G.M., Pulleman M.M., 2015. Earthworm assemblages as affected by field margin strip and tillage intensity: An on-farm approach. *Eur. J. Soil Biol.*, (66), 49-56.
- [7] Dominik A., 2016. Systemy uprawy gleby przydatne w rolnictwie zrównoważonym. *CDR Brwinów*.
- [8] Dzieńka S., Zimny L., Weber R., 2006. Najnowsze kierunki w uprawie roli i technice siewu. *Fragm. Agron.*, 23(2), 227-241.
- [9] Gutmański I., 1991. Nawożenie mineralne. [W:] *Produkcja buraka cukrowego*. Gutmański I. (red.), PWRiL Warszawa, 284-287.
- [10] Gutmański I., Goszczyński T., Kreft K., Szymczak D., 1998. Wpływ dawek azotu na wysokość i jakość przemysłową plonu buraka cukrowego oraz na zawartość azotu mineralnego w profilu glebowym w okresie wegetacji. *Roczn. AR Poznań, CCCVII*, 243-253.
- [11] <https://www.notowania.kpodr.pl/>
- [12] https://www.notowania.kpodr.pl/userfiles/kalkulacje_rolnicze_2021_lis_topad/burak%20cukrowy.pdf
- [13] Jakubowska M., Majchrzak L., 2013. Wpływ tradycyjnej i bezorkowej uprawy roli na zdrowotność i plonowanie buraków pastewnych. *Fragm. Agron.* 30(1), 45-53.

- [14] Jaskulska I., Gałęzewski L., 2009. Aktualna rola międzyplonów w produkcji roślinnej i środowisku. *Fragm. Agron.* 26(3), 48-57.
- [15] Koch H.J., Dieckmann J., Büchse A., Märlander B., 2009. Yield decrease in sugar beet caused by reduced tillage and direct drilling. *Europ. J. Agron.*, 30, 101-109.
- [16] Kuc P., Zimny L., 2004. Kształtowanie się właściwości fizycznych gleby pod wpływem zróżnicowanych systemów uprawy buraka cukrowego. *Ann. UMCS, Sect. E, Agricultura*, 59(3), 1129-1138.
- [17] Kuc P., Zimny L., 2005. Plonowanie i jakość technologiczna korzeni buraka cukrowego uprawianego w warunkach różnych systemów uprawy. *Ann. UMCS, Sec. E*, 60, 133-143.
- [18] Stop-Bowitz C., 1969. A contribution to our knowledge of the systematic and zoogeography of Norwegian earthworms (Annelida Oligochaeta: Lumbricidae). *Nytt. Mag. Zool.*, 17, 169-280.
- [19] Šařec P., Šařec O., Srb K., Dobek T., 2009. Analiza produkcji buraka cukrowego w zależności od różnych technologii przygotowania roli. *Inż. Rol.*, 1(110), 273-280.
- [20] Zimny L., 1999. Uprawa konserwująca. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 5, 41-52.