



Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie

Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki

Mgr inż. Krzysztof Pikul

**Wpływ termicznych metod niszczenia chwastów
w ekologicznych uprawach warzywniczych na efektywność
i energochłonność produkcji**

Rozprawa doktorska

Promotor pracy:

dr hab. inż. Pawła Kielbasy prof. URK

Promotor pomocniczy: dr inż. Tomasz Drózdź, prof. URK

Katedra Eksploatacji Maszyn, Ergonomii
i Procesów Produkcyjnych

Kraków 2024

Temat: Wpływ termicznych metod niszczenia chwastów w ekologicznych uprawach warzywniczych na efektywność i energochłonność produkcji

Streszczenie:

Współczesna produkcja rolnicza wymaga wysublimowanych metod prowadzących do jej konkurencyjności na rynkach światowych. Jednym z istotnych czynników warunkujących efekt ekonomiczny produkcji jest walka z zachwaszczeniem. Aspekt ten jest szczególnie istotny w technologiach ekologicznych, gdzie zabiegi chemiczne są wykluczone a modyfikacje technologii konwencjonalnych mogą przyczynić się do minimalizacji nakładów a tym samym rozwoju tego typu systemów produkcji. Celem badań było określenie wpływu wybranych termicznych metod niszczenia chwastów na technologię procesu produkcji wybranych warzyw z uwzględnieniem jej energochłonności w uprawach ekologicznych oraz wpływu wprowadzenia modyfikacji technologii tradycyjnych na wybrane właściwości fizyczne plonu. Do badań wybrano trzy charakterystyczne dla rejonu badań odmiany warzyw tj.: marchew jadalną, buraki ćwikłowe oraz ogórki gruntowe uprawiane w reżimie ekologicznym w systemie zagonowym i redlinowym. W doświadczeniu wykorzystano dwie technologie eliminacji termicznej chwastów tj.: promieniowanie mikrofalowe oraz płomień gazowy. Zabieg mikrofalowy przeprowadzono samobieżnym urządzeniem zasilanym energią elektryczną, natomiast wypalanie płomieniem gazowym zrealizowano Termopielnikiem T232 współpracującym z ciągnikiem o mocy 22,5 kW. Doświadczenie polowe prowadzone było w cyklu trzyletnim a układ doświadczenia oparty był o metodykę kwadratu łańdzkiego. W przypadku oddziaływania mikrofalowego zastosowano trzy kombinacje dawki promieniowania, natomiast w przypadku wypalania Termopielnikiem pięć kombinacji wypalania. Do określenia energochłonności posłużono się rachunkiem energochłonności skumulowanej, natomiast wybrane parametry fizyczne plonu dotyczące kształtu metodami analizy obrazu, które również wykorzystano do pomiaru zachwaszczenia poletek doświadczalnych. W przypadku parametrów fizycznych gleby, określono, jej zwięźłość, przewodność elektryczną oraz wilgotność. Dodatkowo określono poziom życia biologicznego w profilu glebowym a także zasobność gleby w składniki pokarmowe i odczyn pH gleby. Zaobserwowano, że zastosowane metody termicznego niszczenia chwastów skutecznie zmniejszały powierzchnię zachwaszczenia w przypadku analizowanych technologii uprawy wybranych warzyw w reżimie ekologicznym stanowiąc alternatywę dla technologii tradycyjnych. W przypadku stosowania zabiegu mikrofalowego powierzchnia chwastów zmniejszała się o ponad 97% w stosunku do poletek kontrolnych i był to zabieg w tym aspekcie najskuteczniejszy. Natomiast zastosowanie wypalania palnikiem gazowym pozwalało wyeliminować od 55% chwastów w przypadku buraka ćwikłowego uprawianego technologii zagonowej aż 75% chwastów w przypadku redlinowej uprawy marchwi. Otrzymane różnice w zachwaszczeniu między poletkami, gdzie stosowano zabiegi termiczne a poletkami gdzie ich nie stosowano były statystycznie istotne a sam zabieg termiczny stanowi alternatywę dla tradycyjnego pielienia szczególnie w uprawach ekologicznych. Odnotowano, że energochłonność zabiegów termicznych z wykorzystaniem promieniowania mikrofalowego wynoszącego w zależności od dawki promieniowania od 20 MJ·m⁻² do 60 MJ·m⁻² pomimo swojej skuteczności nie stanowi alternatywy pod względem energochłonności dla metod tradycyjnych w przypadku których jest ona 60 razy niższa. Natomiast stosowanie Termopielnika, którym zabieg przeprowadzany jest jednorazowo w czasie wegetacji, ale tuż przed wschodami rośliny uprawnej charakteryzował się najwyższą skutecznością działania w odniesieniu do pozostałych kombinacji wypalania stanowi alternatywne rozwiązanie w stosunku do metod tradycyjnych ponieważ skumulowany nakład energetyczny wynosi 2769 MJ·ha⁻¹ i jest o 11% niższy w stosunku do metod wykorzystujących pielienie ręczne. Ponadto biorąc pod uwagę nakład godzinowy pracy wynoszący 1,5 rbh·ha⁻¹ jest 49 razy mniejszy w stosunku do technologii tradycyjnych.

Subject: The influence of thermal weed control methods in organic vegetable crops on the efficiency and energy consumption of production

Abstract:

Modern agricultural production requires sophisticated methods leading to its competitiveness in world markets. One of the important factors determining the economic effect of production is the fight against weeds. This aspect is particularly important in organic technologies, where chemical treatments are excluded and modifications to conventional technologies can help minimize inputs and thus develop such production systems. The aim of the study was to determine the impact of selected thermal methods of weed destruction on the production process technology of selected vegetables, taking into account its energy intensity in organic farming, and the impact of the introduction of modifications to traditional technologies on selected physical properties of the crop. Three vegetable varieties characteristic of the study area, i.e.: edible carrots, beets and ground cucumbers grown under the organic regime in the system of ridges and beds, were selected for the study. The experiment used two technologies for thermal elimination of weeds that are: microwave radiation and gas flame. Microwave treatment was carried out with a self-propelled electric-powered device, while gas flame firing was carried out with a T232 thermopile working with a 22.5 kW tractor. The field experiment was conducted on a three-year cycle and the layout of the experiment was based on Latin square methodology. In the case of microwave exposure, three combinations of radiation dose were used, while in the case of thermopile firing, five combinations of firing were used. Cumulative energy intensity calculations were used to determine energy intensity, while selected physical yield parameters relating to shape were used image analysis methods, which were also used to measure the weed infestation of the experimental plots. As for the physical parameters of the soil, it was determined, its compactness, electrical conductivity and moisture content. In addition, the level of biological life in the soil profile was determined, as well as soil nutrient abundance and soil pH value. It was observed that the applied methods of thermal destruction of weeds effectively reduced the area of weed infestation in the case of analysed technologies of cultivation of selected vegetables in the organic regime providing an alternative to conventional technologies. The microwave treatment reduced weed area by more than 97% compared to the control plots and was the most effective treatment in this aspect. On the other hand, the use of gas burner firing made it possible to eliminate from 55% of weeds in the case of beet cultivated with the technology of the field as much as 75% of weeds in the case of ridge cultivation of carrots. The obtained differences in weed infestation between plots where thermal treatments were applied and plots where they were not applied were statistically significant and the thermal treatment itself is an alternative to traditional weeding especially in organic crops. It has been noted that the energy intensity of thermal treatments using microwave radiation amounting, depending on the radiation dose, from 20 MJ·m⁻² to 60 MJ·m⁻² despite its effectiveness is not an alternative in terms of energy intensity to traditional methods where it is 60 once lower. On the other hand, the use of a thermal weeder, with which the treatment is carried out once during the growing season, but just before the crop emerges, was characterized by the highest performance in relation to the other combinations of burning is an alternative to traditional methods because the cumulative energy input is 2769 MJ·ha⁻¹ and is 11% lower than methods using manual weeding. Moreover, considering the hourly labor input of 1,5 mH·ha⁻¹ is 49 times less compared to traditional technologies.

Spis treści

1. Wstęp	7
1.1. Wprowadzenie	7
1.2. Uzasadnienie problemu	9
1.2.1. Warzywa	9
1.2.2. Produkcja ekologiczna	12
1.2.3. Metody zwalczania chwastów	15
1.2.4. Wykorzystanie promieniowania mikrofalowego	19
1.2.5. Energochłonność	22
2. Cel i zakres badań	26
3. Przedmiot badań	28
4. Metodyka badań	33
4.1. Metodyka wyboru układu doświadczenia	33
4.1.1. Schemat randomizacji bloków doświadczenia	37
4.1.2. Metodyka pomiaru przewodności elektrycznej gleby	38
4.1.3. Metodyka poboru próbek i pomiaru zwięzłości gleby	38
4.1.4. Metodyka określania wielkości plonu	41
4.1.5. Metodyka wyznaczenie współczynnika sferyczności warzyw	41
4.1.6. Metodyka generowania map cyfrowych	44
4.1.7. Metodyka wykonywania zabiegów Termopielnikiem	44
4.1.8. Metodyka wykonywania zabiegu mikrofalowego niszczenia chwastów	48
4.1.9. Identyfikacja stopnia zachwaszczenia (stopnia skuteczności technologii niszczenia chwastów)	50
4.1.10. Analiza fotometryczna plonu	52
4.1.11. Metodyka analizy mikrobiologicznej gleby	53
4.2. Metodyka wyznaczenia nakładów energetycznych	54
4.3. Metodyka obliczeń statystycznych	57
5. Wyniki badań	58
5.1. Wybrane właściwości gleby	58
5.1.1. Zwięzłość gleby	58
5.1.2. Wilgotność gleby	59
5.1.3. Przewodność elektryczna	60
5.1.4. Odczyn gleby	61
5.1.5. Zawartość substancji odżywczych w glebie	62
5.1.6. Mikrobiologia gleby	66
5.2. Technologia z wykorzystaniem promieniowania mikrofalowego	71
5.2.1. Marchew – technologia zagonowa	71

5.2.2. Marchew – technologia redlinowa	77
5.2.3. Buraki ćwikłowe – technologia zagonowa.....	84
5.2.4. Burak ćwikłowy – technologia redlinowa.....	91
5.2.5. Uprawa ogórka - technologia zagonowa	100
5.2.6. Uprawa ogórka - technologia redlinowa	107
5.3. Technologia z wykorzystaniem Termopielnika.....	113
5.3.1. Uprawa marchwi – technologia zagonowa.....	113
5.3.2. Uprawa marchwi – technologia redlinowa.....	123
5.3.3. Uprawa buraka ćwikłowego – technologia zagonowa	129
5.3.4. Uprawa buraka ćwikłowego - technologia redlinowa.....	135
5.3.5. Uprawa ogórka – technologia zagonowa.....	141
5.3.6. Uprawa ogórka – technologia redlinowa.....	147
6. Dyskusja wyników i wnioski	152
7. Bibliografia	159
8. Spis tabel	170
9. Spis rysunków	173

1. Wstęp

1.1. Wprowadzenie

Współczesna produkcja w obrębie żywności wymaga wysublimowanych metod prowadzących do jej konkurencyjności na rynkach światowych. Bardzo istotnym, ale też skomplikowanym zagadnieniem stała się selektywna identyfikacja roślin na danym areale (uprawnych oraz chwastów). Zagadnienie komplikuje tendencja eliminacji chemizacji produkcji i stopniowy powrót do technologii tradycyjnych, ale w ich nowoczesnym ujęciu. Jednym z rozwiązań jest zastosowanie promieniowania mikrofalowego. Promieniowanie mikrofalowe (zarówno jego efekt termiczny jak i nie termiczny) niszczy mikroorganizmy, bakterie, grzyby, wirusy, co potwierdza szereg badań (Webb i in. 1998; Datta i Davidson, 2000; Rosenberg i Bögl, 1987; Shiah i in. 2001; Halverson i in. 2001; Jeng i in. 1987; Wang i Tang, 2001). Metoda stosowana jest powszechnie do sterylizacji czy dezynfekcji różnych materiałów na skalę przemysłową np.: żywności, odpadów medycznych, papieru, sterylizacji niemetalowego sprzętu medycznego (Bogucki, 1997; Gawłowska, 2003). Spotyka się nieliczne publikacje poświęcone wpływowi mikrofal na mikroorganizmy glebowe (Boer i in. 2003, Moosmann i Koch, 1988). W większości są to prace wybiórczo ujmujące problem, dotyczące się danego patogenu bądź ujmujące problem zbyt pobieżnie (Pauwels, 1989). Promieniowanie mikrofalowe oddziałuje na materię nieożywioną jak również na organizmy żywe. Odpowiedni czas ekspozycji oraz częstotliwość fali może powodować uszkodzenia komórek oraz tkanek. Stwarza to zagrożenie dla ludzi, jednocześnie umożliwia eliminację lub osłabienie jednostek żywych takich jak szkodniki czy chwasty. Obecnie w rolnictwie stosuje się trzy podstawowe systemy walki z chwastami i szkodnikami w uprawach. Pierwszy, najstarszy opiera się na mechanicznym niszczeniu bądź usuwaniu chwastów gdzie stosuje się ręczne pielenia (mikro uprawy), pielenia mechaniczne czy też w przypadku walki ze szkodnikami np.: zbieracze stonki. Metody te są energochłonne, muszą być wielokrotnie powtarzane, ich skuteczność zależy w dużej mierze od warunków pogodowych. Druga metoda, najczęściej stosowana polega na stosowaniu chemicznych środków ochrony roślin. Charakteryzuje się dużą skutecznością, jednak wywiera niekorzystny wpływ na środowisko naturalne. Dodatkowo produkt uzyskany z upraw poddawanych takim zabiegom może zawierać pewne ilości środków, które były zastosowane. Trzecią metodą, którą stosuje się w walce z organizmami niepożądanymi jest metoda biologiczna, a więc dobieranie takich roślin rosnących obok siebie, które powodują zmniejszenie występowania szkodników. Ostatnia grupa metod w połączeniu z odpowiednim zmianowaniem, uprawowymi zabiegami agrotechnicznymi, zastosowaniem metod

niekonwencjonalnych (np. wypalanie termiczne, rażenie prądem elektrycznym, wykorzystywanie promieniowania mikrofalowego) może być stosowana w szczególności w gospodarstwach ukierunkowanych na produkcję ekologiczną. Mając na uwadze plany Komisji Europejskiej w ramach „Zielonego Ładu” dążące do uzyskania 25% powierzchni gruntów rolnych w systemie ekologicznym w 2030 roku na terenie gospodarstw Unii Europejskiej niechemiczne metody zwalczania chwastów będą miały coraz większe znaczenie a rozwój tego typu technologii będzie kluczowym dla utrzymania konkurencyjności produkcji. Należy zaznaczyć, że znaczenie tego typu produkcji będzie coraz większe a wymagania jakościowo-ilościowe plonu pod względem kształtu i wyglądu nie będą odbiegać od wymagań stawianych obecnie w produkcji towarowej. Produkcja ekologiczna warzyw ma istotny wpływ na jakość i właściwości zdrowotne nie tylko uzyskiwanych półproduktów spożywanych w formie świeżej, ale również na wyrób gotowych przetworów. Konsumenci coraz częściej zwracają uwagę na kraj pochodzenia surowców jak również sposób ich produkcji co przekłada się na jakość końcową, oraz walory prozdrowotne danego produktu. Należy również zaznaczyć, że minimalizacja energochłonności produkcji, będzie istotnym elementem wyniku finalnego prowadzonej działalności produkcji ekologicznej.

1.2. Uzasadnienie problemu

1.2.1. Warzywa

Warzywa zajmują trzecie miejsce pod względem wielkości spożycia wśród produktów roślinnych tuż za ziemniakami i produktami zbożowymi. Są rezerwuarem wielu składników mineralnych, witamin, antyoksydantów, oraz błonnika przez co pełnią bardzo ważną rolę w strukturze dietetycznej człowieka. Według danych Głównego Urzędu Statystycznego za rok 2016 (GUS 2016) powierzchnia upraw warzyw gruntowych w gospodarstwach rolnych oraz przynależnych do nich ogrodach przydomowych wynosiła 178,5 tys. ha (tab. 1), co stanowi wzrost o 1,6% w stosunku do roku 2015. Tendencja wzrostowa powierzchni upraw dotyczy również lat wcześniejszych (średnia dla lat 2011-2015 to 168,9 tys. ha). W 2016 r. plon warzyw wynosił nieco ponad 4,5 mln ton i był blisko o 20% (wzrost o 754,5 tys. ton) wyższy w stosunku do plonu odnotowanego w roku 2015. W odniesieniu do lat 2011-2015 wzrost plonu wynosił ok 4,3%. Wg Ziemiańskiego (1995) znaczenie warzyw i owoców w diecie współczesnego człowieka znacząco wzrosło. Codzienne urozmaicenie diety w odpowiednią ilość warzyw i owoców wpływa korzystnie na regulację trawienia i hamuje negatywne oddziaływanie związków toksycznych na organizm. Warzywa to rośliny które wykorzystuje się jako pokarm w stanie surowym lub po przetworzeniu. Jadalnymi częściami warzyw mogą być korzenie (marchew, pietruszka, brukiew, rzepa, rzodkiew), łodygi lub pędy podziemne (cebula, czosnek, szparagi, kalarepa), liście (sałata, kapusta, boćwina, szczypior), kwiatostany (kalafior, brokuły, karczochy), owoce (pomidor, bakłażan, ogórek, cukinia) lub nasiona (groszek zielony) (Gawecki, Hryniewiecki, 2004). Kapusta (2014) przytacza zalecenia żywieniowe które mówią że warzywa i owoce powinny być spożywane regularnie przez cały rok w ilości ok 180 kg warzyw i 70-100 kg owoców na statystycznego mieszkańca, z czego 40% powinny stanowić warzywa świeże (pochodzące z bieżącego zbioru upraw polowych oraz pod osłonami). Ze względu na duży udział wody, warzywa należą do pokarmów niskokalorycznych (25-60 kcal/100 g) dzięki czemu mogą być spożywane w nielimitowanych ilościach przy realizacji diety niskokalorycznej (Trybała, 1999). Kapusta (2002) już na początku XXI wieku zauważył znaczący postęp biologiczny i technologiczno-techniczny w produkcji warzywniczej przewyższający swoim tempem postęp w innych gałęziach rolnictwa. Objawia się on poprzez stosowanie nowych wydajnych nasion warzyw oraz poprzez wdrażanie do produkcji nowoczesnych technologii upraw. Pizło (2011) stwierdza, że jedyną możliwością poprawy pozycji producentów owoców i warzyw jest nie tylko wprowadzenie zmian w technologii, ale również zwiększenie produktywności i jakości produktów oraz wprowadzenie zmian w organizacji sprzedaży.

Tabela 1
Powierzchnia upraw gruntowych w Polsce

Wyszczególnienie A - powierzchnia w tys. ha B - plony z 1 ha w dt C - zbiory w tys. ton		2011- -2015	2014	2015	2016		
		w liczbach bezwzględnych				2011- -2015 =100	2015 =100
Ogółem	A	168,9	172,4	175,7	178,5	105,7	101,6
	C	4358,4	4639	3792,8	4547,3	104,3	119,9
Kapusta	A	23,5	23,9	23,5	20,1	85,3	85,4
	B	457	483	372	507	110,9	136,3
	C	1075,7	1156,4	875	1017,7	94,6	116,3
Kalafiory	A	10,1	9,9	10,3	9	89,1	87,5
	B	224	247	189	267	119,2	141,3
	C	226,6	245,6	194,6	240,3	106,1	123,5
Cebula	A	24,3	24,7	25	26,5	109,2	106,1
	B	253	263	219	245	96,8	111,9
	C	613,9	651,1	548,4	651,3	106,1	118,8
Marchew jadalna	A	22	22,4	22,1	22,3	101,4	100,7
	B	361	368	306	368	101,9	120,3
	C	793	822,6	677,7	822	103,7	121,3
Buraki ćwikłowe	A	10,4	11	10,9	9,9	95	90,5
	B	320	325	272	344	107,5	126,5
	C	333,6	357,8	297	341,1	102,2	114,8
Ogórki	A	15,2	15,3	15	13,7	90	91
	B	174	174	147	191	109,8	129,9
	C	264	266,9	220,6	261,2	98,9	118,4
Pomidory	A	10,5	10,3	10,6	9,1	86,4	85,1
	B	250	263	222	287	114,8	129,3
	C	262,5	271,9	236,4	260,4	99,2	110,1
Pozostałe	A	52,9	54,8	58,1	67,9	128,4	116,8
	B	149	158	128	140	94	109,4
	C	789,2	866,7	743,1	953,2	120,8	128,3

Źródło: GUS 2016 wyniki produkcji roślinnej w 2016 r s 53

Według Czernuszewicza i Adamskiej (2008) rozdrobniona struktura agrarna oraz ubogie zaplecze techniczne gospodarstw zajmujących się produkcją owoców i warzyw utrudnia sprostanie wymaganiom współczesnego odbiorcy wykluczając jednocześnie intensywną produkcję towarową warzyw. Rozdrobnienie gospodarstw powoduje również problem z dostarczeniem dużych partii jednolitego jakościowo produktu w określonym czasie (Stefko, 2010). Natomiast globalizacja rynku przyczynia się do wzrostu konkurencyjności w sektorze

warzywniczym (Camanzi i in. 2009). Jednym ze sposobów zwiększenia konkurencyjności jest tworzenie organizacji i grup producentów (Pizło, 2011). Działania takie podejmowane są w krajach zachodnich od wielu lat, pionierami są Holandia i Dania gdzie od początku lat 90' większość owoców i warzyw pochodziła od takich grup (Jabłońska, 2002). Sobczak i in. (2013) przeanalizowali sytuację po wstąpieniu Polski w struktury UE i zauważyli wyraźną tendencję wzrostową ilości podmiotów zrzeszających producentów oraz liczby członków branżowych grup producenckich (25 krotny wzrost w 2010 roku w stosunku do roku 2004). Filipiak i Maciejczak (2008) warunkują dalszy rozwój sektora warzyw i owoców w Polsce od budowania przewagi konkurencyjnej i dostosowania rynku do potrzeb konsumentów. Możliwe to będzie do osiągnięcia dzięki wykorzystaniu dostępnych form pomocy, głównie z UE oraz kooperacji i zaangażowaniu wszystkich uczestników sektora. Na wykorzystanie środków wsparcia z funduszy UE w celu obniżenia kosztów produkcji poprzez wzrost wydajności zwraca uwagę również Nosecka (2014). Autorka wskazuje również na wzrost koncentracji dostaw, marketing i reklamę jako sposoby na utrzymanie oraz zwiększanie pozycji polskich producentów ogrodniczych na światowych rynkach owoców i warzyw. Kaniszewski (2007) wskazuje na odpowiednie zaplecze do przechowywania, uszlachetniania i pakowania warzyw jako elementy równoważne z tworzeniem grup producenckich prowadzące do dalszego rozwoju warzywnictwa. Oczekiwania co do jakości produktów rolniczych spełnia żywność produkowana metodami ekologicznymi. Herbud (2000) wskazuje również na wzrost świadomości konsumentów jako głównej przyczyny rozwoju produkcji ekologicznej.

1.2.2. Produkcja ekologiczna

Wzrost zapotrzebowania na żywność o wysublimowanych właściwościach pozwala rozwijać specyficzny z punktu widzenia technologii produkcji system rolnictwa ekologicznego, które można podzielić na dwie zasadnicze grupy tj. biodynamiczne i biologiczne. Szarek (2015) definiuje rolnictwo ekologiczne jako system gospodarczy o zrównoważonej produkcji roślinnej i zwierzęcej. Podobną definicję podaje Ducka (2011) rozszerzając ją o to, że podstawową zasadą rolnictwa ekologicznego jest odrzucenie w procesie produkcji środków chemii rolnej, weterynaryjnej i spożywczej. Według Rembiałkowskiej i Hallmann (2008) “Rolnictwo ekologiczne to system produkcji płodów rolnych, w którym nie stosuje się nawozów mineralnych oraz syntetycznych środków ochrony roślin. Do nawożenia wykorzystuje się obornik, komposty i nawozy zielone, natomiast do ochrony roślin tylko naturalne wyciągi z roślin”. Gospodarstwo rolne na terenie Polski aby móc posługiwać się mianem “ekologiczne” musi spełniać sprecyzowane wymagania zawarte w obowiązującym na terenie Unii Europejskiej oraz Polski prawodawstwie. Obecnie obowiązujące akty prawne wspólnotowe: rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007 z dnia 28 czerwca 2007 r. (w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych); rozporządzenie Rady (WE) nr 967/2008 z dnia 29 września 2008 r. (zmieniające poprzednie rozporządzenie); rozporządzenie Komisji (WE) nr 889/2008 z dnia 5 września 2008 r.; rozporządzenie Komisji (WE) nr 1254/2008 z dnia 15 grudnia 2008 r.; rozporządzenie Komisji (WE) nr 710/2009 z dnia 5 sierpnia 2009 r.; rozporządzenie Komisji (WE) nr 1235/2008 z dnia 8 grudnia 2008 r.; rozporządzenie Komisji (WE) nr 271/2010 z dnia 24 marca 2010 r.; oraz krajowe: ustawa z dnia 25 czerwca 2009 r. (o rolnictwie ekologicznym); rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 2 marca 2010 r. (w sprawie jednostek organizacyjnych oceniających i potwierdzających zgodność środków produkcji ekologicznej z wymaganiami określonymi w przepisach dotyczących rolnictwa ekologicznego oraz prowadzących wykaz tych środków); rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 marca 2010 r. (w sprawie niektórych warunków produkcji ekologicznej); rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 10 maja 2010 r. (w sprawie warunków produkcji ekologicznej); rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 12 maja 2010 r. (w sprawie nabywania uprawnień inspektora rolnictwa ekologicznego); rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 22 października 2009 r. Zainteresowanie rolnictwem ekologicznym wzrasta o czym świadczy zwiększająca się powierzchnia upraw. Według Rembiałkowskiej i Hallmann (2006) żywność ekologiczna jest towarem coraz bardziej poszukiwanym przez współczesnego konsumenta ponieważ jest dla niego synonimem bezpieczeństwa, kontrolowanej produkcji i dobrego smaku. Obecnie

stosowane konwencjonalne metody produkcji dążą do wzrostu wydajności a co za tym idzie obniżenia kosztów wytwarzania żywności. Osiągane jest to między innymi dzięki zastosowaniu sztucznych nawozów oraz chemicznych środków ochrony roślin. Intensywne stosowanie tych środków może powodować obniżenie jakości produktów żywnościowych, co dla organizmu człowieka ma negatywne skutki objawiające się alergiami, spadkiem odporności czy chorobami cywilizacyjnymi (Miśniakiewicz, Suwała, 2006). Według Hallmann i Rembiałkowskiej (2006 2008) warzywa i owoce z produkcji ekologicznej zawierają więcej związków biologicznie czynnych. Komisja europejska opracowała zbiór zaleceń dotyczących rolnictwa będących częścią tzw. “Zielonego Ładu” czyli strategii dążenia do pierwszego na świecie kontynentu neutralnego dla klimatu. Jednym z założeń jest osiągnięcie produkcji ekologicznej na obszarze 25% gruntów rolnych UE do 2030 roku (Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, 2020). Historia rolnictwa ekologiczne w Polsce sięga lat trzydziestych XX wieku. Pionierem w tej dziedzinie był hrabia Stanisław Karłowski który 1931 roku na obszarze 1760 hektarów leżących na terenie majątku w Szelejewie koło Gostynina wprowadził metodę biodynamiczną (Ducka, 2011). Druga wojna światowa spowodowała chwilowy spadek zainteresowania tą tematyką aż do lat siedemdziesiątych XX wieku kiedy to zwrócono uwagę na zanieczyszczenia żywności pochodzące głównie z nawozów syntetycznych i chemicznych środków ochrony roślin (Gertig, 2010). Znaczący wzrost liczby gospodarstw ekologicznych w Polsce z 3760 w roku 2004 do 23449 w 2012 roku obserwuje się od momentu wstąpienia do Unii Europejskiej (Stalenga, Kus, 2007). Według Barłowskiej i in. (2017) przejście z systemu rolnictwa konwencjonalnego na ekologiczne może być opłacalne mimo niższych plonów i dłuższego czasu chowu zwierząt ze względu na wyższe ceny produktów oraz mniejszemu zużyciu energii. Komorowska (2006) podkreśla, że rolnictwo ekologiczne w Unii Europejskiej rozwija się szczególnie w krajach wysoko rozwiniętych co spowodowane jest rosnącą świadomością społeczeństwa odnośnie ochrony środowiska oraz preferencyjnymi warunkami pomocy państwa w ramach programów ekstensyfikacji. Miśniakiewicz i Suwała (2006) definiują produkty pochodzące z rolnictwa ekologicznego jako żywność ekologiczną, organiczną, biologiczną albo biodynamiczną. Pilarski i in (2003) precyzują żywność ekologiczną do płodów rolnych pochodzących z rolnictwa ekologicznego a także do produktów z nich wytworzonych. Zaliczają do nich produkty i różnego rodzaju przetwory pochodzenia zwierzęcego produkowane w gospodarstwach ekologicznych. Sposób produkcji ekologicznej opiera się o odpowiednio dobrany płodozmian, zastosowanie nawozów zielonych, naturalnych, kompostów pochodzących z własnego gospodarstwa rolnego. W pielęgnacji roślin stosuje się zabiegi typowo mechaniczne które nie wymagają stosowania zabronionych środków

chemicznych (Softysiak 2008). Do bezpośredniego zwalczania chwastów stosuje się uprawki mechaniczne przy użyciu bron (Weedere, chwastownik), obsypników i pielników; herbicydy biologiczne, ręczne wyrywanie chwastów oraz odchwaszczanie termiczne zwłaszcza przed wschodami wolno kiełkujących warzyw (Ducka, 2011). Zuchniarz i inni (2007) również wyszczególnia metody termiczne z użyciem wypalaczy zasilanych gazem jako jeden z możliwych sposobów odchwaszczania w uprawach ekologicznych. Podobne stanowisko prezentują Adamicki i Nawrocka (2005), Adamczewski i Dobrzański (1999,2008), Matyjaszczyk i Dobrzański (2016). Obowiązujące rozporządzenie Rady (WE) definiuje jedną z zasad rolnictwa ekologicznego jako „dopuszczalne zapobieganie szkodom wyrządzonym przez szkodniki, choroby i chwasty polega przede wszystkim na ochronie przez naturalnych wrogów, doborze gatunków i odmian, stosowaniu płodozmianu, odpowiednich technik uprawy i procesów termicznych”. Metody termicznego niszczenia chwastów w uprawach ekologicznych są nie tylko stosowane, ale również zalecane jako nie mające złego wpływu na jakość uzyskiwanego plonu pod kątem zanieczyszczeń agrochemicznych. Nie ma jednak opracowań obejmujących wpływ takich metod na plon pod kątem jakościowym i ilościowym z uwzględnieniem energochłonności takiego zabiegu w stosunku do innych dopuszczalnych w rolnictwie ekologicznym metod. Rolnictwo ekologiczne stało się alternatywą dla rolnictwa konwencjonalnego i łańcuchów żywnościowych (Darnhofer i in. 2010). Powszechnie jest postrzegane jako bardziej przyjazne dla środowiska niż rolnictwo konwencjonalne. System ten opiera się na rozwijaniu biologicznej różnorodności na polach tak aby zakłócić siedliska organizmów szkodliwych przy celowym utrzymywaniu i uzupełnianiu żyzności gleby (Gałązka i in. 2016, Gałązka i in. 2017, Singh, 2021). Głównymi założeniami rolnictwa ekologicznego są stosowanie płodozmianu, resztek poźniwnych, nawożenie obornikiem zwierzęcym, uprawa roślin strączkowych (nawóz zielony), uprawy mechanicznej oraz biologicznej ochrony przed szkodnikami dzięki czemu można utrzymać wydajność oraz strukturę gleby jednocześnie dostarczając składniki odżywcze roślinom zwalczając chwasty i inne szkodniki (Gałązka i in. 2017, Singh, 2021). Stosowane uproszczenia w uprawie gleby prowadzą do zwiększenia liczby grzybów z rodzaju *Cladosporium* i *Mucor* które to mogą hamować rozwój patogenów w glebie (Lenart, Stowiński, 2010). Caporali i in. (2003) wykazali że rolnictwo ekologiczne przyczynia się do zachowania bioróżnorodności gleby, z kolei nawożenie organiczne wpływa korzystnie na mikrobiologię gleby (Dumontet i in. 2017, Zhang i in. 2012). Duża liczba badań wskazuje że rolnictwo ekologiczne chroni bioróżnorodność pozarolniczą i stanowi realną alternatywę dla obszarów chronionych na których dozwolona jest działalność człowieka (Singh, 2021).

1.2.3. Metody zwalczania chwastów

Literatura i praktyka wyróżniają wiele sposobów walki z chwastami w rolnictwie konwencjonalnym. Chwasty zdefiniować można jako rośliny niepożądane w danej uprawie, dlatego też chwastem może zostać każda roślina która negatywnie wpływa na roślinę uprawianą na danym obszarze. Woźnica (2008) podkreśla że każdy symptom występowania chwastów zmusza do konieczności poniesienia pewnych nakładów na ich wyeliminowanie co wpływa na spadek efektu ekonomicznego. Chwasty w przeciwieństwie do roślin pożytecznych charakteryzują się małymi wymaganiami edaficznymi, szybkim wzrostem, dużą żywotnością nasion oraz wysoką zdolnością do reprodukcji. Cechy te powodują że są one dla młodych roślin konkurencją w zdobywaniu światła, wilgoci, pokarmu, przestrzeni. Zagłuszają one wzrost nasion z siewów a także sadzonek warzyw, roślin ozdobnych i krzewów (Instytut Badawczy Leśnictwa, 2013). Mimo wielu negatywnych cech na terenach ugorowanych chwasty pełnią pozytywną funkcję. Zapobiegają one erozji, wzbogacają różnorodność biologiczną, stanowią pożywienie dla mikroorganizmów, ich późniejszy rozkład może wpływać na wzrost poziomu próchnicy (Dobrzański, 2006). Do określenia poziomu chwastów w danej uprawie stosuje się tzw. stopień zachwaszczenia który odpowiada masie chwastów na danej powierzchni. Stan zachwaszczenia to z kolei wyrażony procentowo lub liczbowo udział gatunkowy w danym środowisku. Według Woźnicy (2008) i Richarda (1995) wpływ na stopień i stan zachwaszczenia ma wiele powiązanych ze sobą czynników takich jak czynniki klimatyczne, siedliskowe, glebowe oraz agrotechniczne. Dobrzański (1999) zwraca uwagę na to że nieodłączną częścią agrosystemu jest bank nasion w glebie. Jest to powód dla którego powinniśmy mówić o regulowaniu zachwaszczenia a nie o zwalczaniu, ponieważ całkowita eliminacja zachwaszczenia jest praktycznie niemożliwa. Herbologia przez ostatnie 50 lat odniosła duży sukces dostarczając skuteczną, relatywnie taną i bezpieczną technologię chemicznego ograniczania zachwaszczenia, co zawdzięczane jest głównie niskim kosztom i wysokiej skuteczności herbicydów (Dobrzański, Adamczewski, 2012). Chemiczne i mechaniczne zwalczanie chwastów uzyskało wyższą skuteczność niż zwalczanie szkodników i chorób (Oerke, 2006). Stosowanie herbicydów jest jednak niedopuszczalne w przypadku produkcji ekologicznej. Według Zbytka i Talarczyka (2013) w rolnictwie ekologicznym istnieją dwie podstawowe metody ochrony roślin przed chwastami: pośrednia i bezpośrednia. Do pierwszej z nich autorzy zaliczają metody uprawowe, odpowiedni płodozmian oraz dobór odpowiednio jakościowego materiału siewnego. Metoda bezpośrednia to wszelkie zabiegi mechaniczne, biologiczne i fizyczne. Mechaniczne zabiegi uprawowe mają na celu obniżenie liczebności nasion chwastów w glebie natomiast mechaniczne zabiegi pielęgnacyjne mają na

celu zahamowanie wzrostu oraz niszczenie chwastów. Prewencyjną rolę w zwalczaniu zachwaszczenia pełni podstawowa uprawa roli wraz z innymi zabiegami uprawowymi poprzedzającymi siew czy też sadzenie. Do takich działań zaliczamy wszystkie zabiegi redukujące wschody chwastów z banku nasion w glebie. Działania takie powinny powodować zmniejszenie “dopływu” lub zwiększenie “wypływu” nasion z ich zapasu w glebie (Bastiaans i in. 2002). Jedną z możliwości zredukowania ilości chwastów jest wcześniejsza (2-3 tygodnie) uprawa mająca na celu pobudzenie nasion chwastów do kiełkowania i wschodów. Następnie bezpośrednio przed siewem wykonuje się płytka uprawę mechaniczną tak aby zniszczyć siewki nie wyciągając nowych nasion na powierzchnię gleby. W badaniach Riemensa i in. (2007) taki sposób uprawy zmniejszył o prawie 80% zachwaszczenie w uprawie sałaty z rozsady. Przyjaznym dla środowiska sposobem regulacji zachwaszczenia jest uprawa międzyplonów z przeznaczeniem na przyoranie lub z przeznaczeniem na mulcz (Deur 1994, Płaza, Ceglarek 2007). Pozostałości takiej ściółki po przezimowaniu i przemarznięciu umożliwiają bezpośredni siew bez konieczności dodatkowej uprawy odpowiednio przystosowanym siewnikiem. W uprawie rzędowej stosowane są również ściółki z resztek poźniwnych które tworzą fizyczną barierę utrudniającą wzrost roślin niepożądanych (Anyszka i Dobrzański 2008, Anyszka i in 2010). Inną metodą fizycznego ograniczania wzrostu chwastów jest stosowanie różnego rodzaju folii i włóknin. W przypadku rolnictwa ekologicznego zalecane jest stosowanie biodegradowalnych materiałów ze skrobi kukurydzianej. Możliwe jest również stosowanie “żywej ściółki” czyli roślin rosnących równolegle z rośliną uprawianą. Metoda taka jednak wpływa ujemnie na plon ponieważ rośliny te podobnie jak chwasty konkurują z rośliną właściwą. Specyficzną formą uprawy jest ryż z plantacjami zalewanymi wodą która hamuje wzrost chwastów. Kolejną z uprawowych metod ograniczania zachwaszczenia jest uprawa współrzędna. Skuteczność w przypadku roślin zbożowych potwierdzona jest w wielu badaniach między innymi Wanicy i Hruszki (2000), Idziaka i Michalskiego (2003) czy Jakubiaka i Gałęzewskiego (2007). Kolejnym ze sposobów ograniczenia zachwaszczenia w produkcji ekologicznej jest wykonywanie uprawy przedsiewnej w różnych porach doby, szczególnie w nocy. Wykorzystywane jest tu zjawisko fotoblastyzmu. Nasiona chwastów fotoblastycznie pozytywnych do skielkowania potrzebują minimalny błysk światła (1/1000 sekundy) (Dobrzański, Adamczewski 2008). Zjawisko zmniejszenia zachwaszczenia pola uprawianego po zachodzie słońca zauważyli Hartman i Nezadal (1990), jednak poglądy odnośnie korzyści płynących z uprawy nocnej są rozbieżne. W dłuższej perspektywie czasu może to doprowadzić do eliminacji roślin reagujących na światło jednocześnie do wzmocnienia roślin rozmnażających się wegetatywnie np. perzu. Dodatkowo ta forma uprawy nie zmniejsza

zasobności banku nasion w glebie a jedynie przesuwa w czasie ich kiełkowanie. Metody mechanicznej ochrony przed chwastami stanowią największą grupę wśród stosowanych sposobów w rolnictwie ekologicznym jak również integrowanym. Wykorzystywane są różne narzędzia i maszyny rolnicze począwszy od bron uniwersalnych, bron chwastowników poprzez pielniki, obsypniki kończąc na maszynach aktywnych takich jak glebogryzarki czy brony wirnikowe. W uprawie rzędowej szczególne miejsce zajmują pielniki z biernymi elementami roboczymi jak również z elementami pielęgnacyjnymi napędzanymi od WOM lub wyjść hydraulicznych ciągnika. Do podstawowych elementów roboczych tych narzędzi należą gęsiostopki, noże kątowe, dłuta, zęby sprężynowe. Sekcyjność budowy pielników umożliwia dokładne kopiowanie powierzchni pola, przez co możliwa jest praca z bardzo małą głębokością roboczą jak również dopasowanie szerokości roboczej (ilości rzędów) do mocy współpracującego ciągnika. Większą skutecznością działania charakteryzują się narzędzia z aktywnymi elementami roboczymi takie jak glebogryzarki międzyrzędowe, czy pielniki szczotkowe. Ograniczeniem w stosowaniu tych urządzeń jest wilgotność gleby, najkorzystniejszy jest jej niski poziom (Zbytek, Talarczyk, 2008). Prowadzone są ciągłe badania nad zwiększeniem precyzji działania urządzeń mechanicznie zwalczających chwasty wykorzystując w nich elektroniczne systemy sterowania korzystające z GPS, analizy obrazu przez co elementy robocze mogą być precyzyjnie prowadzone względem roślin uwzględniając bezpieczną odległość. Van Evert i inni (2006) podkreślają że prace nad wykorzystaniem technik neuronowych oraz automatycznych robotów do niszczenia chwastów są prowadzone, wyzwaniem jest ciągle udoskonalanie rozróżniania roślin uprawianych i chwastów tak aby ich zastosowanie było ekonomicznie uzasadnione. Według Zbytka i Talarczyka (2013) coraz powszechniejsze stają się metody termiczne wykorzystujące do niszczenia chwastów działanie temperatury: wysokiej (wypalanie, gorąca woda, para) jak i niskiej (ciekły azot, dwutlenek węgla). Ich główną wadą jest duże zużycie energii. Podobnie Adamczewski i Dobrzański (2012) powołując się na publikacje Melandera i Jorgensena (2003) Ascard i in. (2007) do alternatywnych metod zwalczania chwastów zaliczają stosowanie promieniowania UV, pasowe parowanie gleby w rzędach oraz zastosowanie wypalaczy gazowych które to uznają za mające największe zastosowanie. Wypalacze takie oddziałują na glebę i chwasty bezpośrednio otwartym płomieniem lub pośrednio poprzez promieniowanie podczerwone powstające w wyniku nagrzewania przez płomień elementów grzejnych. Zabieg taki może być wykonany po wschodach chwastów jednak przed wschodami rośliny uprawianej lub zaraz po wschodach w przypadku roślin z dobrze osłoniętym wierzchołkiem wzrostu. Matyjaszczyk i Dobrzański (2016) wskazują że wysoka temperatura powoduje rozrywanie tkanek wschodzących chwastów

oraz niszczenie ich wierzchołka wzrostu co w konsekwencji prowadzi do unicestwienia tej rośliny. Zaletami tej metody jest możliwość niszczenia chwastów w warunkach wilgotnej gleby, nie wzniesienie gleby przez co ogranicza się ponowny wzrost zachwaszczenia. Brak stymulowania nowych chwastów do wzrostu wynikający z faktu nie wzniesienia gleby wskazał również Fontanelli i in. (2015). Peruzzi i in. (2017) w podobny sposób opisują mechanizm działania pielnika termicznego, powołując się na pracę Raffaelli i in. (2013) oraz Mojzisz (2002) wskazują że w wyniku wysokiej temperatury dochodzi do denaturacji białek roślinnych a tym samym do wysuszenia chwastów zwykle w ciągu dwóch do trzech dni. Matyjaszczyk i Dobrzański (2016) do wad zaliczają to, że niszczone są tylko nadziemne części chwastów które mogą odrastać, szczególnie ma to znaczenia w przypadku chwastów wieloletnich odrastających z rozłogów i korzeni (np. perz). W ekspertyzie dotyczącej nie chemicznych metod zwalczania chwastów Dobrzański i Adamczewski (2008) dokładniej opisują mechanizm działania wypalaczy zasilanych gazem. Autorzy powołując się na prace Parish (1990) i Ascarda (1995) oraz De Waya i innych (1990) uznają zastosowanie wypalaczy oraz solaryzację za metody mające największe znaczenie wśród metod fizycznych. Solaryzacja polegająca na zwalczaniu roślin niepożądanych oraz czynników chorobotwórczych za pomocą wysokiej temperatury uzyskiwanej dzięki słońcu oddziaływującym na glebę przykrytą przezroczystą folią, co w naszym klimacie przynosi efekt odwrotny do zamierzonego. W krajach południowych kilkutygodniowe stosowanie tego zabiegu powoduje eliminację chwastów, w warunkach klimatu umiarkowanego pobudza do wzrostu. Zastosowanie gazowego wypalacza powoduje opóźnienie pierwszego pielienia o około 2 tygodnie, a liczba ręcznych pieleń zmniejsza się z 6-7 do 4 (Dobrzański i Adamczewski 2008). Na krótkotrwały efekt zabiegu zwraca uwagę również Zuchniarz i inni (2007). Anyszka (2015) w odniesieniu do fasoli wskazuje również na 2-3 tygodniowy okres opóźnienia kolejnego odchwaszczania. Według Bonda i innych (2003) wpływ termicznego zwalczania chwastów na pożyteczne organizmy nie jest jeszcze dostatecznie przebadany jednak według Rahkonen i in. (1999) wpływ na mikroflorę glebową jest mały. Działanie takiego zabiegu można porównać do zastosowania środków działających na przykład np. zawierających glifosat (Dobrzański 2015, Dobrzański, Pałczyński 2005, Robak 2013). Od końca XIX wieku znana jest koncepcja elektrycznego zwalczania chwastów (Slaven i in., 2023). Aspekty techniczne takie jak ryzyko porażenia prądem wpływały na brak komercjalizacji takiej metody odchwaszczania. Obecnie na rynku dostępne są urządzenia niszczące rośliny niepożądane na danej plantacji za pomocą łuku elektrycznego. Przedmiotem badań pozostaje czas ekspozycji na działanie prądu oraz jego parametry wpływające na

skuteczność zabiegu, podejmowane są próby opracowania technologii bezobsługowego urządzenia (Matsuda i in., 2023).

1.2.4. Wykorzystanie promieniowania mikrofalowego

Jednym ze sposobów podniesienia temperatury obiektu jest zastosowanie promieniowania mikrofalowego. Sposób taki wykorzystywany jest w domowych kuchenkach mikrofalowych od dawna. Pierwszą komercyjną kuchenkę tego typu wyprodukowano w 1947 roku przez firmę Raytheon. Nosiła ona nazwę “Radarange” (połączenie słów radar i range-kuchenka). Za pomysłodawcę kuchenki mikrofalowej uznawany jest dr Percy LeBaron Spencer który to pracując przy włączonym magnetronie przypadkowo odkrył że promieniowanie mikrofalowe może podnosić temperaturę żywności. Podczas pracy nad udoskonaleniem działania magnetronu wykorzystywanego przez wojsko w radarach odkrył że baton znajdujący się w jego kieszeni się roztopił. Był to początek prac nad zastosowaniem promieniowania mikrofalowego w innych celach niż tylko wojskowych (www.raytheon.com, on-line 2013) Mikrofałe są jednym z rodzajów promieniowania elektromagnetycznego, charakteryzują się długością fali zawartą pomiędzy 0,001 a 1 m (Rumian, Czepirski, 2005) (obejmuje to zakres od podczerwieni do fal ultrakrótkich). Cechują się dużą pochłanianością przez materię. Dokonuje się to dwójako, dzięki przewodnictwu jonowemu oraz na drodze polaryzacji dipolowej. Pierwszy sposób przekazywania energii promieniowania mikrofalowego opiera się o przewodnictwo jonowe. Jony zawarte w materii poddanej promieniowaniu przemieszczają się zgodnie z kierunkiem pola elektrycznego. Jony dodatnie poruszają się w kierunku przeciwnym do jonów ujemnych. Podczas tego ruchu zderzają się one wzajemnie ze sobą jak również z innymi cząsteczkami dzięki czemu przekazują pochłoniętą energię cieplną, która to rozprzestrzenia się w danym materiale. Drugi rodzaj pochłaniania energii mikrofal występuje w przypadku poddania temu promieniowaniu materiału zawierającego dipole. Dipole są to cząsteczki chemiczne które pod wpływem działania pola elektrycznego fali elektromagnetycznej ustawiają się zgodnie ze zwrotem i kierunkiem oddziałującego pola. Ze względu na zmianę wektora pola elektrycznego co pół okresu fali dipole na które działa dane pole również zmienia swoje położenie, a co za tym idzie obracając się uderzają w kolejne cząstki. Wzajemne uderzenie przekazują nagromadzoną energię co w konsekwencji powoduje powstanie i rozprzestrzenianie się ciepła. Sposób ten możliwy jest jedynie w przypadku substancji będących dipolami (np. woda) lub mającym je w swoim składzie. Promieniowanie mikrofalowe oddziałuje na organizmy żywe oraz materię nieożywioną. Odpowiedni czas ekspozycji oraz częstotliwość fali może powodować uszkodzenia komórek oraz tkanek. Za wytwarzanie mikrofal odpowiedzialny jest magnetron. Jest to urządzenie które przetwarza

energię prądu stałego na energię elektryczną wysokiej częstotliwości. Zasadniczą częścią magnetronu jest blok anodowy. Jego kształt wpływa na tor elektronów czyli częstotliwość drgań. W komorze anodowej umieszczona jest katoda ogrzewana oporowym żarnikiem. W czasie pracy magnetronu wytwarzana jest duża ilość ciepła które jest odprowadzane przez radiator. Pole magnetyczne wytwarzane jest przez silny magnes przylegający do powierzchni bloku anodowego. Energia przekazywana jest falowodem do anteny. Promieniowanie mikrofalowe ma zastosowanie w wielu dziedzinach takich jak militarystyka (radary), systemy transmisji GSM, systemy pozycjonowania GPS, osuszanie budynków, sterylizacja i dezynfekcja żywności, odpadów medycznych, niemetalowego sprzętu medycznego (Kędzia, 1998, Kukawska, 1996) i wiele innych. Efekt termiczny i nietermiczny wykorzystywany jest również do eliminacji wirusów, bakterii, grzybów i tym podobnych (Datta, Davidson, 2000, Shiah, Chang, 2001, Walsh i in. 1989). Badania nad możliwością niszczenia za pomocą mikrofal owadów technicznych - szkodników drewna - prowadzone są od lat 40. XX w. (J. Green 1946). Znane są rozwiązania wykorzystywane do dezynfekcji drewnianych obiektów (Urządzenie SAURUS). Pozytywne wyniki stosowania takiej metody zachęcają do rozpatrzenia możliwości stosowania takiej metody do dezynfekcji części obiektów zabytkowych tam, gdzie taka interwencja byłaby uzasadniona (Wójcik, 2014). Prowadzone były również badania nad wykorzystaniem mikrofal do dezynfekcji gleb leśnych (Słowiński, 2009, 2010, 2013). Według Słowińskiego (2009) istotny jest okres jaki musi upłynąć od dezynfekcji do wysiewu, czas ten bezpośrednio wpływa na przeżywalność sadzonek sosny i wynosi od 23 dni (gleby mineralne) do 30 dni (gleby torfowe). Branża rolnicza również oczekuje pozytywnych rezultatów możliwości stosowania promieniowania mikrofalowego na skalę przemysłową czego dowodem są liczne badania prowadzone w tym kierunku. Od początku lat siedemdziesiątych XX wieku podejmowane są próby zastąpienia herbicydów promieniowaniem mikrofalowym. Badania te prowadziło Agricultural Research Center Welasco z Teksasu. Jednym z efektów było opracowanie prototypowego urządzenia "Zapper" składającego się z czterech 1,5 kW generatorów działających na częstotliwości 2,45 GHz. Pierwsze próby z tym urządzeniem przyniosły dobre wyniki w postaci pozbycia się trawy, pasożytniczych grzybów oraz nicieni (Thuery, 1992). Podobne badania przeprowadzone zostały również na Uniwersytecie Lublańskim na Słowenii gdzie zbudowano urządzenie do generujące mikrofałe z 12 magnetronów. Stwierdzono że pomimo skuteczności komercyjne zastosowanie tej technologii będzie możliwe dopiero w momencie uzyskania lepszej efektywności energetycznej aby móc konkurować z innymi metodami niszczenia chwastów (Vidmar, 2005). Podobne wnioski sformułował Sortorato i in. (2006). W doświadczeniu

wykorzystującym promieniowanie mikrofalowe do eliminacji chwastów zaobserwowano że koszty energii potrzebnej do przeprowadzenia zabiegu są dziesięciokrotnie wyższe niż w przypadku wypalania palnikowego, zatem wydajność mikrofal musi być zwiększona aby mogła być konkurencyjna. Istotnym spostrzeżeniem było również zwrócenie uwagi na wpływ wilgotności gleby na wydajność i efektywność zabiegu, woda glebowa silnie absorbuje strumień mikrofal przenikający przez glebę. W warunkach Polskich również prowadzone były z powodzeniem doświadczenia nad wykorzystaniem promieniowania mikrofalowego do selektywnej eliminacji flory (Kiełbasa i in. 2016) oraz eliminacji mikroorganizmów w wierzchniej warstwie gleby (Kiełbasa i in. 2017). Podejmowano próby wykorzystania mikrofal do energooszczędnej dezynfekcji gleby (Mavrogianopoulos, 2000, Narcis, 2006) jednak uzyskiwane wyniki zapotrzebowania na energię elektryczną charakteryzowały się dużą rozbieżnością (10 krotną). Mavrogianopoulos i in. (2000) w swoim doświadczeniu zastosowali magnetron o mocy 900 W z falowodem umieszczonym nad powierzchnią gruntu. Wpływ na zapotrzebowanie energetyczne uzależniony był od wilgotności i początkowej temperatury gleby. Zapotrzebowanie energetyczne wahało się od $27 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ (temperatura początkowa gleby 40°C wilgotność 5,5%) do $72 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ (gleba o wilgotności 15% i temperaturze początkowej 20°C). W przypadku badań Narcisa (2006) zastosowano urządzenie które było agregowane z ciągnikiem a podczas pracy unosiło glebę na przenośnik na którym była ona poddawana promieniowaniu mikrofalowemu. Zapotrzebowanie energetyczne wyniosło $2,7 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$. Podejmowane były badania nad zastosowaniem mikrofal do innych niż niszczenie chwastów celów takich jak pobudzanie nasion do kiełkowania (Thuery, 1992); pobudzanie bulw ziemniaka do równomiernego kiełkowania (Jakubowski, 2008); suszenia owoców kiwi (Maskan, 2001); ogrzewania roślin w szklarniach (Teitel i in. 2000). W 2022 roku opracowano zdalnie sterowany robot do niszczenia roślin inwazyjnych w tym barszczu sosnowskiego (Dziennik.pl, on-line 2022). Podsumowując wielokrotnie podejmowane były próby wykorzystania promieniowania mikrofalowego do dezynfekcji gleby, niszczenia zarodników chwastów jednak obecny stan wiedzy nie pozwala jednoznacznie określić energochłonności tego zabiegu w stosunku do technologii tradycyjnej biorąc pod uwagę skuteczność tej metody i wpływ na parametry jakościowo- ilościowe plonu.

1.2.5. Energochłonność

Jednym z najistotniejszych aspektów w produkcji roślinnej a szczególnie warzywniczej są nakłady ponoszone na odchwaszczanie. Chwasty towarzyszą uprawom warzyw w każdych warunkach i nie są znane przypadki uprawiania jakiegokolwiek gatunku bez odchwaszczania. Dlatego też większość zabiegów agrotechnicznych służy zwalczaniu chwastów, suma strat powodowanych przez chwasty na ogół przekracza straty wywołane przez szkodniki i choroby (Dobrzański, 1997). Według Adamczewskiego i Dobrzańskiego (1997) całkowita eliminacja chwastów jest dość trudna i nie zawsze potrzebna, wystarczającym - ze względów ekonomicznych - jest sprowadzenie poziomu zachwaszczenia do takiego który nie zagraża roślinom uprawnym. Technologia odchwaszczania powinna być wypadkową wysokiej efektywności oraz niskiego kosztu energetycznego. Samo wyrażenie kosztowności zabiegu w wartościach pieniężnych nie zawsze odzwierciedla jego realną wartość. Energochłonność skumulowana (nakłady energetyczne) to zużycie energii na wytworzenie rozpatrywanego wyrobu lub usługi (Budyn, 2008 za Bibrowski, 1983). Wójcicki (2005) z kolei definiuje energochłonność produkcji rolniczej jako ponoszone nakłady materiałowe i energetyczne na jednostkę pozyskiwanej produkcji rolniczej szacowanej na podstawie kumulacji wszystkich nakładów przy zastosowaniu metody rachunku ciągnionego. Badania energochłonności skumulowanej produkcji rolniczej w Polsce prowadzone są od 1978 roku (Wójcicki, 2015). W latach siedemdziesiątych zainteresowano się tą tematyką w związku z zarysowującym się kryzysem energetycznym oraz wzrostem cen energii. Metodyka ta miała szczególnie uzasadnienie w przypadku gospodarki centralnie sterowanej, gdzie dyktowane ceny nie odzwierciedlały wartości pieniężnej oferowanego towaru lub energii. Pożytecznym rozwiązaniem była ocena energochłonności i efektywności energetycznej wyrażona w umownych jednostkach (GJ, kWh, JZ). Podobnie ma się sytuacja dziś, gdzie poprzez dotacje, dopłaty oraz inne działania preferencyjne UE występuje trudność i zaburzenie w jednoznacznej ocenie ekonomicznej produkcji w wartościach pieniężnych. Według Wójcickiego (2005) znaczenie badań nad energochłonnością produkcji rolniczej wzrasta w związku z potrzebami dokonywania wielokryterialnych ocen użytkowania nowych agregatów maszynowych; wprowadzania nowocześniejszych technologii produkcji rolniczej; wykorzystania odnawialnych źródeł energii na wsi i w rolnictwie (OZE) oraz z poszanowania energii oraz środowiska na obszarach wiejskich. Tematyka energochłonności skumulowanej analizowana jest również w kontekście przemysłu (Sadowska, 2013, 2015, Kott i in. 2012) oraz makroekonomicznie - energochłonności PKB (Wąsikiewicz-Rusnak, 2005, Kaliski, Frączek, 2009). Energochłonność gospodarki (Energochłonność finalna PKB) jest relacją krajowego

zużycia energii brutto do wartości produktu krajowego brutto. Wskaźnik ten określa ilość zużytej energii do wytworzenia jednostki PKB (wyrażonej w kilogramach ekwiwalentu ropy naftowej na 1000 euro) (Wysokiński i in. 2017). Wskaźnik taki umożliwia ocenę tendencji energochłonności w danym kraju jak również porównania krajów między sobą. Analizując dane dla Polski zauważalny jest spadek energochłonności sektora rolniczego w latach 1990-2003 z średniorocznych 522 Mtoe do 379 Mtoe, co według Wysokińskiego i innych (2017) spowodowane jest wprowadzeniem energooszczędnych technologii produkcji rolniczej. Te pozytywne przemiany w rolnictwie i całej gospodarce żywnościowej następują pod wpływem postępu naukowo-technicznego, który dzieli się na postęp biologiczny, chemizacyjny i technologiczny (Michałek i in. 1998). Wójcicki (2001) dodatkowo dzieli postęp technologiczny na postęp organizacyjny, agronomiczny (agro-zootechniczny) i inżynierski (budowlany, energetyczny i mechanizacyjny). Według Kowalskiego i in. (2002) postęp technologiczny jest efektem zmian organizacji gospodarstw, pracy gospodarstw, upraszczania zabiegów technologicznych z zachowaniem racjonalnej eksploatacji posiadanych środków trwałych oraz oszczędnym zużyciu nakładów materiałowych. Konkurencja rynkowa wymusza dalszy postęp technologiczny w gospodarstwach, charakteryzujący się racjonalnym doborem i wykorzystaniem środków trwałych i obrotowych, przy pełnym poszanowaniu energii i środowiska. Jest to również impuls niejako wymuszający produkcję ponadstandardowych jakościowo surowców będących podstawą dostaw żywności produkowanej metodami ekologicznymi (Wójcicki, 2006). Efektywność nakładów energetycznych ponoszone na produkcję rolniczą zależy od wielu czynników takich jak rodzaj produkcji i jej intensywność, poziom mechanizacji zastosowana technologia oraz organizacja produkcji (Szeptycki, Wójcicki, 2003). Analizując energochłonność produkcji ekologicznej można spotkać się z różnymi stanowiskami oraz wynikami. Sławiński (2010) powołując się na opracowaniach kilku autorów (Piskier, 2008, Petersen i in. 1999, Reganold i in. 2001) przytacza informację że produkcja roślinna w systemie rolnictwa ekologicznego charakteryzuje się mniejszym zużyciem energii niż w systemie konwencjonalnym. Zaznacza on jednak że według badań Daalgara (2003) niższe plony osiągnięte w systemie uprawy ekologicznej powodują że jej efektywność energetyczna jest zbliżona do osiągniętej w systemie uprawy konwencjonalnej. Wysnuwa on również wniosek że analiza efektywności energetycznej produkcji roślinnej w systemie rolnictwa ekologicznego powinna być prowadzona kompleksowo najlepiej w ogniwach lub członach zmianowania. Ten sam autor w swej kolejnej pracy (Sławiński, 2011) dotyczącej produkcji ziemniaka jadalnego opierając się na badaniach Helendera i Delifa (2004) sygnalizuje że uprawa roślin w systemie ekologicznym wiąże się z wyraźnie większym

zużyciem paliwa w porównaniu do pozostałych systemów produkcji rolniczej co również potwierdza w swoich badaniach. Zużycie to według autora wynika ze stosowanych zabiegów mechanicznych które są bardziej energochłonne niż w technologii konwencjonalnej. Według Dobka (2006) w konwencjonalnej uprawie ziemniaków największą energochłonnością skumulowaną charakteryzują się materiały i surowce (nawozy, środki ochrony roślin, sadzeniaki) które wyniosły około 70% całkowitej energochłonności produkcji. Podobne wyniki uzyskali Budyn i Kiełbasa (2008). W przypadku polowej uprawy warzyw korzeniowych nakłady energetyczne (związane z realizacją procesu produkcyjnego) mieszczą się w zakresie od ok. 9000 (pietruska) do ponad 16 000 kWh·ha⁻¹ (cebula) (Kowalczyk 2002). Tak duże zróżnicowanie jest konsekwencją wyposażenia technicznego wykorzystanego w procesie produkcji oraz różnej technologii uprawy. Kurpaska i Tabor (2006) analizując uprawę warzyw (marchew, pietruszka, burak ćwikłowy) w różnych technologiach (uprawa płaska i redlinowa) wywnioskowali że pomimo znaczących różnic w technologiach uprawy w obu metodach największy procentowy udział w energochłonności wnosi strumień pracy żywej, zaś najmniej strumień surowców. Autorzy rezultat ten przypisują niskiemu poziomowi mechanizacji produkcji warzywniczej. Poziom mechanizacji ma również decydujący wpływ na udział poszczególnych strumieni energetycznych w całkowitym zużyciu energii w przypadku gospodarstw zajmujących się produkcją zwierzęcą. Według badań Marciniaka (2008) w analizowanej przez niego grupie obór wolnostanowiskowych największe nakłady energii dotyczyły strumienia energii zawartej w maszynach i urządzeniach. Poziom tych nakładów był wysoce skorelowany ($r=0,87$, $r=0,70$) z poziomem mechanizacji w badanych oborach. Wyższy poziom mechanizacji zmniejsza nakłady pracy żywej jednocześnie podnosi nakłady niezbędne do prawidłowego funkcjonowania parku maszynowego. Wyniki te są potwierdzeniem wcześniejszych obserwacji Rejscha i Zeddiesa (1995) którzy to określili że warunkiem zwiększenia wydajności produkcji zwierzęcej jest ograniczenie nakładów energetycznych związanych z obsługą większych stad zwierząt poprzez wprowadzenie zmian organizacyjnych, technicznych i technologiczno-funkcjonalnych w obiektach. Do podobnych wniosków doszli również Belloin (1988) oraz Szeptycki i Wójcicki (2003) którzy uzależniają koszty oraz strukturę nakładów materiałowo energetycznych od intensyfikacji produkcji, stosowanej technologii i poziomu mechanizacji. Romaniuk (1996) wyszczególnia produkcję mleka jako najbardziej energochłonną spośród wszystkich kierunków produkcji rolnej. Zagadnienia energochłonność produkcji rolniczej są również analizowane w stosunkowo nowych gałęzi takich jak produkcja surowców energetycznych (biomasa, rośliny oleiste). Koszt wytworzenia biopaliw ciekłych uzależniony jest głównie od ceny surowca, która to w dużej mierze zależy

od stosowanych technologii oraz systemów dotacji dla rolnictwa (Dobek, 2005). Autor ten podkreśla że ważnym składnikiem oceny produkcji biopaliw obok kosztów jest rachunek efektywności energetycznej. Rachunek ten określa jakie należy ponieść nakłady energetyczne aby uzyskać jednostkę energii w biopaliwach. Zaletą takiego sposobu wyliczeń jest niezależność od relacji cen, co pozwala na porównywanie uzyskiwanych wyników. Podsumowując stosowanie metodyki energochłonności skumulowanej umożliwia porównywanie nakładów energetycznych między sobą niezależnie od technologii produkcji oraz poziomu cen w danym momencie. Metodyka ta dodatkowo podkreśla strumienie energii oraz ich zmiany w zależności od intensyfikacji produkcji, poziomu mechanizacji i zmian technologiczno-organizacyjnych. Ma to szczególne znaczenie w przypadku wprowadzania nowych technologii bądź modyfikacji już istniejących.

2. Cel i zakres badań

Z przeprowadzonej analizy zagadnienia w przedmiotowym zakresie wynika, że brak jest opracowań określających kompleksowo relacje między czynnikami technologiczno-eksploatacyjnymi które wykorzystują alternatywne i ekologicznie uzasadnione metody zwalczania chwastów a plonem wybranych warzyw i ich wybranymi właściwościami fizycznymi. W szczególności dotyczy to efektywnej eliminacji roślin niepożądanych w uprawach ekologicznych, gdzie wykorzystanie metod chemicznych jest ograniczone a metody tradycyjne są bardzo pracochłonne.

Na podstawie przeprowadzonego stanu wiedzy sformułowano dwie hipotezy:

1. W przypadku produkcji ekologicznej zastosowanie termicznych metod zwalczania chwastów skutecznie eliminuje ich rozwój w okresie wschodów roślin uprawnych i może stanowić istotne uzupełnienie dla technologii tradycyjnych poprawiając jej efektywność.
2. Zastosowanie termicznej metody niszczenia chwastów pozwala zmniejszyć energochłonność ekologicznej technologii uprawy warzyw w stosunku do energochłonności technologii tradycyjnej

Do wyjaśnienia założonych hipotez sformułowano cel pracy, którym było określenie wpływu wybranych termicznych metod niszczenia chwastów na technologię procesu produkcji wybranych warzyw z uwzględnieniem jej energochłonności w uprawach ekologicznych oraz wpływu technologii na wybrane właściwości fizyczne plonu.

Do osiągnięcia tak wyartykułowanego celu wyszczególniono następujące zadania badawcze:

- określenie ilościowej zależności między zachwaszczeniem plantacji ekologicznych a zastosowanymi technologiami termicznego odchwaszczania (płomień gazowy, użycie promieniowania mikrofalowego),
- określenie relacji między sposobem stosowania metod termicznych w ekologicznej technologii uprawy warzyw a jego skutecznością,
- określenie wielkości nakładów energetycznych procesu termicznego zwalczania chwastów w stosunku do technologii tradycyjnych,
- określenie wpływu zastosowanych technologii niszczenia chwastów na wybrane parametry jakościowo-ilościowe plonu warzyw,

-określenie wytycznych do stworzenia nowej lub ewentualnie modyfikacji istniejących technologii produkcji wybranych warzyw:

-ogórek odmiany “Kmicic”

-marchew odmiany “Dolanka”

-burak ćwikłowy odmiany “Okrągły ciemnoczerwony”

3. Przedmiot badań

Przedmiotem badań były relacje między technologią termicznego niszczenia chwastów i przygotowania plantacji do siewu wybranych warzyw a ekspansją chwastów w późniejszym okresie wzrostu i rozwoju roślin uprawianych w reżimie ekologicznym. Do badań wybrano warzywa charakterystyczne dla rejonu w którym prowadzono doświadczenie. Ponadto warzywa tj. marchew (odmiana “Dolanka”), ogórek (odmiana “Kmicic”), burak ćwikłowy (odmiana “Okrągły ciemnoczerwony”), które wybrano do badań są jednymi z warzyw najczęściej uprawianych w Polsce i charakteryzują się różnym sposobem prowadzenia uprawy oraz różną wrażliwością na zachwaszczenie, innym tempem zwarcia łanu oraz zapotrzebowaniem na przestrzeń życiową. Rodzinę selerowatych reprezentowała marchew zwyczajna, rodzinę dyniowatych ogórek polowy a rodzinę szarłatowatych burak ćwikłowy.

Rodzina Apiaceae (selerowate, baldaszkowate) odznacza się pierzasto złożonymi liśćmi, drobnymi kwiatami zebranych w kwiatostany zwane baldachami. Anatomicznie wyposażone w komórki i przewody wydzielnicze (wydzielina zawierająca substancje aromatyczne nadające charakterystyczny zapach). Owocem jest schizocarpium (rozłupnia) składająca się z dwóch stykających się płaską stroną owoców, zwykle przyczepionych na rozdwojonej ośce, wieszadełku (atlas.roslin.pl, on-line 2011). Gros gatunków występujących w obrębie selerowatych wytwarza substancje zapachowe (aromatyczne) co powoduje wykorzystywanie tych roślin w celu przyprawowym (koper ogrodowy, lubczyk ogrodowy, kolendra siewna, kminek zwyczajny). Część z gatunków użytkowana jest również jako warzywo lub przyprawa z wykorzystaniem korzenia spichrzowego (marchew zwyczajna, seler zwyczajny, pietruszka zwyczajna).

Marchew (*Daucus carota* L.) jest dwuletnią rośliną warzywną, której korzenie spichrzowe wykorzystywane są do bezpośredniego spożycia, do przetwórstwa, suszarnictwa, zamrażalnictwa i przechowywania. Uprawiana jest na powierzchni ok. 30 tys. hektarów i zaliczana jest w Polsce do najważniejszych gatunków warzyw. Koszty produkcji marchwi są wysokie, dlatego też racjonalizacja nakładów na odchwaszczanie może podnieść opłacalność jej uprawy (Anyszka i in. 2013). W pierwszym roku wegetacji formowany jest korzeń oraz liście, w drugim roku natomiast z korzeni wyrasta łodyga wraz z kwiatostanem. Substancje zgromadzone w korzeniu zużywane są do wytworzenia nasion, następnie roślina obumiera. Roślina owadopylna, miododajna z kwiatami przedprętnymi (możliwe jedynie zapylenie krzyżowe). Wschody marchwi są zazwyczaj po okresie 10-15 dni (w sprzyjających warunkach). Ze względu na długi okres kiełkowania silnie reaguje na konkurencję chwastów szczególnie tych pojawiających się wcześniej. Ponieważ roślina ta w początkowej fazie wzrostu

słabo cieniuje powierzchnię pola konieczny jest dłuższy niż u innych gatunków warzyw okres zwalczania roślin niepożądanych. Najgroźniejszymi chwastami w uprawie marchwi są komosa biała, żółtlica drobnokwiatowa oraz rumianowate (mogą powodować znaczne obniżenie plonu w przypadku braku odchwaszczania). “Potrzebę odchwaszczania określa tzw. krytyczny okres konkurencji chwastów, który dla marchwi zaczyna się w momencie pojawienia się wschodów i trwa od 1/3 do 1/2 okresu wegetacji. W tym czasie pole powinno być pozbawione chwastów. Po przejściu tego okresu na plantacji dopuszcza się niewielką ilość chwastów, jednak w takim nasileniu, aby nie wpływały one negatywnie na rozwój i plonowanie marchwi, przy czym nie można dopuścić do wytworzenia i wydania nasion. Ochrona przed chwastami w ekologicznej uprawie marchwi obejmuje metody zapobiegawcze, powodujące ograniczenie zachwaszczenia takie jak: zmianowanie, uprawa międzyplonów i nawozów zielonych, prawidłowa agrotechnika, odpowiedni termin i norma wysiewu, ściółkowanie i mulczowanie, a także metody bezpośrednie, eliminujące chwasty w trakcie uprawy, do których można zaliczyć zabiegi ręczne, mechaniczne, fizyczne” (Babik, 2005).

W skład rodziny Cucurbitaceae (dyniowate) wchodzi takie gatunki jak dynia, arbuz, melon, ogórek, tykwa. Cała rodzina składa się z około 1000 gatunków rosnących głównie na obszarach o klimacie tropikalnym i subtropikalnym, nieliczne gatunki występują również w klimacie umiarkowanym. Warzywa te mają wysokie wymagania cieplne. Długotrwałe spadki temperatury do 4°C powodują uszkodzenia roślin, temperatura bliska 0°C powoduje całkowite zamieranie. Za optymalny zakres temperaturowy przyjmuje się 20-28°C. Są to głównie rośliny zielne (nieliczne drzewiaste), często są pnączami. Łodyga długa, wiotka, płożąca się lub wspinająca za pomocą wąsów z przekształconych liści. Są roślinami jedno- lub dwupiennymi, kwiaty mogą być zebrane w grona lub główki, występują również kwiaty pojedyncze. Częścią jadalną dyniowatych są owoce (ogórek, cukinia, dynia) lub nasiona (dynia). Uprawiane również do innych zastosowań (ozdobnych, użytkowych).

Ogórek siewny (*Cucumis Sativus* L.) jest jednorocznym warzywem z rodziny dyniowatych. Pochodzi z północno zachodnich Indii, gdzie uprawiany był od 3 tys. lat. Termin wysiewu ogórków do gruntu uzależniony jest od temperatury gleby. Powinna ona wynosić na głębokości 0,1 m minimum 12°C. Możliwa jest również uprawa z rozsady, której produkcja trwa minimum 4 tygodnie. Aby wykiełkować nasiona potrzebują temperatury w zakresie 20-25°C oraz odpowiedniej ilości światła. Roślinę z rozsady należy wysadzać po 15 maja (w celu uniknięcia przymrozków). Dobrym przedplonem dla ogórka jest bób, fasola, cebula, szpinak. Na tym samym stanowisku należy zachować 4 letni okres przerwy pomiędzy kolejną uprawą tej rośliny. Optymalna jest uprawa rok po nawożeniu obornikiem. Morfologia rośliny: żółte

kwiaty wyrastające z kątów liści. Ze względu na typ kwiatów na danej roślinie wyróżnia się różne płci ogórka: jednopienne, żeńskie i obupłciowe. Owocem jest jagoda (różnej wielkości, mniej lub bardziej wydłużona), wypełniona nasionami. Kolor od ciemnozielonego do żółtego. Z zewnątrz pokryta brodawkami. Najczęściej uprawiany jest w celach spożywczych (spożywany na surowo jak również w formie kiszanej, konserwowej) oraz kosmetycznych. Owoce zawierają niewielkie ilości witamin i składników mineralnych. Roślina ta należy do warzyw o średniej wrażliwości na zachwaszczenie. “Długo wschodzące i przyhamowane we wzroście rośliny ogórka, z powodu niskich temperatur, mogą zostać zagłuszone przez chwasty. W doświadczeniach przeprowadzonych w Skierniewicach opóźnienie pielenia o 13 dni w stosunku do terminu optymalnego, tj. takiego, w jakim powinno się je wykonać, obniżało plon o 26% (średnia z 11 lat). Po 35 dniach od siewu, chwasty rosnące w ogórkach, wytworzyły świeżą masę wynoszącą aż $6,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (średnia z 12 lat) i mieściły się w zakresie od 3,1 do $24,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, w zależności od roku” (Tyburski, 2004). Najczęściej spotykanymi gatunkami chwastów występującymi podczas uprawy ogórka są komosa biała, żóltlica drobnokwiatowa, rdesty, szarłat szorstki, gorczyca polna, chwastnica jednostronna. Możliwe jest termiczne zwalczanie chwastów specjalnymi wypalaczami spalającymi propan. Zabieg taki można zastosować po wschodach chwastów na całej powierzchni pola bezpośrednio przed siewem lub sadzeniem rozsady ogórka oraz do zwalczania chwastów w międzyrzędziach stosując wypalacze z osłonami. Wypalacze do chwastów w ogórku nie były w Polsce badane i nie są obecnie dostępne. Ograniczają zachwaszczenie organiczne ściółki i rośliny okrywowe, w które można sadzić rozsadę lub wysiewać ogórki (Tyburski, 2004).

Rodzina *Amaranthaceas* Juss. (Szarłatowate) obejmuje na terenie Polski między innymi takie gatunki jak szarłat, celozja, burak, komosa, łoboda, szpinak. Jest to rodzina roślin okrytonasiennych.

Burak ćwikłowy (*Beta vulgaris*) jest rośliną dwuletnią, należy do rodziny szarłatowatych, jest jednym z podgatunków buraka zwyczajnego. W pierwszym roku uprawy tworzy spichrzowy korzeń oraz liście, pęd kwiatostanowy formowany jest w drugim roku wzrostu. Wysiew nasion pomiędzy połową kwietnia a końcem czerwca bezpośrednio do gruntu. Wymagana minimalna temperatura powietrza to 8°C . Dobrym przedplonem dla tej rośliny są warzywa cebulowe, dyniowate, kapustne; należy unikać uprawy po roślinach korzeniowych. Optymalna jest uprawa w drugim roku po oborniku. Uprawiany jest głównie na korzeń w celach spożywczych, wykorzystywane w tym celu bywają również młode liście. Decydującym czynnikiem mającym wpływ na jakość i wielkość plonu jest zachwaszczenie. Całkowita eliminacja tego zabiegu może obniżyć plon nawet o 80%. “W badaniach wykonanych w

Skierniewicach stwierdzono, że gdy uprawiano burak opierając system zwalczania chwastów głównie na ręcznym pieleniu, to opóźnienie pierwszego odchwaszczania o 17 dni powodowało obniżenie plonu o 21% (średnia z 14 lat obserwacji). Oznacza to, że w przeliczeniu na 1 dzień, strata plonu, wynikająca z konkurencji chwastów, wynosiła ponad 1%. Świeża masa chwastów rosnących w uprawie buraka przez okres 44 dni od siewu wynosiła aż 7,9 t·ha⁻¹ (średnia z 15 lat obserwacji), przy czym wahała się w granicach 0,5- 15,6 t·ha⁻¹ w zależności od roku. Na jej wytworzenie chwasty pobierają z gleby duże ilości składników pokarmowych, pogarszając efektywność nawożenia. Największe straty powodują chwasty towarzyszące burakowi od początku wschodów do 6 tygodni po wschodach. Później, kiedy rośliny buraka się rozrosną i zakryją liśćmi powierzchnię gleby, chwasty są mniej groźne. Jednak też nie należy ich lekceważyć. Występujące wtedy chwasty pogarszają ogólne warunki fitosanitarne, sprzyjają porażeniu buraka przez choroby i utrudniają przeprowadzenie zbioru. Ograniczają one dostęp światła do roślin, co może niekorzystnie wpływać na akumulację barwników betaksantynowych w korzeniach (Babik, 2004). Najczęściej spotykanymi gatunkami chwastów na plantacjach buraka są komosa biała, żóltlica drobnokwiatowa, szarłat szorstki, rdest plamisty, rdest powojowy, tasznik pospolity, fiołek polny, chwasty rumianowate.

Całość badań przeprowadzono na terenie miejscowości Wielka Wieś, co wynikało z przyczyn organizacyjnych badań, mikroklimatycznych i fizjograficznych stanowiących przyjazne warunki dla upraw warzywniczych. Miejscowość ta położona jest w województwie małopolskim w gminie Wojnicz. Leży ona nad rzeką Dunajec który miał i ma ogromny wpływ na charakterystykę rolniczą tych okolic. Teren ten znajduje się na pograniczu dwóch dużych jednostek geologicznych: zapadliska przedkarpackiego (obejmującego północną część gminy) oraz od południa Karpat Fliszowych. Gmina ta leży w pobliżu wzniesień Pogórza Karpackiego, które zaliczane jest do jednych z najciekawszych regionów geobotanicznych Polski o bogatej szacie roślinnej. Można spotkać tu roślinność górską jak i nizinną. W celu chronienia tej różnorodności gatunkowej właśnie w miejscowości Wielka Wieś utworzono rezerwat „Panieńska Góra” którego celem jest ochrona naturalnych stanowisk bardzo rzadkich dwóch gatunków storczyków: storczyka bladego i storczyka purpurowego. Teren na którym położony jest rezerwat należy do Nadleśnictwa Brzesko (Lasy Państwowe) i zajmuje 63,32 ha (z obszarem zalesionym o powierzchni 61,93 ha.). Gmina Wojnicz ma warunki by stać się bazą surowcową rolnictwa o zasięgu ponadlokalnym. Posiada bardzo dobre gleby pod względem przydatności rolniczej. Umożliwia to uprawę roślin warzywnych oraz innych wymagających dobrych warunków glebowych takich jak pszenica czy rośliny przemysłowe. Wieloletnią tradycję ma tutaj uprawa fasoli tycznej – „Piękny Jaś” (wojnicz.pl, on-line 2011). Na terenie

miejsowości Wielka Wieś ze względu na korzystne warunki glebowe prowadzone są uprawy warzywnicze często ekologiczne. Dominującą uprawianą rośliną jest fasola "Piękny Jaś" która to nierozdzielnie związana jest z obszarem uprawy (Pikul i in. 2011, Pikul, Kielbasa, 2015). Specyficzny mikroklimat (długo utrzymujące się mgły łagodzące skoki temperaturą) oraz żyzność gleb wynika z oddziaływania rzeki Dunajec. Rzeka ta płynąca doliną okresowo wylewała (Szuba, 2012) niosąc żyzne składniki glebotwórcze. Gospodarstwo, na którego polach prowadzone były badania leży u podnóża "Panieńskiej Góry" oraz Rezerwatu o tej samej nazwie. Prowadzi ono niską towarową produkcję roślinną ukierunkowaną obecnie głównie w kierunku fasoli "Piękny Jaś". Wcześniej prowadzona była uprawa ogórka oraz porzeczki. Infrastruktura gospodarstwa umożliwia przeprowadzenie doświadczenia bez wpływu czynników z zewnątrz (brak stosowania chemicznych środków ochrony roślin). Wymagane było również bliskie położenie poletek od zabudowań w celu doprowadzenia zasilania energią elektryczną do jednego z urządzeń. Park maszynowy również pozwalał na przeprowadzenie doświadczenia zgodnie z metodyką oraz niezbędną agrotechniką. W doświadczeniu wykorzystano dwa niezależne od siebie urządzenia do selektywnej eliminacji chwastów generujące energię cieplną. Pierwszym urządzeniem był Termopielnik T232 firmy Łukomet. Koncepcja wykorzystania bezpośredniego spalania gazu w urządzeniu pracującym w sąsiedztwie roślin uprawianych wykorzystana była między innymi do ogrzewania drzew w sadach podczas przymrozków (Konopacki, 2011). Drugim rozwiązaniem technicznym było samojezdne urządzenie generujące promieniowanie mikrofalowe.

4. Metodyka badań

4.1. Metodyka wyboru układu doświadczenia

Doświadczenie przeprowadzone zostało w cyklu trzyletnim w latach 2015-2017. Pole na którym przeprowadzany był eksperyment badawczy było utrzymane w dobrej kulturze rolnej. Przedplonem dla warzyw w pierwszym i trzecim roku była pszenica, w drugim roku była Fasola "Piękny Jaś". Pole przeznaczone pod wysiew warzyw było wczesną wiosną włókwane następnie bezpośrednio przed siewem gleba była uprawiana za pomocą glebogryzarki o szerokości roboczej 1,35 m pracującej na głębokości 0,08 m. Teren badań został podzielony na poletka o wymiarach 1,25 m x 2 m (rys.1,2).



Rysunek 1. Poletka doświadczalne po siewie

Źródło: opracowanie własne



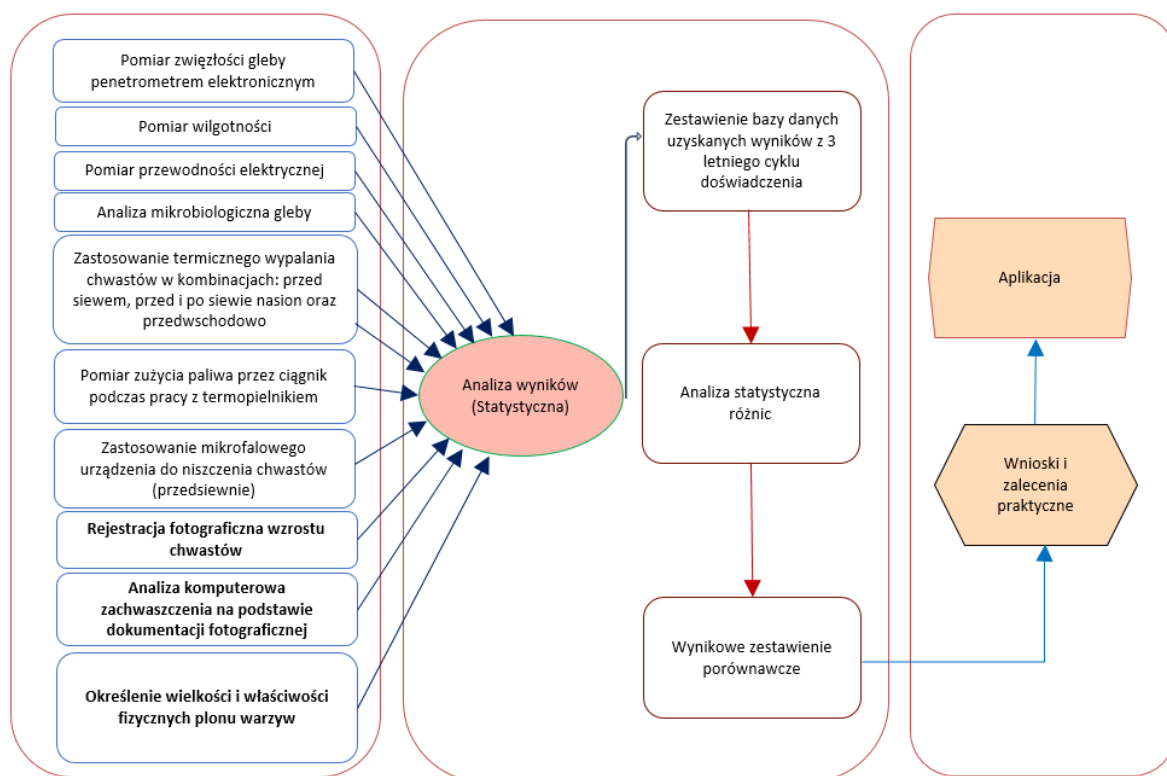
Rysunek 2. Poletka doświadczalne podczas początku wegetacji

Źródło: opracowanie własne

W kombinacjach rozkładu poletek doświadczalnych wykorzystano metodę kwadratu łaćńskiego. Do formowania redlin wykorzystano trzorzędowy obsypnik. W celu weryfikacji

równomierności zwięzłości gleby wykonano pomiary penetrometrem stożkowym. Następnie w zależności od wariantu przeprowadzany był odpowiedni zabieg termiczny lub nie.

Siew warzyw wykonywany był za pomocą jednorzędowego siewnika ręcznego. Wszystkie poletka monitorowano wraz z cotygodniową rejestracją fotograficzną zachwaszczenia. Rejestracja ta prowadzona była do momentu pełnego zakrycia międzyrzędzi przez rośliny, następnie cała plantacja była ręcznie pielona. Warzywa do badań jakościowo-ilościowych pobierano ręcznie z każdego poletka doświadczalnego a wielkość próby stanowiły wszystkie rośliny z danego poletka. Dla każdej pobranej rośliny sporządzono charakterystykę geometryczną oraz wyznaczono masę każdej z roślin. Następnie określono współczynnik tarcia kinetycznego korzeni zebranych warzyw korzeniowych. Doświadczenie powtarzane było przez trzy kolejne lata wg schematu doświadczenia (rys. 3).



Rysunek 3. Schemat doświadczenia

Źródło: opracowanie własne

Układ doświadczalny oparty był o metodykę kwadratu łacińskiego. Wielkość macierzy wynosiła dla Termopielnika 5x5, natomiast dla urządzenia mikrofalowego 4x4 dla każdej z trzech roślin. Wielkość wynikała z ilości kombinacji dla danej metody. Dla większej macierzy były to następujące kombinacje stosowania zabiegu termicznego:

A- próba zerowa

B- zabieg wykonany tylko raz bezpośrednio przed siewem nasion

C- zabieg wykonany tylko raz bezpośrednio po siewie nasion

D-zabieg wykonany dwukrotnie: bezpośrednio przed siewem i po siewie nasion

E- zabieg wykonany tylko raz: przedwschodowo

Dla wszystkich kombinacji prędkość robocza agregatu była taka sama ($3,7 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$), jak również stały był wydatek gazu ($44 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Mniejsza macierz charakteryzowała się kombinacjami:

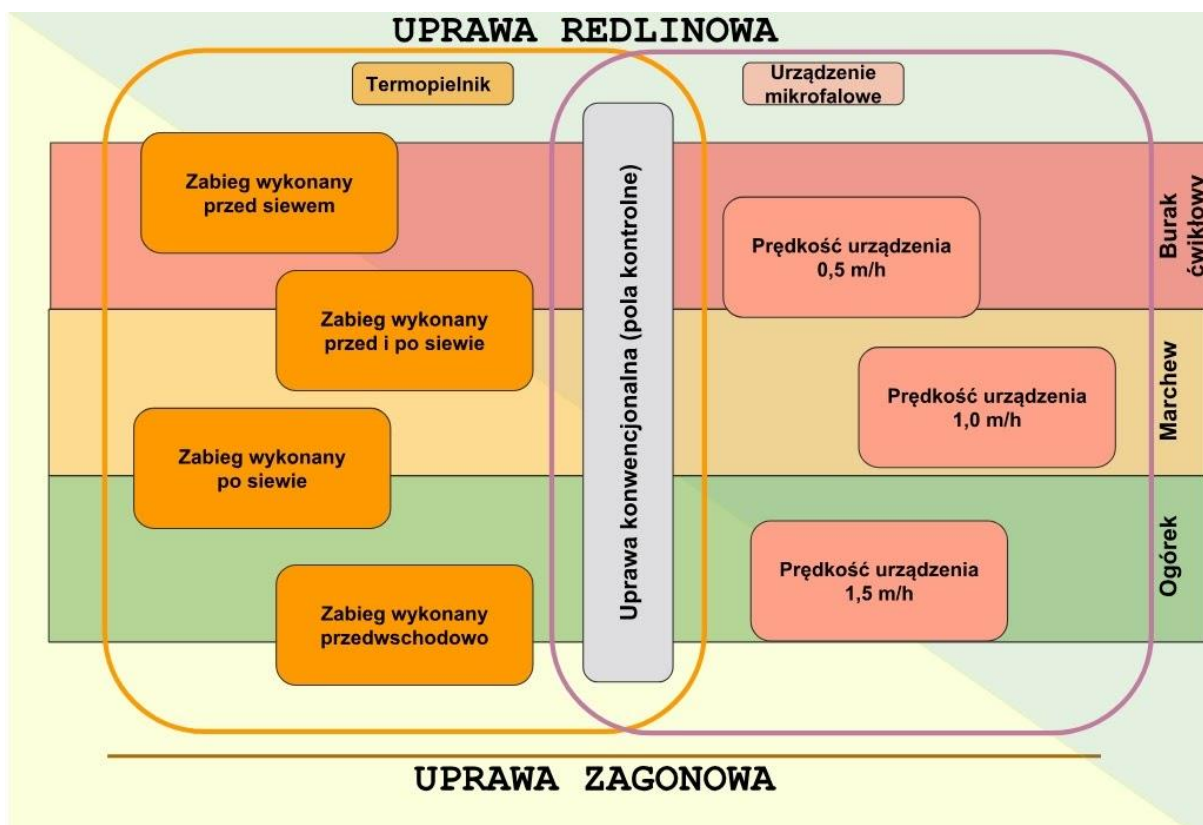
F- prędkość robocza urządzenia wynosząca $0,5 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$

G- prędkość robocza urządzenia wynosząca $1 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$

H- prędkość robocza urządzenia wynosząca $1,5 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$

I- próba zerowa

Liczba kombinacji w przypadku urządzenia mikrofalowego była ograniczona z powodu możliwości stosowania tego typu rozwiązania. Dodatkowo niska wydajności zabiegu, przy jednoczesnym braku możliwości powiększenia interwału czasowego dla realizacji przedmiotowej czynności, która wynikała z ograniczeń agronomicznych była czynnikiem limitującym. Wymiar poletek dla urządzenia mikrofalowego wynosił $1,25 \text{ m} \times 1 \text{ m}$. Schemat i relacje poszczególnych kombinacji między sobą przedstawiono na rysunku 4. Schemat łączy kombinację zabiegu z wykorzystaniem Termopielnika oraz urządzenia mikrofalowego. Każde poletko w połowie swojej długości było uprawiane w formie redlinowej drugą płowę stanowiła uprawa łanowa co wynikało z ograniczeń technologicznych.



Rysunek 4. Schemat kombinacji zabiegów oraz roślin użytych w doświadczeniu

Źródło: opracowanie własne

Doświadczenie prowadzone było dla uprawy redlinowej oraz zagonowej dla trzech rodzajów warzyw (najczęściej uprawianych w rejonie prowadzenia badań):

- ogórek odmiana "Kmicic"
- marchew odmiana "Dolanka"
- burak ćwikłowy odmiany "Okrągły ciemnoczerwony"

4.1.1. Schemat randomizacji bloków doświadczenia

Zastosowana metoda randomizacji opiera się o plan “kwadratu łacińskiego”. Kwadrat łaciński jest to taki układ cyfr lub liter w którym każda cyfra lub litera występuje tylko raz w danej kolumnie lub wierszu tabeli w formie kwadratu. Kombinacja tych symboli wewnątrz kwadratu odpowiada schematowi przyporządkowania do różnych wariantów kombinacji danego doświadczenia (np. różniących się metod zastosowanej metody uprawy). Wielkość tej macierzy zależy od liczby czynników kontrolowanych zmiennych. W celu usystematyzowania doświadczenia przyjęto następujące założenia do randomizacji:

Układ kwadratu łacińskiego:

I: Macierz większa (rys. 5)

Przyjęto następującą zasadę układu czynników w macierzy:

A→C

B→D

C→E

D→A

E→B

A	B	C	D	E
C	D	E	A	B
E	A	B	C	D
B	C	D	E	A
D	E	A	B	C

Rysunek 5. Schemat układu czynników macierzy 5x5

Źródło: opracowanie własne

II: Macierz mniejsza (rys. 6)

Przyjęto następującą zasadę układu czynników w macierzy:

F→I

G→F

H→G

I→H

F	G	H	I
I	F	G	H
H	I	F	G
G	H	I	F

Rysunek 6. Schemat układu czynników macierzy 4x4

Źródło: opracowanie własne

4.1.2. Metodyka pomiaru przewodności elektrycznej gleby

Do pomiaru przewodności elektrycznej gleby wykorzystano konduktometr w którym to cewkę nadawczą TX oraz odbiorczą RX umieszczono w takiej samej orientacji oraz odległości względem powierzchni ziemi (pionowo HCP lub poziomo PRP). Obie cewki sprzężone były czasowo i częstotliwościowo. W doświadczeniu wykorzystano konduktometr typu CMD-MiniExplorer (rys. 7) firmy GF Instruments. Urządzenie to pozwalało na pomiar przewodności elektrycznej gleby na trzech poziomach głębokości dla każdego zakresu to jest 0,5 m; 1,0 m; 1,8 m (High Depth Range) oraz 0,25 m; 0,5 m; 0,9 m (Low Depth Range). Pomiary prowadzone były w taki sposób aby linie pomiarów konduktometrycznych pokrywały się z punktami pomiarów penetrometrycznych. Pomiary przewodności elektrycznej wykonywano corocznie przed siewem.



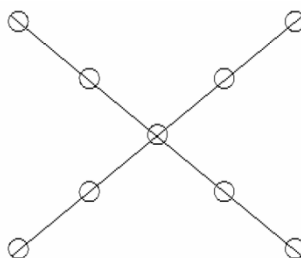
Rysunek 7. Konduktometr CMD-MiniExplorer

Źródło: opracowanie własne

4.1.3. Metodyka poboru próbek i pomiaru zwięzłości gleby

Próbki do badań laboratoryjnych, dotyczących składu granulometrycznego i zasobności gleby w składniki pokarmowe wykonano na każdym poletku doświadczalnym. Na jedną próbę składały się próbki pobrane z 9 miejsc, rozmieszczonych w kształcie krzyża (rys. 8) o środku w punkcie wyznaczonym przez wirtualną siatkę współrzędnych geograficznych punktu.

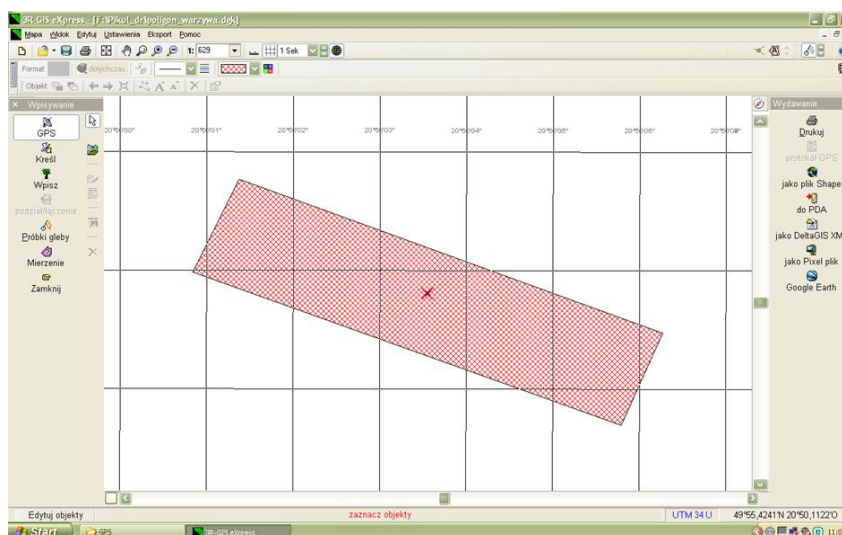
Analizę laboratoryjną gleby przeprowadzono w Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Krakowie. W tych samych punktach dokonano pomiaru zwięzłości gleby.



Rysunek 8. Schemat próbkowania w punkcie pomiarowym

Źródło: BN-78/99180-11

Do precyzyjnego wyznaczenia punktów, w których przeprowadzono sondowanie oraz pomiar wilgotności wykorzystano mobilny odbiornik GPS SiRF III wbudowany w palmtop Fujitsu-Siemens. Mikrokomputer został wyposażony w aplikację 3R-Map pozwalającą ustalać położenie punktów, rejestrować przebieg linii i granic poligonów. Sondowanie wykonano punktowo na każdym z poletek doświadczalnych. W celu dalszej obróbki przestrzennej dane pomiarowe transferowano do komputera stacjonarnego wyposażonego w program 3R-GIS eXpres (rys. 9) gdzie przekonwertowywano je do formatu „shp” bazowego dla program ArcView 3.3, w którym generowano mapy cyfrowe przestrzennego zróżnicowania mierzonych wielkości.



Rysunek 9. Interfejs programu 3R-Gis eXpres

Źródło: opracowanie własne

Na jeden punkt pomiarowy przypadało 9 sondowań penetrometrem rozmieszczonych zgodnie z kształtem litery X [PN-R-04031] (patrz rys. 8). Pomiaru zwięzłości gleby dokonano penetrometrem stożkowym, model Penetrologger Eijkelkamp z sondą ThetaProbe (rys. 10) zaprojektowany do pomiaru zwięzłości i wilgotności gleby na gruntach uprawnych wg. normy

ASAE (obecnie ASABE). Obudowa penetrometru wyposażona była w wewnętrzny odbiornik GPS za pomocą, którego określano i zapisywano współrzędne wykonywanych pomiarów. Głębokość sondowania wynosiła 0,8 m przy rejestracji wartości mierzonej zwięzłości profilu glebowego w odstępach co 0,01 m. Pomiary przeprowadzono wykorzystując stożek o średnicy nominalnej 11,28 mm i kącie rozwarcia 30°. Urządzenie poziomowano przy pomocy zainstalowanej w obudowie poziomicy zachowując w czasie sondowania tolerancję odchylenia sondy od pionu nie przekraczającą 3,5°. Głębokość mierzono czujnikiem ultradźwiękowym współpracującym z płytką referencyjną. Pomiary zwięzłości dokonywano ze średnią prędkością wciskania stożka penetrometru wynoszącą 5 cm·s⁻¹. Analizę graficzną i numeryczną przeprowadzono wykorzystując program Penetro Wiever. Wilgotność gleby wyznaczono za pomocą sondy ThetaProbe będącą częścią składową zestawu Penetrologger Eijkelkamp. Dodatkowo wykonano kontrolnie pomiar wilgotności gleby w losowo wybranych miejscach pomiarowych metodą suszarkową. Miejsca pomiaru zwięzłości gleby były jednocześnie miejscami, w których dokonano pomiaru wilgotności gleby. W celu wyznaczenia profilu wilgotnościowego gleby pomiaru wilgotności dokonano na trzech głębokościach tj. 0,1 m, 0,2 m, 0,3 m.



Rysunek 10. Penetrologger Eijkelkamp z sondą ThetaProbe

Źródło: opracowanie własne

4.1.4. Metodyka określania wielkości plonu

W celu oceny ilościowej oraz jakościowej plonu pobrano warzywa z każdego poletka każdej kombinacji zabiegu termicznego oraz próby kontrolnej (rys. 11). Za jedną próbkę przyjęto wszystkie warzywa rosnące na danym poletku. Wykopane warzywa zostały ogłowione oraz zabezpieczone w szczelnych pojemnikach na czas transportu do laboratorium. Bezpośrednio przed badaniami laboratoryjnymi korzenie myto pod bieżącą wodą o temperaturze 16°C. Cały plon z poletka został określony jako suma wszystkich roślin, które kolejno pojedynczo ważono na wadze elektronicznej serii WLY 1/D2 ($\pm 0,01$ g). Bezpośrednio po zważeniu korzeni wykonywana była dokumentacja fotograficzną umożliwiającą wykorzystanie algorytmów analizy obrazu do określania współczynników kształtu.

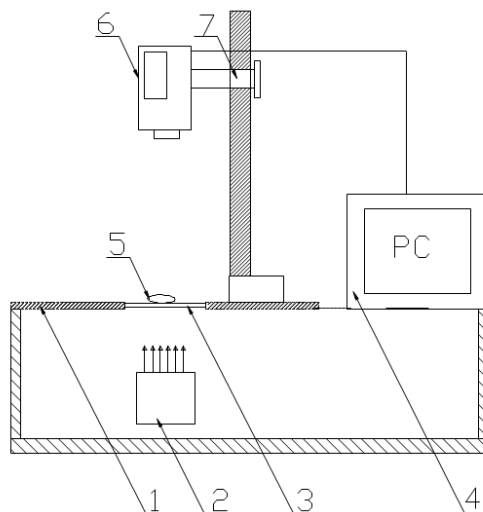


Rysunek 11. Próbkę warzyw po wykopaniu z poletka

Źródło: opracowanie własne

4.1.5. Metodyka wyznaczenie współczynnika sferyczności warzyw

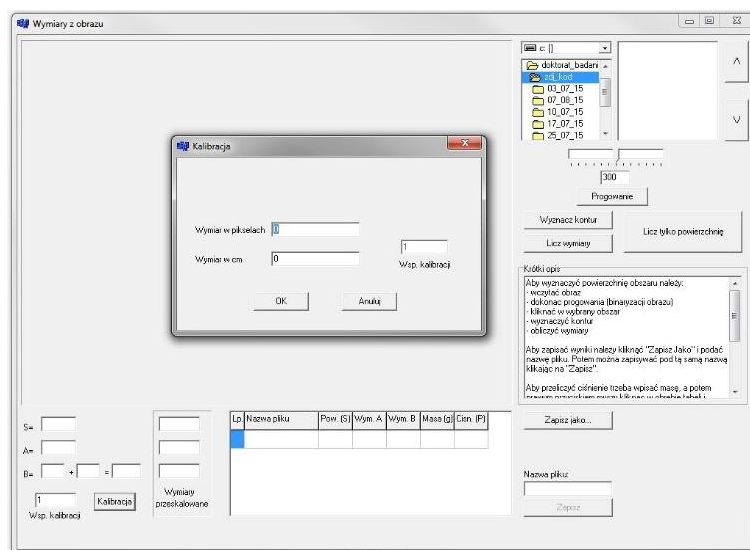
Doświadczenie przeprowadzono na stanowisku pomiarowym składającym się z trzech modułów: stołu z podświetlaną szybą, aparatu fotograficznego Konica Minolta Dimage Z20 oraz komputera PC wyposażonego w dedykowane oprogramowanie (rys. 12). Do badań wybrano losowo po 30 sztuk obiektów dla każdej kombinacji doświadczenia oraz prób zerowych.



Rysunek 12. Układ pomiarowy gabarytów bulw

Źródło: Kielbasa in. 2005a

Przed każdą serią doświadczeń przeprowadzana była kalibracja układu pomiarowego. W celu jej przeprowadzenia używano gumowych krążków w kształcie koła o różnych średnicach: 10 mm, 30 mm, 60 mm oraz 100 mm. Pole powierzchni wzorca było adekwatne do pola powierzchni badanego obiektu dla którego wyznaczano próg binaryzacji (rys. 13).



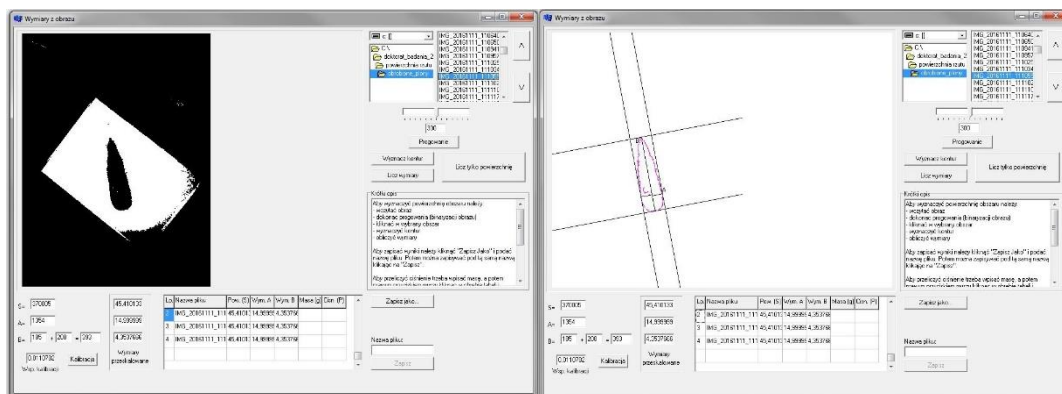
Rysunek 13. Interfejs programu w czasie kalibracji

Źródło: opracowanie własne

Zasada działania programu opiera się na wykrywaniu krawędzi analizowanych obiektów, a następnie wyliczeniu powierzchni i konturów, analizie i archiwizacji wyznaczanych parametrów bulw (Kielbasa i in. 2008). Po uruchomieniu program komputerowy umożliwiał wybór zarchiwizowanego zdjęcia badanego obiektu, a następnie wyświetlenie go w oknie roboczym.

(a)

(b)



Rysunek 14. Interfejs programu komputerowego (a) i widok badanego obiektu w oknie roboczym programu (b)

Źródło: Opracowanie własne

Obraz badanego obiektu przekształcany był w obraz binarny zachowując ustalony w czasie skalowania próg binaryzacji. Kliknięciem myszki wybierano dany obiekt bądź jego część do analizy. Program komputerowy umożliwiał wyznaczenie długości obwodu badanego obiektu oraz dwóch wymiarów tzn. długości i szerokości (rys. 14), jak również pola powierzchni rzutu. Stosowne współczynniki sferyczności (Fleszar i in. 1993) oraz wskaźnik wypełnienia gabarytowego (3) wyliczono ze wzorów:

współczynnik wydłużenia (W_a)

$$W_a = \frac{a_0}{b_0} \quad (1)$$

współczynnik spłaszczenia (W_c)

$$W_c = \frac{c_0}{b_0} \quad (2)$$

a wskaźnik wypełnienia gabarytowego (ε) ze wzoru:

$$\varepsilon = \frac{m}{a_0 \cdot b_0 \cdot c_0} [\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}] \quad (3)$$

gdzie:

m – masa obiektu [g]

a_0 – długość obiektu [cm]

b_0 – szerokość obiektu [cm]

c_0 – grubość obiektu [cm]

4.1.6. Metodyka generowania map cyfrowych

Do interpolacji mierzonych wielkości traktowanych, jako zmienne deterministyczne wykorzystano najprostszą, szybką i niewymagającą modelowania (Faber, 1998) metodę odwrotnych odległości IDW (*Inverse Distance Weighted*).

W metodzie IDW rola otaczających punkt estymowany danych jest w liczonej średniej zróżnicowana w zależności od odległości.

$$\hat{Z}_j = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{h_{ij}^\beta}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{h_{ij}^\beta}} \quad (4)$$

gdzie:

Z_j - wartość cechy Z estymowanej w punkcie j ,

Z_i – wartość cechy Z zmierzona w punkcie i (jednym z n punktów danych w otoczeniu),

h_{ij} – efektywna odległość między punktami i i j , - wykładnik potęgowy – waga odległości.

Zaletą takiego podejścia jest możliwość odzwierciedlenia miejscowego zróżnicowania atrybutów interpolowanej powierzchni. W obliczeniach bierze udział tylko pewna ograniczona liczba punktów pomiarowych znajdujących się w zadanym otoczeniu punktu interpolacji, algorytm zyskuje możliwość przetwarzania dużych zbiorów danych [Kusz i in. 2009].

4.1.7. Metodyka wykonywania zabiegów Termopielnikiem

Termopielnik jest to urządzenie zawieszane na trójpunktowym układzie zawieszenia ciągnika rolniczego. Wysoka temperatura wytwarzana jest poprzez spalanie gazu propan-butan. Gaz ten pobierany jest w fazie lotnej i poprzez parownik zawór redukcyjny kierowany jest do dysz umieszczonych w zespołach roboczych. Urządzenie składa się z głównej belki nośnej do której w przedniej części zamocowany jest stojak zawieszenia na TUZ oraz koła podporowo kopiujące a tylnej zespoły robocze oraz stelaż mocowania układu butli gazowych. Urządzenie to wyposażone jest w cztery 11 kilogramowe butle z gazem. Sekcje robocze połączone są z belką za pomocą równoległoboków przegubowych (rys.15).



Rysunek 15. Widok ogólny Termopielnika T232 1 – zespół regulująco-redukcyjny gaz, 2 - butla propan-butan , 3 – wieszak trójpunktowego układu zawieszenia, 4 – główna belka nośna, 5–sekcja robocza, 6 – koło kopiujące sekcji, 7 – osłona palnika

Źródło: Opracowanie własne

Poszczególne sekcje (rys. 16) składają się z osłony roboczej, iskrownika i dyszy palnika. Osłona umożliwia dłuższą ekspozycję podgrzanego powietrza na powierzchnię gleby. Każda sekcja robocza wyposażona jest we własne koło kopiujące dzięki któremu osłona może lepiej przylegać do powierzchni gleby co ma duże znaczenie w przypadku pracy urządzenia na redlinach. Rozwiązanie to zapobiega uszkodzeniu przez wysoką temperaturę roślin uprawianych (w przypadku wypalania chwastów w międzyrzędziach) jak również zapobiega szybszemu wychładzaniu się rozgrzanych gazów.



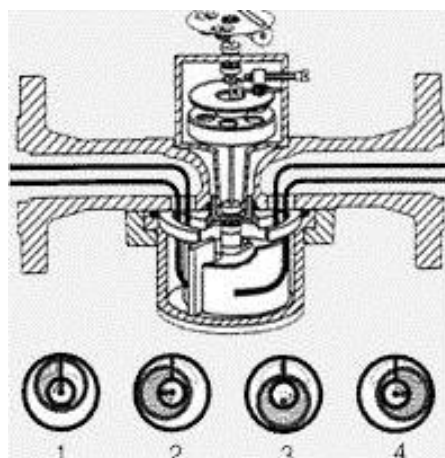
Rysunek 16. Widok sekcji roboczej Termopielnika T232 1 – przewód gazowy, 2 - rama nośna sekcji roboczej, 3 – palnik z zespołem zapalającym (iskrownikiem), 4 – osłona palnika , 5– koło kopiujące

Źródło: Opracowanie własne

Urządzenie to współpracowało z lekkim ciągnikiem rolniczym Ursus C-330M. Maszyna ta nie posiada ruchomych elementów roboczych generujących hałas. Agregat ten emituje jednak hałas będący wypadkową pracy ciągnika (Adamczyk, 2005) i dźwięku wpływającego pod ciśnieniem gazu spalanego w płomieniu wpływający na otoczenie miejsca pracy (Adamczyk 2005) . Ciągnik ten służył do napędu urządzenia jak również do zasilania energią elektryczną komputera odpowiedzialnego za sterowanie Termopielnikiem. Podczas pracy prowadzony był pomiar zużycia paliwa przez silnik jako jedna ze składowych energochłonności zabiegu. Zabieg wykonywany był zgodnie z metodyką kombinacji doświadczenia na poszczególnych poletkach wynikających z metody układu kwadratu łacińskiego bezpośrednio przed siewem nasion (1); po siewie nasion (2), dwukrotnie przed i po siewie nasion. W wariancie wykonywania zabiegu w trakcie wegetacji zabieg wykonywany był bezpośrednio przed wschodami rośliny uprawianej, termin ten różnił się dla każdej z roślin i wyznaczany był poprzez przykrycie bezpośrednio po siewie folią fragmentu jednego z poletek dzięki czemu uzyskano przyspieszenie kiełkowania o około 4 dni co pozwalało wykonać zabieg termiczny bez negatywnego wpływu na rośliny uprawiane. Prędkość robocza agregatu wynosiła $3,7 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, temperatura powietrza wynosiła 25°C .

4.2.1.1. Pomiar zużycia paliwa

Pomiar zużycia paliwa wykonano paliwomierzem typu VZO-4. Konstrukcja miernika bazuje na szwajcarskim module pomiarowym CONTO VZO-8. Moduł ten działa na zasadzie pompki z wirującym tłokiem przepompowując określone ilości oleju napędowego w jednostce czasu. Moduł pomiarowy składa się z tłoka usytuowanego mimośrodowo wewnątrz większego cylindra posiadającego dwa otwory (rys. 17).



Rysunek 17. Schemat ideowy działania miernika VZO -4

Źródło: www.fpkowalski.com

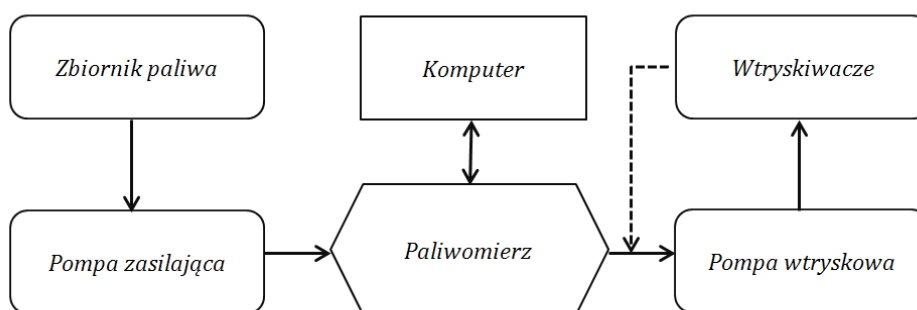
W pierwszej fazie pracy ciecz wpływając poprzez otwór wlotowy wypełnia przestrzeń pomiędzy przegrodą i wnętrzem cylindrycznego tłoka powodując jego ruch. W następnej fazie ta ciecz wydostaje się poprzez otwór wylotowy. Za każdym takim cyklem określona ilość cieczy jest przepompowana z otworu wlotowego do otworu wylotowego. Wirujący tłok i rolka prowadząca są jedynymi ruchomymi częściami będącymi w kontakcie z cieczą. Przemieszczanie się wirującego tłoka jest przekazywane do układów zliczania i odczytu za pomocą sprzęgła magnetycznego. Konstrukcja tego typu daje dużą niezawodność układu pomiarowego i wysoką dokładność wskazań. Dane techniczne zastosowanego urządzenia w badaniach przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2
Charakterystyka techniczna miernika zużycia paliwa VZO-4

TYP	Jednostka	Wartość
Granica błędu pomiarowego		± 1% wartości rzeczywistej
Powtarzalność		± 0,2%
Objętość komory pomiarowej miernika	cm ³	5
Impulsatory magnetyczne (kontaktronowe)	l/impuls	0.005

Źródło: dokumentacja techniczna czujnika VZO-4

Miernik paliwa wmontowano w układ paliwowy ciągnika Ursus C330 M pomiędzy pompą zasilającą a pompą wtryskową (rys. 18) natomiast nadmiar paliwa kierowano przed pompę wtryskową, co uniemożliwiało dublowanie pomiaru tego samego paliwa.



Rysunek 18. Schemat ideowy układu do pomiaru zużycia paliwa ciągnika

Źródło: opracowanie własne

Sygnal z czujnika kontaktronowego miernika paliwa poprzez kartę pomiarową Daq Book/200A przekazywany był do komputera pokładowego klasy CF-29, wyposażonego w oprogramowanie umożliwiające analizę zmierzonej wartości.

4.1.8. Metodyka wykonywania zabiegu mikrofalowego niszczenia chwastów

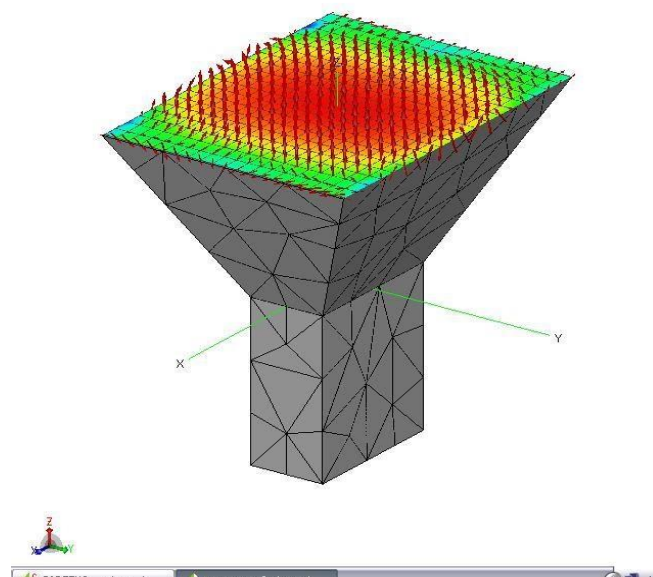
Drugim urządzeniem wykorzystanym w doświadczeniu był samojezdny pojazd do mikrofalowej dezynfekcji gleby (rys. 19). Jest to konstrukcja opracowana przez pracowników Wydziału Leśnego UR. Pojazd ten przemieszcza się ze stałą prędkością nad powierzchnią gleby. Napęd odbywa się za pomocą przekładni łańcuchowych napędzanej silnikami krokowymi. Dodatkowo zestaw anten emitujących mikrofałe wykonuje ruch posuwisto zwrotny w celu pełnego pokrycia promieniowaniem obrabianej powierzchni. Źródłem promieniowania mikrofalowego jest osiem magnetronów o mocy 800 W i częstotliwości 2450 MHz każdy. Magnetron wyposażony jest we własny układ zasilania, falowód i antenę emitującą mikrofałe (rys. 20). Pojazd zasilany jest za pomocą przewodu z sieci trójfazowej 400 V (Słowiński, 2012) Urządzenie może się poruszać z prędkością od 0 do 11 m·h⁻¹.



Rysunek 19. Pojazd do mikrofalowej dezynfekcji podłoża. 1 – mechanizm śrubowy regulacji wysokości anten, 2 - magnetron, 3 – rama, 4 – koło jezdne, 5– falowód z anteną, 6 – rama przesuwna, 7 – elementy elektryczne układu zasilania, 8 - wentylator chłodzący magnet

Źródło: opracowanie własne

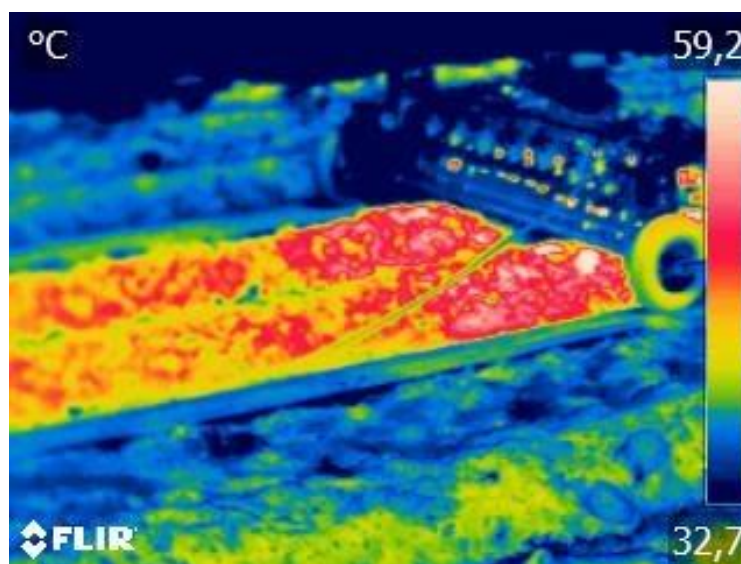
Magnetron zasilany jest z transformatora podwyższającego napięcie, całość chłodzona jest strumieniem powietrza wymuszonym przez wentylator (Słowiński 2009a, 2009b, 2009c, 2009d).



Rysunek 20. Rozkład natężenia pola elektromagnetycznego emitowanego z zaprojektowanej anteny tubowej urządzenia mikrofalowego

Źródło: Słowiński 2012

Podczas wykonywania zabiegów termicznych do oceny równomierności pracy urządzeń zastosowano kamerę termowizyjną Flir ThermaCam E300 (rys. 21). Urządzenie to pozwalało na kontrolę rozkładu temperatury uzyskiwanej przez termopielnik oraz urządzenie mikrofalowe. Technologia była wykorzystywana między innymi do pomiaru rozkładu akumulacji ciepła w złożu kamiennym w szklarni (Sabat, 2013).



Rysunek 21. Zrzut obrazu rejestrowanego kamerą Flir ThermaCam E300

Źródło: opracowanie własne

Wielkość promieniowania mikrofalowego w obrębie pracy urządzenia mierzono miernikiem upływu mikrofal Microwave Leakage Detector DVMEMF. Przyrząd ten umożliwiał jednocześnie określenie bezpiecznej odległości od pracującego samobieżnego pojazdu

mikrofalowego. Zabieg urządzeniem do mikrofalowej dezynfekcji podłoża wykonywany był bezpośrednio przed siewem nasion. Prędkość robocza urządzenia wynosiła w zależności od kombinacji $0,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$; $1 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$, $1,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$. Ze względu na niską wydajność urządzenia zabieg wykonywany był na przestrzeni kilku dni, temperatura powietrza wynosiła od 24°C do 33°C .

4.1.9. Identyfikacja stopnia zachwaszczenia (stopnia skuteczności technologii niszczenia chwastów)

Rejestracja fotograficzna odbywała się z wykorzystaniem aparatu o rozdzielczości 8 Megapikseli (każdego sezonu pomiar dokonywany był tym samym sprzętem). Aparat umieszczony był na statywie co zapewniało dokładnie takie samo położenie obiektywu względem badanego poletka w kolejnych seriach rejestracji fotograficznej (punkt centralny oraz wysokość obiektywu względem powierzchni poletka). Jako punkt odniesienia służyła wyskalowana rama pomiarowa o wymiarach $1 \times 1 \text{ m}$ (rys. 22). Fotografie wykonywane były każdorazowo pomiędzy godziną 16 a 17 przy bezpośrednim oświetleniu słonecznym podczas bezchmurnej pogody. Warunki takie umożliwiały powtarzalność wykonywanych fotografii pod względem padania światła i ewentualnego rzucania cienia przez rośliny na powierzchnię gleby.

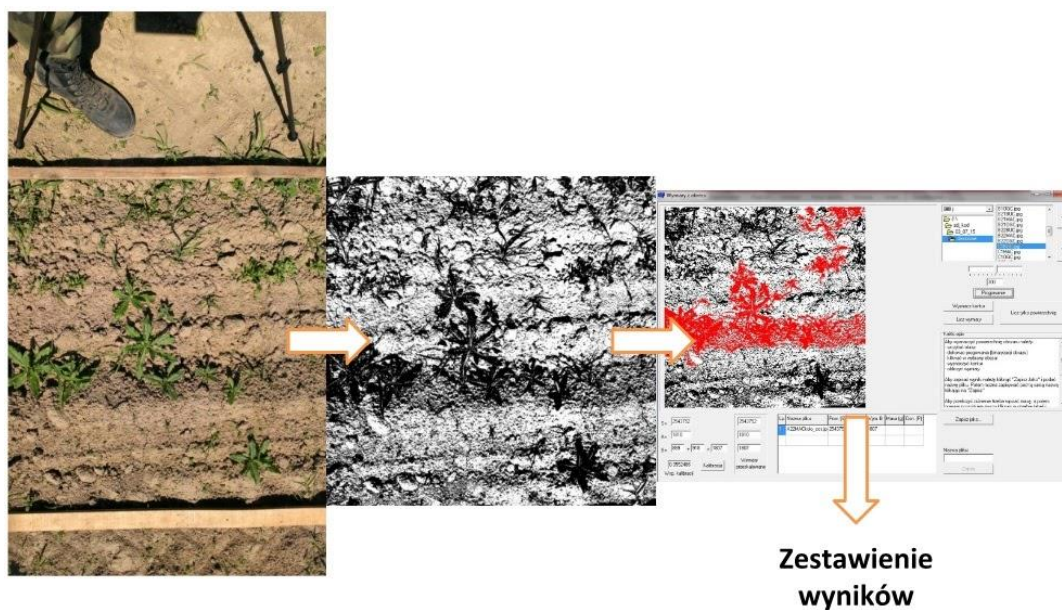


Rysunek 22. Widok stanowiska pomiarowego rejestracji fotograficznej zachwaszczenia

Źródło: opracowanie własne

Rejestracja fotograficzna prowadzona była w tygodniowych odstępach czasu. Uzyskane zdjęcia zostały pogrupowane oraz zakodowane (nazwa zdjęcia zawierała kod mówiący o terminie pomiaru, rodzajowi kombinacji zabiegu termicznego, rośliny, oraz położeniu poletka). Następnie wszystkie zdjęcia poddane zostały binaryzacji obrazu co umożliwia obróbkę tych fotografii w programie "Bulwa". Program ten (po kalibracji) pozwala na zliczenie powierzchni (ilości pikseli) powierzchni zacienienia przez rośliny niepożądane (rys. 23). Dzięki temu zabiegowi możliwa była rejestracja tempa inwazji chwastów w stosunku do roślin celowych

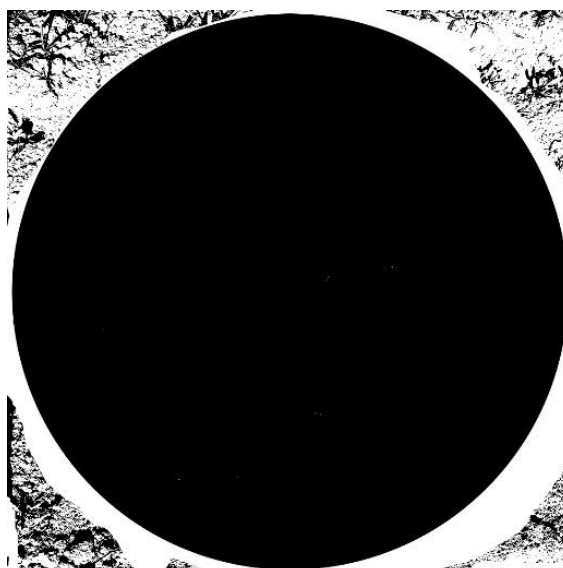
bez bezpośredniej fizycznej ingerencji w uprawę. Operacja ta pozwoliła na dokładne porównanie tempa i poziomu zachwaszczenia poletek poddanych zabiegom termicznym jak również próbie kontrolnej (na której nie stosowano żadnych zabiegów odchwaszczających).



Rysunek 23. Proces obróbki fotografii zachwaszczenia

Źródło: opracowanie własne

Kalibracja programu polega na porównaniu rzeczywistego wymiaru obiektu przedstawionego na fotografii ze znaną liczbą pikseli w przeliczeniu na powierzchnię, który stanowił wzorzec kalibracyjny (rys 24).



Rysunek 24. Wzorzec kalibracyjny

Źródło: opracowanie własne

4.1.10. Analiza fotometryczna plonu

Pobrano materiał badawczy (korzenie marchwi oraz buraka ćwikłowego) został podzielony na pojedyncze odizolowane od siebie pojemniki oraz oznaczony w sposób umożliwiający identyfikację według konkretnej założonej kategorii kombinacji doświadczenia (rys. 25). Bezpośrednio przed przystąpieniem do przeprowadzenia badań cały materiał został poddany myciu pod bieżącym strumieniem wody (temperatura wody 16⁰ C) wykorzystując jednocześnie szczotkę o miękkim włosiu w celu wykluczenia mechanicznego uszkodzenia badanych warzyw. Próbkę została zważona na wadze elektronicznej WPE 600 (dokładność pomiarowa 0,1 g). Temperatura w pomieszczeniu podczas wykonywania pomiarów wynosiła 18±2⁰C przy wilgotności powietrza wynoszącej 50±2%.



Rysunek 25. Materiał przygotowany do badań w podziale na kategorie

Źródło: opracowanie własne

Każde pojedyncze warzywo zostało indywidualnie sfotografowane na stanowisku badawczym zaprojektowanym i wykonanym w Katedrze Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Podstaw Rolnictwa Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie (Kielbasa, 2005). Konstrukcja stanowiska to trzy niezależne elementy współpracujące ze sobą: stół z podświetlaną, krystaliczną szybą; aparat fotograficzny (Xsiami MI 5) oraz komputer. Celem takiej konstrukcji

instrumentu pomiarowego jest wywołanie cienia analizowanego obiektu który to rejestrowany jest przez aparat fotograficzny (rys 26). Następnym krokiem jest binaryzacja analizowanego zdjęcia oraz obróbka w programie „Bulwa” analogiczną metoda do pomiarów zachwaszczenia opisaną powyżej. Dzięki takiemu zabiegowi uzyskano bezinwazyjnie zestawienie pól powierzchni przekrojów danych warzyw oraz wymiarów gabarytowych takich jak długość i szerokość. Wszystkie te dane automatycznie zapisywane były w pamięci komputera.



Rysunek 26. Korzeń marchwi umieszczony na stole z podświetlaną szybą

Źródło: opracowanie własne

W celu wyliczenia współczynników sferyczności wykorzystano zależności 1,2 3 (patrz str. 40), natomiast wskaźnik wypełnienia gabarytowego wyliczono na podstawie zależności 3 (patrz str. 40).

4.1.11. Metodyka analizy mikrobiologicznej gleby

Gleba na której prowadzone było doświadczenie została przeanalizowana pod kątem mikrobiologicznym Eksperyment przeprowadzono dla następujących przedziałów głębokości mikrofalowej gleby:

-od 0 do 0,05 m

-od 0,05 do 0,1 m.

W obrębie przyjętych przedziałów głębokości (0,05m oraz 0,1m) profilu glebowego wykonano mikrobiologiczne oznaczenia liczebności wybranych grup drobnoustrojów. Próbki pobierane

były za pomocą jałowego noża mikrobiologicznego z wierzchniej warstwy gleby bezpośrednio do sterylnych szklanych kolbek. Liczebność drobnoustrojów została przeprowadzona standardową metodą płytkową kolejnych rozcieńczeń. Metoda ta obejmowała określenie ogólnej liczby bakterii (formy przetrwalnikowe oraz wegetatywne) oraz promieniowców i grzybów. Po okresie inkubacji właściwym dla poszczególnych grup organizmów wykonany został odczyt analizy ilościowej:

-bakterie: podłoże TSA, 24 h w temperaturze 37°C;

-promieniowce: podłoże Gausa, 72 h w temperaturze 28°C

-grzyby: agar brzeczkowy, 96 h w temperaturze 28°C

Na określonych podłożach mikrobiologicznych umieszczonych na płytkach Petriego wyrosły jednostki tworzące kolonie (jtk) których liczbę oznaczono.

4.2. Metodyka wyznaczenia nakładów energetycznych

Energochłonność produkcji określono wykorzystując metodę energochłonności skumulowanej, gdzie za Pawlakiem (1989) i Wójcickim (2000) przyjęto wartości ekwiwalentne energochłonności które przedstawione w tab. 3:

Tabela 3
Jednostki energochłonności skumulowanej w produkcji rolniczej

Grupa środków produkcji	Rodzaj środków produkcji	Jednostka odniesienia wskaźnika	Wskaźnik energochłonności skumulowanej [MJ]
Bezpośrednie nośniki energii	Olej napędowy	1 kg	48
	Nawozy mineralne	1 kg	55
Materiał i surowce	Środki ochrony (sub. aktywna)	1 kg	300
	Obornik	1 kg	0,2
	Sadzeniaki	1 kg	2,5
	Rozsada warzyw	100 szt.	1,5
	Ziarno siewne	1 kg	7,5
	Nasiona	1 kg	30
	Środki inwestycyjne	Maszyny i ciągniki	1 kg
Części zamienne do nap.		1 kg	80
Budynki		1 m ² ·rok ⁻¹	100
Wiaty		1 m ² ·rok ⁻¹	25
Praca	Ludzie	1 rbh	42

Źródło: Pawlak, 1989, Wójcicki 2000

Na energochłonność odchwaszczania plantacji w doświadczeniu składają się następujące strumienie energii:

- energia pochodząca z nośników energii: gaz, energia elektryczna, olej napędowy
- energia zawarta w maszynach i urządzeniach
- energia stanowiąca ekwiwalent pracy żywej.

Energię skumulowaną w maszynach i urządzeniach podzielono na elementarne składowe i obliczono z następujących zależności:

Energochłonność inwestycyjna związana z użytkowaniem maszyn i urządzeń (E_m) (wg IBMER Anuszewski, Pawlak 1979, Wójcicki 2002);

$$E_m = \frac{m \cdot w}{T_1 \cdot W_{07}} [MJ \cdot ha^{-1}] \quad (5)$$

gdzie;

m – masa ciągnika (maszyny) [kg],

w - wskaźnik energochłonności skumulowanej dla maszyn i ciągników
[MJ·kg⁻¹],

T₁ – czas normatywny [h·rok⁻¹]

W₀₇ – wydajność eksploatacyjna agregatu [ha·h⁻¹]

Energia pochodząca z bezpośrednich nośników energii [E_n]:

$$E_n = m \cdot x_n [MJ \cdot h^{-1}] \quad (6)$$

gdzie :

m – zużycie nośników energii [kg], [kWh]

x_n – wskaźnik energochłonności skumulowanej dla nośnika energii
[MJ·kg⁻¹], [MJ·kWh⁻¹]

Energia stanowiąca ekwiwalent pracy żywej (E_p):

$$E_p = i \cdot x_{rbh} [MJ] \quad (7)$$

gdzie:

i₁ – liczba godzin robocizny osób zatrudnionych w procesie produkcyjnym

x_{rbh} - wskaźnik energii skumulowanej w robociznie – 42MJ·rbh⁻¹

Końcową energochłonność skumulowaną (E) w produkcji rolniczej obliczono ze wzoru:

$$E = E_{im} + E_n + E_p \quad (8)$$

gdzie :

E_{im} - Energochłonność inwestycyjna związana z użytkowaniem maszyn i urządzeń [MJ],

E_n - Energia pochodząca z bezpośrednich nośników energii [MJ],

E_p - Energia stanowiąca ekwiwalent pracy żywej [MJ],

Efektom wszystkich prowadzonych pomiarów było opracowanie macierzy wyników. Macierz ta składała się między innymi z parametrów jak:

- powierzchnia zachwaszczenia w poszczególnych terminach pomiaru;
- nakład energetyczny na m^2 powierzchni uprawy;
- średni plon;
- energochłonność skumulowaną produkcji;
- oraz parametry pochodne i wtórne wyżej wymienionych

Łącznie tabela wynikowa składa się z ponad 40 kolumn oraz prawie 2 tys rekordów. Wymienione parametry określone były dla każdej kombinacji zabiegu termicznego, dla różnego systemu uprawy (uprawa zagonowa i redlinowa), dla każdej z trzech roślin oraz dla każdego z trzech sezonów badań.

4.3. Metodyka obliczeń statystycznych

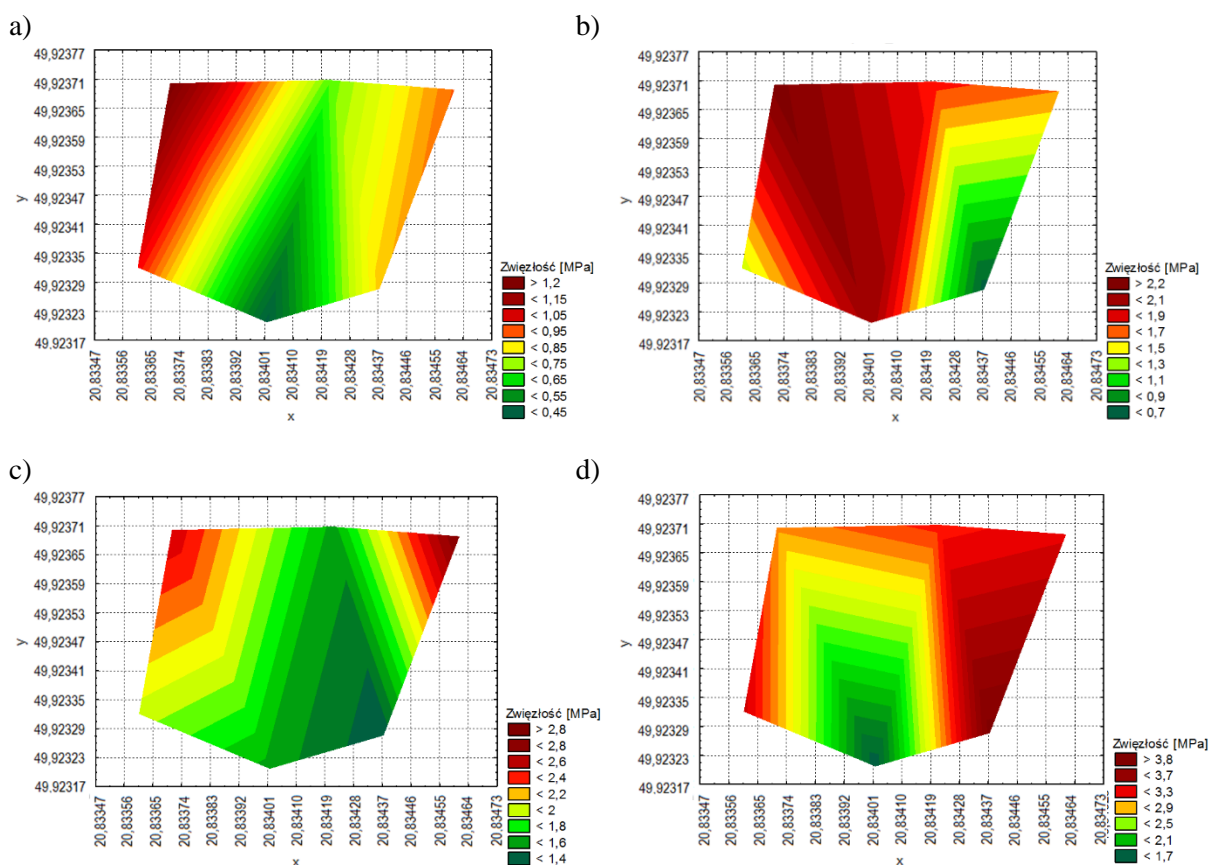
W celu potwierdzenia lub odrzucenia hipotezy o rozkładzie normalnym badanego parametru wyniki badań poddane zostały testowi Kołmogorowa-Smirnowa. Następnie wyliczono wybrane podstawowe statystyki opisowe [*PN-ISO 3534-1*] istotne ze względu na opisywane zjawiska (Namysłowska-Wilczyńska, 2006, Zawadzki, 2005). W przypadku analizy różnic pomiędzy wybranymi wartościami wykorzystano analizę wariancji z testem Duncana. Aby uzyskać z góry założoną dokładności wyników wyznaczono niezbędną liczbę powtórzeń pomiaru danego parametru w obrębie danej próby (Greń 1982). Natomiast w badaniach laboratoryjnych liczebność próby uwarunkowana była dodatkowo krótkim czasem trwania eksperymentu wymagającego stałych warunków środowiska zewnętrznego tj. temperatury $18^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ i wilgotności powietrza $50\% \pm 2\%$ oraz zachowania niezmiennych właściwości powierzchniowych badanych obiektów. Wielkość próby w tego typu badaniach wynosiła 30 sztuk (Campbella, 1982, Budyn, 1993, Marks, 1986). Założony poziom istotności w przypadku całego wnioskowania statystycznego wynosił $\alpha=0,05$. Do obliczeń wykorzystano pakiet statystyczny Statistica 13 oraz MS Office Excel (Analysis ToolPak-VBA).

5. Wyniki badań

5.1. Wybrane właściwości gleby

5.1.1. Zwięzłość gleby

Zwięzłość gleby ma kluczowy wpływ na system korzeniowy roślin oraz dostęp do składników odżywczych a także wody w glebie. W przypadku prowadzonego doświadczenia zmierzono zwięzłość dla poszczególnych głębokości profilu glebowego a następnie dokonano aproksymacji przestrzennej która pozwoliła określić zróżnicowanie zwięzłości gleby w obrębie badanego poligonu doświadczalnego. Wszystkie parametry glebowe oznaczane były dla czterech poziomów głębokości tj.: 0,05 m; 0,15 m; 0,25 m oraz 0,35 m. Pole doświadczalne uprawiane było w systemie tradycyjnym, czyli opartym na orce zimowej. Orka wykonywana była na głębokość do 0,25 m bez pogłębiaczy, nigdy nie był przeprowadzany również zabieg głęboszowania. Na rysunku 27a, 27b, 27c, 27d przedstawiono przestrzenne zróżnicowanie zwięzłości gleby w obrębie analizowanych poligonów doświadczalnych dla w/w głębokości profilu glebowego, łącznie dla wszystkich lat doświadczeń.



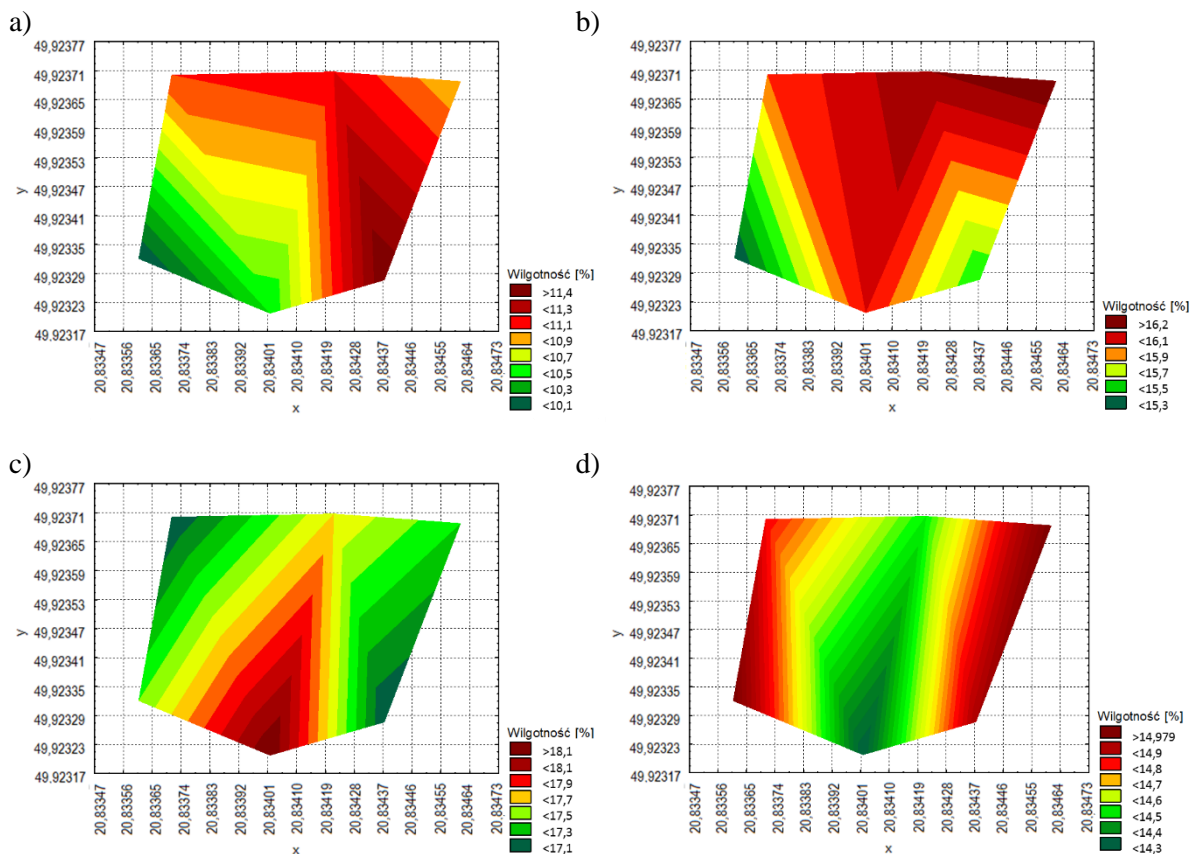
Rysunek 27. Przestrzenny rozkład zwięzłości gleby na różnych głębokościach: a) 0,05 m, b) 0,15 m, c) 0,25 m, d) 0,35 m

Źródło: opracowanie własne

Najwyższe wartości zwięzłości gleby przekraczające 3 MPa odnotowywane były w północno-wschodniej części poligonu badawczego (rys. 4c) Należy zaznaczyć, że różnicowanie w wartości zwięzłości gleby w obrębie poligonu doświadczalnego nie przekraczało 1 Mpa a wartości maksymalne i minimalne miały charakter incydentalny. Niewielkie zróżnicowanie zwięzłości gleby eliminowało jej wpływ na wyniki ilościowe i jakościowe plonu. Maksymalne odnotowane wartości zwięzłości gleby nie przekraczały wartości determinujących wzrost i rozwój systemu korzeniowego roślin. Krytyczna gęstość gleby według Pbina i in. (1999), która mogłaby wpłynąć na zahamowanie wzrostu korzeni siewek grochu w doświadczeniu które przeprowadził wynosiła 3 MPa. Podobne wnioski sformułował w 2000 roku Dexter i in. określając wartość 2,5 MPa jako graniczną przy której następuje zahamowanie wzrostu korzeni roślin. Inni autorzy tacy jak Gliński i in. [1990] oraz Taylor i in. [1991] określają przedział zwięzłości gleby pomiędzy 2 MPa do 3 MPa jako krytyczny dla rozwoju roślin.

5.1.2. Wilgotność gleby

Na rysunku 28a, 28b, 28c, 28d przedstawiono przestrzenny rozkład wilgotności gleby w obrębie poligonu doświadczalnego. Podobnie jak w przypadku zwięzłości gleby obszar północno zachodni charakteryzował się nieznacznie niższą w tym przypadku wilgotnością w stosunku do pozostałej część pola.



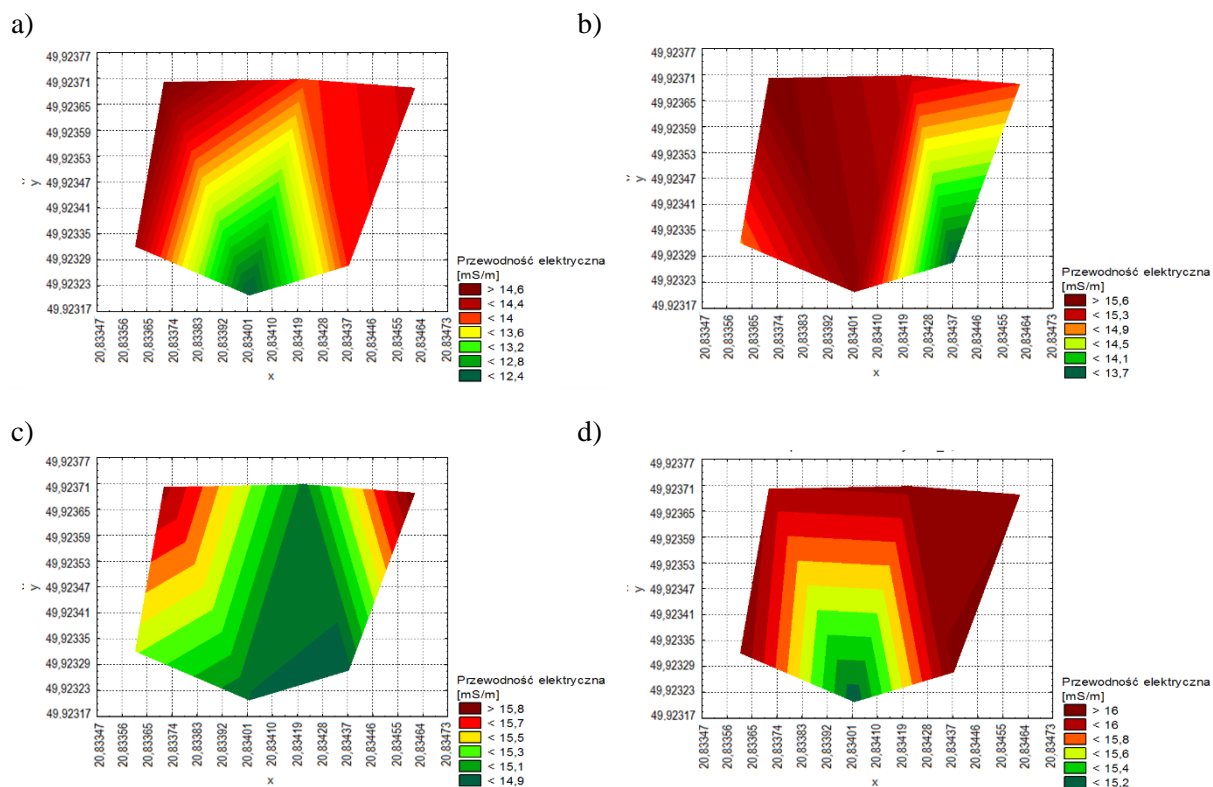
Rysunek 28. Przestrzenny rozkład poziomy wilgotności gleby na różnych głębokościach: a) 0,05 m, b) 0,15 m, c) 0,25 m, d) 0,35 m

Źródło: opracowanie własne

Zaobserwowane różnice były minimalne ponieważ nie przekraczały 1 punktu procentowego. Tak małe różnice wilgotności nie mają wpływu na różnice jakościowo-ilościowe plonu, czy też zróżnicowanie skuteczności wykorzystania termicznych metod niszczenia chwastów. Równomierna wilgotność była niezwykle istotnym czynnikiem szczególnie w przypadku zastosowania promieniowania mikrofalowego jako czynnika generującego zjawisko termiczne.

5.1.3. Przewodność elektryczna

Oprócz podstawowych parametrów fizycznych takich jak zwięzłość, czy wilgotność przeanalizowano przewodność elektryczną gleby. Czynniki wpływającymi na przewodność elektryczną gleby są między innymi zawartość wody w glebie, temperatura, zasolenie czy też zawartość próchnicy. Na rysunkach 29a, 29b, 29c, oraz 29d przedstawiono przestrzenny rozkład przewodności elektrycznej gleby dla wyszczególnionych w doświadczeniu głębokości gleby.



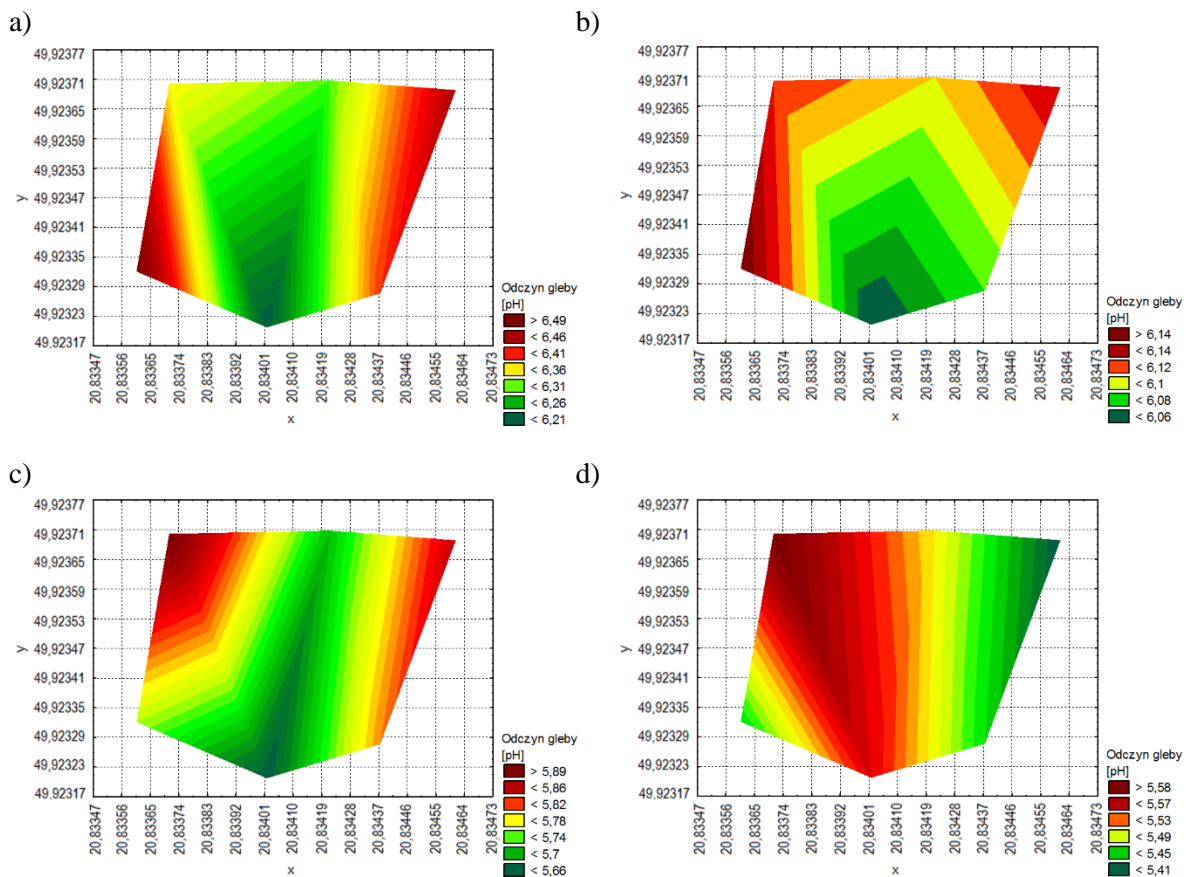
Rysunek 29. Przestrzenny rozkład przewodności elektrycznej gleby na różnych głębokościach: a) 0,05 m, b) 0,15 m, c) 0,25m, d) 0,35m

Źródło: opracowanie własne

Otrzymane wyniki przewodności elektrycznej gleby badanego pola różniły się nieznacznie, bo od około $0,8 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$ (miliSiemens · metr⁻¹) dla warstwy najgłębszej (0,35 m) do około $2 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$ dla warstwy najpłytszej (0,05 m). Należy zaznaczyć, że najniższe wartości przewodności elektrycznej gleby odnotowywane były w południowo środkowej części pola a najwyższe w wschodniej i zachodniej części poligonu doświadczalnego z różną intensywnością w zależności o głębokości profilu glebowego.

5.1.4. Odczyn gleby

Odnotowano, że odczyn gleby profilu glebowego w obrębie poligonu doświadczalnego był na przeważającym obszarze klasyfikowany jako lekko kwaśny, a bliski obojętnemu – szczególnie w górnej warstwie profilu glebowego (rys. 30a, 30b, 30c, 30d).



Rysunek 30. Przestrzenny rozkład odczynu gleby na różnych głębokościach: a) 0,05 m, b) 0,15 m, c) 0,25 m, d) 0,35 m

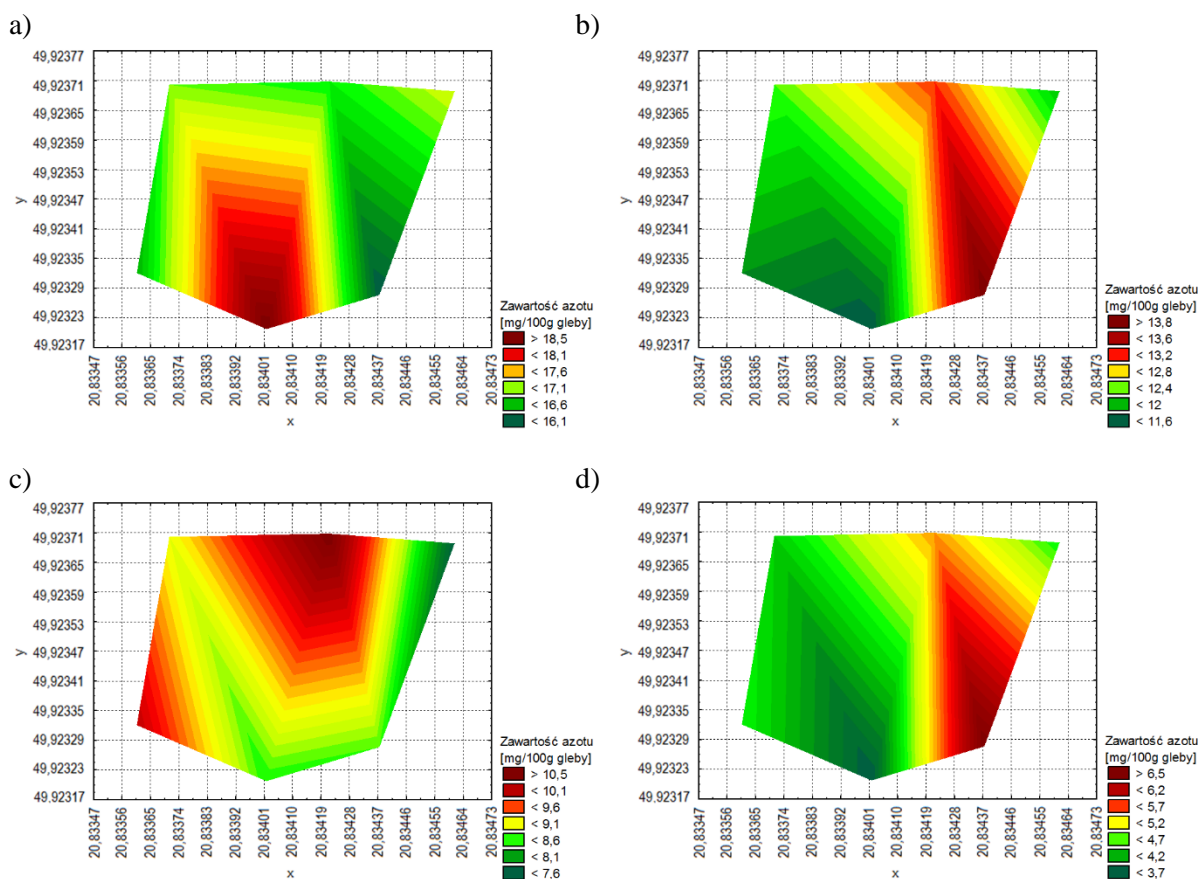
Źródło: opracowanie własne

Stwierdzono, że wartość pH spadała wraz ze wzrostem głębokości profilu glebowego osiągając wartości skrajne na głębokości profilu gleby wynoszącego 0,35 m wartość pH wynoszącą 5,4. Stwierdzono, że odczyn gleby charakteryzował się bardzo małą zmiennością nie przekraczającą 0,3 pH. Wartość pH w górnych warstwach gleby (do 0,15 m) odpowiadała sprzyjającemu pH do uprawy roślin warzywniczych takich jak marchew czy też burak ćwikłowy. Zebrane wyniki potwierdziły możliwość uprawy warzyw bez konieczności wapnowania pola.

5.1.5. Zawartość substancji odżywczych w glebie

Czynnikiem istotnie warunkującym plony w uprawie danej rośliny jest zawartość substancji odżywczych w glebie. Przestrzenne zróżnicowanie zasobności gleby w NPK oraz zawartość magnezu może mieć odzwierciedlenie w parametrach ilościowych oraz jakościowych plonu. Ze względu na charakter badań oraz ich cel, którym nie było zmaksymalizowanie plonu z jednostki powierzchni a porównanie wpływu termicznych metod niszczenia chwastów na jakość oraz wielkość plonu względem poszczególnych kombinacji, na

polu doświadczalnym nie stosowano dodatkowego nawożenia. Należy zaznaczyć, że zidentyfikowana zasobność gleby oraz jej przestrzenna zmienność były wynikiem zmianowania i wcześniejszej wieloletniej uprawy gleby. Na rysunkach 31a ,31b, 31c, 31d przedstawiono przestrzenny rozkład zasobności poszczególnych warstw profilu glebowego w azot.



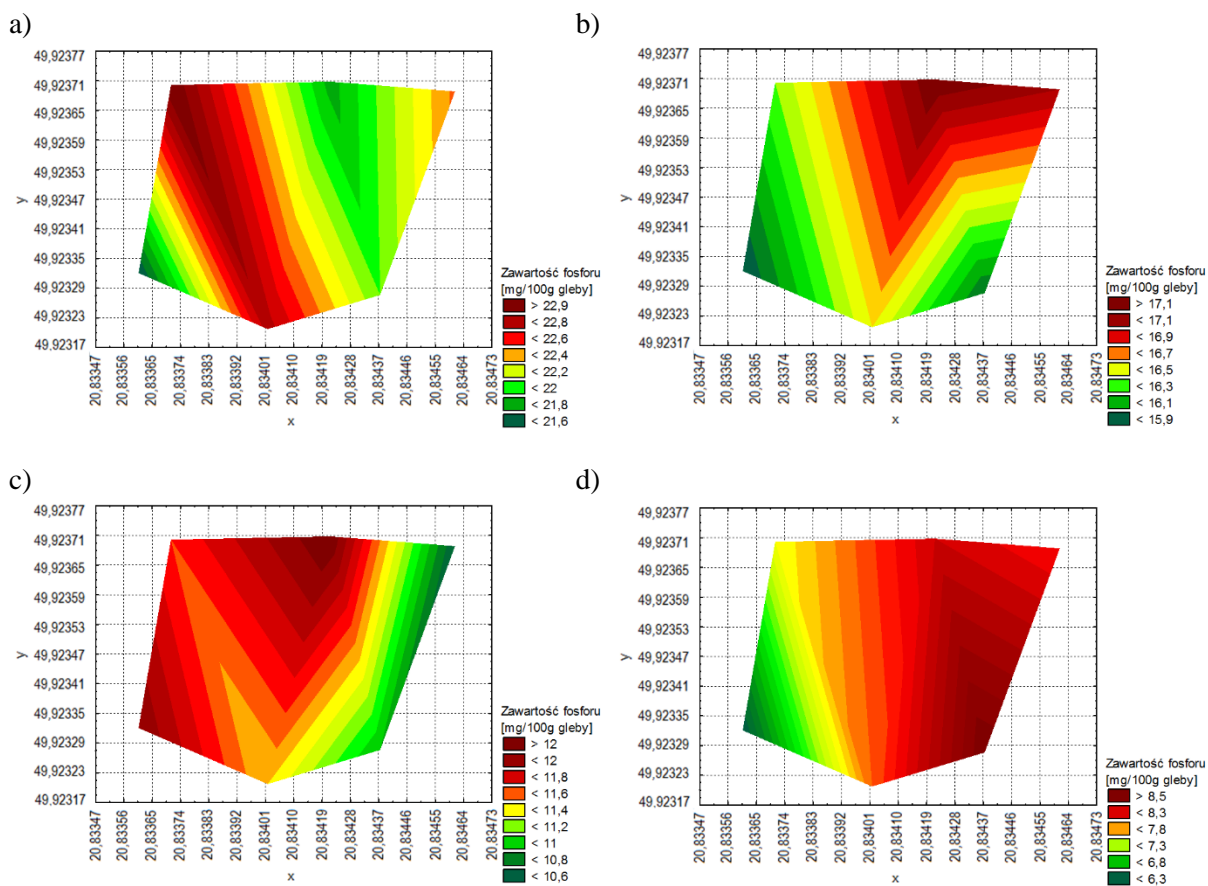
Rysunek 31. Przestrzenny rozkład zawartości azotu NO₃ w glebie na różnych głębokościach: a) 0,05 m, b) 0,15 m, c) 0,25m, d) 0,35m

Źródło: opracowanie własne

Poziom zawartości azotu w glebie jest zmienny i niestabilny, ale w przypadku zróżnicowania przestrzennego na polu doświadczalnym nie wykazano dużych różnic. Różnice w zawartości tego składnika na różnych poziomach profilu glebowego wahały się od 1,8 mg/100g gleby na głębokości do 0,25 m do 2,1 mg/100g gleby na głębokości profilu glebowego wynoszącego 0,35m. Największe odchylenia od średniej odnotowano na krańcowych obszarach pola.

Zawartość fosforu w glebie wpływa na wiele aspektów związanych z rozwojem roślin takich jak rozwój korzenia, zawiązywanie nasion na czy też proces dojrzewania [Mengel i Kirkby, 1982], jego niedobór obniża wielkość i jakość plonu. Rośliny korzystają jedynie z postaci jonowej fosforu który jest dla nich w tej formie przyswajalny. Zmienność w rozkładzie zawartości jonów fosforu na poligonie doświadczalnym nie przekraczała 10% wartości

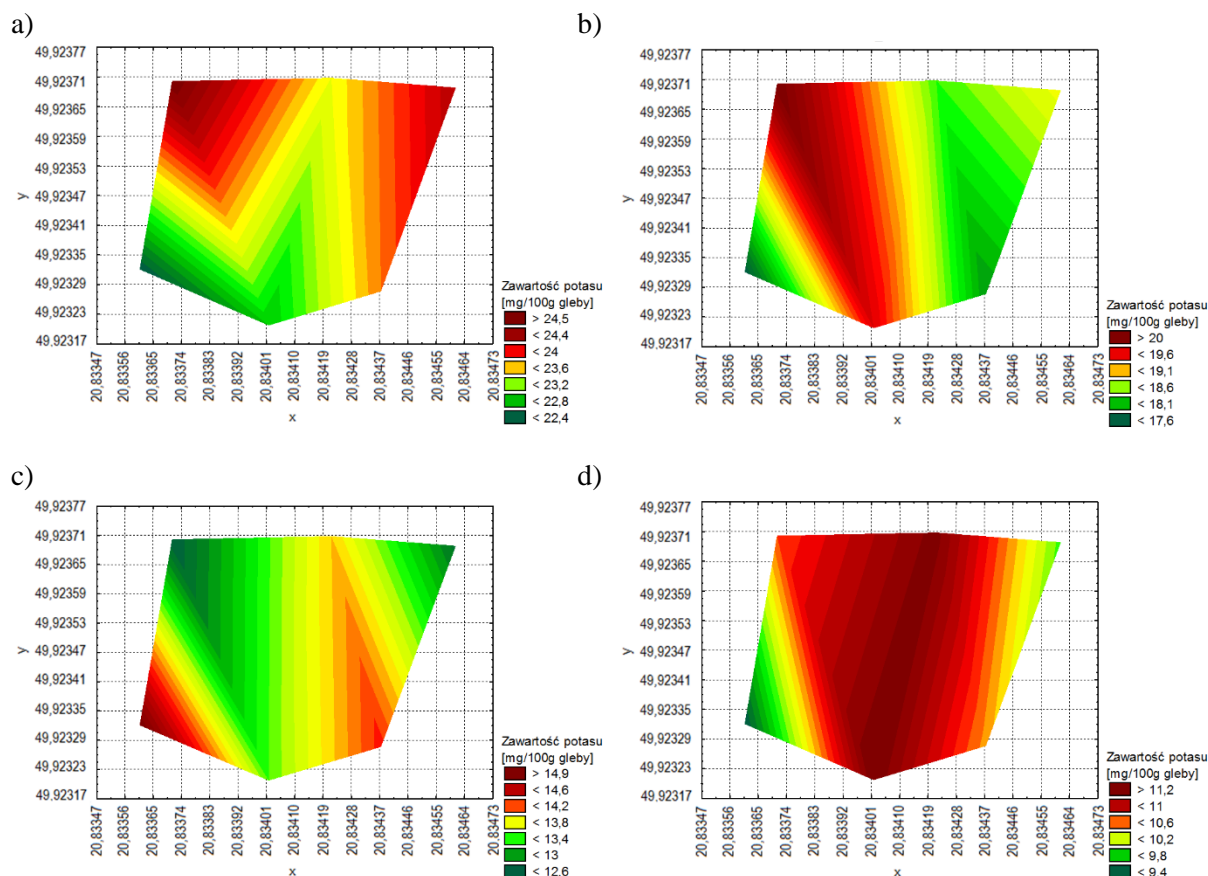
maksymalnych odnotowanych wyników. Podobnie jak w przypadku wcześniej analizowanych parametrów wartości najniższe odnotowane zostały na krańcu północno zachodniej części pola doświadczalnego co przedstawiono na rysunkach 32a, 32b, 32c, 32d.



Rysunek 32. Przestrzenny rozkład zawartości fosforu P₂O₅ w glebie na różnych głębokościach: a) 0,05 m, b) 0,15 m, c) 0,25m, d) 0,35m

Źródło: opracowanie własne

Potas istotnie wpływa na gospodarkę wodną roślin poprzez aktywację enzymów udział w procesie transportu asymilantów jak również fotosyntezie. Odpowiada również za wrażliwość rośliny na stres wodny związany z suszą. Zawartość oraz rozkład potasu na analizowanym terenie nie odbiegała od normy średniej zawartości potasu w glebie [gios.gov.pl]. Wahania zawartości mieściły się w przedziale do 2 mg/100g gleby przy zawartości na poziomie 22-24 mg/100g gleby (rys. 33a, 33b, 33c, 33d).

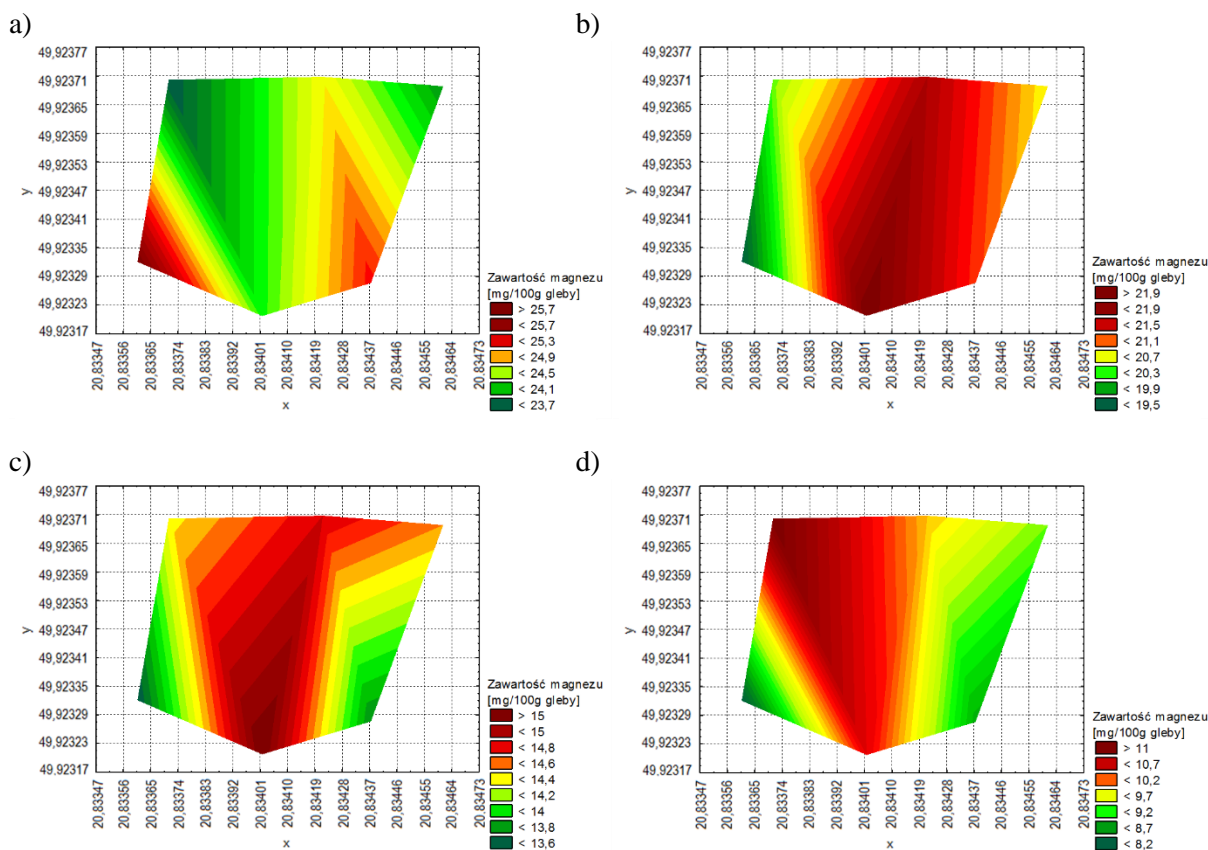


Rysunek 33. Przestrzenny rozkład zawartości potasu K₂O w glebie na różnych głębokościach: a) 0,05 m, b) 0,15 m, c) 0,25 m, d) 0,35 m

Źródło: opracowanie własne

Te niewielkie różnice mogły być spowodowane różnicami w przedplonie na różnych częściach pola oraz tendencją do wymywania potasu z gleby.

Magnez ze względu na obecność w cząsteczce chlorofilu ma istotny wpływ na proces fotosyntezy. Kolejnym zadaniem za które odpowiada jest regulacja gospodarki azotem oraz aktywacja enzymów. Jego zawartość wpływa znacząco na jakość produktu końcowego z punktu widzenia wartości żywieniowej. Ponadprzeciętna zawartość magnezu jest cechą charakterystyczną gleb obszaru na którym prowadzone było doświadczenie. Zróżnicowanie zawartości na powierzchni analizowanego poligonu było bardzo małe, na większości obszaru nie przekraczające 1 mg/100g gleby (rys. 34a, 34b, 34c, 34d).



Rysunek 34. Przestrzenny rozkład zawartości magnezu w glebie na różnych głębokościach: a) 0,05 m, b) 0,15 m, c) 0,25m, d) 0,35m

Źródło: opracowanie własne

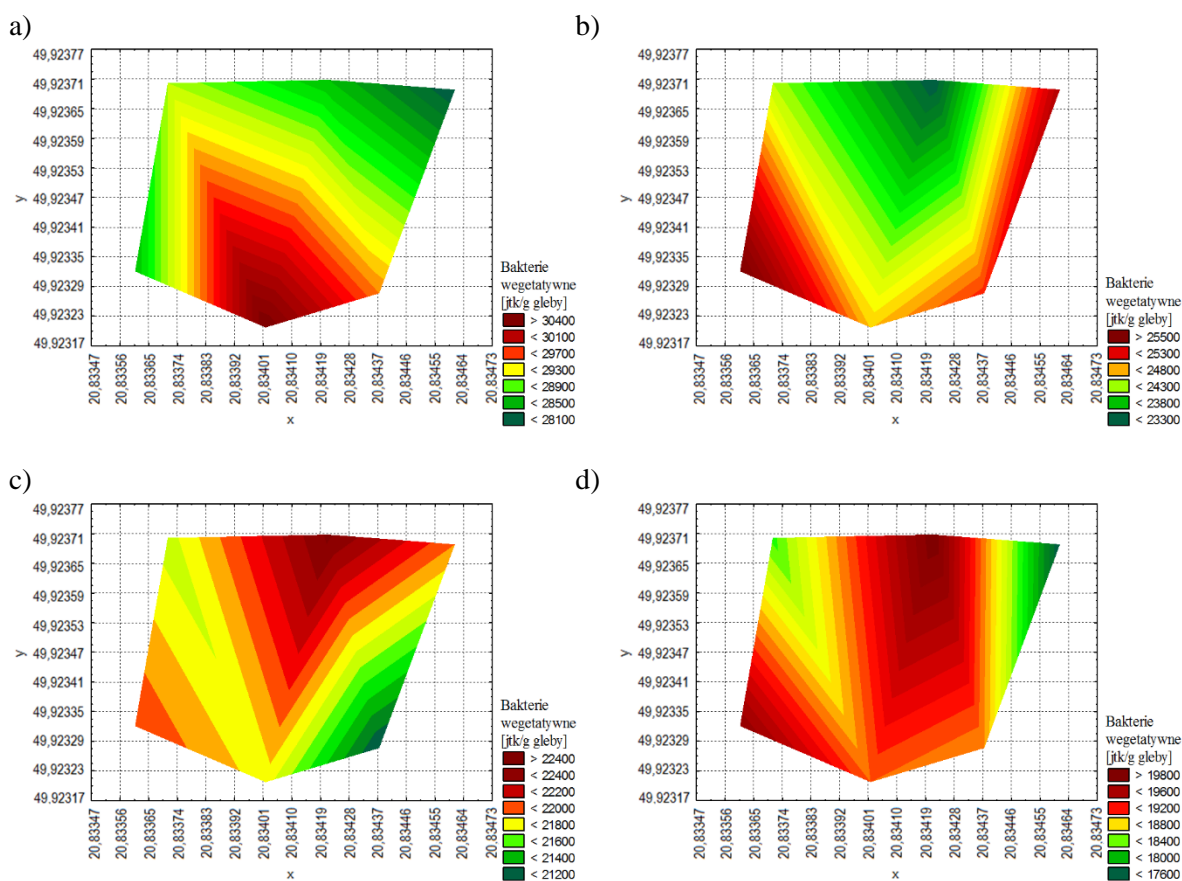
Tak małe różnice przy dużej zawartości bezwzględnej tego składnika nie wpływały w żaden sposób na efekt końcowy uprawy czyli jakość i wielkość plonu a szczególnie jego zróżnicowanie w obrębie powierzchni na której uprawiane były rośliny.

5.1.6. Mikrobiologia gleby

Mikrobiom glebowy czyli pula mikroorganizmów występujących w glebie stanowi istotny element wpływający na jakość i wielkość plonu roślin uprawianych na danym terenie. Jego skład jakościowy (gatunkowy) oraz ilościowy (procentowy) jest zmienny w czasie i zależy od takich czynników jak wpływ zjawisk atmosferycznych, stosowane środki ochrony roślin oraz nawozy aplikacje biostymulatorów itp. Ze względu na złożoność składu mikrobiomu gleba jest jednym z najbardziej skomplikowanych środowisk naturalnych będącym miejscem rozwoju drobnoustrojów. Procentowy udział drobnoustrojów glebowy to 0,2% jej ciężaru co stanowi aż 1,33% jej objętości. Większość mikroorganizmów glebowych (grzybów, bakterii, promieniowców) pełni pozytywną rolę w środowisku występowania poprzez tworzenie struktury gleby, rozkład materii organicznej, uruchamianie nieprzyswajalnej formy

pierwiastków czy też detoksykację gleby. Niektóre z nich produkują metabolity wtórne (antybiotyki, wodorocyjanki) czy też wydzielają enzymy i hormony wspomagające wzrost roślin.

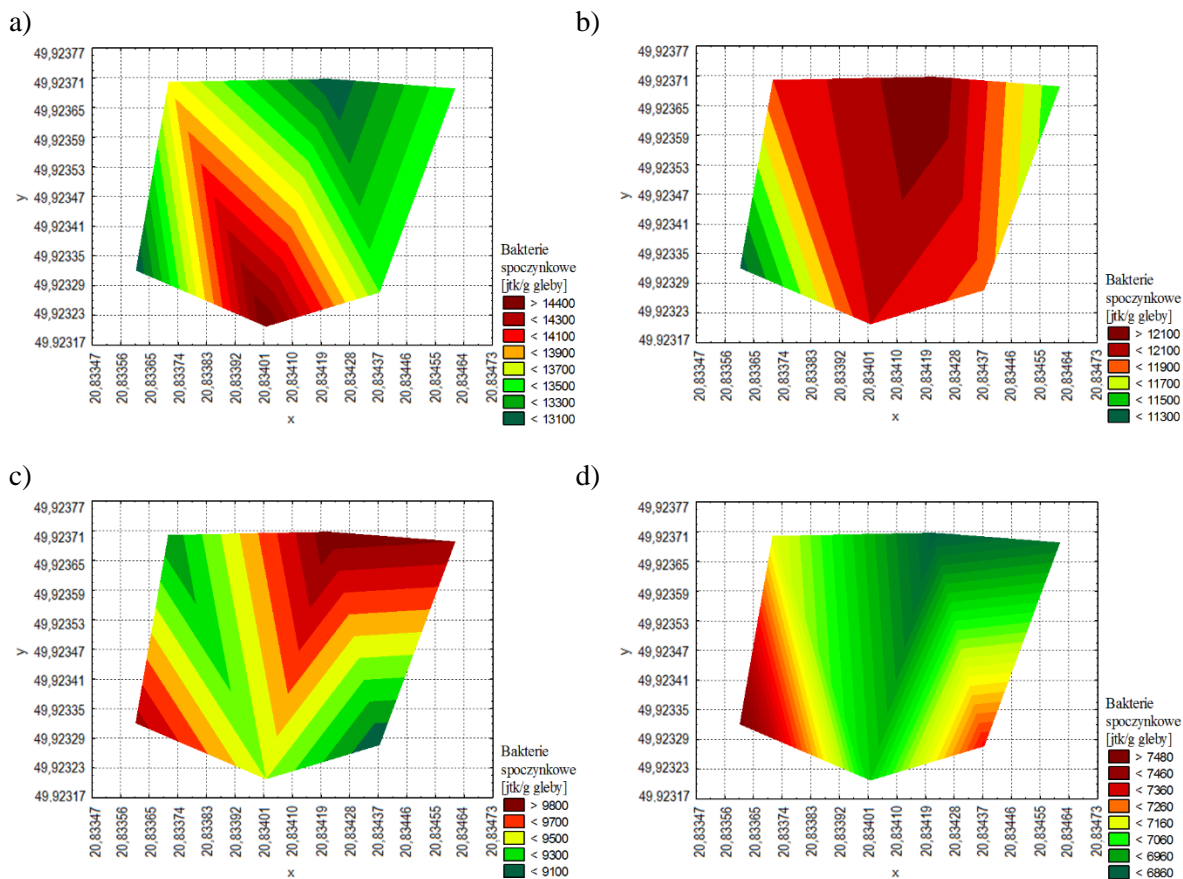
Na analizowanym terenie zaobserwowano małe zróżnicowanie liczby jednostek tworzących kolonie (jtk) na danych poziomach głębokości pobranej próbki. W przypadku bakterii vegetatywnych (rysunek 35a, 35b, 35c, 35d) różnica pomiędzy skrajnymi wartościami nie przekraczała 10% wartości maksymalnej.



Rysunek 35. Przestrzenny rozkład liczebności kolonii bakterii vegetatywnych w glebie na różnych głębokościach: a) 0,05 m, b) 0,15 m, c) 0,25 m, d) 0,35 m

Źródło: opracowanie własne

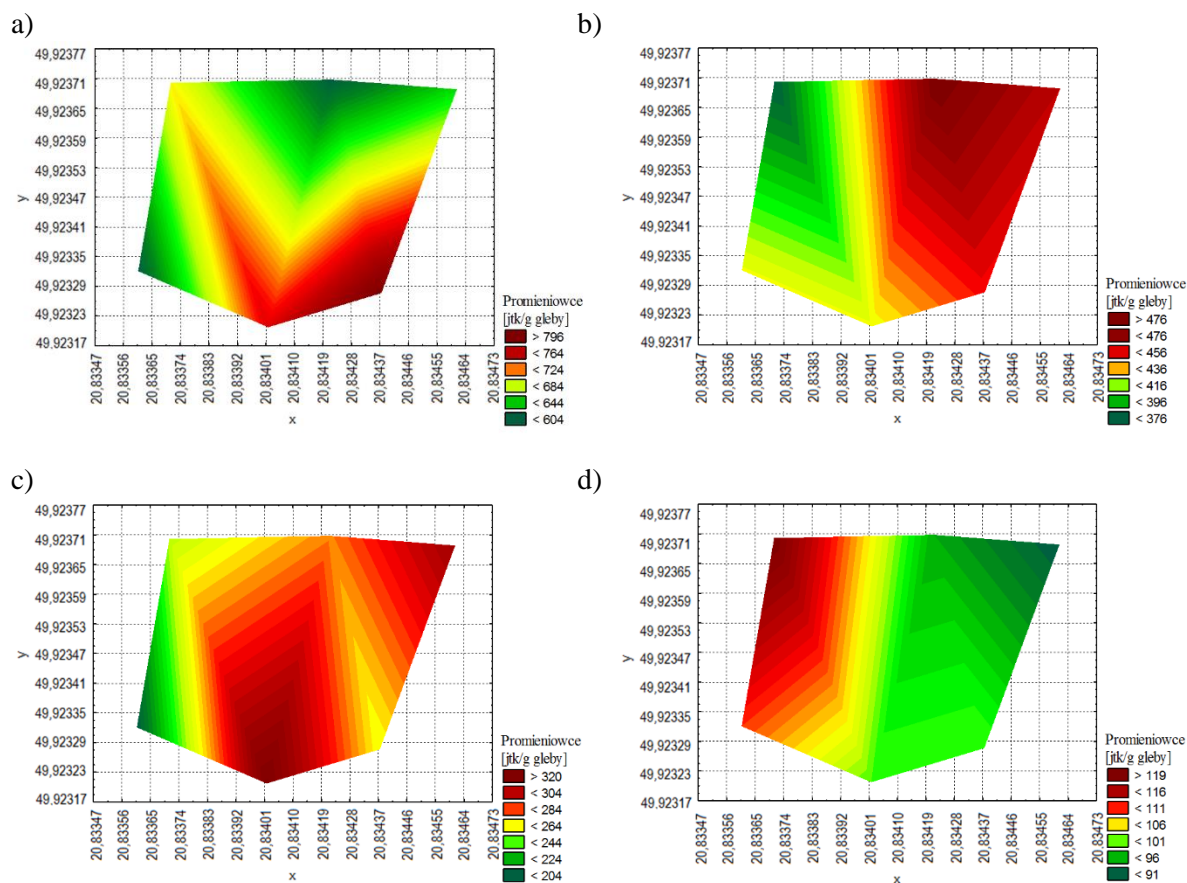
Wyraźnie obserwowana jest tendencja spadku liczebności jtk wraz z głębokością pobieranej próbki. Spadki są bardziej równomierne dla bakterii vegetatywnych niż dla bakterii spoczynkowych których populacja wyraźnie spada podczas pomiaru na głębokości 0,35 m (rys. 36a, 36b, 36c, 36d)



Rysunek 36. Przestrzenny rozkład liczebności kolonii bakterii spoczynkowych w glebie na różnych głębokościach: a) 0,05 m, b) 0,15 m, c) 0,25m, d) 0,35m

Źródło: opracowanie własne

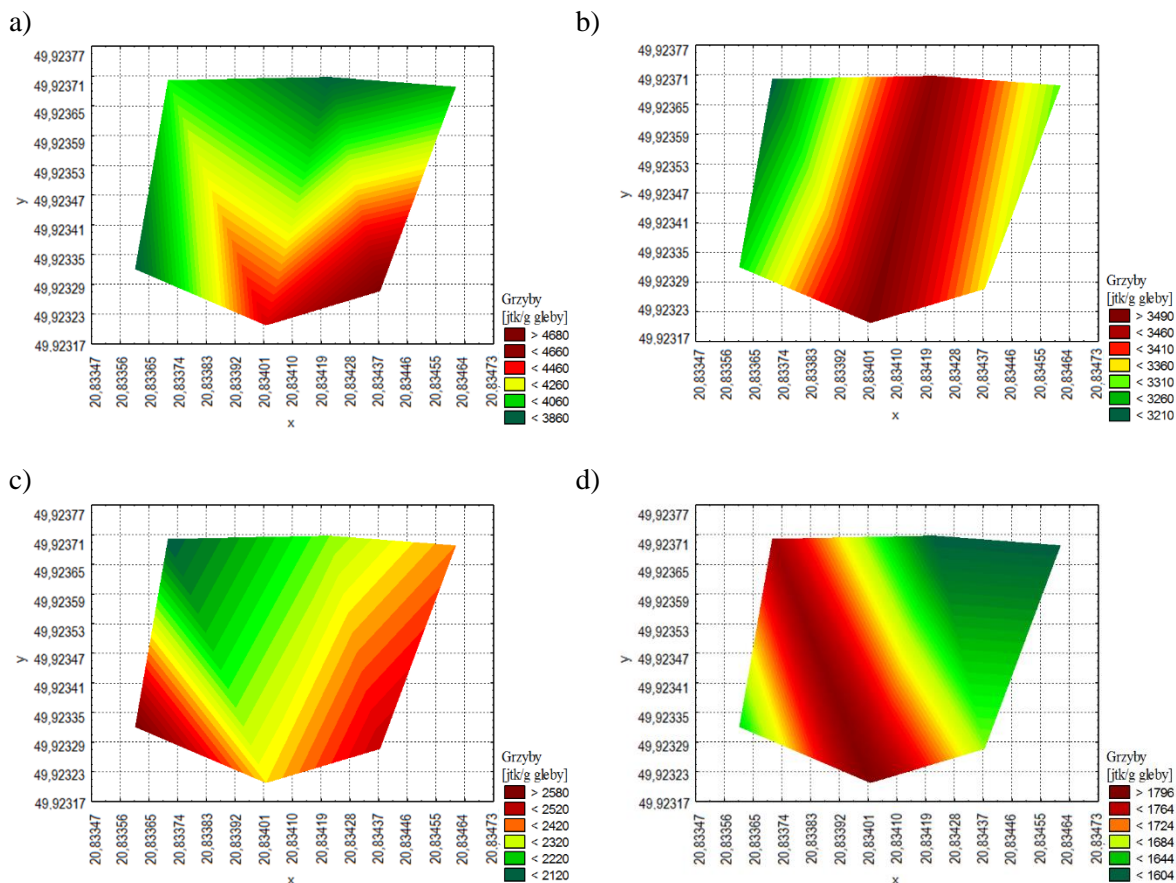
Wyraźną tendencję spadkową liczebności jednostek tworzących kolonie wraz ze wzrostem głębokości zaobserwowano w przypadku promieniowców (rys. 37a, 37b, 37c, 37d). Jednocześnie ze względu na najliczniejsze występowanie w warstwie najpłytszej gleby wszelkie zabiegi agrotechniczne mogą powodować zróżnicowanie przestrzenne wynikające z ruchu mas gleby i przemieszczania materii w płaszczyźnie jej profilu. Tego typu zróżnicowanie odnotowywano przede wszystkim w warstwach 0,05 m oraz 0,25 m, które sięgało 20%.



Rysunek 37. Przestrzenny rozkład liczebności kolonii promieniowców w glebie na różnych głębokościach: a) 0,05 m, b) 0,15 m, c) 0,25 m, d) 0,35 m

Źródło: opracowanie własne

Ostatnią z analizowanych grup mikrobiomu glebowego były grzyby. Rysunki 38a, 38b, 38c, 38d przedstawiają przestrzenny rozkład jednostek tworzących kolonie na różnych głębokościach. Podobnie jak w przypadku wcześniejszych wyników w najpłytszych warstwach (do 0,15 m) wyraźnie zaznacza się pas na północno zachodniej części pola w którym liczba odnotowanych jtk jest najmniejsza. Różnica pomiędzy wartościami skrajnymi nie przekracza jednak 15%.



Rysunek 38. Przestrzenny rozkład liczebności kolonii grzybów w glebie na różnych głębokościach: a) 0,05 m, b) 0,15 m, c) 0,25m, d) 0,35m

Źródło: opracowanie własne

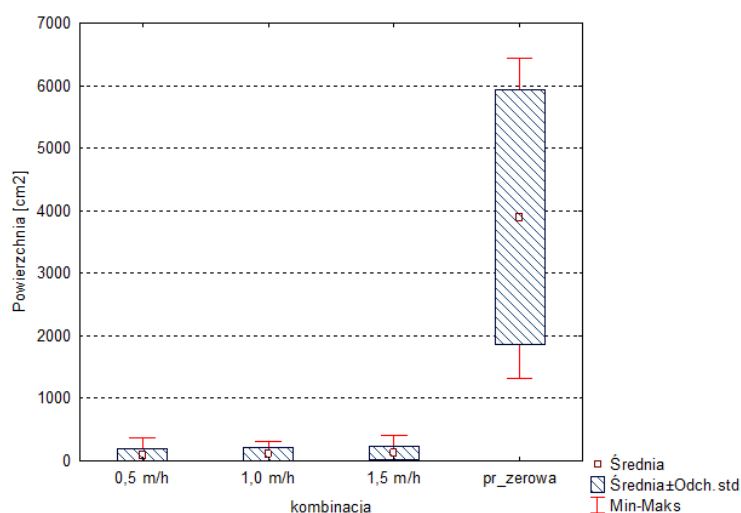
Podobnie do poprzednich parametrów gleby (zwięzłość, wilgotność itd.) zróżnicowanie intensywności występowania mikrobiomu glebowego jest nieduże, co nie będzie determinowało zróżnicowania wyników badań jakościowo-ilościowej struktury plonu.

5.2. Technologia z wykorzystaniem promieniowania mikrofalowego

5.2.1. Marchew – technologia zagonowa

Zabiegi termicznego ograniczania zachwaszczenie były przeprowadzone dla każdej z trzech roślin – marchew, burak ćwikłowy oraz ogórek w wariantach tj.: wariacie uprawy zagonowej oraz redlinowej przy wykorzystaniu dwóch technologii wykorzystujących: a) Termopielnik oraz b) samobieżny generator promieniowania mikrofalowego. Zabieg mikrofalowy wykonywany był przewidzianie w trzech wariantach dawki promieniowania regulowanej prędkością przemieszczania się urządzenia mikrofalowego po polu

Pierwszą kombinacją było zastosowanie metody mikrofalowej w zagonowej uprawie marchwi. Na rysunku 39 przedstawiono poziom zachwaszczenia pola po zabiegach mikrofalowej eliminacji chwastów dla każdej z zastosowanych prędkości oraz próbę zerową (pr_zerowa), gdzie tego zabiegu nie przeprowadzono. Zaobserwowano, że różnice w wielkości zachwaszczenia między poszczególnymi kombinacjami doświadczenia gdzie stosowano zabieg mikrofalowy są znikome i nie przekraczały 100 cm² powierzchni chwastów na każdy 1 m² powierzchni poletka doświadczalnego. Średnia wartość powierzchni liści chwastów była wielokrotnie mniejsza niż powierzchnia chwastów odnotowanych w próbie zerowej gdzie wynosiła ok 4000 cm²·m⁻². Zmienność poziomu zachwaszczenia po oddziaływaniu promieniowaniem mikrofalowym jest nieznaczna bez względu na prędkość prowadzenia zabiegu a tym samym dostarczoną energię.

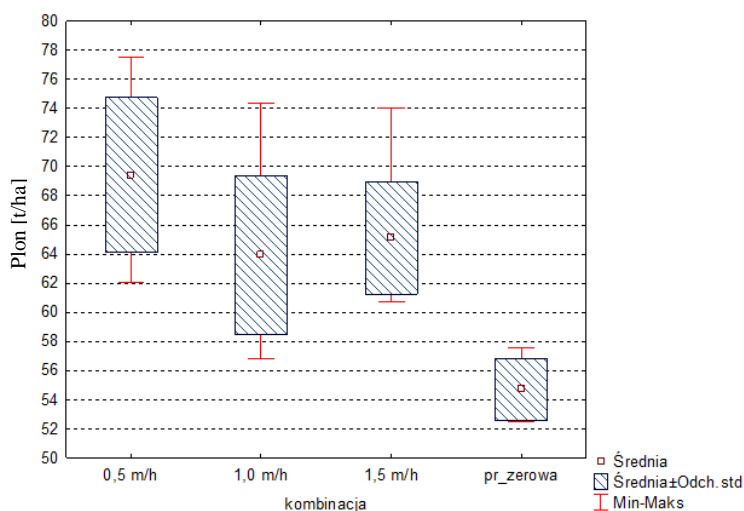


Rysunek 39. Powierzchnia chwastów na poletku doświadczalnym dla kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego w uprawie zagonowej marchwi

Źródło: opracowanie własne

Należy zaznaczyć, że poziom zachwaszczenia szczególnie w fazie początkowej wzrostu roślin ma kluczowe znaczenie na wielkość plonu końcowego rośliny. Najniższy średni plon marchwi gdzie stosowano zabieg mikrofalowy odnotowano przy prędkości roboczej

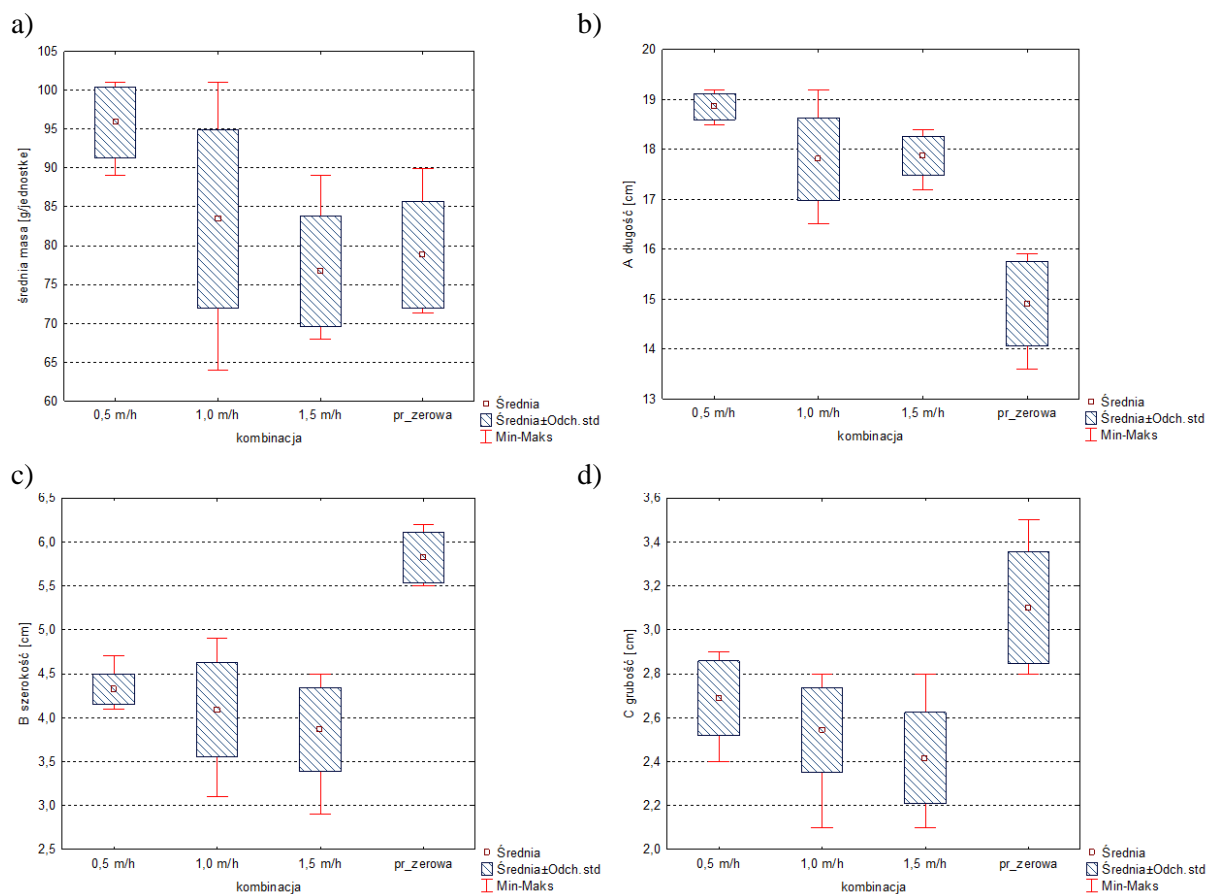
urządzenia mikrofalowego wynoszącej $1 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$ (rys. 40). Warto podkreślić, że plon próby zerowej wynoszący ok $55 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ był o $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ niższy w stosunku do najniższego odnotowanego plonu na poletku, gdzie stosowano promieniowanie mikrofalowe.



Rysunek 40. Plon marchwi w zależności od rodzaju kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego w uprawie zagonowej marchwi

Źródło: opracowanie własne

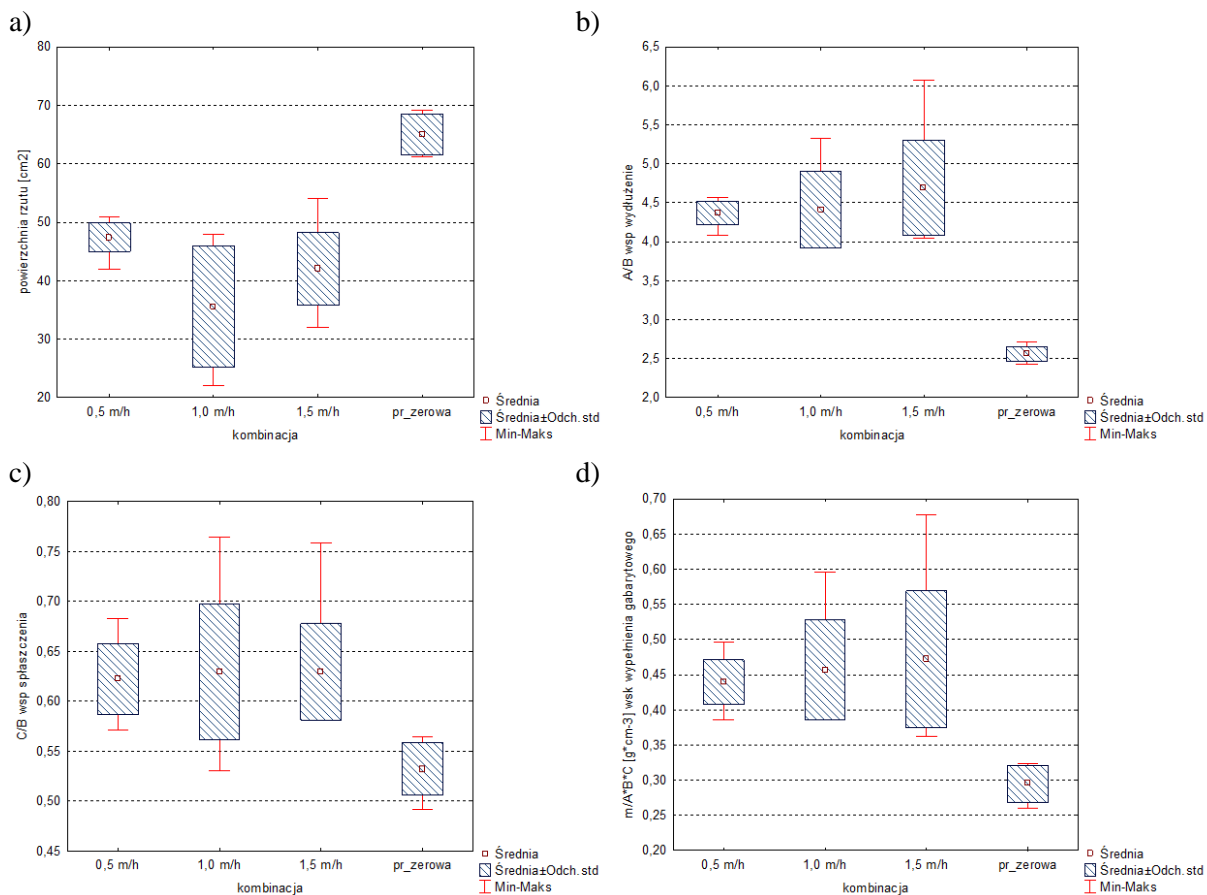
Korzenie marchwi zebrane z poletek poddanych mikrofalowemu zabiegowi eliminacji chwastów były wyraźnie dłuższe (rys. 41b) w stosunku do próby kontrolnej. Stwierdzono, że średnia jednostkowa masa korzenia była zbliżona i porównywalna w zakresie drugiego i trzeciego wariantu z próbą zerową, natomiast jednostkowa masa korzeni w pierwszym wariantcie doświadczenia była znacznie wyższa. Średnia grubość i szerokość marchwi zbieranej z poletek poddanych zabiegowi mikrofalowej eliminacji chwastów była zbliżona względem siebie i mieściła się w zakresie 2,4 cm – grubość oraz 4,3 cm - szerokość przy próbie kontrolnej ze średnią w/w parametrów w zakresie 3,1 cm – grubość oraz 5,8 cm - szerokość. Parametry jakościowe marchwi handlowej są jasno sprecyzowane w rozporządzeniu EU (Rozporządzenie EU, 1999).



Rysunek 41. Charakterystyka cech fizycznych korzeni marchwi w uprawie zagonowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego: a) masa; b) długość; c) szerokość; d) grubość

Źródło: opracowanie własne

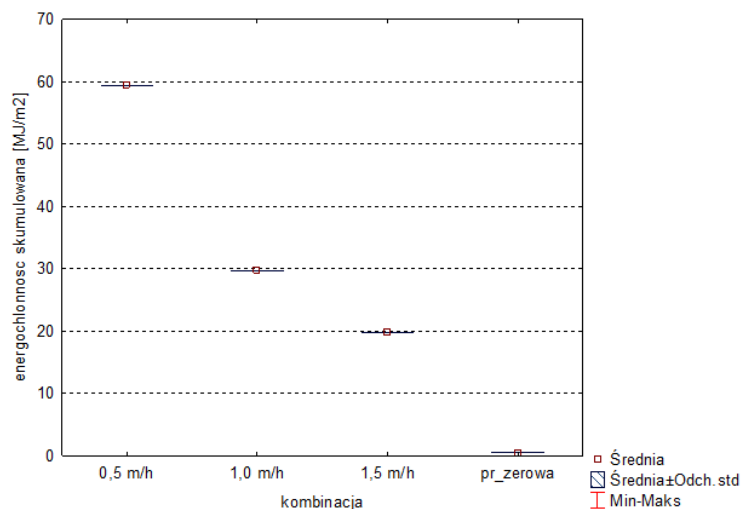
Marchew klasyfikowana jako klasa „ekstra” powinna mieć świeży wygląd regularny kształt, być pozbawiona bruzd, stłuczeń, pęknięć oraz uszkodzeń wywołanych działaniem mrozu. Minimalna masa korzenia handlowego powinna wynosić 50 g a średnica 20 mm. Podczas sortowania dla marchwi z głównego zbioru dla klasy „ekstra” przyjęto że korzenie nie powinny przekraczać 45 mm średnicy a ich masa nie powinna przekraczać 200 g. Marchew z próby kontrolnej w mniejszym stopniu mogłaby być sprzedawana w klasie ekstra przez co efekt ekonomiczny uprawy byłby niższy. Wpływa na to jej duża średnica przy małej długości. Wyliczone współczynniki kształtu (rys. 42a, 42b, 42c, 42d,) a szczególnie wydłużenia oraz wskaźnik wypełnienia gabarytowego (rys. 42b, 42d) jednoznacznie wskazują o wyższej jakości i przydatności handlowej plonu z poletek poddanych zabiegowi termicznej, mikrofalowej eliminacji zachwaszczenia.



Rysunek 42. Parametry opisujące cechy fizyczne korzeni marchwi w uprawie zagonowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego: a) powierzchnia rzutu; b) współczynnik wydłużenia; c) współczynnik spłaszczenia; d) współczynnik wypełnienia gabarytowego

Źródło: opracowanie własne

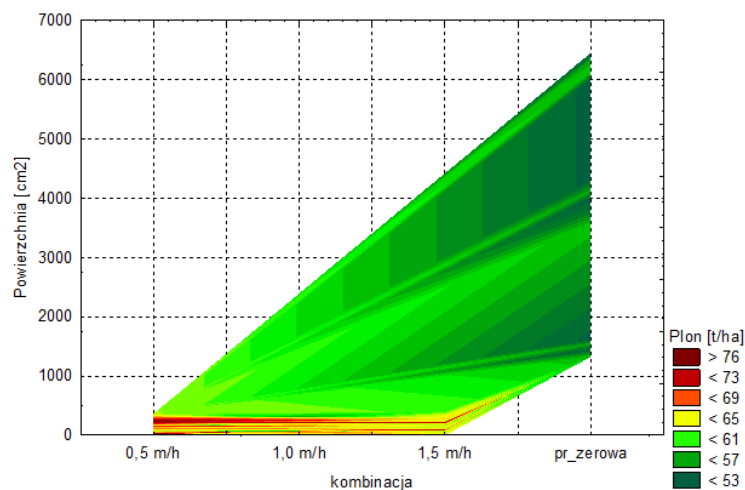
Zapotrzebowanie energetyczne ze względu na wykorzystanie tego samego urządzenia w każdej z kombinacji jest jednakowe w odniesieniu do energii skumulowanej w maszynach i urządzeniach (rys. 43). W próbie kontrolnej nie wykorzystano żadnego odpowiednika maszynowego stad też energochłonność jest na poziomie bliskim zero. Energochłonność skumulowana uwzględniająca wszystkie czynniki łącznie z energią elektryczną niezbędną do napędzania urządzenia wynika w dużej mierze z prędkości agregatu a więc czasu ekspozycji a zapotrzebowania energetycznego. Wartość ta mieściła się w przedziale od 20 MJ·m⁻² dla prędkości wynoszącej 1,5 m·h⁻¹ do 60 MJ·m⁻² dla prędkości przemieszczania urządzenia mikrofalowego po polu wynoszącej 0,5 m·h⁻¹.



Rysunek 43. Energochłonność skumulowana poszczególnych kombinacji w uprawie zagonowej marchwi, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego

Źródło: opracowanie własne

Na rysunku 44 przedstawiono relacje między poziomem zachwaszczenia poletka, kombinacją zabiegu termicznego a plonem. Odnotowano, że wraz wzrostem powierzchni chwastów na poletku malał plon. Szczególnie widoczne jest to w zestawieniu z próbą zerową w której zabieg odchwaszczania nie był wykonywany w początkowym okresie wzrostu i marchew musiała konkurować z innymi roślinami o składniki odżywcze oraz przestrzeń do rozwoju. Należy zaznaczyć, że w przypadku najniższej prędkości jazdy urządzenia mikrofalowego ($0,5 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$) a tym samym najwyższej jednostkowej dawce promieniowania mikrofalowego powierzchnia chwastów była prawie siedmiokrotnie niższa w stosunku do próby zerowej a plon marchwi przekraczał $69 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.



Rysunek 44. Plon marchwi w relacji z powierzchnią zachwaszczenia i zabiegiem termicznym z wykorzystaniem urządzenia generującego mikrofałe

Źródło: opracowanie własne

Na podstawie przeprowadzonego testu statystycznego istotności różnic w wartościach średnich powierzchni zachwaszczenia między zastosowanymi kombinacjami dawki promieniowania mikrofalowego (prędkością jazdy urządzenia mikrofalowego) oraz próbą zerową zaobserwowano trzy statystycznie istotne różnice (tab. 4). Zaobserwowane różnice w wielkości powierzchni chwastów odnotowano tylko między próbą zerową a każdą z kombinacji mikrofalowego oddziaływania na glebę. Nie odnotowano istotnych statystycznie różnic w powierzchni chwastów między zastosowanymi kombinacjami mikrofalowego oddziaływania na glebę. Zatem dla osiągnięcia istotnego efektu eliminacji chwastów wystarczy zastosować najmniej energochłonny wariant dawki promieniowania mikrofalowego, czyli prędkość poruszania się urządzenia do mikrofalowego niszczenia chwastów wynoszącą $1,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$.

Tabela 4

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnic powierzchni zachwaszczenia dla uprawy zagonowej marchwi przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

	Prędkość jazdy urządzenia do generowania promieniowania mikrofalowego			
	$0,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$	$1,0 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$	$1,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$	pr_zerowa
$0,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$	xxx			*
$1,0 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$		xxx		*
$1,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$			xxx	*
pr_zerowa				xxx

różnice istotne na poziomie $p=0,05$

Źródło: opracowanie własne

W przypadku wielkości plonu analiza statystyczna wykazała pięć statystycznie istotnych różnic na sześć możliwych (tab. 5). Należy zaznaczyć, że w tym przypadku statystycznej różnicy w plonie marchwi, nie odnotowano jej tylko między najniższą i średnią jednostkową dawką promieniowania, która była dostarczona do gleby przy prędkości $1,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$ i $1 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$. Zatem z punktu widzenia wielkości plonu istnieje konieczność realizowania zabiegu przy najniższej prędkości, natomiast realizowanie zabiegu z prędkością $1 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$ nie jest racjonalnie uzasadniona, ponieważ można to zrealizować z prędkością $1,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$ bez statystycznie istotnych różnic w wielkości plonu.

Tabela 5

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnic plonu dla uprawy zagonowej marchwi przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

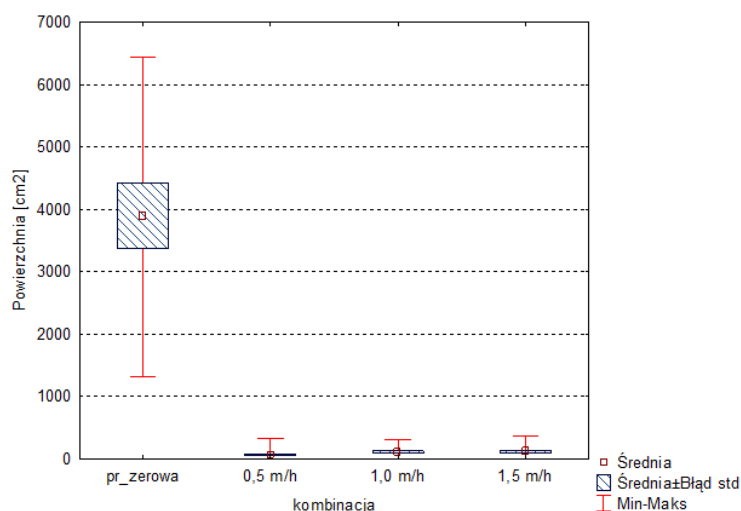
	Prędkość jazdy urządzenia do generowania promieniowania mikrofalowego			
	0,5 m·h ⁻¹	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	pr_zerowa
0,5 m·h ⁻¹	xxx	*	*	*
1,0 m·h ⁻¹		xxx		*
1,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zerowa				xxx

różnice istotne na poziomie $p=0,05$

Źródło: opracowanie własne

5.2.2. Marchew – technologia redlinowa

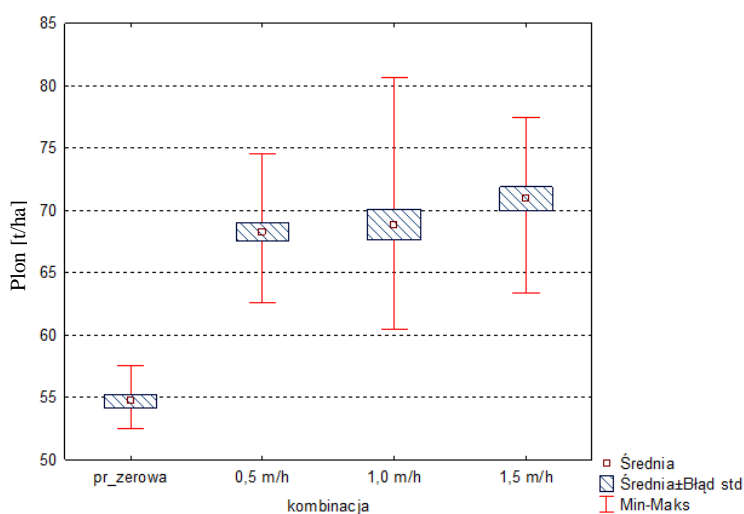
Zabieg termicznej eliminacji chwastów z wykorzystaniem urządzenia do generowania promieniowania mikrofalowego przeprowadzony został w podobny sposób dla uprawy redlinowej jak dla uprawy zagonowej. Powierzchnia zachwaszczenia (rys. 45) poletek kontrolnych (pr_zerowa, brak zabiegu samobieźnym urządzeniem mikrofalowym) wynosiła od 1200 do 6500 cm²·m⁻², co było wartością wielokrotnie wyższą w stosunku do poziomu zachwaszczenia poletek na których zabieg mikrofalowego oddziaływania na glebę został przeprowadzony. Powierzchnia zachwaszczenia poletek poddanych mikrofalowemu zabiegowi eliminacji chwastów nie przekraczała 300 cm²·m⁻² pokrycia powierzchni poletka przez chwasty. Podobnie jak w przypadku uprawy zagonowej (niezależnie od zastosowanej dawki promieniowania mikrofalowego wynikającej z zadanej prędkości jazdy urządzenia) zaobserwowano znikome zachwaszczenie.



Rysunek 45. Wielkość zachwaszczenia powierzchni poletka względem kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego w uprawie redlinowej marchwi

Źródło: opracowanie własne

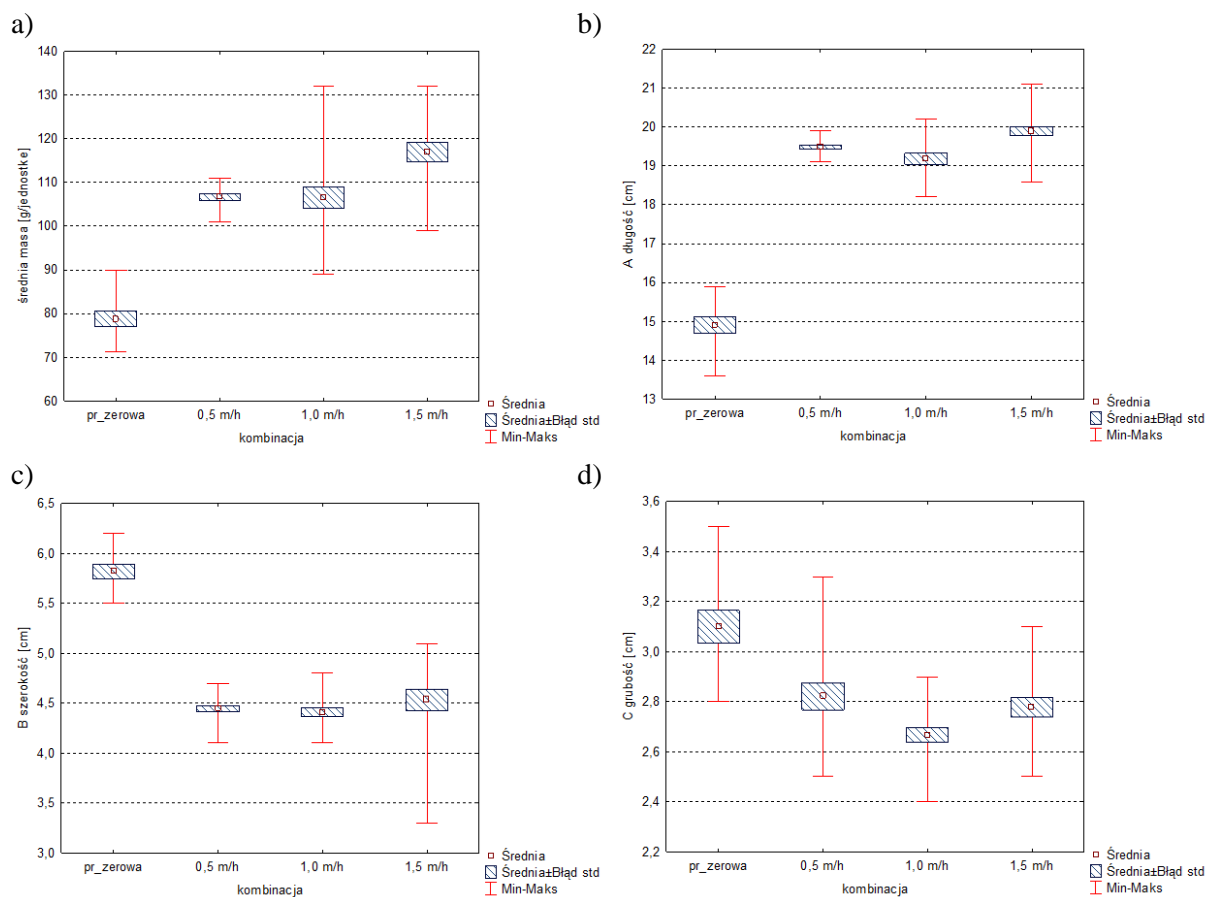
Odnotowano, że średni plon w przypadku analizowanych wariantów doświadczenia mieścił się w przedziale od 68 t·ha⁻¹ dla największej dawki promieniowania mikrofalowego (prędkość jazdy urządzenia - 0,5 m·h⁻¹) do około 72 t·ha⁻¹ dla mniejszych dawek promieniowania mikrofalowego osiągalnego przy prędkością 1 m·h⁻¹ oraz 1,5 m·h⁻¹. Należy zwrócić uwagę, że przy najwyższej dawce promieniowania mikrofalowego plon charakteryzował się najmniejszą zmiennością w stosunku do pozostałych kombinacji doświadczenia z wyjątkiem próby zerowej. Porównując wysokość plonu marchwi z poletek, gdzie stosowano mikrofalowe oddziaływanie na glebę z próbą kontrolną (pr_zerowa) odnotowano że plon marchwi był wyższy o średnio o 12 t·ha⁻¹ (rys. 46).



Rysunek 46. Plon marchwi w zależności od rodzaju kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego w uprawie redlinowej

Źródło: opracowanie własne

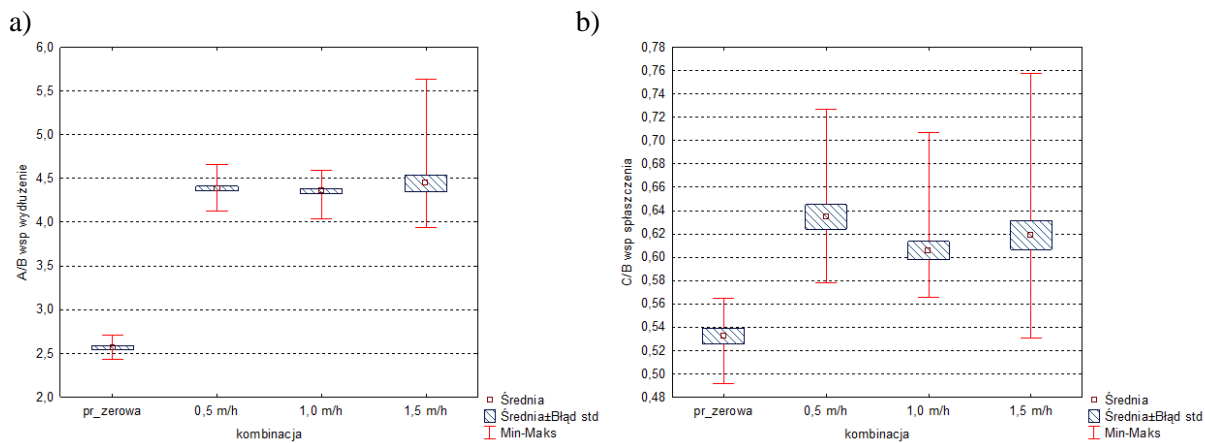
Odnotowano, że marchew z poletek gdzie stosowano mikrofalowe oddziaływanie na glebę charakteryzowała się mniejszą średnicą korzenia, co pozwalało taki plon traktować jako produkt handlowy określany klasą „ekstra” w większym procentowo udziale plonu całkowitego (rys. 47a, 47b, 47c, 47d).



Rysunek 47. Charakterystyka cech fizycznych korzeni marchwi w uprawie redlinowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego: a) masa; b) długość; c) szerokość; d) grubość

Źródło: opracowanie własne

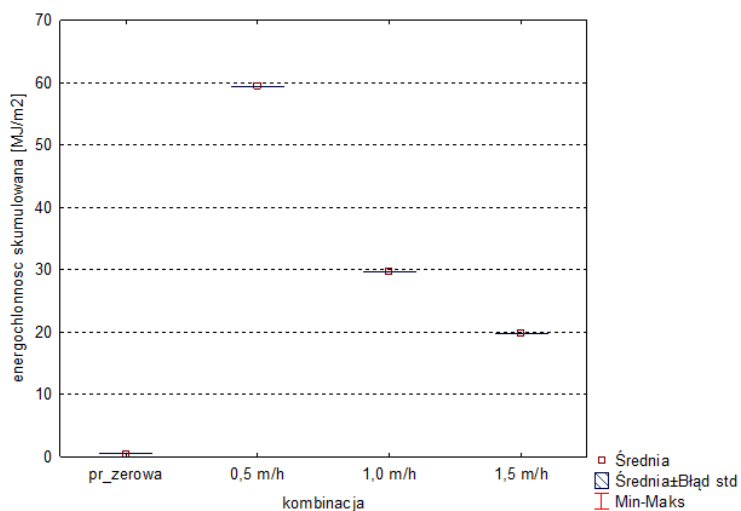
Plon z poletek gdzie stosowano zabieg mikrofalowego oddziaływania na glebę charakteryzował się większą atrakcyjnością (wysoki współczynnik wydłużenia) w stosunku do warzyw z poletek gdzie nie stosowano zabiegu mikrofalowego (rys. 48a). Również w przypadku współczynnika spłaszczenia (rys. 48b) odnotowano znaczne różnice w stosunku do próby zerowej, ale też znaczne zróżnicowanie wewnątrzgrupowe.



Rysunek 48. Parametry opisujące cechy fizyczne korzeni marchwi w uprawie redlinowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego: a) współczynnik wydłużenia; b) współczynnik spłaszczenia

Źródło: opracowanie własne

Energochłonność zabiegu (rys. 49) zależała od prędkości roboczej urządzenia, szerokości roboczej oraz jednostkowego zużycia energii elektrycznej. Najwyższą wartość energochłonności odnotowano dla kombinacji zabiegu w którym samobieżne urządzenie generujące promieniowanie mikrofalowe poruszało się z prędkością $0,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$.



Rysunek 49. Energochłonność skumulowana poszczególnych kombinacji w uprawie redlinowej marchwi, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego

Źródło: opracowanie własne

Przeprowadzony test statystycznych różnic w wartościach średnich powierzchni zachwaszczenia między zastosowanymi kombinacjami prędkości jazdy urządzenia mikrofalowego (różne dawki promieniowania mikrofalowego) a próbą kontrolną (poletka nie poddane zabiegowi mikrofalowej eliminacji zachwaszczenia) pozwolił zaobserwować trzy statystycznie istotne różnice (tab. 6). Prędkość poruszania się urządzenia generującego promieniowanie mikrofalowe może wynosić $1,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$ ponieważ jest to wariant najmniej energochłonny, jego skuteczność (istotny efekt niszczenia chwastów) statystycznie nie różni

się w stosunku do pozostałych prędkości roboczych urządzenia (generujących wyższą energochłonność).

Tabela 6

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnic plonu dla uprawy redlinowej marchwi przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

	Prędkość jazdy urządzenia do generowania promieniowania mikrofalowego			
	0,5 m·h ⁻¹	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	pr_zero
0,5 m·h ⁻¹	xxx			*
1,0 m·h ⁻¹		xxx		*
1,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zero				xxx

różnice istotne na poziomie p=0,05

Źródło: opracowanie własne

Analiza statystyczna wykazała 5 statystycznie istotnych różnic w wartościach średnich liczby korzeni (tab. 7) i w wartościach średniej masy korzeni (tab. 8) w przypadku porównania poletek kontrolnych (bez zabiegu mikrofalowego) z poletkami na których ten zabieg przeprowadzono. Istotne różnice nie zostały zaobserwowane jedynie w przypadku porównania najniższej prędkości roboczej wynoszącej 0,5 m·h⁻¹ z prędkością 1,0 m·h⁻¹.

Tabela 7

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy liczby korzeni dla uprawy redlinowej marchwi przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

	Prędkość jazdy urządzenia do generowania promieniowania mikrofalowego			
	0,5 m·h ⁻¹	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	pr_zero
0,5 m·h ⁻¹	xxx		*	*
1,0 m·h ⁻¹		xxx	*	*
1,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zero				xxx

różnice istotne na poziomie p=0,05

Źródło: opracowanie własne

Tabela 8

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy średniej masy korzeni dla uprawy redlinowej marchwi przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

	Prędkość jazdy urządzenia do generowania promieniowania mikrofalowego			
	0,5 m·h ⁻¹	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	pr_zero
0,5 m·h ⁻¹	xxx		*	*
1,0 m·h ⁻¹		xxx	*	*
1,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zero				xxx

różnice istotne na poziomie p=0,05

Źródło: opracowanie własne

Podobnie jak w przypadku masy oraz liczby sztuk w rzędzie długość korzeni istotnie różniła się w 5 wariantach (próby kontrolnej z każdym z wariantów dawki promieniowania oraz prędkości pracy urządzenia wynoszącą 1,5 m·h⁻¹ z prędkością pracy urządzenia wynoszącą 1,0 m·h⁻¹ oraz 0,5 m·h⁻¹) (tab. 9). Średnia szerokość korzeni oraz jej wartości różniły się istotnie

statystycznie pomiędzy próba kontrolną a poszczególnymi kombinacjami dawki promieniowania mikrofalowego (tab. 10). W przypadku grubości korzeni odnotowano istotne statystycznie różnice między każdym wariantem dawki promieniowania (każda prędkością roboczą urządzenia) a próba kontrolną (pr_zerowa) oraz prędkością 0,5 m·h⁻¹ i prędkością 1 m·h⁻¹ (tab. 11).

Tabela 9

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy średniej długości korzeni dla uprawy redlinowej marchwi przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

	Prędkość jazdy urządzenia do generowania promieniowania mikrofalowego			
	0,5 m·h ⁻¹	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	pr_zerowa
0,5 m·h ⁻¹	xxx		*	*
1,0 m·h ⁻¹		xxx	*	*
1,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zerowa				xxx

różnice istotne na poziomie p=0,05

Źródło: opracowanie własne

Tabela 10

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy średniej szerokości korzeni dla uprawy redlinowej marchwi przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

	Prędkość jazdy urządzenia do generowania promieniowania mikrofalowego			
	0,5 m·h ⁻¹	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	pr_zerowa
0,5 m·h ⁻¹	xxx			*
1,0 m·h ⁻¹		xxx		*
1,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zerowa				xxx

różnice istotne na poziomie p=0,05

Źródło: opracowanie własne

Tabela 11

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy średniej grubości korzeni dla uprawy redlinowej marchwi przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

	Prędkość jazdy urządzenia do generowania promieniowania mikrofalowego			
	0,5 m·h ⁻¹	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	pr_zerowa
0,5 m·h ⁻¹	xxx	*		*
1,0 m·h ⁻¹		xxx		*
1,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zerowa				xxx

różnice istotne na poziomie p=0,05

Źródło: opracowanie własne

Zaobserwowano istotne statystycznie różnice w wartościach średnich współczynnika wydłużenia (tab. 12) oraz współczynnika spłaszczenia (tab. 13) między próbą kontrolną (bez zabiegu termicznego) a poszczególnymi kombinacjami prędkości roboczej (zmiennej dawki promieniowania). Współczynnik wypełnienia gabarytowego oprócz różnic istotnych

statystycznie między kontrolą (pr_zero) a każda z prędkości roboczej urządzenia wykazywał istotne różnice, między skrajnymi dawkami promieniowania mikrofalowego ($0,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$ a $1,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$) (tab. 14).

Tabela 12

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy współczynnika wydłużenia korzenia dla uprawy redlinowej marchwi przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

	Prędkość jazdy urządzenia do generowania promieniowania mikrofalowego			
	$0,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$	$1,0 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$	$1,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$	pr_zero
$0,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$	xxx			*
$1,0 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$		xxx		*
$1,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$			xxx	*
pr_zero				xxx

różnice istotne na poziomie $p=0,05$

Źródło: opracowanie własne

Tabela 13

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy współczynnika spłaszczenia korzenia dla uprawy redlinowej marchwi przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

	Prędkość jazdy urządzenia do generowania promieniowania mikrofalowego			
	$0,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$	$1,0 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$	$1,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$	pr_zero
$0,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$	xxx			*
$1,0 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$		xxx		*
$1,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$			xxx	*
pr_zero				xxx

różnice istotne na poziomie $p=0,05$

Źródło: opracowanie własne

Tabela 14

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnic współczynnika wypełnienia gabarytowego korzenia dla uprawy redlinowej marchwi przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

	Prędkość jazdy urządzenia do generowania promieniowania mikrofalowego			
	$0,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$	$1,0 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$	$1,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$	pr_zero
$0,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$	xxx		*	*
$1,0 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$		xxx		*
$1,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$			xxx	*
pr_zero				xxx

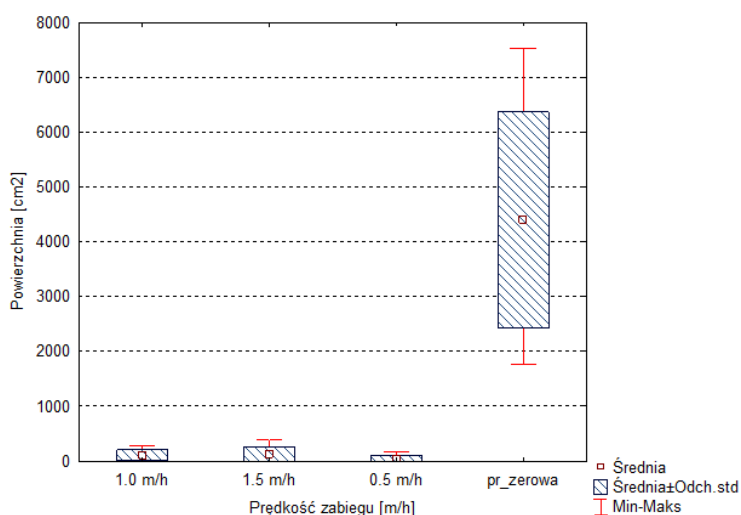
różnice istotne na poziomie $p=0,05$

Źródło: opracowanie własne

5.2.3. Buraki ćwikłowe – technologia zagonowa

Kolejną z uprawianych roślin był burak ćwikłowy odmiany „Okragły ciemnoczerwony”. Podobnie jak w przypadku marchwi również technologia produkcji realizowana była dwoma sposobami: (1) uprawą w formie zagonowej oraz (2) uprawą w redlinach.

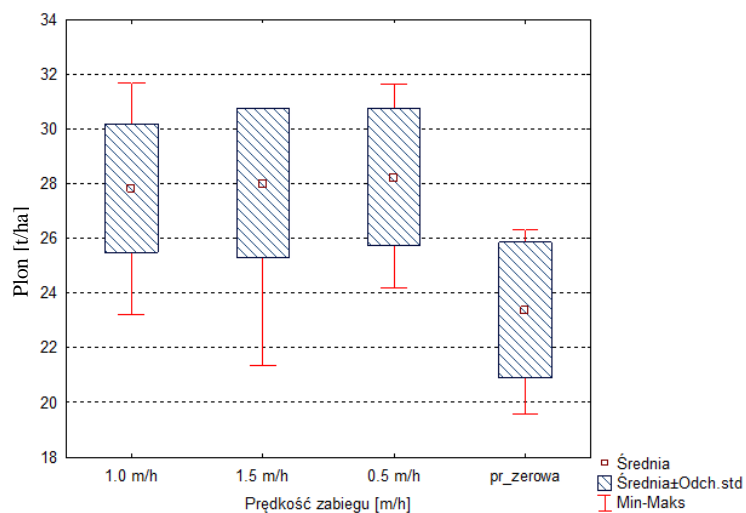
Pierwsza kombinacja dotyczyła metody uprawy w zwartym łanie (zagon). Powierzchnia zachwaszczenia na poletkach poddanych zabiegowi mikrofalowej eliminacji zachwaszczenia była wyraźnie mniejsza od próby kontrolnej nie poddanej w/w zabiegowi. Różnice między konkretnymi dawkami promieniowania (prędkości roboczej urządzenia generującego promieniowanie mikrofalowe) były znikome i nie przekraczały 200 cm² pokrycia przez chwasty na każde 10 000 cm² powierzchni uprawianego arealu (rys. 50).



Rysunek 50. Wielkość zachwaszczenia powierzchni poletka względem kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego w uprawie zagonowej buraka ćwikłowego

Źródło: opracowanie własne

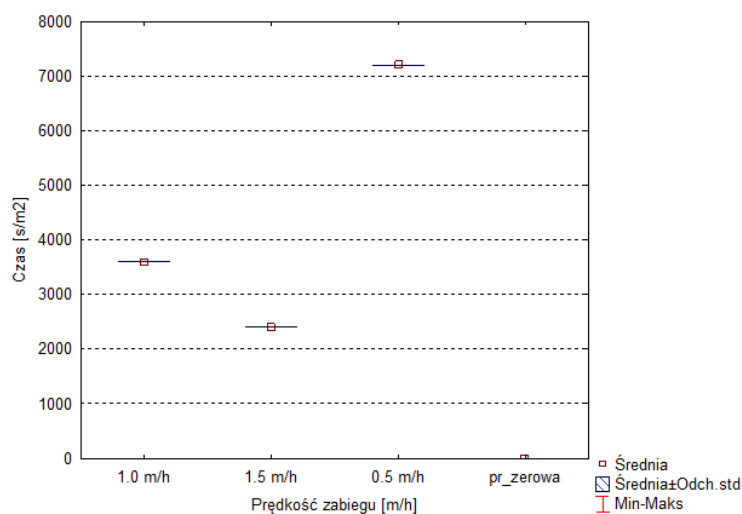
Plon w poszczególnych wariantach dawki promieniowania wynikającej z prędkości roboczej urządzenia mikrofalowego był do siebie zbliżony i wynosił około 28 ton z hektara, przy plonie odnotowanym na poletkach bez przeprowadzenia zabiegu mikrofalowego wynoszącym 23,5 t·ha⁻¹ (rys. 51).



Rysunek 51. Plon buraka ćwikłowego w zależności od rodzaju kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego w uprawie zagonowej

Źródło: opracowanie własne

Na rysunku 51 przedstawiono czas potrzebny na wykonanie zabiegu na powierzchni jednego metra kwadratowego uprawianego pola. Ze względu na ograniczoną prędkość oraz szerokość roboczą eksperymentalnego urządzenia do mikrofalowej dezynfekcji gleby wydajność urządzenia była niska.

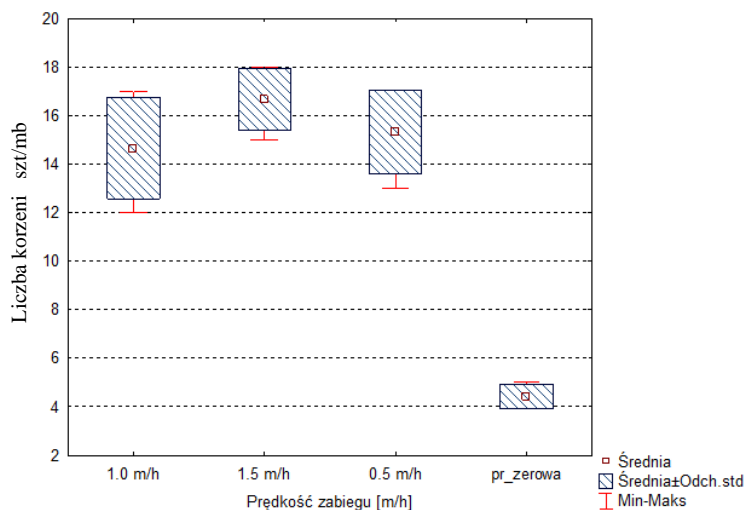


Rysunek 52. Nakład czasowy wykonania mikrofalowego zabiegu termicznego w zagonowej uprawie buraka ćwikłowego na jednostkę powierzchni

Źródło: opracowanie własne

Czas wykonywania zabiegu na powierzchni jednego metra kwadratowego mieścił się w przedziale się od 40 minut dla najwyższej prędkości poruszania się urządzenia (wynoszącej $1,5 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$) do aż 2 godzin dla najniższej prędkości roboczej (wynoszącej $0,5 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$). Przeliczając tę wartość na wydajność robocza na jednym hektarze uprawy potrzeba od ok 6,5 tysiąca godzin (dla najniższej dawki promieniowania osiąganego przy prędkości $1,5 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$) do 20 tysięcy godzin (dla najwyższej dawki promieniowania odpowiadającej prędkości roboczej $0,5 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$).

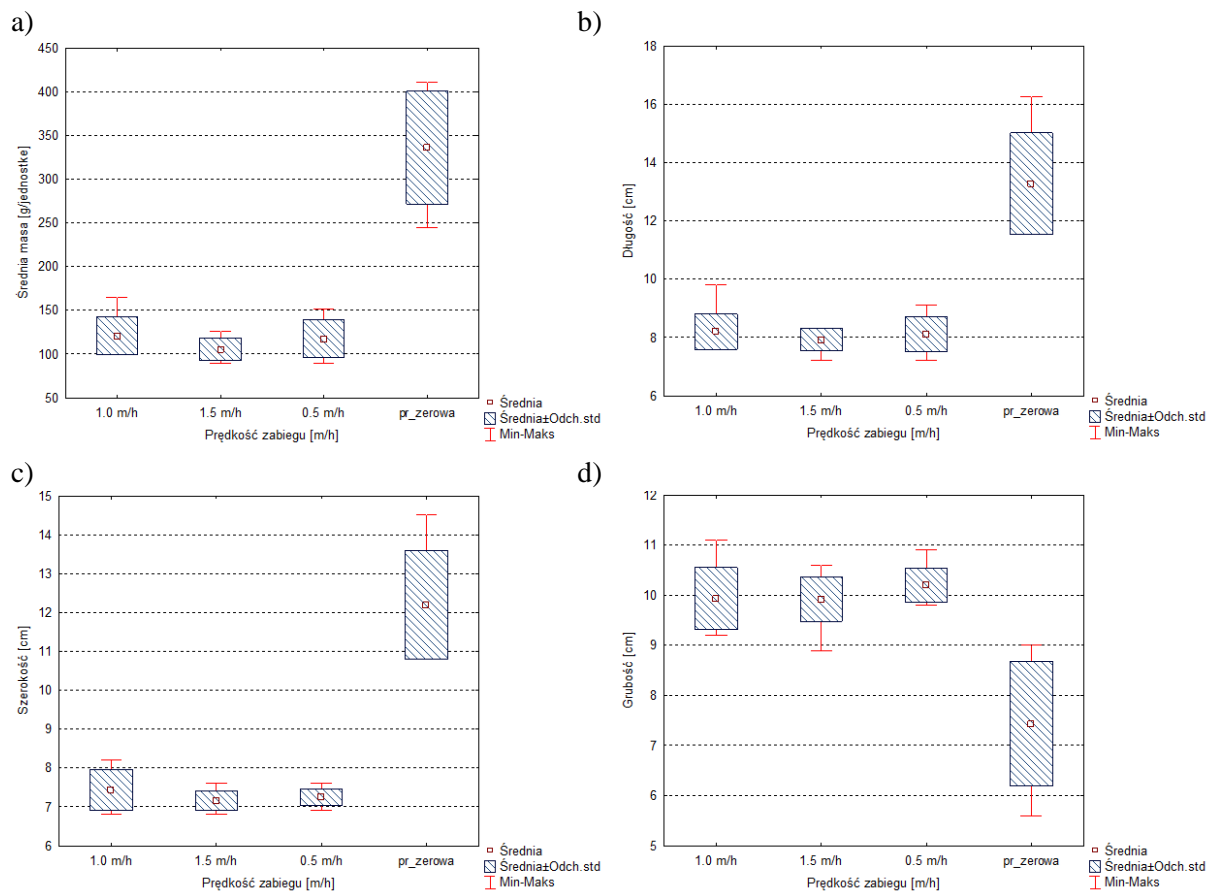
Na poletkach poddanych zabiegowi w których były uprawiane buraki, które nie musiały konkurować w pierwszych dniach po wschodach z innymi roślinami (poletka poddane zabiegowi mikrofalowej eliminacji zachwaszczenia) wyraźnie zwiększyła się liczba sztuk korzeni w danym rzędzie (rys. 53).



Rysunek 53. Średnia liczba korzeni buraka ćwikłowego na długości 1 mb rzędu przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznej eliminacji zachwaszczenia w uprawie zagonowej

Źródło: opracowanie własne

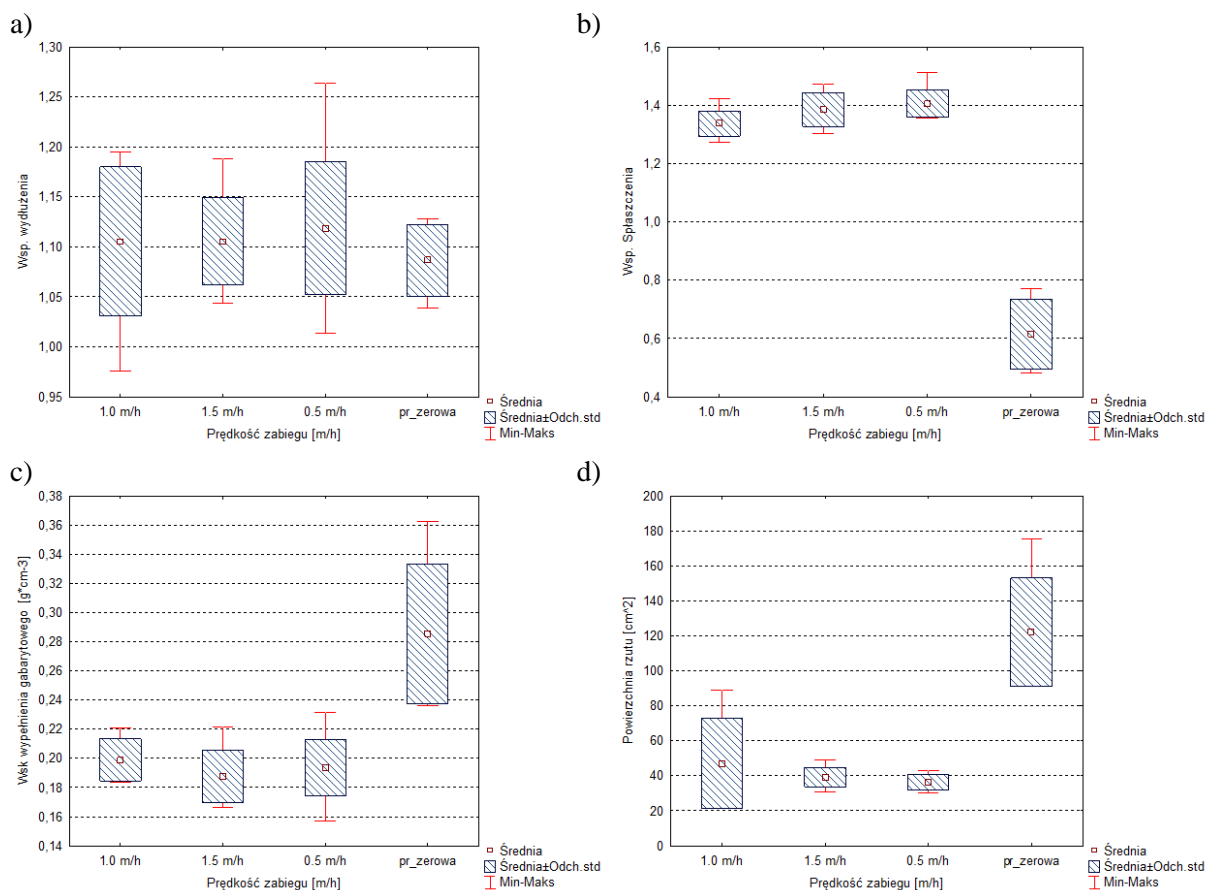
Średnia liczba korzeni była blisko trzykrotnie większa od próby kontrolnej (poletka nie poddane zabiegowi z wykorzystaniem generatora promieniowania mikrofalowego). Jednocześnie masa jednostkowa (rys. 54a), długość (rys. 54b) oraz szerokość korzeni buraków (rys. 54c) była mniejsza, natomiast grubość większa (rys. 54d).



Rysunek 54. Charakterystyka cech fizycznych korzeni buraka ćwikłowego w uprawie zagonowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego: a) masa; b) długość; c) szerokość; d) grubość

Źródło: opracowanie własne

Ze względu na wymiary i kształt warzyw zebranych z poletek poddanych zabiegowi mikrofalowego niszczenia chwastów były bardziej spłaszczone niż te z poletka kontrolnego, które nie poddano zabiegowi termicznemu (rys. 55a, 55b, 55c, 55d).



Rysunek 55. Parametry opisujące cechy fizyczne korzeni buraka ćwikłowego w uprawie zagonowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego: a) współczynnik wydłużenia; b) współczynnik spłaszczenia; c) współczynnik wypełnienia gabarytowego d) powierzchnia rzutu

Źródło: opracowanie własne

Energochłonność zabiegu mikrofalowego wynosiła od 20 MJ·m⁻² dla najniższej wartości dawki promieniowania mikrofalowego (prędkość robocza generatora mikrofal wynosząca 1,5 m·h⁻¹) do blisko 60 MJ·m⁻² dla najwyższej dawki promieniowania mikrofalowego (prędkość robocza generatora wynosząca 0,5 m·h⁻¹). Na podstawie przeprowadzonego testu istotności statystycznej różnic między próbą kontrolną (poletka nie poddane zabiegowi mikrofalowej eliminacji zachwaszczenia) a każdą z kombinacji doświadczenia (różna dawka promieniowania wynikająca z prędkości roboczej generatora promieniowania mikrofalowego) wykazano 3 istotne statystycznie różnice w wartościach średnich powierzchni zachwaszczenia (tab. 15). Istotne statycznie różnice występowały między próbą kontrolną (pr_zero) a każdą kombinacją dawki promieniowania mikrofalowego (prędkości roboczej generatora). Nie odnotowano natomiast istotnego zróżnicowania powierzchni chwastów między poletkami na których prowadzono zabieg mikrofalowy bez względu na dawkę promieniowania.

Tabela 15

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy powierzchni zachwaszczenia dla uprawy zagonowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

Prędkość jazdy urządzenia do generowania promieniowania mikrofalowego				
	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	0,5 m·h ⁻¹	pr_zerowa
1,0 m·h ⁻¹	xxx			*
1,5 m·h ⁻¹		xxx		*
0,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zerowa				xxx

różnice istotne na poziomie p=0,05

Źródło: opracowanie własne

Zaobserwowano statystycznie istotne różnice w plonowaniu między poletkami nie poddanymi zabiegowi oddziaływania mikrofalowego (pr_zerowa) a poletkami na których przeprowadzono ten zabieg - niezależnie od dawki promieniowania (tab. 16).

Tabela 16

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy plonu dla uprawy zagonowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

Prędkość jazdy urządzenia do generowania promieniowania mikrofalowego				
	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	0,5 m·h ⁻¹	pr_zerowa
1,0 m·h ⁻¹	xxx			*
1,5 m·h ⁻¹		xxx		*
0,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zerowa				xxx

różnice istotne na poziomie p=0,05

Źródło: opracowanie własne

W przypadku średniej liczby sztuk korzeni buraka ćwikłowego na długości 1 m różnice istotne statycznie występowały między każdą z kombinacji dawki promieniowania mikrofalowego a próbą kontrolną (na której zabiegu nie przeprowadzono). Dodatkowo różnice istotne statycznie występowały pomiędzy poletkami z różnymi dawkami promieniowania mikrofalowego (prędkości roboczej). Nie zaobserwowano różnicy istotnej statycznie jedynie porównując wyniki z poletek na których zabieg mikrofalowy wykonano z prędkością 0,5 m·h⁻¹ i poletkami na których ten zabieg wykonano z prędkością wynosząca 1,0 m·h⁻¹ (tab. 17).

Tabela 17

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy liczby korzeni dla uprawy zagonowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

Prędkość jazdy urządzenia do generowania promieniowania mikrofalowego				
	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	0,5 m·h ⁻¹	pr_zero
1,0 m·h ⁻¹	xxx	*		*
1,5 m·h ⁻¹		xxx	*	*
0,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zero				xxx

różnice istotne na poziomie p=0,05

Źródło: opracowanie własne

Zaobserwowano istotne statystycznie różnice w średniej masie korzeni (tab. 18), średniej długości korzeni (tab. 19), średniej szerokości korzeni (tab. 20) oraz średniej grubości korzeni (tab. 21) między poletkami na których nie wykonano zabiegu mikrofalowego (próba kontrolna) a każdym z wariantów doświadczenia gdzie ten zabieg był wykonywany (prędkości robocze 0,5 m·h⁻¹; 1,0 m·h⁻¹; 1,5 m·h⁻¹).

Tabela 18

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej średniej masy korzenia dla uprawy zagonowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

Prędkość jazdy urządzenia do generowania promieniowania mikrofalowego				
	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	0,5 m·h ⁻¹	pr_zero
1,0 m·h ⁻¹	xxx			*
1,5 m·h ⁻¹		xxx		*
0,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zero				xxx

różnice istotne na poziomie p=0,05

Źródło: opracowanie własne

Tabela 19

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy średniej długości korzenia dla uprawy zagonowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

Prędkość jazdy urządzenia do generowania promieniowania mikrofalowego				
	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	0,5 m·h ⁻¹	pr_zero
1,0 m·h ⁻¹	xxx			*
1,5 m·h ⁻¹		xxx		*
0,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zero				xxx

różnice istotne na poziomie p=0,05

Źródło: opracowanie własne

Tabela 20

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy średniej szerokości korzenia dla uprawy zagonowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

Prędkość jazdy urządzenia do generowania promieniowania mikrofalowego				
	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	0,5 m·h ⁻¹	pr_zerowa
1,0 m·h ⁻¹	xxx			*
1,5 m·h ⁻¹		xxx		*
0,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zerowa				xxx

różnice istotne na poziomie p=0,05

Źródło: opracowanie własne

Tabela 21

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy średniej grubości korzenia dla uprawy zagonowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

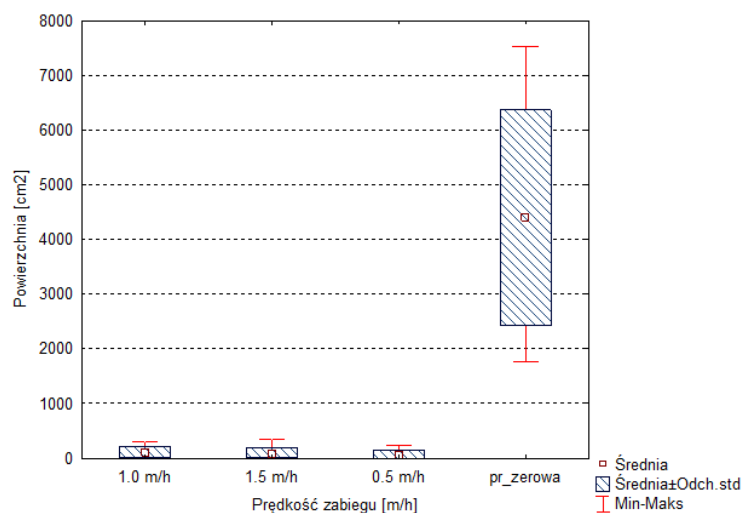
Prędkość jazdy urządzenia do generowania promieniowania mikrofalowego				
	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	0,5 m·h ⁻¹	pr_zerowa
1,0 m·h ⁻¹	xxx			*
1,5 m·h ⁻¹		xxx		*
0,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zerowa				xxx

różnice istotne na poziomie p=0,05

Źródło: opracowanie własne

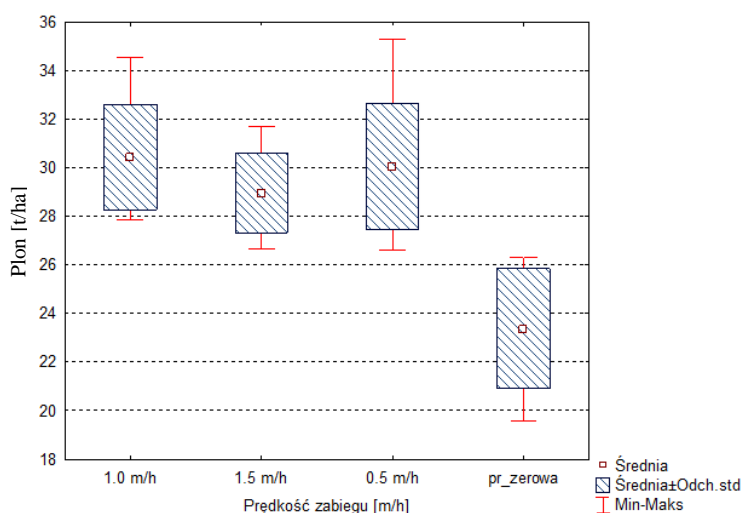
5.2.4. Burak ćwikłowy – technologia redlinowa

Drugą metodą technologii produkcji buraka ćwikłowego była uprawa redlinowa. Zachwaszczenie na poletkach poddanych promieniowaniu mikrofalowemu znacząco zmniejszyło się w stosunku do poletek kontrolnych na których zabieg ten nie został przeprowadzony. Na poletkach kontrolnych zaobserwowano zachwaszczenie w zakresie od 1800 do 7500 cm², co odpowiada wartości od 18 do 75% całkowitej powierzchni pomiarowej przy zachwaszczeniu powierzchni poletek poddanych zabiegowi termicznemu nie przekraczającym 5% (rys. 56).



Rysunek 56. Wielkość zachwaszczenia powierzchni poletka względem kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego w uprawie redlinowej buraka ćwikłowego
Źródło: opracowanie własne

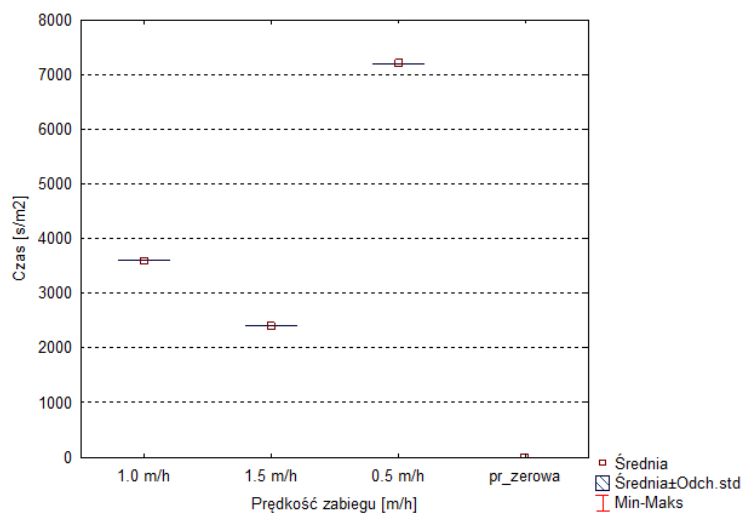
Uprawa odchwaszczana mikrofalowo charakteryzowała się wyższym plonem. Najniższe odnotowane wartości plonu (26,5 tony z hektara) na poletkach poddanych promieniowaniu mikrofalowemu były wyższe od najwyższych wartości plonu w przypadku uprawy kontrolnej (brak zabiegu mikrofalowego), gdzie plon wynosił 26,2 t·h⁻¹. Zróżnicowanie wartości średnich plonów między poletkami poddanymi oddziaływaniu mikrofalowemu a poletkami prób kontrolnych była znacząco wyższa i wynosiła w wartościach bezwzględnych ponad 7 t·h⁻¹ (rys. 57).



Rysunek 57. Plon buraka ćwikłowego w zależności od rodzaju kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego w uprawie redlinowej

Źródło: opracowanie własne

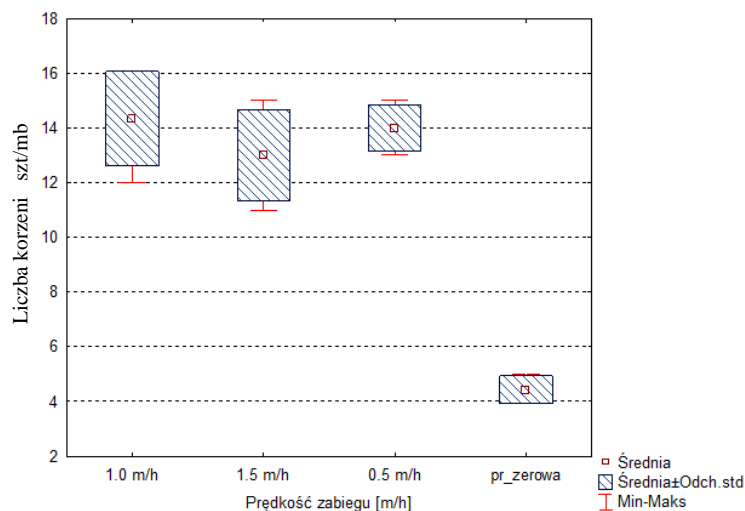
Długość i czas przeprowadzania zabiegu mikrofalowego wynikała z dawki promieniowania a więc prędkości roboczej urządzenia oraz jego szerokości roboczej (rys. 58)



Rysunek 58. Nakład czasowy wykonania mikrofalowego zabiegu termicznego w redlinowej uprawie buraka ćwikłowego

Źródło: opracowanie własne

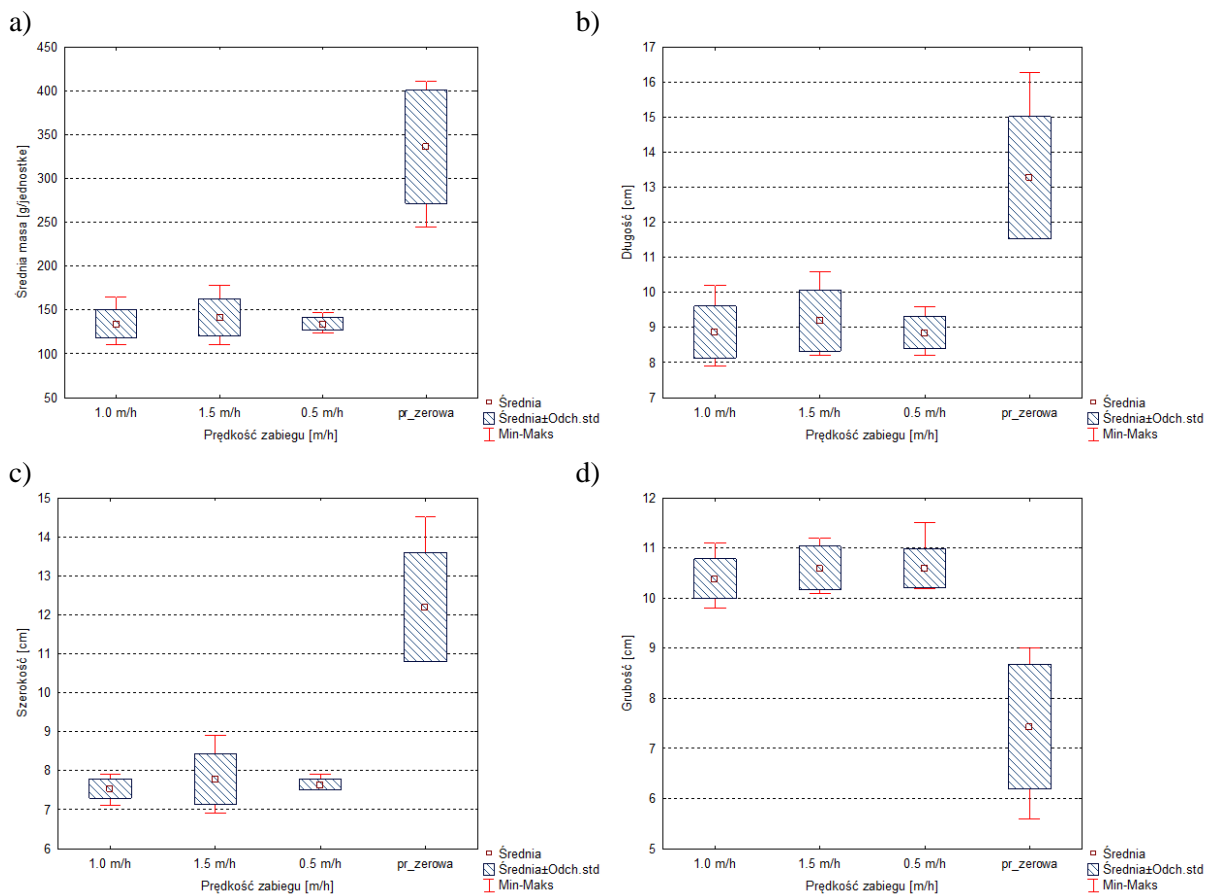
Zaobserwowano, że liczba roślin w redlinie na poletkach uprawy zerowej (bez zabiegu mikrofalowego) wynosiła średnio 4,2 rośliny, natomiast w przypadku poletek gdzie przeprowadzono zabieg termiczny z prędkością roboczą wynoszącą 1,0 m·h⁻¹ (rys. 59) odnotowano 14 sztuk roślin na długości 1 metra redliny.



Rysunek 59. Średnia liczba sztuk buraka ćwikłowego na długości 1 mb rzędu przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznej eliminacji zachwaszczenia w uprawie redlinowej

Źródło: opracowanie własne

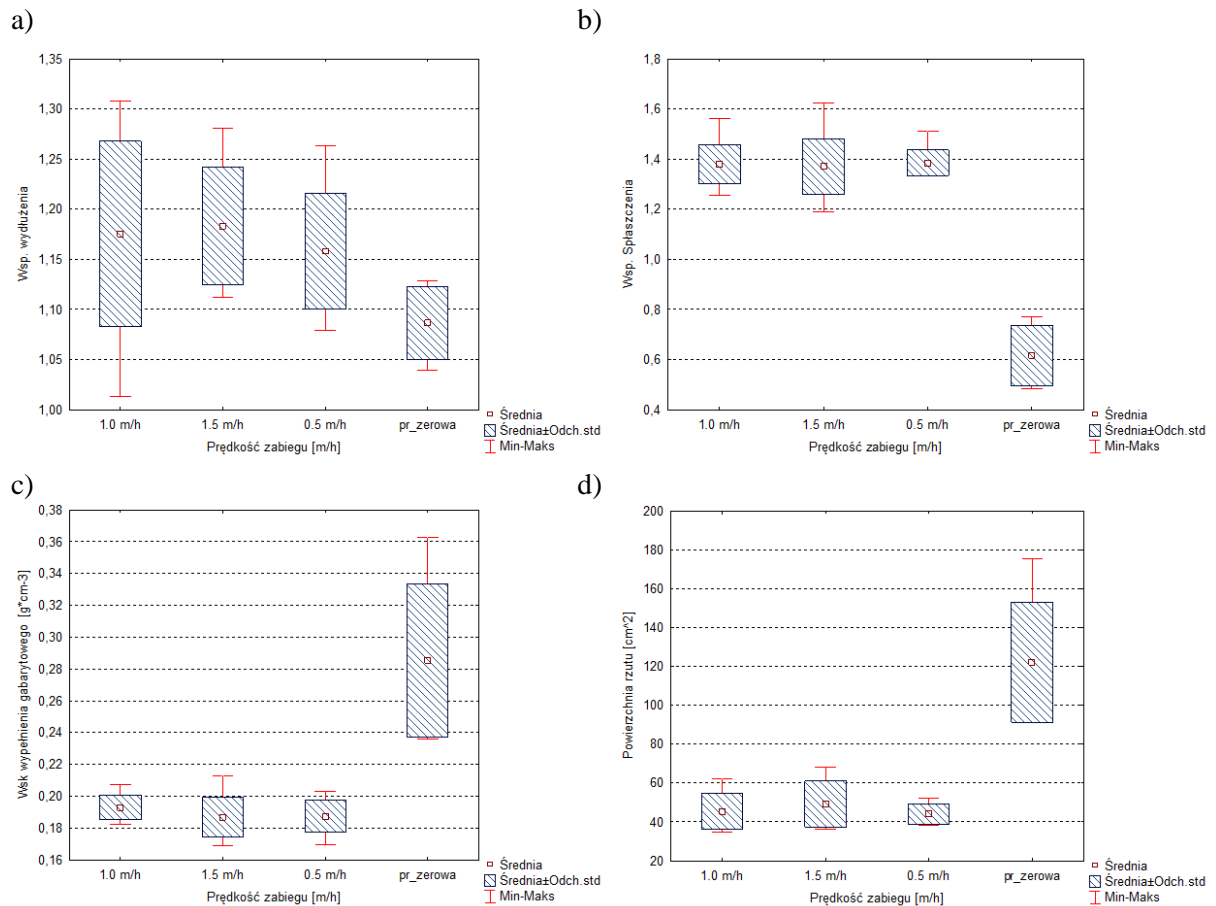
Zaobserwowano, że korzenie z poletek na których przeprowadzono zabieg mikrofalowego odchwaszczania były mniejsze oraz lżejsze niż te zebrane z poletek na których tego zabiegu nie przeprowadzano (rys. 60a, 60b, 60c, 60d), co przekładało się na mniejsze, bardziej kształtne warzywa których liczba rekompensowała mniejszą masę co w konsekwencji przekładało się na wyższy plon.



Rysunek 60. Charakterystyka cech fizycznych korzeni buraka ćwikłowego w uprawie redlinowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego: a) masa jednostkowa; b) długość; c) szerokość; d) grubość

Źródło: opracowanie własne

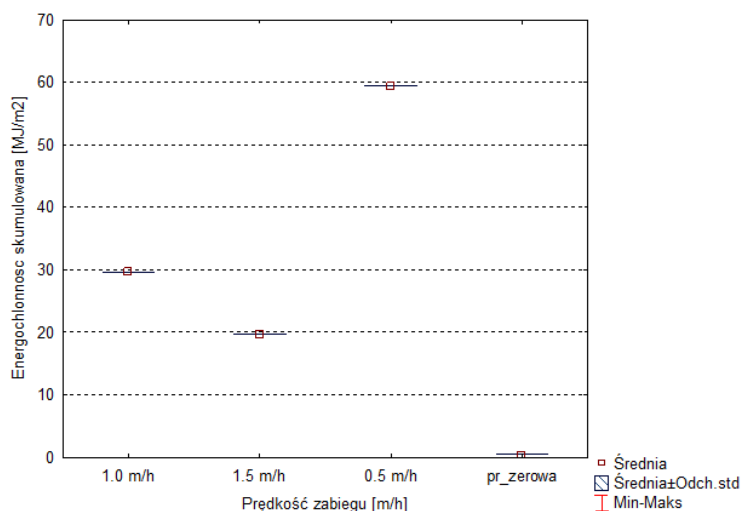
Kształt korzeni był bardziej wydłużony dla plonu z poletek poddanych zabiegowi termicznemu (rys. 61a) w stosunku do korzeni z poletek nie poddanych zabiegowi mikrofalowemu. Współczynnik spłaszczenia, wydłużenia oraz wskaźnik wypełnienia gabarytowego były porównywalne niezależnie od dawki promieniowania mikrofalowego (prędkości roboczej urządzenia mikrofalowego)(rys. 61b, 61c, 61d).



Rysunek 61. Parametry opisujące cechy fizyczne korzeni buraka ćwikłowego w uprawie redlinowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego: a) współczynnik wydłużenia; b) współczynnik spłaszczenia; c) współczynnik wypełnienia gabarytowego d) powierzchni rzutu

Źródło: opracowanie własne

Zapotrzebowanie energetyczne (rys. 62) mieściło się w przedziale od 20 MJ·m⁻² dla najniższej wartości dawki promieniowania mikrofalowego (prędkość robocza generatora mikrofal wynosząca 1,5 m·h⁻¹) do blisko 60 MJ·m⁻² dla najwyższej dawki promieniowania mikrofalowego (prędkość robocza generatora wynosząca 0,5 m·h⁻¹).



Rysunek 62. Zapotrzebowanie energetyczne poszczególnych kombinacji w uprawie redlinowej buraka ćwikłowego, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego na powierzchni 1 metra kwadratowy

Źródło: opracowanie własne

Przeprowadzono analizę statystyczną wartości średnich w celu określenia różnic istotnych statystycznie. Pierwszym aspektem poddanym analizie było sprawdzenie istotności statystycznej różnic wartości średniej zachwaszczenia między analizowanymi kombinacjami zachwaszczenia. Test Duncana wykazał, że statystycznie istotne okazały się różnice w poziomie zachwaszczenia między poletkami na których nie przeprowadzono zabiegu mikrofalowego niszczenia chwastów (poletka kontrolne) a poletkami na których ten zabieg przeprowadzono niezależnie od prędkości roboczej generatora promieniowania mikrofalowego a co za tym idzie dawki promieniowania (tab. 22).

Tabela 22

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy powierzchni zachwaszczenia dla uprawy redlinowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

Prędkość jazdy urządzenia do generowania promieniowania mikrofalowego				
	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	0,5 m·h ⁻¹	pr_zeroła
1,0 m·h ⁻¹	xxx			*
1,5 m·h ⁻¹		xxx		*
0,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zeroła				xxx

różnice istotne na poziomie $p=0,05$

Źródło: opracowanie własne

Różnice istotne statystycznie w średnim plonie odnotowano między każdą z dawek promieniowania (prędkości robocze 0,5 m·h⁻¹; 1,0 m·h⁻¹; 1,5 m·h⁻¹) a kontrolą (pr_zeroła) oraz między poletkami ze średnią dawki promieniowania (prędkość robocza 1,0 m·h⁻¹) a poletkami z najmniejszą dawką promieniowania (prędkość robocza 1,5 m·h⁻¹)(tab. 23).

Tabela 23

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy plonu dla uprawy redlinowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

Prędkość jazdy urządzenia do generowania promieniowania mikrofalowego				
	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	0,5 m·h ⁻¹	pr_zerowa
1,0 m·h ⁻¹	xxx	*		*
1,5 m·h ⁻¹		xxx		*
0,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zerowa				xxx

różnice istotne na poziomie $p=0,05$

Źródło: opracowanie własne

Analizując zróżnicowanie liczby roślin w redlinie między poszczególnymi kombinacjami doświadczenia zaobserwowano, że różnicy istotnej statystycznie w średniej liczbie buraków w rzędzie nie wykazano jedynie w przypadku porównania wyników z poletek na których urządzenie do mikrofalowej eliminacji chwastów poruszało się z prędkością 0,5 m·h⁻¹ a tymi na których urządzenie mikrofalowe poruszało się z prędkością 1,0 m·h⁻¹ (tab. 24).

Tabela 24

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy liczby korzeni dla uprawy redlinowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

Prędkość jazdy urządzenia do generowania promieniowania mikrofalowego				
	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	0,5 m·h ⁻¹	pr_zerowa
1,0 m·h ⁻¹	xxx	*		*
1,5 m·h ⁻¹		xxx	*	*
0,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zerowa				xxx

różnice istotne na poziomie $p=0,05$

Źródło: opracowanie własne

Różnice w średnich cech fizycznych (średnia masa, średnia długość, średnia szerokość, średnia grubość) były istotne statystycznie pomiędzy poletkami na których nie przeprowadzono zabiegu (pr_zerowa) a każdą kombinacją dawki promieniowania mikrofalowego (tab. 25).

Tabela 25

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy średniej masy korzenia, średniej długości korzenia, średniej szerokości korzenia, średniej grubości korzenia dla uprawy redlinowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

Test Duncana; zmienna Średnia masa [g/jednostke]				
	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	0,5 m·h ⁻¹	pr_zero
1,0 m·h ⁻¹	xxx			*
1,5 m·h ⁻¹		xxx		*
0,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zero				xxx

Test Duncana; zmienna Długość [cm]				
	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	0,5 m·h ⁻¹	pr_zero
1,0 m·h ⁻¹	xxx			*
1,5 m·h ⁻¹		xxx		*
0,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zero				xxx

Test Duncana; zmienna Szerokość [cm]				
	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	0,5 m·h ⁻¹	pr_zero
1,0 m·h ⁻¹	xxx			*
1,5 m·h ⁻¹		xxx		*
0,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zero				xxx

Test Duncana; zmienna Grubość [cm]				
	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	0,5 m·h ⁻¹	pr_zero
1,0 m·h ⁻¹	xxx			*
1,5 m·h ⁻¹		xxx		*
0,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zero				xxx

różnice istotne na poziomie $p=0,05$

Źródło: opracowanie własne

Podobnie do parametrów kształtu wyliczone średnie współczynników (współczynnik wydłużenia, współczynnik spłaszczenia, współczynnik wypełnienia gabarytowego, powierzchnia rzutu) różniły się statystycznie istotnie porównując każdą z prędkości generatora mikrofal (warianty doświadczenia z różną dawką promieniowania) z próbą kontrolną (brak zabiegu mikrofalowego)(tab. 26).

Tabela 26

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy współczynnika wydłużenia, współczynnika spłaszczenia, współczynnika wypełnienia gabarytowego, powierzchni rzutu dla uprawy redlinowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

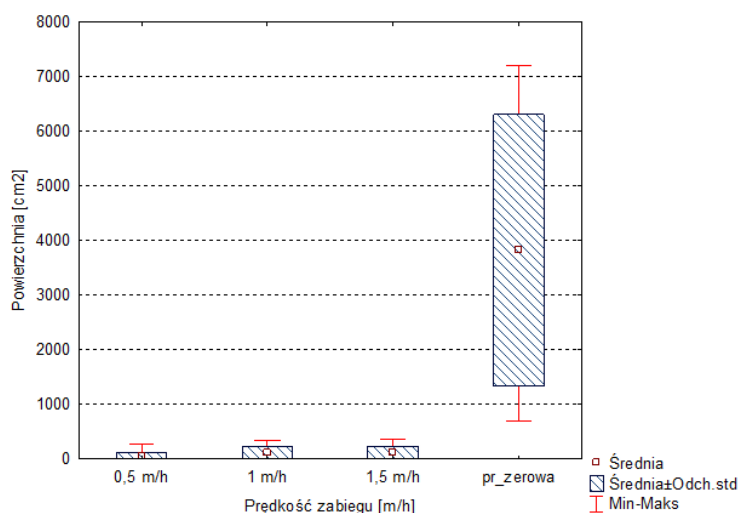
Test Duncana; zmienna Wsp. wydłużenia				
	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	0,5 m·h ⁻¹	pr_zero
1,0 m·h ⁻¹	xxx			*
1,5 m·h ⁻¹		xxx		*
0,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zero				xxx
Test Duncana; zmienna Wsp. Spłaszczenia Zaznaczone różnice są istotne z p < ,05000				
	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	0,5 m·h ⁻¹	pr_zero
1,0 m·h ⁻¹	xxx			*
1,5 m·h ⁻¹		xxx		*
0,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zero				xxx
Test Duncana; zmienna Wsk wypełnienia gabarytowego [g·cm ⁻³]				
	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	0,5 m·h ⁻¹	pr_zero
1,0 m·h ⁻¹	xxx			*
1,5 m·h ⁻¹		xxx		*
0,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zero				xxx
Test Duncana; zmienna Powierzchnia rzutu [cm ²]				
	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹	0,5 m·h ⁻¹	pr_zero
1,0 m·h ⁻¹	xxx			*
1,5 m·h ⁻¹		xxx		*
0,5 m·h ⁻¹			xxx	*
pr_zero				xxx

różnice istotne na poziomie p=0,05

Źródło: opracowanie własne

5.2.5. Uprawa ogórka - technologia zagonowa

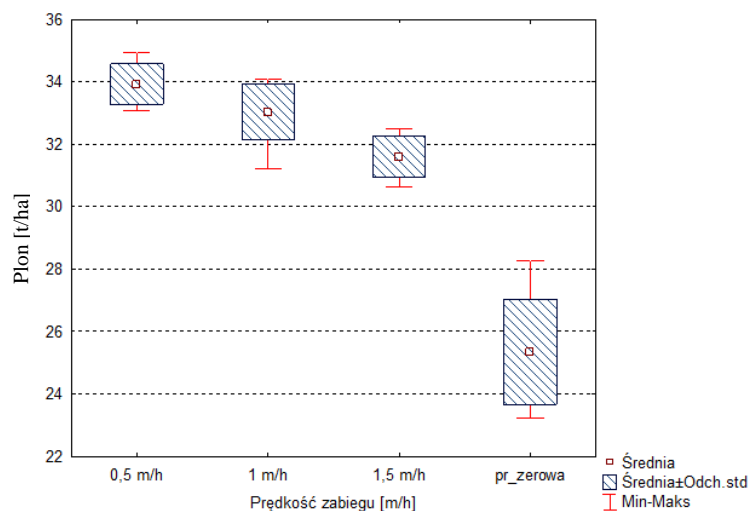
Ogórek podobnie jak wcześniejsze rośliny uprawiany był w dwóch wariatach-zagonowym na płaskiej powierzchni (1) oraz redlinowym na podniesionych, wydzielonych redlinach (2). Pierwszym analizowanym wariantem jest system w którym roślina prowadzona jest w systemie uprawy płaskiej, zagonowej bez wydzielonych obsypanych rzędów. Powierzchnia zachwaszczenia w każdym z wariantów prędkości roboczej urządzenia generującego promieniowanie mikrofalowe była zbliżona do siebie i jej średnia oscylowała w granicy 2% całkowitej powierzchni poletka w stosunku do średnio 40% dla poletek próby kontrolnej na których zabiegu mikrofalowego nie przeprowadzono (rys. 63).



Rysunek 63. Wielkość zachwaszczenia powierzchni poletka względem kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego w uprawie zagonowej ogórka

Źródło: opracowanie własne

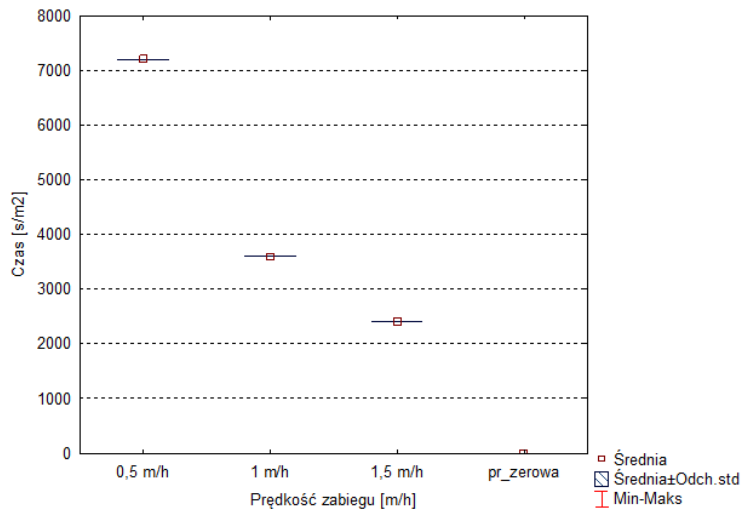
Wraz z mniejszym poziomem zachwaszczenia wzrósł plon ogórka (rys. 64). Średni plon dla poletek poddanych zabiegowi termicznemu mieścił się w przedziale od ok $32 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ dla poletek na których zabieg mikrofalowy przeprowadzony został z prędkością $1,5 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$ do 34 ton z hektara na poletkach na których urządzenie mikrofalowe pracowało z prędkością $0,5 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$ w stosunku do średnio $25 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ odnotowanych na poletkach próby kontrolnej (bez zabiegu mikrofalowego). Jest to znacząca różnica która potwierdza wpływ zachwaszczenia na potencjał plonotwórczy.



Rysunek 64. Plon ogórka w zależności od rodzaju kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego w uprawie zagonowej

Źródło: opracowanie własne

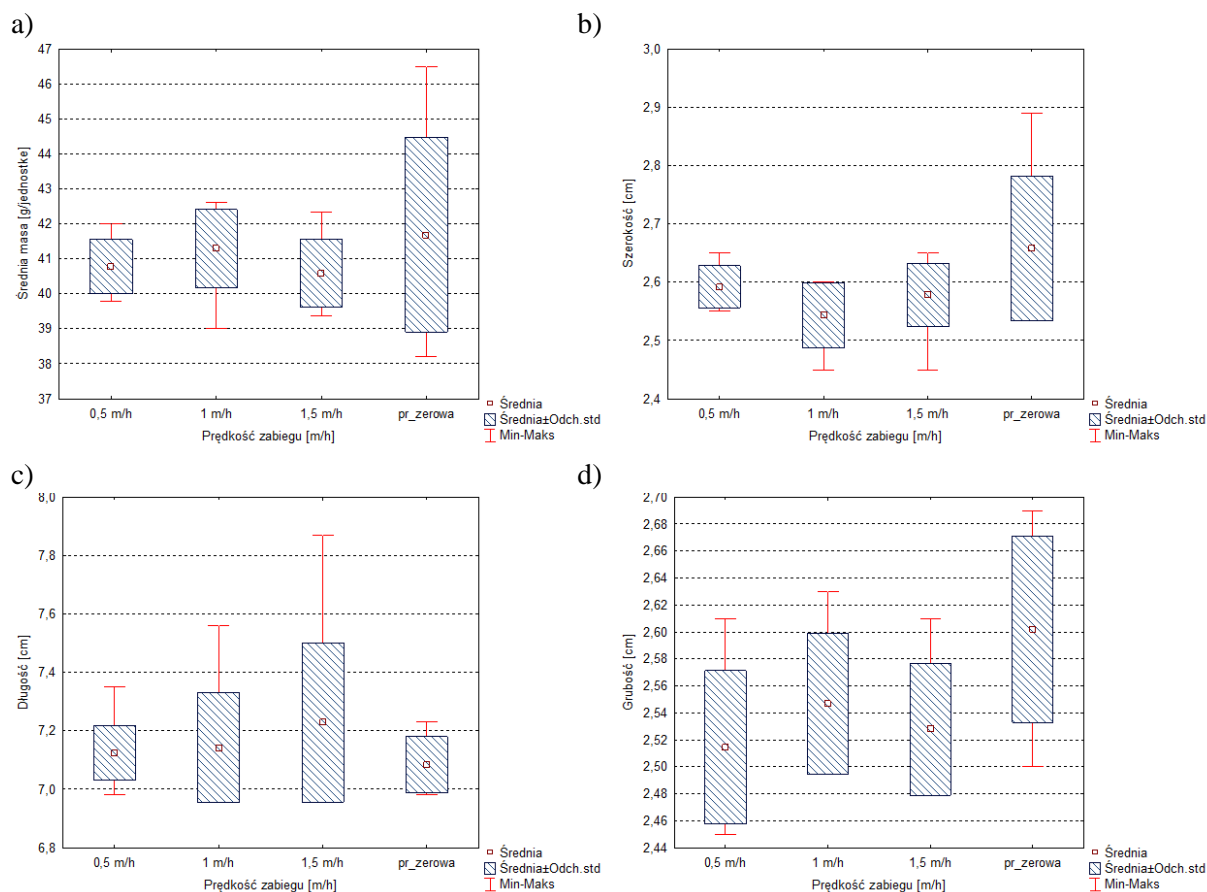
Wysokość plonu w przypadku ogórka jest proporcjonalna do liczby sztuk zbieranych warzyw. Wynika to z faktu że zbiór ogórka prowadzony jest wieloetapowo, ręcznie, zbierane są jedynie te owoce które osiągają zakładany minimalny wymiar. Liczebność pojedynczych ogórków mieściła się w przedziale od około 24,5 sztuk dla najmniejszej dawki promieniowania odpowiadającej prędkości roboczej generatora mikrofal wynoszącej $1,5 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$ do 26 sztuk przy największej dawce promieniowania odpowiadającej prędkości generatora wynoszącej $0,5 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$. W próbie kontrolnej na poletkach nie poddanych odchwaszczaniu mikrofalowemu odnotowany wynik był znacząco niższy i wynosił średnio ok 19 sztuk ogórków z 1 mb. rzędu. Niska prędkość robocza urządzenia oraz jego szerokość robocza generowała duże nakłady jednostkowego czasu. Dawka promieniowania uzależniona była od prędkości przemieszczania się urządzenia do mikrofalowego (rys. 65) stąd duży rozrzut długości trwania czynności pomiędzy poszczególnymi kombinacjami doświadczenia.



Rysunek 65. Nakład czasowy wykonania mikrofalowego zabiegu termicznego w zagonowej uprawie ogórka na jednostkę powierzchni

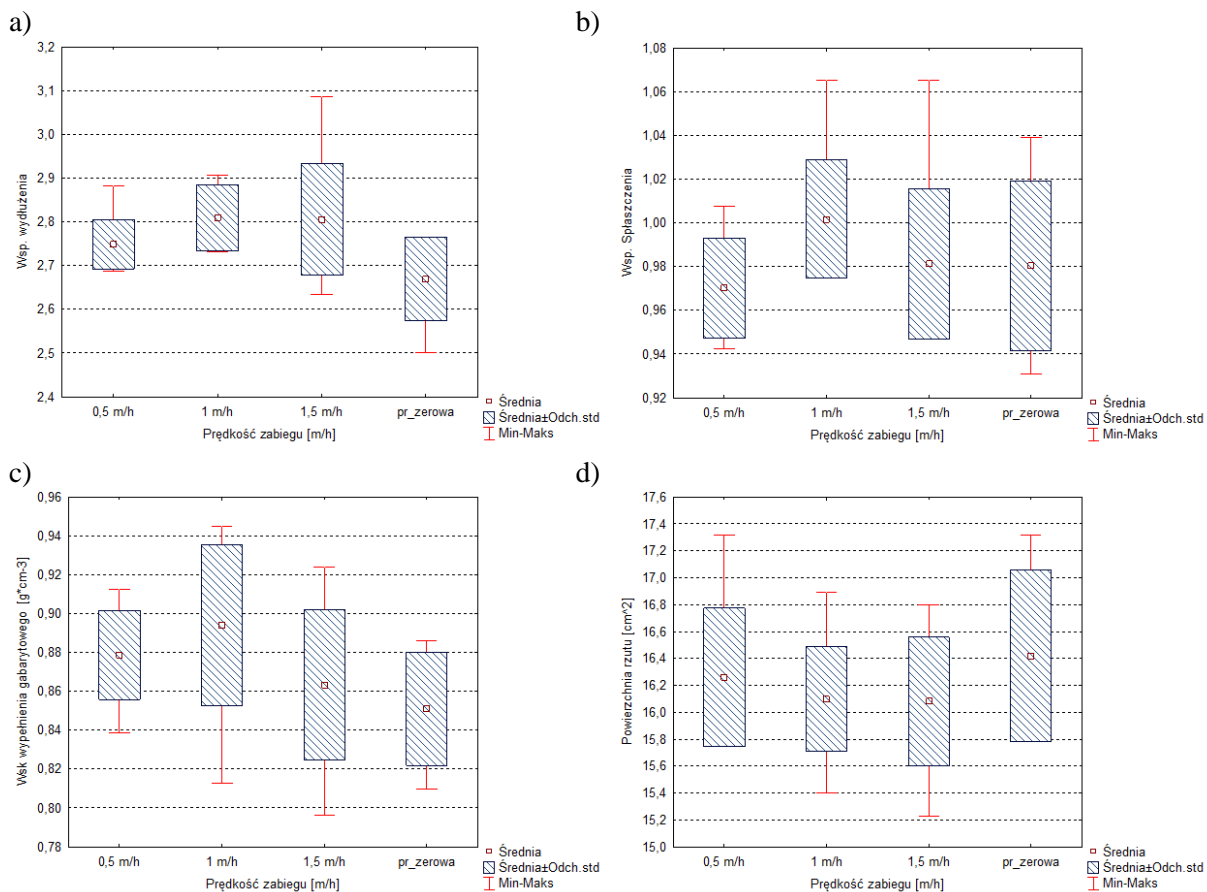
Źródło: opracowanie własne

Na rysunkach 66a, 66b, 66c, 66d przedstawiono parametry charakteryzujące kształt zebranych ogórków. W przeciwieństwie do warzyw korzeniowych ogórek zbierany jest wieloetapowo a co za tym idzie, jego wielkość powinna mieścić się w określonym przedziale wynikającym z późniejszego przeznaczenia. Długość, szerokość czy też średnia masa były zbliżone dla każdej z kombinacji (dawki promieniowania mikrofalowego) i porównywalne z ogórkami zebranymi z poletek kontrolnych (poletka nie poddane zabiegowi mikrofalowemu). Należy zaznaczyć, że ogórki zbierane z uprawy kontrolnej charakteryzowały się większym rozrzutem wartości skrajnych przez co plon był mniej jednorodny.



Rysunek 66. Charakterystyka cech fizycznych zebranych ogórków w uprawie zagonowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego: a) masa; b) szerokość; c) długość; d) grubość
Źródło: opracowanie własne

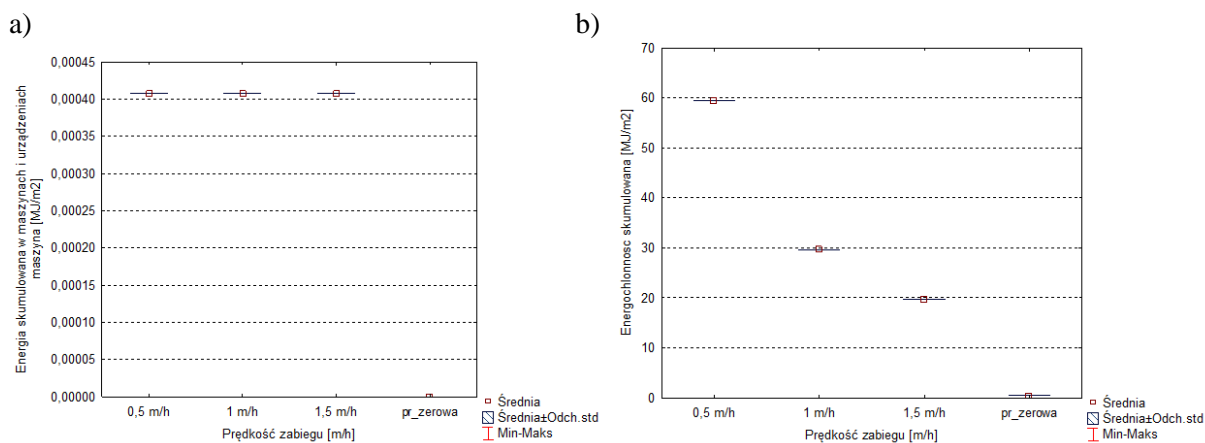
Na rysunkach 67a, 67b, 67c, 67d przedstawiono współczynniki sferyczności ogórków oraz wskaźnik wypełnienia gabarytowego. Nie odnotowano wyraźnych różnic w w/w wartościach między ogórkami zbieranymi z poletek, gdzie stosowano różnorodne natężenie promieniowania mikrofalowego a także poletek gdzie tego promieniowania nie stosowano. Wszystkie ogórki zbierane były z przeznaczeniem do zakiszania, co determinowało fazę wzrostu w której realizowano proces zbioru.



Rysunek 67. Parametry opisujące cechy fizyczne zebranych ogórków uprawie zagonowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego: a) współczynnik wydłużenia; b) współczynnik spłaszczenia; c) współczynnik wypełnienia gabarytowego d) powierzchnia rzutu

Źródło: opracowanie własne

Zapotrzebowanie energetyczne (rys. 68b) wynikało bezpośrednio z ilości zapotrzebowania energii urządzenia mikrofalowego, które było jednakowe w czasie a nakład jednostkowy energii wynikał z prędkości jazdy w czasie zabiegu. Im mniejsza prędkość urządzenia tym większa dawka promieniowania a tym samym większe zużycie energii. Energia skumulowana w maszynach była jednakowa dla każdej z kombinacji ponieważ wykorzystywane było to samo urządzenie (rys. 68a).



Rysunek 68. Zapotrzebowanie energetyczne poszczególnych kombinacji w uprawie zagonowej ogórka, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego a) energia skumulowana w maszynach; b) energochłonność skumulowana zabiegu na jednostkę jednego metra kwadratowe

Źródło: opracowanie własne

Na podstawie przeprowadzonego Testu Duncana określono różnice istotne statystycznie w średniej powierzchni zachwaszczenia poszczególnych poletek (tab. 27). Zaobserwowano że istotnie statystycznie różniło się średnie pokrycie powierzchni poletek przez chwasty (zachwaszczenie) na poletkach na których nie przeprowadzono zabiegu termicznej eliminacji zachwaszczenia w stosunku do poletek na których ten zabieg przeprowadzono, przy każdej z trzech testowanych dawek promieniowania (wynikających z prędkości roboczej generatora promieniowania mikrofalowego).

Tabela 27

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy powierzchni zachwaszczenia dla uprawy zagonowej ogórka przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

Prawdopodobieństwa dla testów post-hoc Błąd: MS międzygrupowe = 9479E2, df = 92,000				
	pr_zerowa	0,5 m·h ⁻¹	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹
pr_zerowa	xxx	*	*	*
0,5 m·h ⁻¹		xxx		
1,0 m·h ⁻¹			xxx	
1,5 m·h ⁻¹				xxx

różnice istotne na poziomie $p=0,05$

Źródło: opracowanie własne

W przypadku średniej plonu (tab. 28) oraz średniej liczby zbieranych ogórków (tab. 29) różnice istotne statycznie zostały zarejestrowane pomiędzy poletkami poddanymi zabiegowi mikrofalowemu niezależnie od prędkości roboczej urządzenia generującego mikrofałe (dawki promieniowania) a uprawą zerową na której zabieg nie został przeprowadzony oraz między poszczególnymi dawkami promieniowania (prędkości roboczej urządzenia) względem siebie.

Tabela 28

Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy plonu dla uprawy zagonowej ogórka przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

Prawdopodobieństwa dla testów post-hoc Błąd: MS międzygrupowe = ,90494, df = 92,000				
	pr_zerowa	0,5 m·h ⁻¹	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹
pr_zerowa	xxx	*	*	*
0,5 m·h ⁻¹		xxx	*	*
1,0 m·h ⁻¹			xxx	*
1,5 m·h ⁻¹				xxx

różnice istotne na poziomie p=0,05

Źródło: opracowanie własne

Tabela 29

Wynik testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy liczby ogórków dla uprawy zagonowej ogórka przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

Prawdopodobieństwa dla testów post-hoc Błąd: MS międzygrupowe = ,06522, df = 92,000				
	pr_zerowa	0,5 m·h ⁻¹	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹
pr_zerowa	xxx	*	*	*
0,5 m·h ⁻¹		xxx	*	*
1,0 m·h ⁻¹			xxx	*
1,5 m·h ⁻¹				xxx

różnice istotne na poziomie p=0,05

Źródło: opracowanie własne

Wyniki średniej szerokości (tab. 30) i średniej grubości (tab. 31) zbieranych ogórków różniły się istotnie między każdą z zadanych dawek promieniowania (prędkościami roboczymi urządzenia mikrofalowego 0,5 m·h⁻¹; 1,0 m·h⁻¹ 1,5 m·h⁻¹) a poletkami nie poddanymi zabiegowi termicznemu (pr_zerowa).

Tabela 30

Wynik testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy średniej szerokości ogórka dla uprawy zagonowej ogórka przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

Prawdopodobieństwa dla testów post-hoc Błąd: MS międzygrupowe = ,00444, df = 92,000				
	pr_zerowa	0,5 m·h ⁻¹	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹
pr_zerowa	xxx	*	*	*
0,5 m·h ⁻¹		xxx		
1,0 m·h ⁻¹			xxx	
1,5 m·h ⁻¹				xxx

różnice istotne na poziomie p=0,05

Źródło: opracowanie własne

Tabela 31

Wynik testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy średniej grubości ogórka dla uprawy zagonowej ogórka przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

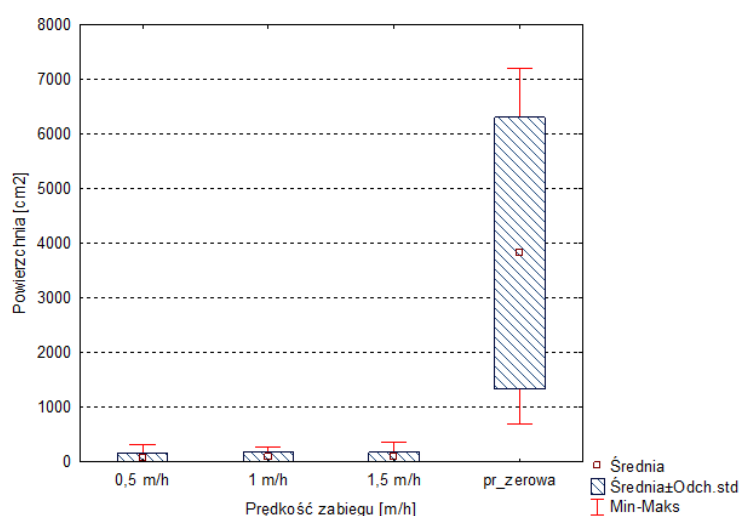
Prawdopodobieństwa dla testów post-hoc Błąd: MS międzygrupowe = ,00308, df = 92,000				
	pr_zerowa	0,5 m·h ⁻¹	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹
pr_zerowa	xxx	*	*	*
0,5 m·h ⁻¹		xxx		
1,0 m·h ⁻¹			xxx	
1,5 m·h ⁻¹				xxx

różnice istotne na poziomie p=0,05

Źródło: opracowanie własne

5.2.6. Uprawa ogórka - technologia redlinowa

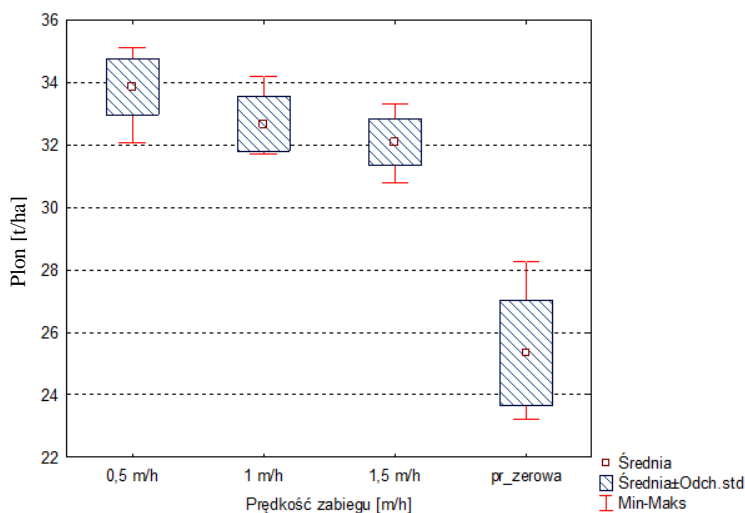
Drugą metodą uprawy ogórka podobnie jak w przypadku marchwi i buraka ćwikłowego był system uprawy redlinowej. Różnica w stosunku do uprawy zagonowej widoczna była szczególnie w początkowej fazie wzrostu. Wraz ze wzrostem rośliny i częściowym zwarciem międzyrzędzi różnice były coraz mniej widoczne. Wpływ zastosowania termicznego zabiegu niszczenia chwastów bardzo wyraźny, co przedstawiono na rysunku 69. Poziom zachwaszczenia na poletkach kontrolnych znacząco przekraczał poziom obserwowany na kwaterach poddanych zabiegowi termicznemu. Dawka promieniowania nie różnicowała poziomu zachwaszczenia, stąd też nawet najwyższa prędkość generatora promieniowania mikrofalowego (najniższa dawka promieniowania) była wystarczająco skuteczna.



Rysunek 69. Wielkość zachwaszczenia powierzchni poletka względem kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego w uprawie redlinowej ogórka

Źródło: opracowanie własne

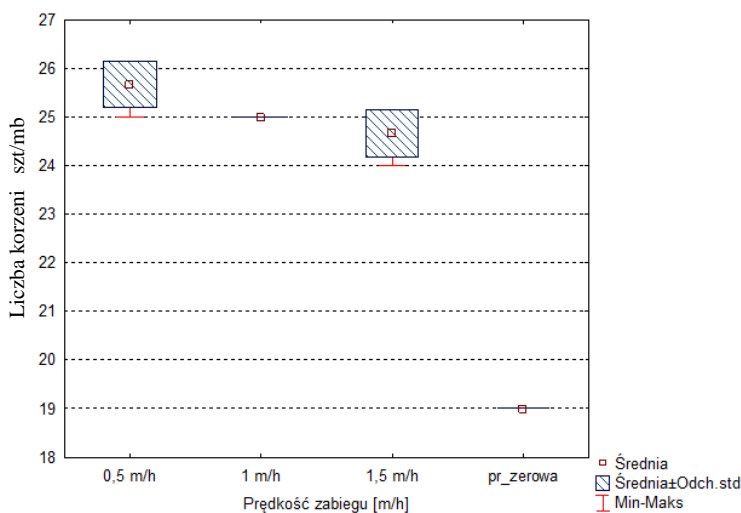
Poziom zachwaszczenia w próbie kontrolnej kilkakrotnie przewyższał poziom obserwowany w każdej z zastosowanych kombinacji z użyciem mikrofal. Chwasty w początkowej fazie rozwoju rośliny uprawianej były zredukowane i nie stanowiły dla niej bezpośredniej konkurencji. Konsekwencją większej przestrzeni życiowej i lepszej dostępności składników odżywczych, wody i światła był wyższy plon. Średni plon mieścił się w przedziale od 32 ton na hektar dla najwyższej prędkości roboczej urządzenia a co za tym idzie najniższej dawki promieniowania do około 34 ton na hektar dla prędkości najniższej. Był on znacząco wyższy od średniej plonu z próby kontrolnej wynoszącej około 25 ton z hektara (rys. 70).



Rysunek 70. Plon ogórka w zależności od rodzaju kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego w uprawie redlinowej

Źródło: opracowanie własne

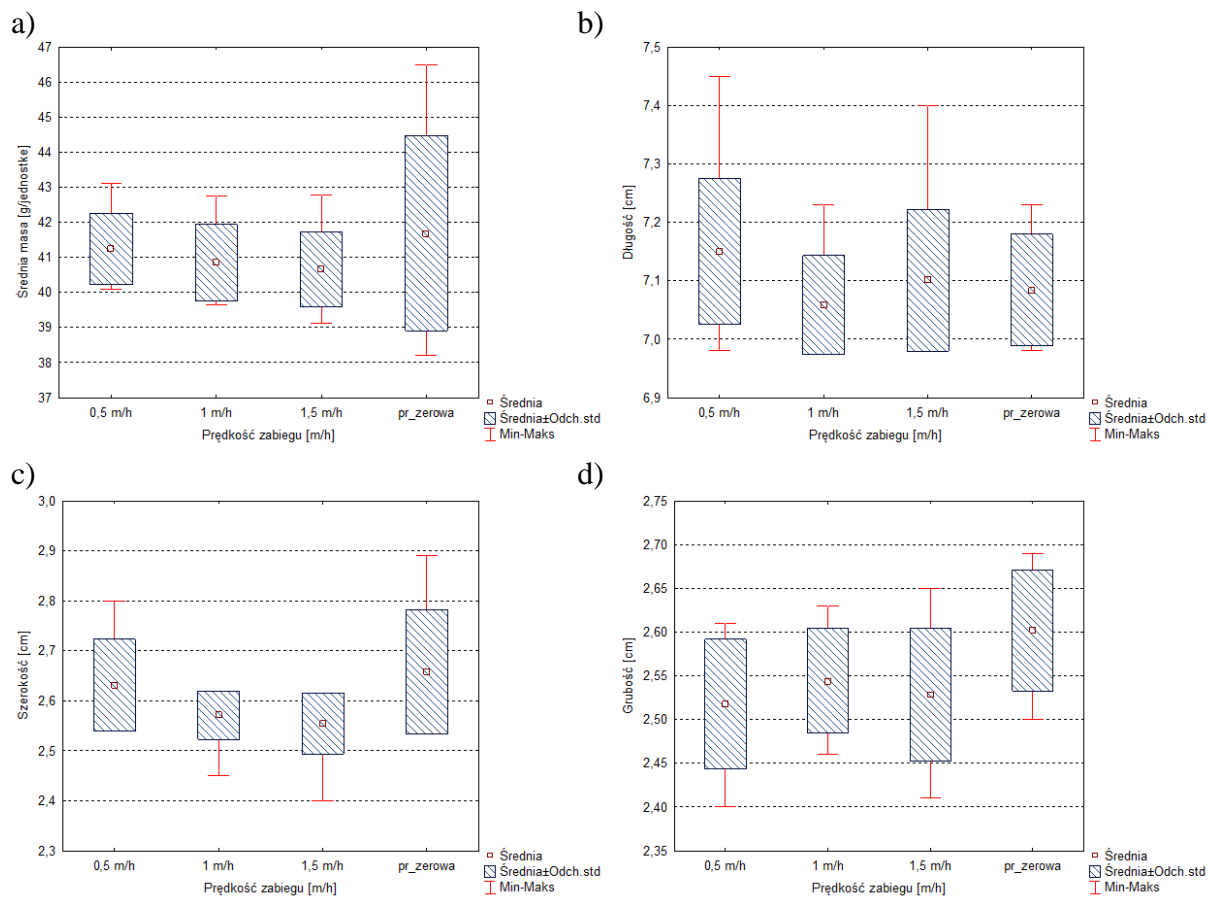
Oczywiście wraz ze wzrostem plonu wzrastała liczba sztuk ogórków zbieranych w poszczególnych kombinacjach w stosunku do próby kontrolnej. Na poletkach nie poddanych zabiegowi termicznemu zbierano średnio 19 sztuk ogórków z długości 1 metra bieżącego redliny. Liczba ogórków zbieranych z poletek gdzie nie stosowano zabiegu mikrofalowego była niższa o około 20% w stosunku do średnich wartości odnotowanych na poletkach na których był zabieg był wykonany (rys. 71).



Rysunek 71. Średnia liczba sztuk ogórków na długości 1 mb. redliny przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznej eliminacji zachwaszczenia w uprawie redlinowej

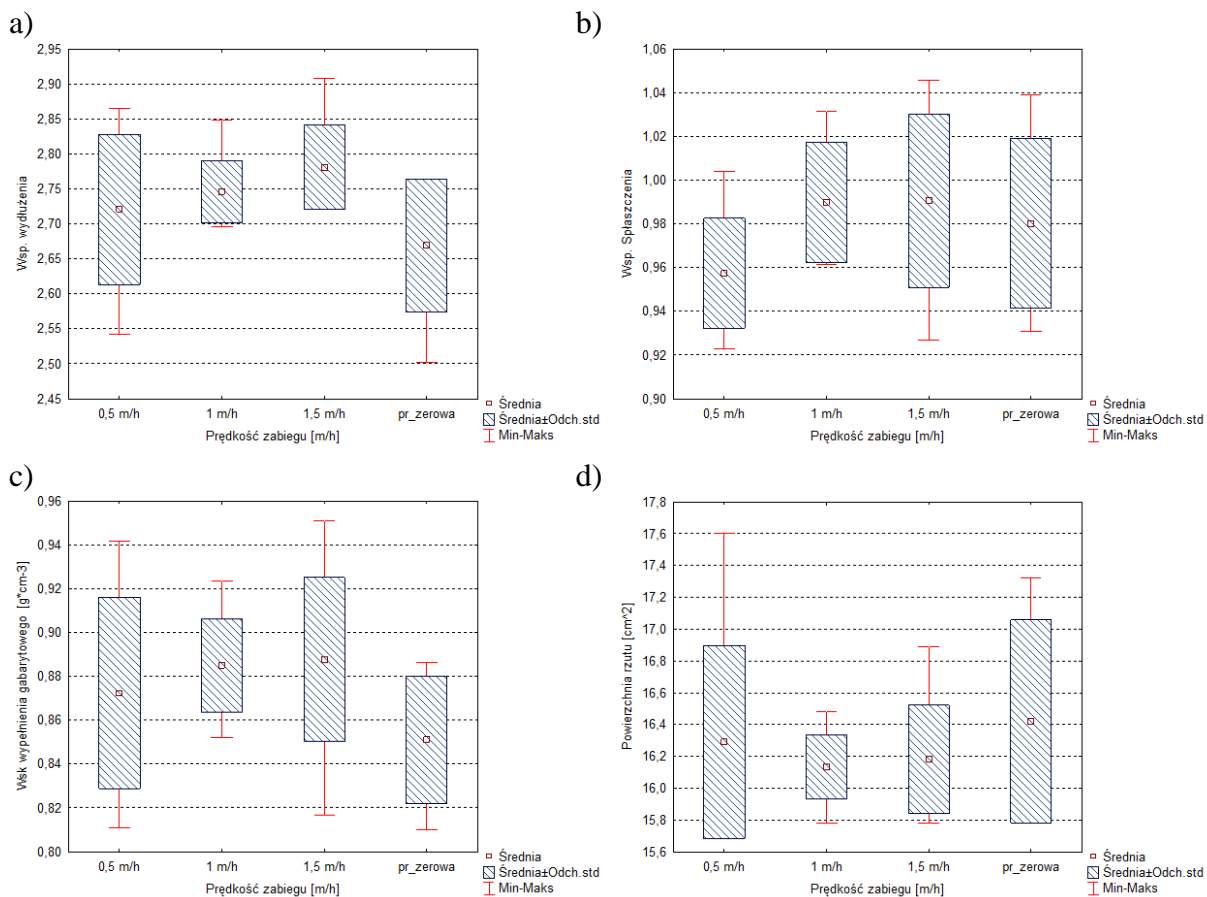
Źródło: opracowanie własne

Nie zaobserwowano istotnych zmian w cechach fizycznych ogórków. Kształt oraz masa były zbliżone niezależnie od stosowania zabiegu termicznego (dawki promieniowania) lub jego braku (rys. 72abcd).



Rysunek 72. Charakterystyka cech fizycznych zebranych ogórków w uprawie redlinowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego: a) masa; b) długość; c) szerokość; d) grubość
Źródło: opracowanie własne

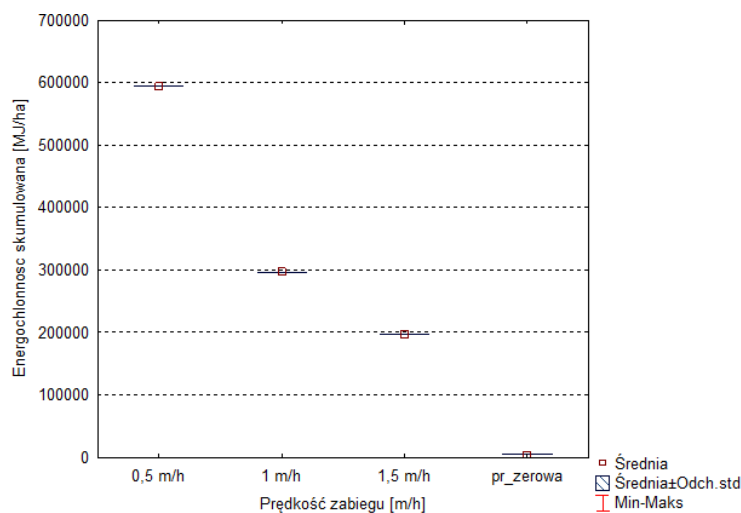
Konsekwencją zbliżonej masy oraz kształtu poszczególnych ogórków były zbliżone do siebie współczynniki kształtu opisane na rysunku 73a, 73b, 73c, 73d.



Rysunek 73. Parametry opisujące cechy fizyczne zebranych ogórków uprawie redlinowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego: a) współczynnik wydłużenia; b) współczynnik spłaszczenia; c) współczynnik wypełnienia gabarytowego d) powierzchnia rzutu

Źródło: opracowanie własne

Zapotrzebowanie energetyczne poszczególnych metod, podobnie jak w przypadku uprawy zagonowej były konsekwencją prędkości roboczej a co za tym idzie dawki promieniowania i zużycia energii elektrycznej (rys. 74). Różnice są znaczące i wyraźnie przewyższają różnice w odnotowanych efektach w postaci większego plonu.



Rysunek 74. Zapotrzebowanie energetyczne poszczególnych kombinacji w uprawie redlinowej ogórka, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego na powierzchni jednego hektara

Źródło: opracowanie własne

Zaobserwowane różnice w średniej powierzchni zachwaszczenia poletek doświadczalnych były istotne statystycznie nie między poletkami gdzie zabieg mikrofalowy został przeprowadziny a poletkami stanowiącymi próbę zerową niezależnie od kombinacji doświadczenia (dawki promieniowania wynikającej z prędkości urządzenia) (tab. 32).

Tabela 32

Wynik testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy powierzchni zachwaszczenia dla uprawy redlinowej ogórka przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

Prawdopodobieństwa dla testów post-hoc Błąd: MS międzygrupowe = 9463E2, df = 92,000				
	pr_zerowa	0,5 m·h ⁻¹	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹
pr_zerowa	xxx	*	*	*
0,5 m·h ⁻¹		xxx		
1,0 m·h ⁻¹			xxx	
1,5 m·h ⁻¹				xxx

różnice istotne na poziomie $p=0,05$

Źródło: opracowanie własne

W przypadku plonu (tab. 33) różnice wyników były istotne statystycznie porównując poletka na których zabieg nie został przeprowadzony (próba kontrolna) z poletkami na których zabieg przeprowadzono. Dotyczyło to każdej z trzech dawek promieniowania. Dodatkowo istotne różnice w opisywanym średnim plonie dotyczyły poletek na których dawka promieniowania była najwyższa (prędkość robocza 0,5 m·h⁻¹) w stosunku do poletek na których zabieg przeprowadzony był z prędkością roboczą urządzenia wynoszącą 1,5 m·h⁻¹

Tabela 33

Wynik Testu Scheffego dla zbadania istotności statystycznej różnicy plonu dla uprawy redlinowej ogórka przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

Prawdopodobieństwa dla testów post-hoc Błąd: MS międzygrupowe = 1,0398, df = 92,000				
	pr_zerowa	0,5 m·h ⁻¹	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹
pr_zerowa	xxx	*	*	*
0,5 m·h ⁻¹		xxx		*
1,0 m·h ⁻¹			xxx	
1,5 m·h ⁻¹				xxx

różnice istotne na poziomie p=0,05

Źródło: opracowanie własne

Liczba ogórków była zróżnicowana, różnice te były istotne statystycznie między wszystkimi kombinacjami doświadczenia (tab. 34).

Tabela 34

Wynik testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy liczby ogórków dla uprawy redlinowej ogórka przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów

Prawdopodobieństwa dla testów post-hoc Błąd: MS międzygrupowe = ,13043, df = 92,000				
	pr_zerowa	0,5 m·h ⁻¹	1,0 m·h ⁻¹	1,5 m·h ⁻¹
pr_zerowa	xxx	*	*	*
0,5 m·h ⁻¹		xxx	*	*
1,0 m·h ⁻¹			xxx	*
1,5 m·h ⁻¹				xxx

różnice istotne na poziomie p=0,05

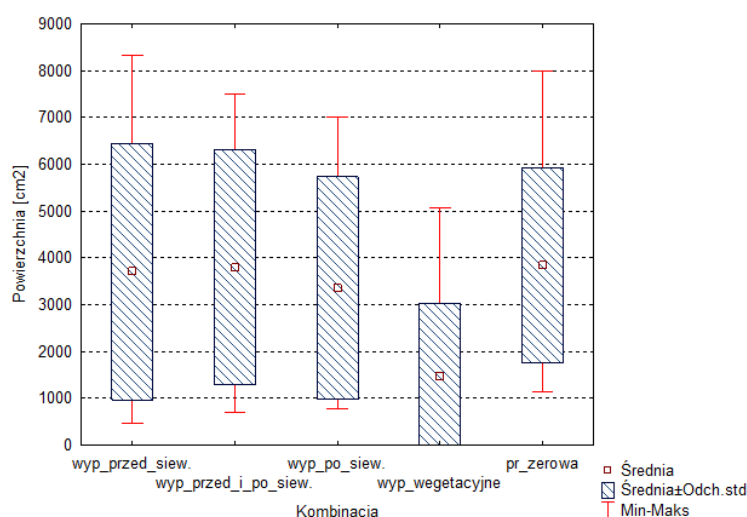
Źródło: opracowanie własne

W przypadku pozostałych analizowanych wielkości nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między kombinacjami doświadczenia.

5.3. Technologia z wykorzystaniem Termopielnika

5.3.1. Uprawa marchwi – technologia zagonowa

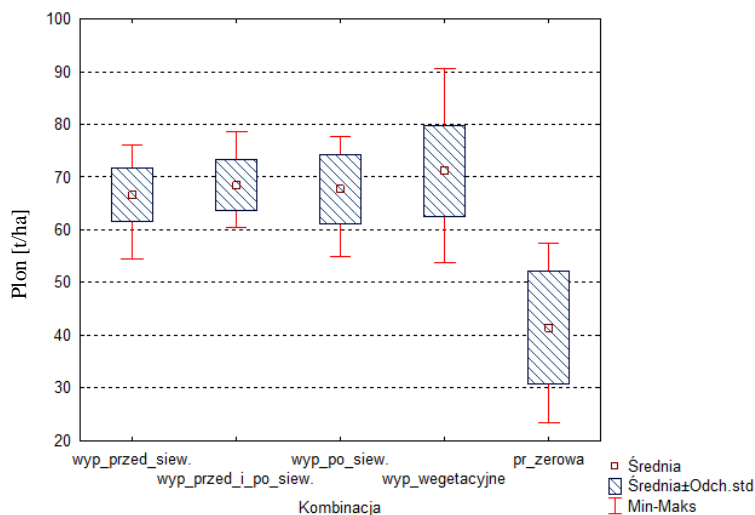
Zgodnie z założoną metodyką zabieg termiczny z wykorzystaniem Termopielnika przeprowadzony był w czterech wariantach dotyczących terminu zastosowania, co stanowiło poszczególne kombinacje doświadczenia. Pierwsza kombinacja dotyczyła zabiegu przeprowadzonego bezpośrednio tylko przed siewem nasion, natomiast druga dotyczyła zabiegu przeprowadzonego tylko po siewie. Połączeniem tych kombinacji było dwukrotne zastosowanie zabiegu wypalania bezpośrednio przed i po siewie nasion stanowiąc trzeci wariant doświadczenia. Czwartą kombinacją zabiegu termicznego było wykonanie go w trakcie wegetacji chwastów, czyli bezpośrednio przed pojawieniem się części zielonych rośliny na powierzchni pola. Był to zabieg jednokrotny, który dla każdej z uprawianych roślin wykonywany był w innym terminie, co było uzależnione od czasu jaki dana roślina potrzebowała do kiełkowania i przebicia się przez warstwę gleby do jej powierzchni. Na rysunku 75 przedstawiono średnią powierzchnię zachwaszczenia poletek całego okresu pomiarowego poszczególnych wariantów kombinacji zabiegu termicznego w zestawieniu z próbą kontrolną na której żaden zabieg wypalania nie był przeprowadzany. Dla większości kombinacji średnia powierzchnia zakryta przez chwasty była zbliżona do próby kontrolnej. Wyraźnie niższe zachwaszczenie odnotowano na poletkach, gdzie wypalano rośliny konkurencyjne w trakcie trwania wegetacji, co eliminowało rośliny kiełkujące szybciej niż marchew, więc bezpośrednio z nią konkurujące.



Rysunek 75. Wielkość zachwaszczenia powierzchni poletka względem kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem Termopielnika w uprawie zagonowej marchwi

Źródło: opracowanie własne

Mierzalnym efektem wpływu zastosowanej metody odchwaszczania był plon. Średnio odnotowano około 40 ton z hektara dla próby kontrolnej, czyli nie poddanej zabiegowi termicznemu. Była to wyraźnie niższa wartość w stosunku do 68 t·ha⁻¹ zebranych z poletka, gdzie zabieg wypalania wykonano przed siewem nasion i wysokości plonu nieco ponad 70 t·ha⁻¹ odnotowanego na poletkach poddanych zabiegowi wypalania w czasie wegetacji roślin (rys. 76).

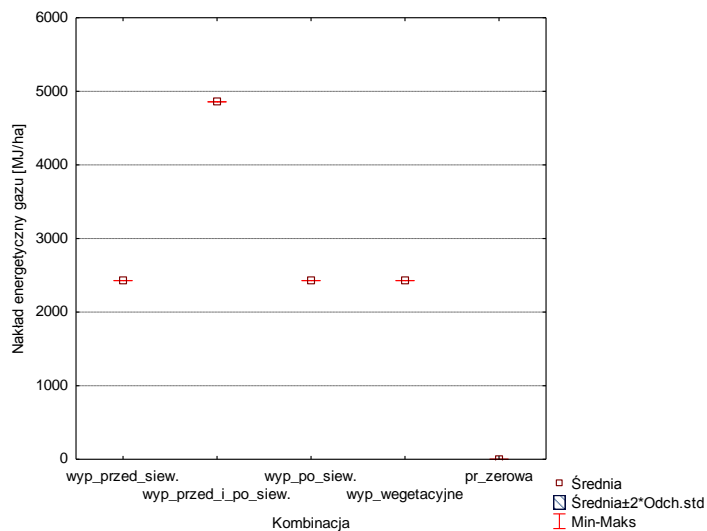


Rysunek 76. Plon marchwi w zależności od rodzaju kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem Termopielnika w uprawie zagonowej marchwi

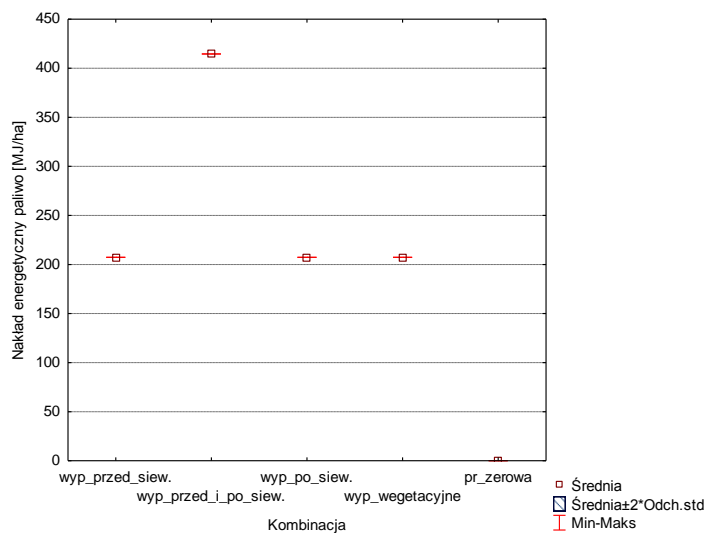
Źródło: opracowanie własne

Zapotrzebowanie energetyczne poszczególnych metod odchwaszczania było składową kilku czynników. Najistotniejszymi elementami tej wartości było zużycie gazu przez Termopielnik oraz zużycie paliwa przez ciągnik. Obie te wartości uzależnione były od wydajności wypalania a w przypadku ciągnika również od stopnia obciążenia silnika. Ze względu na kombinacje doświadczenia wypalanie jednoprzjazdowe miało zapotrzebowanie energetyczne o połowę niższe niż zabieg wykonywany przed i po siewie na tym samym poletku (rys. 77a, 77b, 77c, 77d).

a)



b)

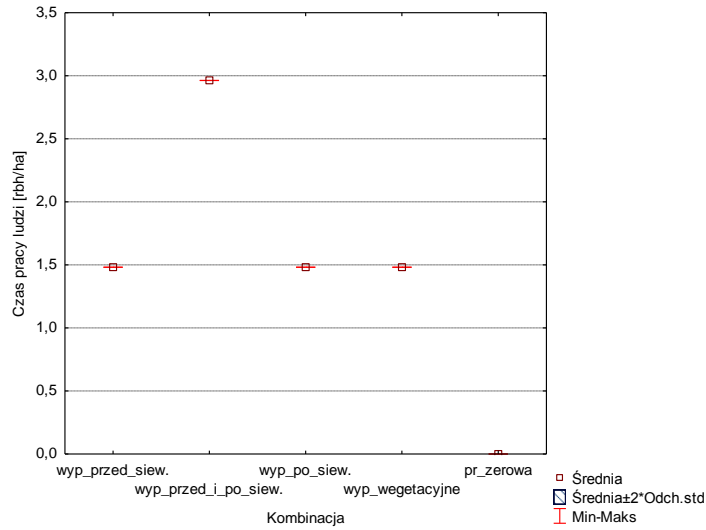


Rysunek 77. Nakład energetyczny dla analizowanych kombinacji doświadczenia w uprawie zagonowej marchwi, zabieg termiczny z wykorzystaniem Termopielnika: a) zapotrzebowanie gazu; b) zapotrzebowanie paliwa

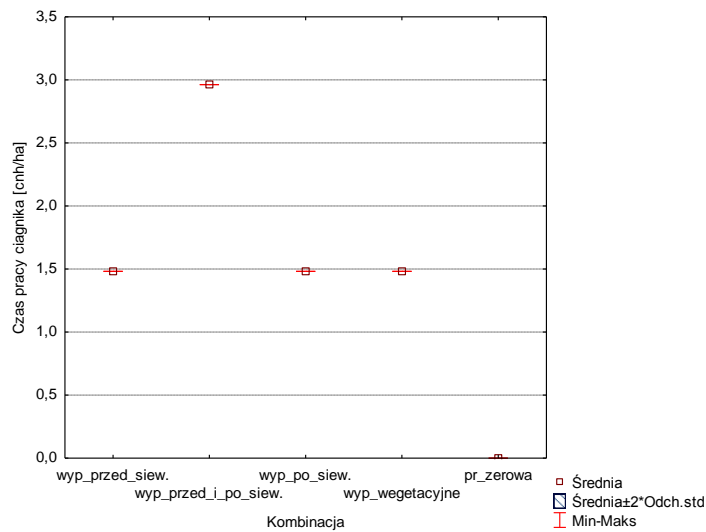
Źródło: opracowanie własne

Prędkość robocza agregatu w każdym wariantcie doświadczenia była taka sama wynosząc ok 3,7 km/h, co miało istotne znaczenie dla zapewnienia jednakowego procesu wypalania. Nakład pracy maszyn oraz ludzi dla poszczególnych kombinacji doświadczenia przedstawiono na rysunkach 78a, 78b, 78c, .

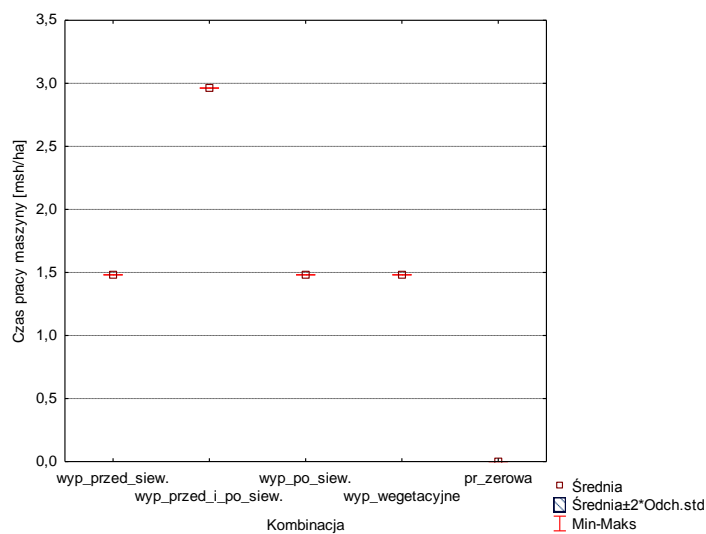
a)



b)



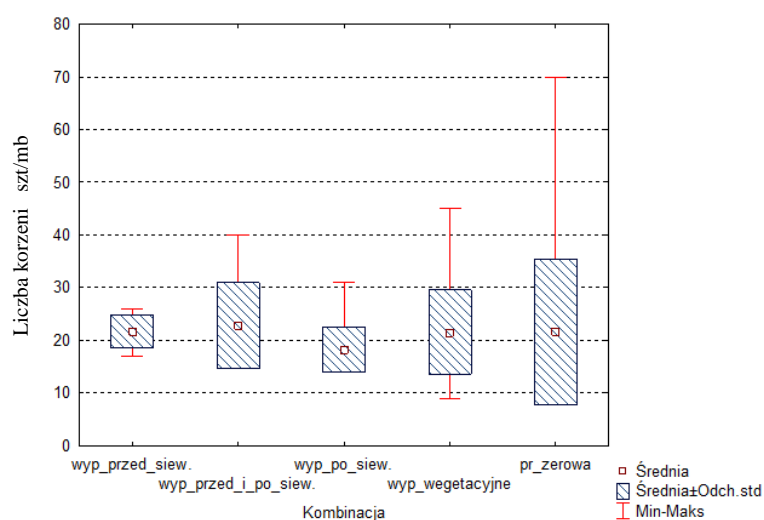
c)



Rysunek 78. Nakład pracy maszyn i ludzi w poszczególnych kombinacjach doświadczenia w uprawie zagonowej marchwi, zabieg termiczny z wykorzystaniem Termopielnika: a) nakład pracy ludzkiej, b) nakład pracy ciągnika, c) nakład pracy maszyny

Źródło: opracowanie własne

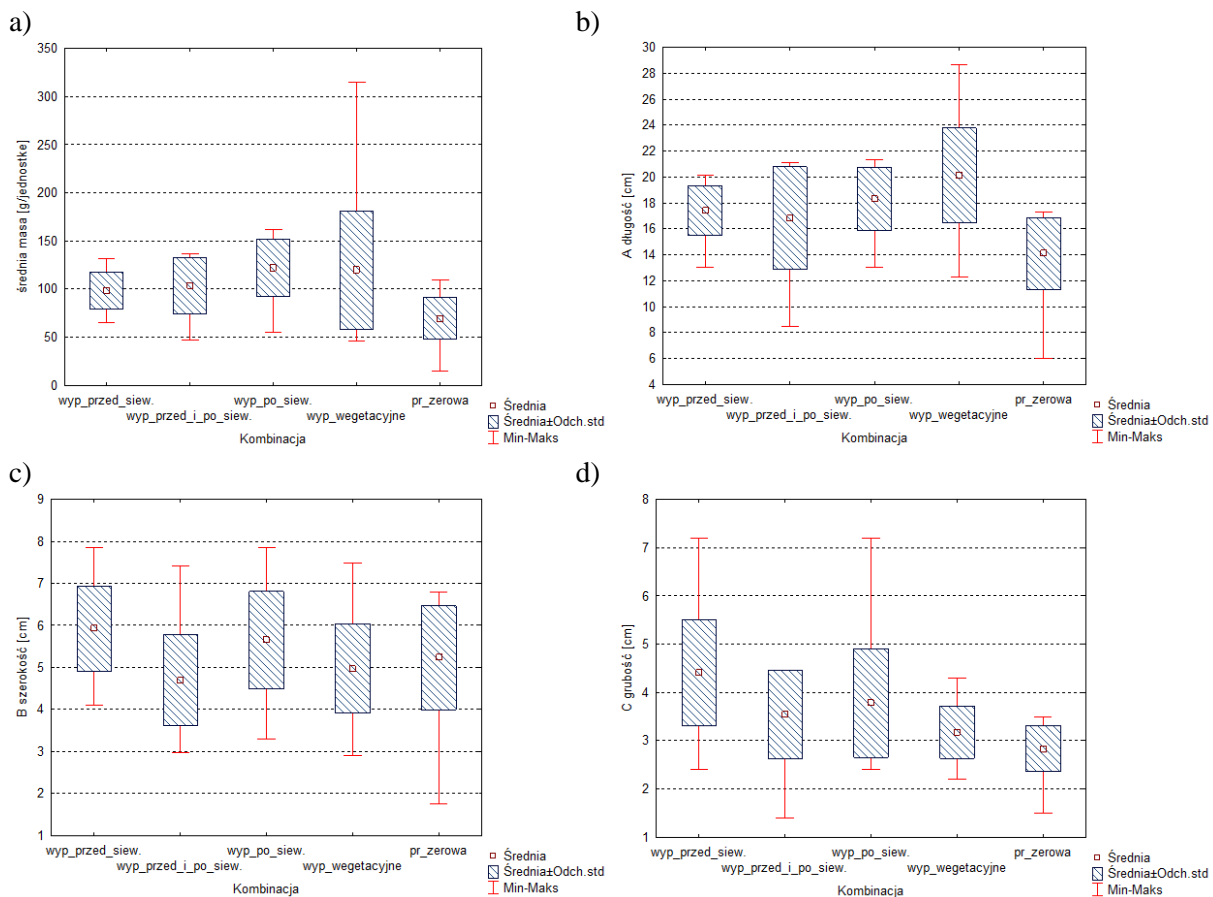
W doświadczeniu na podstawie wstępnych badań założono prędkość roboczą, która w warunkach polowych pozwalała wyeliminować 100% chwastów w czasie jednego przejazdu Termopielnika. W związku z powyższym wydajność efektywna wypalania wynosiła $0,675 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$, co przekładało się na nakład czasu pracy maszyn i ludzi wynoszących ok $1,5 \text{ h} \cdot \text{ha}^{-1}$ przedstawiony na rysunku 78. Należy zaznaczyć, że w przypadku technologii tradycyjnej zmierzonej na polu produkcyjnym gospodarstwa w którym realizowano doświadczenie nakład czasu pracy wynosił ok $74 \text{ rbh} \cdot \text{ha}^{-1}$ porównując chronologiczne okresy uprawy marchwi. Liczba korzeni marchwi w poszczególnych kombinacjach doświadczenia była do siebie zbliżona wynosząc ok 20 sztuk na jeden metr bieżący rzędu (rys. 79). Największą zmienność w liczbie korzeni zaobserwowano na poletkach kontrolnych (bez zabiegu wypalania).



Rysunek 79. Średnia liczba korzeni marchwi na długości 1 mb przy zastosowaniu Termopielnika do termicznej eliminacji zachwaszczenia w uprawie zagonowej

Źródło: opracowanie własne

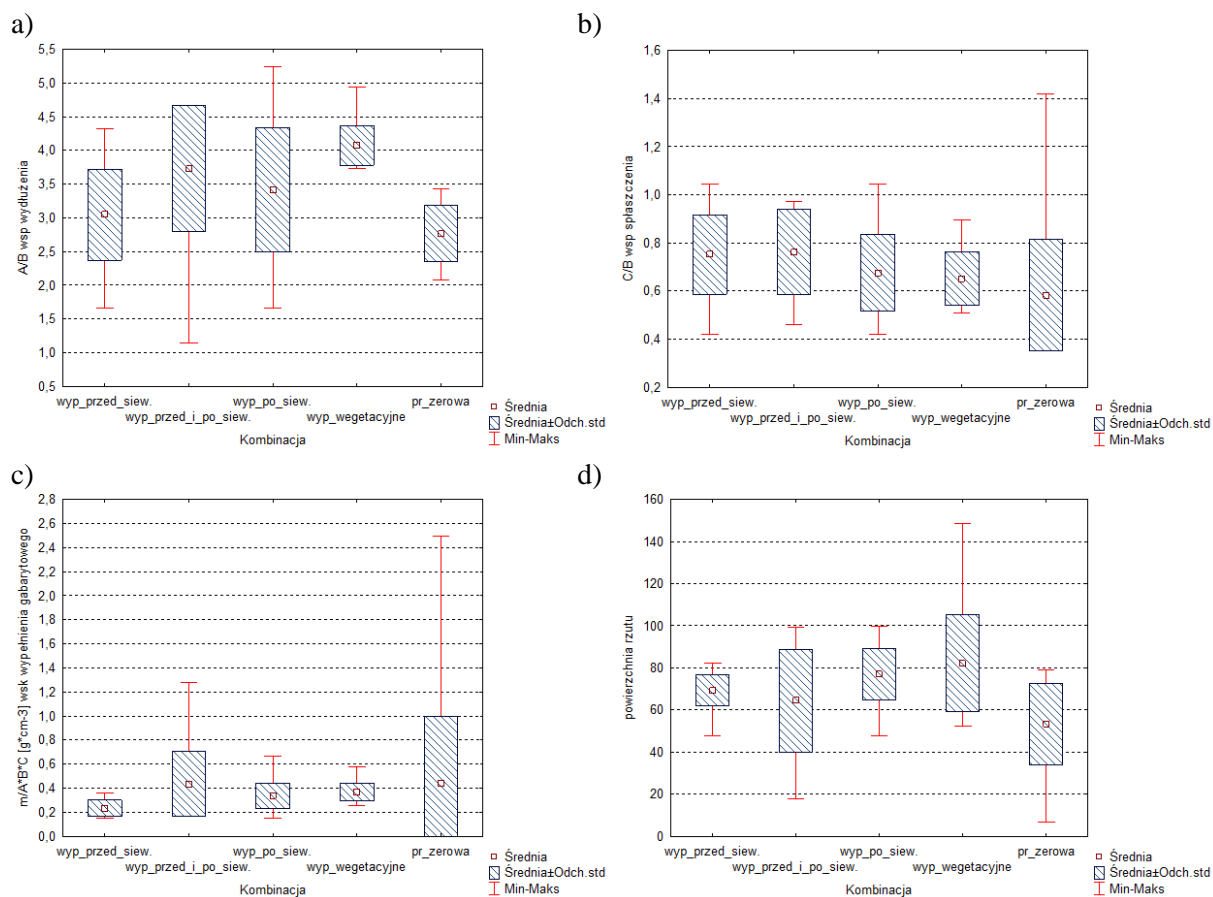
Nie zaobserwowano istotnych statystycznie różnic w wartościach średnich wybranych właściwości fizycznych korzeni marchwi pomiędzy poszczególnymi kombinacjami doświadczenia (rys. 80a, 80b, 80c, 80d). Zaobserwowano, że rośliny zbierane z miejsc poddanych zabiegowi termicznemu w czasie wegetacji charakteryzowały się największym zróżnicowaniem pod względem masy oraz długości korzeni.



Rysunek 80. Charakterystyka cech fizycznych korzeni marchwi w uprawie zagonowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem Termopielnika: a) masa; b) długość; c) szerokość; d) grubość

Źródło: opracowanie własne

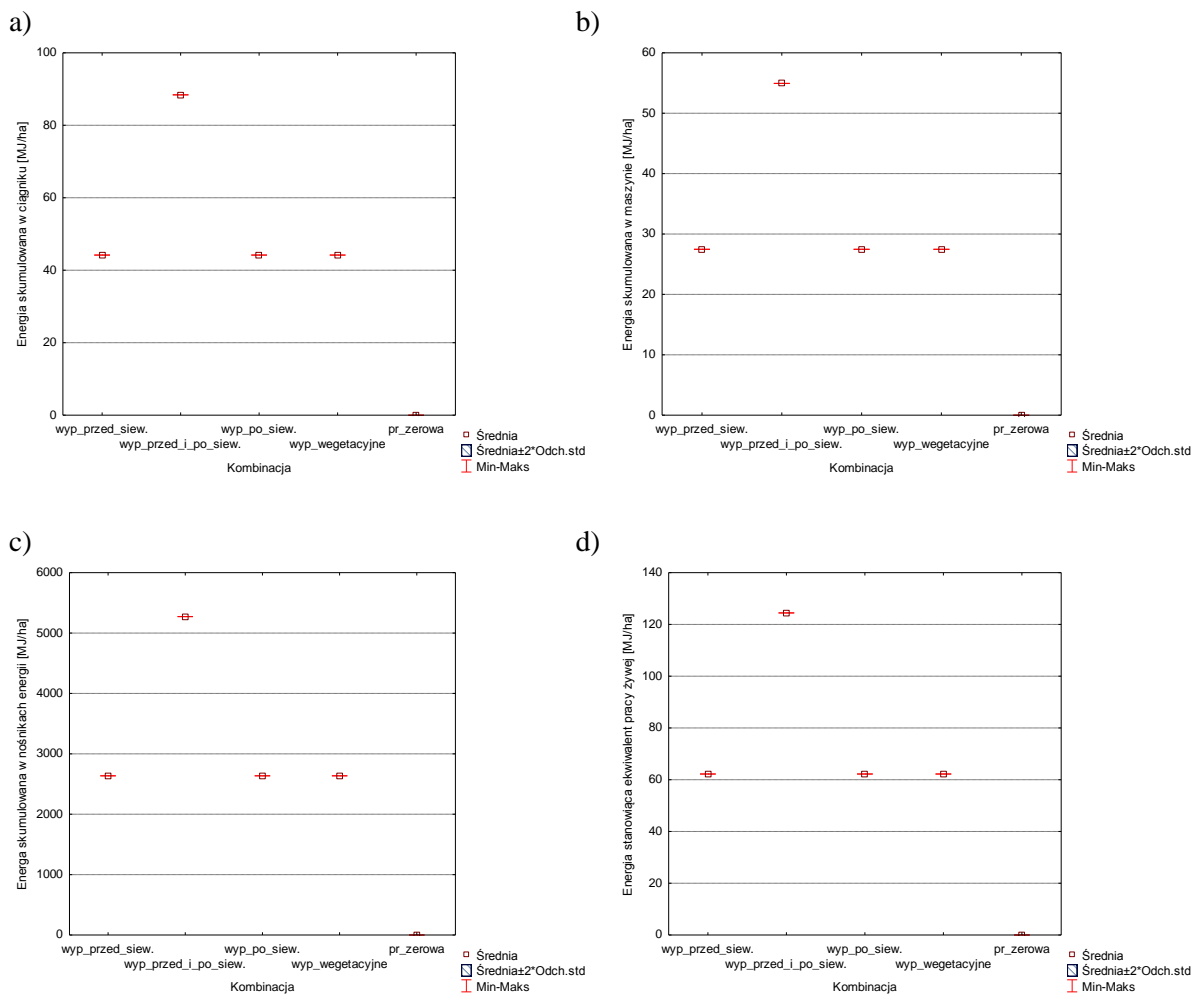
Na rysunkach 81a, 81b, 81c, 81d przedstawiono współczynniki kształtu korzeni marchwi dla każdej z kombinacji doświadczenia. Odnotowano, że próba kontrolna charakteryzowała się dużym zróżnicowaniem współczynnika spłaszczenia oraz wskaźnikiem wypełnienia gabarytowego. Prawdopodobnie było to wynikiem znacznego zachwaszczenia poletka uniemożliwiający równomierny rozwój rośliny.



Rysunek 81. Cechy fizyczne korzeni marchwi w uprawie zagonowej dla kombinacji doświadczenia gdzie stosowano wypalanie: a) współczynnik wydłużenia; b) współczynnik spłaszczenia; c) wskaźnik wypełnienia gabarytowego d) powierzchnia rzutu korzenia marchwi na podłoże

Źródło: opracowanie własne

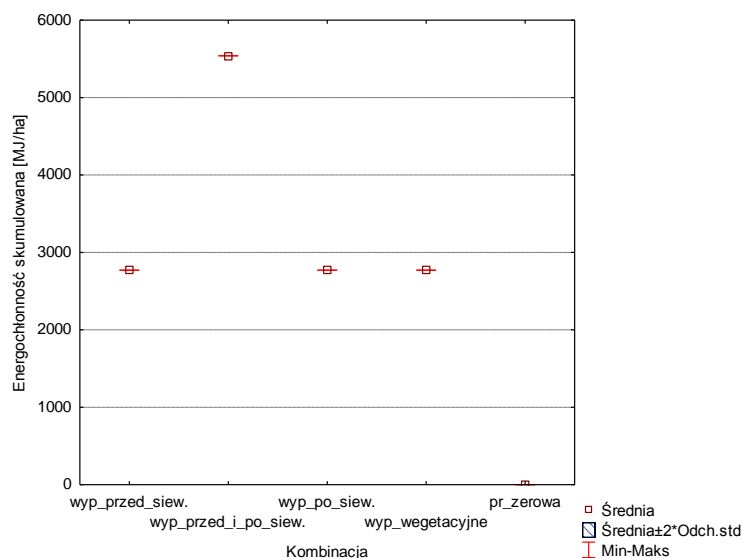
Energochłonność skumulowana poszczególnych metod była sumą kilku składowych takich m.in. energii skumulowanej w maszynach i urządzeniach, środkach energetycznych, czy też ekwiwalentu pracy żywej (rys. 82a, 82b, 82c, 82d). Należy zaznaczyć, że dominującym jest w tym przypadku strumień energetyczny skumulowany w nośnikach energii.



Rysunek 82. Składowe energochłonności skumulowanej dla kombinacji doświadczenia, gdzie stosowano wypalanie: a) energia skumulowana w maszynach i urządzeniach -ciągnik; b) energia skumulowana w maszynach i urządzeniach -Termopielnik; c) energia skumulowana w nośnikach energii, d)energia stanowiąca ekwiwalent pracy żywej

Źródło: opracowanie własne

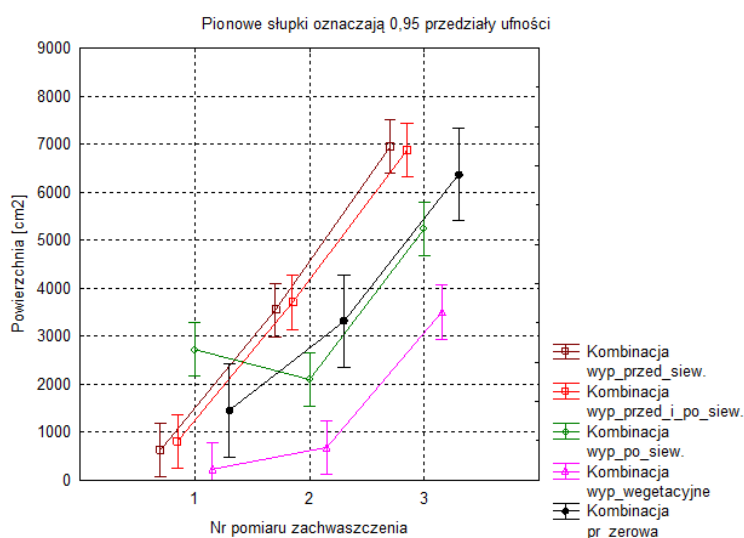
Uwzględniając podstawowe składowe energochłonności odnotowano, że energochłonność skumulowana w przypadku jednokrotnego przejazdu Termopielnikiem wynosiła $2769 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ a przypadku dwukrotnego przejazdu energochłonność skumulowana jest dwukrotnością w/w wartości (rys.83). Porównując otrzymane wartości energochłonności do technologii tradycyjnej, gdzie pielenie realizowane jest ręcznie a nakład energetyczny jest równy ekwiwalentowi pracy żywej wynosząc $3111 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ należy podkreślić, że przy jednokrotnym użyciu Termopielnika nakład energetyczny jest mniejszy, natomiast w przypadku podwójnego przejazdu Termopielnikiem nakład energetyczny jest większy w stosunku do technologii tradycyjnej. Jednak czas zaangażowania żywej siły roboczej jest nieporównywalny i technologia wykorzystująca Termopielnik jest na tej płaszczyźnie bezkonkurencyjna.



Rysunek 83. Energochłonność skumulowana poszczególnych kombinacji zabiegu wypalania w uprawie zagonowej marchwi

Źródło: opracowanie własne

Na rysunku 84 przedstawiono zestawienie poszczególnych kombinacji doświadczenia w odniesieniu do powierzchni zachwaszczenia poletek z uwzględnieniem kolejnych pomiarów powierzchni przedmiotowego zachwaszczenia w czasie okresu wegetacyjnego roślin. Zaobserwowano wyraźne zróżnicowanie w wartościach powierzchni zachwaszczenia między próbą kontrolną a zabiegiem wypalania wykonywanym podczas wegetacji rośliny. Biorąc pod uwagę skuteczność tego zabiegu oraz nakład energetyczny, który był porównywalny z innymi kombinacjami doświadczenia należy stwierdzić, że kombinacja z wypaleniem wegetacyjnym była najkorzystniejszym rozwiązaniem.



Rysunek 84. Termin pomiaru powierzchni zachwaszczenia w odniesieniu do poszczególnych kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem Termopielnika w uprawie zagonowej marchwi

Źródło: opracowanie własne

Wyniki poszczególnych pomiarów (trzech terminów) oraz kombinacji (zabieg termiczny wykonany przed siewem, zabieg termiczny wykonany po siewie, zabieg termiczny wykonany przed i po siewie, zabieg termiczny wykonany w trakcie wegetacji bezpośrednio przed wschodami, próba kontrolna na której nie wykonano zabiegu termicznego) średniej powierzchni zachwaszczenia poddano testowi statystycznemu w celu identyfikacji różnic istotnych statystycznie (tab. 35). Test Schaffego wykazał że dla pierwszego terminu pomiaru różnice w średniej powierzchni zachwaszczenia (istotne statystycznie) występują między zabiegiem wykonywanym przed siewem nasion a wykonywanym po siewie nasion a także w przypadku zabiegu termicznego wykonywanego po siewie nasion i zabiegu wykonywanego w trakcie wegetacji roślin. W przypadku drugiego terminu pomiaru zachwaszczenia istotne statystycznie okazały się różnice w poziomie zachwaszczenia między zabiegami wykonywanymi przed siewem oraz przed i po siewie nasion w stosunku do zabiegu wykonywanego wegetacyjnie tj. przed wschodami marchwi. Trzeci termin pomiaru powierzchni zachwaszczenia wykazał istotne statystycznie różnice w trzech przypadkach: między średnią zachwaszczenia poletek na których zabieg termiczny wykonany został przed siewem nasion a poletkami z zabiegiem wykonanym przedwschodowo; pomiędzy poletkami z podwójnym zabiegiem termicznym (zabieg przed i po siewie nasion) a poletkami, gdzie zabieg wykonano jednokrotnie bezpośrednio przed wschodami marchwi oraz dla tej samej kombinacji (zabieg wykonany w trakcie wegetacji) a poletkami na których nie przeprowadzono zabiegu termicznego (próba kontrolna).

Tabela 35

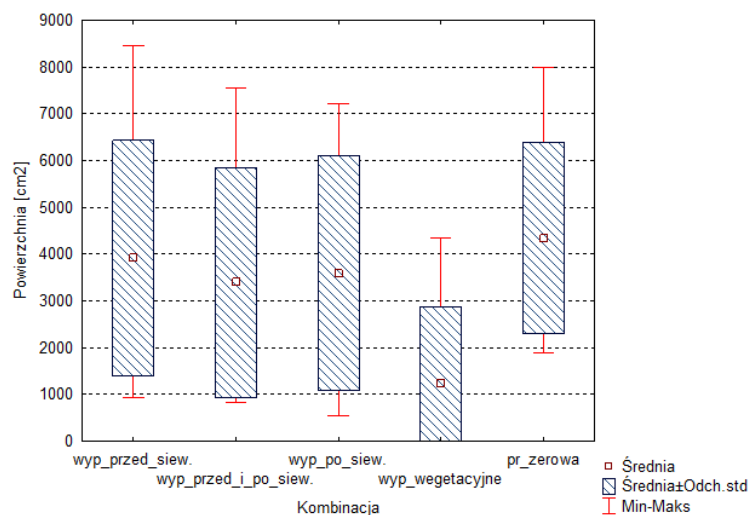
Test Scheffego różnic w wartościach powierzchni zachwaszczenia przy uprawie zagonowej marchwi między różnymi kombinacjami wypalania oraz terminu realizacji zabiegu a także próbą zerową

Prawdopodobieństwa dla testów post-hoc Błąd: MS międzygrupowe = 1200E3, df = 180,00																
Kombinacja	Nr pomiaru zachwaszczenia	{1} 630,051	{2} 353,962	{3} 694,303	{4} 810,941	{5} 370,292	{6} 687,553	{7} 272,251	{8} 209,482	{9} 524,263	{10} 226,651	{11} 681,982	{12} 349,903	{13} 145,421	{14} 331,052	{15} 637,573
wyp_przed_siew.	1	xxx	*	*		*	*	*		*			*			*
wyp_przed_siew.	2		xxx	*	*		*				*	*				*
wyp_przed_siew.	3			xxx	*	*		*	*		*	*	*	*	*	
wyp_przed_i_po_siew.	1				xxx	*	*			*			*			*
wyp_przed_i_po_siew.	2					xxx	*				*	*				
wyp_przed_i_po_siew.	3						xxx	*	*		*	*	*	*	*	
wyp_po_siew.	1							xxx		*	*	*				*
wyp_po_siew.	2								xxx	*						*
wyp_po_siew.	3									xxx	*	*		*		
wyp_vegetacyjne	1										xxx		*		*	*
wyp_vegetacyjne	2											xxx	*			*
wyp_vegetacyjne	3												xxx			*
pr_zerowa	1													xxx		*
pr_zerowa	2														xxx	
pr_zerowa	3															xxx

Źródło: opracowanie własne

5.3.2. Uprawa marchwi – technologia redlinowa

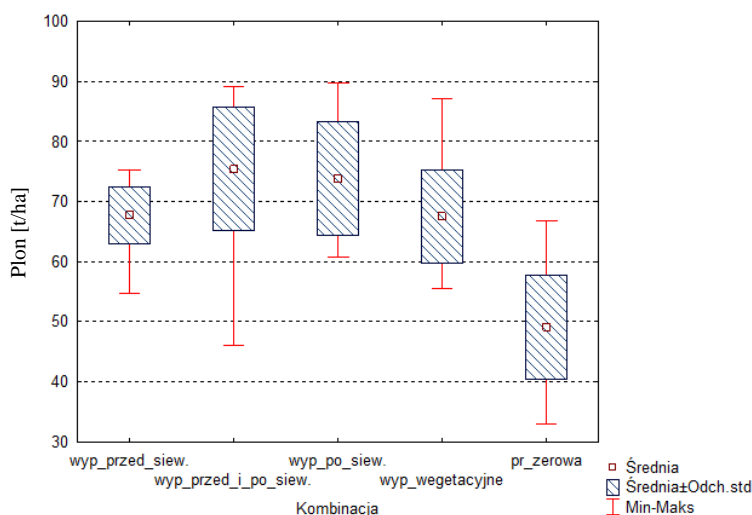
W uprawie redlinowej identycznie jak w przypadku uprawy zagonowej określono m.in.: wielkość powierzchni zachwaszczenia, wybrane cechy fizyczne oraz wielkość plonu korzeni oraz nakłady energetyczny. Na rysunku 85 przedstawiono średni poziom powierzchni zachwaszczenia poletek doświadczalnych w poszczególnych kombinacjach zabiegu wypalania oraz poletka próby kontrolnej. Podobnie jak w przypadku uprawy zagonowej najskuteczniejsza okazała się metoda w której wypalanie przeprowadzano jednokrotnie tj. tuż przed wschodami marchwi (wypalanie vegetacyjne). W przypadku pozostałych kombinacji wypalania ich skuteczność była nieco niższa.



Rysunek 85. Wielkość zachwaszczenia powierzchni poletka marchwi w systemie redlinowym dla każdej kombinacji wypalania oraz próby zerowej

Źródło: opracowanie własne

Średni plon marchwi (rys. 86) odnotowany w przypadku próby zerowej (poletka nie poddane zabiegowi termicznemu) wynosił ok $49 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, co było znacząco niższym wynikiem w stosunku do plonu marchwi zebranego z poletek, gdzie realizowano proces wypalania, szczególnie w stosunku do plonu z poletka wypalanego podwójnie, gdzie plon wynosił $75 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. W przypadku pozostałych kombinacji doświadczenia średni plon marchwi mieścił się w przedziale od 68 do $74 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

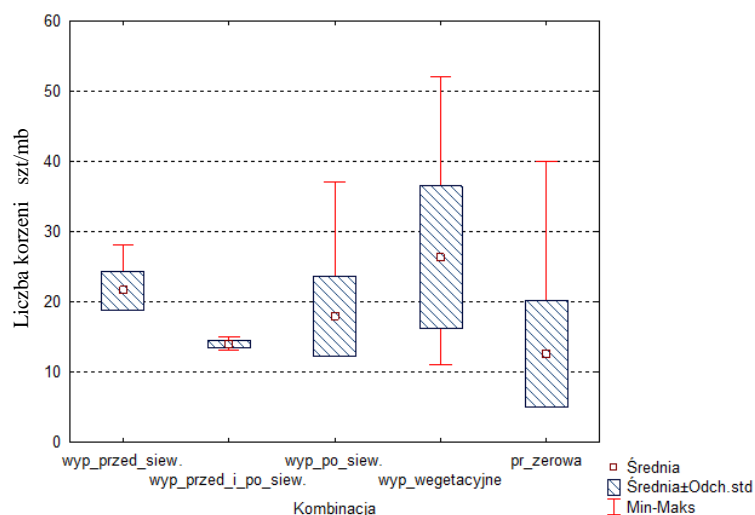


Rysunek 86. Plon marchwi dla wyszczególnionych w doświadczeniu kombinacji wypalania chwastów w uprawie redlinowej

Źródło: opracowanie własne

Nakład energetyczny ponoszony na zabieg wypalania był taki sam jak w przypadku uprawy marchwi w technologii zagonowej, co wynikało z ustawień elementów roboczych Termopienika. Zatem najwyższą energochłonnością charakteryzowała się kombinacja z dwukrotnym wypalaniem (rys. 77a, 77b, 77c, 77d). Na zapotrzebowanie energetyczne zabiegu najistotniej wpływało zużycie paliwa przez ciągnik oraz gazu przez Termopielnik. Ze względu na kombinacje doświadczenia, wypalanie jednor przejazdowe miało zapotrzebowanie energetyczne o połowę niższe niż zabieg wykonywany przed i po siewie na tym samym poletku.

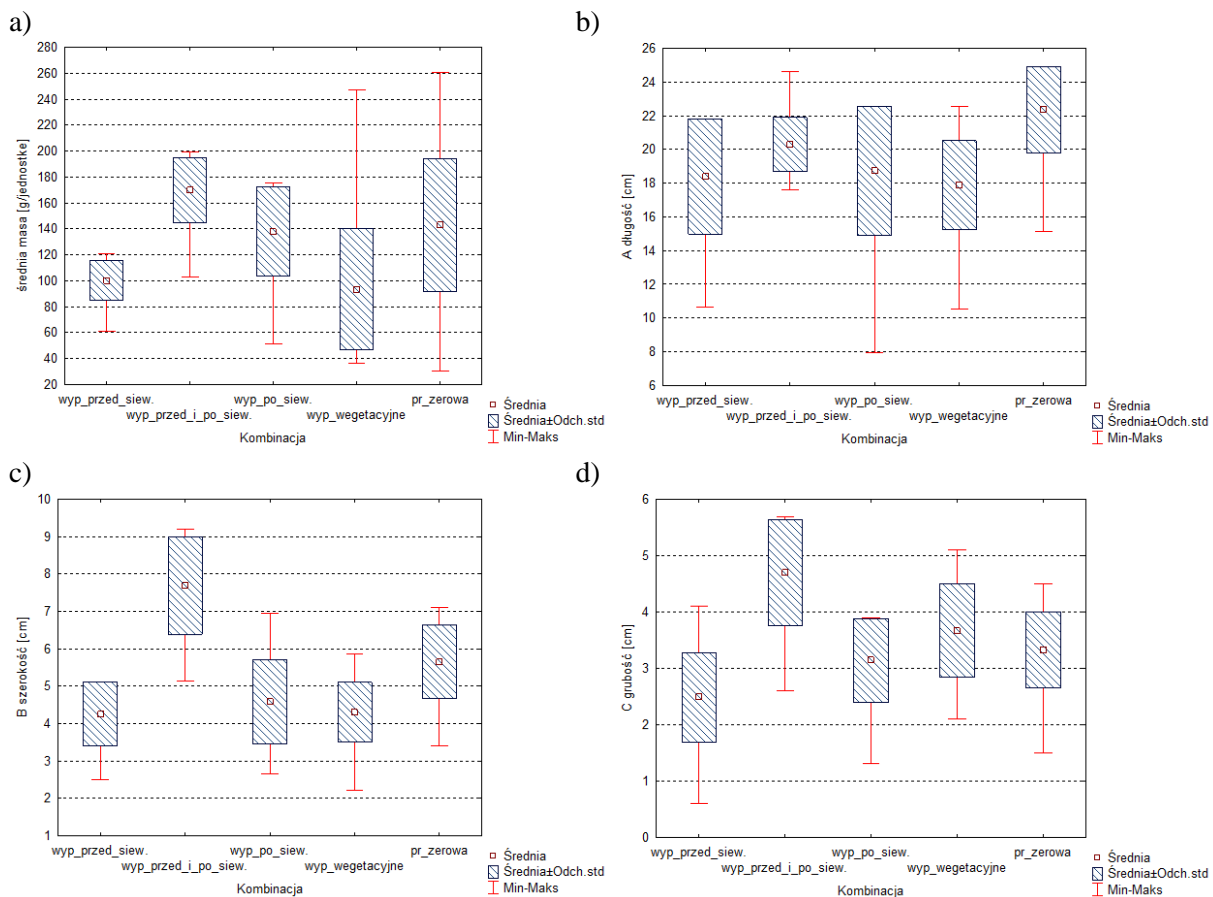
Na rysunku 87 przedstawiono średnią liczbę sztuk korzeni marchwi na długości 1 metra bieżącego redliny, która mieściła się w zakresie od 11 sztuk dla próby kontrolnej do 28 sztuk dla uprawy gdzie wypalanie stosowano tuż przed wschodem marchwi (wypalanie wegetacyjne). Kombinacja ta charakteryzowała się również najwyższym rozrzutem danych (różnica między wartością maksymalną a minimalną) liczby zebranych korzeni marchwi.



Rysunek 87. Średnia liczba sztuk korzeni marchwi na długości 1 mb redliny przy zastosowaniu Termopielnika do termicznej eliminacji zachwaszczenia w uprawie redlinowej

Źródło: opracowanie własne

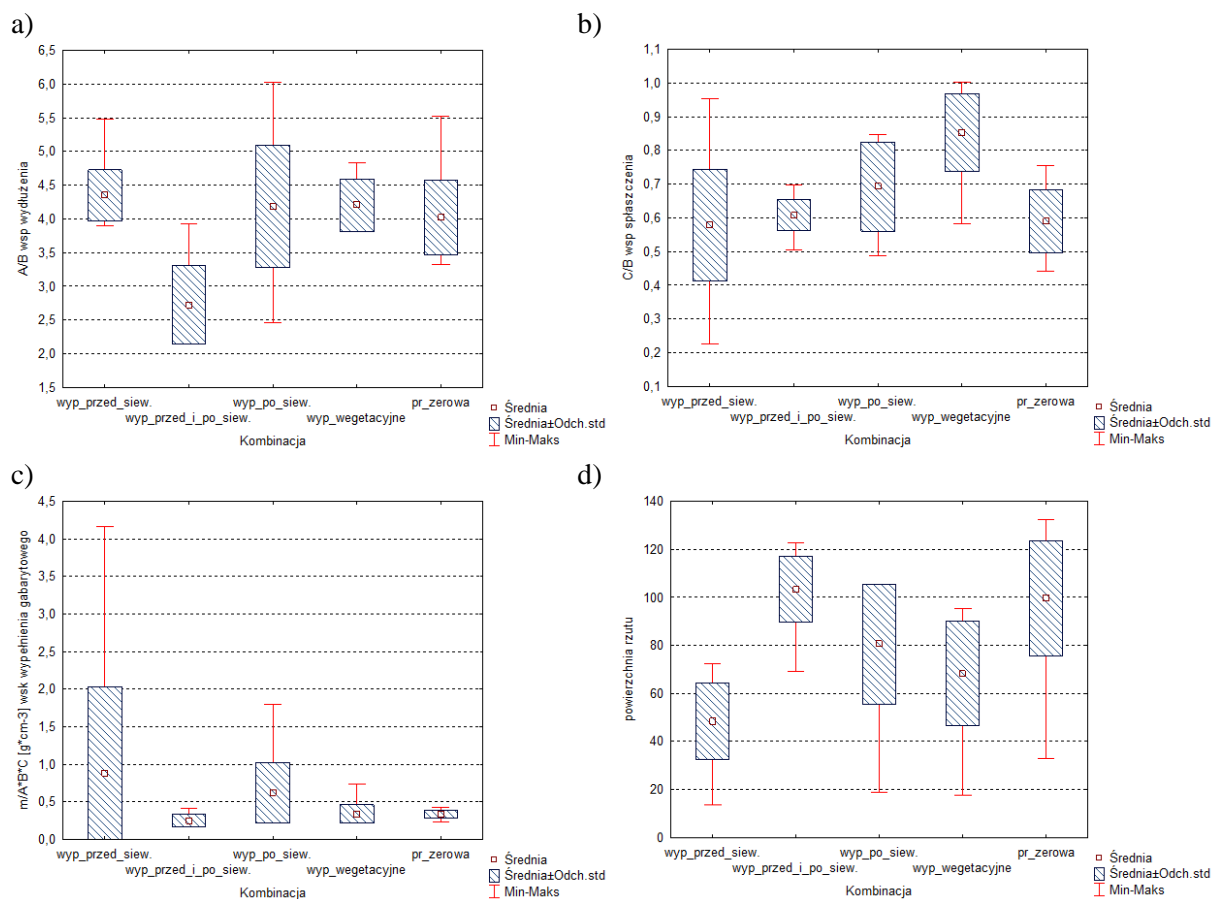
Zaobserwowano również duże zróżnicowanie kształtu korzeni marchwi, wyraźnie szersze i grubsze korzenie marchwi odnotowano w przypadku wariantu doświadczenia, gdzie wypalanie chwastów realizowano przed i po siewne (rys. 88b, 88c, 88d). Średnia masa pojedynczego korzenia marchwi osiągała wartość 170 g, natomiast w przypadku próby kontrolnej wartość ta wynosiła nawet 260 g (rys. 88a).



Rysunek 88. Charakterystyka cech fizycznych korzeni marchwi w uprawie redlinowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem Termopielnika: a) masa; b) długość; c) szerokość; d) grubość

Źródło: opracowanie własne

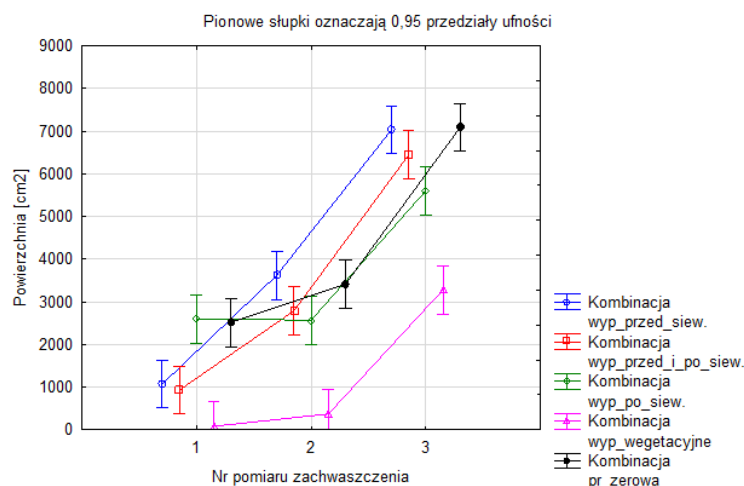
Zmienność wartości parametrów fizycznych miała swoje przełożenie na wartość współczynników kształtu oraz wskaźnika wypełnienia gabarytowego. Na rysunkach 89a, 89b, 89c, 89d przedstawiono średnie wartości współczynników wydłużenia, spłaszczenia oraz wskaźnika wypełnienia gabarytowego a także powierzchni rzutu korzenia marchwi na powierzchnię.



Rysunek 89. Parametry opisujące cechy fizyczne korzeni marchwi w uprawie redlinowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem Termopielnika: a) współczynnik wydłużenia; b) współczynnik spłaszczenia; c) wskaźnik wypełnienia gabarytowego d) powierzchnia rzutu

Źródło: opracowanie własne

Składowe energochłonności skumulowanej (rys. 82a, 82b, 82c, 82d) były takie same (co do wielkości) jak dla uprawy marchwi w systemie zagonowym. Wynika to z metodyki doświadczenia. Energochłonność skumulowana w przypadku jednokrotnego przejazdu Termopielnikiem wynosiła $2769 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ a przypadku dwukrotnego przejazdu energochłonność skumulowana jest dwukrotnością w/w wartości. Odnotowano wyraźnie niższy poziom powierzchni zachwaszczenia poletek gdzie stosowano wypalanie w stosunku do uprawy kontrolnej (poletka nie poddane zabiegowi termicznemu), szczególnie w przypadku zabiegu wykonywanego podczas wegetacji roślin (rys. 90). Kombinacja doświadczenia z zabiegiem wykonywanym podczas wegetacji roślin była najskuteczniejsza oraz charakteryzowała się jednym z niższych poziomów zapotrzebowania energetycznego (tożsamego z kombinacjami w których zabieg wykonywany był jednokrotnie – tylko przed siewem nasion oraz tylko po siewie nasion).



Rysunek 90. Termin pomiaru powierzchni zachwaszczenia w odniesieniu do poszczególnych kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem Termopielnika w uprawie redlinowej marchwi

Źródło: opracowanie własne

Wartości średnie powierzchni zachwaszczenia określone w różnym czasie okresu wegetacyjnego (trzech terminów) oraz kombinacji wypalania (zabieg termiczny wykonany przed siewem, zabieg termiczny wykonany po siewie, zabieg termiczny wykonany przed i po siewie, zabieg termiczny wykonany w trakcie wegetacji bezpośrednio przed wschodami, próba kontrolna na której nie wykonana zabiegu termicznego) poddano testowi statystycznemu w celu identyfikacji istotnych statystycznie różnic. Test Schaffego (tab. 36) wykazał że dla pierwszego pomiaru zachwaszczenia różnice w powierzchni zachwaszczenia (istotne statystycznie) występują między zabiegiem wykonywanym po siewie nasion a zabiegiem wykonywanym podczas początkowego okresu wegetacji roślin oraz w przypadku tych poletek (poddanych zabiegowi termicznemu przedwschodowo) w stosunku do poletek próby kontrolnej (poletka nie poddane zabiegowi termicznemu). W drugim terminie pomiaru zachwaszczenia test statystyczny wykazał istotne różnice w wynikach między zabiegiem wypalania wegetacyjnego (kwatery na których zabieg wykonany był przed wschodami marchwi) a pozostałymi kombinacjami zabiegu wypalania (kombinacjami w których zabieg przeprowadzony został przed siewem nasion, przed i po siewie nasion, po siewie nasion oraz na poletkach kontrolnych na których zabieg nie został przeprowadzony). Identyczny wynik analizy różnic (warianty kombinacji różnic istotnych statystycznie) odnotowano dla trzeciego terminu pomiaru zachwaszczenia.

Tabela 36

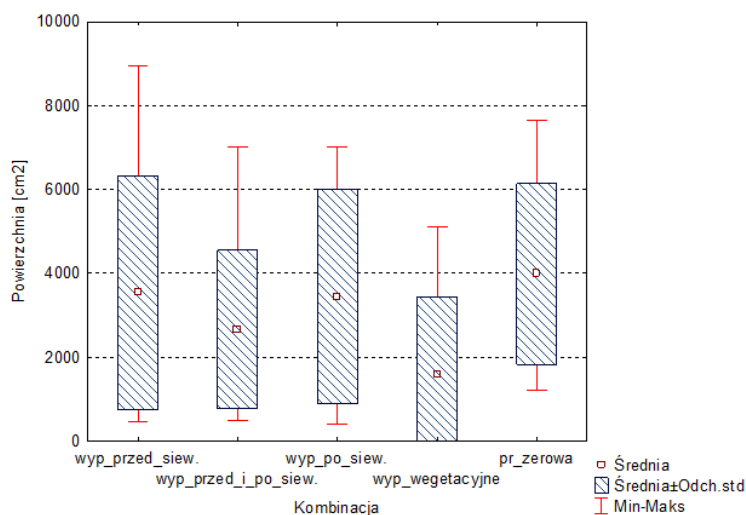
Test Scheffego różnic powierzchni zachwaszczenia dla uprawy redlinowej marchwi przy zastosowaniu metody termicznego niszczenia chwastów za pomocą Termopielnika z uwzględnieniem terminu pomiaru przedmiotowego zachwaszczenia

Prawdopodobieństwa dla testów post-hoc Błąd: MS międzygrupowe = 1235E3, df = 210,00																	
Nr podkl.	Kombinacja	Nr pomiaru zachwaszczenia	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}
			107 0,9 1	362 4,1 2	703 1,1 3	930 ,10 1	279 0,3 2	644 1,0 3	260 0,9 1	257 1,3 2	560 2,6 3	83, 114 1	372 ,06 2	328 3,5 3	251 5,8 1	341 7,3 2	708 7,0 3
1	wyp_przed_siew.	1	xxx	*	*			*			*			*		*	*
2	wyp_przed_siew.	2		xxx	*	*		*			*	*					*
3	wyp_przed_siew.	3			xxx	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*
4	wyp_przed_i_po_siew.	1				xxx		*			*			*		*	*
5	wyp_przed_i_po_siew.	2					xxx	*			*	*	*				*
6	wyp_przed_i_po_siew.	3						xxx	*	*	*	*	*	*	*	*	*
7	wyp_po_siew.	1							xxx		*	*	*				*
8	wyp_po_siew.	2								xxx	*	*	*				*
9	wyp_po_siew.	3									xxx	*	*	*	*	*	*
10	wyp_wegetacyjne	1										xxx		*	*	*	*
11	wyp_wegetacyjne	2											xxx	*	*	*	*
12	wyp_wegetacyjne	3												xxx			*
13	pr_zerowa	1													xxx		*
14	pr_zerowa	2														xxx	*
15	pr_zerowa	3															xxx

Źródło: opracowanie własne

5.3.3. Uprawa buraka ćwikłowego – technologia zagonowa

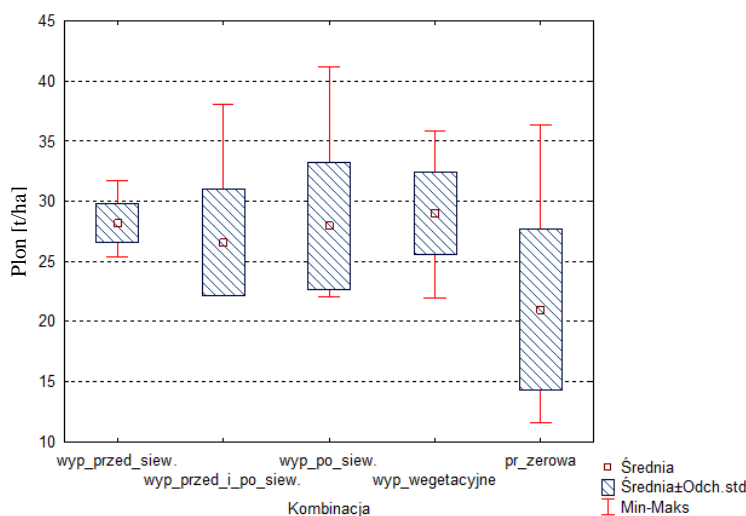
Termiczne zwalczanie zachwaszczenia z wykorzystaniem Termopielnika w uprawie buraka ćwikłowego przeprowadzono w czterech wariantach zabiegu wypalania: 1. Zabieg wykonany przed siewem nasion, 2. Zabieg wykonany po siewie nasion, 3. Zabieg wykonany przed i po siewie nasion, 4. Zabieg wykonany przedwschodowo, oraz próba zerowa gdzie żaden zabieg termiczny nie był wykonywany. Średnia powierzchnia zachwaszczenia mieściła się w przedziale od 18% całkowitej powierzchni poletka dla zabiegu termicznego wykonanego najpóźniej a więc w trakcie wegetacji rośliny do około 38% powierzchni całkowitej dla zabiegu termicznego wykonanego bezpośrednio przed siewem. Ta kombinacja odznaczała się również największym zróżnicowaniem odnotowanych wartości. Średnie zachwaszczenie poletek próby kontrolnej wynosiło około 40% pokrycia powierzchni poletka doświadczalnego (rys. 91).



Rysunek 91. Wielkość zachwaszczenia powierzchni poletka względem kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem Termopielnika w uprawie zagonowej buraka ćwikłowego

Źródło: opracowanie własne

Plon korzeni buraka ćwikłowego był zbliżony dla każdej z zastosowanych kombinacji wypalania a jego średnia wartość mieściła się w przedziale między 27-29 t·ha⁻¹, co znacząco przekraczało plon próby kontrolnej, który wynosił ok 20,5 t·ha⁻¹ (rys. 92).

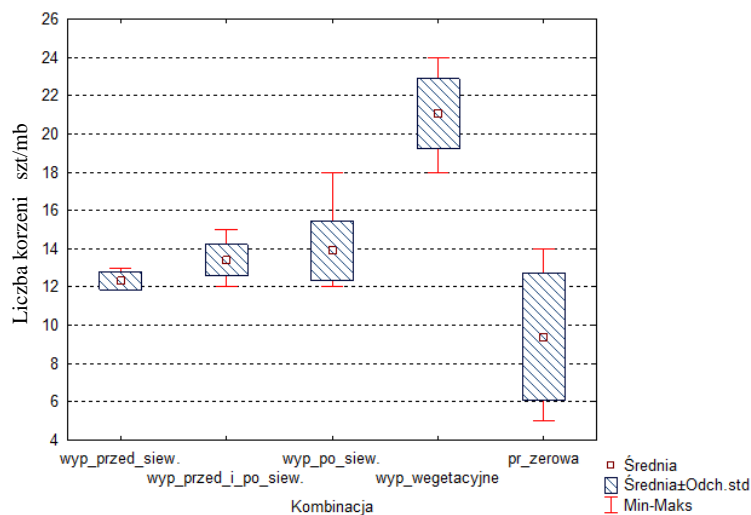


Rysunek 92. Plon buraka ćwikłowego w zależności od rodzaju kombinacji wypalania z wykorzystaniem Termopielnika w uprawie zagonowej

Źródło: opracowanie własne

Zapotrzebowanie energetyczne poszczególnych metod odchwaszczania było składową kilku czynników. Najistotniejszymi elementami tej wartości podobnie jak we wcześniejszych przypadkach było zużycie gazu przez Termopielnik oraz zużycie paliwa przez ciągnik. Obie te wartości uzależnione były od wydajności wypalania a w przypadku ciągnika również od stopnia obciążenia silnika. Ze względu na kombinacje doświadczenia wypalanie jednoprzjazdowe miało zapotrzebowanie energetyczne o połowę niższe niż zabieg wykonywany przed i po siewie na tym samym poletku (rys. 77a, 77b, 77c, 77d). Taka sama zależność dotyczyła nakładu pracy

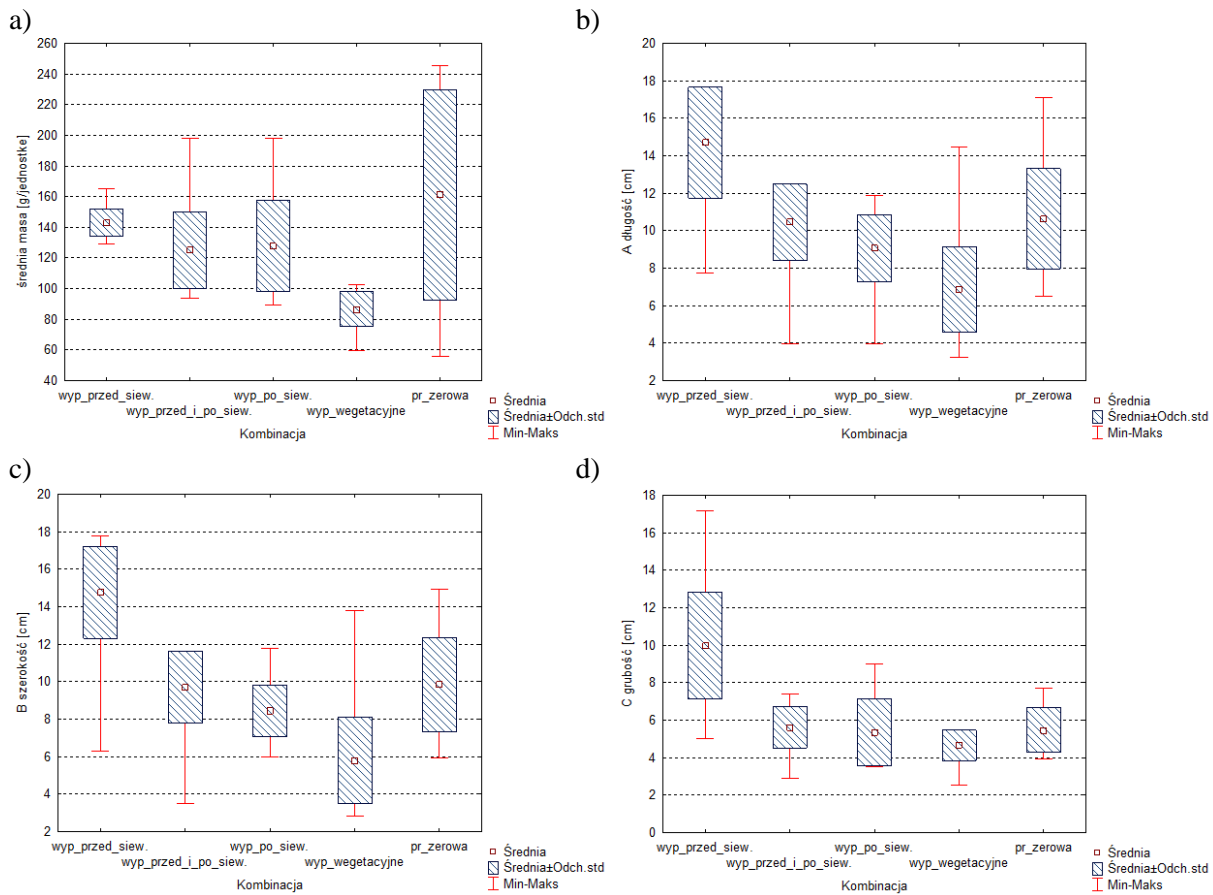
maszyn i ludzi (rys. 78a, 78b, 78c, 78d). Na rysunku 93 przedstawiono rozkład średniej liczby buraków na długości 1 metra bieżącego rzędu. Najwyższą wartość wynoszącą ponad 20 szt·mb⁻¹ odnotowano w przypadku kombinacji doświadczenia, gdzie stosowano wypalanie wegetatywne tj. bezpośrednio przed wykiełkowaniem rośliny, co w porównaniu z próbą zerową (poletka nie poddane zabiegowi wypalania) było wartością ponad dwukrotnie wyższą.



Rysunek 93. Średnia liczba buraków ćwikłowych na długości 1 mb przy zastosowaniu Termopielnika do termicznej eliminacji zachwaszczenia w uprawie zagonowej

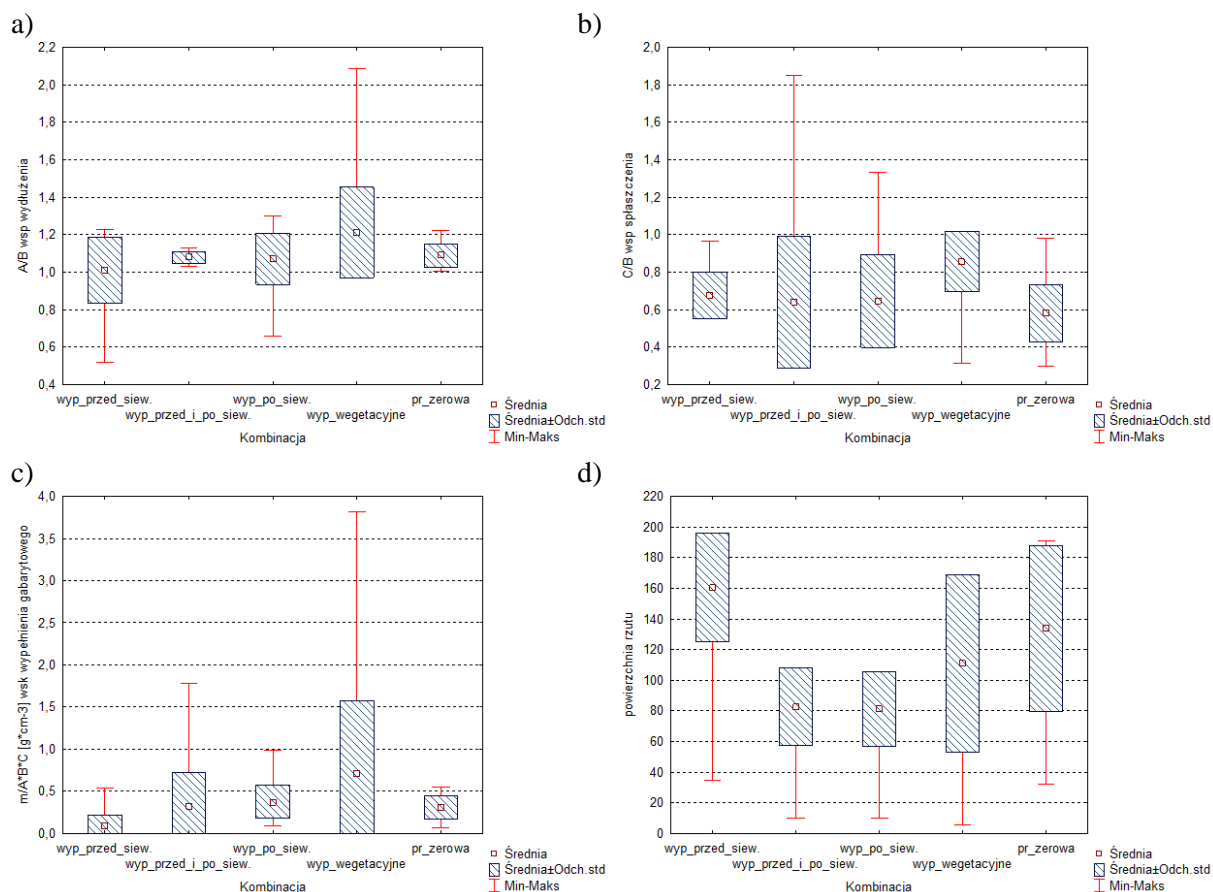
Źródło: opracowanie własne

Istotnym czynnikiem wpływającym na efekt ekonomiczny uprawy jest jakość plonu. Na rysunkach 94a, 94b, 94c, 94d przedstawiono parametry liniowe oraz masę korzeni buraków w relacji z kombinacją realizacji zabiegu termicznego wypalania w odniesieniu do próby zerowej, gdzie zabiegu wypalania nie stosowano. Najwyższą masę jednostkową korzeni buraka zaobserwowano w przypadku próby zerowej (brak wypalania), należy jednak zaznaczyć, że w tym przypadku odnotowano również największą zmienność w/w wielkości. Odnotowano, że buraki zbierane z poletok poddanych zabiegowi wypalania tylko przed siewem były znacząco dłuższe i szersze od pozostałych.



Rysunek 94. Charakterystyka cech fizycznych korzeni buraka ćwikłowego w uprawie zagonowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem Termopielnika: a) masa; b) długość; c) szerokość; d) grubość
Źródło: opracowanie własne

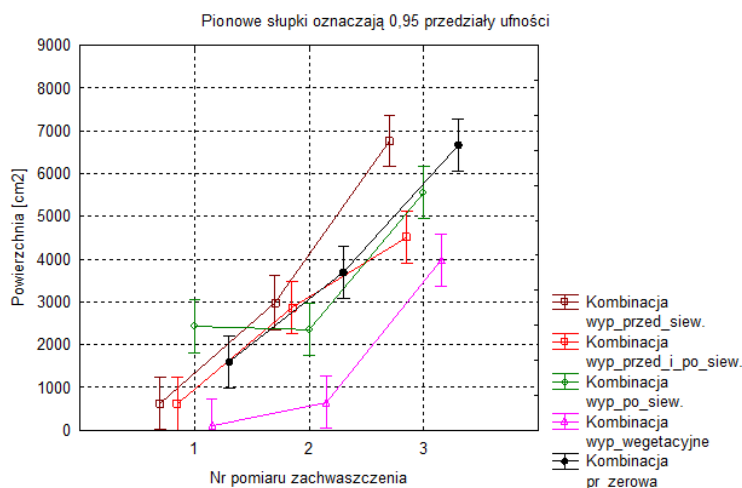
Analizując współczynniki kształtu oraz wskaźnik wypełnienia gabarytowego korzeni buraków a także ich powierzchnię rzutu na płaszczyznę (rys. 95a, 95b, 95c, 95d) odnotowano stosunkowo niewielkie różnice między w/w cechami fizycznymi korzeni buraków w obrębie zastosowanych kombinacji doświadczenia.



Rysunek 95. Cechy fizyczne korzeni buraka ćwikłowego w uprawie zagonowej, dla kombinacji doświadczenia gdzie stosowano wypalanie a) współczynnik wydłużenia; b) współczynnik spłaszczenia; c) wskaźnik wypełnienia gabarytowego d) powierzchnia rzutu

Źródło: opracowanie własne

Energochłonność skumulowana poszczególnych metod była sumą kilku składowych takich m.in. energii skumulowanej w maszynach i urządzeniach, środkach energetycznych, czy też ekwiwalentu pracy żywej (rys. 82a, 82b, 82c, 82d). Na rysunku 83 przedstawiono energochłonność poszczególnych metod. Największe zapotrzebowanie ($5538 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) odnotowano dla kombinacji w której zabieg przeprowadzono dwukrotnie (przed i po siewie nasion). Tak wysoka energochłonność nie przełożyła się na wyższy plon w stosunku do rejestrowanego na poletkach poddanych innej kombinacji zabiegu termicznego odchwaszczania. W przypadku powierzchni zachwaszczenia dla wszystkich wariantów przeprowadzonego zabiegu wypalania oraz próby kontrolnej podobnie jak w przypadku marchwi najskuteczniejszy okazał się zabieg wykonany w czasie wegetacji buraków, ale jeszcze przed wschodami. Przewaga widoczna była w każdym z trzech interwałów pomiarowych zachwaszczenia (rys. 96). Podobnie jak w przypadku marchwi był to najbardziej skuteczny wariant kombinacji zabiegu termicznego w relacji z energochłonnością (w porównaniu do wariantu w którym zabieg wykonywany był zarówno przed i po siewie).



Rysunek 96. Termin pomiaru powierzchni zachwaszczenia w odniesieniu do poszczególnych kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem Termopielnika w uprawie zagonowej buraka ćwikłowego

Źródło: opracowanie własne

Na podstawie statystycznej analizy różnic (tab. 37) w wielkości powierzchni zachwaszczenia między występującymi w doświadczeniu kombinacjami wypalania zaobserwowano, że dla pierwszego interwału pomiarowego (pierwszy pomiar po upływie trzech tygodni od siewu, każdy następny co siedem dni) powierzchnia zachwaszczenia różniła się istotnie statystycznie jedynie w przypadku porównania wyników z poletek poddanych zabiegowi wypalania po siewie nasion i poletek na których zabieg przeprowadzony był w trakcie wegetacji buraka ćwikłowego (bezpośrednio przed wschodami). W przypadku drugiego interwału pomiarowego powierzchni zachwaszczenia zaobserwowano statystycznie istotnie między powierzchnią zachwaszczenia na poletkach wypalanych przedwschodowo (kombinacja wyp_vegetacyjne) a powierzchnią zachwaszczenia na poletkach, gdzie zabieg wypalania przeprowadzony został tylko przed siewem nasion, a także przed i po siewie nasion oraz tych na których zabieg nie został przeprowadzony (pr_zerowa). W kolejnym trzecim interwale pomiarowym zaobserwowano istotne statystycznie różnice w wartościach powierzchni zachwaszczenia między poletkami na których zabieg wykonany był dwukrotnie (przed i po siewie nasion), na poletkach, gdzie zabieg wypalania wykonano jednokrotnie bezpośrednio po siewie nasion, oraz poletkach, gdzie zabieg przeprowadzono przedwschodowo a powierzchnią chwastów na poletkach gdzie przeprowadzono wypalanie tylko przed siewem nasion oraz powierzchnią chwastów na poletkach kontrolnych (pr_zerowa).

Tabela 37

Test Scheffego statystycznej istotności różnic w wartościach powierzchni zachwaszczenia przy uprawie zagonowej buraka ćwikłowego między różnymi kombinacjami wypalania oraz interwałami czasu w którym dokonywano pomiarów

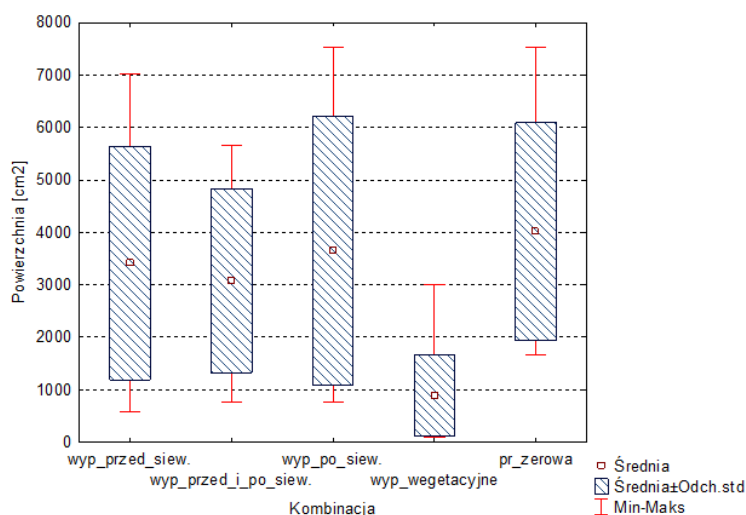
Test Scheffego; zmienna Powierzchnia [cm ²] (buraki_palnik_lan) Prawdopodobieństwa dla testów post-hoc Błąd: MS międzygrupowe = 1441E3, df = 210,00																	
Nr po dk l.	Kombinacja	Nr pomiaru zachwasz czenia	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}
			630 ,32 1	297 8,4 2	676 0,1 3	618, 17 1	287 3,1 2	450 8,1 3	242 9,5 1	235 2,4 2	555 6,7 3	104 ,72 1	648 ,98 2	397 8,0 3	160 3,1 1	369 8,8 2	665 9,9 3
1	wyp_przed_siew.	1	xxx	*	*		*	*			*			*		*	*
2	wyp_przed_siew.	2		xxx	*	*					*	*	*				*
3	wyp_przed_siew.	3			xxx	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	
4	wyp_przed_i_po_siew.	1				xxx	*	*			*			*		*	*
5	wyp_przed_i_po_siew.	2					xxx				*	*	*				*
6	wyp_przed_i_po_siew.	3						xxx				*	*		*		
7	wyp_po_siew.	1							xxx		*	*					*
8	wyp_po_siew.	2								xxx	*	*					*
9	wyp_po_siew.	3									xxx	*	*		*		
10	wyp_wegetacyjne	1										xxx		*		*	*
11	wyp_wegetacyjne	2											xxx	*		*	*
12	wyp_wegetacyjne	3												xxx	*		*
13	pr_zerowa	1													xxx		*
14	pr_zerowa	2														xxx	*
15	pr_zerowa	3															xxx

*p=0,05

Źródło: opracowanie własne

5.3.4. Uprawa buraka ćwikłowego - technologia redlinowa

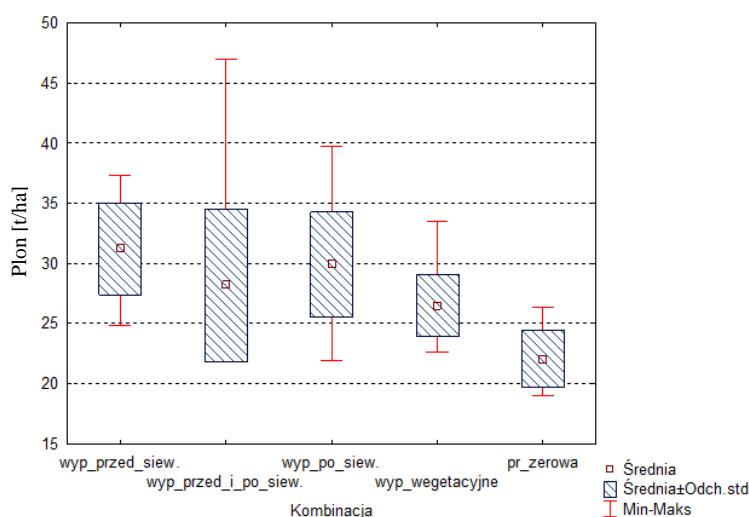
Średnia powierzchnia chwastów na poletkach doświadczalnych (rys. 97) w przypadku uprawy redlinowej buraka ćwikłowego mieściła się w zakresie od ok 10 % na poletkach, gdzie zabieg termiczny przeprowadzony został bezpośrednio przed wschodami do ponad 40% dla poletka kontrolnego (poletka bez zabiegu termicznego). Najkorzystniejszą skuteczność eliminacji roślin niepożądanych (chwastów) odnotowano na poletkach poddanych zabiegowi termicznemu bezpośrednio przed wschodami rośliny uprawianej (wypalanie vegetacyjne), powierzchni zachwaszczenia na tych poletkach znacząco odbiegała od powierzchni zachwaszczenia poletek w pozostałych wariantach doświadczenia (zabieg wykonywany przed siewem, po siewie, przed i po siewie).



Rysunek 97. Powierzchnia zachwaszczenia poletek doświadczanych buraka ćwikłowego uprawianych w systemie redlinowym dla każdej kombinacji wypalania oraz próby zerowej

Źródło: opracowanie własne

Wielkość plonu korzeni buraków ćwikłowych zebranego z poszczególnych poletek doświadczalnych mieściła się w zakresie od 19 t·ha⁻¹ do 47 t·ha⁻¹. Najniższy plon uzyskano z poletek kontrolnych (pr_zerowa), którego średnia wartość wynosiła 22 t·ha⁻¹, natomiast najwyższy średni plon wynoszący średnio 31 t·ha⁻¹ odnotowano dla poletek, gdzie zabieg wypalania realizowano tylko przed siewem nasion buraków (rys. 98). Należy zaznaczyć, że plon korzeni buraków ćwikłowych zebrany z poletek o najmniejszej powierzchni zachwaszczenia bez względu na interwał czasowy pomiaru (kombinacja, gdzie zabieg termiczny wykonywano w trakcie wegetacji) wyniósł 26 t·ha⁻¹.

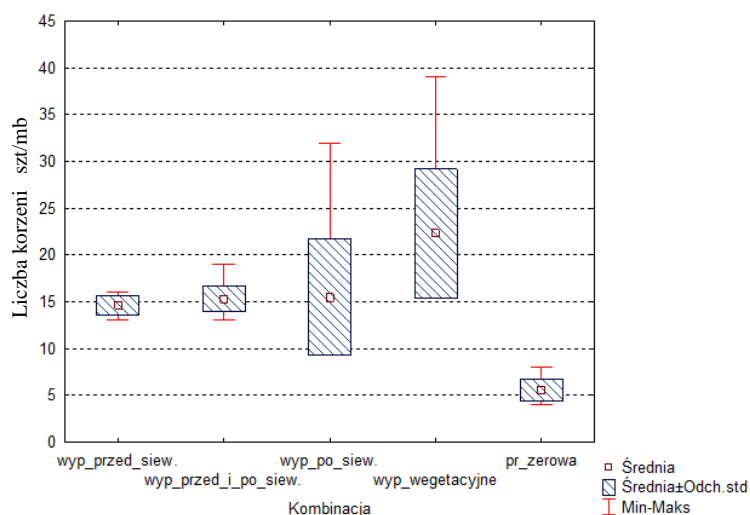


Rysunek 98. Plon buraka ćwikłowego dla wyszczególnionych w doświadczeniu kombinacji wypalania chwastów w uprawie redlinowej

Źródło: opracowanie własne

Nakład pracy wraz z jego składowymi (rys. 78a, 78b, 78c, 78d) oraz nakład energetyczny (rys. 77a, 77b) nie różnił się od odnotowanego w przypadku uprawy buraka w technologii zagonowej. Wynika to z liczby przejazdów, takiej samej prędkości roboczej, zużycia gazu oraz stałej wydajności agregatu.

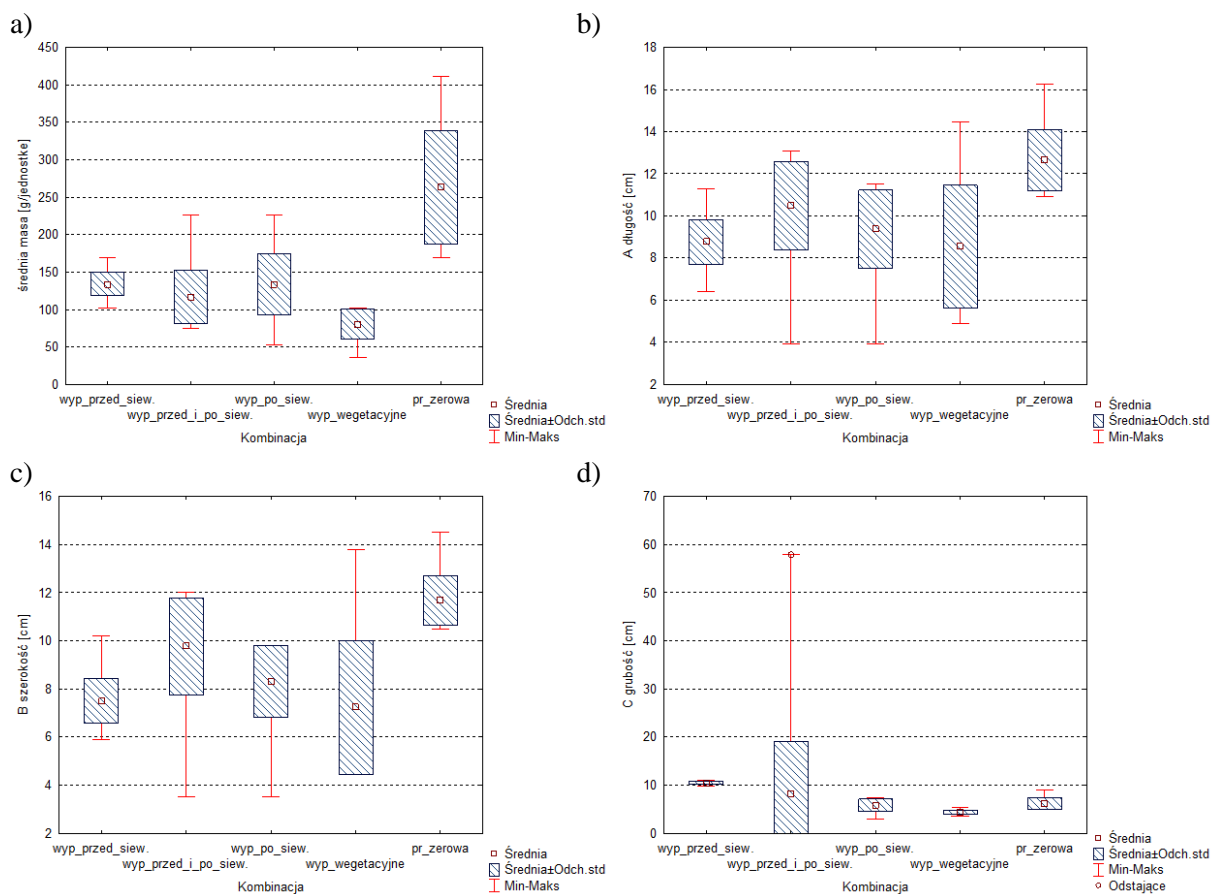
W przypadku jednostkowej liczby korzeni buraków z poletek doświadczalnych zaobserwowano, że w przypadku poletek na których stosowano zabieg wypalania tzw. wegetacyjne (przed wschodami buraków) odnotowano najwyższą liczbą sztuk korzeni buraków w przeliczeniu na 1 metr bieżący (rys. 99), która średnio wynosiła ok 22 sztuk, co było wielokrotnością liczby korzeni buraków zbieranych z poletek tzw. próby zerowej, gdzie nie stosowano zabiegów wypalania, która w tym przypadku wynosiła średnio ok 6 sztuk korzeni buraków w przeliczeniu na jeden metr bieżący redliny.



Rysunek 99. Średnia liczba sztuk korzeni buraka ćwikłowego na długości 1 mb redliny przy zastosowaniu Termopielnika do termicznej eliminacji zachwaszczenia w uprawie redlinowej

Źródło: opracowanie własne

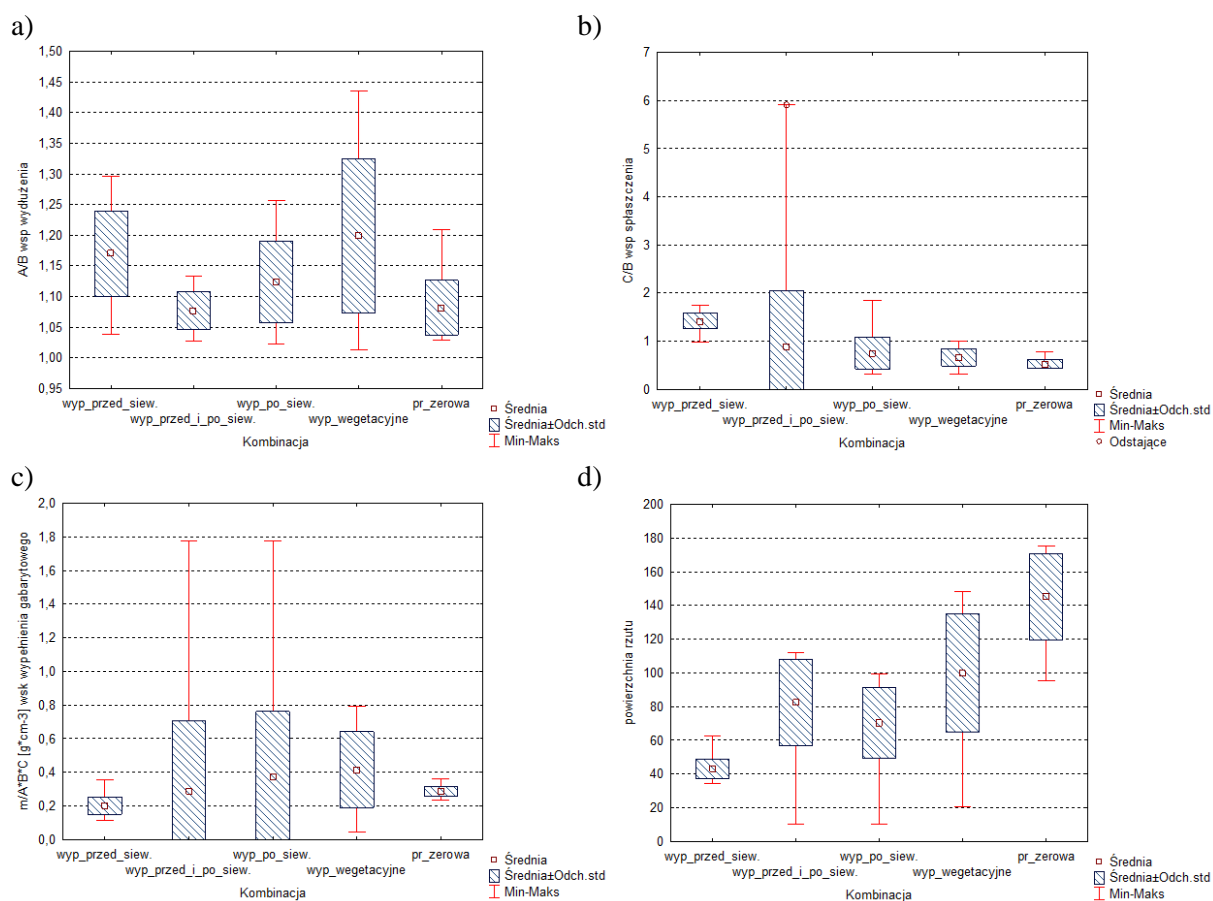
Zaobserwowano, że mniejsza jednostkowa liczba korzeni buraków ćwikłowych w redlinie przekładała się na wzrost masy i gabarytów pojedynczego korzenia buraka (rys. 100a, 100b, 100c, 100d). Przykładowo średnia masa jednego korzenia buraka ćwikłowego z poletka stanowiącego grupę kontrolną (bez zabiegów wypalania) była dwukrotnie większa od średniej masy pojedynczych korzeni buraka ćwikłowego zebranych z pozostałych poletek, co miało swoje przełożenie w parametrach geometrycznych z wyjątkiem grubości, której wartość była porównywalna dla wszystkich kombinacji doświadczenia.



Rysunek 100. Charakterystyka cech fizycznych korzeni buraka ćwikłowego w uprawie redlinowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem Termopielnika: a) masa; b) długość; c) szerokość; d) grubość

Źródło: opracowanie własne

Korzenie buraków ćwikłowych zbierane z poletk o najmniejsze powierzchni jednostkowej chwastów (kombinacja z wypalaniem wegetacyjnym) charkteryzowały się wyższym współczynnikiem wydłużenia (rys. 101a) w stosunku do korzeni zebranych z poletk, gdzie stosowano pozostałe kobinacje wypalania oraz próby zerowej (brak zabiegów wypalania). Najbardziej zróżnicowanym parametrem okazała się powierzchnia rzutu korzeni buraka ćwikłowego na powierzchnię (rys.101d), gdzie dla kombinacji doświadczenia w którym stosowano wypalanie tylko przedsięwne wynosiła nieco ponad 40 cm², natomiast w przypadku grupy kontrolnej przekraczała 140 cm². Na rysunkach (rys.101b,c) przedstawiono odpowiednio współczynnik ślasczenia i wskaźnik wypełnienia gabarytowego, jednak w tych przypadkach nie odnotowano wyraźnego zróżnicowania korzeni buraków ćwikłowych między poszczególnymi kombinacjami wypalania i próbą zerową.

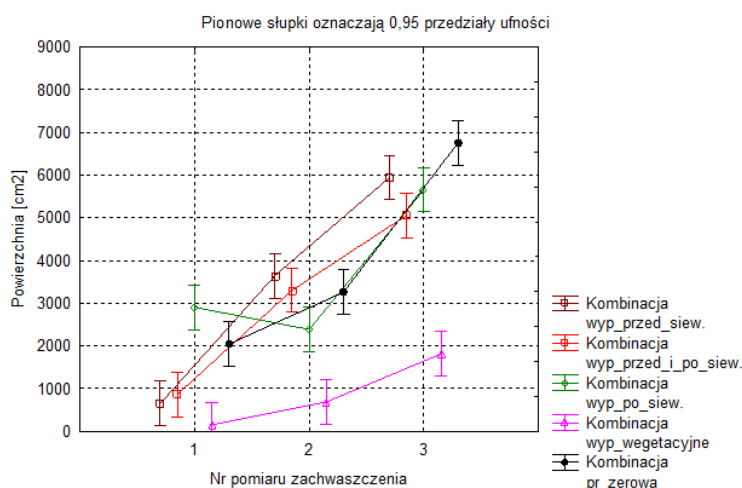


Rysunek 101. Parametry opisujące cechy fizyczne korzeni buraka ćwikłowego w uprawie redlinowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem Termopielnika: a) współczynnik wydłużenia; b) współczynnik spłaszczenia; c) wskaźnik wypełnienia gabarytowego d) powierzchnia rzutu

Źródło: opracowanie własne

Poszczególne składowe energochłonności skumulowanej (rys. 82a, 82b, 82c, 82d) pozwoliły określić energochłonność skumulowaną każdego wariantu zabiegu termicznego (rys. 83). Warianty doświadczenia w których zabieg Termopielnikiem wykonywany był jednokrotnie charakteryzowały się energochłonnością niższą ($2769 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) od energochłonności ekwiwalentu pracy żywej ($3111 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$), należy przede wszystkim zaznaczyć, że jednocześnie znacząco obniżał czas zaangażowania siły roboczej.

Na rysunku 102 przedstawiono jednostkową powierzchnię chwastów na poletkach doświadczalnych. Każda z zastosowanych kombinacji wypalania ograniczyła zachwaszczenie zmniejszając konkurencję roślinie uprawnej. Najmniejszą powierzchnię zachwaszczenia bez względu na termin pomiaru charakteryzowała się kombinacja, gdzie wypalanie realizowano w czasie wegetacji, ale przed wschodami buraka ćwikłowego (wyp_vegetacyjne). Należy zaznaczyć, że poziom zachwaszczenia na poletkach poddanych tej metodzie odnotowany w trzecim terminie pomiaru był niższy niż poziom zachwaszczenia zaobserwowany na poletkach kontrolnych podczas pierwszego pomiaru powierzchni zachwaszczenia.



Rysunek 102. Termin pomiaru powierzchni zachwaszczenia w odniesieniu do poszczególnych kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem Termopielnika w uprawie redlinowej buraka ćwikłowego

Źródło: opracowanie własne

Wyniki określające powierzchnię zajmowaną przez rośliny niepożądane na danych poletkach w każdym z wariantów doświadczenia (zabieg termiczny wykonany przed siewem, po siewie, przed i po siewie nasion, w trakcie wegetacji, bezpośrednio przed wschodami buraka ćwikłowego oraz próba kontrolna bez zabiegu termicznego) w każdym z trzech pomiarów poddane zostały poddane analizie statystycznej w celu określenia istotnych różnic (tab. 38). W przypadku pierwszego interwału czasowego pomiaru poziomu zachwaszczenia zaobserwowane istotne statystycznie różnice w wynikach powierzchni zachwaszczenia na poletkach poddanych zabiegowi wypalania po siewie nasion w stosunku do poletek na których zabieg wykonany został przed siewem nasion, dwukrotnie przed i po siewie nasion oraz w trakcie wegetacji. Istotne różnice występowały również w przypadku próby kontrolnej (bez zabiegu termicznego) w stosunku do uprawy na której zabieg wykonywany był w trakcie wzrostu buraków (wyp_vegetacyjne). W przypadku drugiego pomiaru powierzchni zachwaszczenia zaobserwowano istotne statystycznie różnice między wynikami powierzchni zachwaszczenia na poletkach na których zabieg termiczny wykonywany był przedwschodowo (wyp_vegetacyjne) a powierzchnią zachwaszczenia na poletkach z zabiegiem wykonywanym przed siewem nasion, przed i po siewie nasion oraz tymi na których zabieg nie był przeprowadzony (pr_zerowa). W trzecim pomiarze powierzchni zachwaszczenia różnice istotne statystycznie występowały między poletkami z termicznym zabiegiem wegetacyjnym (przedwschodowym) a każdą z kombinacji (przed siewem, przed i po siewie, po siewie, bez zabiegu-kontrola).

Tabela 38

Test Scheffego różnic powierzchni zachwaszczenia dla uprawy redlinowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu metody termicznego niszczenia chwastów za pomocą Termopielnika z uwzględnieniem terminu pomiaru przedmiotowego zachwaszczenia

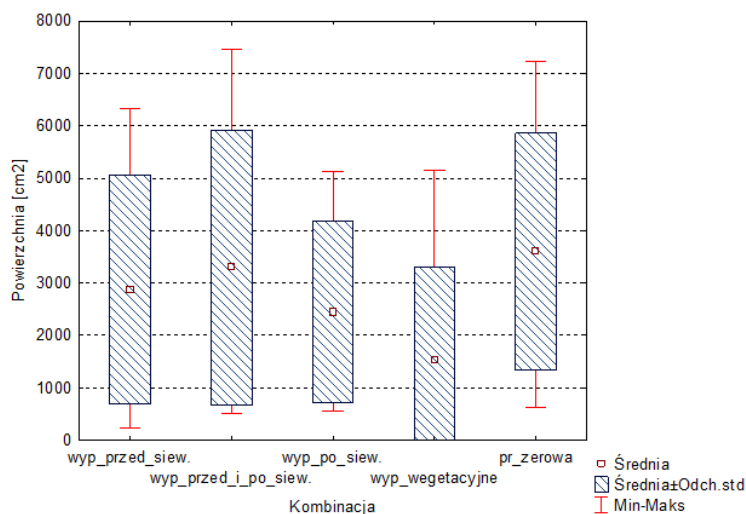
Nr po dkl.	Kombinacja	Nr pomiaru zachwasz czenia	Test Scheffego; zmienna Powierzchnia [cm ²] (buraki_palnik_redlina) Prawdopodobieństwa dla testów post- hoc Błąd: MS międzygrupowe = 1048E3, df = 210,00															
			{1} 654, 36 1	{2} 364 3,9 2	{3} 594 6,1 3	{4} 868 ,37 1	{5} 330 6,0 2	{6} 505 9,5 3	{7} 290 6,2 1	{8} 238 7,6 2	{9} 565 8,3 3	{10} 152 ,06 1	{11} 688, 88 2	{12} 181 5,4 3	{13} 204 2,3 1	{14} 326 1,5 2	{15} 675 8,9 3	
1	wyp_przed_siew.	1	xxx	*	*		*	*	*		*				*	*		
2	wyp_przed_siew.	2		xxx	*	*					*	*	*			*		
3	wyp_przed_siew.	3			xxx	*	*		*	*		*	*	*	*			
4	wyp_przed_i_po_siew.	1				xxx	*	*	*		*				*	*		
5	wyp_przed_i_po_siew.	2						xxx			*	*	*			*		
6	wyp_przed_i_po_siew.	3							xxx	*	*	*	*					
7	wyp_po_siew.	1								xxx		*	*	*		*		
8	wyp_po_siew.	2									xxx	*	*			*		
9	wyp_po_siew.	3										xxx	*	*	*	*		
10	wyp_vegetacyjne	1											xxx		*	*		
11	wyp_vegetacyjne	2												xxx		*		
12	wyp_vegetacyjne	3													xxx	*		
13	pr_zerowa	1														xxx		
14	pr_zerowa	2															xxx	
15	pr_zerowa	3																xxx

Źródło: opracowanie własne

5.3.5. Uprawa ogórka – technologia zagonowa

Podobnie jak w przypadku marchwi i buraka ćwikłowego przeprowadzono cztery kombinacje terminu stosowania zabiegu: przed siewem nasion, przed i po siewie, po siewie oraz bezpośrednio przed wschodami wysianej rośliny właściwej. Ogórek w przeciwieństwie do wcześniejszych roślin miał krótszy okres wegetacji oraz charakteryzował się wieloetapowym zbiorem. Ogórki zbierane były w chwili osiągnięcia zakładanego wymiaru handlowego. Zaobserwowano, że w przypadku tej rośliny średnia wartość powierzchni zachwaszczenia charakteryzowała się dużą zmiennością bez względu na kombinację wypalania a nawet całkowity brak zabiegu wypalania (pr_zerowa). Zaobserwowano największą powierzchnię zachwaszczenia w przypadku próby zerowej ale jej różnica w stosunku pozostałych wariantów doświadczenia, gdzie stosowano wypalanie była nieznaczna (rys. 103). Należy zaznaczyć, że gęstość obsady ogórka na polu w początkowym okresie wzrostu jest inna niż marchwi i buraków ćwikłowych co przekłada się na możliwości rozwojowe chwastów. Najskuteczniejsza

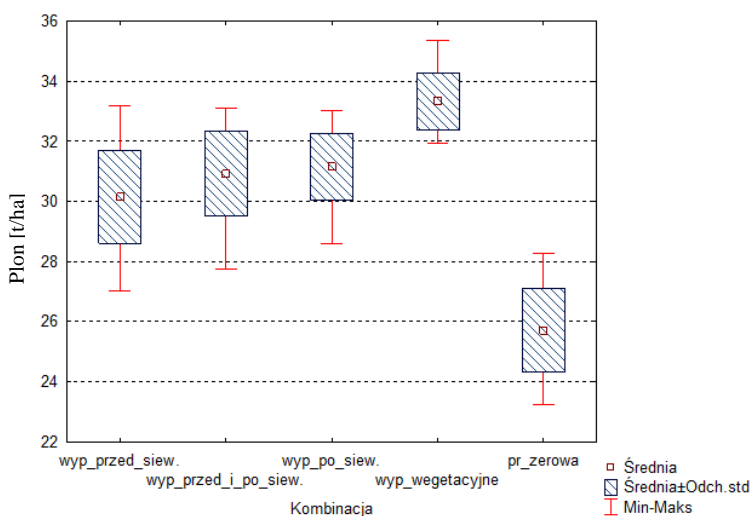
okazała się metoda wypalania wegetacyjnego, której średnie zachwaszczenie było o 20 punktów procentowych powierzchni pola niższe niż obserwowane w próbie kontrolnej.



Rysunek 103. Powierzchnia chwastów na poletkach doświadczalnych poletka dla poszczególnych kombinacji wypalania z wykorzystaniem Termopielnika w uprawie zagonowej ogórka

Źródło: opracowanie własne

Mimo niewielkiego zróżnicowania w rejestrowanym poziomie zachwaszczenia na poletkach poszczególnych kombinacji doświadczenia zaobserwowano jednak zróżnicowanie plonu ogórków (rys. 104). Wartością bazową była uprawa ogórków na poletku, gdzie nie stosowano zabiegu wypalania (pr_zerowa) z którego po przeliczeniu zebrano ok 25,8 t·ha⁻¹ ogórków. Była to wartość znacząco niższa od plonu ogórków na pozostałych poletkach, który wynosił od 30 t·ha⁻¹ dla poletek na których zabieg termiczny przeprowadzony był przed siewem do 33,1 t·ha⁻¹ dla poletek na których zabieg termiczny wykonany był bezpośrednio przed wschodami rośliny uprawianej (wyp_wegetacyjne).

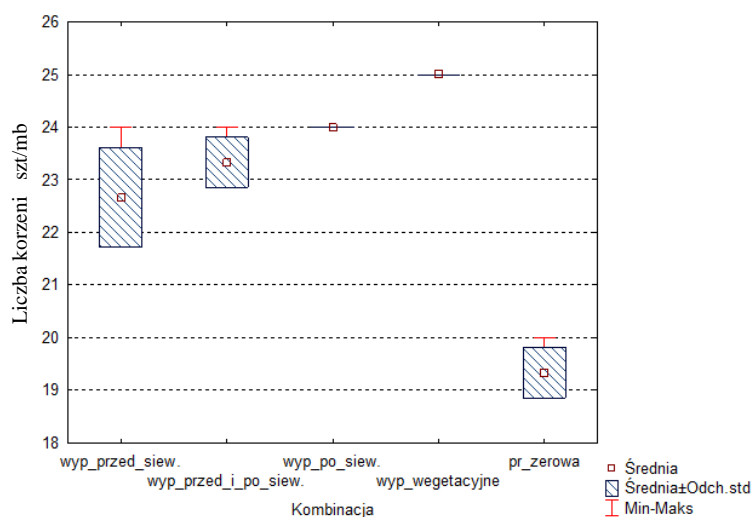


Rysunek 104. Plon ogórka na poletkach doświadczalnych o różnej kombinacji zabiegu wypalania z wykorzystaniem Termopielnika w uprawie zagonowej

Źródło: opracowanie własne

Zapotrzebowanie energetyczne termicznego odchwaszczania ogórka było składową poszczególnych strumieni energii takich jak zużycie gazu przez Termopielnik, paliwa przez ciągnik (rys. 77a, 77b). Nakład pracy to suma nakładu pracy ludzkiej, pracy ciągnika oraz maszyny (rys. 78a, 78b, 78c). W zależności od kombinacji wariantu doświadczenia zabieg wykonywany był jednokrotnie (wariant zabiegu przed siewem, po siewie, w trakcie wegetacji) oraz dwukrotnie (zabieg wykonywany przed i po siewie nasion). Zabieg dwuprzejazdowy charakteryzował się dwukrotnie większym nakładem energetycznym od kombinacji jednokrotnego przejazdu agregatu.

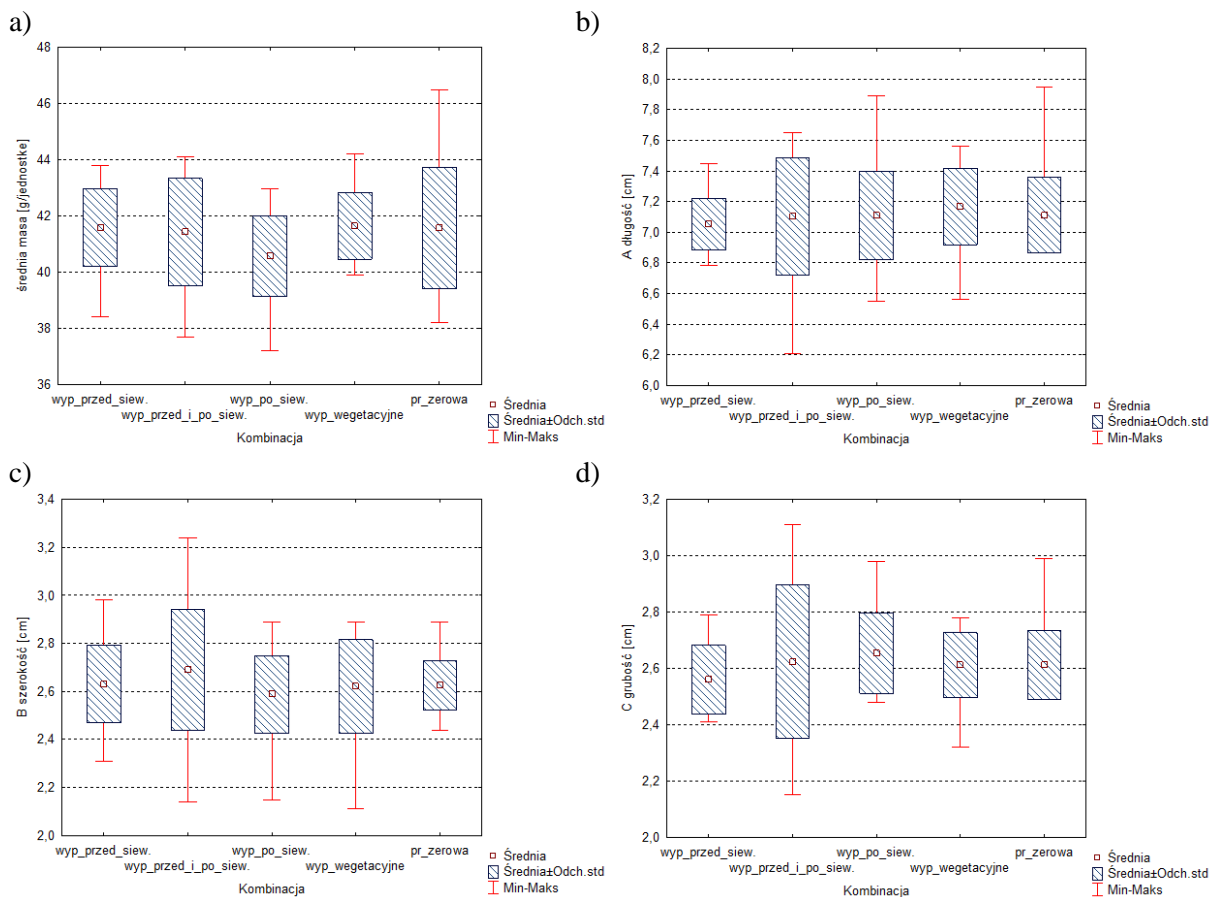
Analizując liczbę ogórków w redlinie (rys.105) zaobserwowano, że średnia liczba sztuk ogórków w przelicz na 1 metr bieżący rzędu wynosiła od ok 19 sztuk w przypadku poletka na którym nie stosowano wypalania (pr_zerowa) do ok 25 sztuk w przypadku poletka, gdzie stosowano wypalania wegetacyjne. Nieznacznie niższą liczbę ogórków (1-3 sztuk) w przeliczeniu na jeden metr, stwierdzono w przypadku pozostałych kombinacji wypalania.



Rysunek 105. Średnia liczba ogórków na długości 1 mb redliny przy zastosowaniu Termopielnika do termicznej eliminacji zachwaszczenia w uprawie zagonowej

Źródło: opracowanie własne

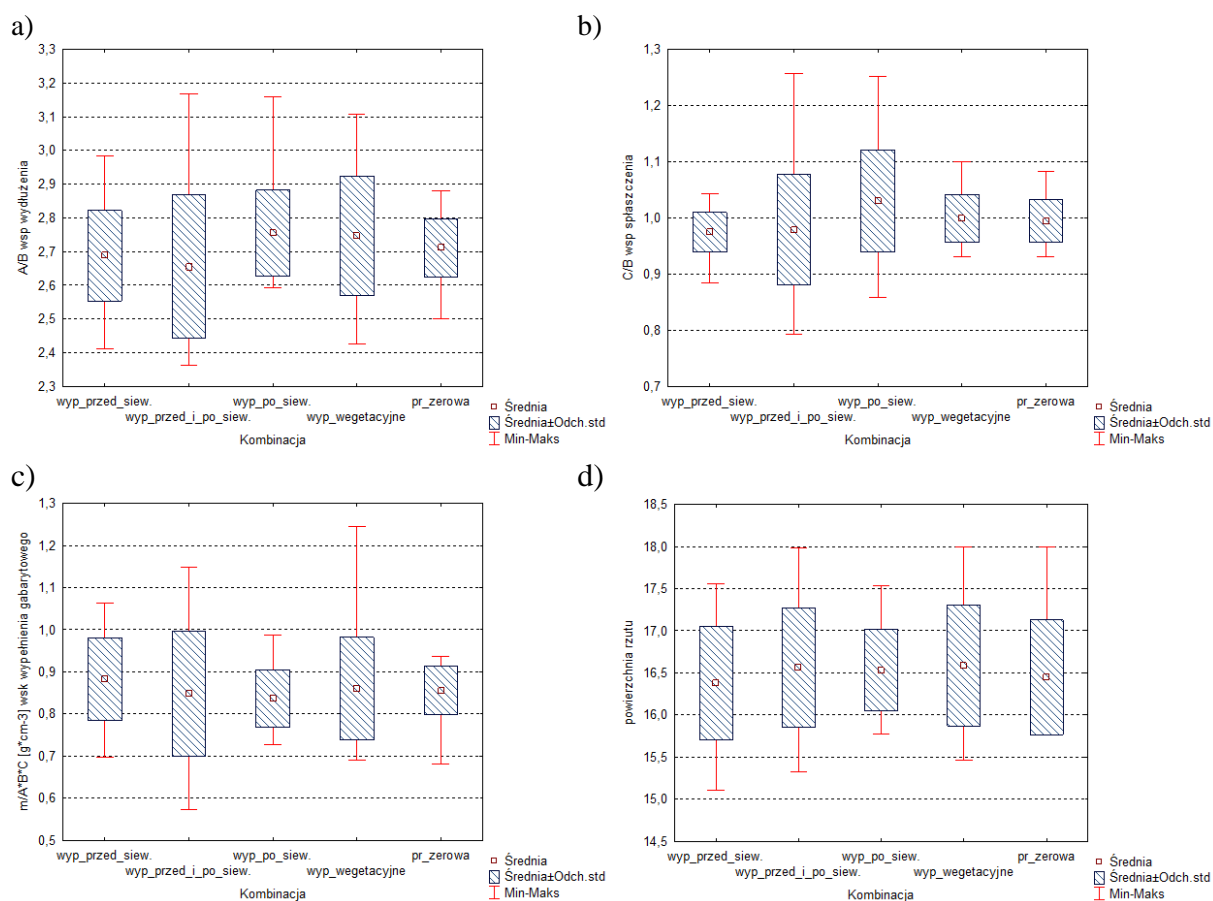
Specyfika zbioru ogórka i jego przeznaczenie konsumpcyjne a nie paszowe wymuszało ich zbiór w podobnej fazie rozwoju i reżimie gabarytowym. Wynikiem takiego postępowania było bardzo małe zróżnicowanie podstawowych cech fizycznych tj.: masa, długość czy grubość (rys. 106a, 106b, 106c, 106d) a tym samym brak statystycznie istotnych różnic.



Rysunek 106. Charakterystyka cech fizycznych ogórków w uprawie zagonowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem Termopielnika: a) masa; b) długość; c) szerokość; d) grubość

Źródło: opracowanie własne

Niewielkie zróżnicowanie cech fizycznych zbieranych ogórków przełożyło się na niewielkie zróżnicowanie określanych współczynników kształtu oraz wskaźnika wypełnienia gabarytowego oraz powierzchni rzutu ogórka na powierzchnię (rys. 107a, 107b, 107c, 107d).



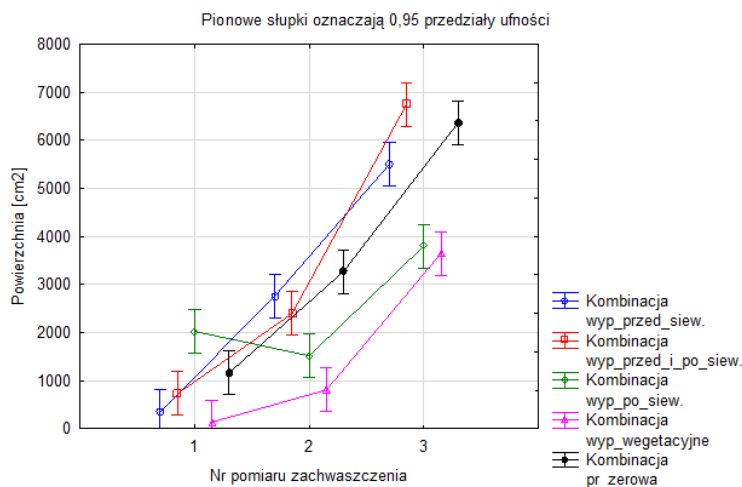
Rysunek 107. Cechy fizyczne ogórków w uprawie zagonowej dla kombinacji doświadczenia gdzie stosowano wypalanie: a) współczynnik wydłużenia; b) współczynnik spłaszczenia; c) współczynnik wypełnienia gabarytowego d) powierzchnia rzutu

Źródło: opracowanie własne

Suma poszczególnych składowych (rys. 82a, 82b, 82c, 82d) takich jak ekwiwalent pracy żywej, energia skumulowana w maszynach i urządzeniach oraz środkach energetycznych zobrazowała energochłonność skumulowaną poszczególnych wariantów kombinacji doświadczenia. Zabieg wykonywany przed i po siewie nasion był najwyższą energochłonną kombinacją doświadczenia. Energochłonność wynosząca $5538 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ była wyższa od ekwiwalentu pracy żywej jednak nakład roboczogodzin był znacząco niższy. Ze względu na brak istotnych różnic w plonie (rys. 104) wystarczającym okazują się być kombinacje jednoprzjazdowe w których energochłonność jest o połowę niższa w stosunku do wariantu doświadczenia z dwoma przejazdami Termopielnikiem.

Na rysunku 108 przedstawiono średnią powierzchnię zachwaszczenia odnotowaną na poszczególnych poletkach doświadczalnych z uwzględnieniem trzech interwałów pomiarowych zastosowanych w badaniach. Zaobserwowano, że w przypadku poletek, gdzie zastosowano wypalanie wegetacyjne odnotowano prawie dwukrotnie mniejszą powierzchnię zachwaszczenia w czasie trzeciego pomiaru w stosunku do tej wartości odnotowanej dla próby kontrolnej oraz kombinacji z podwójnym wypalaniem (przed i po siewie). Należy zaznaczyć,

że kombinacja w której zastosowano wypalanie tylko po siewie dała podobny efekt dotyczący powierzchni chwastów jak w/w kombinacja z wypalaniem vegetacyjnym.



Rysunek 108. Termin pomiaru powierzchni zachwaszczenia w odniesieniu do poszczególnych kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem Termopielnika w uprawie zagonowej ogórka

Źródło: opracowanie własne

Wyniki poszczególnych pomiarów (trzech terminów) oraz kombinacji (zabieg termiczny wykonany przed siewem, zabieg termiczny wykonany po siewie, zabieg termiczny wykonany przed i po siewie, zabieg termiczny wykonany w trakcie wegetacji bezpośrednio przed wschodami, próba kontrolna na której nie wykonywano zabiegu termicznego) powierzchni zachwaszczenia poddane zostały testowi statystycznemu w celu wyznaczenia różnic istotnych statystycznie (tab.39). W pierwszym interwale pomiarowym (wykonanym po trzech tygodniach od siewu nasion) odnotowano istotne statystycznie różnice w zachwaszczeniu pomiędzy poletkami na których zabieg termiczny przeprowadzono przed siewem nasion a tymi na których zabieg termiczny wykonano po siewie nasion. Różnica dotyczyła również poletek z zabiegiem termicznym wykonanym po siewie nasion w stosunku do poletek na których zabieg termiczny przeprowadzono w trakcie wegetacji roślin (przed wschodami rośliny uprawianej) W przypadku drugiego interwału pomiarowego powierzchni zachwaszczenia zaobserwowano trzy statystycznie istotne różnice w analizowanej wielkości między próbą zerową (uprawą kontrolną) a próbą z wypalaniem vegetacyjnym, próba zerową a wypalaniem przeprowadzonym po siewie nasion oraz między poletkami na których zabieg termiczny przeprowadzono przed siewem nasion a tymi na których zabieg przeprowadzono w trakcie wegetacji. Trzeci interwał pomiarowy powierzchni zachwaszczenia poletek charakteryzował się różnicami statystycznie istotnymi między poletkami na których zabieg wypalania wykonano przed siewem nasion a pozostałymi wariantami doświadczenia oraz dla poletek kombinacji wariantu doświadczenia w którym zabieg termiczny przeprowadzono

bezpośrednio przed wschodami rośliny uprawianej do poletek na których zabieg wykonany był przed i po siewie oraz do poletek nie poddanych zabiegowi termicznemu (próba kontrolna).

Tabela 39

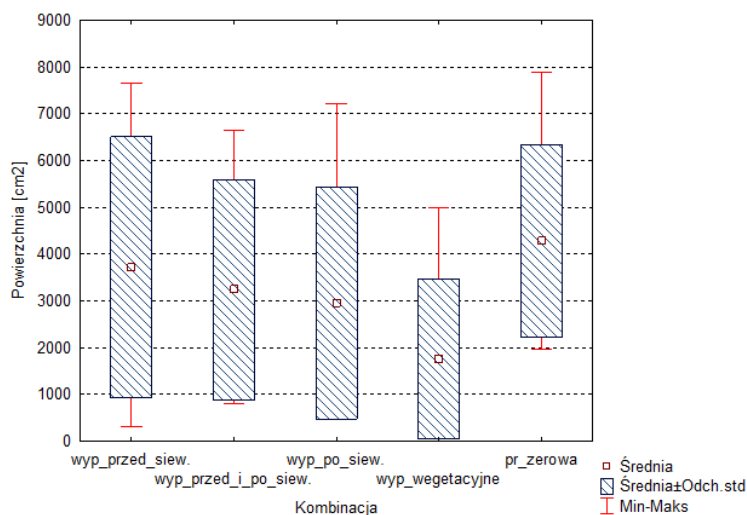
Test Scheffego różnic w wartościach powierzchni zachwaszczenia przy uprawie zagonowej ogórka między różnymi kombinacjami wypalania oraz terminu realizacji zabiegu a także próbą zerową

Nr podkl.	Kombinacja	Nr pomiaru zachwaszczenia	Test Scheffego; zmienna Plon [t] (ogorek_palnik_lan_prawdziwy) Prawdopodobieństwa dla testów post-hoc Błąd: MS międzygrupowe = 1,7753, df = 210,00														
			{1} 30, 155	{2} 30, 155	{3} 30, 155	{4} 30, 925	{5} 30, 925	{6} 30, 925	{7} 31, 153	{8} 31, 153	{9} 31, 153	{10} 33, 319	{11} 33, 319	{12} 33, 319	{13} 25, 712	{14} 25, 712	{15} 25, 712
1	wyp_przed_siew.	1	xxx	*	*		*	*	*		*		*		*	*	
2	wyp_przed_siew.	2		xxx	*	*		*			*	*				*	
3	wyp_przed_siew.	3			xxx	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	
4	wyp_przed_i_po_siew.	1				xxx	*	*			*		*		*	*	
5	wyp_przed_i_po_siew.	2					xxx	*			*					*	
6	wyp_przed_i_po_siew.	3						xxx	*	*	*	*	*	*	*	*	
7	wyp_po_siew.	1							xxx		*	*		*		*	
8	wyp_po_siew.	2								xxx	*		*		*	*	
9	wyp_po_siew.	3									xxx	*	*		*	*	
10	wyp_wegetacyjne	1										xxx		*		*	
11	wyp_wegetacyjne	2											xxx	*		*	
12	wyp_wegetacyjne	3												xxx	*	*	
13	pr_zerowa	1													xxx	*	
14	pr_zerowa	2														xxx	
15	pr_zerowa	3														xxx	

Źródło: opracowanie własne

5.3.6. Uprawa ogórka – technologia redlinowa

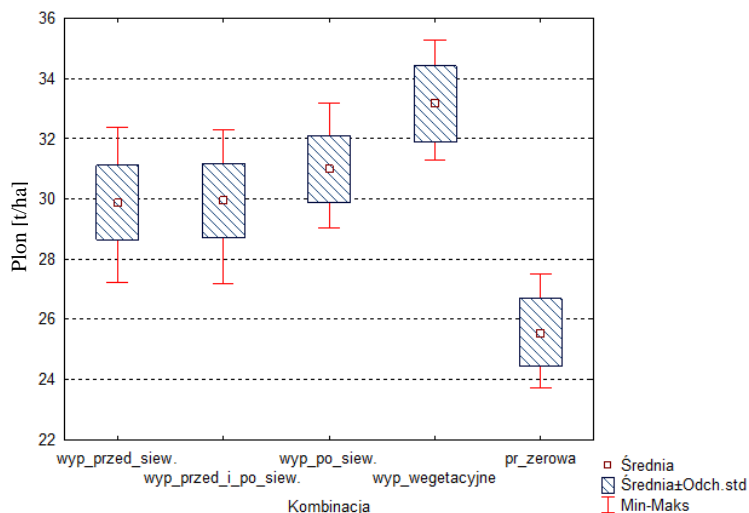
Średnia powierzchnia zachwaszczenia poletek na których uprawiany był ogórek w systemie redlinowym mieściła się w zakresie od 18% całkowitej powierzchni poletka w przypadku kombinacji gdzie zastosowano wypalanie tzw. wegetacyjne do 38% całkowitej powierzchni poletka dla kombinacji w której zabieg wypalania wykonano bezpośrednio przed siewem (rys. 109). Należy zaznaczyć, że w przypadku próby zerowej, czyli poletka na którym nie stosowano zabiegu wypalania powierzchnia chwastów przekroczyła 40% powierzchni całkowitej poletka.



Rysunek 109. Wielkość zachwaszczenia powierzchni poletka ogórka w systemie redlinowym dla każdej kombinacji wypalania oraz próby zerowej

Źródło: opracowanie własne

Odnotowano, że plon ogórka na poletkach poddanych zabiegowi termicznemu był wyraźnie wyższy od polonu odnotowanego w próbie zerowej (poletka bez zabiegu termicznego). Średni plon ogórków z poletek, gdzie realizowano wypalanie wynosił ponad 30 t·ha⁻¹, natomiast na poletkach gdzie nie realizowano zabiegów termicznych plon ogórków nie przekraczała 25 t·ha⁻¹. Należy zaznaczyć, że w przypadku stosowania wypalania wegetacyjnego (tuż przed wschodami ogórków) średni plon ogórków wynosił 33 t·ha⁻¹ (rys. 110).

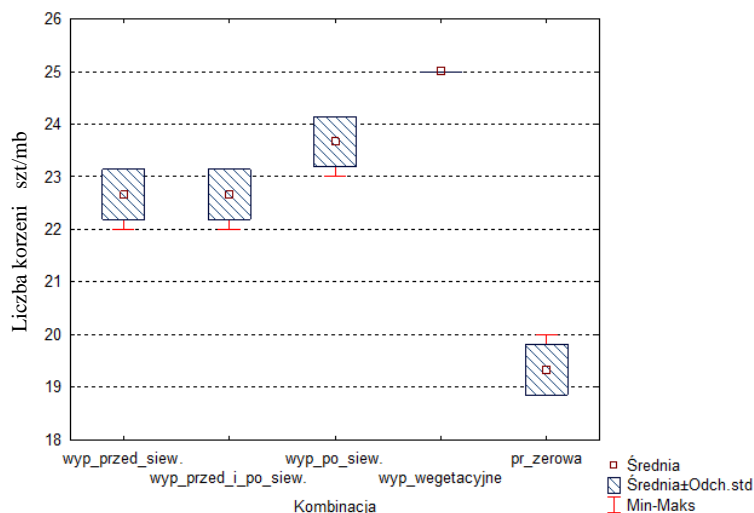


Rysunek 110. Plon ogórków dla wyszczególnionych w doświadczeniu kombinacji wypalania chwastów w uprawie redlinowej

Źródło: opracowanie własne

Ze względu na stałą prędkość robocza agregatu wydajność pracy oraz nakład energetyczny był taki sam dla każdej kombinacji wariantu doświadczenia (rys. 77a, 77b, 78a, 78b, 78c, 78d). Wydajność wypalania wynosiła $0,675 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$ dla wariantów w których wykonywany był jednokrotny przejazd agregatu co przekładało się na nakład czasu pracy wynoszący około $1,5 \text{ h} \cdot \text{ha}^{-1}$. Wartość ta była znacząco niższa od około $74 \text{ rbh} \cdot \text{ha}^{-1}$ przy uprawie tradycyjnej.

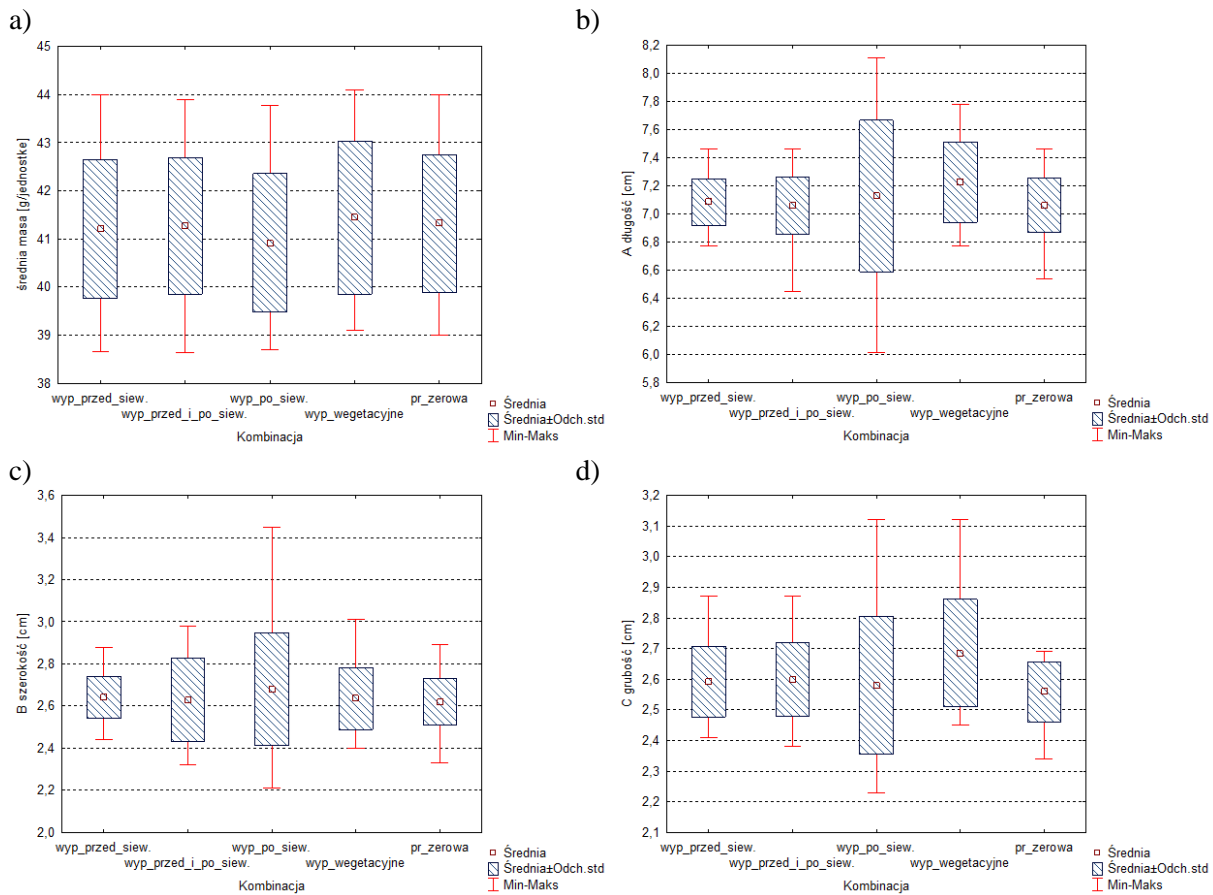
W przypadku jednostkowej liczby ogórków (rys. 111) zaobserwowano, że najwięcej sztuk ogórków o parametrach plonu handlowego, ponad 23 szt na 1mb zebrano z poletek, gdzie wypalanie realizowano tylko po siewie roślin. Nieco mniejszą liczbą ogórków, bo nie przekraczającą 23 szt na 1mb redliny charakteryzowały się pozostałe poletka, gdzie realizowano wypalanie. Natomiast na poletku stanowiącego próbę zerową tzn., gdzie nie stosowano wypalania liczba sztuk ogórków plonu handlowego była znacznie niższa i nie przekraczała 20 szt na 1mb redliny.



Rysunek 111. Średnia liczba ogórków na długości 1 mb redliny przy zastosowaniu Termopielnika do termicznej eliminacji zachwaszczenia w uprawie redlinowej

Źródło: opracowanie własne

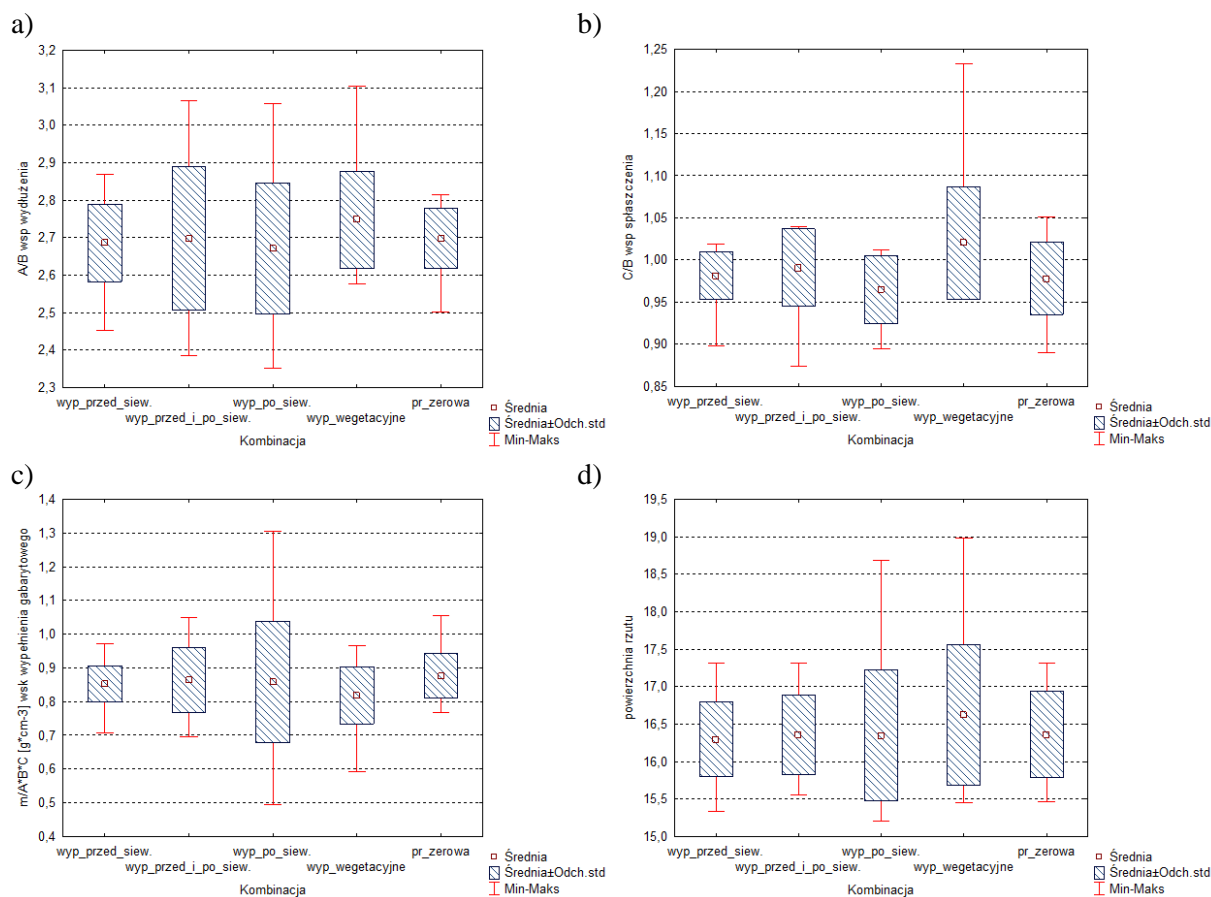
W przypadku parametrów liniowych oraz masy jednostkowej zbieranych ogórków, odnotowano niewielkie zróżnicowanie między plonem zbieranym z różnych poletek stanowiących kombinacje doświadczenia, dotyczyło to również plonu ogórków z poletka, gdzie zabiegów termicznych nie realizowano (rys. 112a, 112b, 112c, 112d). Było to wynikiem parametryzacji handlowej plonu ogórka, która wymusza określony kształt pozwalający uzyskać najlepszą cenę i gwarancję zbytu.



Rysunek 112. Charakterystyka cech fizycznych ogórków w uprawie redlinowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem Termopielnika: a) masa; b) długość; c) szerokość; d) grubość

Źródło: opracowanie własne

Podobnie jak w przypadku parametrów liniowych ogórków, również w przypadku współczynników sferyczności oraz wskaźnika wypełnienia gabarytowego nie odnotowano istotnego zróżnicowania w analizowanych kombinacjach doświadczenia (rys. 113a, 113b, 113c, 113d).



Rysunek 113. Parametry opisujące cechy fizyczne ogórków w uprawie redlinowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem Termopielnika: a) współczynnik wydłużenia; b) współczynnik spłaszczenia; c) wskaźnik wypełnienia gabarytowego d) powierzchnia rzutu

Źródło: opracowanie własne

Energochłonność skumulowana poszczególnych metod była sumą kilku składowych takich m.in. energii skumulowanej w maszynach i urządzeniach, środkach energetycznych, czy też ekwiwalentu pracy żywej (rys. 82a, 82b, 82c, 82d). Dominującym jest w tym przypadku strumień energetyczny skumulowany w nośnikach energii. Energochłonność skumulowana w przypadku jednokrotnego przejazdu Termopielnikiem wynosiła $2769 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ a przypadku dwukrotnego przejazdu energochłonność skumulowana jest dwukrotnością w/w wartości (rys.83). Porównując otrzymane wartości energochłonności do technologii tradycyjnej, gdzie pielenie realizowane jest ręcznie a nakład energetyczny jest równy ekwiwalentowi pracy żywej wynosząc $3111 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ należy podkreślić, że przy jednokrotnym użyciu Termopielnika nakład energetyczny jest mniejszy, natomiast w przypadku podwójnego przejazdu Termopielnikiem nakład energetyczny jest większy w stosunku do technologii tradycyjnej. Jednak czas zaangażowania żywej siły roboczej jest nieporównywalny i technologia wykorzystująca Termopielnik jest na tej płaszczyźnie bezkonkurencyjna. Zależność ta była niezmienna dla każdego wariantu kombinacji doświadczenia.

6. Dyskusja wyników i wnioski

Obecna sytuacja w branży rolniczej wymusza poszukiwanie nowych metod ograniczenia kosztów produkcji przy minimalizacji pestycydowej i nawozowej ingerencji w środowisko naturalne z jednoczesnym utrzymaniem właściwości ilościowo-jakościowych plonu. Jednymi z najistotniejszych strumieni kosztów generowanych do wytworzenia jednostki końcowej produktu są nakłady ponoszone na odchwaszczanie. W uprawie tradycyjnej podstawowe metody odchwaszczania można zaliczyć do metod mechanicznych, chemicznych oraz mechaniczno-chemicznych. W przypadku niektórych roślin uprawa mechaniczna może przynosić pozytywny efekt jedynie do pewnej fazy rozwojowej rośliny uprawianej. Dodatkowo uprawa mechaniczna i jej skuteczność uzależniona jest od wielu czynników zewnętrznych takich jak wilgotność gleby, temperatura powietrza, czas wystąpienia opadów atmosferycznych od wykonania zabiegu czy też nasłonecznienia. Metody chemiczne można podzielić na takie w których stosuje się herbicyd totalny przedwzrostowo lub też środki działające selektywnie. Ciągłym badaniom poddawany jest wpływ pozostałości Środków Ochrony Roślin w roślinie właściwej uprawianej na danym polu poddanemu zabiegowi chemizacyjnemu. Pozostałości środków ochrony roślin stanowią również problem w uprawach zielarskich lub warzywniczych ukierunkowanych na produkcję części zielonych z przeznaczeniem na suszenie (np. natki). Zabieg termiczny może w sposób zbliżony do działania herbicydu totalnego zastąpić i wyeliminować dodatkowe zabiegi w pierwszej fazie rozwojowej roślin danej uprawy. Zabieg termiczny ze względu na swoją specyfikę i technologię obecnie stosowaną nie ma możliwości selektywizacji poszczególnych roślin. W dobie obecnie funkcjonujących systemów wizyjnych oraz sztucznej inteligencji problem rozróżniania chwastów od właściwej rośliny uprawianej staje się coraz mniej kłopotliwy. Tematyka alternatywnych metod niszczenia chwastów nie tylko nie została wyczerpana w dotychczasowej literaturze, ale stanowi coraz istotniejsze zagadnienie naukowe i praktyczne. Dotyczy to upraw nie tylko w technologii ekologicznej ale również konwencjonalnej. Skuteczność herbicydów staje się coraz niższa, wynika to z faktu uodporniania się organizmów na składniki aktywne środków ochrony roślin oraz rygorystyczne przepisy wykluczające ze stosowania niektóre formuły. Rynek Unii Europejskiej jak również Stanów Zjednoczonych kładzie coraz większy nacisk na kontrole pozostałości ŚOR w produkcie końcowym jak również półprodukcie jakim jest substrat paszowy dla zwierząt gospodarczych. Alternatywna metoda działająca w sposób zbliżony do herbicydu totalnego staje się realną potrzebą również w rolnictwie tradycyjnym. Zasada działania metod termicznych opiera się na denaturacji białek w roślinie poprzez doprowadzenie ich do wysokiej temperatury. Jest to proces nieodwracalny który w sposób trwały uszkadza ciągłość tkanek

rośliny utrudniając przewodnictwo substancji odżywczych oraz asymilantów. Sposób wytwarzania wysokiej temperatury może być różnoraki począwszy od wykorzystania naturalnego źródła wysokiej temperatury a więc słońca, poprzez spalanie paliw, kończąc na wykorzystaniu prądu elektrycznego. W pracy skupiono się na dwóch metodach które ze względu na możliwości techniczne są możliwe do praktycznego zastosowania. Metoda termiczna z wykorzystaniem Termopielnika zasilanego gazem propan-butan jest uniwersalna, skalowalna i wysoce wydajna. Druga z badanych metod wykorzystująca promieniowanie mikrofalowe na chwilę obecną stanowi podwaliny do rozwoju technologii i ograniczenia jej energochłonności oraz zwiększenia wydajności. Jedną z dróg jest wykorzystanie technik komputerowych do opracowania wirtualnego modelu 3D urządzenia i przeprowadzania analiz modelowych jak np. w przypadku innych urządzeń wykorzystywanych w produkcji warzywniczej (Adamczyk 2014). Doświadczenie opisywane w tej pracy przeprowadzone było w latach 2015-2017 w gospodarstwie rolnym na terenie miejscowości Wielka Wieś koło Tarnowa. Stan gleb oraz małe zróżnicowanie parametrów takich jak zwężłość czy odczyn gleby pozwalał wyeliminować wpływ tych czynników na wynik pomiarów uzyskiwanych w doświadczeniu. Zawartość substancji odżywczych mikro i makro składników było do siebie zbliżona, ewentualne nieduże różnice wynikały ze specyfiki agrotechniki i dotyczyły skrajnych obszarów pola na którym były prowadzone badania. Nie odnotowano istotnych różnic w występowaniu kolonii bakterii ani grzybów. Z założeń metodycznych doświadczenie podzielone zostało na dwie kategorie: poletka na których wykonano zabieg termiczny za pomocą urządzenia wytwarzającego mikrofałe oraz te na których zabieg wykonany był za pomocą Termopielnika firmy Łukomet. Uzyskane wyniki z eksperymentu można podzielić na trzy grupy ze względu na oceniany efekt. Pierwsza grupa to wpływ zabiegu na poziom zachwaszczenia plantacji, druga grupa to wpływ zastosowanych metod wielkość i jakość plonu a ostatni aspekt dotyczy wpływu na energochłonność produkcji (w kontekście wyszczególnionego zabiegu odchwaszczania). Pierwszym bezpośrednim efektem zastosowanych metod niezależnie od kombinacji przeprowadzonego zabiegu był wpływ na poziom zachwaszczenia po upływie określonego czasu zgodnie z założoną metodyką. Metoda z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego okazała się w pełni skuteczna. Zabieg niezależnie od prędkości roboczej dla każdej z upraw ograniczył do minimum liczbę chwastów. Wyeliminowano nie tylko siewki nasion już wykiełkowanych ale również te których nasiona były w górnej warstwie gleby. W przypadku użycia Termopielnika efekt odchwaszczenia był wzrokowo zauważalny, jednak jego skuteczność i różnica w stosunku do próby kontrolnej zależała od kombinacji doświadczenia. Najskuteczniej sprawdziła się metoda wykonania

zabiegu w trakcie wegetacji, bezpośrednio przed wschodem rośliny uprawianej. Odchwaszczanie termiczne szczególnie to wykonane przed wschodami roślin ograniczyło znacząco konkurencję rośliny uprawianej z roślinami niepożądanymi. W każdym z wariantów niezależnie od kombinacji i zastosowanej metody uzyskiwana wartość plonu była wyższa od próby kontrolnej na której nie prowadzona była żadna forma odchwaszczania do momentu ostatniej dokumentacji fotograficznej. Wartości uzyskiwanych plonów z poszczególnych poletek w przeliczeniu na hektar są jasnym obiektywnym wyznacznikiem pozytywnego efektu przeprowadzonego zabiegu. Dużo trudniejszym i bardziej subiektywnym pozostaje element oceny jakościowej pozyskiwanych warzyw. Zebrane wyniki i ich szczegółowa analiza jasno wskazują że warzywa które nie musiały konkurować o zasoby z innymi roślinami w początkowej fazie rozwoju wykazują więcej cech poświadczających kształtu masy oraz rozmiaru (szczególnie uwypuklone są one w przypadku marchwi). Ogórek był rośliną której owoce były najmniej zróżnicowane pod względem cech jakościowych. Wynikało to z wieloetapowego zbioru w którym zrywane były te sztuki które już mieściły się w wytycznych przydatności konsumpcyjnej. Bezapelacyjnym pozostaje fakt skuteczności proponowanych metod termicznych stanowią one istotne uzupełnienie tradycyjnej technologii uprawy wnosząc poprawę efektywności zabiegów w uprawach ekologicznych. Metody te mogą być bazą do dalszego rozwoju technologii i zastosowanie jej również w rolnictwie konwencjonalnym jako alternatywa dla herbicydów a nawet herbicydów totalnych stosowanych przedwschodowo. Istotnym pozostaje kwestia energochłonności analizowanych metod oraz porównania ponoszonych nakładów w stosunku do technologii tradycyjnej. Metoda mikrofalowa niezależnie od formy uprawy i rośliny generowała ogromne zapotrzebowanie na energię elektryczną. Czynnikiem dywersyfikującym poszczególne kombinacje zabiegu była prędkość robocza a więc czas ekspozycji powierzchni pola na działanie mikrofal. Ze względu na dużą moc magnetronów oraz czas ich pracy na jednostce powierzchni energochłonność skumulowana była o rząd wielkości wyższa niż ekwiwalent pracy żywej na tej samej powierzchni. Dla najwyższej prędkości a więc najniższego zapotrzebowania energetycznego urządzenie generowało zapotrzebowanie blisko 60 kronie wyższe niż technologia tradycyjna. Z tego też powodu koniecznym jest szczegółowe określenie minimalnego czasu ekspozycji poletka na działanie promieniowania w kontekście zadowalającej skuteczności przeprowadzonego zabiegu. W przeciwieństwie do zastosowania promieniowania mikrofalowego wykorzystanie gazu propan butan jako źródła generującego wysoką temperaturę jest rozwiązaniem znacząco mniej energochłonnym. Z uwagi na efektywność zabiegu należy rozwijać technologię w przypadku, której wypalanie realizowane jest w trakcie

wegetacji a więc zabiegu jednoprzejazdowego. Energochłonność skumulowana uwzględniająca wszystkie strumienie energii niezbędne do wykonania zabiegu jest nieco niższa ($2769 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) w stosunku do technologii tradycyjnej, gdzie ekwiwalent energochłonności pracy żywej wynosił $3111 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$. W kontekście energochłonności obie te wartości są porównywalne jednak biorąc pod uwagę inne czynniki takie jak nakłady finansowe metoda termiczna ma zdecydowaną przewagę. Obecne problemy z pozyskaniem pracowników do pracy w rolnictwie oraz wysokie koszty pracy determinują zasadność wprowadzania m.in. zaproponowanych w niniejszej pracy rozwiązań. Prowadzone badania dotyczyły jedynie wybranych upraw warzywniczych w ograniczonym zakresie analizy. Metody termiczne mogą znacząco przyczynić się do ograniczenia nakładów pracy ludzkiej również w innych uprawach w których niemożność stosowania herbicydów wymusza stosowanie czaso i kosztochłonnych metod mechanicznych. Tematyka termicznych metod niszczenia chwastów jest tematem coraz szerzej analizowanym pod kątem badawczym. W literaturze światowej istnieje szereg badań dotyczących stosowania różnorodnych niekonwencjonalnych zabiegów stosowanych w celu eliminacji chwastów. Cutulle (2021) analizował przydatność bezzałogowego pojazdu do zwalczania chwastów w uprawach specjalistycznych; Kaspars i in. (2020) podjęli tematykę analizy wizyjnej chwastów oraz roślin uprawowych z ukierunkowaniem do wykorzystania zrobotyzowanego systemu kontroli zachwaszczenia a Olsen i in. (2019) zajęli się tematem głębokiego uczenia sztucznej inteligencji na podstawie zbioru zdjęć chwastów w celu ich dalszego zniszczenia. Metody termiczne eliminacji zachwaszczenia są koncepcją bardzo szeroko rozbudowaną. Czynnikiem który jest wykorzystywany do przekazania energii cieplnej oprócz rozgrzanego powietrza lub bezpośredniego oddziaływania płomienia często jest woda. Jest ona neutralna dla środowiska. Martelonni i in (2021) dodatkowo badali wpływ dodatku piany do gorącej wody. Takie rozwiązanie pozwalało zmniejszyć jej zużycie 2,5 krotnie., Efekt taki osiągalny jest dzięki temu że piana dłużej zachowuje wysoka temperaturę w bezpośrednim sąsiedztwie roślin poddanych zabiegowi. Po dwóch tygodniach od przeprowadzonego zabiegu nie zaobserwowano różnic w skuteczności czystej gorącej wody oraz tej z dodatkiem piany. Zespół Martelloniego w 2019 roku również analizował wykorzystanie gorącej wody z pianą między innymi w przygotowaniu stanowiska pod uprawy warzywnicze. Muscalu i in (2019) podjął się opracowanie autorskiego projektu urządzenia wykorzystującego gorącą wodę do termicznej eliminacji roślin niepożądanych. Wykorzystanie wody jako medium zostało przeanalizowane przez wielu badaczy w różnych częściach świata, między innymi Farooq i in (2019), Martelloni i in (2020), Guy i in (2019). Zespół Martelloniego intensywnie pracujący nad tematyką wykorzystania gorącej wody oraz gorącej wody z pianą do niszczeniach

zachwaszczenia porównał cztery różniące się pomiędzy sobą metody: zabieg chemizacyjny z wykorzystaniem Glifosatu, zastosowanie kwasu pelargoniowego, zabieg oparty o wypalanie palnikowe oraz gorąca pianę. Najskuteczniejszy efekt osiągnięto dla palnika (99% zwalczania chwastów na danej powierzchni) oraz gorącej piany (100% skuteczności). Kwas oraz Glifosat nie zniszczyły wszystkich odmian chwastów (coraz większe uodpornienie roślin na środki chemiczne). Zespół Guy (2019) sformułował następujące wnioski: najmniejszym zapotrzebowaniem energetycznym odznaczały się metody mechaniczne: brona z giętkimi zębami (4,2 do 5,5 MJ·ha⁻¹), kultywator zamiatający (13 do 14 MJ·ha⁻¹) i motyka rotacyjna (12 do 17 MJ·ha⁻¹). Najbardziej energochłonnymi okazało się wykorzystanie promieniowania podczerwieni (2000 do 3887 MJ·ha⁻¹) oraz wypalanie palnikowe (1008 do 4334 MJ·ha⁻¹). VanGessel (2019) analizując różne metody termiczne (palnik gazowy, woda, gorąca para) uważa że najskuteczniejszym sposobem jest zastosowanie miotaczy ognia. Odmiennego zdania jest Johnson (2019) który to analizując różne metody niszczenia chwastów w uprawie orzeszków ziemnych stwierdził że palnik gazowy był nękany awariami, płomień gasł, był trudny do zaobserwowania i nie powinien być uważany za realną alternatywę dla zabiegów obecnie stosowanych w celu eliminacji zachwaszczenia. Większość autorów wypowiada się jednak pozytywnie o stosowaniu palnika gazowego w odchwaszczaniu upraw. Podjęto nawet próby wykorzystania produktu gazyfikacji biomasy (Nicolo i in. 2023) jako paliwa zasilającego palnik. Autor stwierdził jednak że bilans ekonomiczny takiego rozwiązania na chwilę obecną może być dodatki tylko w oparciu o wykorzystanie dopłat ekologicznych. Abdulgalimov (2021) podjął próbę projektu modernizacji koncepcji urządzenia płomiennego do niszczenia zachwaszczenia. Zespół pod przewodnictwem Spagnolo (2020) analizował wpływ różnych prędkości roboczych agregatu płomiennikowego oraz ciśnienie i dawki gazu na skuteczność zabiegu. Końcowe wnioski mówiły że najskuteczniejszy efekt uzyskujemy przy prędkości agregatu wynoszącej 0,56 m·s⁻¹, ciśnieniu gazu 245 lub 196 kPa, jak również przy szybkości stosowania ciepła 0,78 m·s⁻¹ przy ciśnieniu gazu 245 kPa. Do zwalczania około 80% chwastów potrzeba było łącznie od 60,9 do 84,9kg. Podobną tematykę badał Morselli i in. (2022); określili oni korelację pomiędzy temperaturą czasem a skutecznością zabiegu. Mniejsza temperatura to niższe zużycie energii oraz mniejsze ryzyko pożaru. W dużo szerszym aspekcie wykorzystania płomiennika gazowego prowadził badania Horesh (2019). Prowadził on próby wykorzystania potencjału tego zabiegu termicznego do zwalczania chwastów powschodowo. Doświadczenie to prowadzone było w uprawie cebuli. Opalenie międzyrzędowe okazało się skuteczne w zwalczaniu chwastów międzyrzędowych i obniżało koszty odchwaszczania. Wypalanie krzyżowe w 12 dni po posadzeniu nie miało wpływu na suchą masę cebuli, podczas gdy sucha

masa roślin poddanych działaniu płomienia narzutowego została zmniejszona o 36% w porównaniu z kontrolnymi. W technice krzyżowej kąt ustawienia palników (45° i 30°) oraz odległości między palnikami (30 i 40 cm) nie miały wpływu na skuteczność zabiegu. Brodie i in. (2019) przeanalizowali kilka technik, w tym solaryzacji, technik gorącego powietrza lub płomienia, obróbki parą oraz ogrzewania mikrofalowego. W niniejszej pracy wykazano, że ogrzewanie mikrofalowe ma wyższą wydajność cieplną niż inne techniki i dlatego powinno być uważane za realny mechanizm termicznej kontroli chwastów i patogenów.

Wnioski końcowe:

1. Zaobserwowano, że zastosowane metody termicznego niszczenia chwastów skutecznie zmniejszały powierzchnię zachwaszczenia w przypadku analizowanych technologii uprawy wybranych warzyw w reżimie ekologicznym stanowiąc alternatywę dla technologii tradycyjnych. W przypadku stosowania zabiegu mikrofalowego powierzchnia chwastów zmniejszała się o ponad 97% w stosunku do poletek kontrolnych i był to zabieg w tym aspekcie najskuteczniejszy. Natomiast zastosowanie wypalania palnikiem gazowym pozwalało wyeliminować od 55% chwastów w przypadku buraka ćwikłowego uprawianego technologii zagonowej aż 75% chwastów w przypadku redlinowej uprawy marchwi. Otrzymane różnice w zachwaszczeniu między poletkami, gdzie stosowano zabiegi termiczny a poletkami gdzie ich nie stosowano były statystycznie istotne a sam zabieg termiczny stanowi alternatywę dla tradycyjnego pielenia szczególnie w uprawach ekologicznych.

2. Stwierdzono, że energochłonność zabiegów termicznych z wykorzystaniem promieniowania mikrofalowego wynoszącego w zależności od dawki promieniowania od $20 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ do $60 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ pomimo swojej skuteczności nie stanowi alternatywy pod względem energochłonności dla metod tradycyjnych w przypadku których jest on 60 raz niższa. Natomiast stosowanie Termopielnika, którym zabieg przeprowadzany jest jednorazowo w czasie wegetacji, ale tuż przed wschodami rośliny uprawnej charakteryzował się najwyższą skutecznością działania w odniesieniu do pozostałych kombinacji wypalania stanowi alternatywne rozwiązanie w stosunku do metod tradycyjnych ponieważ skumulowany nakład energetyczny wynosi $2769 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ i jest o 11% niższy w stosunku do metod wykorzystujących pielenie ręczne. Ponadto biorąc pod uwagę nakład godzinowy pracy wynoszący $1,5 \text{ rbh}\cdot\text{ha}^{-1}$ jest 49 razy mniejszy w stosunku do technologii tradycyjnych.

3. Stwierdzono, że z punktu widzenia wielkości plonu wypalanie prowadzone tuż przed wschodem rośliny uprawnej dawało najlepsze rezultaty w przypadku wszystkich uprawianych

w doświadczeniu roślin pomimo braku statystycznie istotnego zróżnicowania w/w wielkości. W przypadku promieniowania mikrofalowego dla marchwi wzrost uzyskiwanych korzeni w stosunku do kontroli wynosił od 16,4% (pośrednia dawka promieniowania, uprawa zagonowa) do 29,1% dla zabiegu wykonywanego z najniższą dawką promieni mikrofalowych w uprawie redlinowej. W przypadku buraka ćwikłowego przy analogicznym wpływie zabiegu na powierzchnię pokrycia poletka przez rośliny niepożądane wzrost plonu oscylował w zakresie od 21,7% w uprawie zagonowej oraz przy najniższej prędkości roboczej urządzenia do 34,8% dla prędkości pośredniej w uprawie redlinowej. Uprawa ogórka poddanego zabiegowi termicznemu przed wysiewem nasion charakteryzowała się największą zwyżką plonu w zakresie od 28% dla najniższej dawki promieniowania do 36% dla dawki najwyższej niezależnie od formy uprawy.

4. Odnotowano znaczne wyrównanie analizowanych właściwości fizycznych plonu roślin zebranych z poletek, gdzie realizowano proces wypalania gazowego oraz proces oddziaływania mikrofalowego w stosunku do próby odniesienia. Wyjątek stanowiły tutaj ogórki, gdzie właściwości fizyczne są miernikiem jakości i kwalifikacji do sprzedaży a zbiór jest realizowany wtedy, kiedy ich parametry fizyczne są odpowiednie, więc zróżnicowanie dotyczyło tylko wielkości plonu.

5. Stwierdzono, że w przypadku technologii ekologicznych najlepszym rozwiązaniem z punktu widzenia energochłonności oraz parametrów jakościowo ilościowych plonu roślin było jednorazowe wypalanie płomieniem gazowym tuż przed wschodami warzyw, które charakteryzowało się umiarkowanym nakładem energii i liczby roboczogodzin oraz wysoką wydajnością pracy w stosunku do technologii tradycyjnych, gdzie pielenie realizowanej jest ręcznie. Technologia mikrofalowa pomimo swojej skuteczności wymaga wysokich nakładów energetycznych oraz stosownej infrastruktury koniecznej do zasilania urządzenia nie jest na tym etapie możliwa do implementacji w tradycyjnych uprawach ekologicznych.

6. Termiczne metody zwalczania chwastów mogą stanowić istotne uzupełnienie tradycyjnych metod odchwaszczania lub wręcz zastąpić je wybranych fazach wegetacji roślin w uprawach ekologicznych. Metody te mogą być z powodzeniem stosowane również w rolnictwie konwencjonalnym i zrównoważonym będąc skuteczną alternatywą dla zabiegów herbicydowych.

7. Bibliografia

- Abdulgalimov, M. et al. (2021). The Rationale for Using Improved Flame Cultivator for Weed Control. In: Vasant, P., Zelinka, I., Weber, G.W. (eds) Intelligent Computing and Optimization. ICO 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1324. Springer, Cham
- Adamczewski K., Dobrzański A., 1997 Regulowanie zachwaszczenia w integrowanych programach uprawy roślin. *Progress in Plant Protection*, vol 37, (1): 58-65
- Adamczyk F., Frąckowiak P., Spychała W., Wąchalowski G., Geometryczny model 3D maszyny do czyszczenia i polerowania warzyw korzeniowych oraz ziemniaków, *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* 4/2014
- Adamczyk F., Hałas ciągników w warunkach polowych, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 2005, Vol. 50(1)
- Adamczyk F., Metody ograniczania rozprzestrzeniania się w środowisku rolniczym hałasu emitowanego przez agregaty polowe, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 2005, Vol. 50(3)
- Adamczyk G. 2002. Wybrane aspekty zachowań konsumpcyjnych i wzorców spożycia żywności w polskich gospodarstwach domowych w latach dziewięćdziesiątych, *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu CCCXLIII* (2002)
- Adamicki F., Nawrocka B. (red): *Metodyka integrowanej produkcji buraków ćwikłowych*. Warszawa 2005
- Adriana Muscalu, Cristian Sorică, Cătălin Persu, Ana-Maria Andrei, Angela Dorogan, Cătălina Tudora, 2019, *Researches on ecological weed control in vegetable crops*, *E3S Web of Conferences* 112, 03008 (2019)
- Anuszewski R., Pawlak J., Wójcicki Z. 1979. Energochłonność produkcji rolniczej. *Metodyka badań energochłonności produkcji surowców żywnościowych*. CD Cxxx II/717. IBMER Warszawa
- Anyszka Z. (red), 2013. *Metodyka integrowanej ochrony marchwi*. Materiały dla doradców. Instytut Ogrodnictwa Skierniewice
- Anyszka Z., Dobrzański A. 2008. Reakcja chwastów oraz pora i selera korzeniowego uprawianych współrzędnie na sposób odchwaszczania. s. 29-31. W: *Ogólnopolska Nauk. Konf. Warzywnicza "Postęp w technologii uprawy warzyw cebulowych"* Instytut Warzywnictwa, Skierniewice
- Anyszka Z., Dobrzański A., Kohut M. 2010. Weed and celeriac response to mulch from cover crops. p. 275 in *7th European Weed Research Society Symposium*. Kaposvar 61
- Anyszka Z., *Metody integrowanej ochrony fasoli*, Skierniewice 2015
- Ascard J. 1995. *Thermal weed control by flaming, Biological and Technical Aspects*. Swedish University of Agricultural Sciences, ISSN 0283-0086
- Ascard J., Hatcher P.E., Melander B., Upadhyaya M.K. 2007. Thermal weed control. p. 155–176. In: *„Non-Chemical Weed Management: Principles, Concepts and Technology”* (M.K. Upadhyaya, R.E. Blackshaw, eds). CABI, Oxon, United Kingdom, 239 pp
- Babik I. (red), 2005. *Ekologiczne Metody Uprawy Marchwi Materiały dla rolników*. Praca zbiorowa. Radom
- Babik J. (red), 2004. *Ekologiczne metody uprawy Buraka Ćwikłowego Materiały dla rolników Praca zbiorowa*
- Barłowska J., Wolanciuk A., Idec J., 2017. *Rolnictwo ekologiczne w Polsce na tle Unii Europejskiej i świata*, *Przegląd hodowlany* nr 2/2017
- Bastiaans L., Paolini R., Baumann D.T. 2002. Integrated Crop Management: Opportunities and limitations prevention of weed problems. p. 24-27 In: *12th European Weed Research Society Symposium*. Nederland, Wageningen
- Belloin J. 1988. Milk and dairy products: production and processing costs. *FAO Animal Production And Health Paper* 62
- Bibrowski Z. 1983. *Energochłonność skumulowana*. PWN Warszawa, SBN 83-01-03233-2.

- Boer W., Verheggen P., Paulien J.A., Gunnewiek K., Kowalchuk G.A., J.A. van Veen. 2003: Microbial Community Composition Affects Soil Fungistasis. *Applied and Environmental Microbiology*, February, Vol. 69, No. 2, p. 835-844.
- Bogucki J. 1997: Zastosowanie mikrofal w rolnictwie. *Przegląd Techniki Rolniczej Leśnej*. 08, s.7-9.
- Bond W., Turner R J., Grundy A. C. 2003. A review of non-chemical weed management. HDRA. www.organic.weed.org.uk
- Budyn E., Kielbasa P. 2008. Energochłonność skumulowana w produkcji wybranych roślin uprawianych w Beskidzie Żywieckim, *Inżynieria Rolnicza* 11 (109)/2008 Kraków
- Camanzi L., Malorgio G., Garcia Azcarate T. 2009. The role of producer organizations in supply concentration and marketing: a comparison between European countries in the fruit and vegetables sector. A resilient European food industry and food chain in a challenging world. *Materiały konferencyjne*. Chania, Kreta, Grecja, 3-6 września, s.1-16
- Caporali F, Mancinelli R, Campiglia E. Indicators of cropping system diversity in organic and conventional farms in central Italy. *International Journal of Agricultural Sustainability*. 2003;1(1):6772
- Czernuszewicz E., Adamska A. 2008. Wsparcie finansowe wybranych gospodarstw sadowniczych na Lubelszczyźnie z funduszy Unii Europejskiej. *Zeszyty Naukowe SGGW seria Problemy Rolnictwa Światowego t. 4 (XIX)*, s. 105-114
- Dalgaard T., 2003. 'On-farm fossil energy use', *Ecology and Farming*, 32, 9, IFOAM.
- Darnhofer, I., Lindenthal, T., Bartel-Kratochvil, R., & Zollitsch, W. (2010). Conventionalisation of organic farming practices: from structural criteria towards an assessment based on organic principles. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30(1), 67–81. doi:10.1051/agro/2009011
- Datta A.K., Davidson P. M. 2000: Microwave and Radiofrequency Processing. In: *Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies*. *Journal of Food Science*, Supplement 12: 32 – 41.
- Datta A.K., Davidson P. M. 2000: Microwave and Radiofrequency Processing. In: *Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies*. *Journal of Food Science*, Supplement 12: 32 – 41.
- De Vay, Staleton J.E., Elmore C.L. 1990. Soil solarisation. United Nations, Rome
- Deur I. 1994. Wpływ międzyplonu ścierniskowego na plonowanie i zachwaszczenie jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.* 4 (44): 36-45
- Dobek T. 2005. Ekonomiczne i energetyczne porównanie różnych technologii produkcji rzepaku uprawianego na biodiesel. *Acta Agrophysica* 6(3)
- Dobek T. 2006. Efektywność Energetyczna produkcji ziemniaków jadalnych w wybranych gospodarstwach. *Inżynieria Rolnicza* 2/2006
- Dobrzański A., 1997. Postęp w ochronie przed chwastami warzyw uprawianych dla przetwórstwa. Ogólnopolska Konferencja "Produkcja warzyw do przetwórstwa" Skierniewice 13-14 Listopad 1997
- Dobrzański A., 2015. Niechemiczne metody odchwaszczania cebuli. *Warzywa* 3/2015
- Dobrzański A., Adamczewski K., 1999. Zasady zwalczania chwastów w integrowanych programach uprawy roślin, *Ochrona Roślin* 2/1999 s. 5-8
- Dobrzański A., Adamczewski K., 2008. Niechemiczne metody zwalczania chwastów stan obecny i perspektywy, Ekspertyza. Projekt „Rozwój potencjału innowacyjnego członków Sieci Naukowej AgEngPol” 2008, Poznań 2008
- Dobrzański A., Adamczewski K., 2012. Przyszłość herbologii w zmieniającym się rolnictwie, *Progress in Plant Protection* 52 (4) 2012
- Dobrzański A., Pałczyński J., Problemy chwastów i metody ograniczania zachwaszczenia w cebuli ozimej. *Nowości Warzywnicze* 2005, nr 40 .s. 40. 37-51

- Ducka M., 2011. Ekologiczne rolnictwo i ogrodnictwo, Materiały szkoleniowe opracowane przez Krajowe Centrum Edukacji Rolniczej w Brwinowie
- Dumontet S, Cavoski I, Ricciuti P, Mondelli D, Jarrar M, Pasquale V, Crecchio C. Metabolic and genetic patterns of soil microbial communities in response to different amendments under organic farming system. *Geoderma*. 2017;296:79-85
- Farooq, O., Mubeen, K., Ali, H.H., Ahmad, S. (2019). Non-chemical Weed Management for Field Crops. In: Hasanuzzaman, M. (eds) *Agronomic Crops*. Springer, Singapore.
- Filipiak T., Maciejczak M., 2008. Uwarunkowania rozwoju sektora owoców i warzyw w Polsce w latach 2004-2007, *Roczniki Nauk Rolniczych, Seria G, T. 95, z. 2*
- Fontanelli M., Frasconi C., Martelloni L., Pirchio M., Raffaelli M., Peruzzi A., 2015, Innovative strategies and machines for physical weed control in organic and integrate vegetable crops, *Chemical Engineering Transactions*, 44, 211-216
DOI: 10.3303/CET1544036
- Gałązka A, Gawryjołek K, Grządziel J, Frąc M, Księżak J. Microbial community diversity and the interaction of soil under maize growth in different cultivation techniques. *Plant Soil Environment*. 2017;63:264-270
- Gałązka A, Łyszcz M, Abramczyk B, Furtak K, Grządziel J, Czaban J, Pikulicka A. Biodiversity of Soil Environment: Overview of Parameters and Methods in Soil Biodiversity Analyses. Puławy: Monografie i Rozprawy, IUNG; 2016. 100p
- Gawęcki J., Hryniewiecki L. (red.), *Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004, s. 354
- Gawłowska A. 2003. Mikrofauna w przemyśle spożywczym. *Cukiernictwo i Piekarstwo*. t.7, nr. 6. s.46-47.
- Gertig H., 2010. O bezpieczeństwie żywności ekologicznej. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, XLIII, 3: 406-414
- Główny Urząd Statystyczny 2017. Wyniki produkcji rolniczej w 2016 r., Warszawa
- Głuszyński P. 1995: Alternatywne metody unieszkodliwiania odpadów medycznych. Ogólnopolskie Towarzystwo Zagospodarowania Odpadów "3R", Kraków.
- Graham Brodie, Muhammad Jamal Khan, Dorin Gupta, Sally Foletta and Natalie Bootes, 2019, Understanding the Energy Requirements for Microwave Weed and Soil Treatment, *Global Journal of Agricultural Innovation, Research & Development*, 2019, 6, 11-24
- Guy R. Y. Coleman, Amanda Stead, Marc P. Rigter, Zhe Xu, David Johnson, Graham M. Brooker, Salah Sukkari, Michael J. Walsh, 2019; Using energy requirements to compare the suitability of alternative methods for broadcast and site-specific weed control, *Weed Technology*, Volume 34
- Halverson S.L., Bigelow T.S., Halverson W.R. 2001: Design of a High Power Microwave Applicator for the Control on Insects in Stored Product. Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions, November, San Diego, CA, Number 83.
- Hartmann K.M., Nezadal W. 1990. Photocontrol of weeds without herbicides. *Naturwissenschaften*, 77: 158-163.
- Helander C. A., Delin K., 2004. Evaluation of farming systems according to valuation indices developed within a European network on integrated and ecological arable farming systems. *European Journal of Agronomy*, Tom 21, Issue 1, s. 53-67
- Herbud E. 2000. Ekologiczne uwarunkowania produkcji drobiu w Polsce, *Wiś Jutra*, 1:18-19
- Horesh, A.; Igbariya, K.; Peleg, Z.; Lati, R.N. LPG Flaming—A Safe Post-Emergence Weed Control Tool for Direct Seeded and Bulb Onion. *Agronomy* 2019, 9, 786
- <http://web.archive.org/web/20130322044917/http://www.raytheon.com/ourcompany/history/leadership/>

<https://www.czasopismobiologia.pl/artukul/gleba-jako-srodowisko-zycia-mikroorganizmow>

https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb - zasobność gleb z 07.02.23

<https://www.wojnicz.pl/mieszkaniec/srodowisko-i-rolnictwo>

Idziak R., Michalski T. 2003. Zachwaszczenie i plonowanie mieszanek jęczmienia jarego i owsa przy różnym udziale obu komponentów w zasiewie, *Zeszyty Probl. Post. Nauk Rolniczych* 490: 99-104

Instytut Badawczy Leśnictwa, 2013. *Metodyka Integrowanej ochrony drzewostanów liściastych*, Sękocin Stary

Jabłońska L. 2002. *Rynek owoców i warzyw*. FAPA, Warszawa

Jakubiak S., Gałęzowski M. 2007. Wpływ uprawy zbóż jarych w mieszankach na zachwaszczenie oraz liczebność wybranych szkodników, *Zeszyty Probl. Nauk Rolniczych* 516: 65-72

Jakubowski T. 2008 Wpływ pola mikrofalowego na dynamikę zmian masy i temperatury bulwy ziemniaka. *Inżynieria rolnicza* 6(104)/2008: s. 63-69.

Jeng D.K., Kaczmarek K.A., Woodworth A.G., Balasky G. 1987: Mechanism of microwave sterilization in the dry state. *Applied Environmental Microbiology*. September; 53 (9): 2133–2137.

Kaliski M., Frączek P., 2009. Wybrane uwarunkowania zmiany energochłonności gospodarki w Polsce, *Wiertnictwo Nafta Gaz*, Tom 26, zeszyt 1-2

Kaniszewski S. 2007. *Produkcja warzyw w Polsce. Stan obecny i perspektywy*, Hasło Ogrodnicze, Ogrodyinfo.pl

Kapusta F. 2014. *Produkcja i przetwórstwo warzyw w Polsce na początku XXI wieku*, *Nauki Inżynierskie i Technologie* 1(12)/2014

Kapusta F., *Przemysł owocowo-warzywny w Polsce*, *Prace Naukowe AE nr 949*, "Technologia" 9, Wydawnictwo AE, Wrocław 2002, s. 112

Kaspars Sudars a, Janis Jasko b, Ivars Namatevs a, Liva Ozola a, Niks Badaukis b; 2020; Dataset of annotated food crops and weed images for robotic computer vision control; Elsevier Volume 31

Kędzia B. 1998. Sposoby zmniejszania zanieczyszczeń mikrobiologicznych w surowcach zielarskich cz. III. *Wiadomości Zielarskie*. 4, s.15- 17.

Kielbasa P, Pikul K., Drózd T, Nawara P., Nęcka K., Oziembłowski M., Lis S., Tomasiak M., Ostafin M. 2016. Wykorzystanie promieniowania mikrofalowego do selektywnej eliminacji flory w jej początkowym okresie rozwoju. *Przegląd Elektrotechniczny*, nr 12, S. 65-69.

Kielbasa P, Pikul K., Kurpaska S., Ostafin M., Zagórda M.. 2017. Wpływ promieniowania mikrofalowego na stopień eliminacji mikroorganizmów w wierzchniej warstwie gleby. *Przegląd Elektrotechniczny*, nr 12, S. 107-109.

Kielbasa P., Budyn P., Rad M. 2008. Wykorzystanie elektronicznego układu pomiarowego do oceny wybranych cech fizycznych płodów rolnych. *Inżynieria Rolnicza*. Nr. 71(105), s. 93-100.

Komorowska D., *Perspektywy rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce. Problemy Rolnictwa Światowego* 2006

KOMUNIKAT KOMISJI DO PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO, RADY, EUROPEJSKIEGO KOMITETU EKONOMICZNO-SPOŁECZNEGO I KOMITETU REGIONÓW Strategia „od pola do stołu” na rzecz sprawiedliwego, zdrowego i przyjaznego dla środowiska systemu żywnościowego, Bruksela 2020

Konopacki P., Rabcewicz J., Białkowski P., Ocena skuteczności podgrzewania powietrza ciągnikowym urządzeniem grzewczym podczas wiosennych przymrozków w sadzie jabłoniowym, *Zeszyty Naukowe Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarstwa im. Szczepana Pieniżka* Tom 20, 2011

Kott J., Kott M., Szalbierz Z., 2012. Wskaźniki energochłonności w przemyśle. *Zarządzanie i finanse R*. 10, Nr 1, Cz. 2.

- Kowalczyk Z. 2002. Poziom intensywności produkcji a efektywność postępu naukowo-technicznego w różnych typach gospodarstw. Praca doktorska, AR Kraków
- Kowalski J. i in. 2002: Postęp naukowo – techniczny a racjonalna gospodarka energią w produkcji rolniczej. Wydawnictwo PTIR, Kraków
- Kukawska B. 1996. Odpady medyczne i metody ich unieszkodliwiania. Ekologia i Technika nr 5/6 (23/24).
- Kurpaska S., Tabor S., 2006. Energochłonność polowej produkcji niektórych warzyw korzeniowych, Inżynieria Rolnicza 11/2006
- L Martelloni, C Frasconi, M Sportelli, M Fontanelli, M Raffaelli, A Peruzzi, 2019 The use of different hot foam doses for weed Control, Agronomy
- Lenart S, Sławiński P. Wybrane właściwości gleby oraz występowanie dżdżownic w warunkach siewu bezpośredniego i pluznej uprawy roli. Fragmenta Agronomica. 2010; 27(4):86-93
- Marciniak A. M., 2008, Ocena energochłonności chowu bydła mlecznego w oborach wolnostanowiskowych z uwzględnieniem poziomu mechanizacji, Problemy Inżynierii Rolniczej 4/2008
- Martelloni L;Frasconi C;Sportelli M;Fontanelli M;Raffaelli M;Peruzzi A, 2021; Hot foam and hot water for weed control: a comparison, JOURNAL OF AGRICULTURAL ENGINEERING 52/3
- Martelloni, L.; Frasconi, C.; Sportelli, M.; Fontanelli, M.; Raffaelli, M.; Peruzzi, A. Flaming, Glyphosate, Hot Foam and Nonanoic Acid for Weed Control: A Comparison. Agronomy 2020, 10, 129.
- Maskan, M. 2001. Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwi fruits during hot air and microwave drying. Journal of Food Engineering 48(2): s. 177-182.
- Matsuda, Y.; Kakutani, K.; Toyoda, H. Unattended Electric Weeder (UEW): A Novel Approach to Control Floor Weeds in Orchard Nurseries. Agronomy 2023, 13, 1954. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071954>
- Matthew A. Cutulle; Joe Mari Maja 2021. Determining the utility of an unmanned ground vehicle for weed control in specialty crop systems., Italian Journal of Agronomy vol. 16:1865
- Matyjaszczyk E. Dobrzański A., 2016. Analiza możliwości regulacji zachwaszczenia w uprawach czosnku w Polsce. Progress in Plant Protection 56 (4) 2016
- Matyjaszczyk E. Dobrzański A., Zachwaszczenie upraw szpinaku i problemy z jego ograniczeniem. Zagadnienia Doradztwa Rolniczego Nr 2/2016
- Mavrogianopoulos, G.N., A. Frangoudakis and J. Pandelakis. 2000. Energy efficient soil disinfestation by microwaves. Journal of Agricultural Engineering Research 75(2): s. 149-153.
- mechanicznego zwalczania chwastów. W: Poszukiwanie nowych rozwiązań w ochronie
- Melander B., Jorgensen M.H. 2003. Band steaming for intrarow weed control in direct-sown vegetables – recent developments from research and perspectives for practical implementation p. 13–15. In: European Weed Research Society Working Group „Weed Management Systems in Vegetable Crops”. Instytut Warzywnictwa, Skierniewice, 26–27.06.2003, 23 pp
- Mengel, K. and Kirkby, E.A. (1982) Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute, Bern.
- Michałek R. i in. 1998: Uwarunkowania technicznej rekonstrukcji rolnictwa. Wydawnictwo PTIR, Kraków
- Miśniakiewicz M., Suwała G., 2006. Żywność ekologiczna w świadomości Polaków, Zeszyty Naukowe AE w Krakowie, 705: 57-75
- Mojžiš M. 2002. Energetic requirements of flame weed control. Res.Agr. Eng. 48:94-97.
- Moosmann A., Koch W. 1988: Soil disinfection by microwaves with special reference to weed control. Weed control in vegetable production. Proceedings of a meeting of the EC Experts' Group, Stuttgart 28-31 Oct. 1986, 187-193.
- Nachtman G., Żekało M., Efektywność ekonomiczna gospodarstwa ekologicznych na tle konwencjonalnych w 2004 r. Zagadnienia Ekonomiki Rolnej 2006 nr 2 91-106

Narcís C. 2006. Soil disinfestation microwave system as an alternative to methyl bromide. Microdis. Publishable final activity report. Project no: FP6-508465. Project reference: 508465.

Nicolò Morselli , Filippo Ottani , Marco Puglia , Simone Pedrazzi , Paolo Tartarini , Giulio Allesina; 2022; Experimental analysis of effective energy dosage in hot air weeding; Sustainable Energy Technologies and Assessments Volume 54

Nicolò Morselli a, Simone Boccaletti b, Stefano Meglioraldi c, Marco Puglia a, Simone Pedrazzi a, Giulio Allesina a; 2023; Biomass-powered thermal weeding in wine farms: An environmental and economic assessment; Journal of Cleaner Production; Volume 385

Nosecka B., 2014. Konkurencyjność zewnętrzna świeżych owoców i warzyw z Polski, Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu, Roczniki Naukowe T. XVI z. 4

Nosecka B., 2014. Zewnętrzne uwarunkowania wzrostu eksportu owoców, warzyw i ich przetworów z Polski, Roczniki Naukowe Ekonomii Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich, T. 101, z. 3

Oerke E.C. 2006. Crop losses to pests. J. Agr. Sci. 144: 31-43

Olsen, A., Konovalov, D.A., Philippa, B. et al. DeepWeeds: A Multiclass Weed Species Image Dataset for Deep Learning. Sci Rep 9, 2058 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38343-3>

Parish S. 1990. A review of non-Chemical Weed Control Techniques. Biological Agriculture and Horticulture, (7):117-137

Pauwels F. 1989: Soil disinfestation in Belgian Horticulture: a practice view. Acta-Horticulturae, No. 255, 31-35.

Pawlak J. 1989. Analiza energochłonności produkcji roślinnej. PWRiL. Warszawa

Penn State, Rutgers University, University of Delaware USDA-Beltsville, Virginia Tech, West Virginia University, 2019, Practical Guide for Integrated Weed Management in Mid-Atlantic Grain Crops, Mark VanGessel, University of Delaware

Perepeczko B. 2000. Trudności zespołowej przedsiębiorczości polskich rolników - między wspólnotą a zrzeszeniem. Rola doradztwa rolniczego w rozwoju przedsiębiorczości zespołowej rolników. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, s. 42-50

Peruzzi A., Martelloni L., Frascioni C., Fontanelli M., Pirchio M., Raffaelli M., Machines for non-chemical intra-row weed control in narrow and wide-row crops: a review, Journal of Agricultural Engineering 2017; XLVIII:583

Petersen C, Drinkwater LE and Wagoner P., 1999. The Rodale Institute Farming Systems Trial: The First 15 Years, The Rodale Institute.

Pikul K., Kiełbasa P., 2015 Analiza podatności nasion fasoli „Piękny Jaś z Doliny Dunajca” na uszkodzenia mechaniczne, EPISTEME 26/2015, t. III s.261–268 ISSN 1895-4421

Pikul K., Szelań-Sikora A., Malinowski M., 2011. Analiza porównawcza producentów fasoli “Piękny Jaś z Doliny Dunajca”. Materiały konferencyjne I Międzynarodowej i VII Ogólnopolskiej Młodzieżowej Konferencji Naukowej, Rzeszów

Pilarski S., Grzybowska M., Brzeziński M., 2003. Rynek żywności ekologicznej. Wyd. Wyższej Szkoły Agrobiznesu w Łomży, Łomża

Piskier T., 2008. Analiza efektywności energetycznej proekologicznych sposobów ograniczania zachwaszczenia pszenicy jarej. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, Vol. 53(4), s. 37-39.

Pizło W., 2011. Status and development trends of Polish pomology during 1999-2009. Roczniki Naukowe SERiA t. XIII, z. 6, s. 183-187

Płaza A., Ceglarek F. 2007. Rola międzyplonów w regulacji zachwaszczenia pszenicy ozimego w drugim roku po ich zastosowaniu. Ochrona Roślin 47 (3): 238-241

- Ptaszyński S., Golka W., Metody ochrony przed szkodnikami, chorobami i zwalczanie chwastów w uprawach warzywniczych, Warszawa 2011
https://eureka.dziennik.pl/wynalazki/Eureka2022_wynalazek27.html -mikrofala barsz sosnowskiego, 14.10.2022 r.
- Rabcewicz J., Wawrzyńczak P. Wpływ głębokości roboczej glebogryzarki sadowniczej na efektywność niszczenia chwastów w sadach. *Inżynieria Rolnicza* 6/2006
- Raffaelli M., Martelloni L., Frascioni C., Fontanelli M., Peruzzi A. 2013. Development of machines for flaming weed control on hard surfaces. *Appl. Eng. Agric.* 29:663-73.
- Rahkonen J., Pietikänen J., Jokela H. 1999. The effects of flame weeding on soil microbiological biomass. *Biological Agriculture and Horticulture* 16:363-368.
- Reganold JP, Glover JD, Andrews PK and Hinman JR., 2001. 'Sustain-ability of three apple production systems', *Nature*, 410, 926-930
- Reisch E., Zeddies J. 1995. Wprowadzenie do ekonomiki i organizacji gospodarstw rolnych. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu
- Rembiałkowska E., Hallmann E., 2006. Zawartość związków antyoksydacyjnych w wybranych odmianach cebuli z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. *Journal of Research and Application Engineering* 2006, Vol 51(2)
- Rembiałkowska E., Hallmann E., 2008. Zmiany zawartości związków bioaktywnych w owocach papryki marynowanej z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* vol. 53 (4)
- Richard J. Aldrich, 1995. Ekologia chwastów w roślinach uprawnych: podstawy zwalczania chwastów, Towarzystwo Chemii i Inżynierii Ekologicznej, Opole
- Riemens M.M., van Der Weide R.Y., Bleeker P.O., Lotz L.A.P. 2007. Effects of stale seedbed preparations and subsequent weed control in lettuce on weed densities, *Weed Res.* 47: 149-156
- Robak J. (red) ., 2013. Metody integrowanej uprawy cebuli, Skierniewice
- Robak J. (red) ., Metody integrowanej uprawy cebuli, Skierniewice 2013
- Roger T. Spagnolo *Tiago V. Custódio, César S. de Moraes, Ângelo V. dos Reis, Antônio L. T. Machado, 2020, HEAT-APPLICATOR MACHINE FOR WEED CONTROL, Scientific Paper, *Agricultural Machinery Management • Eng. agric. (Online)* 40 (5)
- Romaniuk W. 1996. Wpływ funkcjonalno–technologicznych rozwiązań obór na energochłonność i koszty produkcji mleka w gospodarstwach rodzinnych. Rozprawa habilitacyjna. *Prace Naukowo-Badawcze IBMER*, Warszawa
- Rosenberg U., Bögl W. 1987: Microwave Pasteurization, Sterilization, Blanching, and Pest Control in the Food Industry. *Food Technology* 41,6: 92-99.
- Rozporządzenia Rady (WE) nr 834/2007 z dnia 28 czerwca 2007 r. w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych i uchylające rozporządzenie (EWG) nr 2092/91 zmienione przez Rozporządzenie 967/2008 z dnia 29 września 2008 r.
- Rozporządzenie Komisji (UE) nr 271/2010 z dnia 24 marca 2010 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 889/2008 ustanawiające szczegółowe zasady wdrażania rozporządzenia Rady (WE) nr 834/2007 w odniesieniu do unijnego logo produkcji ekologicznej.
- Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1235/2008 z dnia 8 grudnia 2008 r. ustanawiające szczegółowe zasady wykonania rozporządzenia Rady (WE) nr 834/2007 w odniesieniu do ustaleń dotyczących przywozu produktów ekologicznych z krajów trzecich (Dz.U. UE L 334/25 z 12.12.2008 r.).
- Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1254/2008 z dnia 15 grudnia 2008 r.;

Rozporządzenie Komisji (WE) nr 710/2009 z dnia 5 sierpnia 2009 r. zmieniające rozporządzenie Rady (WE) nr 899/2008 ustanawiające szczegółowe zasady wdrażania rozporządzenia Rady (WE) nr 834/2007 w odniesieniu do ustanawiania szczegółowych zasad dotyczących ekologicznej produkcji zwierzęcej w sektorze akwakultury i ekologicznej produkcji wodorostów morskich

ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (WE) NR 730/1999 z dnia 7 kwietnia 1999 r. ustanawiające normy handlowe w odniesieniu do marchwi

Rozporządzenie Komisji (WE) nr 889/2008 z dnia 5 września 2008 r.; ustanawiające szczegółowe zasady wdrażania rozporządzenia Rady (WE) nr 834/2007 w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych w odniesieniu do produkcji ekologicznej, znakowania i kontroli zmienione przez Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1254/2008 z dnia 15 grudnia 2008 r. i Rozporządzenie Komisji (WE) nr 710/2009 z dnia 5 sierpnia 2009 r.

Rozporządzenie Komisji (WE) nr 889/2008 z dnia 5 września 2008 r. ustanawiające szczegółowe zasady wdrażania rozporządzenia Rady (WE) nr 834/2007 w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych w odniesieniu do produkcji ekologicznej, znakowania i kontroli (Dz.U. UE L 250 z 18.9.2008, poz. 1, ze zm.).

Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 10 listopada 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie jednostek organizacyjnych oceniających i potwierdzających zgodność środków do produkcji ekologicznej z wymaganiami określonymi w przepisach dotyczących rolnictwa ekologicznego oraz prowadzących wykaz tych środków (Dz.U. nr 225, poz. 1468).

Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 2 marca 2010 r. w sprawie jednostek organizacyjnych oceniających i potwierdzających zgodność środków do produkcji ekologicznej z wymaganiami określonymi w przepisach dotyczących rolnictwa ekologicznego oraz prowadzących wykaz tych środków (Dz.U. nr 54, poz. 326 ze zm.).

Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 26 maja 2015 r. w sprawie ogólnych odstępstw od warunków produkcji ekologicznej (Dz.U. 2015, poz. 799).

Rozporządzenie Rady (UE) nr 517/2013 z dnia 13 maja 2013 r. dostosowujące niektóre rozporządzenia i decyzje w takich dziedzinach, jak swobodny przepływ towarów, swobodny przepływ osób, prawo spółek, polityka konkurencji, rolnictwo, bezpieczeństwo żywności, polityka weterynaryjna i fitosanitarna, polityka transportowa, energia, podatki, statystyka, sieci transeuropejskie, wymiar sprawiedliwości i prawa podstawowe, sprawiedliwość, wolność i bezpieczeństwo, środowisko, unia celna, stosunki zewnętrzne, polityka zagraniczna, bezpieczeństwa i obrony oraz instytucje w tej dziedzinie, w związku z przystąpieniem Republiki Chorwacji (Dz.U. L 158/1 z 10.06.2013 r.).

Rozporządzenie Rady (WE) nr 967/2008 z dnia 29 września 2008 r.

Rozporządzenie Rady WE nr 834/2007 z dnia 28 czerwca 2007 r. w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych i uchylające rozporządzenie (EWG) nr 2092/91 (Dz.U. UE L 189 z 20.07.2007, ze zm.).

Rumian M., LESZEK CZEPIRSKI Czepirski L., Zastosowanie promieniowania mikrofalowego w technologii adsorpcyjnej 84/5(2005) Przemysł chemiczny

Sabat R., Konopacki P., Hołownicki R., Zastosowanie termowizji do badań rozkładu temperatury w tunelach foliowych wyposażonych w akumulatory ciepła, Inżynieria Rolnicza, 2013: Z. 3(145) T.1,S. 345-354

Sadowska I. 2013. Metody analizy energochłonności w przemyśle-referat konferencyjny. Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Nr 33/2013

Sadowska I. 2015. Metody analizy energochłonności w przemyśle- autoreferat rozprawy doktorskiej. Gdańsk

Shiah TC., Chang TT. Fu. CH. 2001: The application of microwave irradiation for the disinfection of paper. Taiwan J For Sci 16:4, 327-32.

Shiah TC., Chang TT. Fu. CH. 2001: The application of microwave irradiation for the disinfection of paper. Taiwan J For Sci 16,4: 327-32.

- Singh M. Organic Farming for Sustainable Agriculture Indian Journal of Organic Farming Volume 1 Issue 1 2021,p. 1-9.
- Slaven MJ, Koch M., Borger CPD. Exploring the potential of electric weed control: a review. *Weed Science*, 2023;71(5):403-421
- Sławiński K. 2011 Analiza energochłonności Produkcji ziemniaka jadalnego w gospodarstwach ekologicznych. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 56(4)
- Sławiński K., 2010. Porównanie energochłonności uprawy wybranych gatunków roślin towarowych w gospodarstwie ekologicznym i konwencjonalnym, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* vol 55(4)
- Sławiński K. 2009: Urządzenie do mikrofalowej dezynfekcji gleby. *Zeszyty Problemowe PNR* z.543, s. 319-325.
- Sławiński K. 2009a: Microwave heating of forest nursery soil. [W:] *Les, krajina a lesní hospodářství Kostelec. FLD ČZU v Praze*. s. 191-196, ISBN 978-80-213-1894-6.
- Sławiński K. 2009b: Use of microwave heating of forest nursery soil. *Formec 2009. 42 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORESTRY MECHANIZATION*. ISBN 978-80-213-1939-4, CULS Prague. s.360-367.
- Sławiński K. 2009c: Microwave device for soil heating. *Mobilné energetické prostriedky – Hydraulika – Životné prostredie – Ergonómia mobilných strojov. Technická Univerzita vo Zvolene* ISBN 978-80-228-2012-7, s.167-174.
- Sławiński K. 2009d: Urządzenie do mikrofalowej dezynfekcji gleby. *Zeszyty Problemowe PNR* z.543, s.319-325.
- Sławiński K. 2012a. Pojazd mikrofalowy do dezynfekcji podłoża. Wzór użytkowy. Publikacja w Biuletynie Urzędu Patentowego nr 24 (1015), Warszawa 19.11.2012
- Sławiński K. 2010: Dezynfekcja podłoża do produkcji sadzonek promieniowaniem mikrofalowym. Rozdział w monografii „Użytkowanie maszyn rolniczych i leśnych”. *Prace Komisji Nauk Rolniczych, leśnych i Weterynaryjnych, PAU. Kraków*, ISSN 1733-5183, s. 133-142.
- Sławiński K. 2012b. Dezynfekcja podłoży szkółkarskich promieniowaniem mikrofalowym. *Las Polski*. Nr 9. s. 12-13
- Sławiński K., 2013. Wpływ promieniowania mikrofalowego wyemitowanego do nieodkażonego podłoża szkółkarskiego na przeżywalność i wybrane cechy jakościowe sadzonek sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.), *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie. Rozprawy*, vol. 537, nr 394, Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego, 122 s.
- Sławiński K., Analysis of Scots Pine (*Pinus Sylvestris* L.) seedling survival depending on sowing time after microwave sterilisation of substrate. *Acta Agrophysica*, 2012, 19(4), 835-844
- Sławiński Krzysztof: Wpływ promieniowania mikrofalowego wyemitowanego do nieodkażonego podłoża szkółkarskiego na przeżywalność i wybrane cechy jakościowe sadzonek sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.), *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie. Rozprawy*, vol. 537, nr 394, 2013, Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego, 122 s.
- Sobczak W., Jabłońska L., Olewnicki D. 2013. Stopień zorganizowania producentów owoców i warzyw w Polsce, *Problemy Rolnictwa Światowego* 2013 T 13(28), n. 1, s. 119
- Sołtysiak U., 2008. Żywność ekologiczna- zasady produkcji i kontroli. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 52(01):2
- Stalenga J., Kuś J., 2007. Rolnictwo ekologiczne w Europie i Polsce. s 9-18. W: *Możliwości rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce*; red Harasim A., *Studia i Raporty IUNG-PIB, Puławy* 6
- Staniak S., Charakterystyka żywności produkowanej w warunkach rolnictwa ekologicznego. *Polish Journal of Agronomy* 2014, 19, 25-35

- Stefko O. 2010. Uwarunkowania rozwoju polskiego ogrodnictwa. Zeszyty Naukowe SGGW seria Ekonomia i Organizacja Gospodarki Żywnościowej nr 84, s. 87-97
- Szarek S., Nowogródzka T., 2015. Regionalne zróżnicowanie rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce, *J.Agr. Rural Dev.* 1 (35), 125-135
- Szeptycki A., Wójcicki Z. 2003: Postęp technologiczny i nakłady energetyczne w rolnictwie do 2020 r. Wydawnictwo IBMER, Warszawa.
- Szuba K., 2012. Przemiany stosunków wodnych w zlewni i Dolinie Dunajca w kontekście poszukiwania środków ograniczenia zagrożenia powodziowego, *Czasopismo Techniczne Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej*, Zeszyt 23, rok 109
- Szwejkowska B., Reakcja odmian Grochu siewnego (*Pisum sativum* L.) na różne metody zwalczania chwastów. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 5 (1) 2006, 71-82
- Teitel, M., A. Shklyar, Y. Elad, V. Dikhtyar and E. Jerby. 2000. Development of a microwave system for greenhouse heating. In *Acta Horticulturae: International Conference and British-Israeli Workshop on Greenhouse Techniques towards the 3rd Millennium*, Haifa, Israel: s. 189-195.
- Thury, J. 1992. *Microwaves: Industrial, Scientific and Medical Applications*. Norwood, MA: Artech House.
- Thury, J. 1992. *Microwaves: Industrial, Scientific and Medical Applications*. Norwood, MA: Artech House.
- Trybała M., *Produkcja i przechowywanie płodów rolniczych*, Wydawnictwo AR, Wrocław 1999 s. 157-158
- Tyburski J. (red), 2004. *Uprawa Buraka Cukrowego w Gospodarstwach Ekologicznych Materiały dla rolników* Praca zbiorowa
- Tyburski J., Żakowska-Biemans S., 2007. *Wprowadzenie do rolnictwa ekologicznego*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 168: 191-195
- upraw ekologicznych, IOR Poznań, 8-9 wrzesień 2008:250-255.
- van Evert E.K., van Der Heijden G.W.A.M., Lotz L.A.P., Polder G., Lamaker A., De Jong A., Kuyper M.C., Groendijk E.J.K., Neeteson J.J., Van Der Zalm T. 2006. A mobile field robot with vision-based detection of volunteer potato plants in a corn crop. *Weed Technology* 20: 853-861.
- Velazquez-Marti, B., C. Gracia-Lopez and A. MarzalDomenech. 2006. Germination inhibition of undesirable seed in the soil using microwave radiation. *Biosystems Engineering* 93(4): s. 365-373.
- Vidmar M., 2005. An Improved Microwave Weed Killer. *Microwave Journal* October 1, 2005
- Sortorato I., Zanin G., Baldoin C., Zanche C., 2006. Observation on the potential of microwaves for weed control, *Weed Research* 46, 1-9
- W. Carroll Johnson, III; 2019; A Review of Weed Management Challenges in Organic Peanut Production; *Peanut Science* (2019) 46 (1): 56-66
- Walsh G.E., Bohannon P.M., Wessinger-Duvall P.B. 1989: Microwave irradiation for rapid killing and fixing of plant tissue. *Canadian-Journal-of-Botany*. 67:4, 1272-1274;6.
- Wang, S. and J. Tang. 2001. Radio frequency and microwave alternative treatments for nut insect control: a review. *International Agricultural Engineering Journal* 10: s.105-120.
- Wanic M., Hruszka M. 2000. Rola siewów mieszanych jęczmienia jarego z owsem w regulacji zachwaszczenia łąnów. *Ann. UMCS, Sec. E. Agricultura* 55, Supl. 26: 213-219
- Wąsikiewicz-Rusnak U. 2005. Zmiany i przeobrażenia poziomu energochłonności produktu krajowego brutto w Polsce w okresie reform społeczno-gospodarczych. *Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie* nr 668
- Webb B.C., Thomas C.J., Harty S., Willcox D.P. 1998. Effectiveness of two methods of denture sterilization. *Journal of Oral Rehabilitation* 25: 416-423.

- Woźnica Z., 2008. *Herbologia - Podstawy biologii, ekologii i zwalczania chwastów*, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne
- Wójcicki Z. 2000. *Wypożyczenie techniczne i nakłady materiałowo-energetyczne w rozwojowych gospodarstwach rolniczych*. Wydawnictwo IBMER Warszawa-Maszynopis
- Wójcicki Z. 2001: *Metody badania i ocena przemian w rozwojowych gospodarstwach rodzinnych*. Wydawnictwo PTIR, Kraków
- Wójcicki Z. 2005. *Metodyczne problemy badania energochłonności produkcji rolniczej*. *Problemy Inżynierii Rolniczej* Nr 1/2005
- Wójcicki Z. 2006. *Postęp technologiczny i energochłonność produkcji rolniczej w Polsce*. *Problemy Rolnictwa Światowego*. SGGW 15/2006
- Wójcicki Z., 2015. *Metodyka badania energochłonności produkcji rolniczej*. *Problemy Inżynierii Rolniczej* 4 (90)
- Wójcik A., 2014. *Mikrofauna w służbie zabytków*. *Wiadomości konserwatorskie* 37/2014
- www.atlas.roslin.pl
- Wysokiński M., Trębska P., Gromada A., 2017. *Energochłonność polskiego rolnictwa na tle innych sektorów gospodarki*, *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, tom XIX zeszyt 4
- Zbytek Z. *Niechemiczne (mechaniczne) metody zwalczania chwastów dla produkcji ekologicznej*. Poznań 2009
- Zbytek Z., Talarczyk W. 2008. *Nowe rozwiązania proekologicznych maszyn do mechanicznego zwalczania chwastów*, s. 250-255 W: *Poszukiwanie Nowych Rozwiązań w Ochronie Upraw Ekologicznych* (E. Matyjaszczyk, red) Inst. Ochr. Roślin, Poznań
- Zbytek Z., Talarczyk W. 2008. *Nowe rozwiązania proekologicznych maszyn do*
- Zbytek Z., Talarczyk W. 2013. *Niechemiczne (mechaniczne) metody zwalczania chwastów dla produkcji ekologicznej*. s. 393-419. W: „*Współczesna inżynieria rolnicza – osiągnięcia i nowe wyzwania*”. Monografia. Tom II (R. Hołownicki, M. Kuboń, red.). Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Drukrol S.C., Kraków, 421 ss.
- Zhang QC, Shamsi IH, Xu DT, Wang GH, Lin XY, Jilani G, Hussain N, Chaudhry AN. *Chemical fertilizer and organic manure inputs in soil exhibit a vice versa pattern of microbial community structure*. *Applied Soil Ecology*. 2012;57:1-8
- Ziemlański Ś. (red.), *Normy żywienia dla ludności w Polsce energia, białko, tłuszcze, witaminy i składniki mineralne*, „*Nowa Medycyna*” 1995, nr 5, s. 19-26
- Zuchniarz A., Zagajski P., Szymanek M., Dreszer K., Niedziółka I., *Narzędzia do uprawy gleby i pielęgnacji roślin w uprawach ekologicznych*, *Technika Rolnicza ogrodnicza leśna*, 3/2007
- Żelazik M., 2009. *Dlaczego rolnictwo ekologiczne ?*, *Rocznik Świętokrzyski, Nauki Przyrodnicze* 30: 155-166

8. Spis tabel

Tabela 1 Powierzchnia upraw gruntowych w Polsce	10
Tabela 2 Charakterystyka techniczna miernika zużycia paliwa VZO-4	47
Tabela 3 Jednostki energochłonności skumulowanej w produkcji rolniczej	55
Tabela 4 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnic powierzchni zachwaszczenia dla uprawy zagonowej marchwi przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	76
Tabela 5 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnic plonu dla uprawy zagonowej marchwi przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	77
Tabela 6 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnic plonu dla uprawy redlinowej marchwi przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	81
Tabela 7 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy liczby korzeni dla uprawy redlinowej marchwi przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	81
Tabela 8 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy średniej masy korzeni dla uprawy redlinowej marchwi przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	81
Tabela 9 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy średniej długości korzeni dla uprawy redlinowej marchwi przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	82
Tabela 10 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy średniej szerokości korzeni dla uprawy redlinowej marchwi przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	82
Tabela 11 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy średniej grubości korzeni dla uprawy redlinowej marchwi przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	82
Tabela 12 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy współczynnika wydłużenia korzenia dla uprawy redlinowej marchwi przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	83
Tabela 13 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy współczynnika spłaszczenia korzenia dla uprawy redlinowej marchwi przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	83
Tabela 14 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnic współczynnika wypełnienia gabarytowego korzenia dla uprawy redlinowej marchwi przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	83
Tabela 15 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy powierzchni zachwaszczenia dla uprawy zagonowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	89
Tabela 16 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy plonu dla uprawy zagonowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	89
Tabela 17 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy liczby korzeni dla uprawy zagonowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	90
Tabela 18 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej średniej masy korzenia dla uprawy zagonowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	90

Tabela 19 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy średniej długości korzenia dla uprawy zagonowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	90
Tabela 20 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy średniej szerokości korzenia dla uprawy zagonowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	91
Tabela 21 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy średniej grubości korzenia dla uprawy zagonowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	91
Tabela 22 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy powierzchni zachwaszczenia dla uprawy redlinowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	96
Tabela 23 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy plonu dla uprawy redlinowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	97
Tabela 24 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy liczby korzeni dla uprawy redlinowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	97
Tabela 25 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy średniej masy korzenia, średniej długości korzenia, średniej szerokości korzenia, średniej grubości korzenia dla uprawy redlinowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	98
Tabela 26 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy współczynnika wydłużenia, współczynnika spłaszczenia, współczynnika wypełnienia gabarytowego, powierzchni rzutu dla uprawy redlinowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu różnych kombinacji mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	99
Tabela 27 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy powierzchni zachwaszczenia dla uprawy zagonowej ogórka przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	105
Tabela 28 Wynik Testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy plonu dla uprawy zagonowej ogórka przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	106
Tabela 29 Wynik testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy liczby ogórków dla uprawy zagonowej ogórka przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	106
Tabela 30 Wynik testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy średniej szerokości ogórka dla uprawy zagonowej ogórka przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	106
Tabela 31 Wynik testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy średniej grubości ogórka dla uprawy zagonowej ogórka przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	106
Tabela 32 Wynik testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy powierzchni zachwaszczenia dla uprawy redlinowej ogórka przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	111
Tabela 33 Wynik Testu Scheffego dla zbadania istotności statystycznej różnicy plonu dla uprawy redlinowej ogórka przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów.....	112
Tabela 34 Wynik testu Duncana dla zbadania istotności statystycznej różnicy liczby ogórków dla uprawy redlinowej ogórka przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznego niszczenia chwastów	112

Tabela 35 Test Scheffego różnic w wartościach powierzchni zachwaszczenia przy uprawie zagonowej marchwi między różnymi kombinacjami wypalania oraz terminu realizacji zabiegu a także próbą zerową	123
Tabela 36 Test Scheffego różnic powierzchni zachwaszczenia dla uprawy redlinowej marchwi przy zastosowaniu metody termicznego niszczenia chwastów za pomocą Termopielnika z uwzględnieniem terminu pomiaru przedmiotowego zachwaszczenia.....	129
Tabela 37 Test Scheffego statystycznej istotności różnic w wartościach powierzchni zachwaszczenia przy uprawie zagonowej buraka ćwikłowego między różnymi kombinacjami wypalania oraz interwałami czasu w którym dokonywano pomiarów	135
Tabela 38 Test Scheffego różnic powierzchni zachwaszczenia dla uprawy redlinowej buraka ćwikłowego przy zastosowaniu metody termicznego niszczenia chwastów za pomocą Termopielnika z uwzględnieniem terminu pomiaru przedmiotowego zachwaszczenia	141
Tabela 39 Test Scheffego różnic w wartościach powierzchni zachwaszczenia przy uprawie zagonowej ogórka między różnymi kombinacjami wypalania oraz terminu realizacji zabiegu a także próbą zerową	147

9. Spis rysunków

Rysunek 1. Poletka doświadczalne po siewie	33
Rysunek 2. Poletka doświadczalne podczas początku wegetacji	33
Rysunek 3. Schemat doświadczenia	34
Rysunek 4. Schemat kombinacji zabiegów oraz roślin użytych w doświadczeniu	36
Rysunek 5. Schemat układu czynników macierzy 5x5	37
Rysunek 6. Schemat układu czynników macierzy 4x4	38
Rysunek 7. Konduktometr CMD-MiniExplorer	38
Rysunek 8. Schemat próbkowania w punkcie pomiarowym	39
Rysunek 9. Interfejs programu 3R-Gis eXpres	39
Rysunek 10. Penetrologger Eijkelkamp z sondą ThetaProbe	40
Rysunek 11. Próbką warzyw po wykopaniu z poletka	41
Rysunek 12. Układ pomiarowy gabarytów bulw	42
Rysunek 13. Interfejs programu w czasie kalibracji	42
Rysunek 14. Interfejs programu komputerowego (a) i widok badanego obiektu w oknie roboczym programu (b)	43
Rysunek 15. Widok ogólny Termopielnika T232 1 – zespół regulująco-redukcyjny gaz, 2 - butla propan-butan, 3 – wieszak trójpunktowego układu zawieszenia, 4 – główna belka nośna, 5–sekcja robocza, 6 – koło kopiujące sekcji, 7 – osłona palnika	45
Rysunek 16. Widok sekcji roboczej Termopielnika T232 1 – przewód gazowy, 2 - rama nośna sekcji roboczej, 3 – palnik z zespołem zapalającym (iskrownikiem), 4 – osłona palnika, 5– koło kopiujące	45
Rysunek 17. Schemat ideowy działania miernika VZO -4	46
Rysunek 18. Schemat ideowy układu do pomiaru zużycia paliwa ciągnika	47
Rysunek 19. Pojazd do mikrofalowej dezynfekcji podłoża. 1 – mechanizm śrubowy regulacji wysokości anten, 2 - magnetron, 3 – rama, 4 – koło jezdne, 5– falowód z anteną, 6 – rama przesuwana, 7 – elementy elektryczne układu zasilania, 8 - wentylator chłodzący magnet	48
Rysunek 20. Rozkład natężenia pola elektromagnetycznego emitowanego z zaprojektowanej anteny tubowej urządzenia mikrofalowego	49
Rysunek 21. Zrzut obrazu rejestrowanego kamerą Flir ThermaCam E300	49
Rysunek 22. Widok stanowiska pomiarowego rejestracji fotograficznej zachwaszczenia	50
Rysunek 23. Proces obróbki fotografii zachwaszczenia	51
Rysunek 24. Wzorzec kalibracyjny	51
Rysunek 25. Materiał przygotowany do badań w podziale na kategorie	52
Rysunek 26. Korzeń marchwi umieszczony na stole z podświetlaną szybą	53
Rysunek 27. Przestrzenny rozkład zwięzłości gleby na różnych głębokościach: a) 0,05 m, b) 0,15 m, c) 0,25 m, d) 0,35 m	58
Rysunek 28. Przestrzenny rozkład poziomego wilgotności gleby na różnych głębokościach: a) 0,05 m, b) 0,15 m, c) 0,25 m, d) 0,35 m	60
Rysunek 29. Przestrzenny rozkład przewodności elektrycznej gleby na różnych głębokościach: a) 0,05 m, b) 0,15 m, c) 0,25m, d) 0,35m	61
Rysunek 30. Przestrzenny rozkład odczynu gleby na różnych głębokościach: a) 0,05 m, b) 0,15 m, c) 0,25 m, d) 0,35 m	62
Rysunek 31. Przestrzenny rozkład zawartości azotu NO ₃ w glebie na różnych głębokościach: a) 0,05 m, b) 0,15 m, c) 0,25m, d) 0,35m	63
Rysunek 32. Przestrzenny rozkład zawartości fosforu P ₂ O ₅ w glebie na różnych głębokościach: a) 0,05 m, b) 0,15 m, c) 0,25m, d) 0,35m	64
Rysunek 33. Przestrzenny rozkład zawartości potasu K ₂ O w glebie na różnych głębokościach: a) 0,05 m, b) 0,15 m, c) 0,25 m, d) 0,35 m	65

Rysunek 34. Przestrzenny rozkład zawartości magnezu w glebie na różnych głębokościach: a) 0,05 m, b) 0,15 m, c) 0,25m, d) 0,35m	66
Rysunek 35. Przestrzenny rozkład liczebności kolonii bakterii wegetatywnych w glebie na różnych głębokościach: a) 0,05 m, b) 0,15 m, c) 0,25 m, d) 0,35 m.....	67
Rysunek 36. Przestrzenny rozkład liczebności kolonii bakterii spoczynkowych w glebie na różnych głębokościach: a) 0,05 m, b) 0,15 m, c) 0,25m, d) 0,35m.....	68
Rysunek 37. Przestrzenny rozkład liczebności kolonii promieniowców w glebie na różnych głębokościach: a) 0,05 m, b) 0,15 m, c) 0,25 m, d) 0,35 m.....	69
Rysunek 38. Przestrzenny rozkład liczebności kolonii grzybów w glebie na różnych głębokościach: a) 0,05 m, b) 0,15 m, c) 0,25m, d) 0,35m	70
Rysunek 39. Powierzchnia chwastów na poletku doświadczalnym dla kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego w uprawie zagonowej marchwi	71
Rysunek 40. Plon marchwi w zależności od rodzaju kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego w uprawie zagonowej marchwi	72
Rysunek 41. Charakterystyka cech fizycznych korzeni marchwi w uprawie zagonowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego: a) masa; b) długość; c) szerokość; d) grubość	73
Rysunek 42. Parametry opisujące cechy fizyczne korzeni marchwi w uprawie zagonowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego: a) powierzchnia rzutu; b) współczynnik wydłużenia; c)współczynnik spłaszczenia; d) współczynnik wypełnienia gabarytowego	74
Rysunek 43. Energochłonność skumulowana poszczególnych kombinacji w uprawie zagonowej marchwi, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego	75
Rysunek 44. Plon marchwi w relacji z powierzchnią zachwaszczenia i zabiegami termicznym z wykorzystaniem urządzenia generującego mikrofałe	75
Rysunek 45. Wielkość zachwaszczenia powierzchni poletka względem kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego w uprawie redlinowej marchwi	77
Rysunek 46. Plon marchwi w zależności od rodzaju kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego w uprawie redlinowej	78
Rysunek 47. Charakterystyka cech fizycznych korzeni marchwi w uprawie redlinowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego: a) masa; b) długość; c) szerokość; d) grubość	79
Rysunek 48. Parametry opisujące cechy fizyczne korzeni marchwi w uprawie redlinowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego: a) współczynnik wydłużenia; b) współczynnik spłaszczenia	80
Rysunek 49. Energochłonność skumulowana poszczególnych kombinacji w uprawie redlinowej marchwi, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego	80
Rysunek 50. Wielkość zachwaszczenia powierzchni poletka względem kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego w uprawie zagonowej buraka ćwikłowego	84
Rysunek 51. Plon buraka ćwikłowego w zależności od rodzaju kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego w uprawie zagonowej.....	85
Rysunek 52. Nakład czasowy wykonania mikrofalowego zabiegu termicznego w zagonowej uprawie buraka ćwikłowego na jednostkę powierzchni	85
Rysunek 53. Średnia liczba korzeni buraka ćwikłowego na długości 1 mb rzędu przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznej eliminacji zachwaszczenia w uprawie zagonowej	86
Rysunek 54. Charakterystyka cech fizycznych korzeni buraka ćwikłowego w uprawie zagonowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego: a) masa; b) długość; c) szerokość; d) grubość	87

Rysunek 55. Parametry opisujące cechy fizyczne korzeni buraka ćwikłowego w uprawie zagonowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego: a) współczynnik wydłużenia; b) współczynnik spłaszczenia; c) współczynnik wypełnienia gabarytowego d) powierzchnia rzutu	88
Rysunek 56. Wielkość zachwaszczenia powierzchni poletka względem kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego w uprawie redlinowej buraka ćwikłowego	92
Rysunek 57. Plon buraka ćwikłowego w zależności od rodzaju kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego w uprawie redlinowej.....	92
Rysunek 58. Nakład czasowy wykonania mikrofalowego zabiegu termicznego w redlinowej uprawie buraka ćwikłowego	93
Rysunek 59. Średnia liczba sztuk buraka ćwikłowego na długości 1 mb rzędu przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznej eliminacji zachwaszczenia w uprawie redlinowej	93
Rysunek 60. Charakterystyka cech fizycznych korzeni buraka ćwikłowego w uprawie redlinowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego: a) masa jednostkowa; b) długość; c) szerokość; d) grubość.....	94
Rysunek 61. Parametry opisujące cechy fizyczne korzeni buraka ćwikłowego w uprawie redlinowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego: a) współczynnik wydłużenia; b) współczynnik spłaszczenia; c) współczynnik wypełnienia gabarytowego d) powierzchni rzutu	95
Rysunek 62. Zapotrzebowanie energetyczne poszczególnych kombinacji w uprawie redlinowej buraka ćwikłowego, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego na powierzchni 1 metra kwadratowy.....	96
Rysunek 63. Wielkość zachwaszczenia powierzchni poletka względem kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego w uprawie zagonowej ogórka	100
Rysunek 64. Plon ogórka w zależności od rodzaju kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego w uprawie zagonowej.....	101
Rysunek 65. Nakład czasowy wykonania mikrofalowego zabiegu termicznego w zagonowej uprawie ogórka na jednostkę powierzchni	102
Rysunek 66. Charakterystyka cech fizycznych zebranych ogórków w uprawie zagonowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego: a) masa; b) szerokość; c) długość; d) grubość	103
Rysunek 67. Parametry opisujące cechy fizyczne zebranych ogórków uprawie zagonowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego: a) współczynnik wydłużenia; b) współczynnik spłaszczenia; c) współczynnik wypełnienia gabarytowego d) powierzchnia rzutu.....	104
Rysunek 68. Zapotrzebowanie energetyczne poszczególnych kombinacji w uprawie zagonowej ogórka, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego a) energia skumulowana w maszynach; b) energochłonność skumulowana zabiegu na jednostkę jednego metra kwadratowe.	105
Rysunek 69. Wielkość zachwaszczenia powierzchni poletka względem kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego w uprawie redlinowej ogórka	107
Rysunek 70. Plon ogórka w zależności od rodzaju kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego w uprawie redlinowej.....	108
Rysunek 71. Średnia liczba sztuk ogórków na długości 1 mb. redliny przy zastosowaniu mikrofalowej metody termicznej eliminacji zachwaszczenia w uprawie redlinowej.....	108
Rysunek 72. Charakterystyka cech fizycznych zebranych ogórków w uprawie redlinowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego: a) masa; b) długość; c) szerokość; d) grubość	109
Rysunek 73. Parametry opisujące cechy fizyczne zebranych ogórków uprawie redlinowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego: a) współczynnik wydłużenia; b) współczynnik spłaszczenia; c) współczynnik wypełnienia gabarytowego d) powierzchnia rzutu.....	110

Rysunek 74. Zapotrzebowanie energetyczne poszczególnych kombinacji w uprawie redlinowej ogórka, zabieg termiczny z wykorzystaniem urządzenia mikrofalowego na powierzchni jednego hektara.....	111
Rysunek 75. Wielkość zachwaszczenia powierzchni poletka względem kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem Termopielnika w uprawie zagonowej marchwi.....	113
Rysunek 76. Plon marchwi w zależności od rodzaju kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem Termopielnika w uprawie zagonowej marchwi.....	114
Rysunek 77. Nakład energetyczny dla analizowanych kombinacji doświadczenia w uprawie zagonowej marchwi, zabieg termiczny z wykorzystaniem Termopielnika: a) zapotrzebowanie gazu; b) zapotrzebowanie paliwa.....	115
Rysunek 78. Nakład pracy maszyn i ludzi w poszczególnych kombinacjach doświadczenia w uprawie zagonowej marchwi, zabieg termiczny z wykorzystaniem Termopielnika: a) nakład pracy ludzkiej, b) nakład pracy ciągnika, c) nakład pracy maszyny	116
Rysunek 79. Średnia liczba korzeni marchwi na długości 1 mb przy zastosowaniu Termopielnika do termicznej eliminacji zachwaszczenia w uprawie zagonowej	117
Rysunek 80. Charakterystyka cech fizycznych korzeni marchwi w uprawie zagonowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem Termopielnika: a) masa; b) długość; c) szerokość; d) grubość.....	118
Rysunek 81. Cechy fizyczne korzeni marchwi w uprawie zagonowej dla kombinacji doświadczenia gdzie stosowano wypalanie: a) współczynnik wydłużenia; b) współczynnik spłaszczenia; c) wskaźnik wypełnienia gabarytowego d) powierzchnia rzutu korzenia marchwi na podłoże.....	119
Rysunek 82. Składowe energochłonności skumulowanej dla kombinacji doświadczenia, gdzie stosowano wypalanie: a) energia skumulowana w maszynach i urządzeniach -ciągnik; b) energia skumulowana w maszynach i urządzeniach -Termopielnik; c) energia skumulowana w nośnikach energii, d)energia stanowiąca ekwiwalent pracy żywej.....	120
Rysunek 83. Energochłonność skumulowana poszczególnych kombinacji zabiegu wypalania w uprawie zagonowej marchwi	121
Rysunek 84. Termin pomiaru powierzchni zachwaszczenia w odniesieniu do poszczególnych kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem Termopielnika w uprawie zagonowej marchwi	121
Rysunek 85. Wielkość zachwaszczenia powierzchni poletka marchwi w systemie redlinowym dla każdej kombinacji wypalania oraz próby zerowej.....	124
Rysunek 86. Plon marchwi dla wyszczególnionych w doświadczeniu kombinacji wypalania chwastów w uprawie redlinowej.....	124
Rysunek 87. Średnia liczba sztuk korzeni marchwi na długości 1 mb redliny przy zastosowaniu Termopielnika do termicznej eliminacji zachwaszczenia w uprawie redlinowej	125
Rysunek 88. Charakterystyka cech fizycznych korzeni marchwi w uprawie redlinowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem Termopielnika: a) masa; b) długość; c) szerokość; d) grubość.....	126
Rysunek 89. Parametry opisujące cechy fizyczne korzeni marchwi w uprawie redlinowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem Termopielnika: a) współczynnik wydłużenia; b) współczynnik spłaszczenia; c) wskaźnik wypełnienia gabarytowego d) powierzchnia rzutu	127
Rysunek 90. Termin pomiaru powierzchni zachwaszczenia w odniesieniu do poszczególnych kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem Termopielnika w uprawie redlinowej marchwi	128
Rysunek 91. Wielkość zachwaszczenia powierzchni poletka względem kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem Termopielnika w uprawie zagonowej buraka ćwikłowego.....	130
Rysunek 92. Plon buraka ćwikłowego w zależności od rodzaju kombinacji wypalania z wykorzystaniem Termopielnika w uprawie zagonowej.....	130
Rysunek 93. Średnia liczba buraków ćwikłowych na długości 1 mb przy zastosowaniu Termopielnika do termicznej eliminacji zachwaszczenia w uprawie zagonowej	131
Rysunek 94. Charakterystyka cech fizycznych korzeni buraka ćwikłowego w uprawie zagonowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem Termopielnika: a) masa; b) długość; c) szerokość; d) grubość ..	132

Rysunek 95. Cechy fizyczne korzeni buraka ćwikłowego w uprawie zagonowej, dla kombinacji doświadczenia gdzie stosowano wypalanie a) współczynnik wydłużenia; b) współczynnik spłaszczenia; c) wskaźnik wypełnienia gabarytowego d) powierzchnia rzutu.....	133
Rysunek 96. Termin pomiaru powierzchni zachwaszczenia w odniesieniu do poszczególnych kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem Termopielnika w uprawie zagonowej buraka ćwikłowego.....	134
Rysunek 97. Powierzchnia zachwaszczenia poletek doświadczanych buraka ćwikłowego uprawianych w systemie redlinowym dla każdej kombinacji wypalania oraz próby zerowej	136
Rysunek 98. Plon buraka ćwikłowego dla wyszczególnionych w doświadczeniu kombinacji wypalania chwastów w uprawie redlinowej	136
Rysunek 99. Średnia liczba sztuk korzeni buraka ćwikłowego na długości 1 mb redliny przy zastosowaniu Termopielnika do termicznej eliminacji zachwaszczenia w uprawie redlinowej.....	137
Rysunek 100. Charakterystyka cech fizycznych korzeni buraka ćwikłowego w uprawie redlinowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem Termopielnika: a) masa; b) długość; c) szerokość; d) grubość ..	138
Rysunek 101. Parametry opisujące cechy fizyczne korzeni buraka ćwikłowego w uprawie redlinowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem Termopielnika: a) współczynnik wydłużenia; b) współczynnik spłaszczenia; c) wskaźnik wypełnienia gabarytowego d) powierzchnia rzutu.....	139
Rysunek 102. Termin pomiaru powierzchni zachwaszczenia w odniesieniu do poszczególnych kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem Termopielnika w uprawie redlinowej buraka ćwikłowego.....	140
Rysunek 103. Powierzchnia chwastów na poletkach doświadczalnych poletka dla poszczególnych kombinacji wypalania z wykorzystaniem Termopielnika w uprawie zagonowej ogórka.....	142
Rysunek 104. Plon ogórka na poletkach doświadczalnych o różnej kombinacji zabiegu wypalania z wykorzystaniem Termopielnika w uprawie zagonowej.....	142
Rysunek 105. Średnia liczba ogórków na długości 1 mb redliny przy zastosowaniu Termopielnika do termicznej eliminacji zachwaszczenia w uprawie zagonowej.....	143
Rysunek 106. Charakterystyka cech fizycznych ogórków w uprawie zagonowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem Termopielnika: a) masa; b) długość; c) szerokość; d) grubość.....	144
Rysunek 107. Cechy fizyczne ogórków w uprawie zagonowej dla kombinacji doświadczenia gdzie stosowano wypalanie: a) współczynnik wydłużenia; b) współczynnik spłaszczenia; c) współczynnik wypełnienia gabarytowego d) powierzchnia rzutu	145
Rysunek 108. Termin pomiaru powierzchni zachwaszczenia w odniesieniu do poszczególnych kombinacji zabiegu termicznego z wykorzystaniem Termopielnika w uprawie zagonowej ogórka ..	146
Rysunek 109. Wielkość zachwaszczenia powierzchni poletka ogórka w systemie redlinowym dla każdej kombinacji wypalania oraz próby zerowej.....	148
Rysunek 110. Plon ogórków dla wyszczególnionych w doświadczeniu kombinacji wypalania chwastów w uprawie redlinowej.....	148
Rysunek 111. Średnia liczba ogórków na długości 1 mb redliny przy zastosowaniu Termopielnika do termicznej eliminacji zachwaszczenia w uprawie redlinowej	149
Rysunek 112. Charakterystyka cech fizycznych ogórków w uprawie redlinowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem Termopielnika: a) masa; b) długość; c) szerokość; d) grubość.....	150
Rysunek 113. Parametry opisujące cechy fizyczne ogórków w uprawie redlinowej, zabieg termiczny z wykorzystaniem Termopielnika: a) współczynnik wydłużenia; b) współczynnik spłaszczenia; c) wskaźnik wypełnienia gabarytowego d) powierzchnia rzutu	151