



<sup>1</sup>Instytut Produkcji Ogrodniczej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,  
ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin, Polska

<sup>2</sup>Katedra Zastosowań Matematyki i Informatyki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,  
ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin, Polska

\* e-mail: [anna.borkowska@up.lublin.pl](mailto:anna.borkowska@up.lublin.pl)

KAMIL BUCZYŃSKI <sup>1</sup>, MAGDALENA KAPŁAN <sup>1</sup>,  
ANNA BORKOWSKA <sup>2\*</sup>, KAMIŁA E. KLIMEK <sup>2</sup>

## Wpływ węgla brunatnego na wielkość i jakość plonu maliny odmiany Polana

---

The effect of lignite as an addition on the size  
and quality raspberries crop of the Polana

**Streszczenie.** Malina zwyczajna (*Rubus idaeus* L.) jest bardzo cenionym i często uprawianym gatunkiem sadowniczym w Polsce. Wymaga żyznej gleby, o bardzo dobrych właściwościach fizykochemicznych. Z powodu zagrożenia pustynnieniem ponad 80% użytków rolnych niezbędne jest dostarczanie do gleby materii organicznej w celu zatrzymania tego procesu i osiągnięcia wysokich plonów w uprawie maliny, a także innych gatunków sadowniczych. Celem pracy była ocena przydatności podłoża CarboMat z węgla brunatnego jako dodatku do gleby macierzystej w uprawie gruntowej maliny odmiany Polana. Badaniami objęto poletko doświadczalne z 82 krzewami, posadzonymi na glebie bez dodatku węgla brunatnego oraz z dodatkiem węgla brunatnego – 30% w stosunku do masy gleby macierzystej. Nie stwierdzono istotnego wpływu wzbogacenia gleby węglem brunatnym na istotną poprawę parametrów plonowania i wzrostu maliny odmiany Polana w pierwszym sezonie owocowania po posadzeniu. Istotny wpływ na masę zebranego plonu, ilość owoców i masę pojedynczego owocu niezależnie od kombinacji stwierdzono w przypadku terminu zbioru. Potwierdzono również wpływ węgla brunatnego na właściwości fizykochemiczne gleby.

**Słowa kluczowe:** *Rubus idaeus* L., węgiel brunatny, gleba, plon

---

**Cytowanie:** Buczyński K., Kapłan M., Borkowska A., Klimek K.E., 2023. Wpływ węgla brunatnego na wielkość i jakość plonu maliny odmiany Polana *Ann. Hort.* 32(2), 5–20, <https://doi.org/10.24326/ah.2023.5233>

## WSTĘP

Polska jest jednym z czołowych producentów maliny zwyczajnej (*Rubus idaeus* L.) w Europie i na świecie. *Rubus idaeus* L. jest trzecią najczęściej uprawianą rośliną jagodową w Polsce. Pod względem wielkości produkcji ustępuje jedynie truskawkom i porzeczkom czarnym. W latach 2012–2020 powierzchnia uprawy malin znajdowała się w przedziale od 27 tys. do 30 tys. ha, a plon kształtował się w przedziale od 76 tys. do 129 tys. ton. Jej owoce mają apetyczny wygląd, ciekawy smak, duże właściwości odżywcze oraz prozdrowotne. Polska jest liderem w Unii Europejskiej w produkcji malin z udziałem ponad 50% na tym rynku, a w skali światowej plasuje się za Rosją, Meksykiem, Serbią i Stanami Zjednoczonymi z udziałem około 13%. Maliny w Polsce są uprawiane głównie w województwie lubelskim, gdzie znajduje się ponad 70% plantacji tego gatunku. Swoją popularność zawdzięczają głównie smakowi owoców, a także ich wysokim wartościom odżywczym i prozdrowotnym. Owoce przeznaczone są zarówno na rynek świeżych owoców, jak i do przetwórstwa – wytwarza się z nich m.in. mrożonki, dżemy, soki, kompoty, konfitury, lody. W 2018 r. aż 42% krajowej produkcji zostało wyeksportowane w formie mrozonek, głównie do takich krajów, jak Niemcy, Francja, Belgia i Wielka Brytania [<https://www.kowr.gov.pl>, Baranowska i Zarzecka 2012, Ciebień i in. 2012, Baranowska i in. 2015].

W strukturze odmianowej malin w Polsce decydującą rolę odgrywają odmiany owocujące na tegorocznych pędach [Danek 2005]. Doceniane są zarówno jako owoc z przeznaczeniem przetwórczym oraz jako owoc deserowy na rynek świeżych owoców [Baranowska i Zarzecka 2012, Baranowska i in. 2015, <https://www.kowr.gov.pl>].

Maliny są bardzo wymagające pod względem stanowiska, szczególnie ważne jest utrzymywanie w glebie wysokiej zawartości materii organicznej, odpowiedniego poziomu wilgotności i zapewnienie zbilansowanego nawożenia, uzależnionego od aktualnej fazy rozwojowej [Smolarz 1994, Rolbiecki i in. 2005, Krawiec i Rybczyński 2010, Danek 2009, 2011]. Należy unikać terenów podmokłych, szczególnie narażonych na suszę oraz zastoisk mrozowych, ponieważ gatunek ten jest bardzo wrażliwy zarówno na nadmiar, jak i niedobory wody. Optymalny odczyn gleby dla *R. idaeus* powinien być lekko kwaśny i oscylować między 6,0 a 6,5 pH [Smolarz 1994, Rolbiecki i in. 2005, Danek 2009, 2011].

By utrzymać konkurencyjność gospodarstwa ogrodniczego, które zajmuje się uprawą roślin jagodowych, szczególnie ważne jest wdrażanie nowych rozwiązań poprawiających wydajność przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej jakości produkowanych owoców [Paszko i in. 2017].

Przy wyborze stanowiska pod uprawę roślin kluczowym aspektem jest odpowiednia zawartość materii organicznej i poziom próchnicy w glebie. Niski poziom próchnicy będzie skutkować gorszą strukturą gleby i mniejszą efektywnością nawożenia mineralnego na skutek szybszego wypłukiwania z niej składników pokarmowych [Gonet 2007a, 2007b, Diacono i Montemurro 2010, Rogowska 2010]. Polskie gleby charakteryzują się stosunkowo małą zawartością materii organicznej, wynika to głównie z dominacji gleb lekkich, składających się głównie z piasków o różnym pochodzeniu [Terelak 2001, Bednarek i in. 2005]. Według kryteriów oceny obowiązujących w Unii Europejskiej ponad 80% użytków rolnych w Polsce ma niską zawartość materii organicznej w glebie. Gleby poniżej 2,0% C org. są zagrożone pustynnieniem, dlatego zalecane jest podniesienie w nich zawartości materii organicznej w celu powstrzymania tego procesu.

Polska charakteryzuje się bardzo zróżnicowanym rozmieszczeniem obszarów o różnej zawartości materii organicznej w glebie. Wśród województw o największym udziale gleb charakteryzujących się niską bądź średnią zawartością materii organicznej wymienia się województwa: lubelskie, lubuskie, wielkopolskie, mazowieckie i świętokrzyskie. Wszystkie położone są w środkowym pasie kraju [Kuś 2015].

Jednym z dostępnych sposobów na dostarczanie materii organicznej jest wykorzystanie podłoża z węgla brunatnego jako dodatku do gleby macierzystej. Węgiel daje możliwość rekultywacji zdegradowanych gruntów, a badania potwierdzają, że stanowi także cenne źródło substancji humusowych na gruntach przekształconych antropogenicznie [Bielikowski 1995, Kwiatkowska 2007].

Węgiel brunatny jest skałą organiczną powstałą z materiału roślinnego, którego przemiany zapoczątkowane zostały w fazie biochemicznej. Faza ta odpowiada stadium torfienia i gnicia. Następne przemiany zachodziły w fazie geochemicznej, która obejmuje również diagenезę, mogąc przechodzić dalsze przemiany, aż do stadium antracytu. W szeregu uwęglenia węgiel brunatny zajmuje miejsce między torfem a węglem kamiennym [Kalembasa i Tengler 2004].

W Polsce węgiel brunatny występuje głównie w młodszych formacjach geologicznych, najczęściej trzeciorzędu. Na całym świecie istnieją również złoża węgla brunatnego z okresu jurajskiego, kredowego, karbońskiego i triasowego. Węgiel z tych pokładów można również wykorzystać na cele niezwiązane z energetyką, m.in. by przywrócić odpowiedni poziom próchnicy na zdegradowanych gruntach rolnych [Bielikowski 1995].

Zastosowanie węgla brunatnego jako dodatku do gleby w uprawie roślin może wywołać zarówno pozytywne, jak i negatywne skutki, np. w przypadku, kiedy użyty do tego celu węgiel będzie zawierał substancje toksyczne lub nastąpi sorpcja składników mineralnych niezbędnych do prawidłowego rozwoju roślin. Kluczowym kryterium w selekcji odpowiedniego surowca do wytwarzania podłoża z węgla brunatnego powinien być jego skład chemiczny [Kwiatkowska 1999].

Coraz niższy poziom materii organicznej w glebach na terytorium Polski, a także możliwość wykorzystania węgla brunatnego dzięki jego dużym zasobom skłoniły autorów do podjęcia badań nad użytecznością tego surowca jako dodatku do gleby w uprawie gruntowej maliny jesiennej. Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu węgla brunatnego jako dodatku do gleby przed założeniem plantacji na wzrost, wielkość i jakość plonu maliny odmiany Polana.

## MATERIAŁ I METODY

Badania jednoroczne przeprowadzono w lokalizacji znajdującej się na Lubelszczyźnie, na poletku doświadczalnym założonym na glebie klasy IIIa. Badaniami objęto 82 rośliny maliny owocującej na tegorocznych pędach odmiany Polana. Sadzonki goło korzeniowe zostały posadzone wiosną w rzędzie co 40 cm w ilości 42 sztuk na glebie z dodatkiem węgla brunatnego w proporcjach: 30% węgla brunatnego, 70% gleby. Mieszanka ta była wprowadzana na szerokości 100 cm i 50 cm w głąb gleby w rzędzie. Czterdzieści sztuk sadzonek zostało posadzonych w glebie bez dodatku węgla brunatnego (rośliny posadzone w ten sposób stanowiły kombinację kontrolną). Jako dodatek węgla brunatnego zastosowano produkt CarboMat, będący podłożem w formie sypkiej.

Podstawą przeprowadzonych badań była analiza uzyskanego plonu (wielkość plonu, masa pojedynczego owocu, ilość owoców), analiza chemiczna składu gleby, a także parametry wzrostu roślin. Przed założeniem poletka doświadczalnego została pobrana próbka zbiorcza gleby z głębokości do 20 cm za pomocą laski Egnera w celu wykonania analizy składu fizykochemicznego. Próbką zbiorczą składała się z 20 podróbek. Następnie w listopadzie 2021 r. zostały pobrane dwie próbki zbiorcze gleby, jedna z obszaru rosnących krzewów na glebie bez dodatku węgla brunatnego, a druga z obszaru roślin posadzonych na glebie z dodatkiem węgla brunatnego. Obie próbki zbiorcze składały się z 10 podróbek. Badania gleby zlecono PPH Stampol w Opolu Lubelskim.

W celu ochrony młodych roślin przed wiosennymi przymrozkami krzewy przykrywano białą agrowłókniną o gramaturze 23 g/m<sup>2</sup>.

Wszystkie krzewy zostały ponumerowane etykietami, a owoce z każdej rośliny były zbierane do oddzielnych pojemników, a następnie owoce z każdego pojemnika były liczone i ważone na wadze o dokładności do 0,01 g. Zbiór owoców zakończono po wystąpieniu po sobie dwóch nocy, podczas których temperatura spadła poniżej 0°C, tj. w dniach 8 i 9 października. 4 grudnia 2021 r. pędy zostały ścięte, a następnie przeliczone i zmierzone miarką z dokładnością do 1 cm z każdego krzewu oddzielnie.

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzona analiza statystyczna nie wykazała istotnego wpływu zastosowania węgla brunatnego jako dodatku do podłoża przed posadzeniem malin odmiany Polana na średnią liczbę owoców, plon oraz masę owoców niezależnie od terminu zbioru (tab. 1, ryc. 1).

Stwierdzono istotny wpływ terminu zbioru na wyżej wymienione parametry wielkości i jakości plonu (tab. 1).

Niezależnie od rodzaju podłoża, w którym posadzono krzewy malin, wykazano, że istotnie najwięcej owoców i istotnie największy plon uzyskano w 255 i 269 dniu roku. Istotnie najmniej owoców i istotnie najmniejszy plon uzyskano w 212 dniu roku (tab. 1, ryc. 2 i 3).

Masa owoców malin niezależnie od zastosowanych kombinacji wahała się od 0,63 do 3,56 g. Owoce zebrane w 241 dniu były istotnie największe, zaś podczas pierwszego zbioru (w 212 dniu) istotnie najmniejsze (tab. 1, ryc. 4).

W większości analizowanych terminów nie wykazano istotnego wpływu węgla brunatnego na liczbę owoców w poszczególnych etapach zbioru. Analiza statystyczna wykazała istotne różnice w ocenie badanego parametru w dniach roku 276 i 283 (tab. 2).

Stwierdzono, że w kombinacji kontrolnej w 255 dniu roku zebrano istotnie więcej owoców niż w dniach 212, 220, 227, 276 i 283. W przypadku roślin, których podłoże przed posadzeniem było wzbogacone o węgiel brunatny, liczba owoców zebranych w 269 dniu roku była istotnie większa niż w dniach: 212, 220, 227, 262 i 283 (tab. 2, ryc. 2, 3).

Wykazano, że średnia liczba owoców z pojedynczego krzewu niezależnie od terminu zbioru wahała się od 166,97 szt. w kombinacji kontrolnej do 168,77 szt. w kombinacji, w której jako dodatek do podłoża zastosowano węgiel brunatny (ryc. 5). Przeprowadzona analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic w ocenie omawianego parametru.

Przeprowadzona analiza statystyczna nie wykazała istotnego wpływu węgla brunatnego na plon owoców w poszczególnych terminach zbioru, wyjątek stanowił plon uzyska-

Tabela 1. Wpływ węgla brunatnego jako dodatku do podłoża przez wysadzeniem malin odmiany Polana oraz terminu zbioru na liczbę owoców, plon i średnią masę owocu w pierwszym roku wzrostu na miejscu stałym

Table 1. The impact of lignite as a substrate additive prior to planting Polana raspberry cultivar and the harvest timing on fruit count, yield, and average fruit weight in the first year of permanent site growth

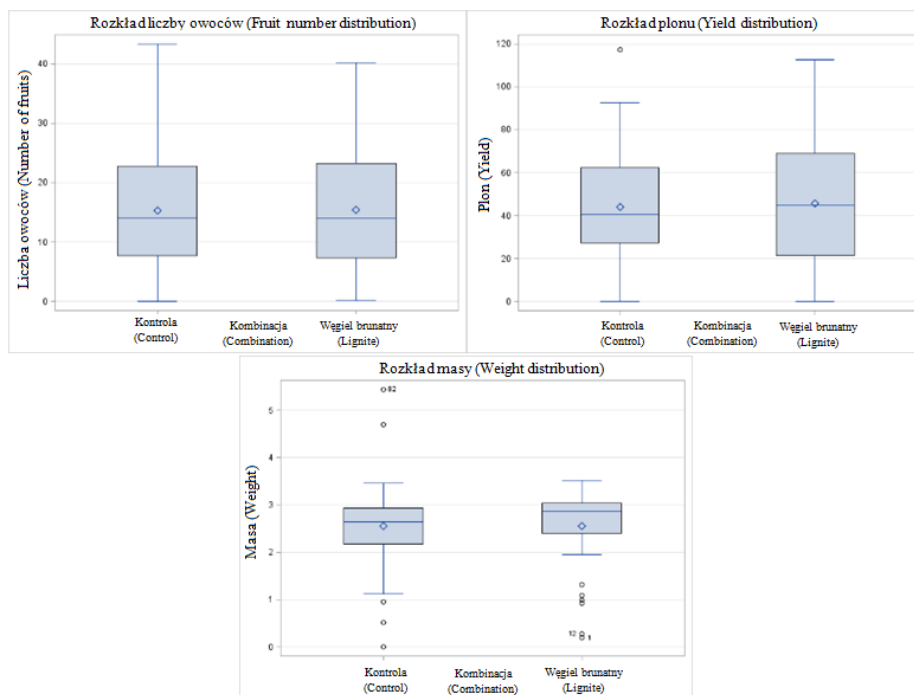
Wyszczególnienie Specification		Liczba owoców (szt.) Number of fruits (pcs.)	Plon owoców z 1 krzewu (g) Fruit yield from 1 bush (g)	Masa 1 owocu (g) Weight of 1 fruit (g)
Kombinacja (A) Combination (A)	kontrola control	15,20 ±11,27 A	43,88 ±31,67 A	2,56 ±1,06 A
	węgiel brunatny lignite	13,43 ±10,00 A	45,46 ±29,78 A	2,56 ±0,93 A
	<i>p</i> -value	0,9379	0,6578	0,9934
Liczba dni (B) Number of days (B)	212	1,012 ±2,53 D	3,24 ±8,22 D	0,63 ±1,33 E
	220	7,03 ±10,82 CD	22,55 ±33,96 CD	1,98 ±1,74 D
	227	7,00 ±7,01 CD	22,34 ±20,87 CD	2,68 ±1,26 BCD
	234	19,52 ±11,48 AB	64,21 ±35,41 AB	3,23 ±0,8 AB
	241	18,34 ±11,59 AB	59,16 ±32,92 AB	3,56 ±1,51 A
	248	23,53 ±13,18 AB	65,76 ±35,42 AB	2,91 ±0,51 ABC
	255	26,76 ±14,57 A	74,19 ±38,56 A	2,85 ±0,46 ABC
	262	14,85 ±9,52 CD	42,78 ±28,45 BC	2,82 ±0,79 ABC
	269	26,25 ±16,72 A	71,61 ±48,35 A	2,665 ±0,51 BCD
	276	16,15 ±12,45 BC	44,34 ±34,41 BC	2,54 ±0,81 BCD
	283	7,47 ±7,06 CD	21,25 ±21,43 CD	2,31 ±1,22 CD
	<i>p</i> -value	<0,0001	<0,0001	<0,0001
A × B	<i>p</i> -value	0,3996	0,1442	0,0727

Średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie pomiędzy sobą przy poziomie istotności  $p = 0,005$ .

Means denoted by the same letter do not differ significantly from each other at the level of significance  $p = 0,005$ .

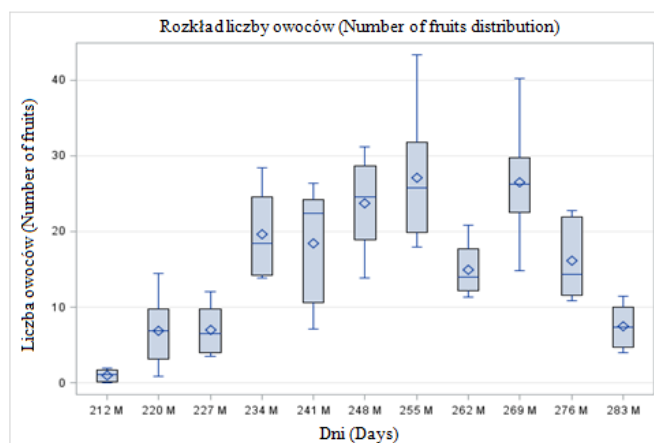
ny w dniach roku 269 i 276, który w przypadku roślin kontrolnych był istotnie mniejszy niż po zastosowaniu węgla brunatnego (tab. 3).

W przypadku obu ocenianych kombinacji wykazano istotny wpływ terminu zbioru na wielkość uzyskiwanego plonu. U roślin kontrolnych plon w 255 dniu roku był istotnie większy niż w dniach 212, 220, 227, 276 i 283. U roślin posadzonych na podłożu z dodatkiem węgla brunatnego stwierdzono w 269 dniu roku istotnie większy plon niż w dniach 212, 220, 227 i 283 (tab. 3).



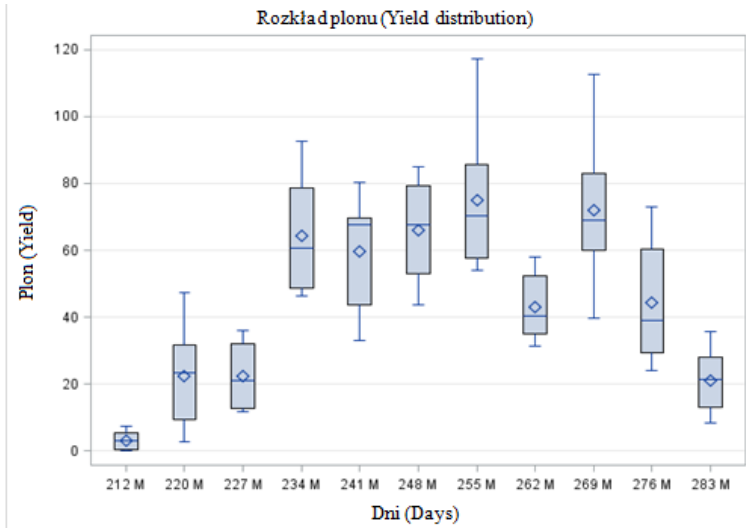
Ryc. 1. Wpływ węgla brunatnego jako dodatku do podłoża na liczbę owoców, plon i średnią masę owocu w pierwszym roku wzrostu niezależnie od terminu zbioru

Fig. 1. The influence of lignite as a substrate additive on fruit count, yield, and average fruit weight in the first year of growth regardless of harvest time

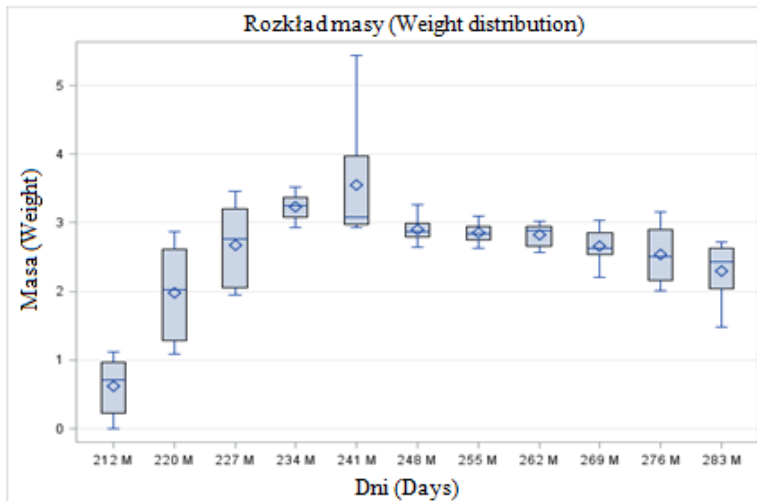


Ryc. 2. Liczba owoców malin podczas poszczególnych etapów zbiorów w pierwszym roku wzrostu na miejscu stałym niezależnie od rodzaju podłoża, na którym posadzono krzewy

Fig. 2. The number of raspberry fruits during the various harvest stages in the first year of permanent site growth, regardless of the type of substrate in which the bushes were planted



Ryc. 3. Plon malin podczas poszczególnych etapów zbiorów w pierwszym roku wzrostu na miejscu stałym niezależnie od rodzaju podłoża, na którym posadzono krzewy  
Fig. 3. The yield of raspberries during the various stages of harvest in the first year of growth at a permanent location, regardless of the type of substrate in which the bushes were planted



Ryc. 4. Średnia masa owocu malin podczas poszczególnych etapów zbiorów w pierwszym roku wzrostu na miejscu stałym niezależnie od rodzaju podłoża  
Fig. 4. The average fruit weight of raspberries during the various stages of harvest in the first year of growth at a permanent site, regardless of the substrate type

Tabela 2. Wpływ węgla brunatnego jako dodatku do podłoża przed wysadzeniem maliny odmiany Polana oraz terminu zbioru na liczbę owoców w pierwszym roku wzrostu na miejscu stałym  
 Table 2. The impact of lignite as a substrate additive before planting the Polana raspberry cultivar and the timing of harvest on the number of fruits in the first year of growth at a permanent site

Dzień roku Day of the year	Liczba owoców (szt.) Number of fruits (pcs.)		<i>p</i> -value
	kontrola control	węgiel brunatny lignite	
212	0,92 ±2,45 Ad	1,11 ±2,62 Ad	0,7559
220	7,76 ±12,02 Acd	6,31 ±9,63 Acd	0,5590
227	7,74 ±7,69 Acd	6,25 ±6,32 Acd	0,3539
234	20,46 ±12,57 Aabc	18,58 ±10,39 Aab	0,4760
241	16,23 ±13,21 Aabc	20,46 ±9,97 Aab	0,1148
248	23,21 ±13,57 Aab	23,87 ±12,79 Aab	0,8240
255	29,67 ±14,86 Aa	23,87 ±14,27 Aab	0,0831
262	16,02 ±8,08 Aabc	13,69 ±10,93 Abc	0,2882
269	23,21 ±16,73 Aab	29,38 ±16,71 Aa	0,1112
276	12,69 ±12,79 Bbcd	19,61 ±12,11 Aab	0,0164
283	9,25 ±9,99 Abcd	5,69 ±4,14 Bcd	0,0431
<i>p</i> -value	<0,0001	<0,0001	

Średnie oznaczone tą samą dużą literą nie różnią się istotnie pomiędzy rodzajami podłoża w poszczególnych terminach zbioru. Średnie oznaczone tą samą małą literą nie różnią się istotnie pomiędzy poszczególnymi terminami zbioru w obrębie danej kombinacji.

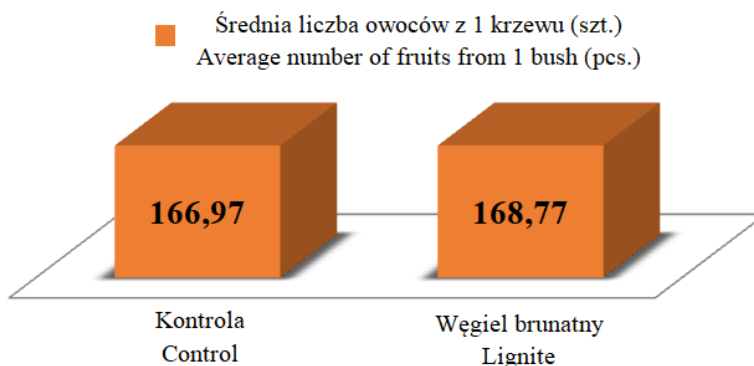
Means denoted by the same uppercase letter do not significantly differ between substrate types at each harvesting time. Means marked with the same lowercase letter do not significantly differ among various harvesting times within the same combination.

Wykazano, że plon owoców z pojedynczego krzewu niezależnie od terminu zbioru wahał się od 482,74 g, tj. 2413,70 kg/ha, w kombinacji kontrolnej do 500,08 g, tj. 2500,04 kg/ha, w kombinacji, w której jako dodatek do podłoża zastosowano węgiel brunatny (ryc. 6, 7). Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała istotny wpływ rodzaju podłoża na oceniany parametr wielkości plonu.

Istotnie korzystny wpływ dodatku węgla brunatnego na średnią masę jednego owocu wykazano w 269 dniu roku i w 276, zaś w 241 – istotnie odwrotny (tab. 4). Średnia masa jednego owocu z roślin kontrolnych pochodząca ze zbioru z 241 dnia roku była istotnie większa niż z pierwszych dwóch i trzech ostatnich terminów. W przypadku kombinacji z węglem brunatnym istotne różnice masy owocu wykazano pomiędzy zbiorami z dni 212 i 220 a zbiorami od 234 do 276 dnia roku (tab. 4).

Przeprowadzona analiza statystyczna nie wykazała istotnego wpływu węgla brunatnego jako dodatku do podłoża na termin dojrzewania pierwszych owoców, a także na liczbę pędów owocujących (tab. 5). Wykazano istotny wpływ zastosowania węgla brunatnego





Ryc. 5. Wpływ podłoża na średnią liczbę owoców z pojedynczego krzewu niezależnie od terminu zbioru

Fig. 5. The influence of the substrate on the average number of fruits per single bush, regardless of the harvest time

jako dodatku do podłoża przed posadzeniem krzewów maliny odmiany Polana na sumę długości pędów owocujących i średnią długość pojedynczego pędu owocującego (tab. 5).

Wykorzystane w doświadczeniu podłoże CarboMat z węgla brunatnego jako dodatek do gleby macierzystej przed posadzeniem sadzonek nie wpłynęło istotnie na średnią liczbę owoców, masę pojedynczego owocu oraz plon z jednego krzewu malin odmiany Polana w pierwszym roku uprawy gruntowej w porównaniu z krzewami uprawianymi na glebie bez dodatku tego podłoża. Plon w przeliczeniu na 1 ha przy rozsadzie 5000 szt. roślin w kombinacji kontrolnej wyniósł 2,41 t, zaś w kombinacji z dodatkiem węgla brunatnego 2,50 t. W doświadczeniu Krawca i in. [2018]. nad efektywnością ściółkowania rzędów czarną agrowłókniną uprawy gruntowej maliny odmiany Polana w pierwszym roku owocowania w kombinacji kontrolnej osiągnięto plon 1,65 t z 1 ha przy rozsadzie 5700 szt. roślin, zaś w kombinacji z zastosowaniem czarnej agrowłókniny – 2,59 t.

W przeliczeniu plonu na powierzchnię 1 ha przy rozsadzie 5000 szt. roślin różnica w plonie wyniosła 86,34 kg na korzyść krzewów uprawianych z wykorzystaniem węgla brunatnego.

Dodatek podłoża CarboMat do gleby nie wpływał na przyspieszenie zbioru owoców. Istotną różnicę wykazano w sumie długości pędów owocujących pojedynczego krzewu, która w przypadku kombinacji kontrolnej wyniosła średnio 508,79 cm, zaś w przypadku kombinacji z węglem brunatnym 738,51 cm. Wykazana różnica we wzroście świadczy o pozytywnym wpływie węgla brunatnego na wzrost krzewów maliny w przeprowadzonym doświadczeniu.

W dostępnej literaturze mało jest doniesień potwierdzających pozytywny wpływ dodatku węgla brunatnego na wzrost i plonowanie maliny, jak również innych gatunków roślin uprawnych. Wyniki uzyskane w wykonanych badaniach znajdują potwierdzenie w nielicznych przeprowadzonych wcześniej doświadczeniach na innych roślinach uprawnych m.in. przez Reimana i Bartosiewicza [1969], którzy wykazali wyższą plon roślin na glebach lekkich z dodatkiem surowego węgla brunatnego w ilości 5% w stosunku do masy gleby macierzystej. Kissel [1931, 1937], który stosował dodatek węgla brunatnego do gleby macierzystej w dawkach 1,4–40 t/ha, wykazywał wzrost plonu pszenicy

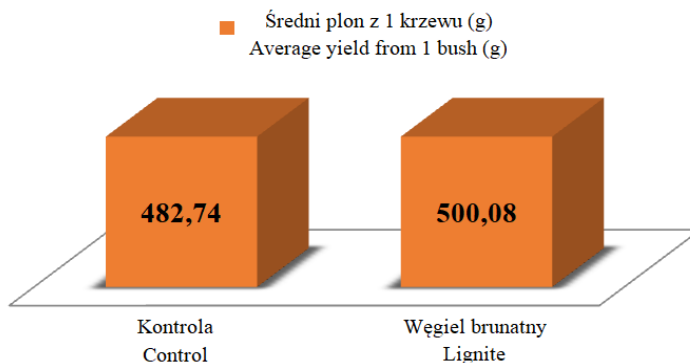
Tabela 3. Wpływ węgla brunatnego jako dodatku do podłoża przed wysadzeniem maliny odmiany Polana oraz terminu zbioru na plon owoców z jednego krzewu w pierwszym roku wzrostu na miejscu stałym

Table 3. The impact of lignite as a substrate additive prior to planting the Polana raspberry cultivar and the timing of harvest on the fruit yield from a single bush in the first year of growth at a permanent site

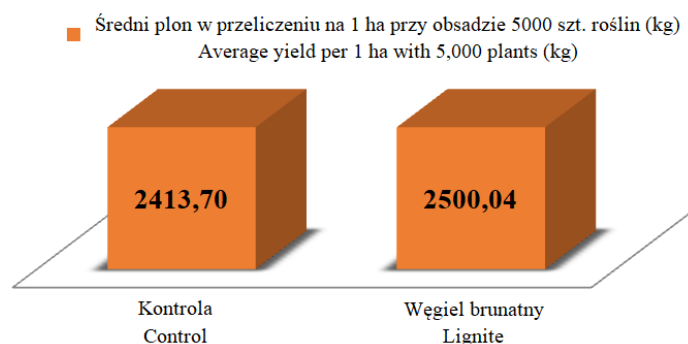
Dzień roku Day of the year	Plon (g) Yield (g)		p-value
	kontrola control	węgiel brunatny lignite	
212	3,11 ±8,28 Ad	3,36 ±8,16 Ad	0,8925
220	25,03 ±38,25 Acd	19,97 ±29,66 Acd	0,5155
227	24,98 ±22,66 Acd	19,71 ±19,08 Acd	0,2698
234	68,92 ±40,13 Aab	59,51 ±30,71 Aab	0,2481
241	56,93 ±37,08 Aabc	61,39 ±28,76 Aab	0,5550
248	63,12 ±35,79 Aabc	68,41 ±35,04 Aab	0,5122
255	80,91 ±39,15 Aa	67,48 ±37,96 Aab	0,1283
262	43,44 ±21,14 Aabc	42,11 ±35,76 Abc	0,8402
269	59,54 ±44,41 Babc	83,66 ±52,29 Aa	0,0312
276	31,24 ±32,31 Bbcd	57,43 ±36,51 Aab	0,0012
283	25,47 ±29,15 Acd	17,03 ±13,71 Acd	0,1061
p-value	<0,0001	<0,0001	

Średnie oznaczone tą samą dużą literą nie różnią się istotnie pomiędzy rodzajami podłoża w poszczególnych terminach zbioru. Średnie oznaczone tą samą małą literą nie różnią się istotnie pomiędzy poszczególnymi terminami zbioru w obrębie danej kombinacji.

Means denoted by the same uppercase letter do not differ significantly among substrate types at each harvest time. Means denoted by the same lowercase letter do not differ significantly among the different harvest times within a given combination.



Ryc. 6. Wpływ podłoża na plon owoców z pojedynczego krzewu niezależnie od terminu zbioru  
Fig. 6. The influence of substrate on fruit yield from a single bush, regardless of the harvest time



Ryc. 7. Wpływ podłoża na plon z 1 ha uprawy przy obsadzie 5000 szt. roślin, niezależnie od terminu zbioru

Fig. 7. The impact of substrate on the yield per 1 hectare of cultivation with a planting density of 5000 plants, regardless of the harvest time

Tabela 4. Wpływ węgla brunatnego jako dodatku do podłoża przed wysadzeniem malin odmiany Polana oraz terminu zbioru na średnią masę pojedynczego owocu w pierwszym roku wzrostu na miejscu stałym

Table 4. The effect of lignite as a substrate additive prior to planting the Polana raspberry cultivar and the timing of harvest on the average weight of a single fruit in the first year of growth at a permanent site

Dzień roku Day of the year	Średnia masa pojedynczego owocu (g) Average weight of a single fruit (g)		p-value
	kontrola control	węgiel brunatny lignite	
212	0,65 ±1,43 Ac	0,61 ±1,24 Ac	0,8933
220	2,08 ±1,75 Ab	1,89 ±1,73 Ab	0,6381
227	2,86 ±1,15 Aab	2,50 ±1,38 Aab	0,2228
234	3,26 ±0,86 Aab	3,21 ±0,74 Aa	0,7722
241	4,06 ±2,49 Aa	3,07 ±0,53 Ba	0,0176
248	2,81 ±0,42 Aab	3,00 ±0,60 Aa	0,1158
255	2,76 ±0,39 Aab	2,94 ±0,53 Aa	0,0875
262	2,82 ±0,67 Aab	2,82 ±0,91 Aa	0,9944
269	2,53 ±0,47 Bb	2,80 ±0,53 Aa	0,0173
276	2,15 ±0,84 Ab	2,93 ±0,77 Ba	0,0001
283	2,22 ±1,16 Ab	2,40 ±1,28 Aab	0,5090
p-value	<0,0001	<0,0001	

Średnie oznaczone tą samą dużą literą nie różnią się istotnie pomiędzy rodzajami podłoża w poszczególnych terminach zbioru. Średnie oznaczone tą samą małą literą nie różnią się istotnie pomiędzy poszczególnymi terminami zbioru w obrębie danej kombinacji.

Means denoted by the same uppercase letter do not significantly differ between types of substrates at each harvest time. Means denoted by the same lowercase letter do not significantly differ between different harvest times within a given combination.

Tabela 5. Wpływ węgla brunatnego jako dodatku do podłoża przez wysadzeniem malin odmiany Polana na termin dojrzewania pierwszych owoców, liczbę pędów owocujących, sumę długości pędów owocujących i długość owocującego pojedynczego pędu w pierwszym roku wzrostu na miejscu stałym

Table 5. The influence of lignite as a substrate additive before planting the Polana raspberry cultivar on the timing of the ripening of the first fruits, the number of fruiting shoots, the total length of fruiting shoots, and the length of a single fruiting shoot in the first year of growth at a permanent site

Wyszczególnienie Specification	Termin dojrzewania pierwszych owoców (dzień roku) Date of ripening of first fruits (day of the year)	Liczba pędów owocujących (szt.) Number of fruiting shoots (pcs.)	Suma długości pędów owocujących (cm) Sum of the lengths of fruiting shoots (cm)	Długość owocującego pojedynczego pędu (cm) Length of a fruiting single shoot (cm)
Kontrola Control	218,12 ±8,74 A	2,53 ±0,99 A	508,79 ±162,34 B	239,30 ±135,42 B
Węgiel brunatny Lignite	219,11 ±9,51 A	2,69 ±1,61 A	738,51 ±275,01 A	330,30 ±162,29 A
<i>p</i> -value	0,6391	0,6130	<0,0001	0,0088

o 24–55%, ziemniaka o 22,2% i buraka cukrowego o 22%. W równoległym czasie badania prowadził również Vouk [1931], który w przypadku zastosowania większych dawek, sięgających 500 t/ha, osiągnął wyższą plon nawet o 100% w przypadku roślin niemotylkowatych, lecz w przypadku roślin motylkowatych plon był taki sam lub mniejszy niż bez dodatku węgla brunatnego. Lieske [1931a, 1931b] w swoich doświadczeniach zależnie od zastosowanych dawek notował zarówno wyższe plony, jak i w przypadku zastosowania węgla brunatnego jako dodatek w stosunku 5–10% do masy gleby – niższe plony. Berkner [1936], stosując małe dawki węgla brunatnego – 20 q/ha, nie wykazał istotnego wpływu na plon ziemniaka. Do takich samych wniosków w swoich doświadczeniach polowych i wazonowych doszedł również Stuncka [1933].

Niezależnie od badanej kombinacji wyniki doświadczenia wykazały istotny wpływ terminu zbioru na liczbę owoców, plon oraz masę pojedynczego zbioru.

Wyniki z przeprowadzonych analiz składu gleby pokazują, że węgiel brunatny wpłynął najkorzystniej na zasobność w glebie azotu oraz magnezu. Analizy składu gleby wykazały również większą zasobność gleby z dodatkiem węgla brunatnego w materię organiczną, fosfor, potas, wapń, glin i żelazo niż w przypadku gleby bez dodatku węgla brunatnego.

Gleba z dodatkiem węgla brunatnego charakteryzowała się większą pojemnością wymiany kationów, a także potencjalnie większą ilością azotu ulegającego mineralizacji.

Dodatek węgla brunatnego utrzymał również pH gleby na takim samym poziomie względem pH przed założeniem poletka doświadczalnego, gdzie w przypadku gleby bez

Tabela 6. Porównanie składu gleby z dodatkiem węgla brunatnego oraz próby kontrolnej  
 Table 6. Comparison of soil composition with the addition of lignite versus the control sample

Parametr Parameter	Jednostka Unit	Zakres niski Range low	Zakres odpowiedni Appropriate range	Wynik analizy gleby bez dodatku węgla brunatnego Soil analysis result without the addition of lignite	Wynik analizy gleby z dodatkiem węgla brunatnego Result of soil analysis with the addition of lignite
pH (woda) pH (water)	pH	6,0	7,2	6,6 (KCL 5,8)	7,1 (KCL 6,3)
Materia organiczna Organic matter	%	2,9	6,2	1,4	1,9
Fosfor (M3) Phosphorus (M3)	mg/kg	20,0	200,0	37,9	59,2
Azot całkowity Total nitrogen	g/kg	1,0	2,0	0,9	1,3
Potas (wymienialny) Potassium (interchangeable)	mmol+/kg	1,5	3,0	3,5	4,8
Wapń (wymienialny) Calcium (replaceable)	mmol+/kg	15,0	25,0	38,9	124,2
Magnez (wymienialny) Magnesium (replaceable)	mmol+/kg	4,5	10,0	3,4	9,6
Potencjalnie ulegający mineralizacji azot Potentially mineralizable nitrogen	Mg N/kg	22,0	32,0	35,3	47,9
Pojemność wymiany kationów Cation exchange capacity	mmol+/kg	75,0	200,0	52,0	93,0
Glin całkowity Total aluminum	g/kg	94,0	115,0	29,3	35,6
Żelazo całkowite Total iron	g/kg	5,0	8,0	12,1	16,2
Frakcja ilasta Clay fraction	%	20,0	40,0	8,0	11,0
Wilgotność Humidity	%	10,0	30,0	18,6	12,5

jego dodatku pH obniżyło się do 6,6 (KCL 5,8) z poziomu 7,0 (KCL 5,8). Gleba macierzysta bez dodatku węgla brunatnego oznaczała się wyższym stopniem wilgoci (18,6%) niż gleba z dodatkiem węgla brunatnego (12,5%) (tab. 6).

Analizy chemiczne składu gleby przeprowadzone przed założeniem poletka doświadczalnego oraz po zakończonym sezonie wegetacyjnym wykazały wpływ węgla brunatnego na glebę. Gleba z dodatkiem węgla brunatnego charakteryzowała się szczególnie wyższą zasobnością w azot oraz magnez, a także w fosfor, potas, wapń, glin i żelazo w porównaniu z kombinacją kontrolną. Wyniki analiz chemicznego składu gleby wykazały większą zawartość materii organicznej, pojemność wymiany kationów i potencjalnie większą ilość azotu ulegającego mineralizacji w przypadku kombinacji z dodatkiego węgla brunatnego do gleby macierzystej. Pozytywny wpływ węgla brunatnego jako dodatku do gleby macierzystej na jej poszczególne właściwości fizyczne i chemiczne wykazywali w swoich badaniach również Musierowicz [1938], Lityński i in. [1952], Własiuk [1949], Górecki i in. [2000] oraz Kwiatkowska-Malina [2011].

Przed założeniem poletka doświadczalnego pH gleby wynosiło 7,0 (KCL 6,2), po zakończonym sezonie wegetacyjnym pH gleby w przypadku kombinacji kontrolnej wyniosło 6,6 (KCL 5,8), a w przypadku kombinacji z dodatkiem węgla brunatnego 7,1 (KCL 6,3), co potwierdza wpływ węgla brunatnego jako czynnika utrzymującego pH gleby na stałym poziomie dzięki jego właściwościom buforowym, wykazanym w badaniach Musierowicza [1938], Jurkowskiej [1961], Maciejewskiej i Kwiatkowskiej [2000].

#### WNIOSKI

1. Dodatek węgla brunatnego w ilości 30% do gleby w uprawie gruntowej maliny odmiany Polana w pierwszym roku owocowania nie miał istotnego wpływu na większość parametrów wzrostu i plonowania.

2. Termin zbioru niezależnie od kombinacji miał istotny wpływ na masę zebranego plonu, ilość owoców i masę pojedynczego owocu.

3. Analizy chemiczne składu gleby wykazały wpływ węgla brunatnego na właściwości fizykochemiczne gleby.

4. Ze względu na zróżnicowany skład podłoża z węgla brunatnego, a także różne wymagania poszczególnych odmian malin i innych gatunków sadowniczych uprawianych na różnych klasach gleb mogących reagować inaczej na dodatek węgla brunatnego w różnych dawkach wskazane jest dalsze badanie tego podłoża w celu zoptymalizowania jego użycia w uprawach roślin.

#### PIŚMIENNICTWO

- Baranowska A., Radwańska K., Zarzecka K., Gugała M., Mystkowska I., 2015. Właściwości produkcyjne owoców maliny właściwej (*Rubus idaeus* L). Probl. Hig. Epidemiol. 96, 406–409.
- Baranowska A., Zarzecka K., 2012. Opłacalność uprawy malin. Roczn. Nauk. 14(1), 26–28.
- Bednarek R., Dziadowiec H., Pokojska U., Prusinkiewicz Z., 2005. Badania ekologiczno-gleboznawcze. Wyd. PWN, Warszawa.
- Berkner P., 1936. Rohbraunkohleals Düngemittel. Zeitschrift für Pflanzenernährung Düngung und Bodenkunde B144, 346–348.

- Bielikowski K., 1995. Zasoby i charakterystyka złóż węgla brunatnego na obszarze Polski. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 422, 55–60.
- Ciebień M., Rachoń L., Krawiec P., 2012. Pozycja Polski w światowej produkcji malin w latach 2003–2012. *Rocz. Nauk.* 17(2), 16–19.
- Danek J., 2005. 25 lat hodowli maliny i jeżyny w Sadowniczym Zakładzie Doświadczalnym ISK w Brzeznej. X Ogólnopolski Naukowy Zjazd Hodowców Roślin Ogrodniczych. *Zmienność Genetyczna – Utrzymanie, Tworzenie i Wykorzystanie w Hodowli Roślin.* Skierniewice, 15–16 lutego 2005, 165–166.
- Danek J., 2009. Maliny na jesień. *Owoce, Warzywa, Kwiaty* 14, 36–37.
- Danek J., 2011. Malina powtarzająca owocowanie. *Uprawa polowa. Owoce, Warzywa, Kwiaty* 10, 42–44.
- Diacono M., Montemurro F., 2010. Long term effect of organic amendments on soil fertility. A Review. *Agron. Sustain. Dev.* 30, 411–422.
- Gonet S., 2007a. Materia organiczna w tematycznej strategii ochrony gleb w Unii Europejskiej. *Rocz. Glebozn.* 58 (3/4), 15–26.
- Gonet S., 2007b. Ochrona zasobów materii organicznej. W: *Rola materii organicznej w środowisku.* Gonet S.S., Markiewicz M. (red.). PTSH, Wrocław.
- Górecki H., Hoffmann K., Hoffman J., Szykklarz B., 2000. Badania nad wpływem dodatku węgla brunatnego na poprawę właściwości fizykochemicznych gleby i podłoża. *Ecol. Chem. Eng.* 7(5), 439–445.
- [https://www.kowr.gov.pl/uploads/pliki/aktualnosci/02.07.2019\\_Rynek%20malin%20w%20Polsce.pdf](https://www.kowr.gov.pl/uploads/pliki/aktualnosci/02.07.2019_Rynek%20malin%20w%20Polsce.pdf) [dostęp: 06.04.2021].
- Jurkowska H., 1961. Węgiel brunatny jako czynnik buforujący. *Zesz. Nauk. WSR Kraków* 12, ser. Rolnictwo, 89–115.
- Kalembasa S., Tengler S., 2004. Rola węgla brunatnego w nawożeniu i ochronie środowiska. *Monografie* 52. Wyd. Akademii Podlaskiej, Siedlce.
- Kissel A., 1931. Kurze Studie über die Ursachen der erfolgreichen Wirkung von Braunkohle auf die Entwicklung von Nutzpflanzen. *Brennstoff – Chemie B-12*, 101.
- Kissel A., 1937. Kurze Studie über die Ursachen der Wirkung von Braunkohle auf die Entwicklung von Nutzpflanzen. *Brennstoff – Chemie B – 11*, 257.
- Krawiec P., Rybczyński R., 2010. Efektywność fertygacji w malinach odmian powtarzających. *Acta Agroph.* 16(2), 347–358.
- Krawiec P., Kałdonek A., Wyróślak M., 2018. Zmiany w technologii uprawy gruntowej malin powtarzających owocowanie. *Malinowe Factory 2018. Jagodnik*, 19–22.
- Kuś J., 2015. Glebowa materia organiczna – znaczenie, zawartość i bilansowanie. *Studia i Raporty IUNG – PIB* 45(19), 27–53.
- Kwiatkowska J., 1999. Wpływ nawozu otrzymanego z węgla brunatnego – Rekultera – na właściwości fizykochemiczne gleby oraz na zawartość cynku, ołowiu i kadmu w roślinach. *Praca dokt., SGGW, Warszawa.*
- Kwiatkowska J., 2007. Ocena możliwości wykorzystania węgla brunatnego jako efektywnego źródła materii organicznej w gruntach przekształconych antropogenicznie. *Environ. Prot. Eng.* 10(1), 71–85.
- Kwiatkowska-Malina J., 2011. Analiza struktury substancji humusowych gleb po wprowadzeniu węgla brunatnego na podstawie widm fluorescencyjnych. *Environ. Prot. Eng.* 14, 3, 197–208.
- Lieske R., 1931a. Neue Untersuchungen zur Frage der Düngewirkung der Kohlen. *Brennstoff Chem.* B12, 426.
- Lieske R., 1931b. Untersuchung über die Verwendbarkeit von Kohlen als Düngemittel. *Brennstoff Chem.* B12, 81.
- Lityński T., Zielińska R., Żak Z., 1952. Wartość nawozowa krajowego węgla brunatnego. *Cz. IV. Przem. Chem.* 12, 152.

- Maciejewska A., Kwiatkowska J., 2000. Właściwości fizykochemiczne oraz buforowe gleby po zastosowaniu nawozu organiczno-mineralnego z węgla brunatnego. *Agricultura* 84, 263–268.
- Musierowicz A., 1938. Z badań nad wartością nawozową miału węgla brunatnego. *Prz. Dośw. Rol.* 6, 251.
- Paszko D., Krawiec P., Pawlak J., Wróblewska W., 2017. Ocena kosztów i opłacalności produkcji maliny pod osłonami w kontekście budowania przewagi konkurencyjnej na przykładzie wybranego gospodarstwa. *Annals PAAAE* 19(3), 218–223.
- Reiman B., Bartosiewicz A., 1969. Działanie węgla brunatnego na plon roślin i pobieranie składników pokarmowych na glebach piaszczystych. *Rocz. WSR Poznań* 42, 102–115.
- Rogowska A., 2010. Stan polskich gleb. *Agrotechnika* 11, 25–27.
- Rolbiecki S., Rolbiecki R., Rzekanowski C., 2005. Nawadnianie jako czynnik przeciwdziałający skutkom posuch w uprawie maliny na glebie piaszczystej. *Woda Śr. Obsz. Wiej.* 5(14), 243–260.
- Smolarz K., 1994. Maliny i jeżyny. *Wiadomości ogólne*. W: Pomologia. A. Rejman (red.). PWRiL, Warszawa, 521–553.
- Stunck G., 1933. Die Düngewirkung der Braunkohle *Zeitschrift für Pflanzenernährung Düngung und Bodenkunde* B229, 117.
- Terelak H., 2001. Mapa zawartości substancji organicznej w glebach użytków rolniczych Polski. IUNG, Puławy.
- Vouk V., 1931. Kohle und Pflanzen. *Zeitschrift für Pflanzenernährung Düngung und Bodenkunde* B22, 115.
- Własiuk P.A., 1949. Ispolzowanie buvychugli dla ulutschenija słowipitanjarastienji. *Agrobiologia* 5, 80–89.

**Źródło finansowania:** SUBB.WOP. 19.021. RiO. publikacja.

**Summary.** The common raspberry (*Rubus idaeus* L.) is a highly valued and frequently cultivated fruit species in Poland. It requires fertile soil with very good physicochemical properties. Due to the threat of desertification affecting over 80% of agricultural land, it is essential to add organic matter to the soil to halt this process and achieve high yields in raspberry cultivation, as well as other fruit species. The aim of this study was to evaluate the suitability of CarboMat substrate made from lignite as an addition to native soil in the field cultivation of the Polana raspberry cultivar. The research covered an experimental plot with 82 bushes, planted in soil without the addition of lignite and with the addition of lignite – 30% in relation to the mass of the native soil. No significant impact of enriching the soil with lignite on a significant improvement in yield parameters and growth of the Polana raspberry cultivar in the first fruiting season after planting was observed. A significant effect on the mass of the harvested yield, the number of fruits, and the mass of a single fruit regardless of the combination was noted in the case of the harvest time. The influence of lignite on the physicochemical properties of the soil was also confirmed.

**Key words:** *Rubus idaeus* L., lignite, soil, yield

Otrzymano/Received: 26.06.2023

Zaakceptowano/Accepted: 8.11.2023

Online first: 26.02.2024

Opublikowano/Published: 22.04.2024