

Projekt pn. „Opracowanie innowacyjnych nawozów zawierających dodatki funkcjonalne” współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Kujawsko – Pomorskiego na lata 2014-2020.

Sprawozdanie merytoryczne B+R

Śmielin, 2023

Spis treści

I.	Badania przemysłowe	6
I.1.	Potencjalne dodatki funkcjonalne	6
I.1.1.	Zmniejszające twardość wody	6
I.1.2.	Zmieniające pH wody i cieczy roboczej	8
I.1.3.	Stymulujące wzrost roślin	10
I.1.4.	Stymulująco-ochronne	11
I.1.5.	Ułatwiające rozpuszczanie i przygotowanie cieczy roboczej	12
I.1.6.	Poprawiające właściwości retencyjne i sorpcyjne	13
I.2.	Receptury nawozów	17
I.2.1.	Nawóz fosforowo-potasowy, zakwaszający w formie stałej (PK zakwaszający)	18
I.2.2.	Nawóz potasowy, alkalizujący w formie stałej (K alkalizujący)	20
I.2.3.	Nawóz dolistny-1 z dodatkiem nano cząstek Ag i kwasów humusowych (Dolistny AgKH)	21
I.2.4.	Nawóz dolistny-2 z dodatkiem nano cząstek Cu i kwasów humusowych (Dolistny CuKH)	22
I.2.5.	Mikrogranulat-1, MIKROGRANULAT NP z dodatkiem kwasów humusowych (Mikrogranulat NP KH)	23
I.2.6.	Mikrogranulat-2, MIKROGRANULAT NPK z dodatkiem kwasów humusowych (Mikrogranulat NPK KH)	24
I.3.	Badania fizyczne i chemiczne nawozów	26
I.3.1.	Gęstość nasypowa	26
I.3.2.	Rozpuszczalność	26
I.3.3.	Zmiany kolorymetryczne	31
I.3.4.	Wodochłonność	35
I.3.5.	Przechowywanie w zmiennych warunkach termicznych	36
I.4.	Aplikacja nawozów. Ocena wzrostu i plonowania roślin	43
I.4.1.	Nawozy dolistne	43
I.4.2.	Mikrogranulaty nawozów startowych	54
I.5.	Ocena właściwości biologicznych gleby	62
I.5.1.	Analiza mikrobiologiczna gleby	63
I.5.1.1.	Bakterie ogółem	63
I.5.1.2.	Promieniowce	69
I.5.1.3.	Grzyby strzępkowe	74
I.5.1.4.	Mikroorganizmy celulolityczne	79
I.5.1.5.	Mikroorganizmy amylolityczne	84
I.5.1.6.	Mikroorganizmy proteolityczne	88
I.5.1.7.	Biomasa żywych mikroorganizmów	93
I.5.2.	Analiza enzymatyczna gleby	98
I.5.2.1.	Dehydrogenazy	98
I.5.2.2.	Fosfataza alkaliczna	103
I.5.2.3.	Fosfataza kwaśna	107
I.5.2.4.	Katalaza	112

I.5.3.	Zawartość glomalin w glebie	117
I.6.	Analiza materiału roślinnego jako efekt dolistnej aplikacji nawozów	122
I.6.1.	Białka glutenowe w ziarnie zbóż	122
I.6.2.	Zawartość i jakość tłuszczu w nasionach roślin oleistych	123
I.6.3.	Białko w nasionach roślin bobowatych grubonasiennych	123
I.6.4.	Skrobia w bulwach ziemniaka	124
I.6.5.	Cukry redukujące w bulwach ziemniaka	125
I.6.6.	Azotany w bulwach ziemniaka	125
I.6.7.	Sacharoza w korzeniach buraka cukrowego	126
I.6.8.	Azot alfa-aminowy w korzeniach buraka cukrowego	127
I.6.9.	Potas w korzeniach buraka cukrowego	127
I.6.10.	Sód w korzeniach buraka cukrowego	128
I.6.11.	Azotany w plonach	128
I.7.	Analiza materiału roślinnego jako efekt aplikacji mikrogranulatów nawozów startowych	132
I.7.1.	Białko w ziarnie zbóż	132
I.7.2.	Tłuszcz w nasionach roślin oleistych	133
I.7.3.	Białko w nasionach roślin bobowatych grubonasiennych	133
I.7.4.	Skrobia w bulwach ziemniaka	134
I.7.5.	Cukry redukujące w bulwach ziemniaka	134
I.7.6.	Azotany w bulwach ziemniaka	135
I.7.7.	Sacharoza w korzeniach buraka cukrowego	135
I.7.8.	Azot alfa-aminowy w korzeniach buraka cukrowego	136
I.7.9.	Potas w korzeniach buraka cukrowego	136
I.7.10.	Sód w korzeniach buraka cukrowego	137
I.7.11.	Azotany w plonach	138
I.8.	Analiza glebowej materii organicznej pod wpływem aplikacji mikrogranulatów nawozów startowych	140
I.8.1.	Węgiel organiczny	140
I.8.2.	Azot ogólny	145
I.8.3.	Ocena frakcji	150
I.9.	Analiza chemiczna materiału roślinnego	153
I.9.1.	Chlorofil w biomacie roślin	154
I.9.2.	Witamina C w masie wegetatywnej roślin	156
I.9.3.	Witamina C w bulwach ziemniaka	158
I.9.4.	Witamina C w plonach różnych roślin	159
I.9.5.	Witamina C w owocach drzew	164
I.9.6.	Witamina C w owocach miękkich	165
I.9.7.	Witamina C w owocach winorośli	166
I.9.8.	Barwniki roślinne w plonach różnych roślin	167
I.9.9.	Barwniki roślinne w owocach drzew	170
I.9.10.	Barwniki roślinne w owocach miękkich	171
I.9.11.	Barwniki roślinne w winorośli	172
II.	Prace rozwojowe	173
II.1.	Próbki nawozów do testów polowych	173

II.1.1.	Nawóz fosforowo-potasowy, zakwaszający w formie stałej (PK zakwaszający)	173
II.1.2.	Nawóz potasowy, alkalizujący w formie stałej (K alkalizujący)	174
II.1.3.	Nawóz dolistny-1 z dodatkiem nano cząstek Ag i kwasów humusowych (Dolistny AgKH)	174
II.1.4.	Nawóz dolistny-2 z dodatkiem nano cząstek Cu i kwasów humusowych (Dolistny CuKH)	175
II.1.5.	Mikrogranulat-1, MIKROGRANULAT NP z dodatkiem kwasów humusowych (Mikrogranulat NP KH)	176
II.1.6.	Mikrogranulat-2, MIKROGRANULAT NPK z dodatkiem kwasów humusowych (Mikrogranulat NPK KH)	177
II.2.	Przechowywanie w zmiennych warunkach termicznych	178
II.2.1.	Nawozy zmieniające pH cieczy roboczej	178
II.2.2.	Nawozy dolistne	180
II.2.3.	Nawozy startowe	183
II.3.	Testy polowe - wzrost i plonowanie roślin	185
II.3.1.	Nawozy dolistne	192
II.3.2.	Nawozy startowe	204
II.4.	Ocena gleby	211
II.4.1.	Analiza mikrobiologiczna gleby	212
II.4.1.1.	Bakterie ogółem	212
II.4.1.2.	Promieniowce	218
II.4.1.3.	Grzyby strzępkowe	223
II.4.1.4.	Mikroorganizmy celulolityczne	228
II.4.1.5.	Mikroorganizmy amylolityczne	233
II.4.1.6.	Mikroorganizmy proteolityczne	238
II.4.1.7.	Biomasa żywych mikroorganizmów	243
II.4.2.	Analiza enzymatyczna gleby	248
II.4.2.1.	Dehydrogenazy	248
II.4.2.2.	Fosfataza alkaliczna	253
II.4.2.3.	Fosfataza kwaśna	257
II.4.2.4.	Katalaza	262
II.4.3.	Zawartość glomalin w glebie	267
II.5.	Ocena materii organicznej gleby	272
II.5.1.	Węgiel organiczny	272
II.5.2.	Azot ogólny	277
II.5.3.	Analiza frakcji	282
II.6.	Ocena jakości materiału roślinnego (plonów) jako efekt aplikacji nawozów dolistnych	286
II.6.1.	Białka glutenowe w ziarnie zbóż	286
II.6.2.	Tłuszcz w nasionach roślin oleistych	287
II.6.3.	Białko w nasionach roślin bobowatych grubonasiennych	287
II.6.4.	Skrobia w bulwach ziemniaka	288
II.6.5.	Cukry redukujące w bulwach ziemniaka	289
II.6.6.	Azotany w bulwach ziemniaka	289
II.6.7.	Sacharoza w korzeniach buraka cukrowego	290

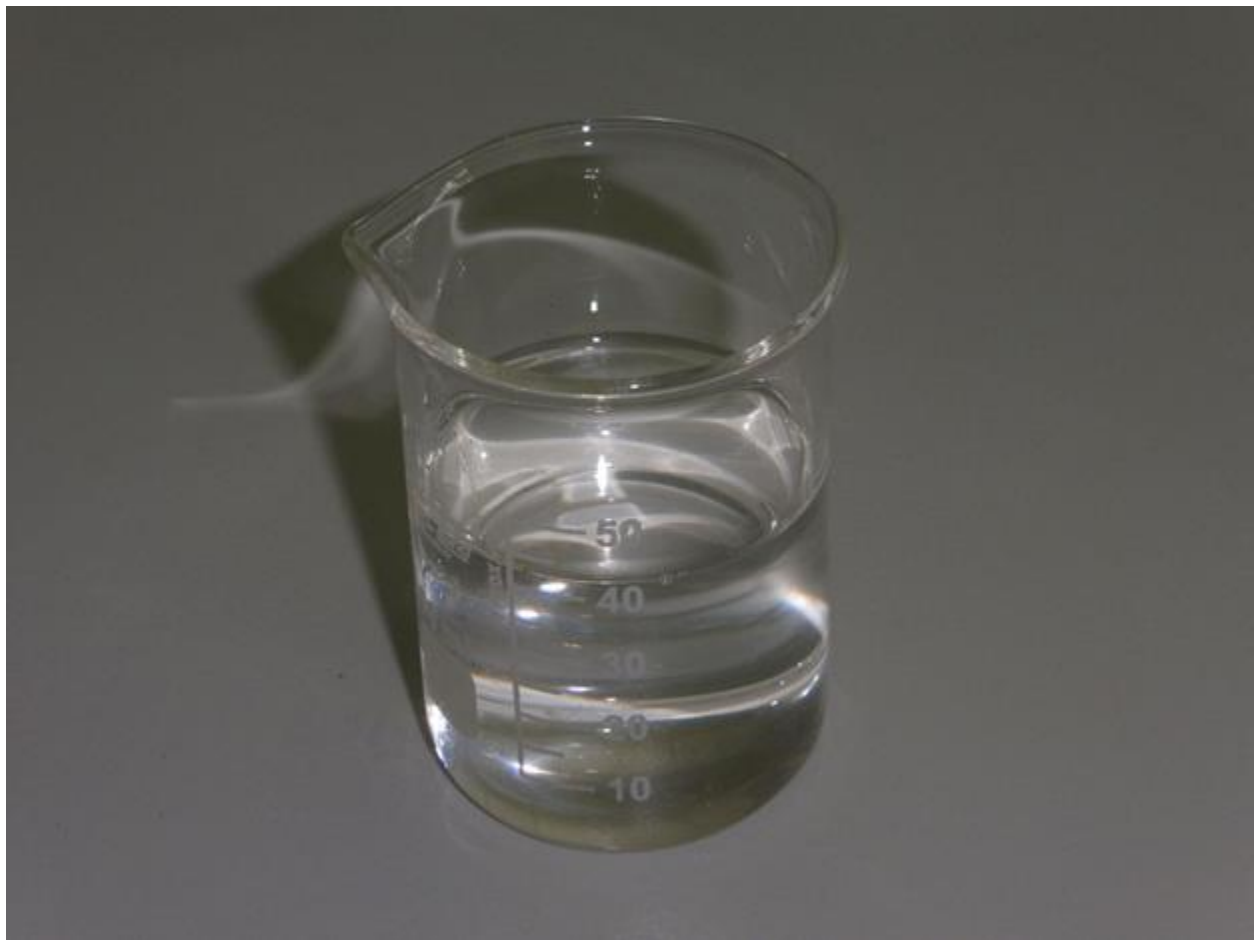
II.6.8.	Azot alfa-aminowy w korzeniach buraka cukrowego	290
II.6.9.	Potas w korzeniach buraka cukrowego	291
II.6.10.	Sód w korzeniach buraka cukrowego	291
II.6.11.	Azotany w plonach warzyw i owoców	292
II.7.	Ocena jakości materiału roślinnego (plonów) jako efekt aplikacji nawozów startowych	295
II.7.1.	Białko w ziarnie zbóż	296
II.7.2.	Tłuszcz w nasionach roślin oleistych	296
II.7.3.	Białko w nasionach roślin bobowatych grubonasiennych	297
II.7.4.	Skrobia w bulwach ziemniaka	297
II.7.5.	Cukry redukujące w bulwach ziemniaka	298
II.7.6.	Azotany w bulwach ziemniaka	298
II.7.7.	Sacharoza w korzeniach buraka cukrowego	299
II.7.8.	Azot alfa-aminowy w korzeniach buraka cukrowego	299
II.7.9.	Potas w korzeniach buraka cukrowego	300
II.7.10.	Sód w korzeniach buraka cukrowego	300
II.7.11.	Azotany w plonach warzyw	301
II.8.	Ocena zawartości witaminy C i barwników w materiale roślinnym	303
II.8.1.	Chlorofil w biomase liści	303
II.8.2.	Witamina C w masie wegetatywnej roślin	305
II.8.3.	Witamina C w bulwach ziemniaka	307
II.8.4.	Witamina C w warzywach	308
II.8.5.	Witamina C w owocach drzew	313
II.8.6.	Witamina C w owocach miękkich	314
II.8.7.	Witamina C w owocach winorośli	315
II.8.8.	Barwniki roślinne w warzywach	316
II.8.9.	Barwniki roślinne w owocach drzew	319
II.8.10.	Barwniki roślinne w owocach miękkich	320
II.8.11.	Barwniki roślinne w winorośli	321
II.9.	Testy maszyn aplikacyjnych	322
II.9.1.	Aplikacja nawozów dolistnych	322
II.9.2.	Aplikacja nawozów startowych	326
10.	Podsumowanie	330

I. Badania przemysłowe

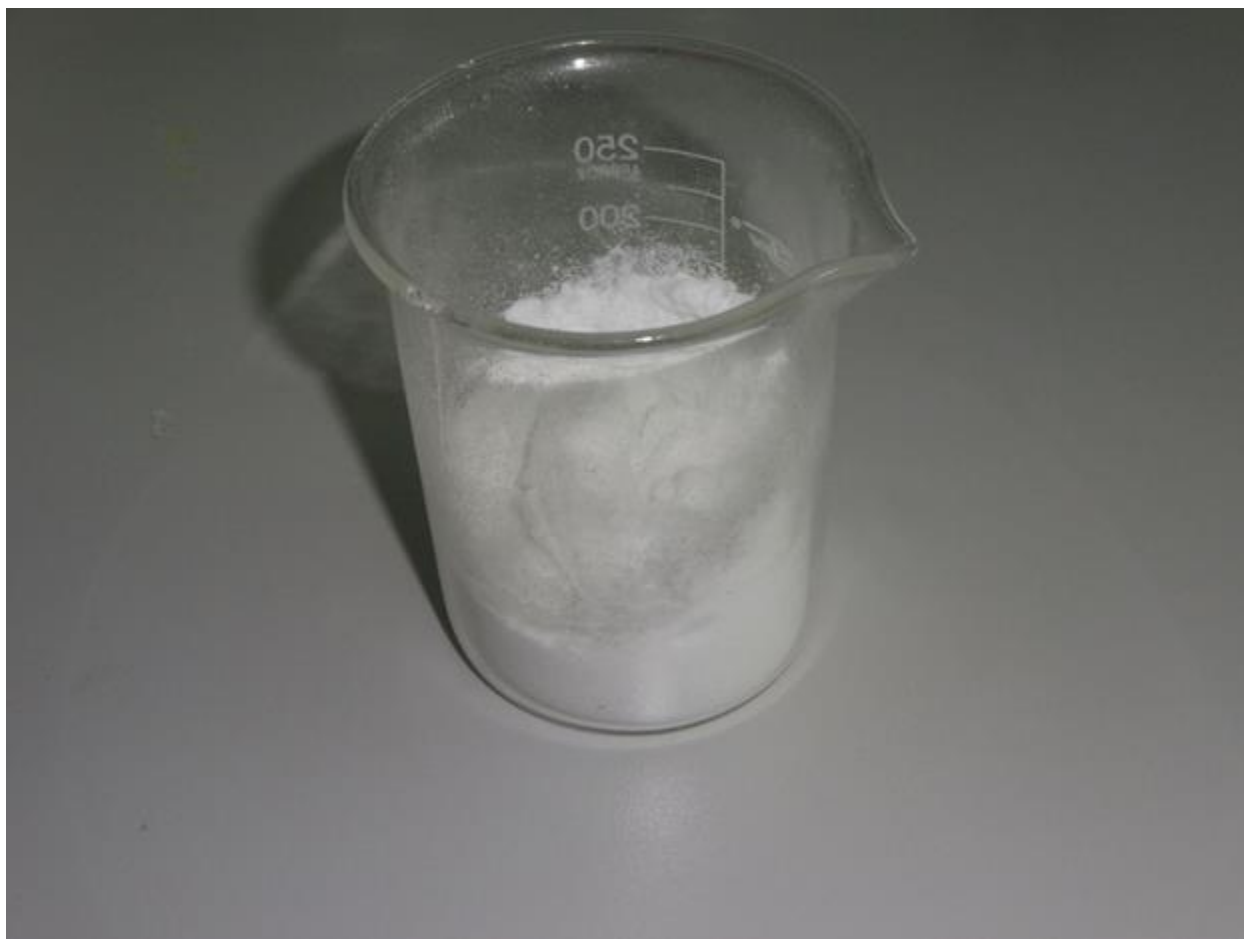
I.1. Potencjalne dodatki funkcjonalne

Etap badań przemysłowych rozpoczęto od wytypowania i oceny przydatności związków, substancji o potencjalnych właściwościach wskazujących na możliwość wykorzystania ich jako dodatki funkcjonalne lub komponenty (elementy) dodatków funkcjonalnych nawozów.

I.1.1. Zmniejszające twardość wody



Fot. I.1. Dodatek płynny oparty na wersenianie potasu



Fot. I.2. Dodatek stały oparty na heksametafosforanie sodu

Pierwszą grupę rozpatrywanych dodatków stanowiły związki o potencjalnych właściwościach zmniejszania twardości wody wykorzystywanej do sporządzania cieczy roboczej z udziałem nawozów dolistnych. Do testów oceny możliwości ich wykorzystania w nawozach dolistnych lub ich mieszaninach zbiornikowych wytypowano m.in. roztwór wersenianu potasu (fot. I.1) i heksametafosforan sodu (fot. I.2).

I.1.2. Zmieniające pH wody i cieczy roboczej



Fot. I.3. Dodatek zakwaszający, zmniejszający pH wody i cieczy roboczej



Fot. I.4. Dodatek alkalizujący, podnoszący pH wody i cieczy roboczej

Wykorzystując bardzo niskie pH roztworu kwasu cytrynowego i wysokie pH roztworu węgla potasu substancje te wykorzystano do opracowania dodatków zmieniających pH roztworów roboczych nawozów dolistnych i wody używanej do zabiegów agrochemicznych ze wskaźnikiem kolorymetrycznym. Są to odpowiednio dodatek zakwaszający (fot. I.3) i dodatek alkalizujący (fot. I.4).

I.1.3. Stymulujące wzrost roślin

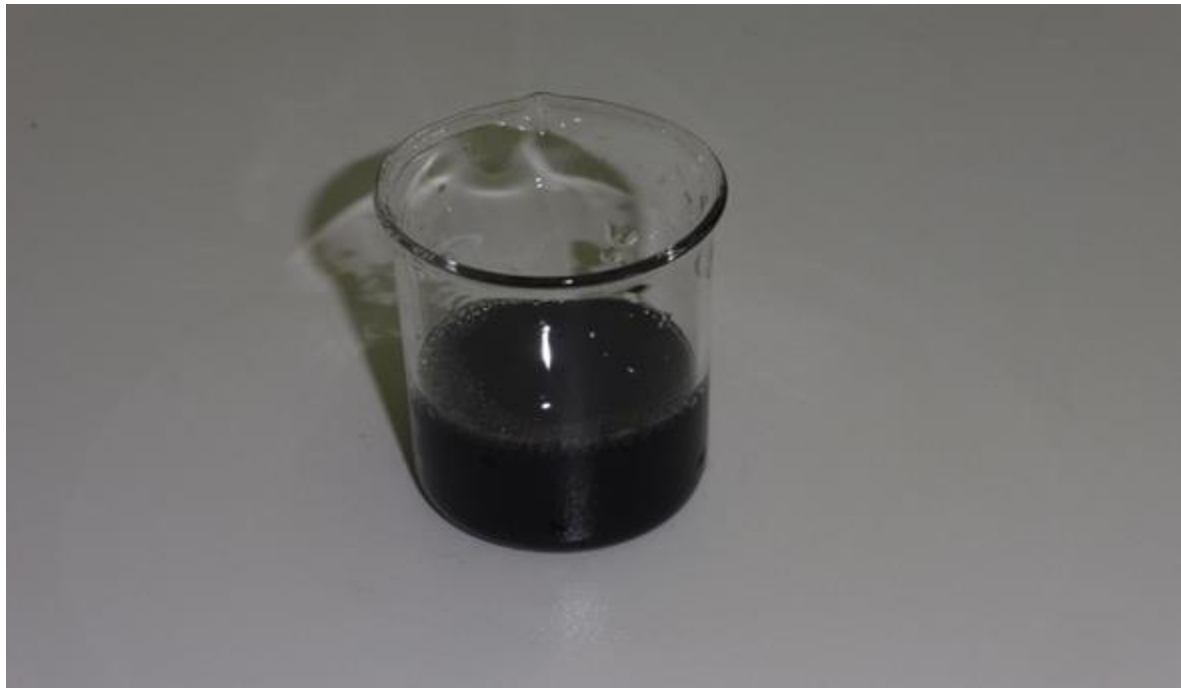


Fot. I.5. Kwasy humusowe płynne



Fot. I.6. Kwasy humusowe stałe

I.1.4. Stymulująco-ochronne



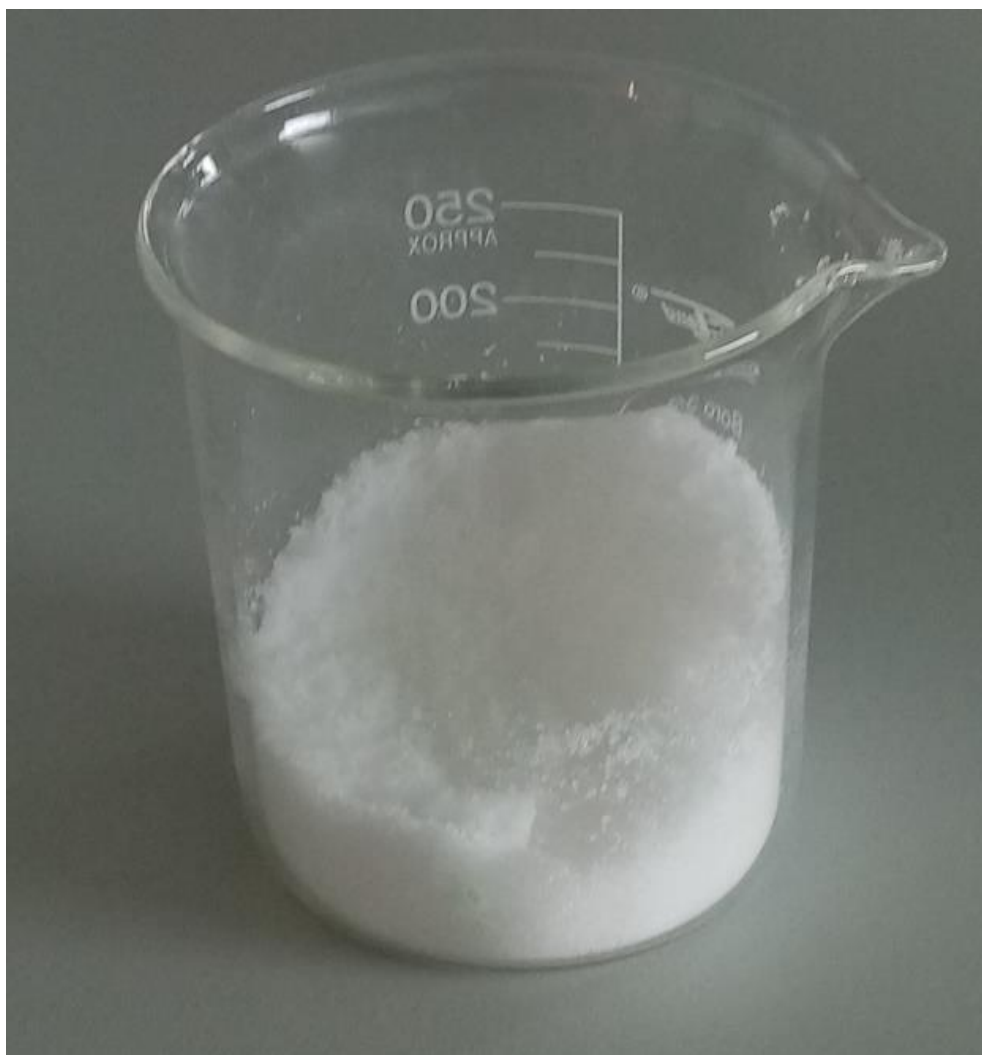
Fot. I.7. Nano cząstki srebra (Ag)



Fot. I.8. Nano cząstki miedzi (Cu)

W pracach nad dodatkami funkcjonalnymi nawozów o potencjalnym oddziaływaniu na wzrost roślin, ich kondycję i odporność na patogeny wykorzystano kwasy humusowe w formie płynnej i stałej (fot. I.5, I.6) oraz roztwory o dużej koncentracji nano cząstek srebra (fot. I.7) i miedzi (fot. I.8). Z kolei kwaśne węglany, np. sodu, potasu (fot. I.9) badano pod kątem możliwości ich wykorzystania do poprawy rozpuszczania i równomierności rozprowadzenia dawki nawozu w wodzie.

I.1.5. Ułatwiający rozpuszczanie i przygotowanie cieczy roboczej



Fot. I.9. Kwaśne węglany

I.1.6. Poprawiające właściwości retencyjne i sorpcyjne



Fot. I.10. Zeolit



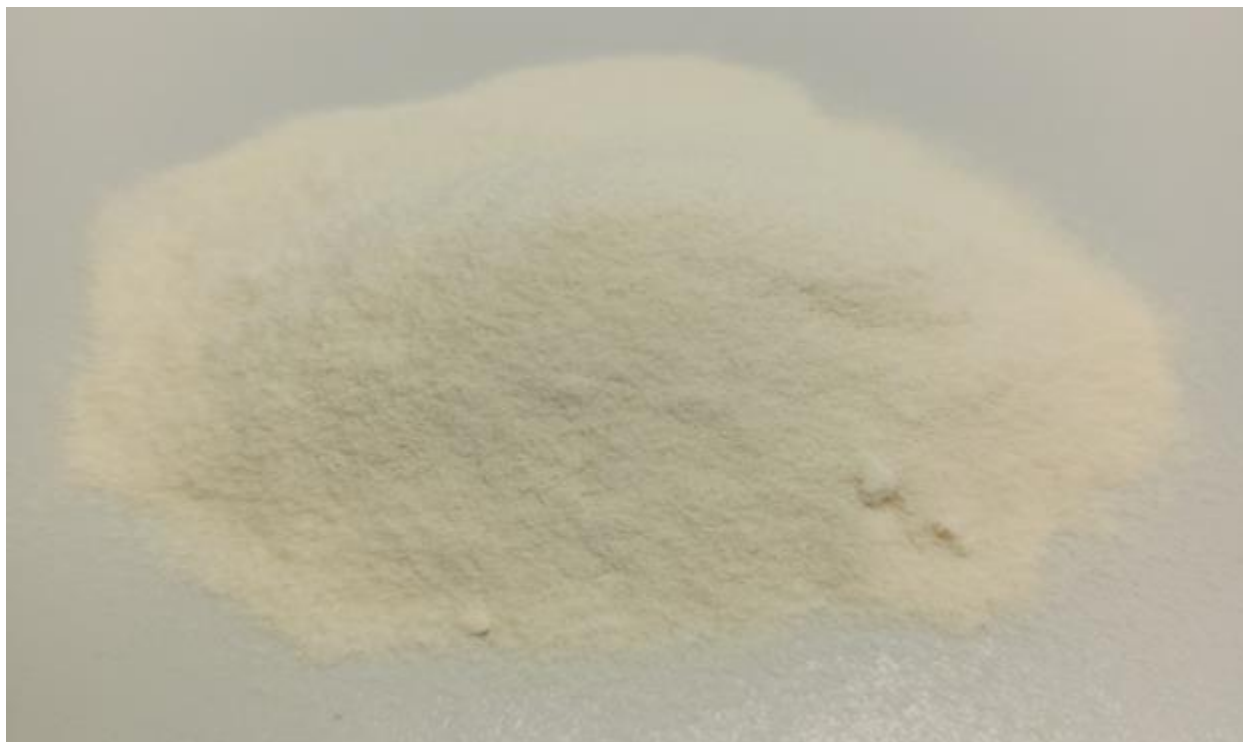
Fot. I.11. Haloizyt



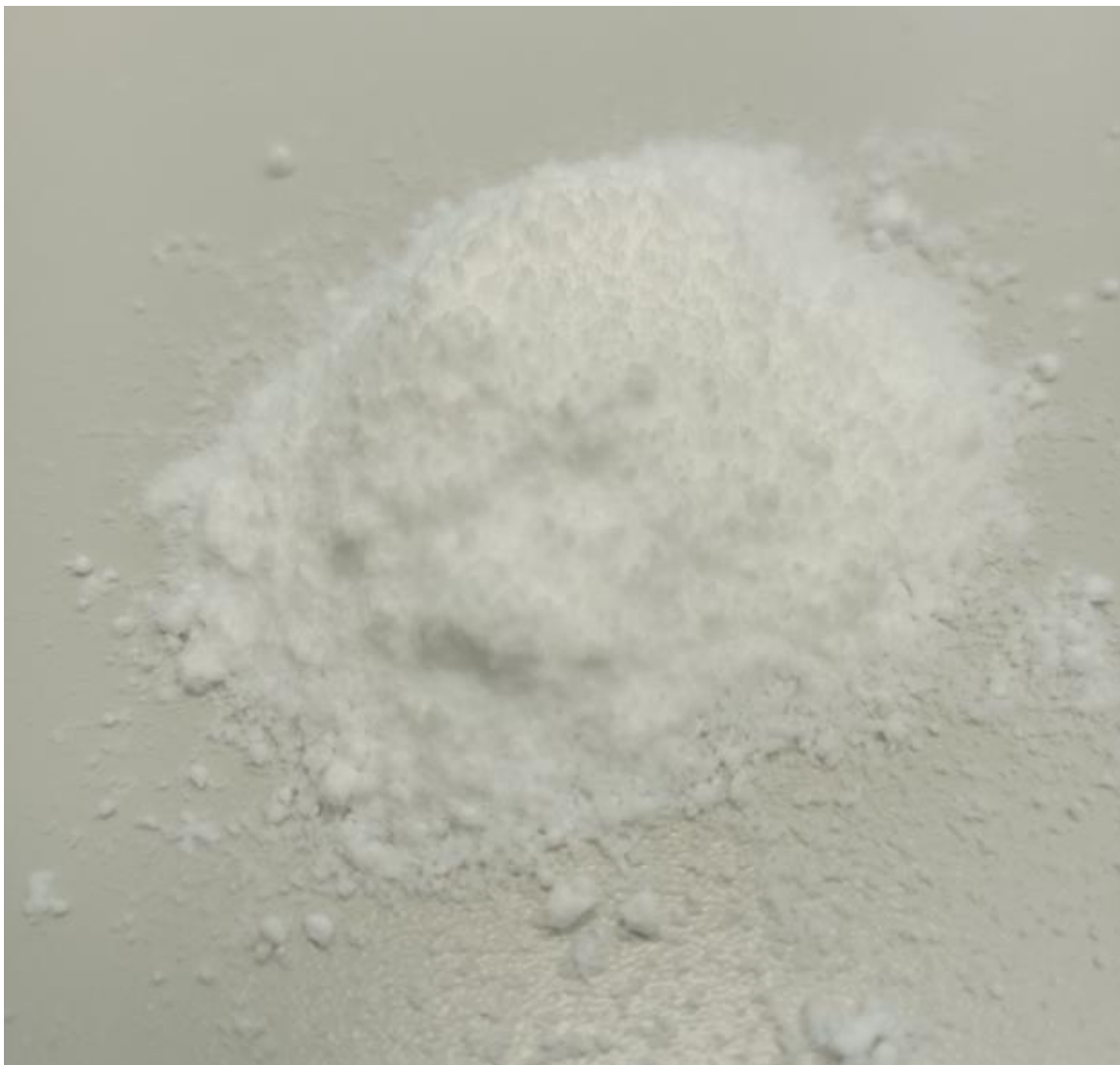
Fot. I.12. Bentonit



Fot. I.13. Skrobia



Fot. I.14. Guma ksantonowa



Fot. I.15. Arsil

Fot. I.10 – I.15 przedstawiają substancje o właściwościach sorpcyjnych i retencyjnych. Potencjalnie mogą być użyte jako składniki, w zależności od substancji, nawozów doglebowych oraz dolistnych. Ze względu na swoje właściwości mogą powodować lepszy i dłuższy kontakt cieczy roboczej z liściem lub retencjonować wodę i utrzymywać składniki pokarmowe zawarte w granuli nawozu w bezpośrednim sąsiedztwie tworzącego się systemu korzeniowego siewek roślin.

I.2. Receptury nawozów

Początkowe prace nad recepturami nawozów z dodatkami funkcjonalnymi skoncentrowano na:

- elementach pełniących rolę dodatków funkcjonalnych w nawozach do aplikacji dolistnej, w mikrogranulatach nawozów startowych, dodatkach/nawozach zmieniających właściwości wody i cieczy roboczej nawozów dolistnych,
- nawozach dolistnych,
- nawozach startowych w formie mikrogranulatu.

Przeprowadzono próby laboratoryjne oraz próby uzyskania nawozów w ilościach pozwalających na testy polowe z wykorzystaniem maszyn wielkogabarytowych stosowanych we współczesnych technologiach uprawy roślin (poprawność przygotowania cieczy roboczej i jej aplikacji, konieczność sprawdzenia wpływu nawozów i nawozów z dodatkami funkcjonalnymi na elementy robocze maszyn).

Pierwsze próby opracowania dodatku zmieniającego twardość wody wykorzystywanej do zabiegów dolistnej aplikacji nawozów oparto na wersenianie disodowym, a dodatków wpływających na właściwości fizykochemiczne mikrogranul i cieczy roboczej roztworów dolistnych na bentonicie, gumie ksantonowej oraz Arsilu. Jako źródła makroskładników w formułowanych pierwszych próbach nawozów służyły głównie: N – mocznik, P i K – fosforan monopotasowy, wodorowęglan potasu, siarczan potasu. Źródła mikroskładników stanowiły m.in.: kwas borowy, siarczan miedzi, siarczan żelaza, siarczan manganu, siarczan cynku. Próby te nie zakończyły się pełnym powodzeniem. Przyczynami były m.in.:

- trudność mikrogranulacji mieszaniny zawierającej rozdrobniony (pylisty) mocznik,
- zastąpienie na rynku mocznika nawozowego mocznikiem z inhibitorem, a jednocześnie brak rozpoznania możliwości jego stosowania w zabiegach dolistnych,
- konieczność/możliwość zastąpienia siarczanu potasu fosforanem monopotasowym przy zmianie proporcji P do K w nawozach startowych,
- analiza rynkowa cen surowców po ich nagłych zmianach w 2022 roku.

Tak uzyskane próbki, ze względu na skład makro- i mikrośladników, posiadały co prawda pełną wartość nawozową. Jednak ich właściwości fizyczne i rynkowe uniemożliwiały przyjęcie jako spełniające założenia projektowe i wskazywały na konieczność dalszych prac.

Wprowadzone korekty, m.in. zastąpienie mocznika innymi źródłami azotu, w tym azotu w formie azotanowej (saletrzaney), np. azotanem potasu, ograniczenie udziału wodorowęglanu potasu do nawozów dolistnych, rezygnacja z bentonitu w nawozach startowych, zachowanie przyjętych pierwotnie źródeł mikroelementów z ich chelatyzacją tylko w nawozach dolistnych oraz wprowadzenie dodatków funkcjonalnych pozwoliły przyjąć do dalszych badań i testów asortyment następujących (wymienionych poniżej) nawozów, o składzie składników pokarmowych i dodatkowych funkcjach użytkowych (fot. I.16-fot.23).

I.2.1. Nawóz fosforowo-potasowy, zakwaszający w formie stałej (PK zakwaszający)

SKŁADNIKI POKARMOWE (m/m):

- P_2O_5 – 15,5%
- K_2O – 14,5%

z kolorymetrycznym wskaźnikiem pH wody, cieczy roboczej





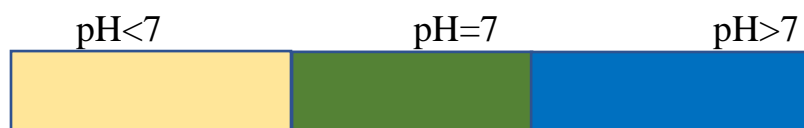
Fot. I.16. Nawóz fosforowo-potasowy, zakwaszający

I.2.2. Nawóz potasowy, alkalizujący w formie stałej (K alkalizujący)

SKŁADNIKI POKARMOWE (m/m):

- K_2O – 60%

z kolorymetrycznym wskaźnikiem pH wody, cieczy roboczej



Fot. I.17. Nawóz potasowy, alkalizujący

I.2.3. Nawóz dolistny-1 z dodatkiem nano cząstek Ag i kwasów humusowych (Dolistny AgKH)

SKŁADNIKI POKARMOWE (m/m):

- N – 6,2%
- P₂O₅ – 9,2 %
- K₂O – 12,5%
- MgO – 8,5%
- SO₃ – 18,2%
- Zn – 0,1%
- Fe – 0,5%
- B – 0,05 %
- Cu – 0,1 %
- Mn – 0,1%
- Mo – 0,002%

Nawóz zawiera także dodatek ułatwiający rozpuszczanie i przygotowanie cieczy roboczej



Fot. I.18. Nawóz dolistny z dodatkiem nano cząstek Ag i kwasów humusowych

I.2.4. Nawóz dolistny-2 z dodatkiem nano cząstek Cu i kwasów humusowych (Dolistny CuKH)

SKŁADNIKI POKARMOWE (m/m):

- N – 6,2%
- P₂O₅ – 9,2%
- K₂O – 12,5%
- MgO – 8,4%
- SO₃ – 18,2%
- Zn – 0,15%
- Fe – 0,5%
- B – 0,1 %
- Cu – 0,15 %
- Mn – 0,2%
- Mo – 0,002%

Nawóz zawiera także dodatek ułatwiający rozpuszczanie i przygotowanie cieczy roboczej



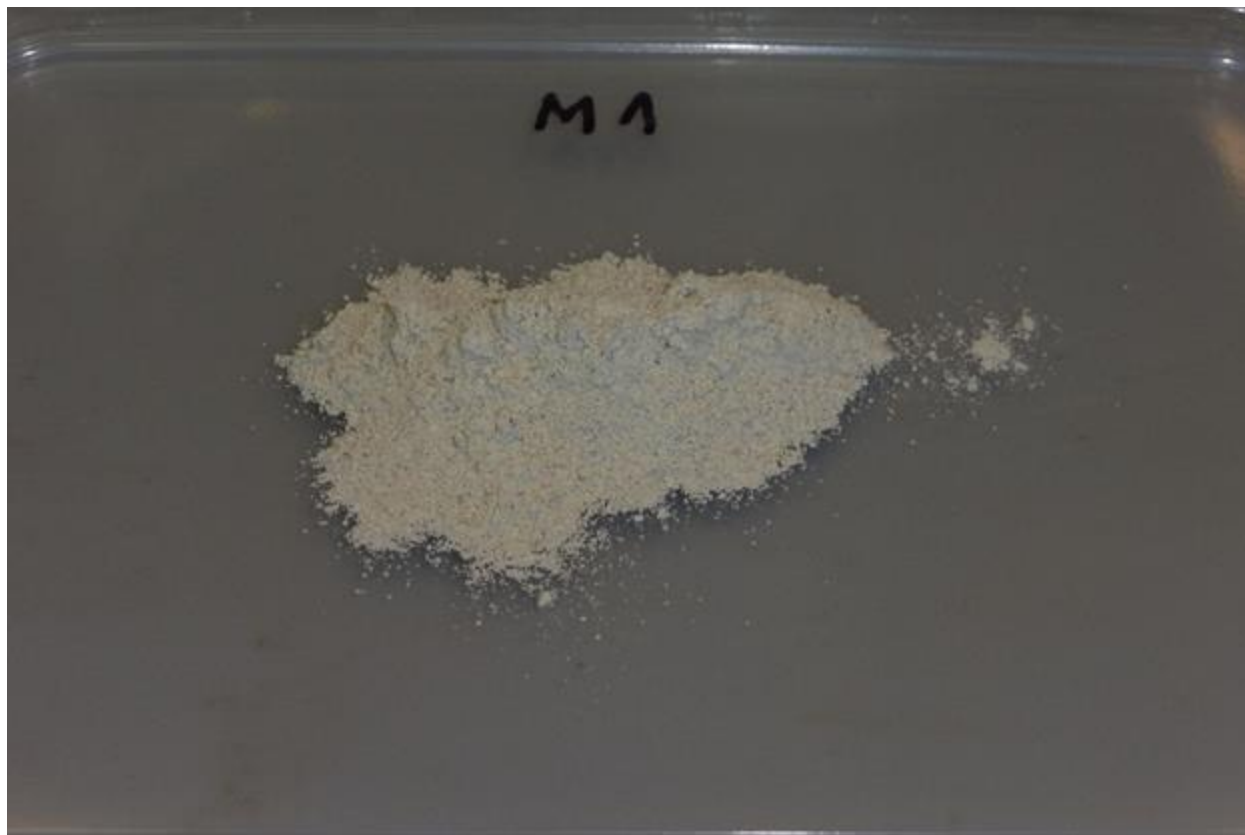
Fot. I.19. Nawóz dolistny z dodatkiem nano cząstek Cu i kwasów humusowych

I.2.5. Mikrogranulat-1, MIKROGRANULAT NP z dodatkiem kwasów humusowych (Mikrogranulat NP KH)

SKŁADNIKI POKARMOWE (m/m):

- N – 10,2%
- P₂O₅ – 17,9%
- MgO – 7,5%
- SO₃ – 14,8%
- Cl – 7,9%
- Zn – 1,1%
- B – 0,25%

Nawóz zawiera także dodatek poprawiający właściwości retencyjne i sorpcyjne



Fot. I.20. Mikrogranulat NP z dodatkiem kwasów humusowych – przed granulacją



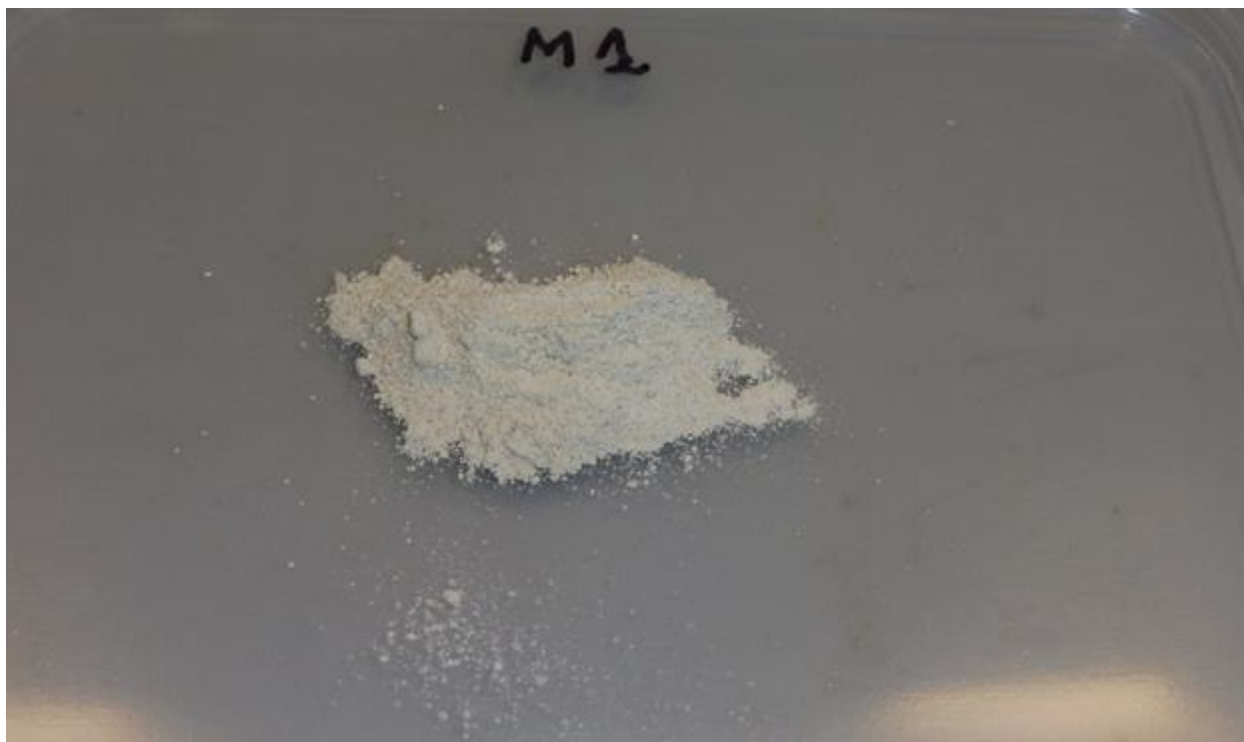
Fot. I.21. Mikrogranulat NP z dodatkiem kwasów humusowych – po próbnej granulacji

I.2.6. Mikrogranulat-2, MIKROGRANULAT NPK z dodatkiem kwasów humusowych (Mikrogranulat NPK KH)

SKŁADNIKI POKARMOWE (m/m):

- N – 10,3%
- P_2O_5 – 18,1%
- K_2O – 5,9%
- MgO – 8,3%
- SO_3 – 18,6%
- Zn – 1,5%
- Cu – 0,2%

Nawóz zawiera także dodatek poprawiający właściwości retencyjne i sorpcyjne



Fot. I.22. Mikrogranulat NPK z dodatkiem kwasów humusowych – przed granulacją



Fot. I.23. Mikrogranulat NPK z dodatkiem kwasów humusowych – po próbnej granulacji

I.3. Badania fizyczne i chemiczne nawozów

I.3.1. Gęstość nasypowa

Tabela I.1. Gęstość objętościowa (gęstość nasypowa) nawozów

L.p. nawozu	Nawóz	Gęstość nasypowa [g cm ⁻³]
1	PK zakwaszający	0,78
2	K alkalizujący	1,07
3	Dolistny AgKH	0,95
4	Dolistny CuKH	0,98
5	Mikrogranulat NP KH	0,82
6	Mikrogranulat NPK KH	0,81

Sformułowane nawozy poddano ocenie fizyko-chemicznej. Gęstość objętościowa tych nawozów była zróżnicowana i wynosiła od 0,78 g cm⁻³ – nawóz PK zakwaszający do ponad 1,0 g cm⁻³ – nawóz K alkalizujący (tab. I.1).

I.3.2. Rozpuszczalność

Nawozy zmieniające pH wody i roztworów, a także nawozy dolistne dobrze rozpuszczały się w wodzie. Nawozy zmieniające pH dawały klarowny roztwór o różnym, zależnym od pH kolorze (fot. I.24). Roztwór nawozów dolistnych był lekko mętny, co wynikało z obecności zawiesiny dodatku wielofunkcyjnego do nawozu (fot. I.25, fot. I.26). Początkowo znacząca obecność zawiesiny cząstek (fot. I.27) została w kolejnych formułacjach nawozów wyeliminowana (ograniczona) i nie stanowiła przeszkody do aplikacji cieczy roboczej przez opryskiwacze ze względu na ich rozmiar, zawieszenie w roztworze i ilość.



Fot. I.24. Roztwory nawozów zmieniających pH wody, cieczy roboczej



Fot. I.25. Ciecz robocza nawozu Dolistny AgKH



Fot. I.26. Ciecz robocza nawozu Dolistny CuKH



Fot. I.27. Zawiesina z cieczy roboczej nawozów dolistnych

I.3.3. Zmiany kolorymetryczne

Wykonano próby zmiany pH wody używanej do zabiegów agrochemicznych przy użyciu nawozów z dodatkami funkcjonalnymi pozwalającymi na ocenę kolorymetryczną zmiany pH wody (roztworów). Do badań użyto wodę wodociągową o pH 7,3 (fot. I.28). Dodatek 550 mg nawozu zakwaszającego do 1000 ml wody obniżył pH roztworu do 5,5 (fot. I.29)

Dodatek do 1000 ml wody 170 mg nawozu alkalinizującego zwiększyło pH roztworu do 8,5 (fot. I.30).

Dodatek do kwaśnego roztworu (pH 5,5) nawozu alkalinizującego zneutralizowało pH (fot. I.31), a jego ilość – 1000 mg podniosła pH do 8,5.



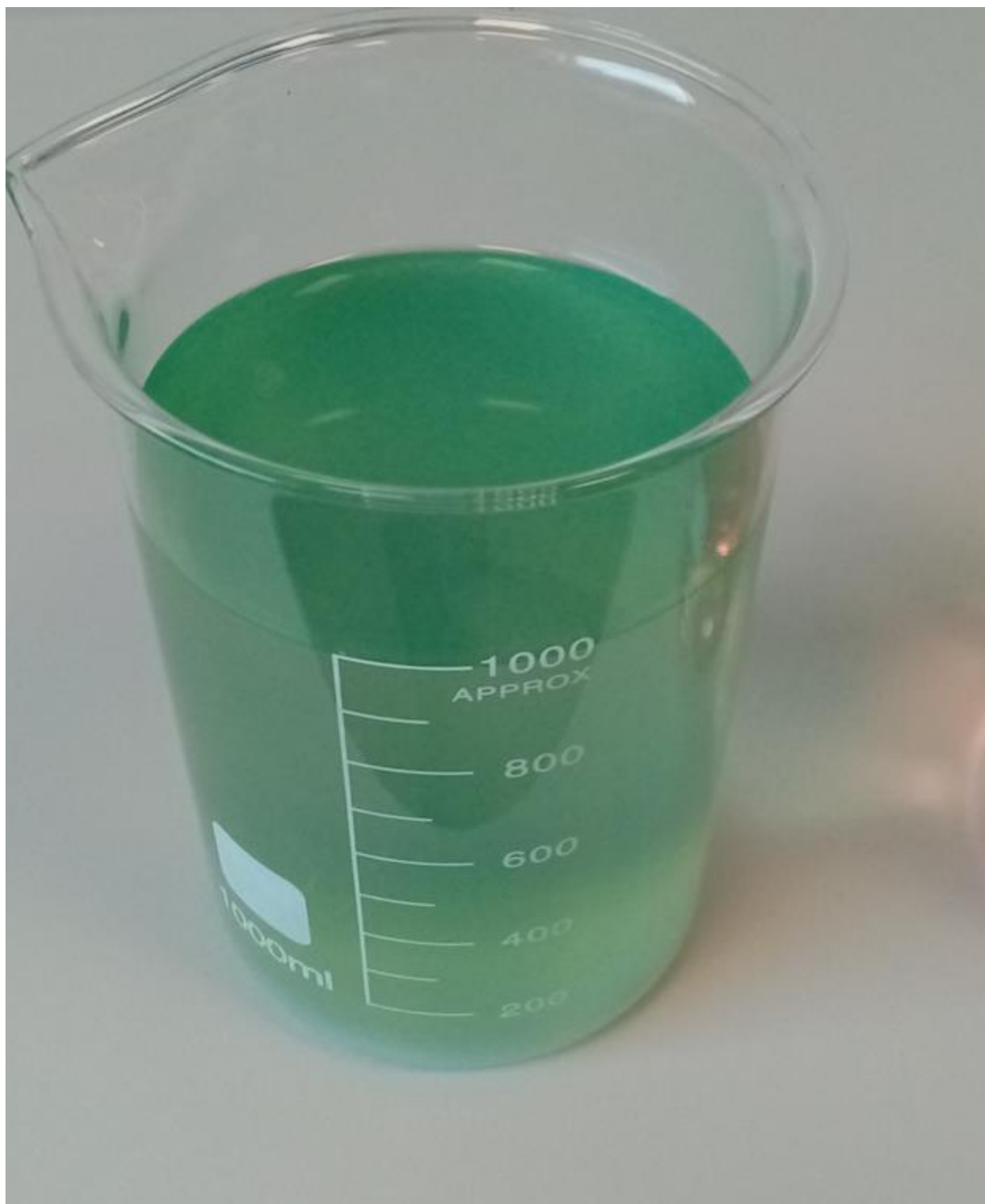
Fot. I.28. Woda o pH 7,3



Fot. I.29. Roztwór o pH 5,5



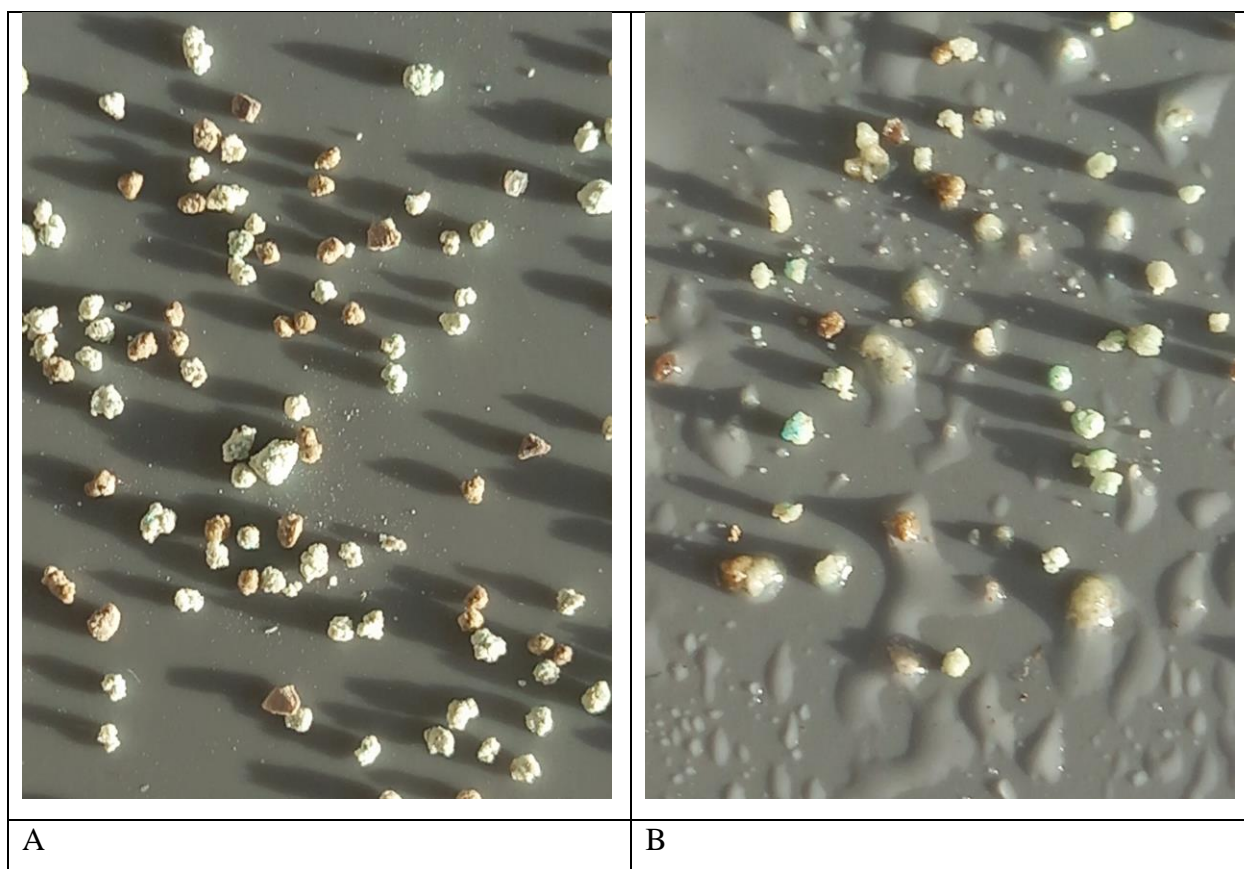
Fot. I.30. Roztwór o pH 8,5



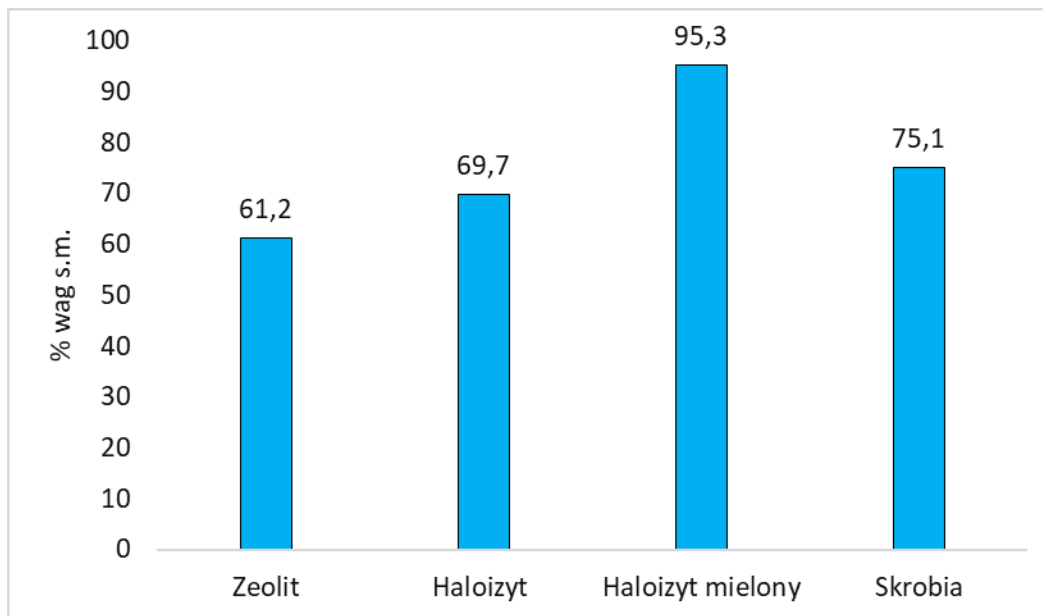
Fot. I.31. Roztwór zneutralizowany

I.3.4. Wodochłonność

Obecność w mikrogranulatach nawozów startowych dodatków z grupy zwiększających retencję wody spowodowało zwiększenie ich wodochłonności i retencjonowania wody w bezpośrednim sąsiedztwie granul (fot. I.32). W badaniach laboratoryjnych oceniono wodochłonność tych dodatków dedykowanych do mikrogranulatów. Wyniki – rys. I.1. – wskazują, że dodatki te umożliwiają retencję wody w ilości nawet do około 100% ich suchej masy.



Fot. I.32. Mikrogranule nawozu startowego: A – suche, B – w obecności wody



Rys. I.1. Wodochłonność wybranych dodatków zwiększających retencję wody przez mikrogranule nawozów

I.3.5. Przechowywanie w zmiennych warunkach termicznych

Próbki nawozów przechowywano przez 3 miesiące w zmiennych warunkach termicznych – komora zmienno-termiczna w zakresie -5°C – $+40^{\circ}\text{C}$.

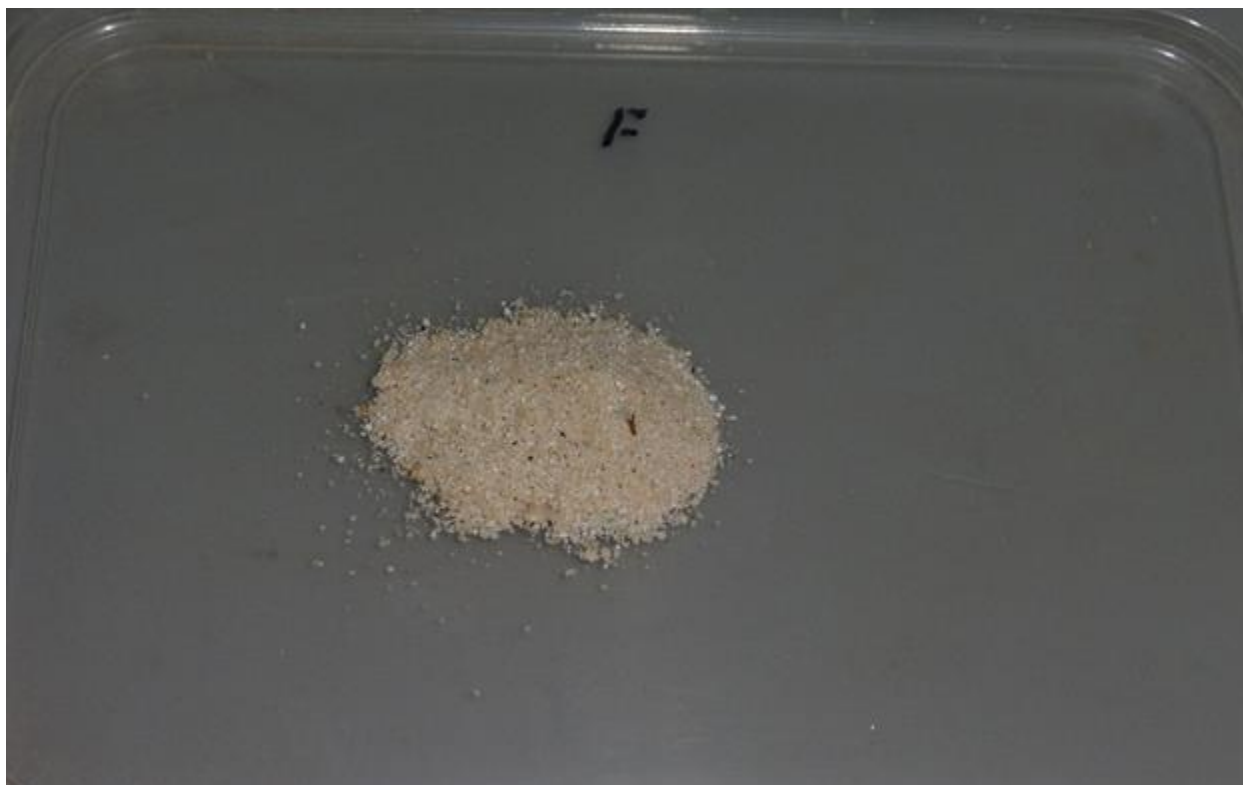
Po okresie badań dokonano oceny organoleptyczne w zakresie konsystencji, barwy, zapachu nie stwierdzając widocznych zmian (fot. I.33-I.38). Porównano także skład chemiczny określając względną (%) różnicę zawartości poszczególnych składników po przechowywaniu względem składu przed przechowywaniem (tab. I.2-I.7). Ocena ta nie ujawniła większej różnicy względnej zawartości składników pokarmowych w nawozach niż $\pm 5\%$. Wyjątkiem była zawartość boru w nawozie dolistny CuKH – różnica względna $5,7\%$.



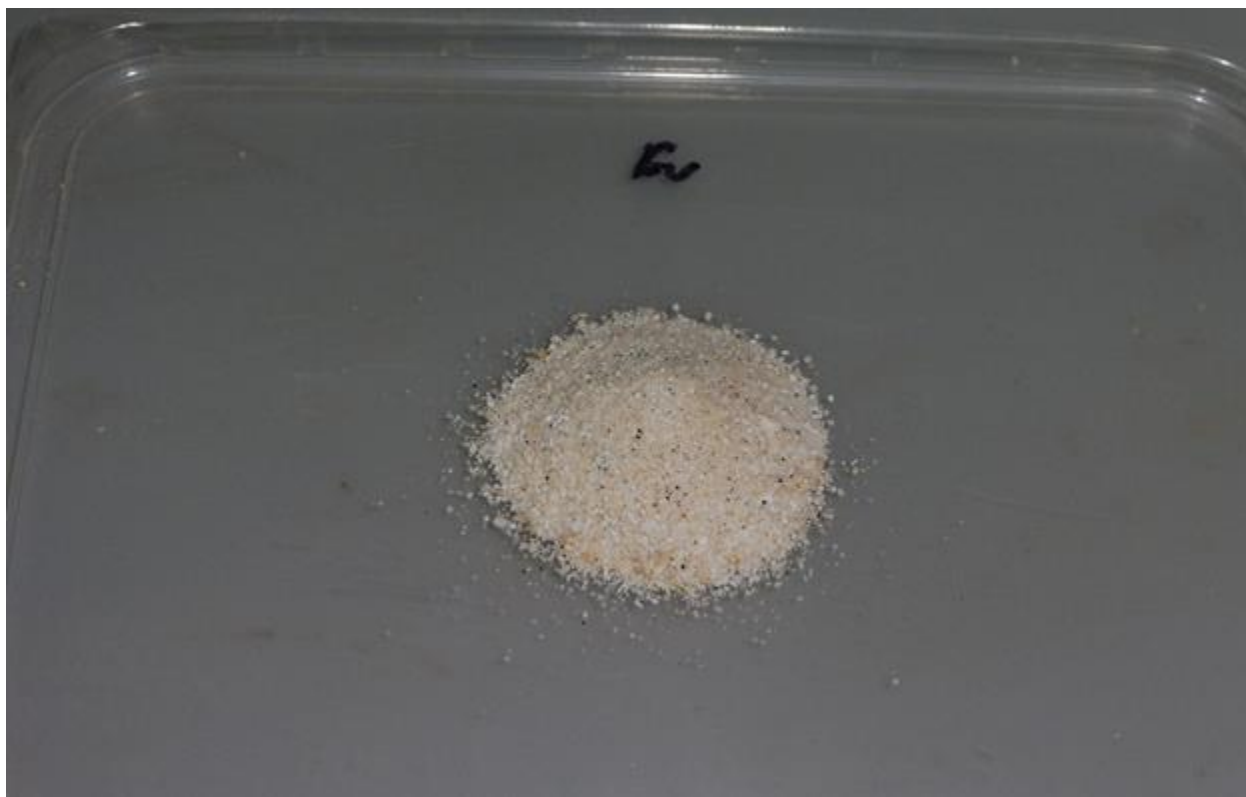
Fot. I.33. Nawóz PK zakwaszający po przechowywaniu



Fot. I.34. Nawóz potasowy alkalizujący po przechowywaniu



Fot. I.35. Nawóz Dolistny AgKH po przechowywaniu



Fot. I.36. Nawóz Dolistny CuKH po przechowywaniu



Fot. I.37. Mikrogranulat NP KH po przechowywaniu



Fot. 38. Mikrogranulat NPK KH po przechowywaniu

Tabela I.2. Skład chemiczny próbki nawozu PK zakwaszającego

Składnik	Przechowywanie		Różnica względna (%)
	Przed	Po	
P ₂ O ₅ – 15,5 %	15,8	15,4	-2,5
K ₂ O – 14,5 %	14,3	14,8	3,5

Tabela I.3. Skład chemiczny próbki nawozu potasowego alkalinizującego

Składnik	Przechowywanie		Różnica względna (%)
	Przed	Po	
K ₂ O – 60,0 %	62,7	59,6	-4,9

Tabela I.4. Skład chemiczny próbki nawozu Dolistny AgKH

Składnik	Przechowywanie		Różnica względna (%)
	Przed	Po	
N	6,1	6,2	1,6
P2O5	9,2	9,0	-2,2
K2O	12,7	12,4	-2,4
MgO	8,5	8,6	1,2
SO3	18,4	18,1	-1,6
Zn	0,103	0,098	-4,9
Fe	0,531	0,517	-2,6
B	0,054	0,052	-3,7
Cu	0,118	0,113	-4,2
Mn	0,102	0,106	3,9
Mo	0,0019	0,002	5,3

Tabela I.5. Skład chemiczny próbki nawozu Dolistny CuKH

Składnik	Przechowywanie		Różnica względna (%)
	Przed	Po	
N	6,2	6,0	-3,2
P2O5	9,4	9,2	2,2
K2O	12,4	12,5	0,8
MgO	8,4	8,4	0,0
SO3	18,0	18,5	2,8
Zn	0,151	0,147	-2,6
Fe	0,498	0,51	2,4
B	0,105	0,099	-5,7
Cu	0,157	0,152	-3,2
Mn	0,211	0,204	-3,3
Mo	0,0022	0,0021	-4,5

Tabela I.6. Skład chemiczny próbki nawozu Mikrogranulat NP KH

Składnik	Przechowywanie		Różnica względna (%)
	Przed	Po	
N	10,4	10,0	-3,8
P ₂ O ₅	18,1	17,7	-2,2
MgO	7,7	7,5	-2,6
SO ₃	15,1	14,5	-4,0
Zn	1,12	1,11	-0,9
B	0,256	0,252	-1,6
Cl	7,7	7,8	1,3

Tabela I.7. Skład chemiczny próbki nawozu Mikrogranulat NPK KH

Składnik	Przechowywanie		Różnica względna (%)
	Przed	Po	
N	10,3	10,3	0,0
P ₂ O ₅	18,3	17,8	-2,7
K ₂ O	6,1	5,9	-3,3
MgO	8,5	8,2	-3,5
SO ₃	19,1	18,7	-3,6
Zn	1,47	1,52	3,4
Cu	0,222	0,215	-3,2

I.4. Aplikacja nawozów. Ocena wzrostu i plonowania roślin

Testy nawozów z udziałem roślin rolniczych i ogrodniczych wykonano w komorze wegetacyjnej, na poletkach oraz na wytypowanych osobnikach roślin wieloletnich.

I.4.1. Nawozy dolistne

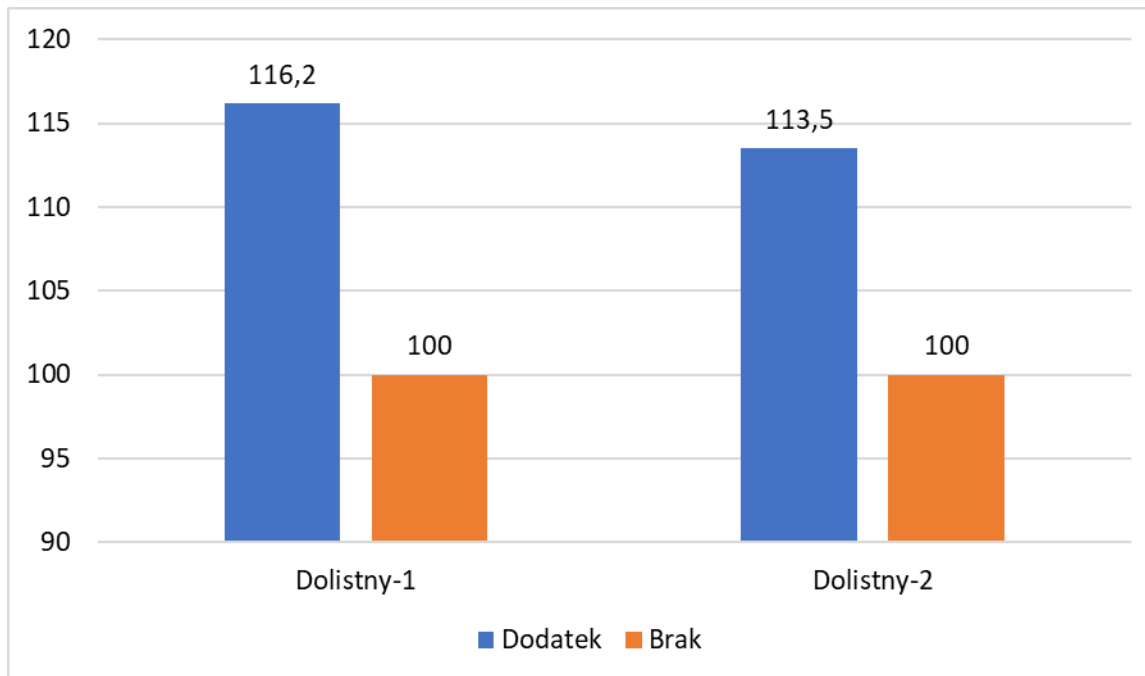
Próby nalistnej aplikacji cieczy roboczej zawierającej projektowane nawozy wykonano na roślinach:

- pszenicy ozimej,
- kukurydzy,
- rzepaku ozimego,
- buraka cukrowego,
- ziemniaka,
- grochu,
- cebuli,
- marchwi,
- kalafiora
- jabłoni,
- truskawki,
- winorośli.

Nie stwierdzono uszkodzeń liści i niekorzystnych zmian w morfologii i wzroście roślin.

Ciecz robocza z udziałem nawozów dolistnych z dodatkami funkcjonalnymi równomiernie pokrywała blaszki liściowe rozlewającymi się kroplami.

W komorze wegetacyjnej porównano również czas wysychania kropli roztworu nawozów na liściu przyjmując czas wysychania kropli roztworu nawozów bez dodatków funkcjonalnych za 100%. Stwierdzono, że dodatki funkcjonalne wydłużyły czas wysychania kropli cieczy roboczej nawozów o 16,2% i 13,5% (rys. I.1/1).



Rys. I.1/1. Względny (%) czas wysychania kropli cieczy roboczej zawierającej nawozy dolistne

W warunkach środowiskowych komory wegetacyjnej dokonano wstępnej oceny wpływu stosowania nawozów dolistnych na wzrost roślin w początkowych fazach rozwojowych i ich skład chemiczny. Testy wykonano z udziałem roślin jednoliściennych – pszenica i dwuliściennych – rzepak. Testy te (analiza składu chemicznego biomasy roślin) pozwoliły także określić wpływ dodatków funkcjonalnych do nawozów na efektywność wykorzystania składników pokarmowych z nawozów. W badaniach porównywano także oddziaływanie nawozu kontrolnego znajdującego się na rynku o zbliżonym składzie chemicznym (składniki pokarmowe). Analizę materiału roślinnego przeprowadzono w odniesieniu do czterech makroskładników (NPKMg) i pięciu mikroelementów (Mn, Fe, Zn, Cu, B).

Tabela I.8. Wpływ aplikacji nawozu dolistnego-1 na siewki pszenicy

Parametr	Jednostka	Nawóz dolistny-1			
		z dodatkiem	bez dodatku	kontrolny	bez nawożenia
Biomasa	g ś.m.	4,16	4,05	4,07	3,81
N	g/kg s.m.	29,5	29,0	28,5	27,4
P	g/kg s.m.	5,7	5,5	5,5	5,4
K	g/kg s.m.	43,3	42,4	42,0	41,3
Mg	g/kg s.m.	2,28	2,19	2,13	2,14
Mn	mg/kg s.m.	40,1	39,7	39,5	38,4
Fe	mg/kg s.m.	416	400	395	401
Cu	mg/kg s.m.	14,1	14,1	13,9	13,5
Zn	mg/kg s.m.	54,2	53,9	54,5	52,6
B	mg/kg s.m.	18,8	18,4	18,4	17,9

Tabela I.9. Wpływ aplikacji nawozu dolistnego-2 na siewki pszenicy

Parametr	Jednostka	Nawóz dolistny-2			
		z dodatkiem	bez dodatku	kontrolny	bez nawożenia
Biomasa	g ś.m.	4,17	4,05	4,01	3,75
N	g/kg s.m.	30,1	29,7	29,2	28,0
P	g/kg s.m.	5,9	5,4	5,6	5,2
K	g/kg s.m.	46,0	44,4	45,0	43,5
Mg	g/kg s.m.	2,61	2,52	2,50	2,30
Mn	mg/kg s.m.	40,5	39,4	39,3	37,5
Fe	mg/kg s.m.	419	406	402	396
Cu	mg/kg s.m.	14,8	13,9	13,5	12,9
Zn	mg/kg s.m.	58,0	55,9	56,0	54,1
B	mg/kg s.m.	19,2	18,8	18,6	17,5

Tabela I.10. Wpływ aplikacji nawozu dolistnego-1 na siewki rzepaku

Parametr	Jednostka	Nawóz dolistny-1			
		z dodatkiem	bez dodatku	kontrolny	bez nawożenia
Biomasa	g ś.m.	6,87	6,55	6,60	6,14
N	g/kg s.m.	45,7	44,1	44,1	42,6
P	g/kg s.m.	5,66	4,39	5,40	5,23
K	g/kg s.m.	22,1	20,7	21,0	19,7
Mg	g/kg s.m.	1,47	1,40	1,35	1,33
Mn	mg/kg s.m.	53,4	52,3	52,7	50,8
Fe	mg/kg s.m.	334	326	325	311
Cu	mg/kg s.m.	8,27	8,15	8,11	7,66
Zn	mg/kg s.m.	58,0	56,5	56,9	55,4
B	mg/kg s.m.	29,2	29,0	28,7	28,4

Tabela I.11. Wpływ aplikacji nawozu dolistnego-2 na siewki rzepaku

Parametr	Jednostka	Nawóz dolistny-2			
		z dodatkiem	bez dodatku	kontrolny	bez nawożenia
Biomasa	g ś.m.	7,70	7,56	7,51	7,07
N	g/kg s.m.	44,1	42,8	43,0	40,3
P	g/kg s.m.	5,83	5,55	5,59	5,28
K	g/kg s.m.	23,0	22,7	22,2	21,3
Mg	g/kg s.m.	1,63	1,59	1,59	1,50
Mn	mg/kg s.m.	53,0	51,8	51,1	48,9
Fe	mg/kg s.m.	328	315	318	294
Cu	mg/kg s.m.	8,44	8,14	8,20	7,81
Zn	mg/kg s.m.	60,2	58,0	58,9	56,3
B	mg/kg s.m.	32,1	31,4	31,0	29,7

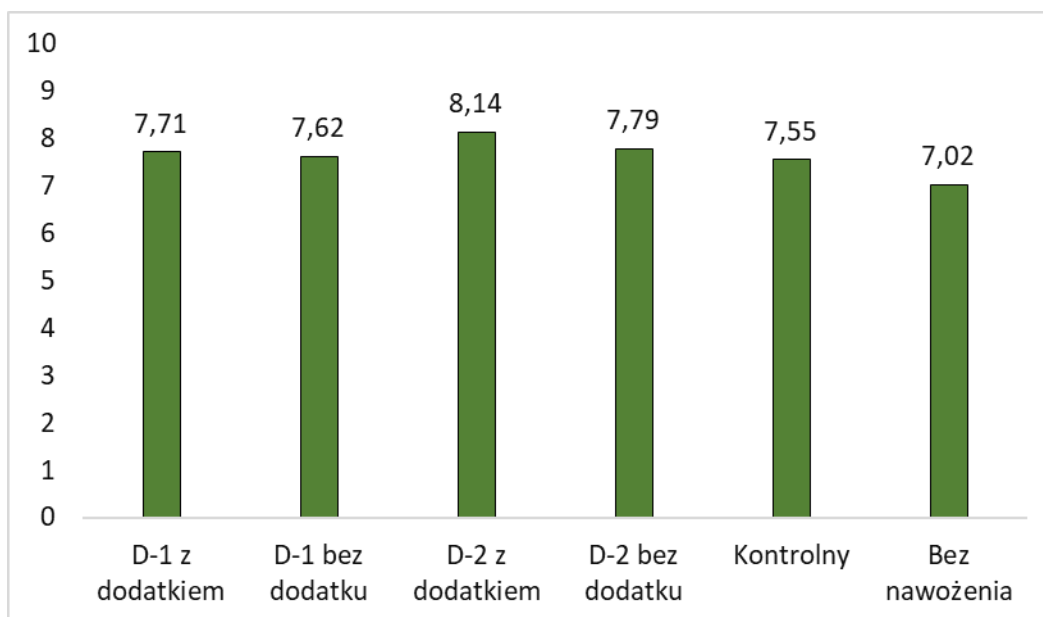
Wyniki oceny biomasy młodych roślin pszenicy i rzepaku oraz analiza składu chemicznego tych roślin wskazują, że nawozy dolistne sformułowane w ramach projektu wpłynęły korzystnie na oceniane cechy. Pod ich wpływem stwierdzono większą masę roślin oraz większą zawartość składników pokarmowych w ich biomasie w porównaniu z roślinami kontrolnymi. Szczególnie korzystnie, także w porównaniu z nawozem kontrolnym, wpływały nawozy według projektu wzbogacone w dodatki funkcjonalne (tab. I.8-I.11).

Plony roślin na poletkach

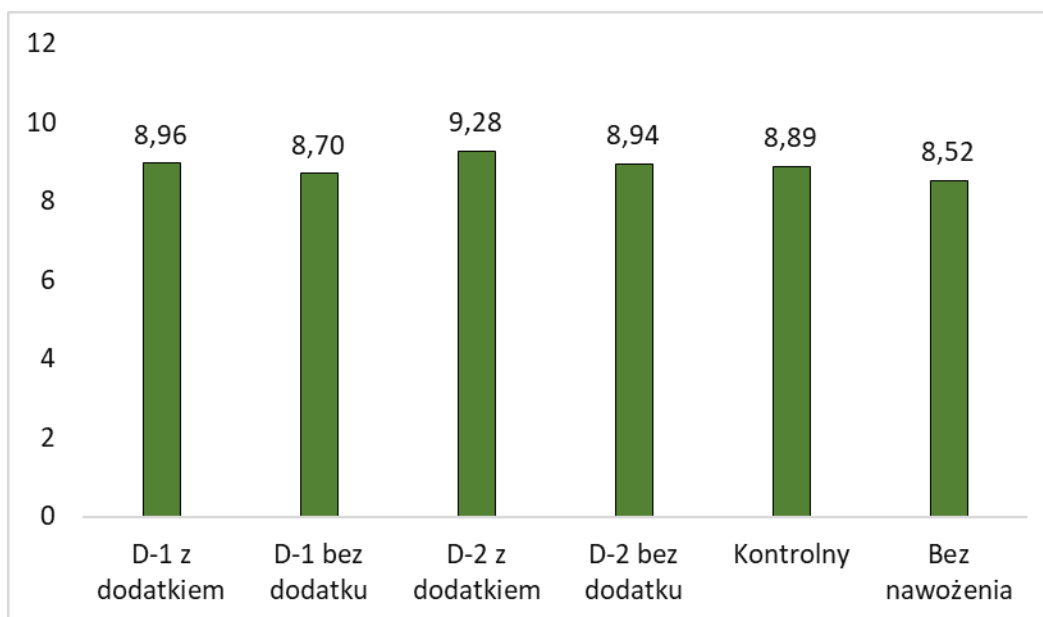
Badane nawozy były również aplikowane dolistnie na rośliny uprawne w warunkach poletkowych. W okresie dojrzałości poszczególnych gatunków do zbioru ich organów użytkowych określono plon, wyrażając go w t z ha lub kg z rośliny wieloletniej.

Wyniki potwierdziły korzystny wpływ nawozów z dodatkami funkcjonalnymi (rys. I.2-I.13). Pod wpływem nawozu dolistnego-2 z dodatkami plony: pszenicy, kukurydzy, rzepaku, buraka, ziemniaka, marchwi, jabłek i truskawek były większe niż pod wpływem nawozów bez dodatków funkcjonalnych, w tym nawozu kontrolnego, i roślin nienawożonych.

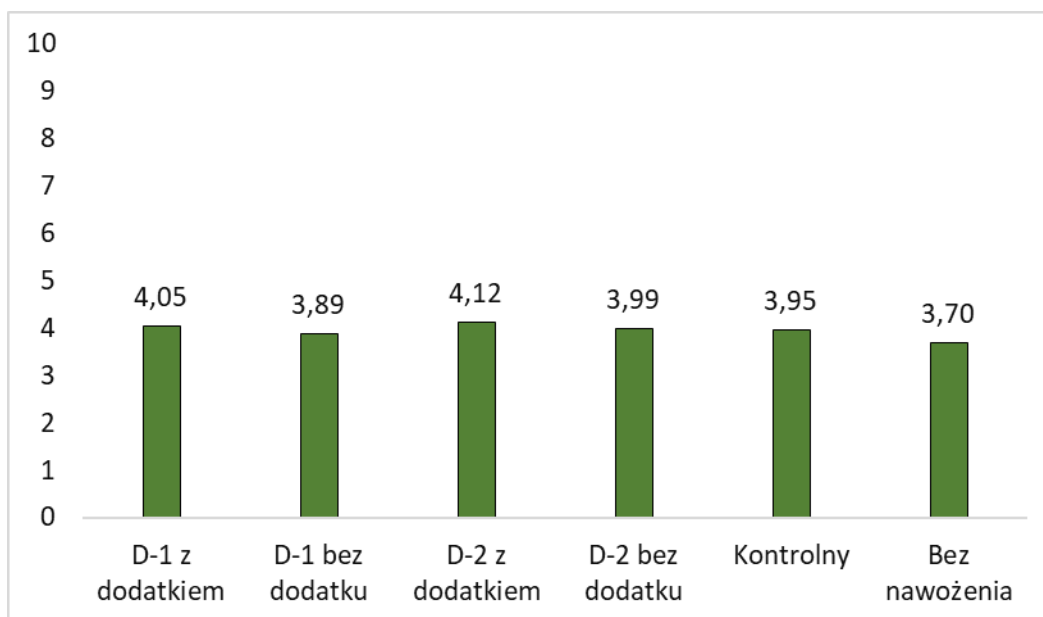
W uprawie grochu, cebuli i winorośli bardziej korzystniej na plon oddziaływał nawóz dolistny-1, a w uprawie kalafiora zwiększenie plonu róż pod wpływem obu nawozów dolistnych z dodatkami funkcjonalnymi było jednakowe.



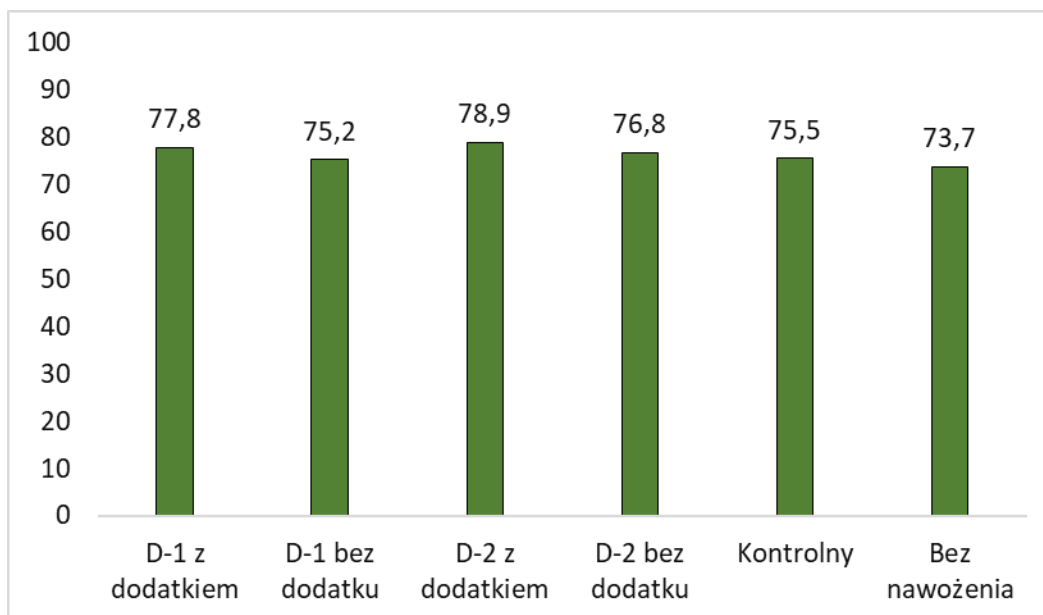
Rys. I.2. Plon ziarna pszenicy ozimej (t/ha) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)



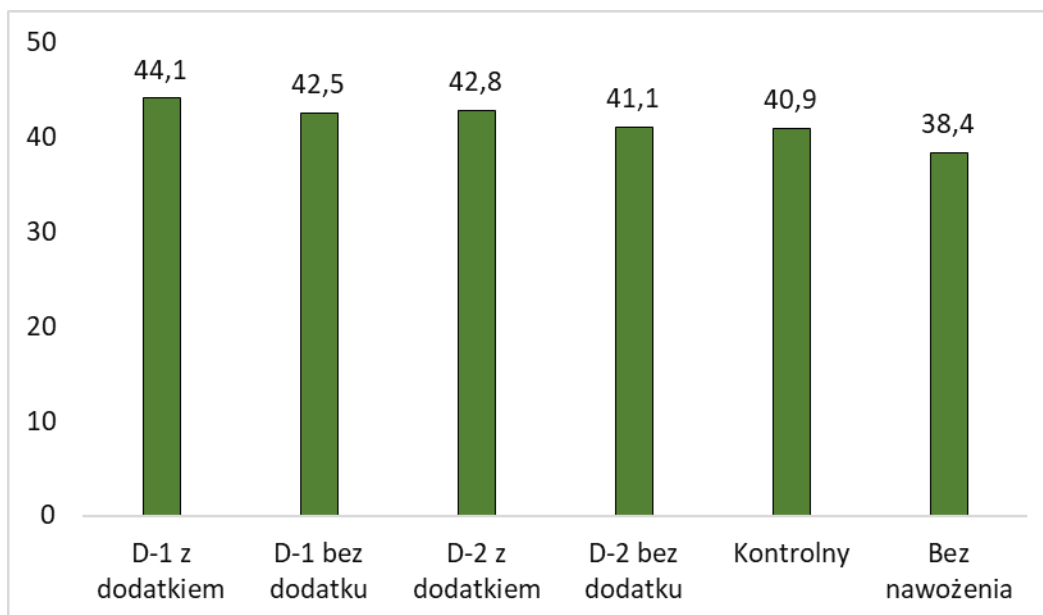
Rys. I.3. Plon ziarna kukurydzy (t/ha) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)



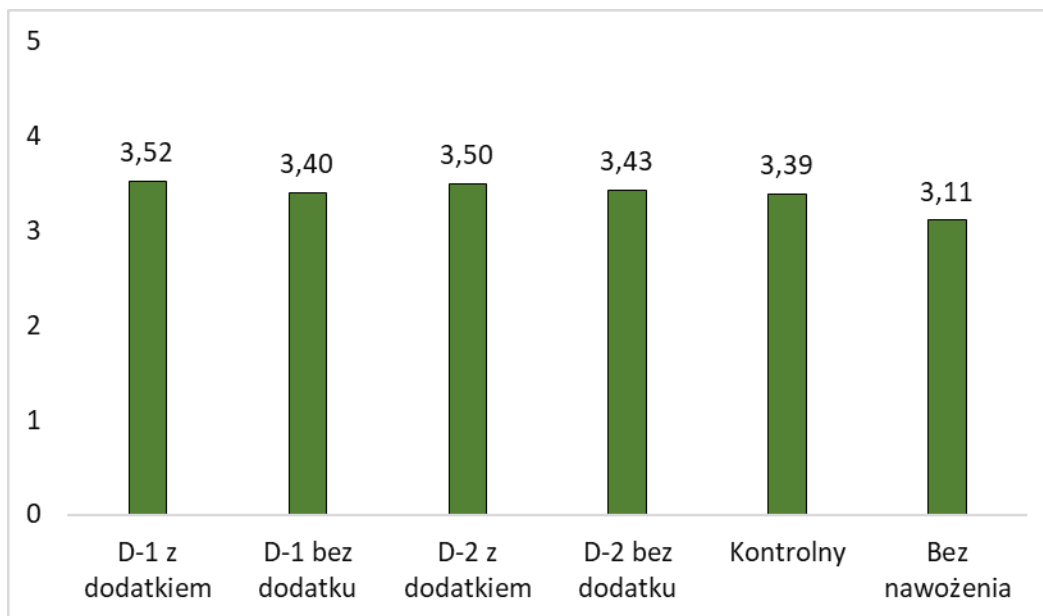
Rys. I.4. Plon nasion rzepaku ozimego (t/ha) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)



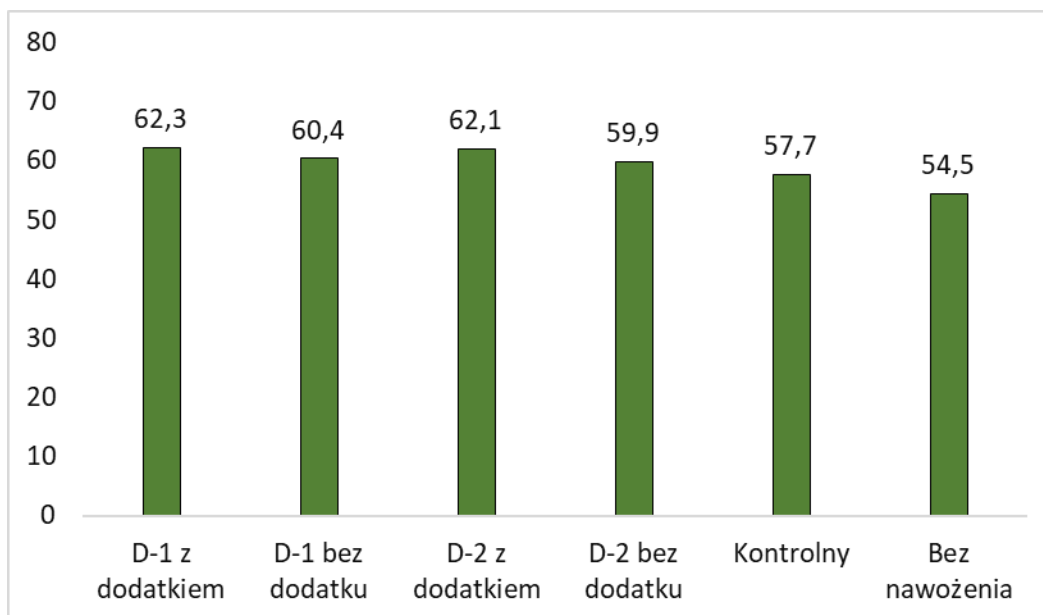
Rys. I.5. Plon korzeni buraka cukrowego (t/ha) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)



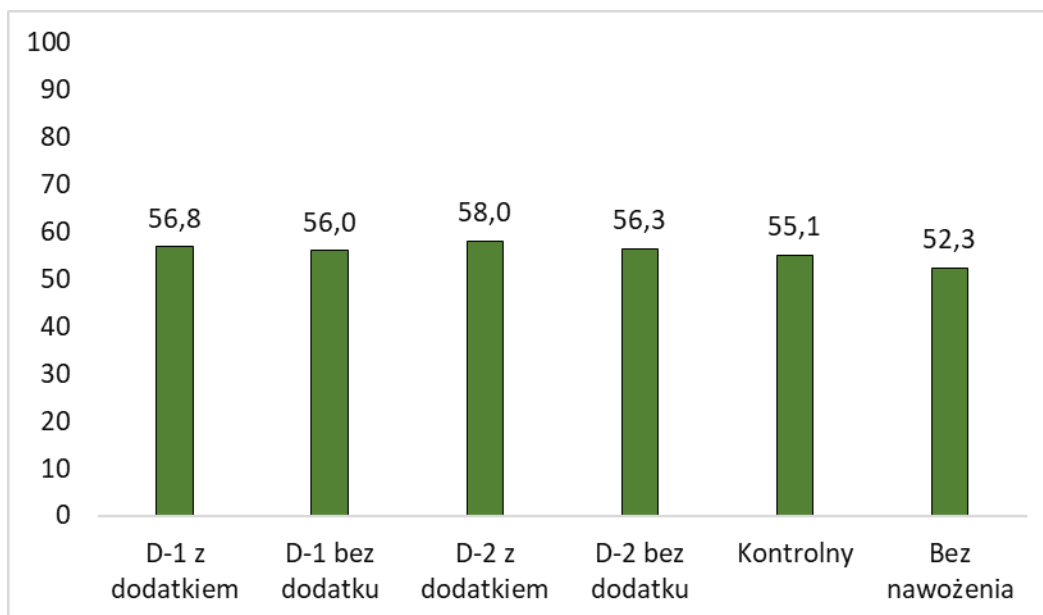
Rys. I.6. Plon bulw ziemniaka (t/ha) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)



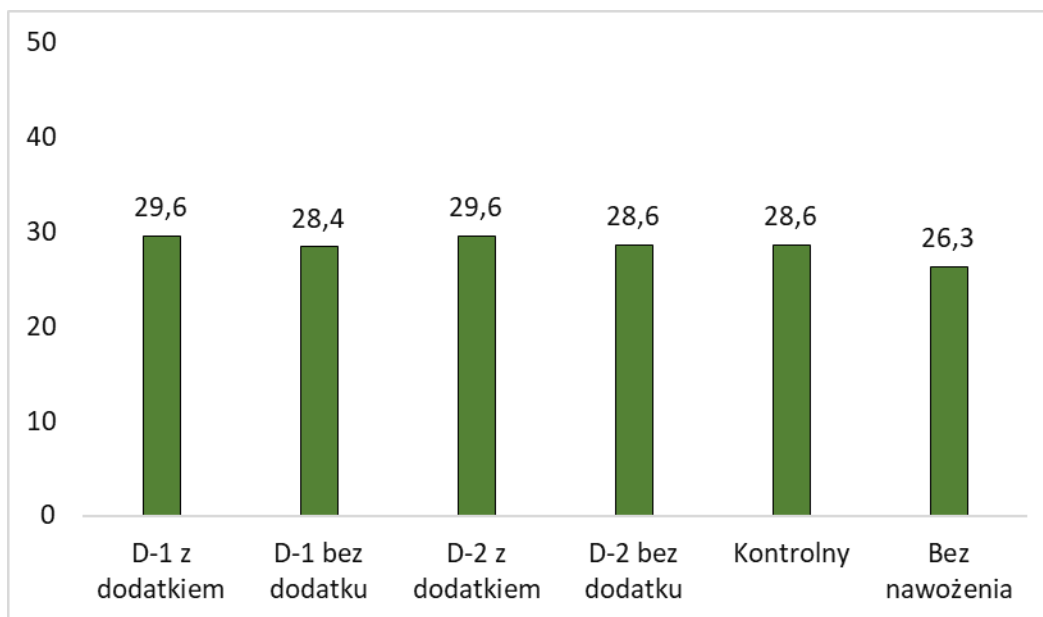
Rys. I.7. Plon nasion grochu siewnego (t/ha) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)



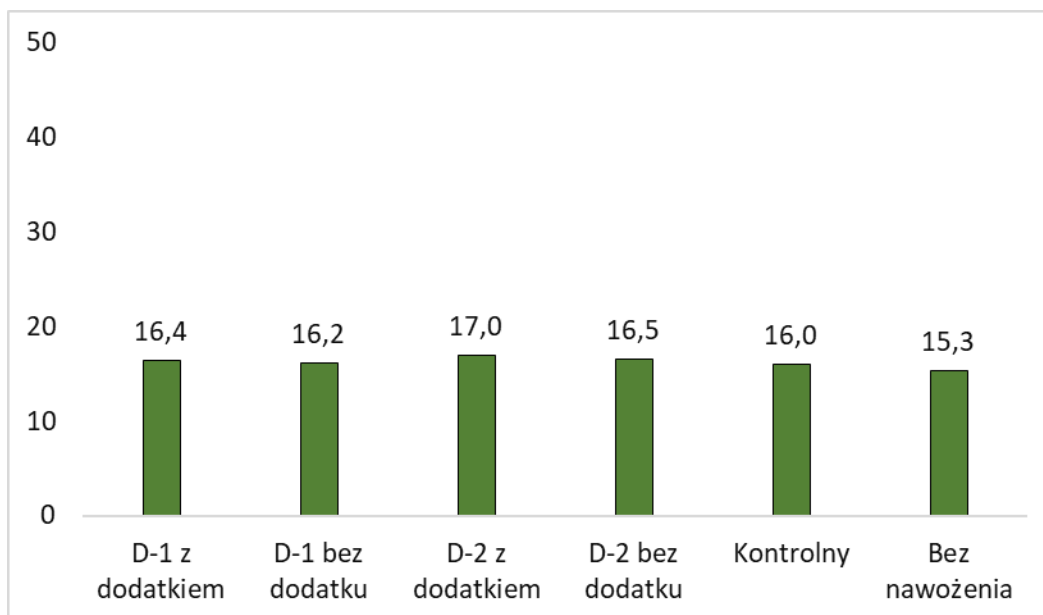
Rys. I.8. Plon cebuli (t/ha) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)



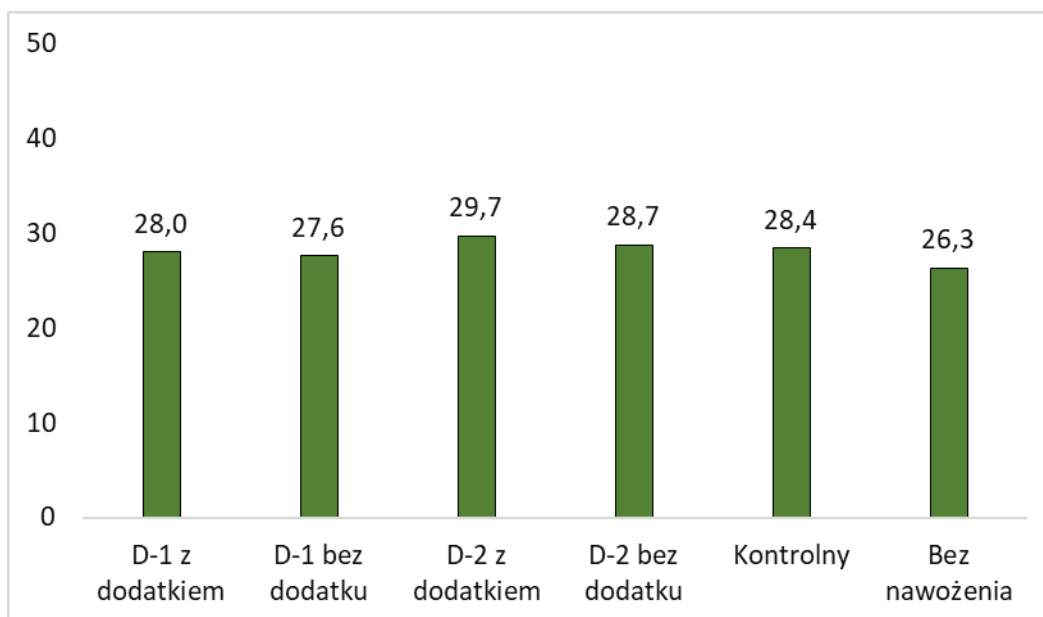
Rys. I.9. Plon korzeni marchwi (t/ha) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)



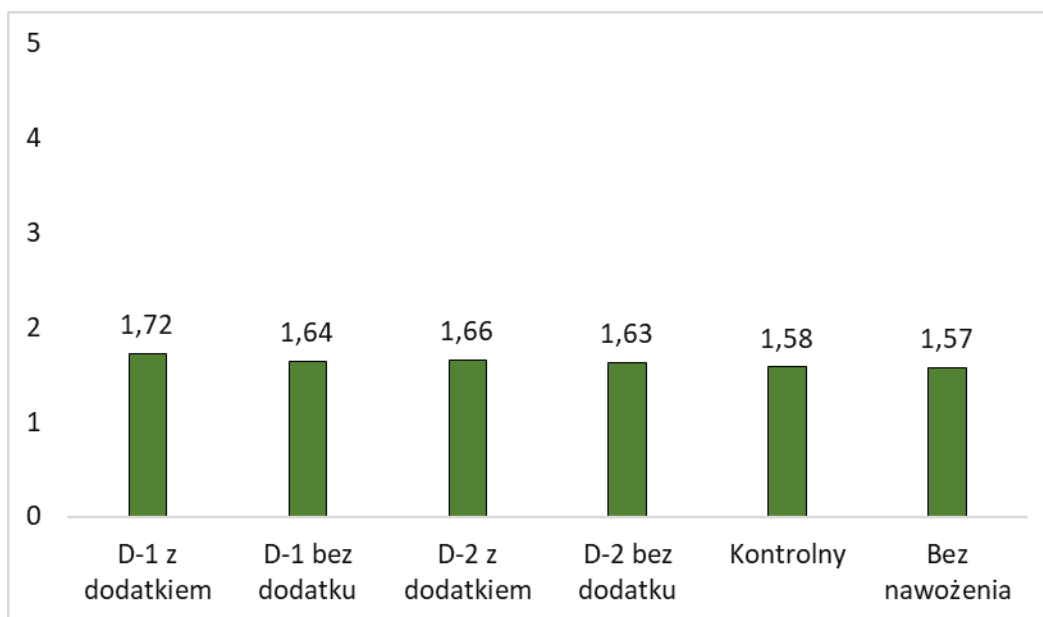
Rys. I.10. Plon róz kalafiora (t/ha) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)



Rys. I.11. Plon jabłek (kg/drzewo) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)



Rys. I.12. Plon truskawki (t/ha) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)



Rys. I.13. Plon winogrona (kg/krzew) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

I.4.2. Mikrogranulaty nawozów startowych

Nawozy startowe mikrogranulat-1 (MIKROGRANULAT NP KH) oraz mikrogranulat-2 (MIKROGRANULAT NPK KH) z dodatkami funkcjonalnymi i bez dodatków wnoszono do pasów gleby umieszczonej w donicach w komorze wegetacyjnej w ilości odpowiadającej 30 kg/ha, przy stosowaniu w technologii strip-till. Po 15-20 dniach inkubacji gleby o wilgotności min. 20% wykonano ocenę zawartości przyswajalnych form makroskładników (N, P, K, Mg) i wybranego mikroskładnika obecnego w obu nawozach – cynk.

W komorze wegetacyjnej wykonano także testy oceny wpływu nawozów mikrogranulat-1 oraz mikrogranulat-2 na wschody, początkowy wzrost i skład chemiczny roślin (pszenica, rzepak). Mikrogranulaty według projektu porównywano z innym nawozem startowym i obiektem bez aplikacji mikrogranulatu. Wschody roślin oceniono po 5 dniach – rzepak i 7 dniach pszenica.

Tabela I.12. Zwiększenie (+) lub zmniejszenie (-) zawartości składników pokarmowych (nawozowych) w glebie (mg/kg) w wyniku aplikacji nawozu startowego mikrogranulat-1

Składnik nawozowy	Dodatki funkcjonalne		Bez dodatków	
	Warstwa aplikacji	Poniżej warstwy aplikacji	Warstwa aplikacji	Poniżej warstwy aplikacji
N	+5,06	+0,73	+4,03	+2,17
P	+9,06	-0,08	+9,32	-0,11
Mg	+0,98	+0,22	+0,69	+0,43
Zn	+0,53	-0,11	+0,42	+0,08

Tabela I.13. Zwiększenie (+) lub zmniejszenie (-) zawartości składników pokarmowych (nawozowych) w glebie (mg/kg) w wyniku aplikacji nawozu startowego mikrogranulat-2

Składnik nawozowy	Dodatki funkcjonalne		Bez dodatków	
	Warstwa aplikacji	Poniżej warstwy aplikacji	Warstwa aplikacji	Poniżej warstwy aplikacji
N	+4,15	+1,38	+2,15	+3,23
P	+8,24	-0,10	+7,69	-0,19
K	+2,74	+0,23	+1,93	+1,14
Mg	+1,13	+0,15	+0,80	+0,57
Zn	+0,67	+0,13	+0,44	+0,38

Na podstawie wyników testów w komorze wegetacyjnej można stwierdzić, że dodatki funkcjonalne obecne w mikrogranulatach nawozów startowych ograniczyły przemieszczanie się do warstw gleby poniżej miejsca ich aplikacji, głównie: azotu, potasu, magnezu i cynku (tab. I.12, tab.I.13).

Nawozy te nie mając negatywnego wpływu na wschody pszenicy i rzepaku zwiększały biomasa młodych roślin w większym stopniu niż nawozy bez dodatku i brak nawożenia (tab. I.14-I.17). Pod ich wpływem na ogół większa była także zawartość składników mineralnych w biomacie roślin.

Tabela I.14. Wpływ mikrogranulatu-1 na początkowy wzrost i skład siewek pszenicy

Parametr	Jednostka	Mikrogranulat-1			
		z dodatkiem	bez dodatku	kontrolny	bez nawożenia
Wschody	%	85,4	80,9	81,3	82,1
Biomasa	g ś.m.	5,86	5,54	5,50	5,21
N	g/kg s.m.	27,1	26,4	26,1	25,3
P	g/kg s.m.	6,2	6,0	6,0	5,8
Mg	g/kg s.m.	2,60	2,51	2,53	2,31
Zn	mg/kg s.m.	50,7	49,5	49,7	46,5
B	mg/kg s.m.	17,2	16,4	16,6	15,6

Tabela I.15. Wpływ mikrogranulatu-2 na początkowy wzrost i skład siewek pszenicy

Parametr	Jednostka	Mikrogranulat-2			
		z dodatkiem	bez dodatku	kontrolny	bez nawożenia
Wschody	%	87,8	83,5	83,9	82,4
Biomasa	g ś.m.	6,43	6,22	6,18	5,84
N	g/kg s.m.	29,8	29,0	28,8	26,3
P	g/kg s.m.	6,1	6,1	6,0	5,7
K	g/kg s.m.	53,6	52,4	52,7	50,9
Mg	g/kg s.m.	2,60	2,57	2,55	2,43
Cu	mg/kg s.m.	16,2	15,4	15,7	14,8
Zn	mg/kg s.m.	52,3	49,9	50,7	47,5

Tabela I.16. Wpływ mikrogranulatu-1 na początkowy wzrost i skład siewek rzepaku

Parametr	Jednostka	Mikrogranulat-1			
		z dodatkiem	bez dodatku	kontrolny	bez nawożenia
Wschody	%	90,4	86,9	87,0	86,3
Biomasa	g ś.m.	9,79	9,63	9,67	9,13
N	g/kg s.m.	54,8	53,2	53,3	50,3
P	g/kg s.m.	5,19	5,06	4,99	4,85
Mg	g/kg s.m.	1,59	1,60	1,55	1,42
Zn	mg/kg s.m.	54,1	54,2	53,1	50,4
B	mg/kg s.m.	36,4	34,8	34,8	32,3

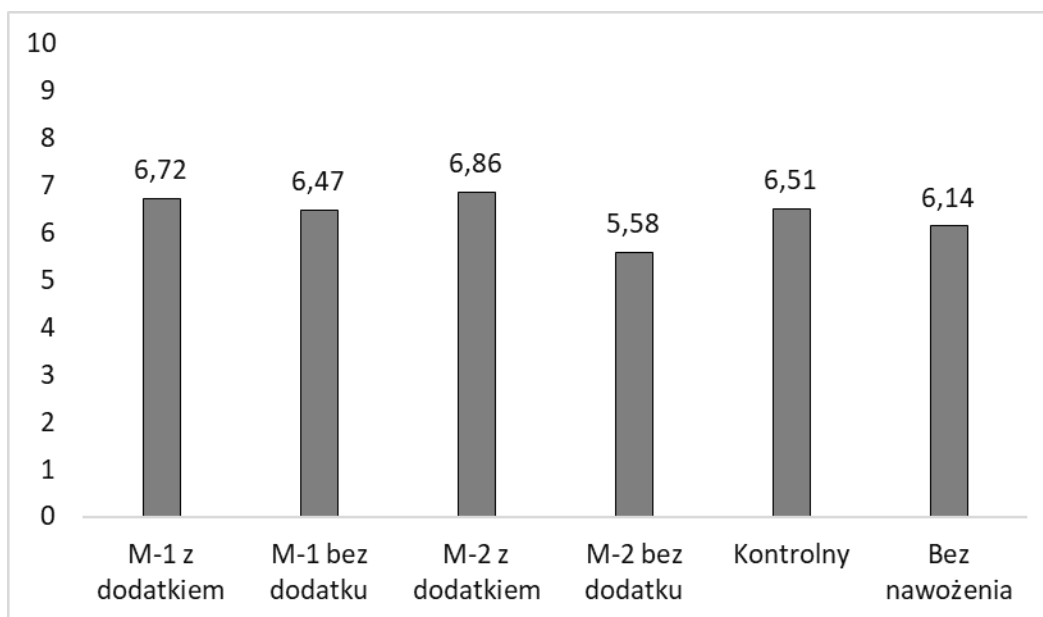
Tabela I.17. Wpływ mikrogranulatu-2 na początkowy wzrost i skład siewek rzepaku

Parametr	Jednostka	Mikrogranulat-2			
		z dodatkiem	bez dodatku	kontrolny	bez nawożenia
Wschody	%	89,4	87,1	87,2	85,8
Biomasa	g ś.m.	9,12	8,88	8,92	8,63
N	g/kg s.m.	51,7	49,0	49,3	46,5
P	g/kg s.m.	6,48	6,33	6,36	6,04
K	g/kg s.m.	28,0	27,5	27,2	26,2
Mg	g/kg s.m.	1,90	1,84	1,83	1,74
Cu	mg/kg s.m.	7,02	6,81	6,88	6,50
Zn	mg/kg s.m.	54,7	52,5	53,0	49,3

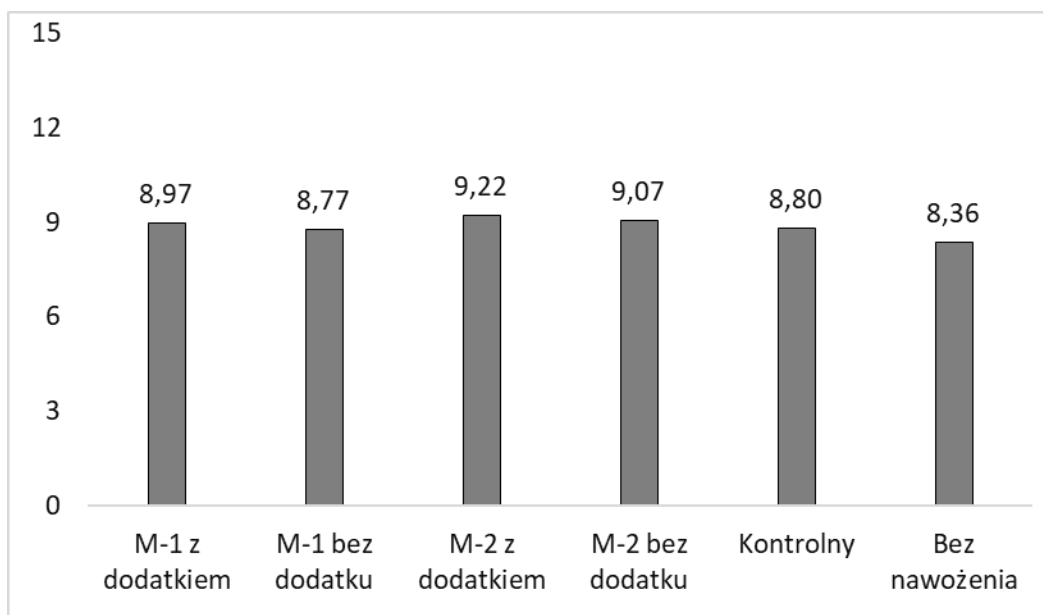
Plony roślin

Nawozy startowe z dodatkami funkcjonalnymi mikrogranulat-1 (MIKROGRANULAT NP KH) i mikrogranulat-2 (MIKROGRANULAT NPK KH) zastosowano również na poletkach roślin uprawnych w warunkach polowych. Obiekty te posłużyły do oceny plonów roślin – w porównaniu z nawozami bez dodatków funkcjonalnych, w tym z nawozem rynkowym o zbliżonym składzie chemicznym w zakresie zawartości składników pokarmowych – kontrolny. Badanymi roślinami były:

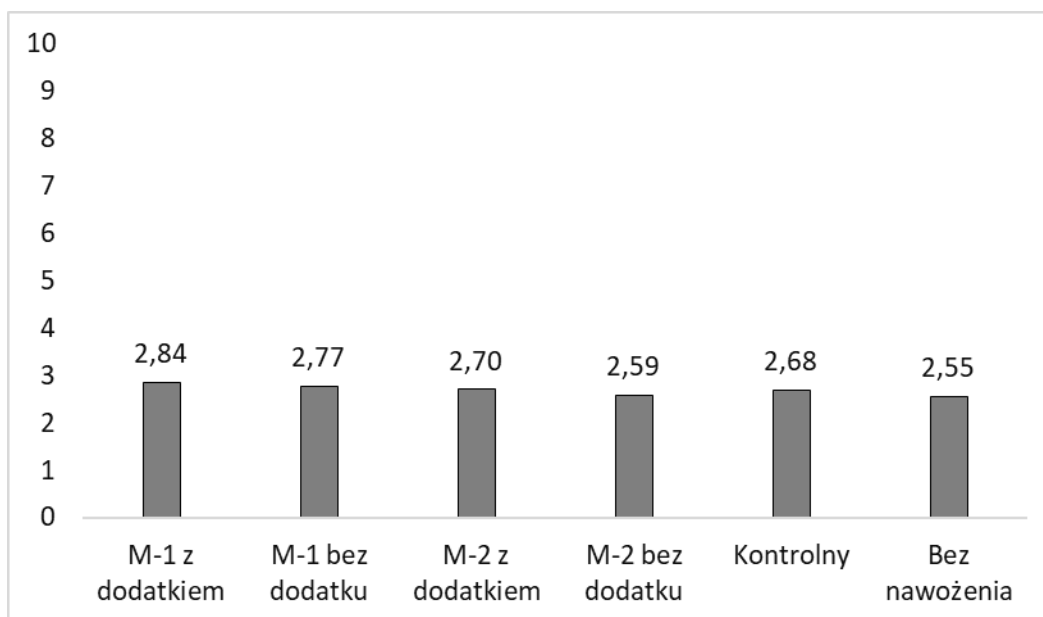
- Jęczmień jary
- Kukurydza
- Słonecznik
- Groch
- Ziemniak
- Burak cukrowy
- Cebula
- Kalafior
- Marchew



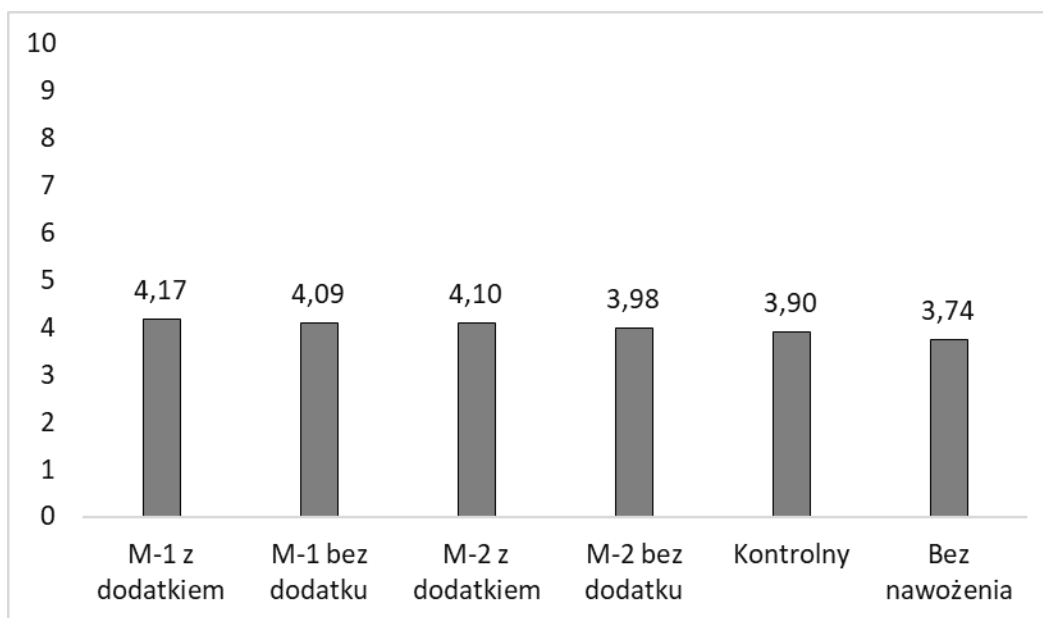
Rys. I.14. Plon ziarna jęczmienia jarego (t/ha) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2)



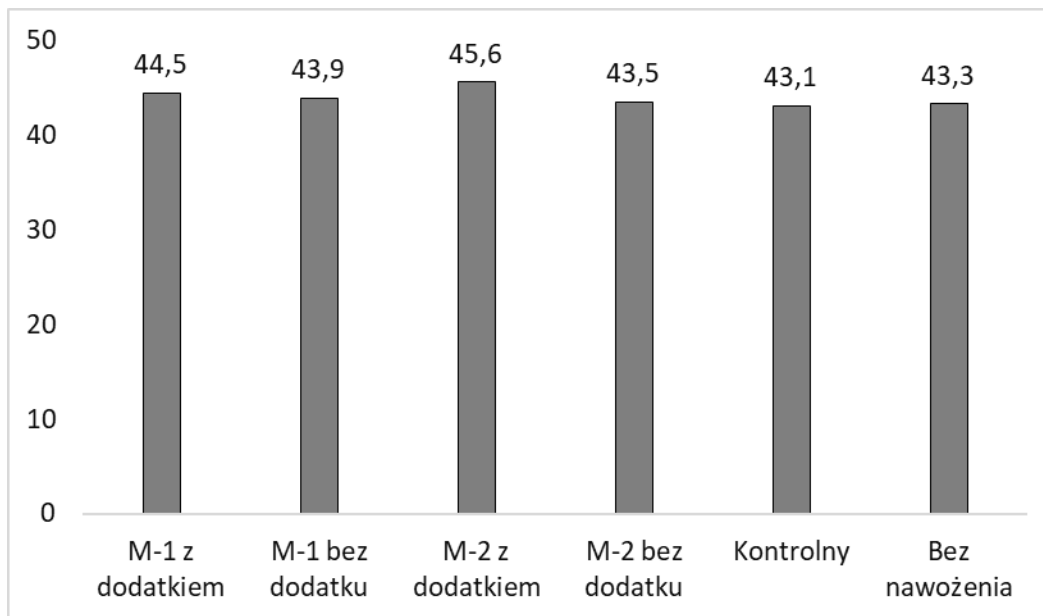
Rys. I.15. Plon ziarna kukurydzy (t/ha) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2)



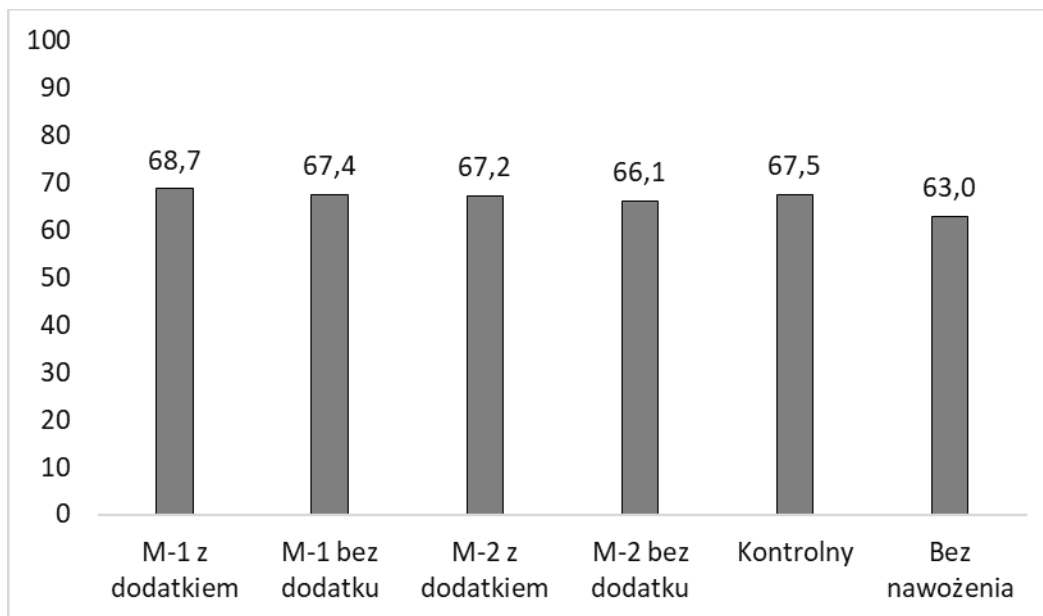
Rys. I.16. Plon nasion słonecznika (t/ha) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2)



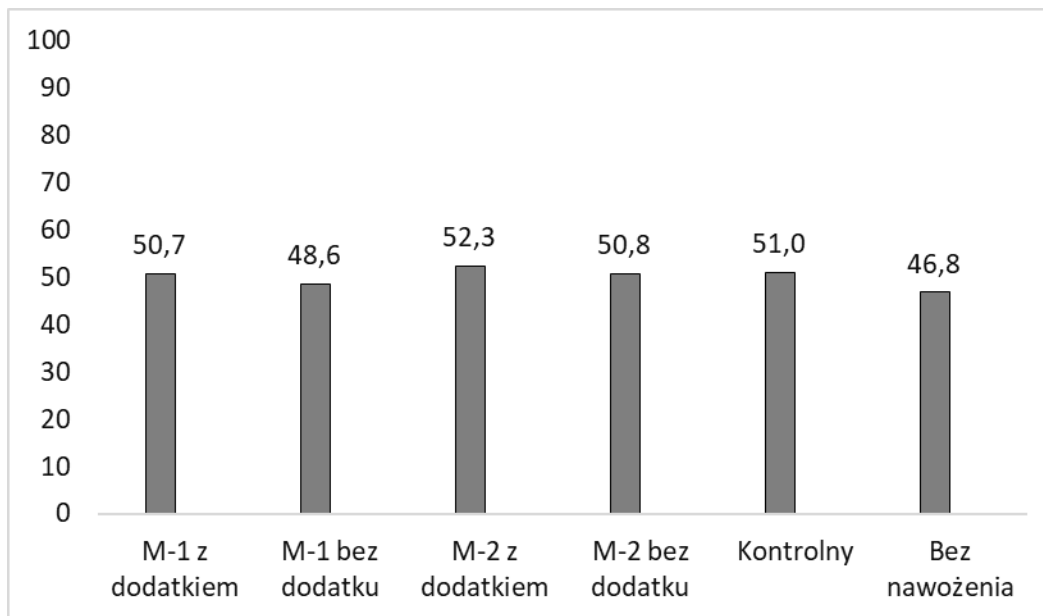
Rys. I.17. Plon nasion grochu siewnego (t/ha) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2)



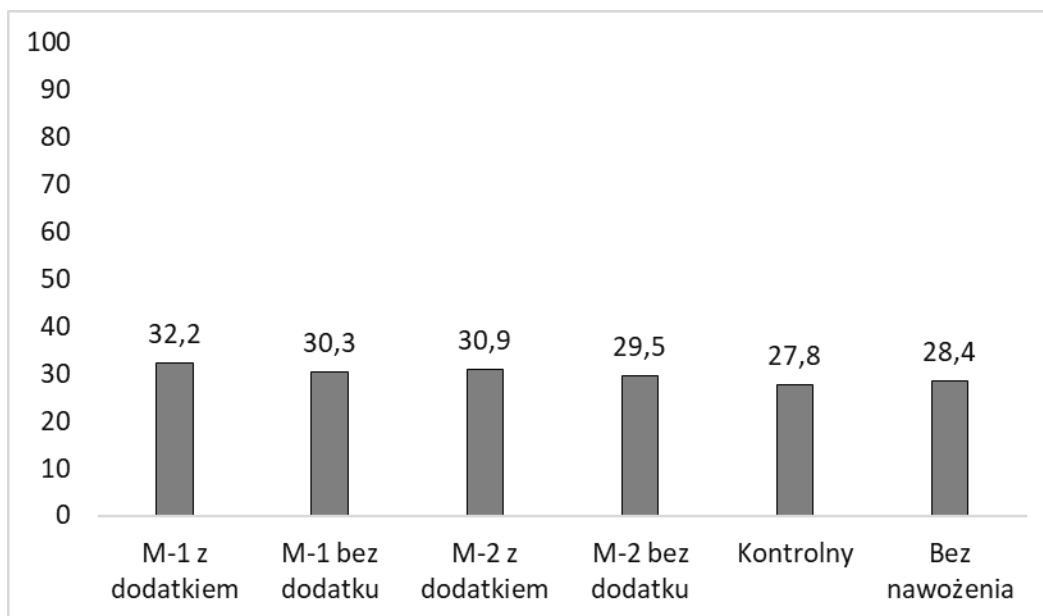
Rys. I.18. Plon bulw ziemniaka (t/ha) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2)



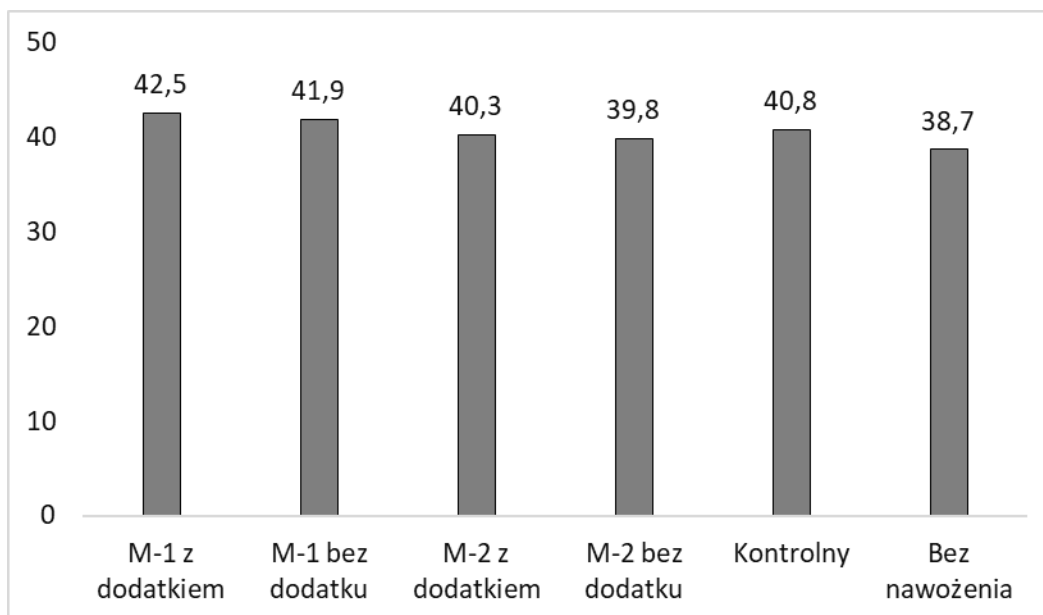
Rys. I.19. Plon korzeni buraka cukrowego (t/ha) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2)



Rys. I.20. Plon cebuli (t/ha) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2)



Rys. I.21. Plon róż kalafiora (t/ha) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2)



Rys. I.22. Plon korzeni marchwi (t/ha) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2)

Największe plony: słonecznika, grochu, buraka cukrowego, kalafiora i marchwi uzyskano w efekcie aplikacji nawozu Mikrogranulat-1 z dodatkami funkcjonalnymi. W uprawie jęczmienia jarego, kukurydzy, ziemniaka i cebuli bardziej efektywnym plonotwórczo był nawóz Mikrogranulat-2 (rys. I.14-I.22).

I.5. Ocena właściwości biologicznych gleby

W ramach powyższego zakresu ocen i analiz w okresie badań przemysłowych wykonano ocenę występowania mikroorganizmów glebowych i aktywności enzymatycznej gleby jako efekt oddziaływania mikrogranulatów nawozów startowych.-Prace objęły:

- Analizę mikrobiologiczną gleby, w tym ocenę:
 - liczebności bakterii ogółem,
 - liczebności promieniowców,

- liczebności grzybów,
 - liczebności mikroorganizmów celulolitycznych,
 - liczebności mikroorganizmów amylolitycznych,
 - liczebności mikroorganizmów proteolitycznych,
 - zawartości biomasy żywych mikroorganizmów.
- Analizę aktywności enzymów glebowych, w tym:
 - dehydrogenazy,
 - fosfatazy alkalicznej,
 - fosfatazy kwaśnej,
 - katalazy.
 - Ocenę zawartość glomalin w glebie

Przedmiotem badań były próbki gleby pobrane bezpośrednio po zbiorze roślin w doświadczeniach poletkowych, w których uprawiano:

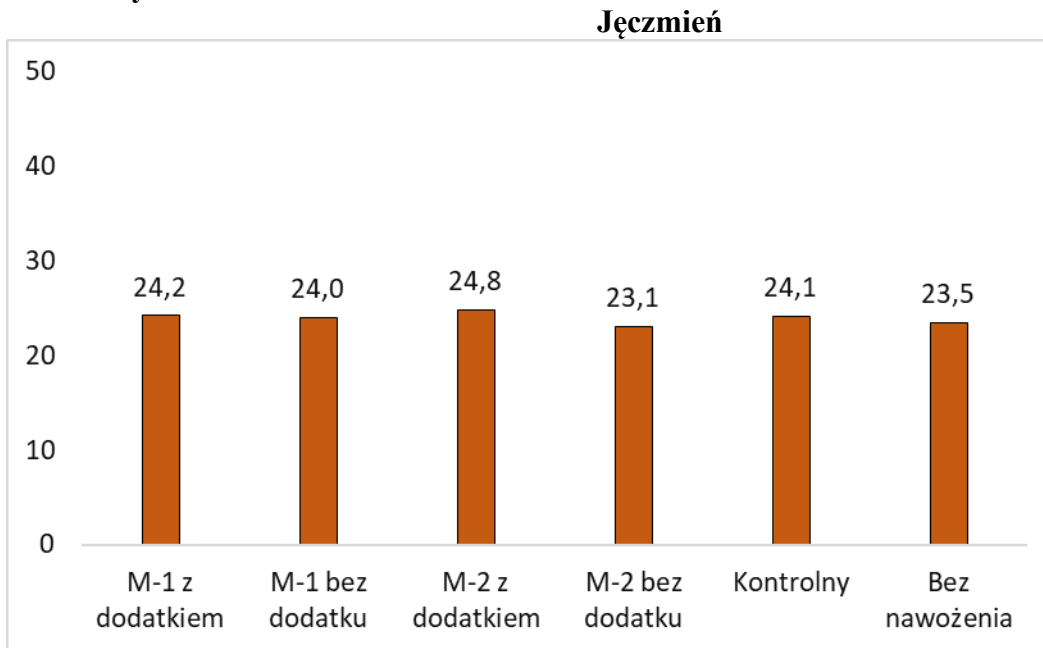
- Jęczmień jary
- Kukurydza
- Słonecznik
- Groch
- Ziemniak
- Burak cukrowy
- Cebula
- Kalafior
- Marchew

I.5.1. Analiza mikrobiologiczna gleby

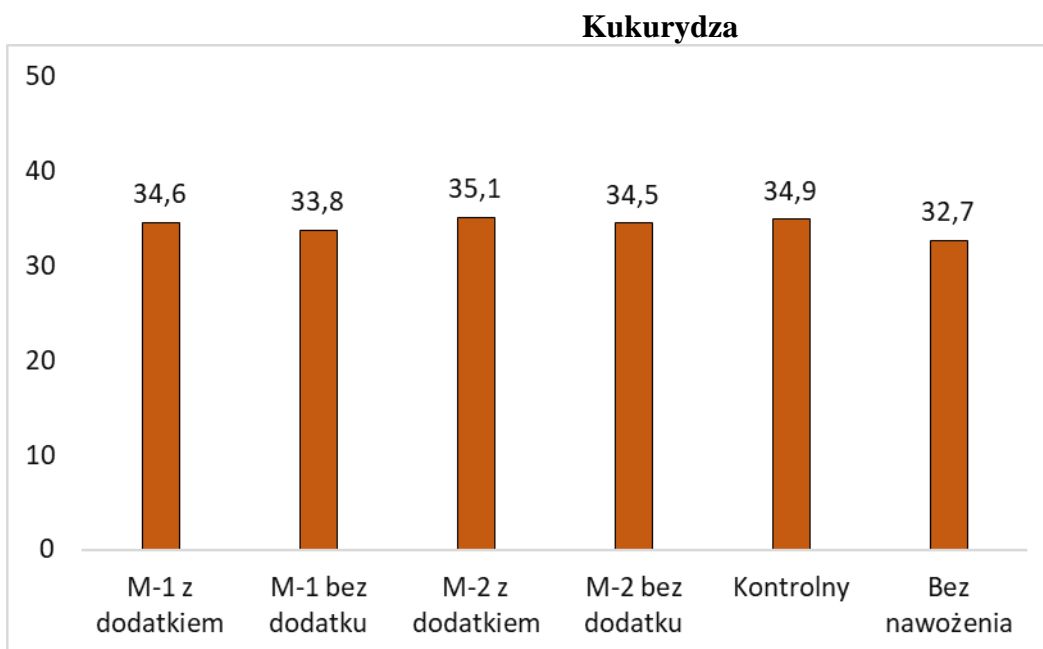
Analiza gleby polegała na ocenie liczebności różnych grup mikroorganizmów potencjalnie kształtowanych przez aplikację nawozów startowych.

I.5.1.1. Bakterie ogółem

Zakres i wyniki badań:

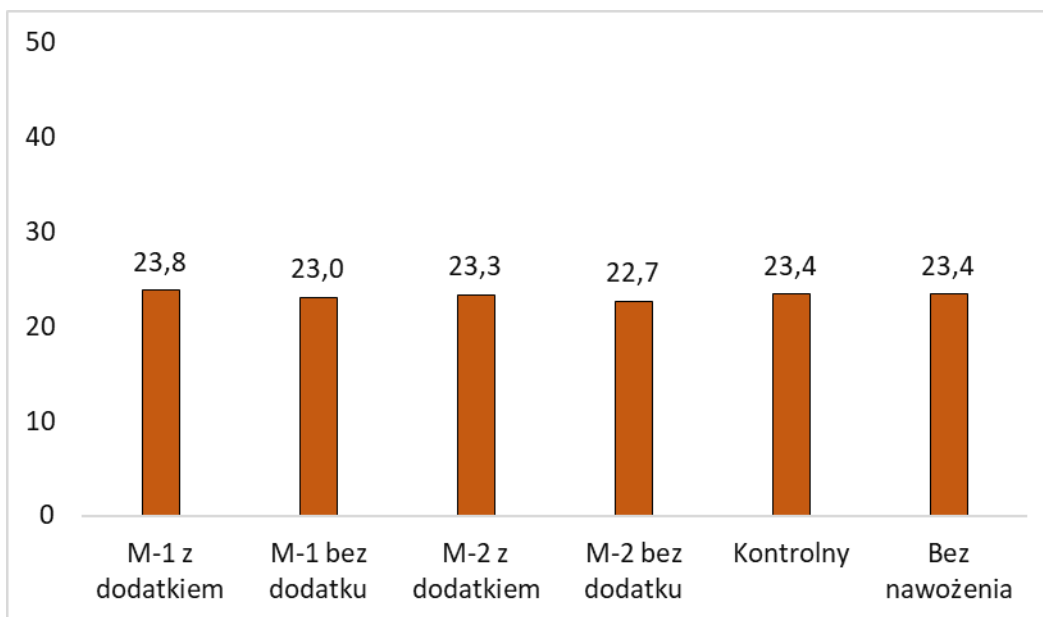


Rys. I.23. Liczebność bakterii ogółem po zbiorze jęczmienia jarego (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



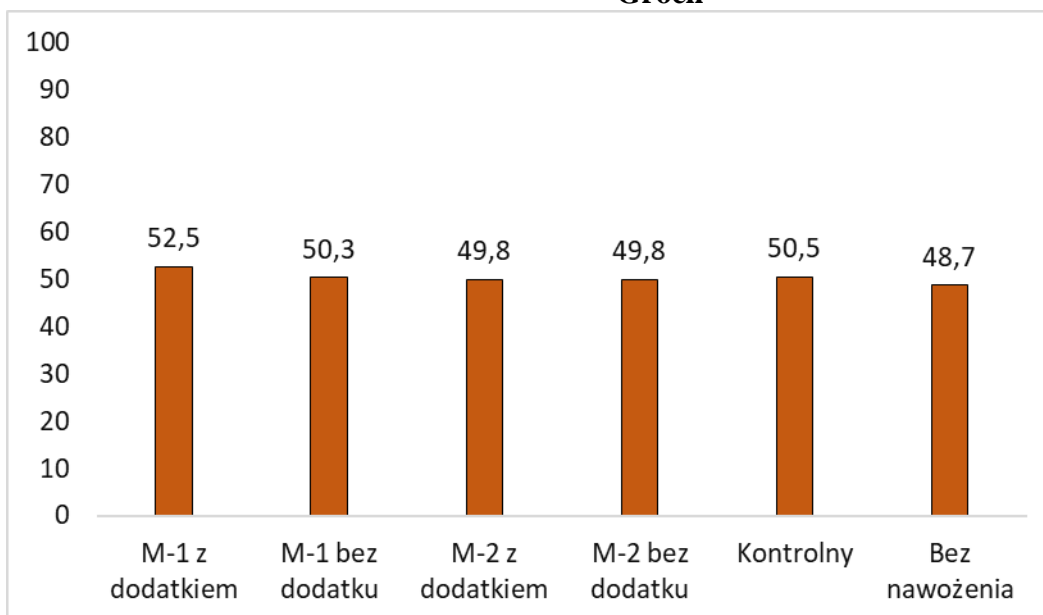
Rys. I.24. Liczebność bakterii ogółem po zbiorze kukurydzy (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

Słonecznik

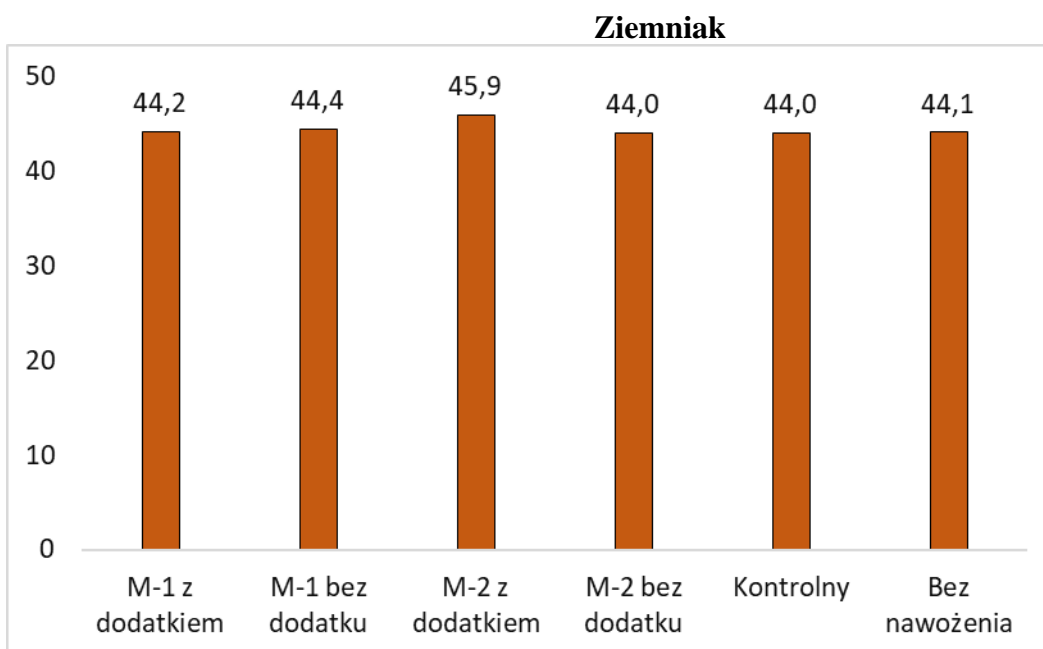


Rys. I.25. Liczebność bakterii ogółem po zbiorze słonecznika (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

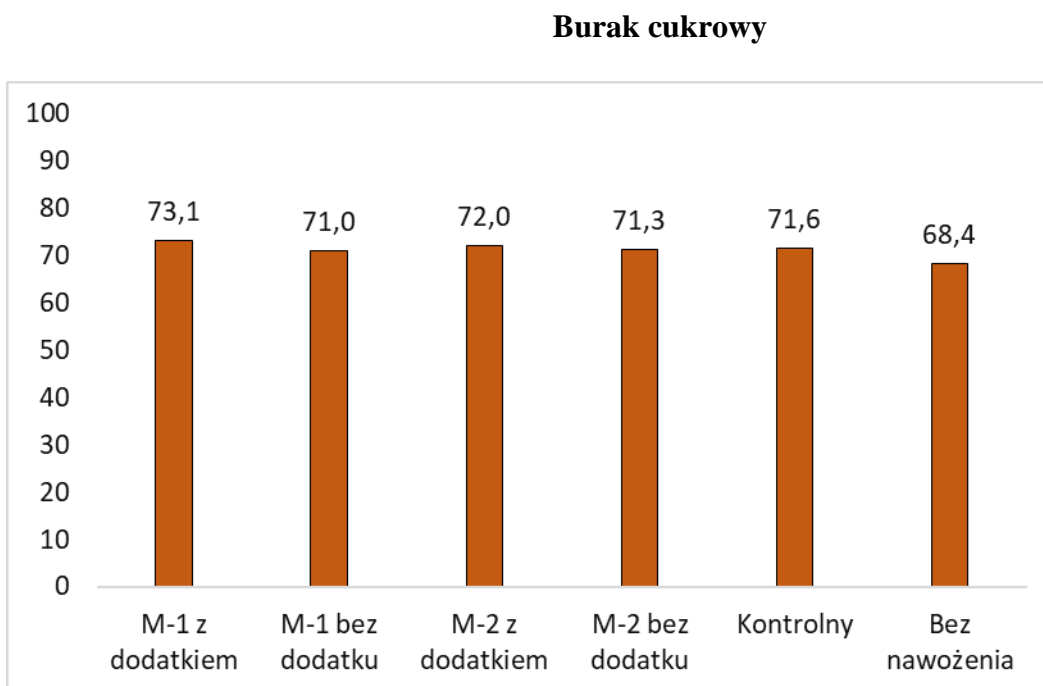
Groch



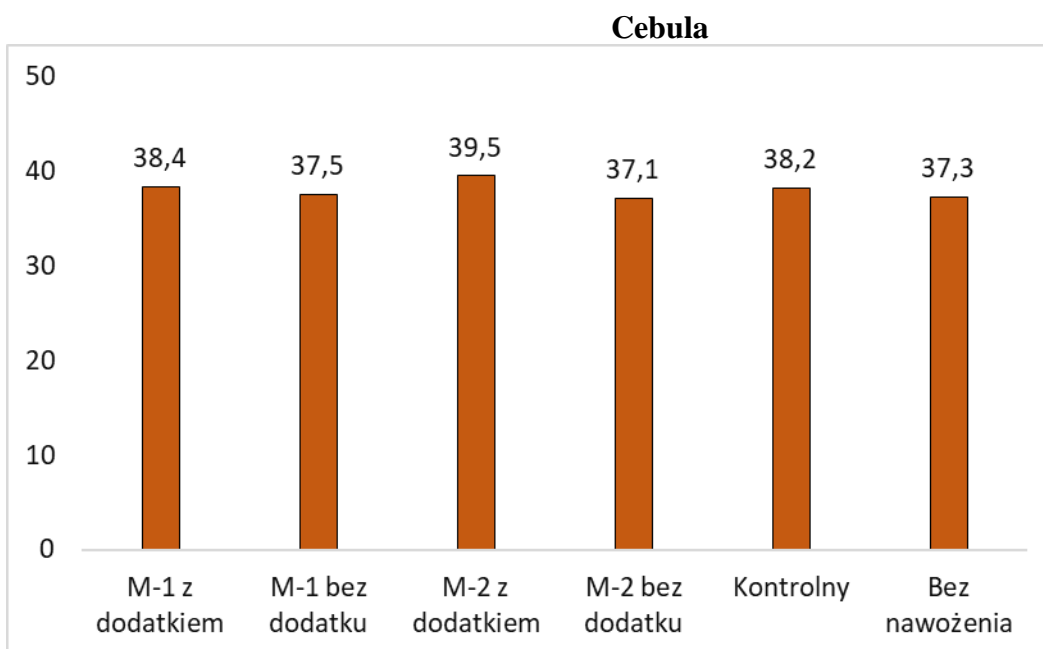
Rys. I.26. Liczebność bakterii ogółem po grochu siewnego (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



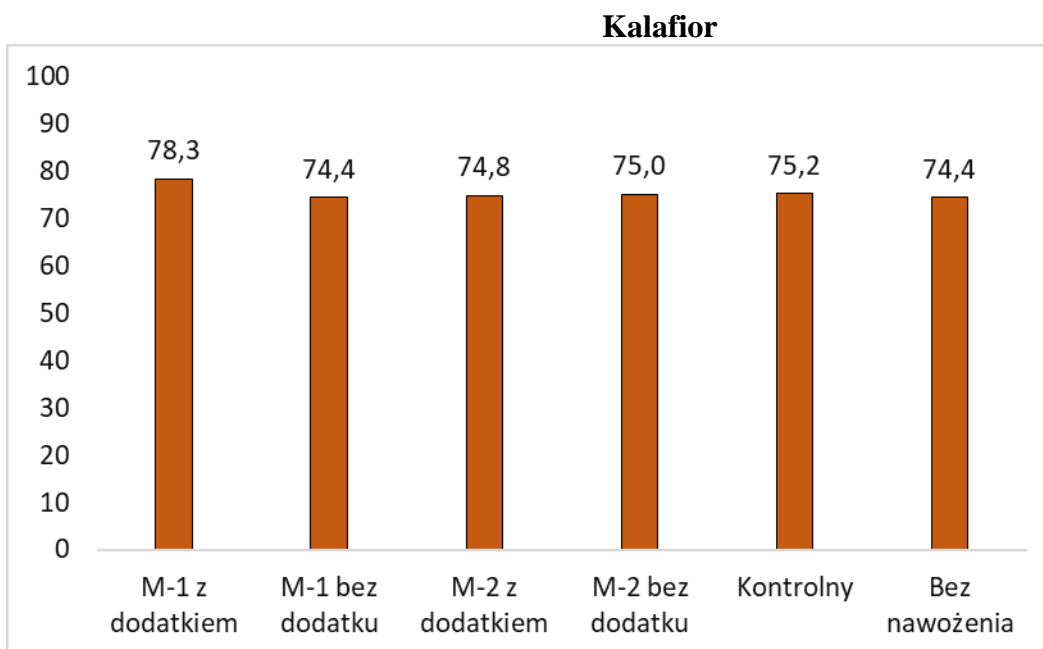
Rys. I.27. Liczebność bakterii ogółem po zbiorze ziemniaka (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



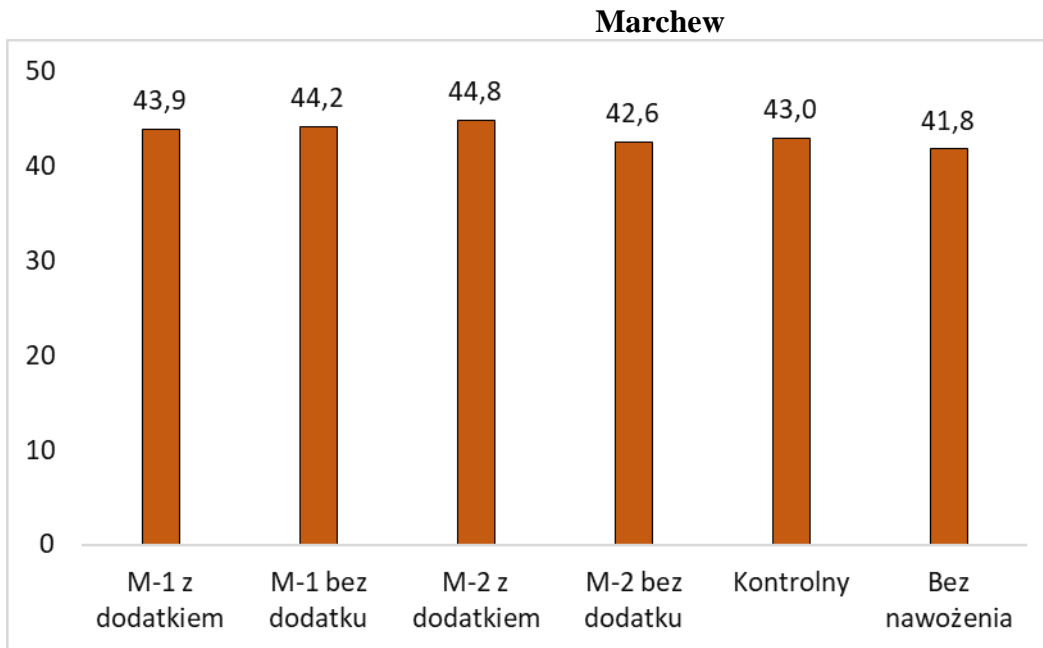
Rys. I.28. Liczebność bakterii ogółem po zbiorze buraka cukrowego (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



Rys. I.29. Liczebność bakterii ogółem po zbiorze cebuli (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



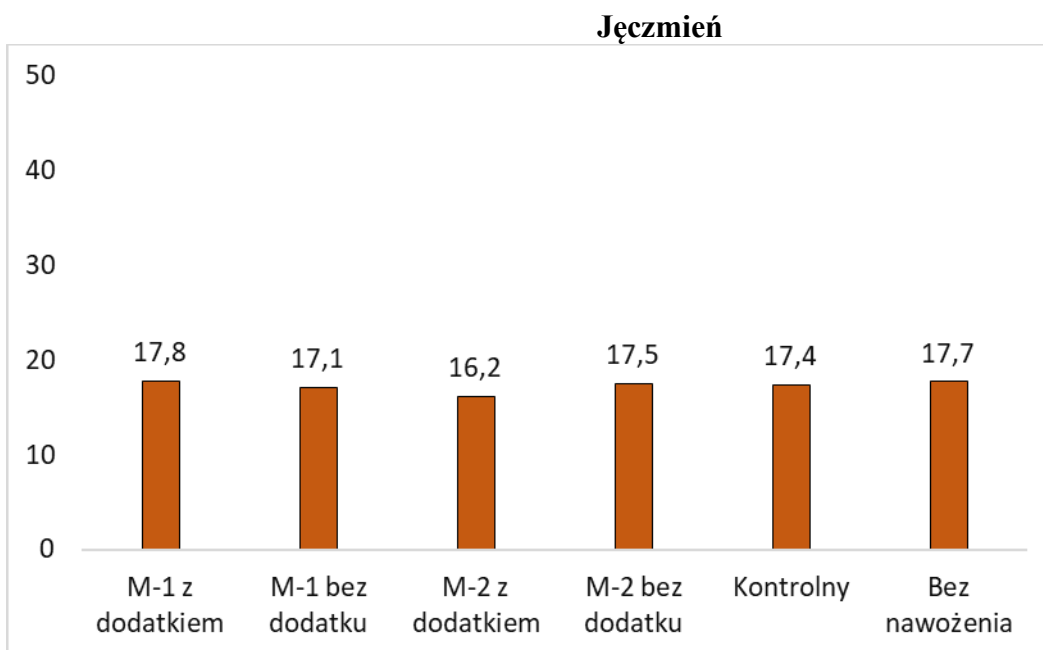
Rys. I.30. Liczebność bakterii ogółem po zbiorze kalafiora (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



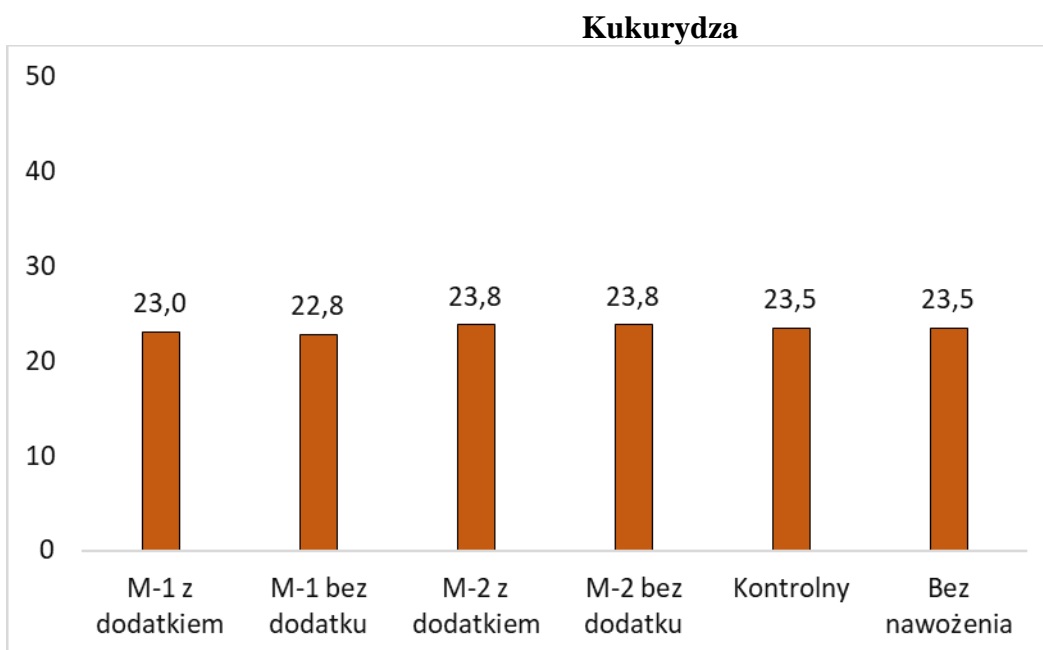
Rys. I.31. Liczebność bakterii ogółem po zbiorze marchwi (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

Wpływ nawozów startowych na liczebność bakterii ogółem w glebie po zbiorze roślin rolniczych i warzyw w uprawie polowej nie był duży. Wystąpił jednak wyraźny trend wzrostu liczebności tych mikroorganizmów w glebie po aplikacji mikrogranulatów nawozów według projektu zwłaszcza z dodatkami funkcjonalnymi w stosunku do gleby nienawożonej i po zastosowaniu nawozu kontrolnego (rys. I.23-I.31). Bardziej efektywnym w kształtowaniu tej cechy biologicznej gleby w uprawie słonecznika, grochu, buraka cukrowego i kalafiora był Mikrogranulat-1, a w uprawie jęczmienia jarego, kukurydzy, ziemniaka, cebuli i marchwi Mikrogranulat-2.

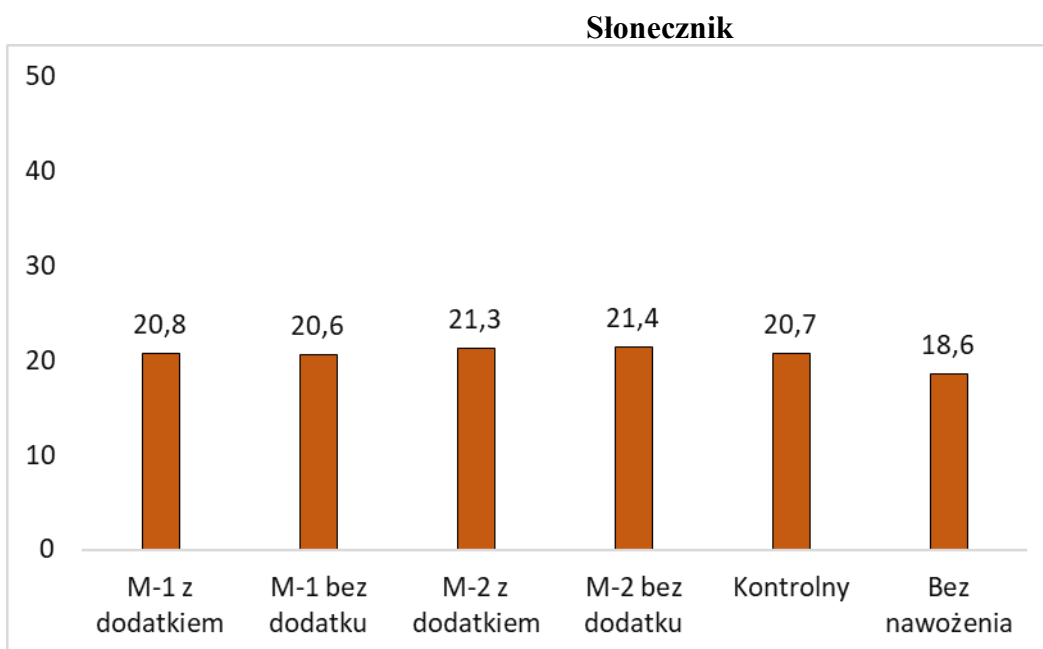
I.5.1.2. Promieniowce



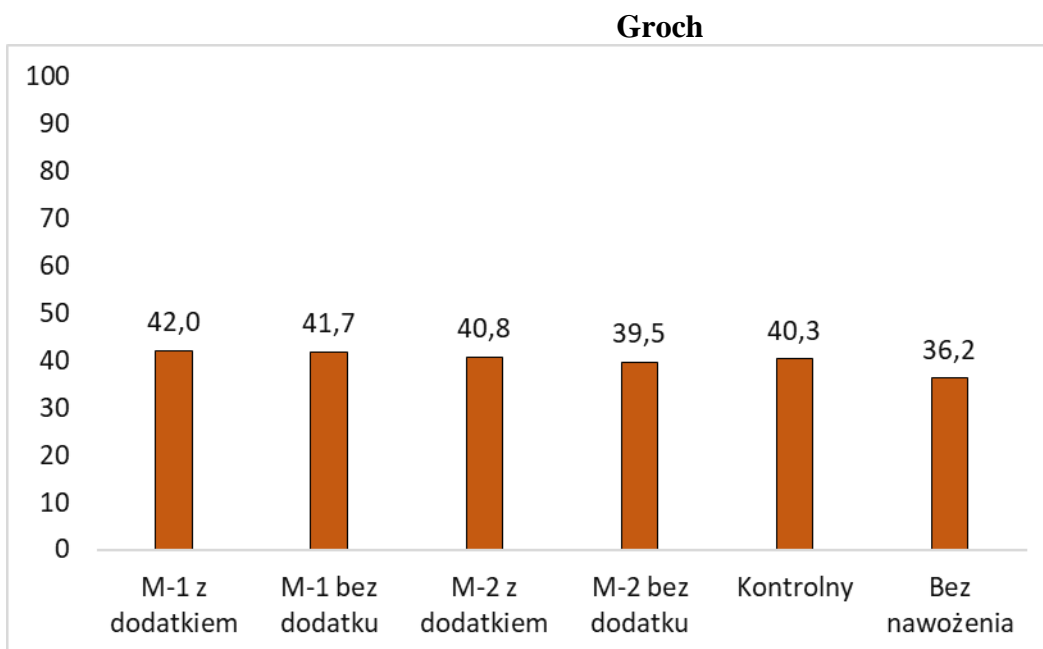
Rys. I.32. Liczebność promieniowców po zbiorze jęczmienia jarego (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



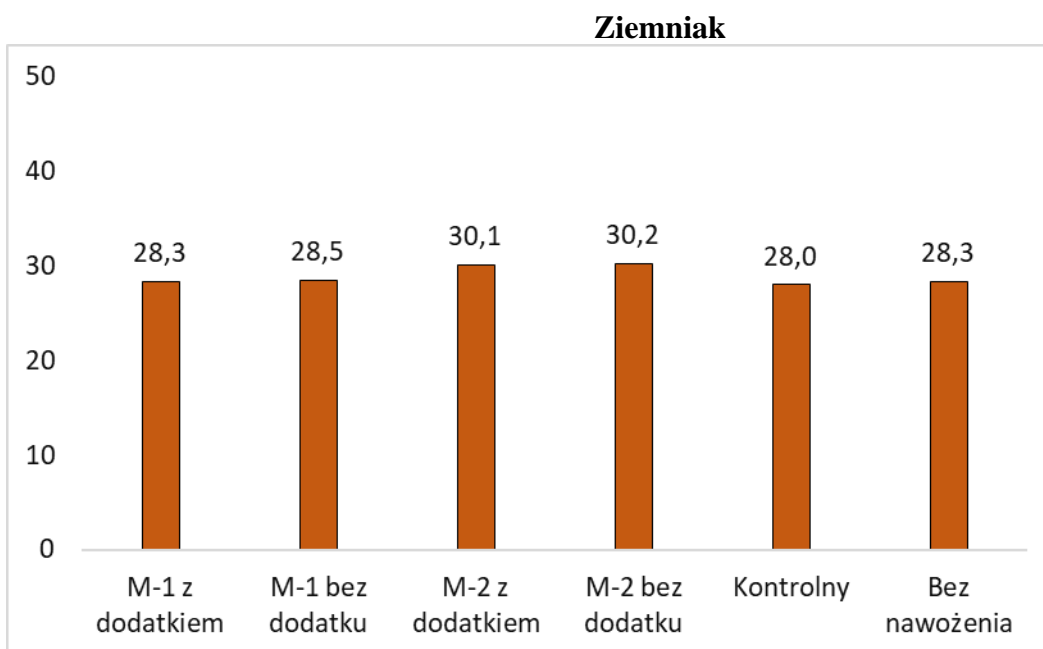
Rys. I.33. Liczebność promieniowców po zbiorze kukurydzy (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



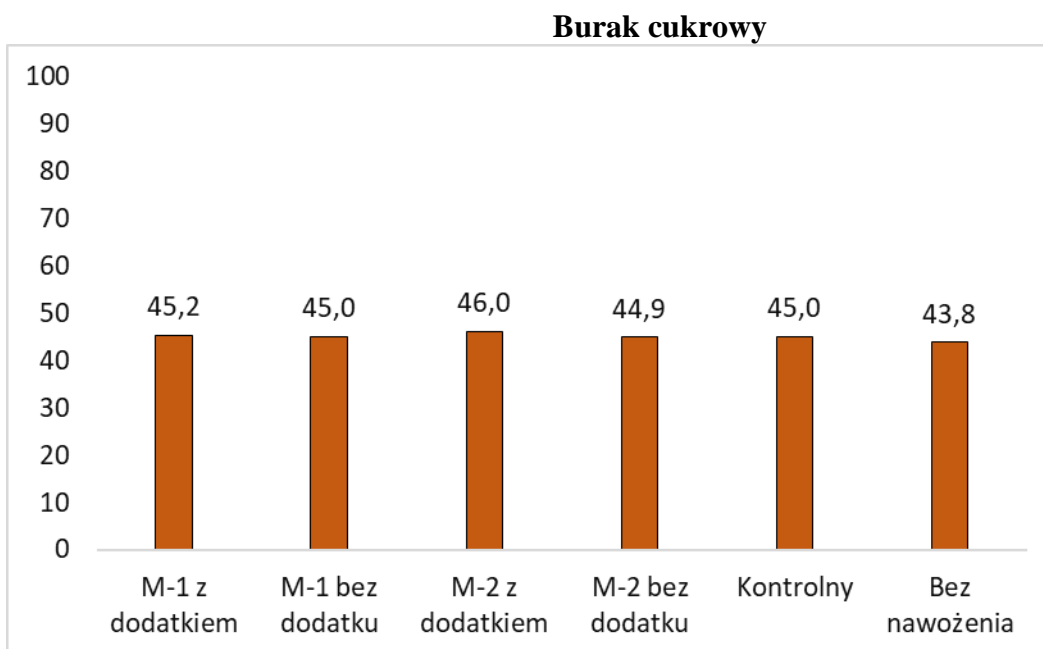
Rys. I.34. Liczebność promieniowców po zbiorze słonecznika (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



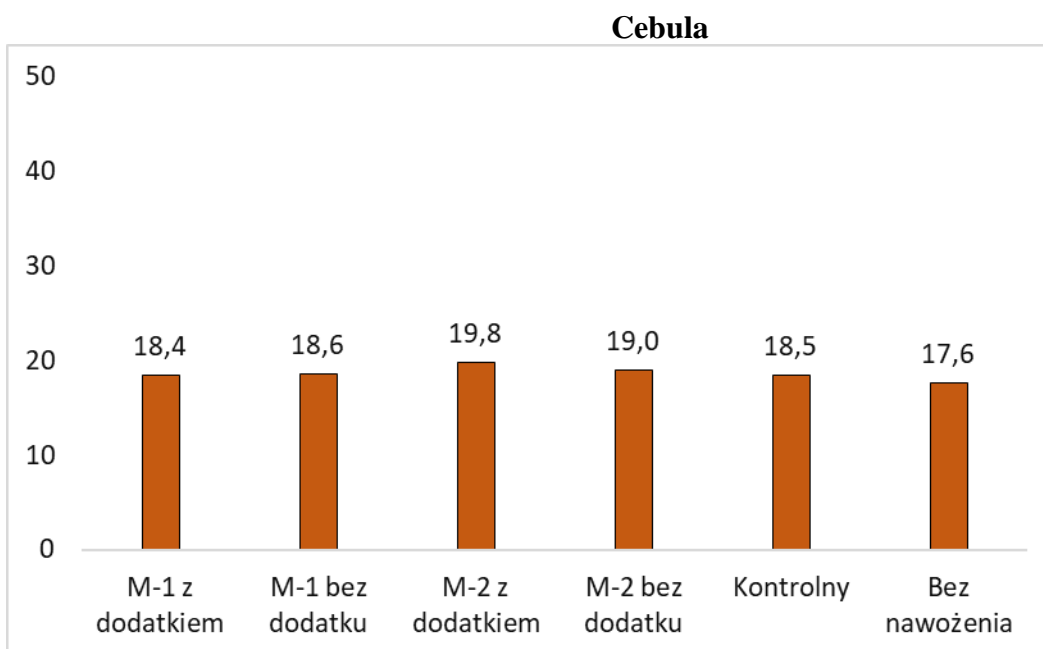
Rys. I.35. Liczebność promieniowców po zbiorze grochu siewnego (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



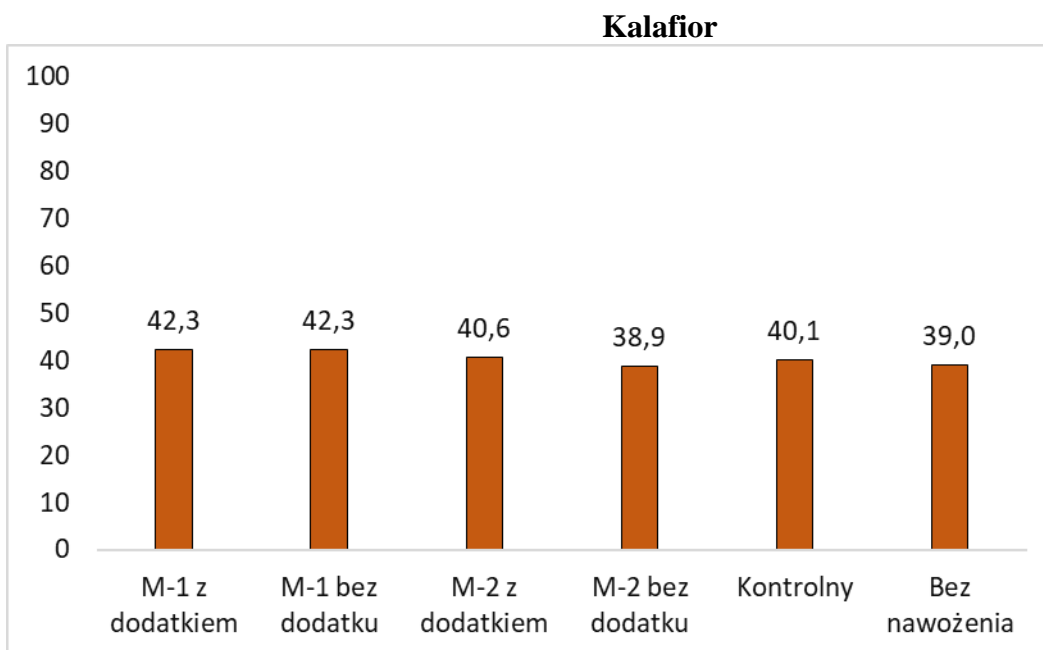
Rys. I.36. Liczebność promieniowców po zbiorze ziemniaka (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



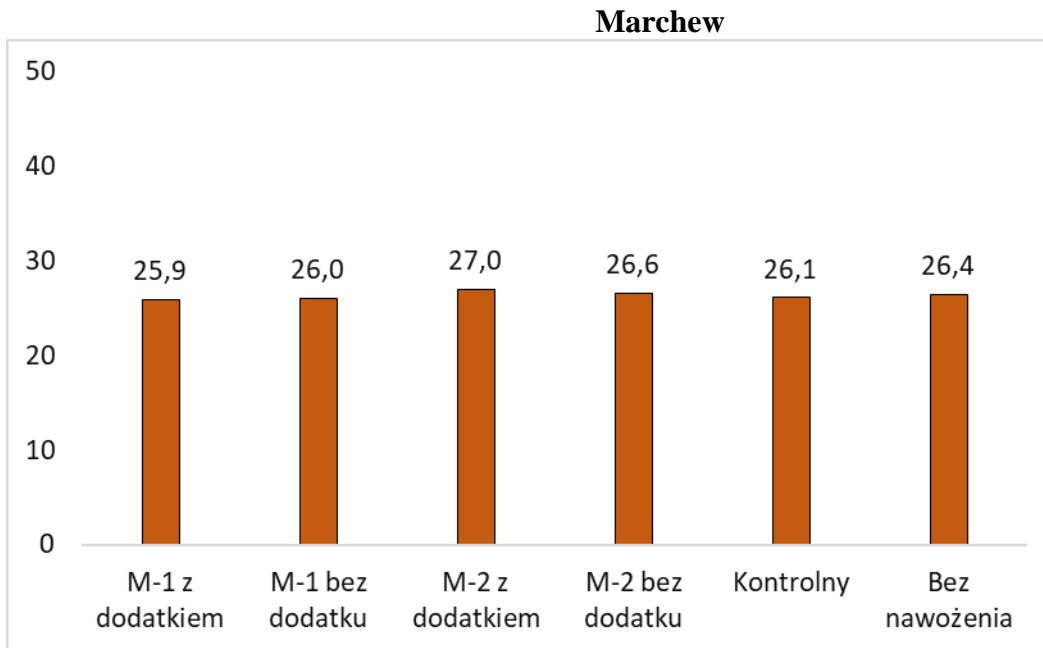
Rys. I.37. Liczebność promieniowców po zbiorze buraka cukrowego (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



Rys. I.38. Liczebność promieniowców po zbiorze cebuli (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



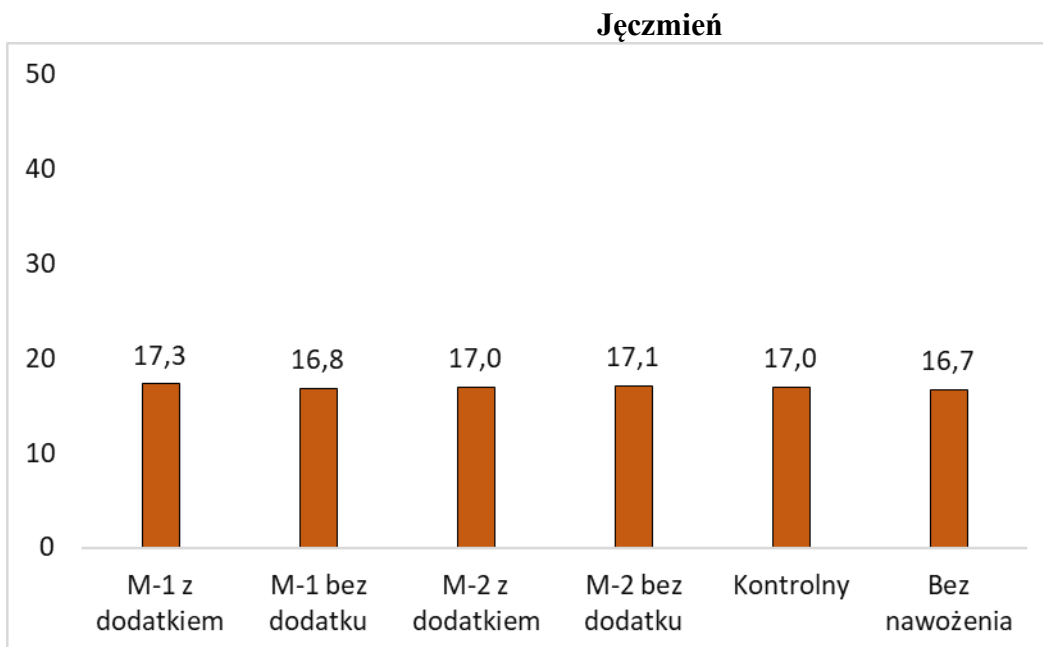
Rys. I.39. Liczebność promieniowców po zbiorze kalafiora (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



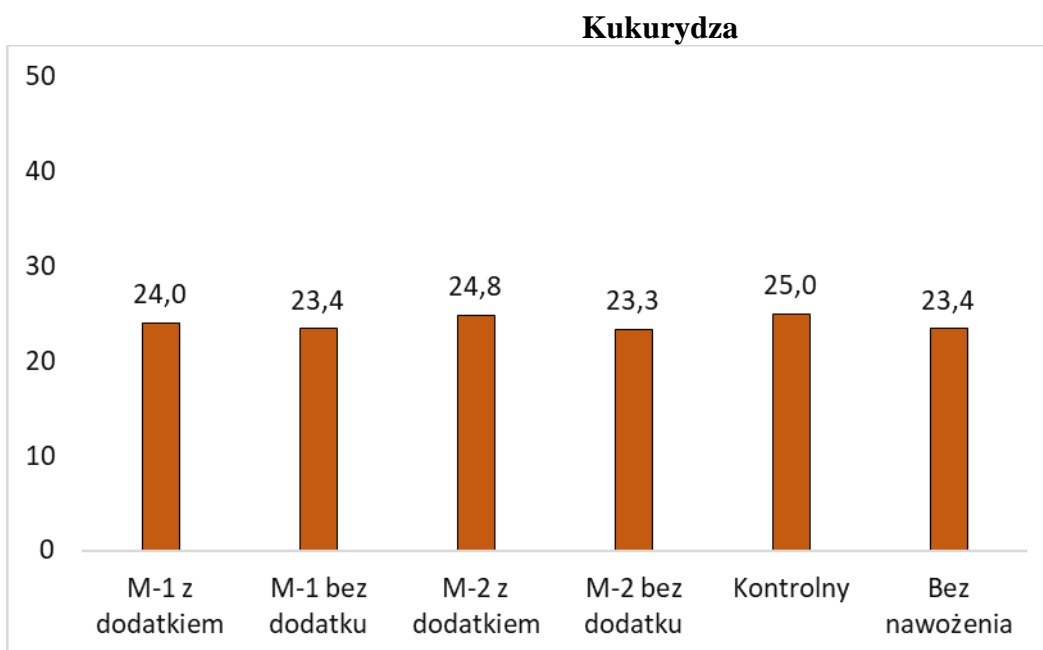
Rys. I.40. Liczebność promieniowców po zbiorze marchwi (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

Nie stwierdzono wyraźnego wpływu nawozów startowych, projektowanych oraz kontrolnego, na liczebność promieniowców w glebie po zbiorze m.in. jęczmienia jarego, kukurydzy, marchwi. Większa liczebność tych mikroorganizmów wystąpiła po aplikacji nawozu Mikrogranulat-1 niż po zastosowaniu nawozu kontrolnego i w glebie nienawożonej po zbiorze grochu, kalafiora, z kolei po zbiorze ziemniaka, buraka, słonecznika, cebuli po aplikacji nawozu Mikrogranulat-2. Dodatki funkcjonalne w nawozach miały niewielki wpływ na liczebność promieniowców, mniejszy niż na liczebność bakterii ogółem (rys. I.32-I.40).

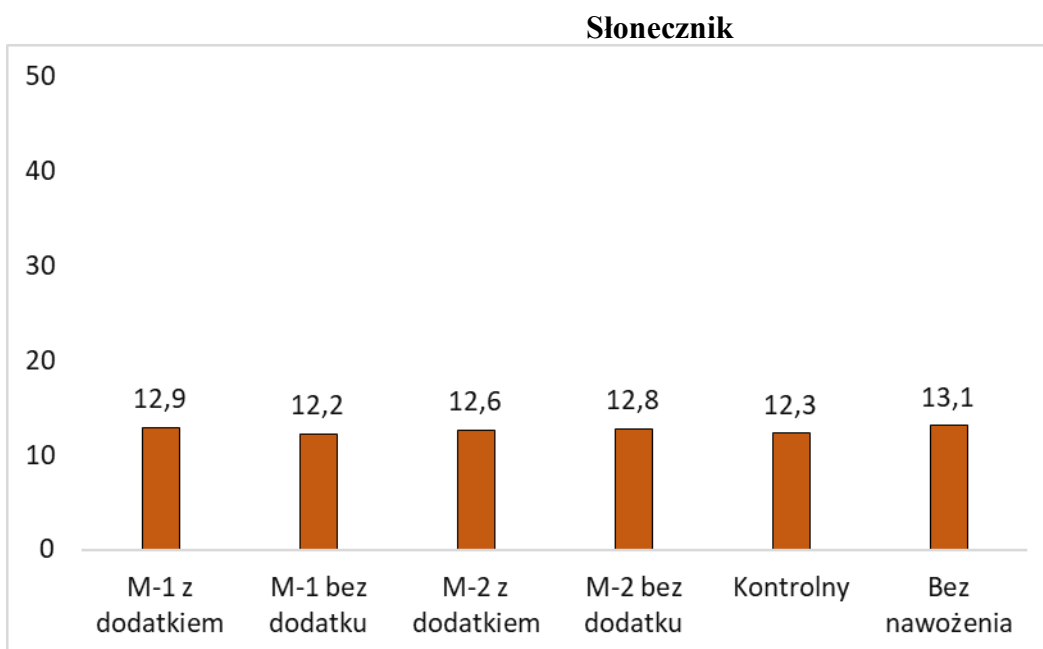
I.5.1.3. Grzyby strzępkowe



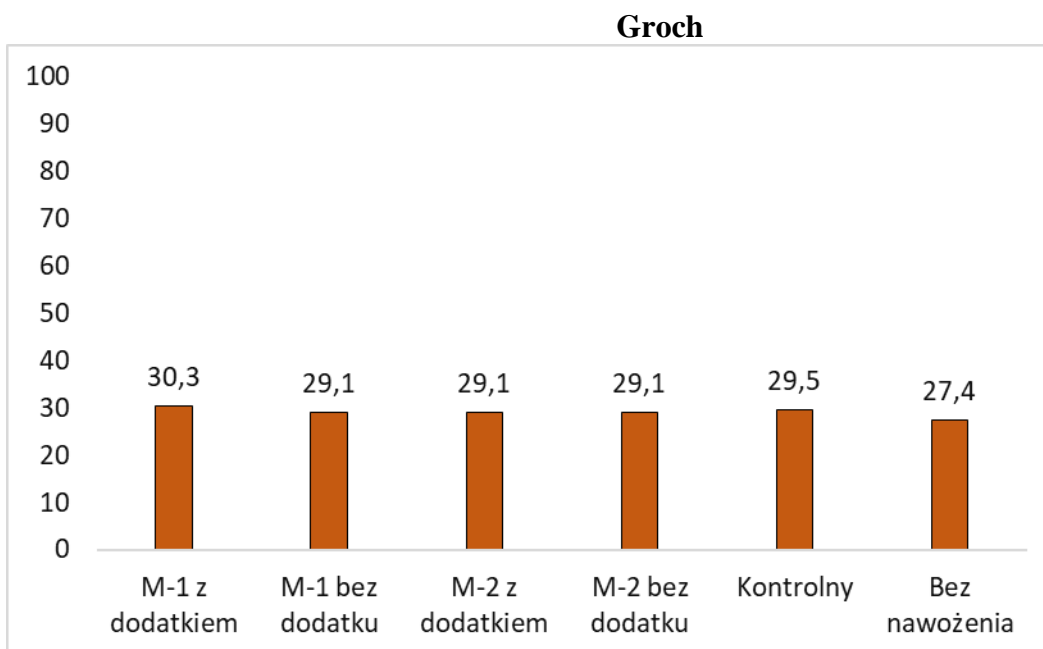
Rys. I.41. Liczebność grzybów po zbiorze jęczmienia jarego (jtk x 10⁴ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



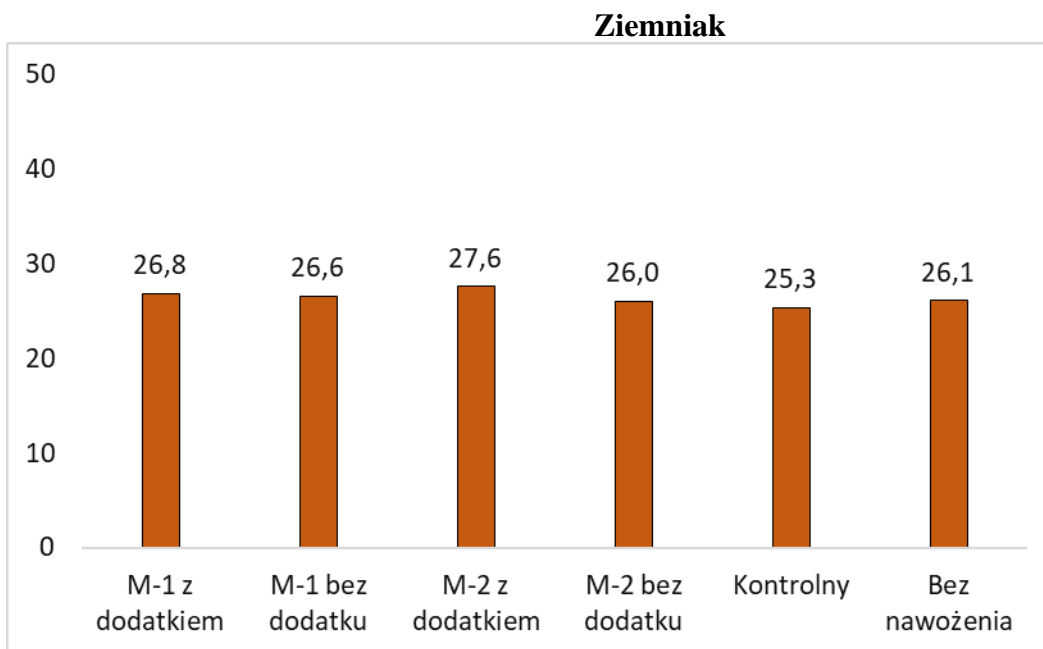
Rys. I.42. Liczebność grzybów po zbiorze kukurydzy (jtk x 10⁴ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



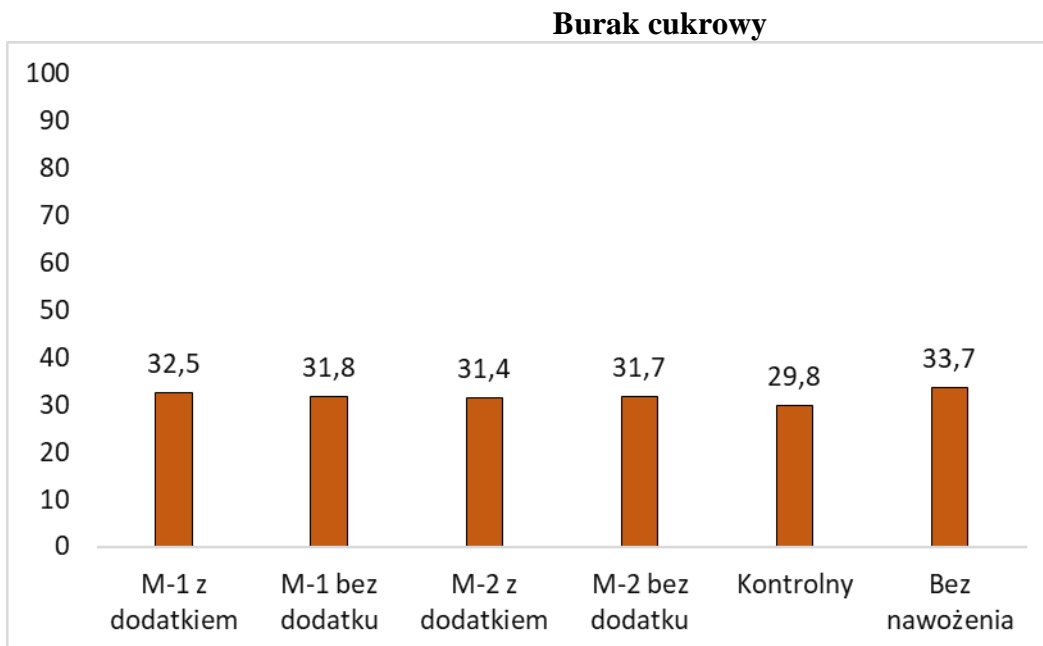
Rys. I.43. Liczebność grzybów po zbiorze słonecznika (jtk x 10⁴ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



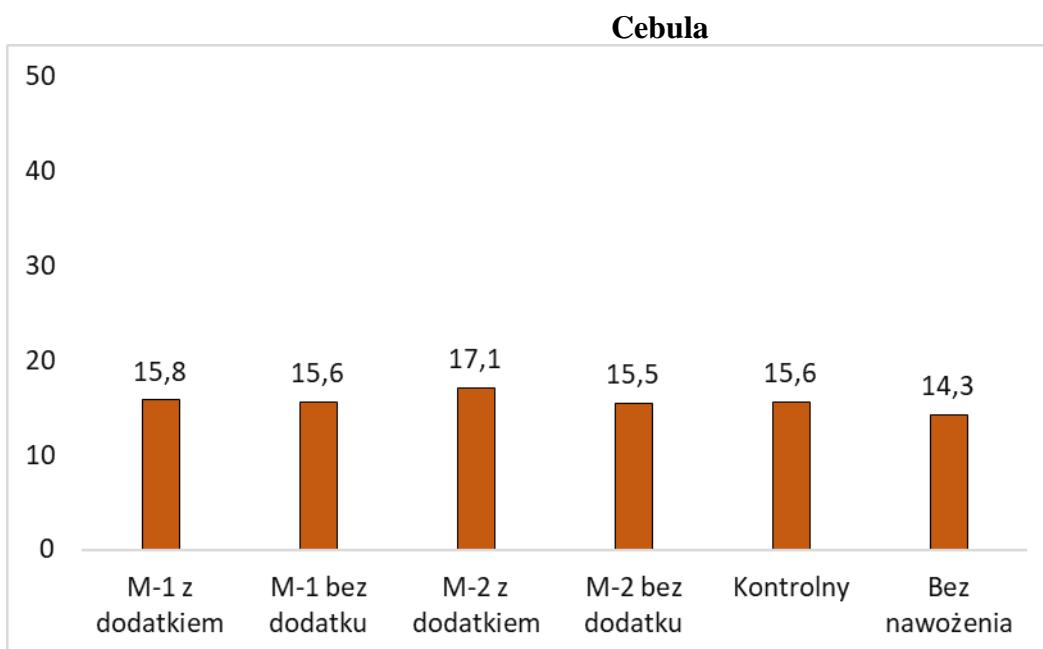
Rys. I.44. Liczebność grzybów po zbiorze grochu siewnego (jtk x 10⁴ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



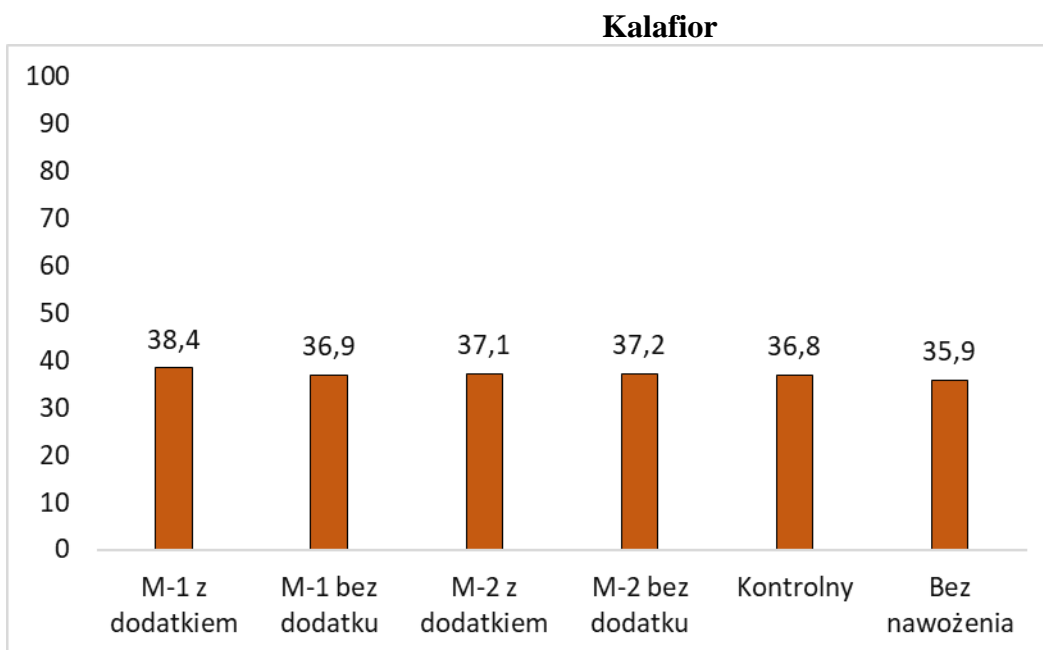
Rys. I.45. Liczebność grzybów po zbiorze ziemniaka (jtk x 10⁴ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



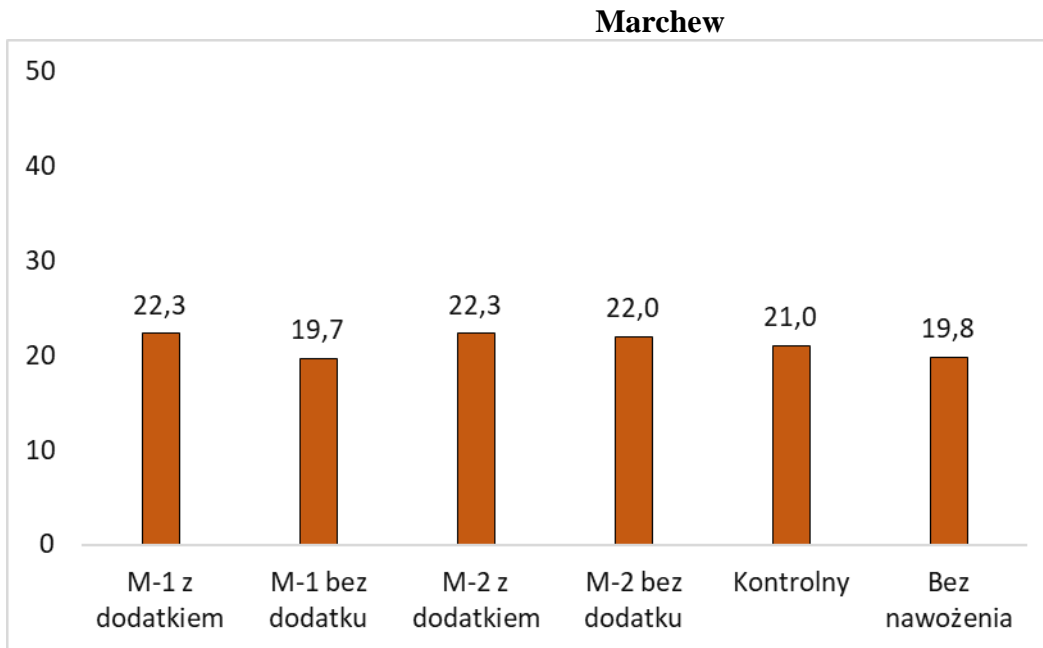
Rys. I.46. Liczebność grzybów po zbiorze buraka cukrowego (jtk x 10⁴ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



Rys. I.47. Liczebność grzybów po zbiorze cebuli (jtk x 10⁴ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



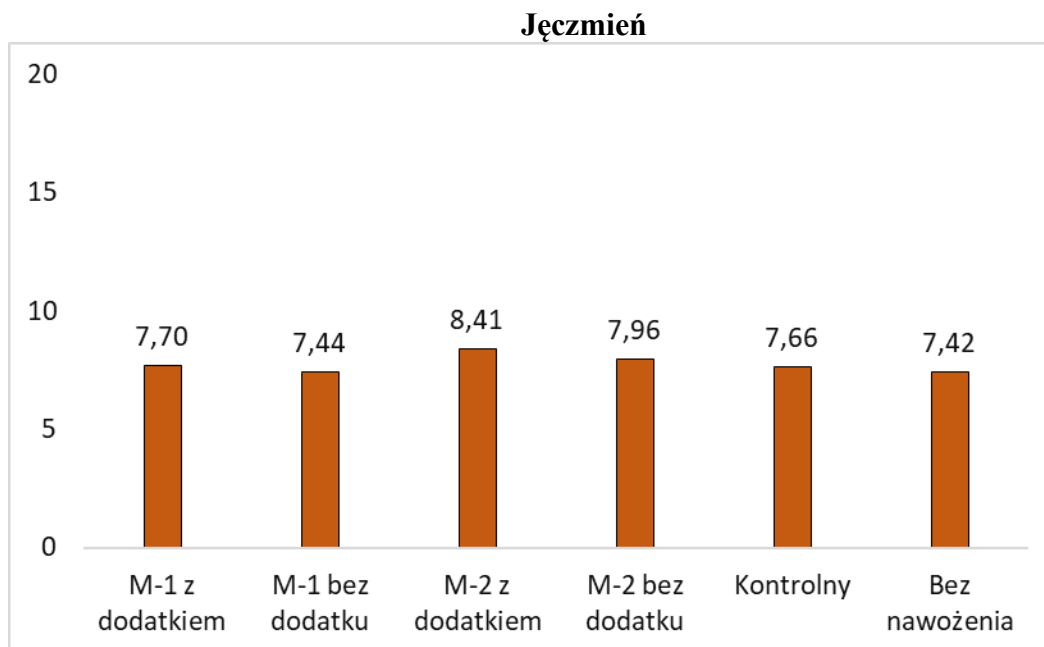
Rys. I.48. Liczebność grzybów po zbiorze kalafiora (jtk x 10⁴ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



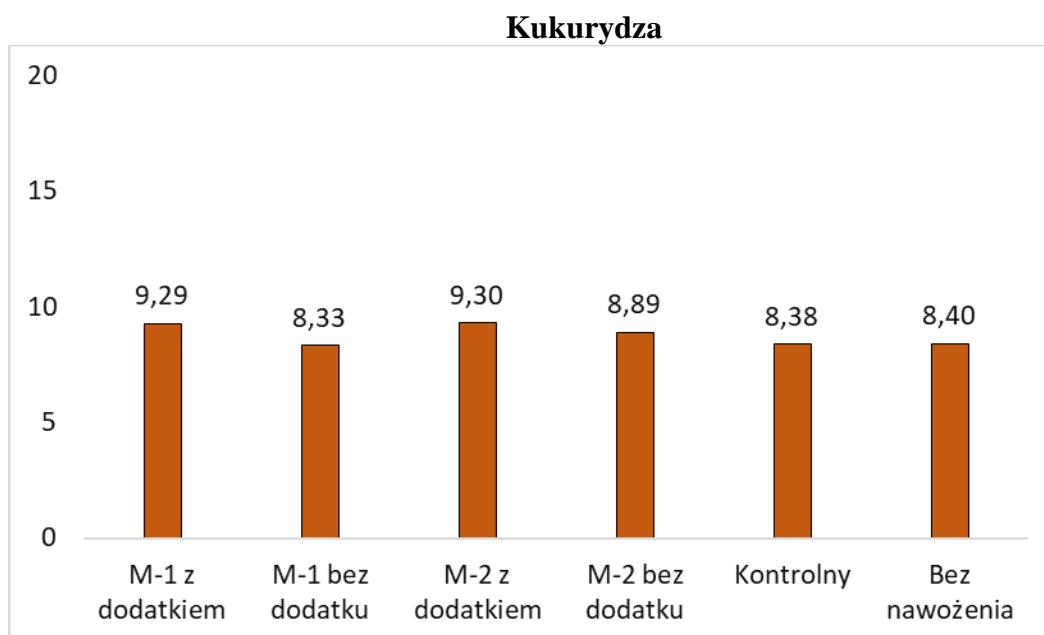
Rys. I.49. Liczebność grzybów po zbiorze marchwi (jtk x 10⁴ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

Liczebność grzybów strzępkowych w niewielkim stopniu zależała od nawożenia startowego (rys. I.41-I.49). W stosunku do gleby nienawożonej nie stwierdzono większej liczby tych mikroorganizmów po wpływie żadnego z badanych nawozów według projektu po zbiorze słonecznika i buraka cukrowego. Dodatki funkcjonalne wpłynęły szczególnie korzystnie na liczebność grzybów strzępkowych po zbiorze marchwi, po wcześniejszej aplikacji nawozu Mikrogranulat-1 i po zbiorze cebuli po zastosowaniu nawozu Mikrogranulat-2.

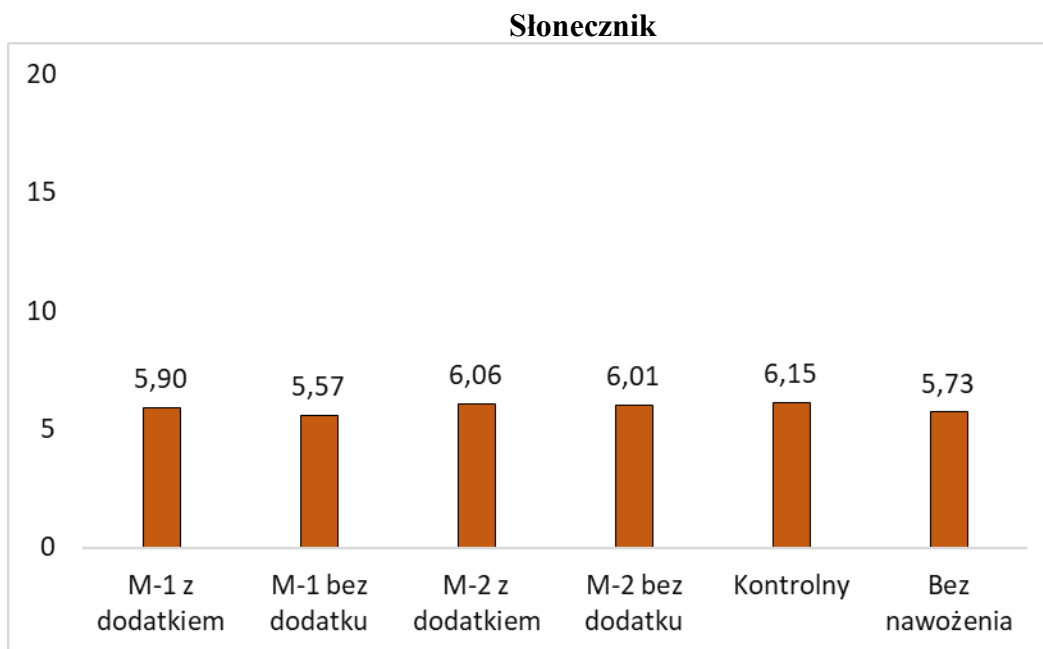
I.5.1.4. Mikroorganizmy celulolityczne



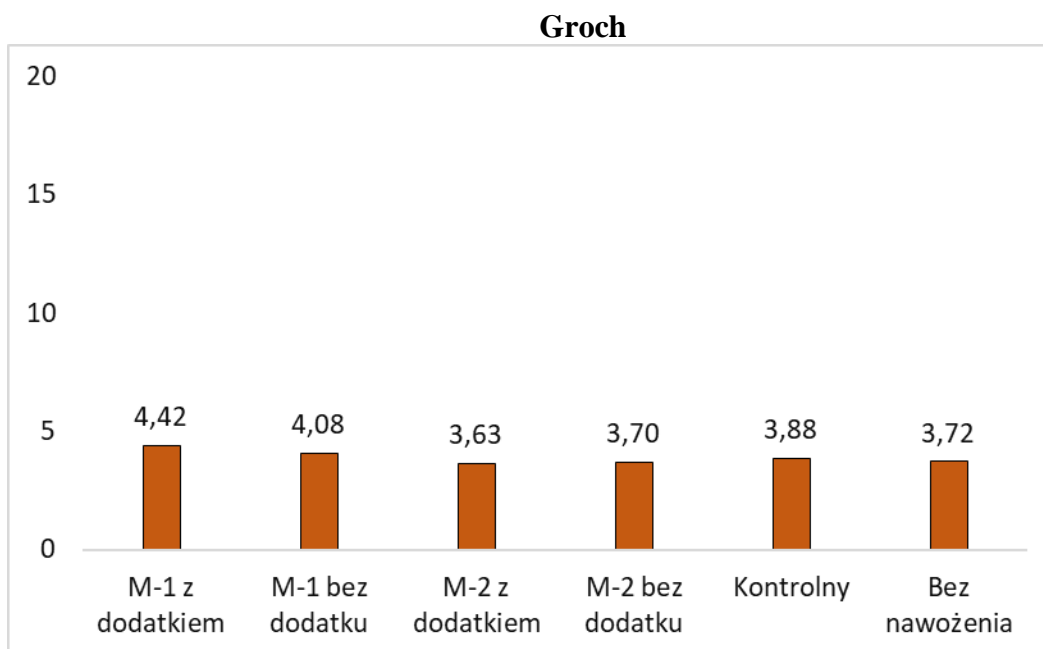
Rys. I.50. Liczebność mikroorganizmów celulolitycznych po zbiorze jęczmienia jarego (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



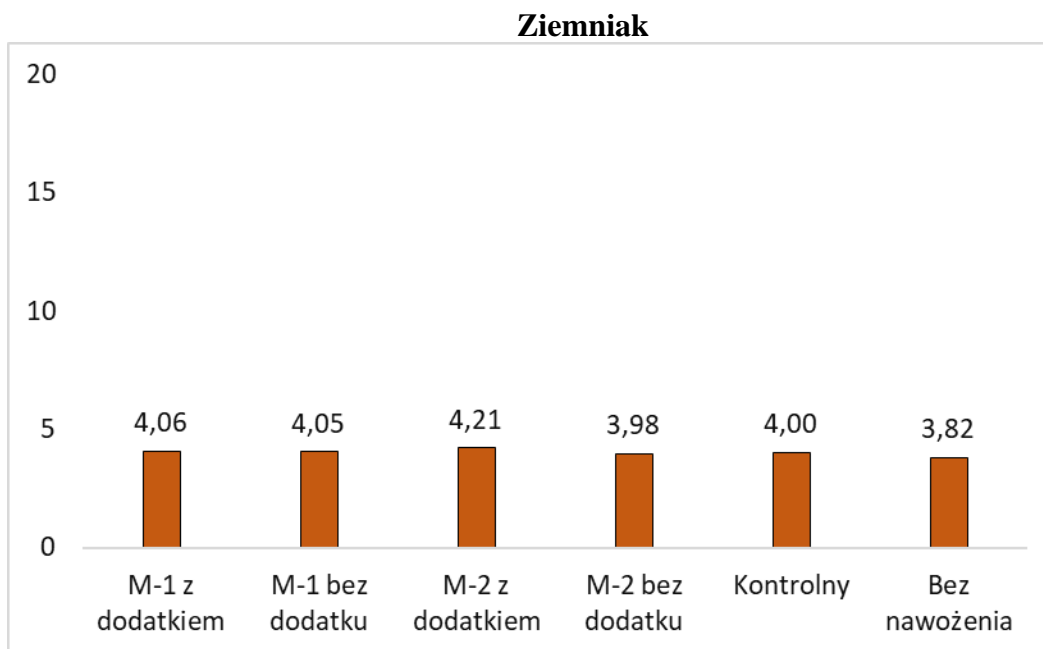
Rys. I.51. Liczebność mikroorganizmów celulolitycznych po zbiorze kukurydzy (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



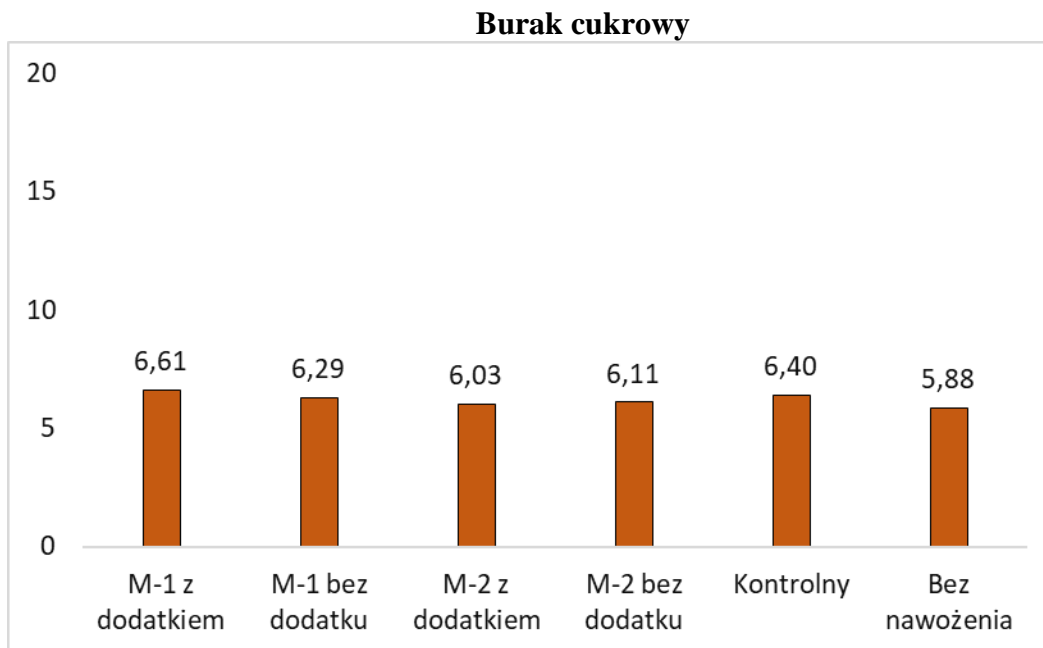
Rys. I.52. Liczebność mikroorganizmów celulolitycznych po zbiorze słonecznika (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



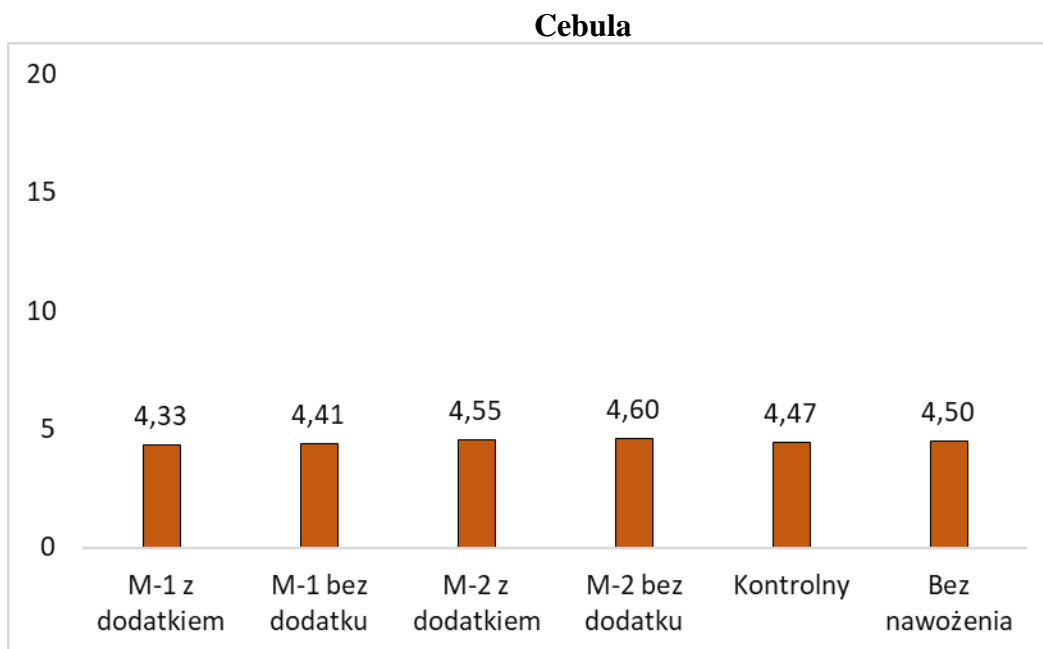
Rys. I.53. Liczebność mikroorganizmów celulolitycznych po zbiorze grochu (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



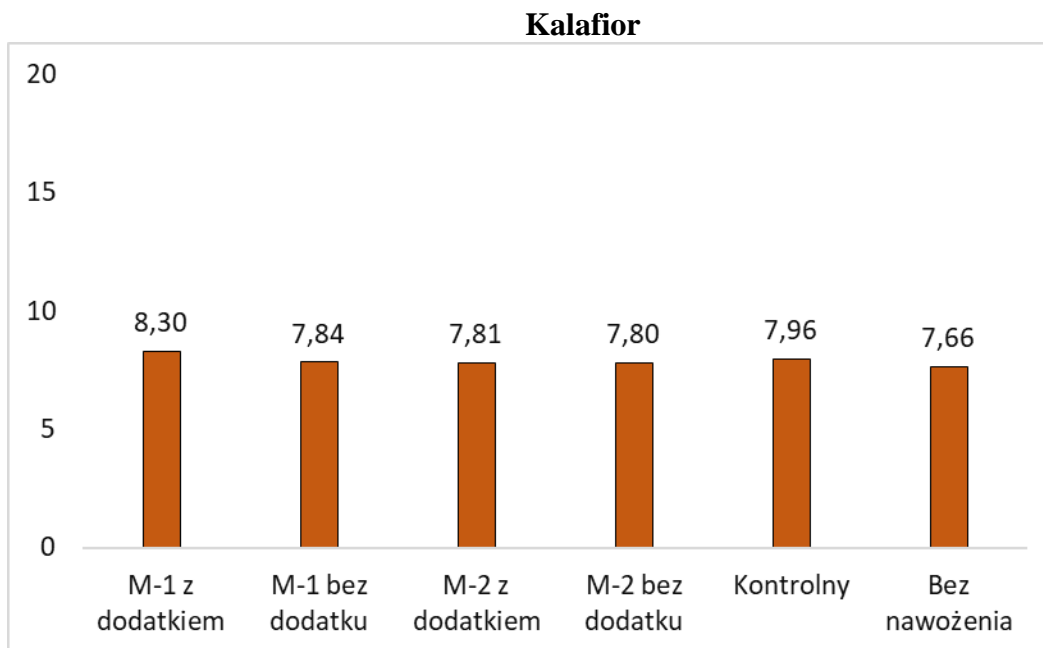
Rys. I.54. Liczebność mikroorganizmów celulolitycznych po zbiorze ziemniaka (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



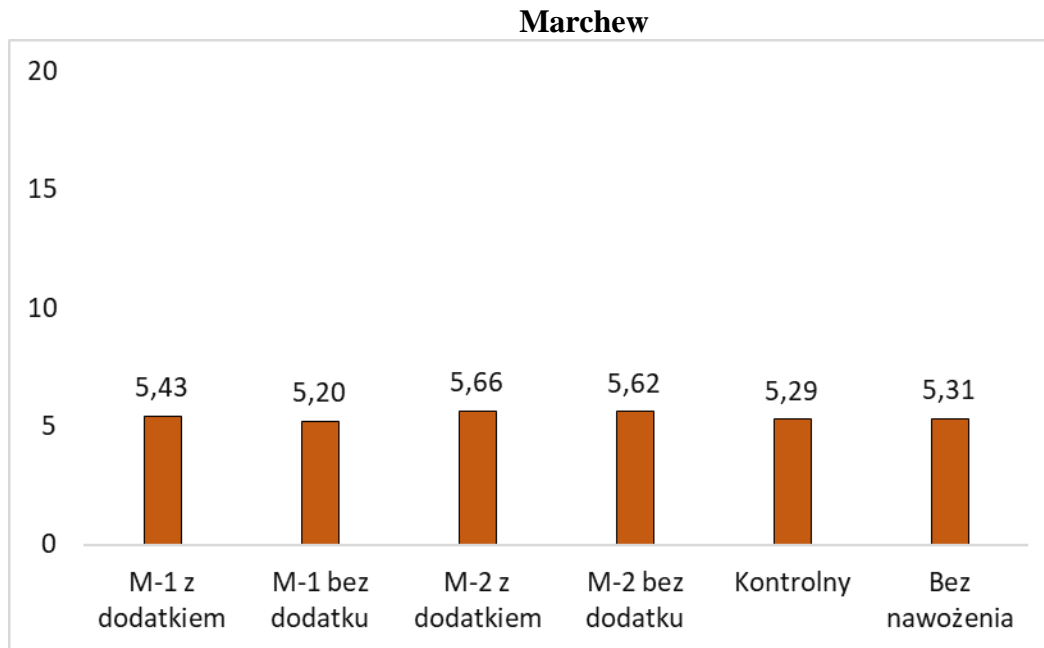
Rys. I.55. Liczebność mikroorganizmów celulolitycznych po zbiorze buraka (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



Rys. I.56. Liczebność mikroorganizmów celulolitycznych po zbiorze słonecznika (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



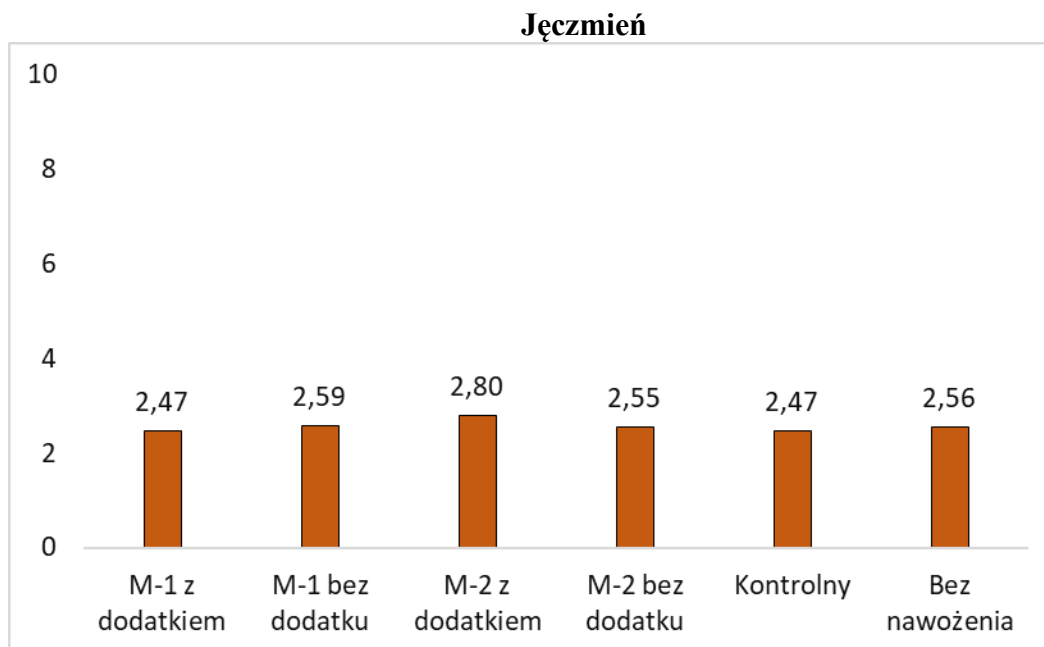
Rys. I.57. Liczebność mikroorganizmów celulolitycznych po zbiorze kalafiora (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



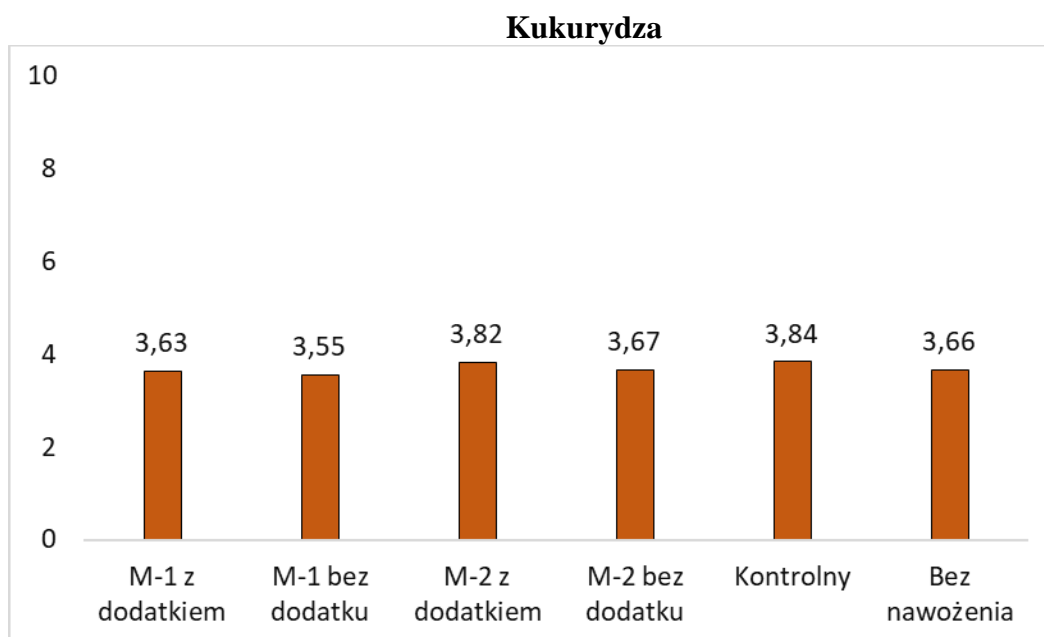
Rys. I.58. Liczebność mikroorganizmów celulolitycznych po zbiorze słonecznika (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

Największy względny, ponad 10%, przyrost liczebności mikroorganizmów celulolitycznych w glebie pod wpływem nawozu Mikrogranulat-1 miał miejsce w glebie po zbiorze grochu i buraka cukrowego, natomiast w efekcie aplikacji nawozu Mikrogranulat-2 po zbiorze jęczmienia jarego i kukurydzy (rys. I.50-I.58).

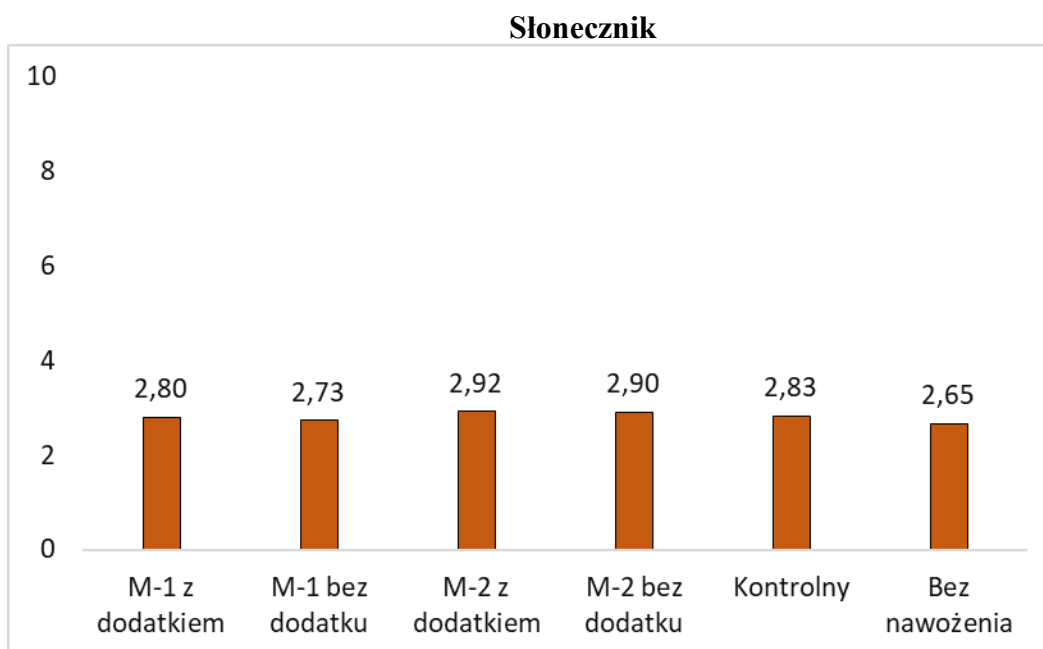
I.5.1.5. Mikroorganizmy amylolityczne



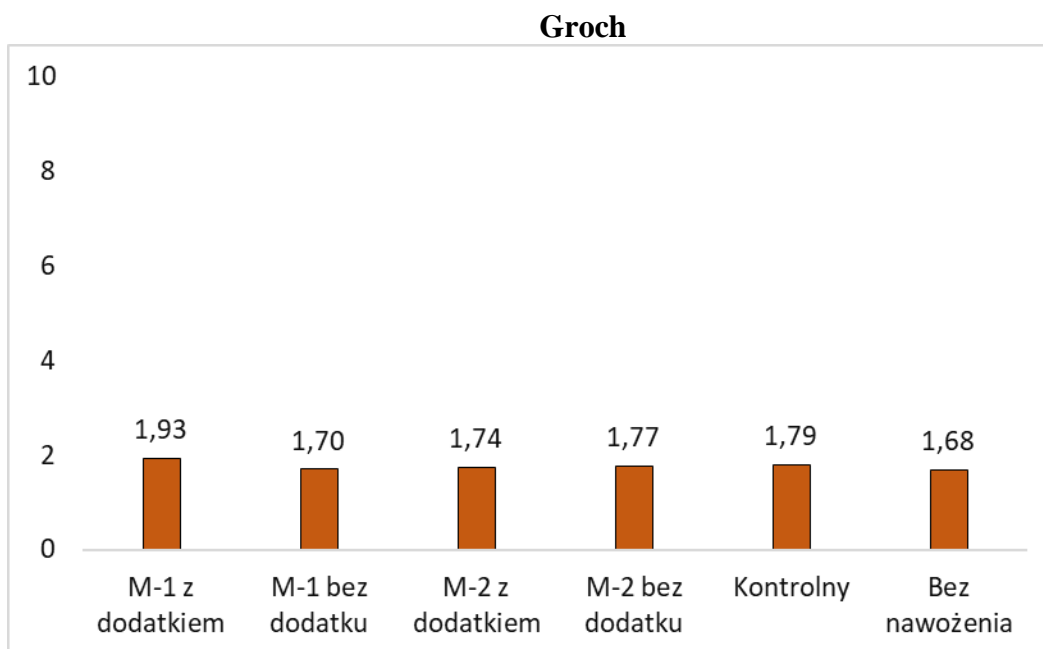
Rys. I.59. Liczebność mikroorganizmów amylolitycznych po zbiorze jęczmienia jarego (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



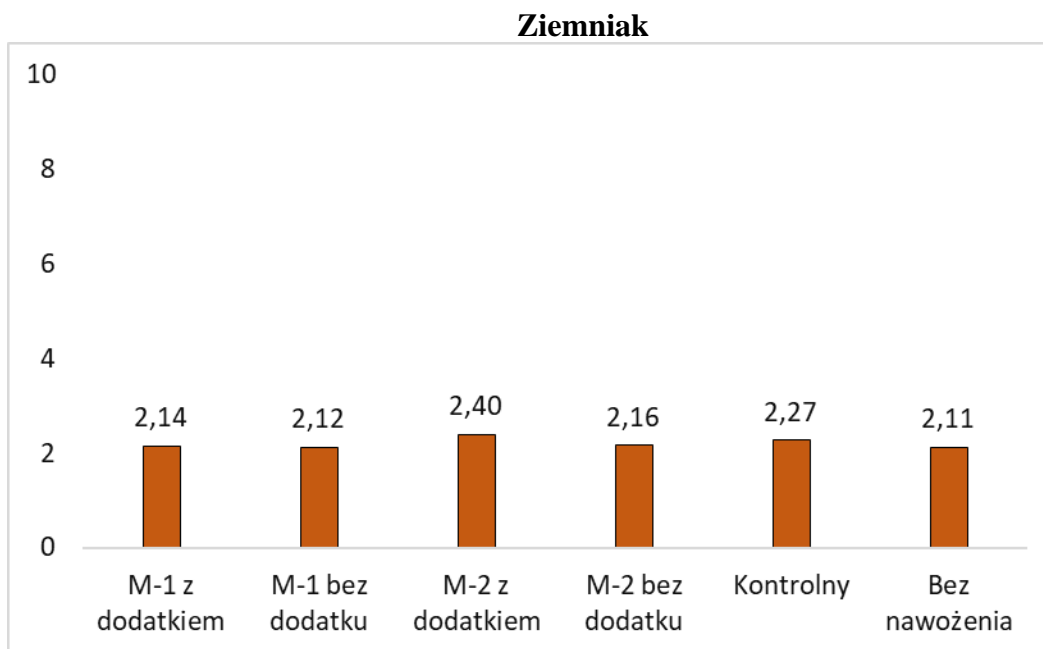
Rys. I.60. Liczebność mikroorganizmów amylolitycznych po zbiorze kukurydzy (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



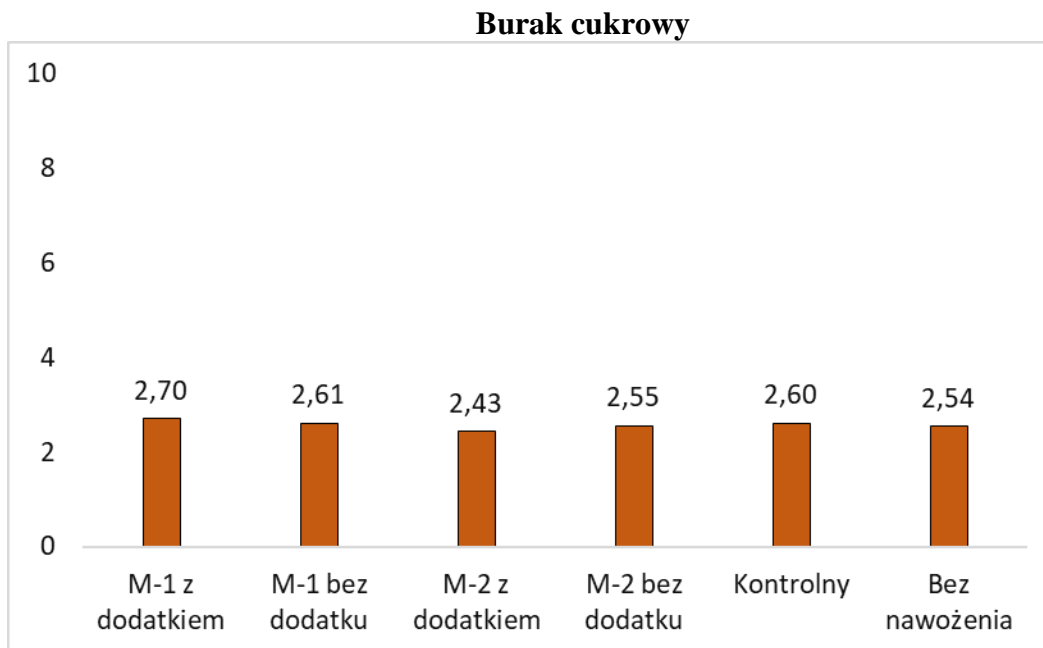
Rys. I.61. Liczebność mikroorganizmów amylolitycznych po zbiorze słonecznika (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



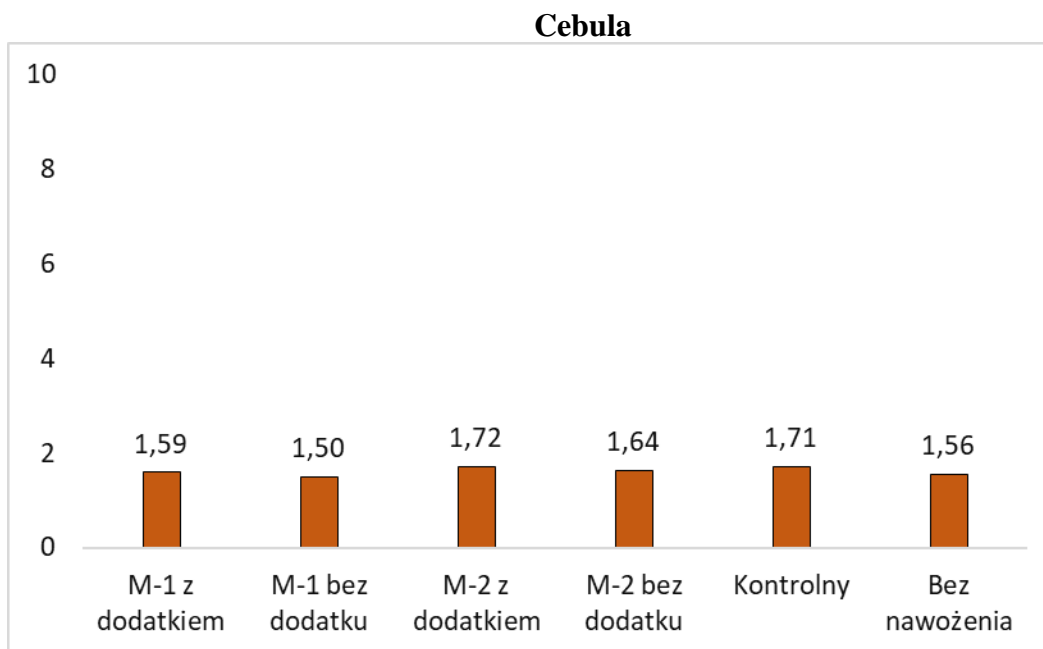
Rys. I.62. Liczebność mikroorganizmów amylolitycznych po zbiorze grochu (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



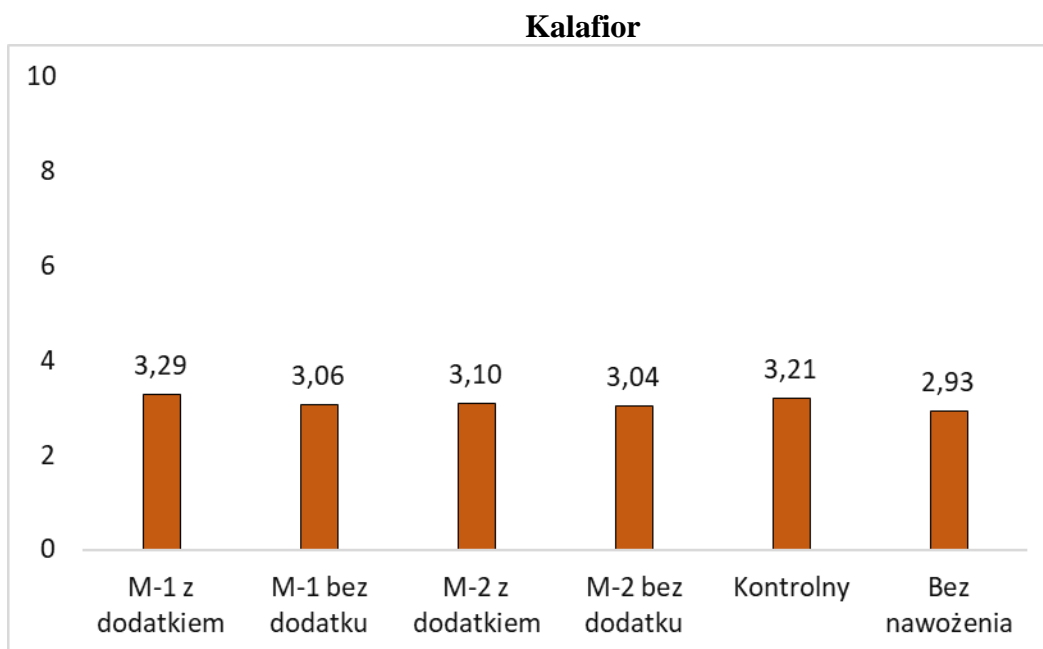
Rys. I.63. Liczebność mikroorganizmów amylolitycznych po zbiorze ziemniaka (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



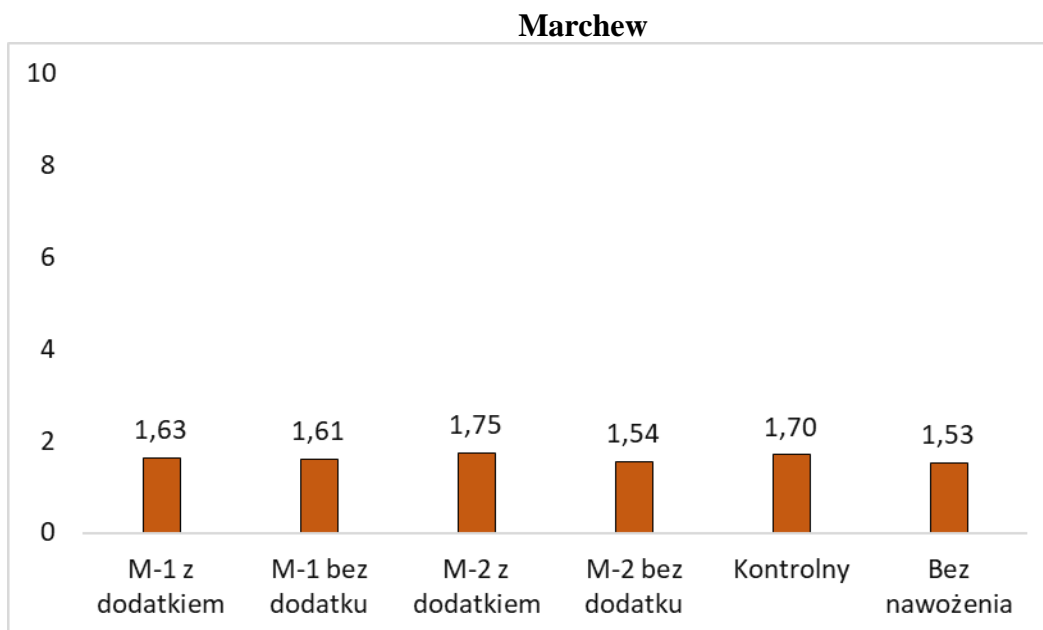
Rys. I.64. Liczebność mikroorganizmów amylolitycznych po zbiorze buraka (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



Rys. I.65. Liczebność mikroorganizmów amylolitycznych po zbiorze słonecznika (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

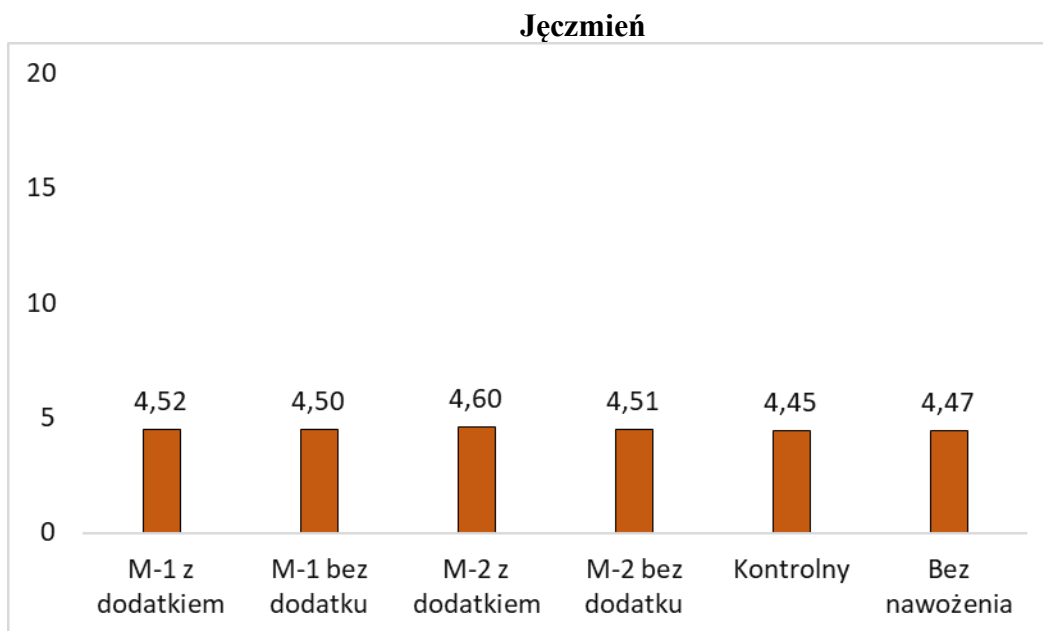


Rys. I.66. Liczebność mikroorganizmów amylolitycznych po zbiorze kalafiora (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

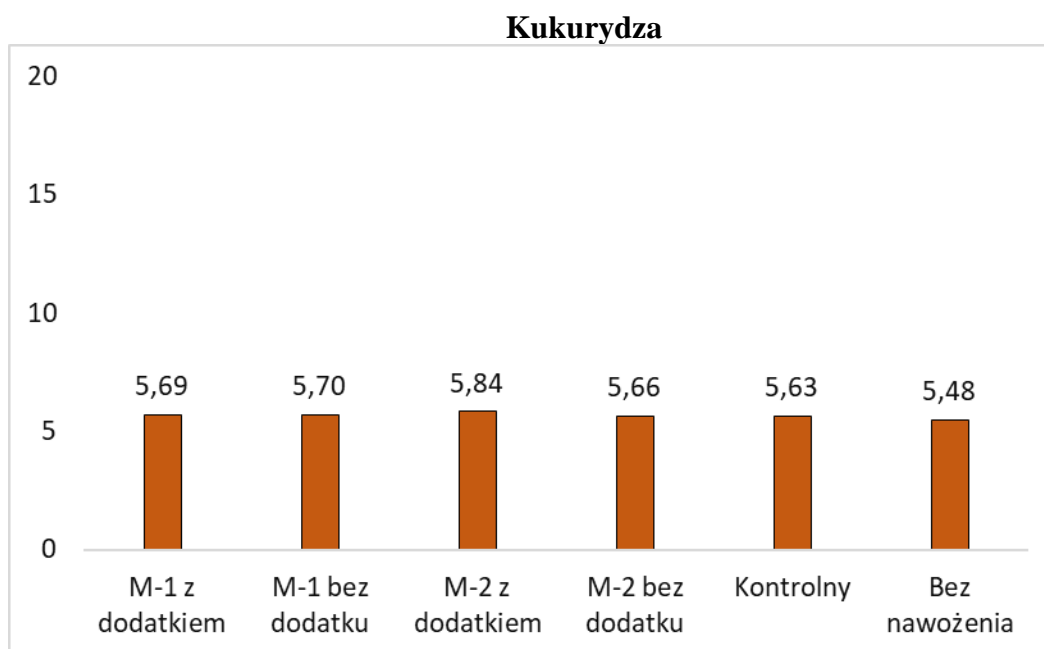


Rys. I.67. Liczebność mikroorganizmów amyloolitycznych po zbiorze słonecznika (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

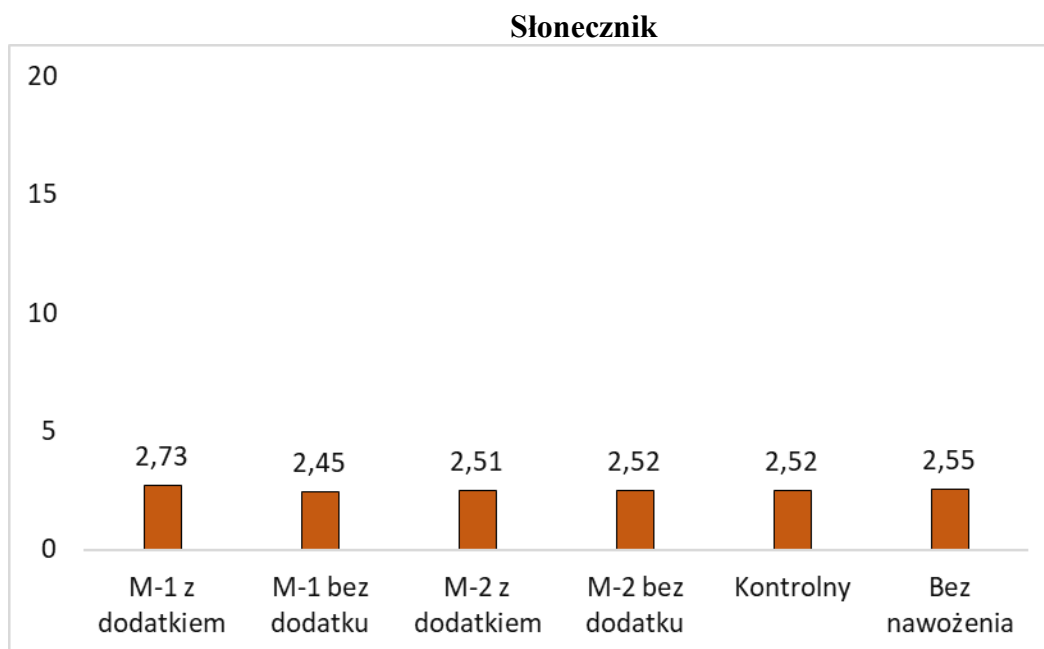
I.5.1.6. Mikroorganizmy proteolityczne



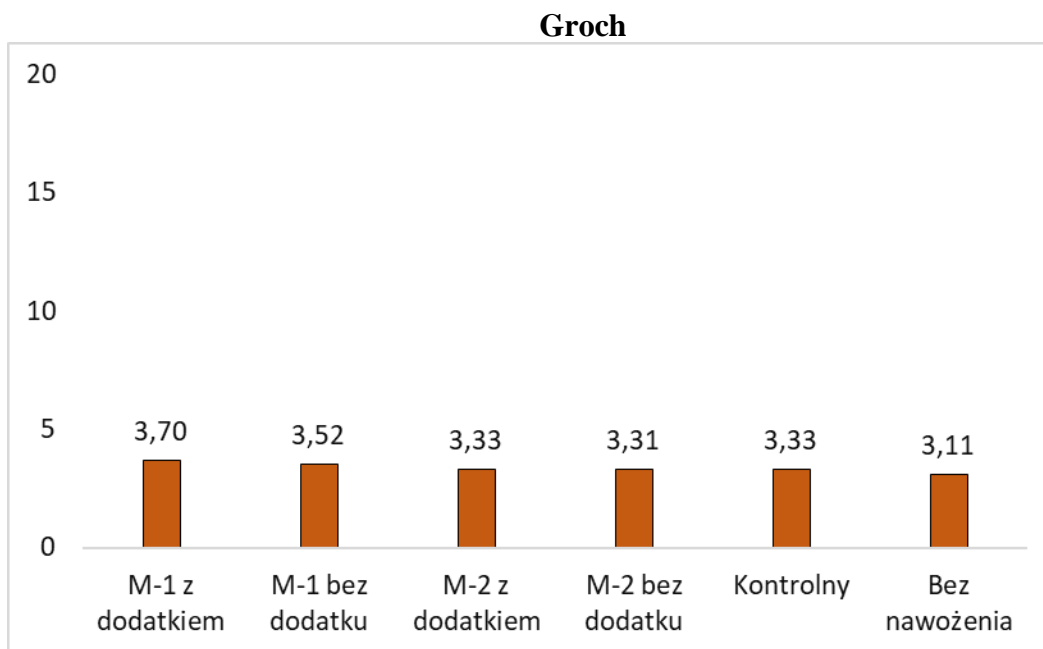
Rys. I.68. Liczebność mikroorganizmów proteolitycznych po zbiorze jęczmienia jarego (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



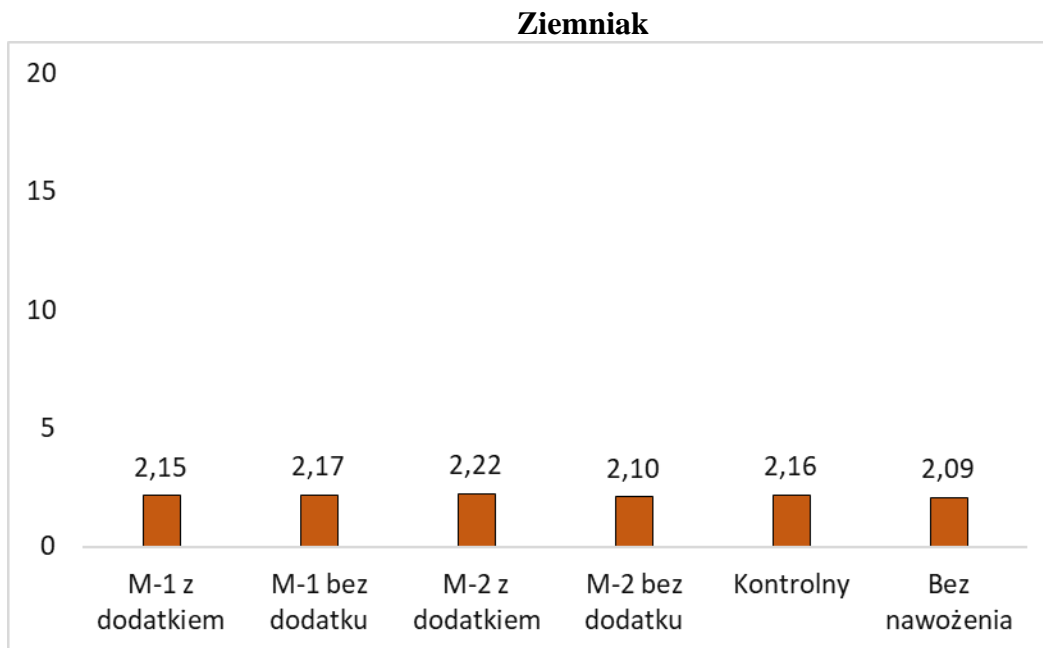
Rys. I.69. Liczebność mikroorganizmów proteolitycznych po zbiorze kukurydzy (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



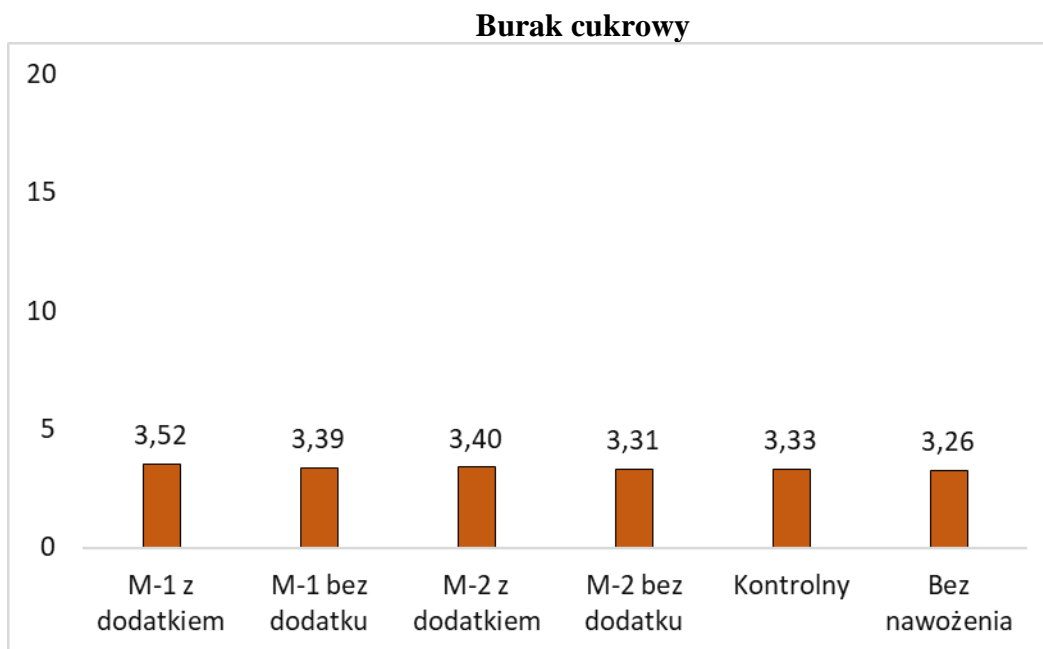
Rys. I.70. Liczebność mikroorganizmów proteolitycznych po zbiorze słonecznika (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



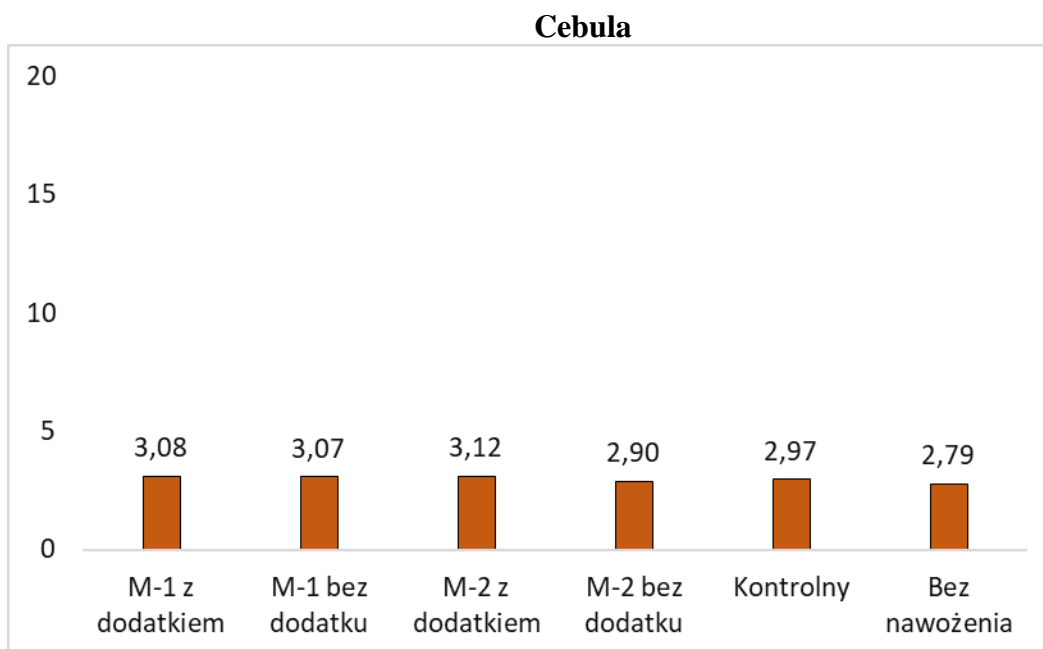
Rys. I.71. Liczebność mikroorganizmów proteolitycznych po zbiorze grochu (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



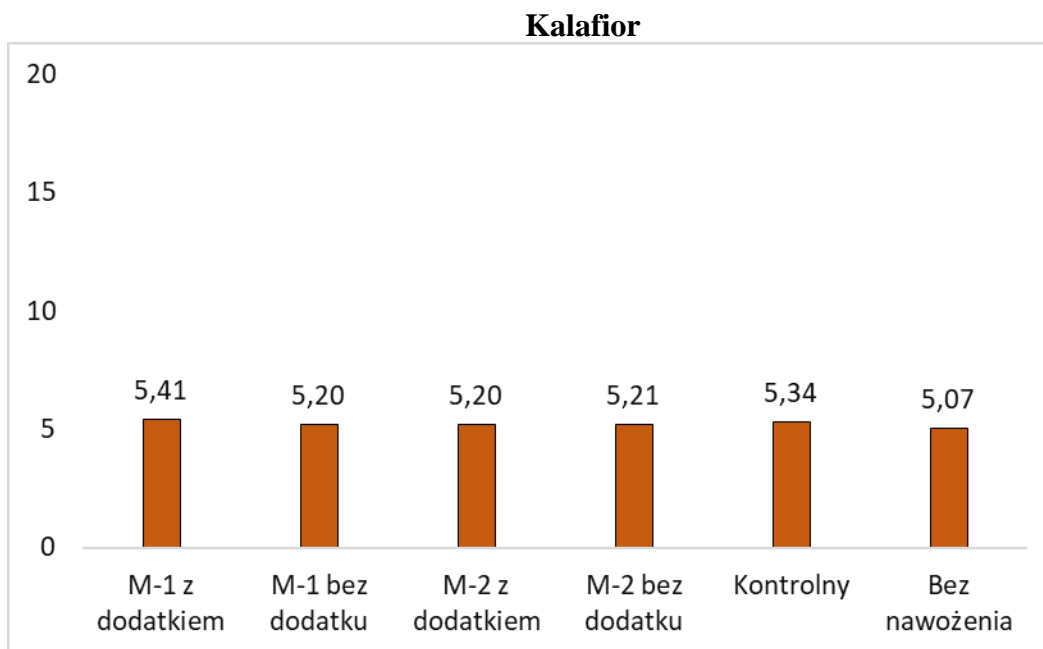
Rys. I.72. Liczebność mikroorganizmów proteolitycznych po zbiorze ziemniaka (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



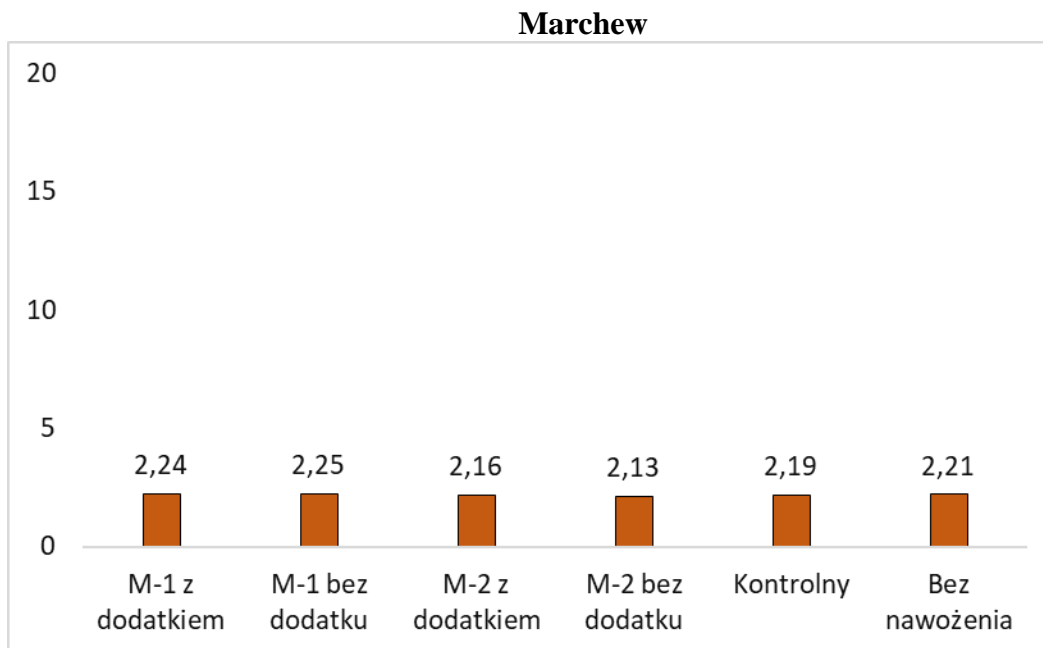
Rys. I.73. Liczebność mikroorganizmów proteolitycznych po zbiorze buraka (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



Rys. I.74. Liczebność mikroorganizmów proteolitycznych po zbiorze słończnika (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



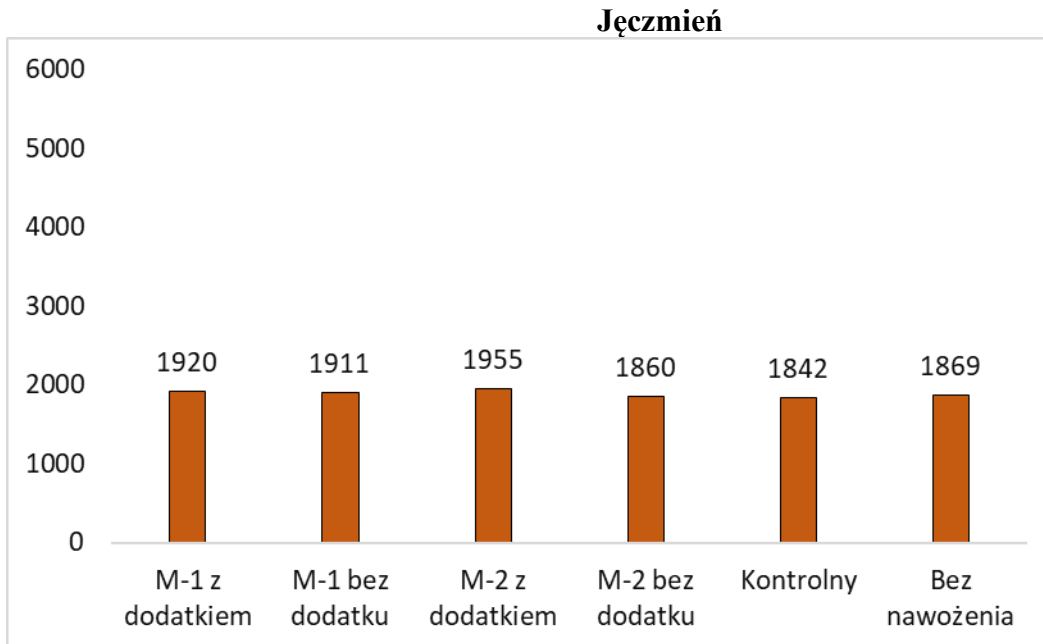
Rys. I.75. Liczebność mikroorganizmów proteolitycznych po zbiorze kalafiora (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



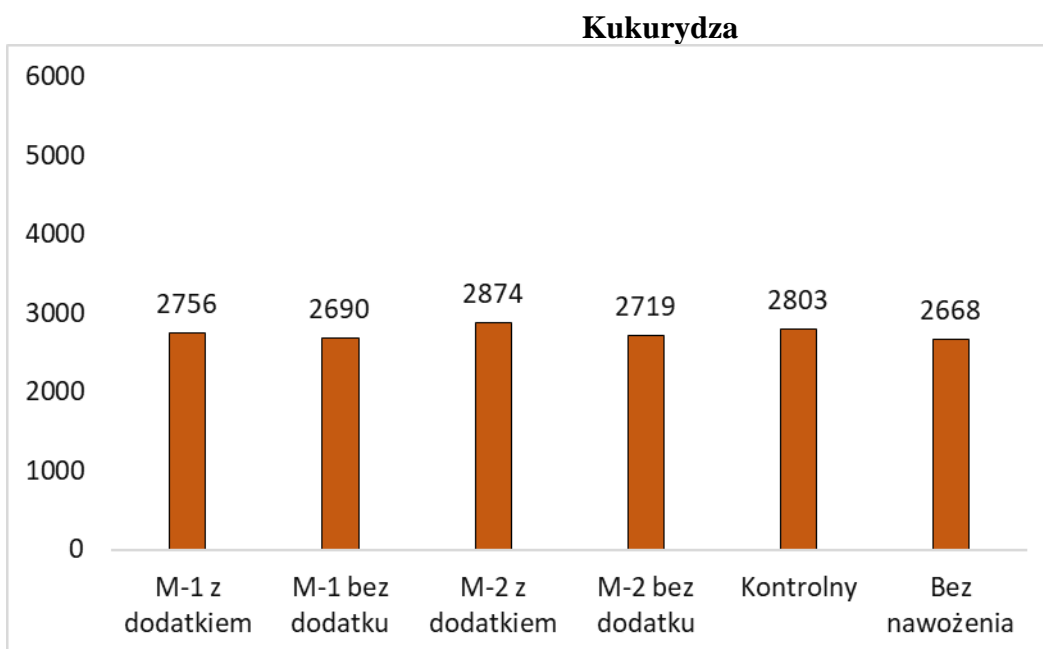
Rys. I.76. Liczebność mikroorganizmów proteolitycznych po zbiorze słończnika (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

Liczebność mikroorganizmów amyloolitycznych i proteolitycznych była na ogół mniejsza niż liczebność bakterii ogółem czy mikroorganizmów celulozowych (rys. I.59-I.76). Pod wpływem przynajmniej jednego nawozu według projektu z dodatkami funkcjonalnymi liczebność mikroorganizmów amyloolitycznych w glebie była większa niż pod wpływem nawozu kontrolnego i gleby nienawożonej (rys. I.59-I.67). Jedynie liczebność tych drobnoustrojów w glebie po zbiorze kukurydzy nawożonej badanymi nawozami była mniejsza niż w glebie, do której aplikowano nawóz kontrolny. Takiego wyjątku nie stwierdzono natomiast w odniesieniu do oceny liczebności mikroorganizmów proteolitycznych (rys. I.68-I.76).

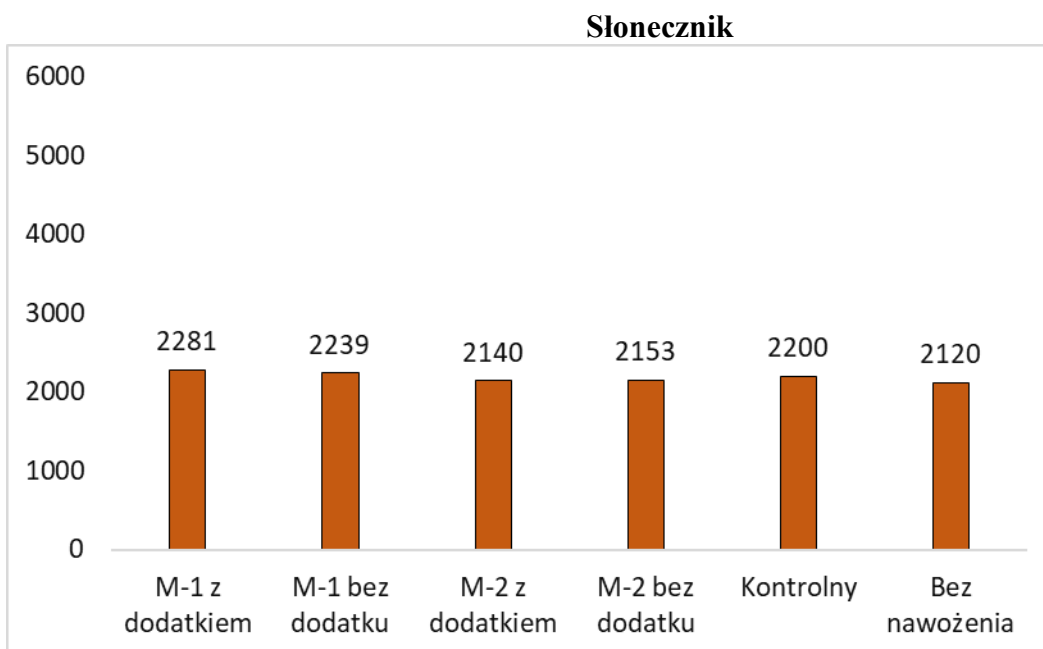
I.5.1.7. Biomasa żywych mikroorganizmów



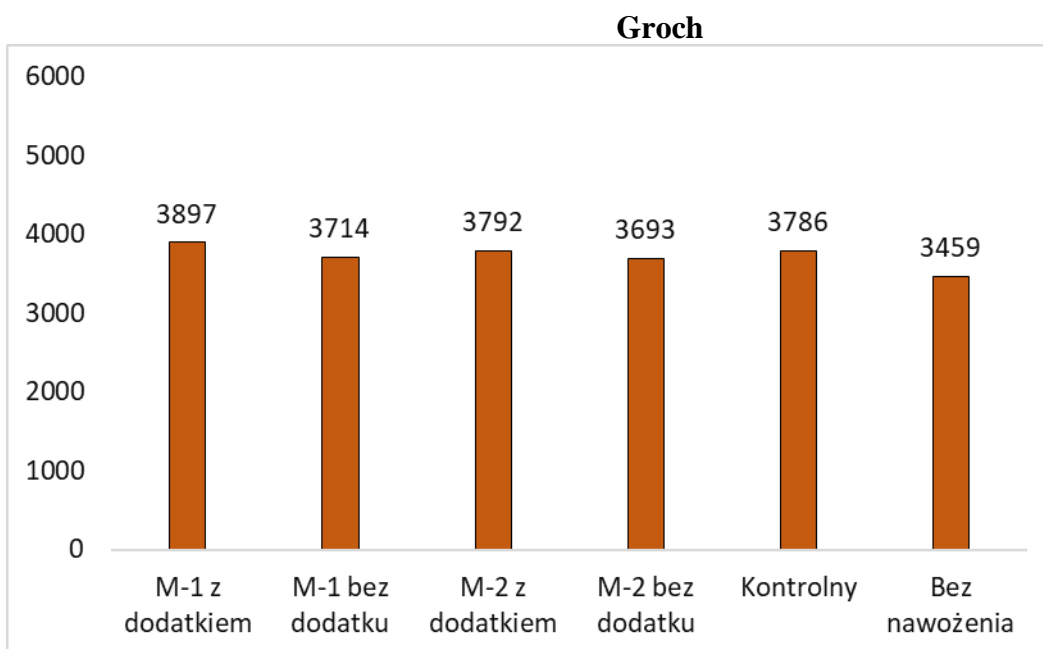
Rys. I.77. Biomasa żywych mikroorganizmów po zbiorze jęczmienia jarego (mg C 100 g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



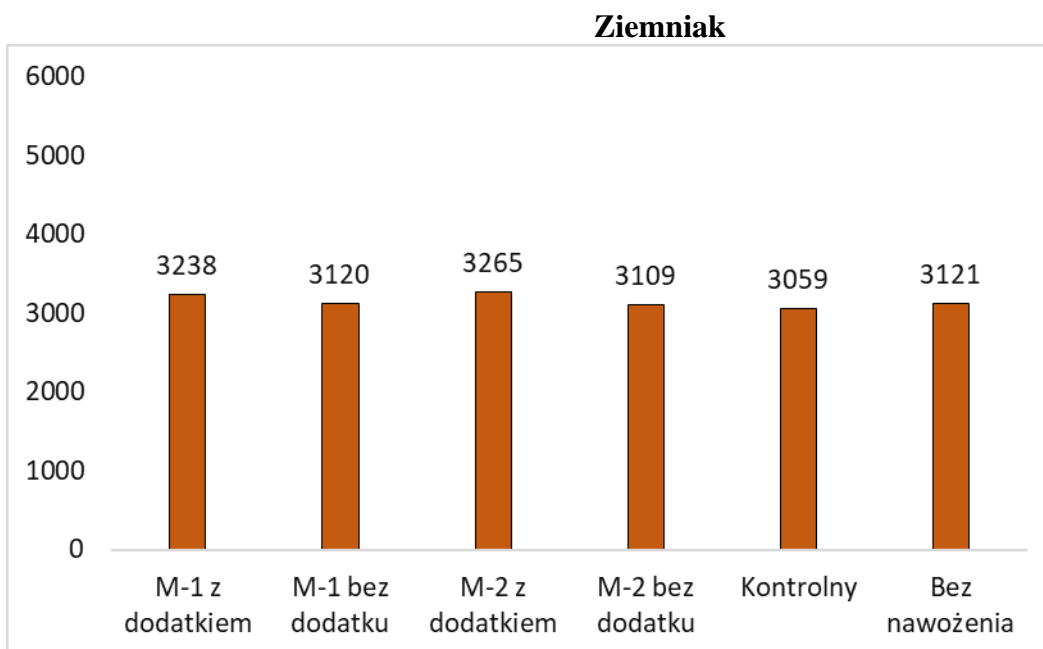
Rys. I.78. Biomasa żywych mikroorganizmów po zbiorze kukurydzy (mg C 100 g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



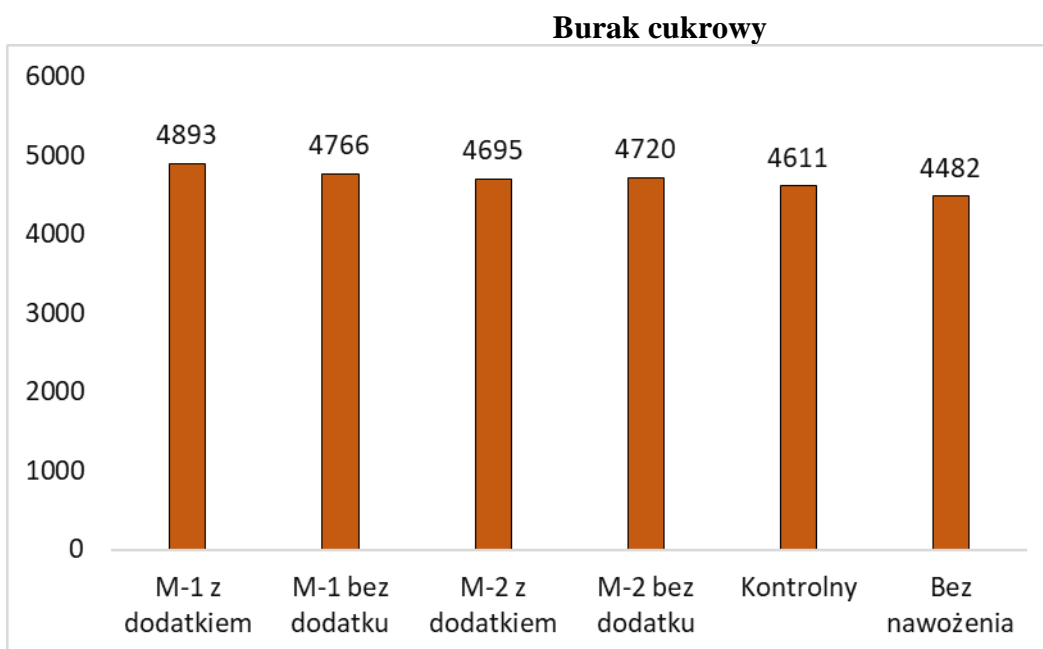
Rys. I.79. Biomasa żywych mikroorganizmów po zbiorze słonecznika (mg C 100 g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



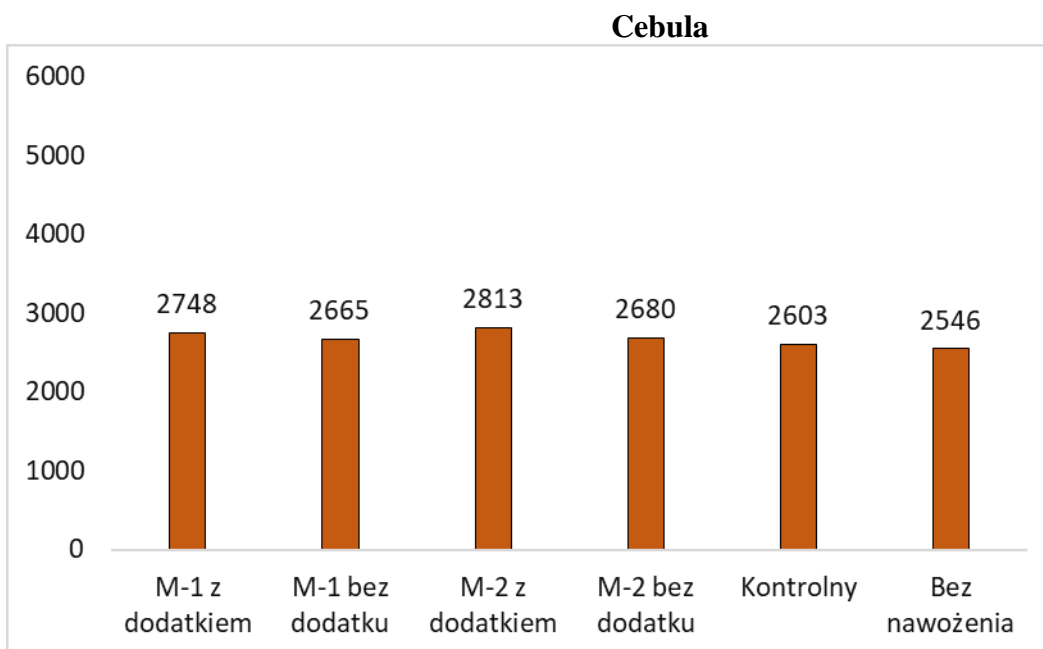
Rys. I.80. Biomasa żywych mikroorganizmów po zbiorze grochu (mg C 100 g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



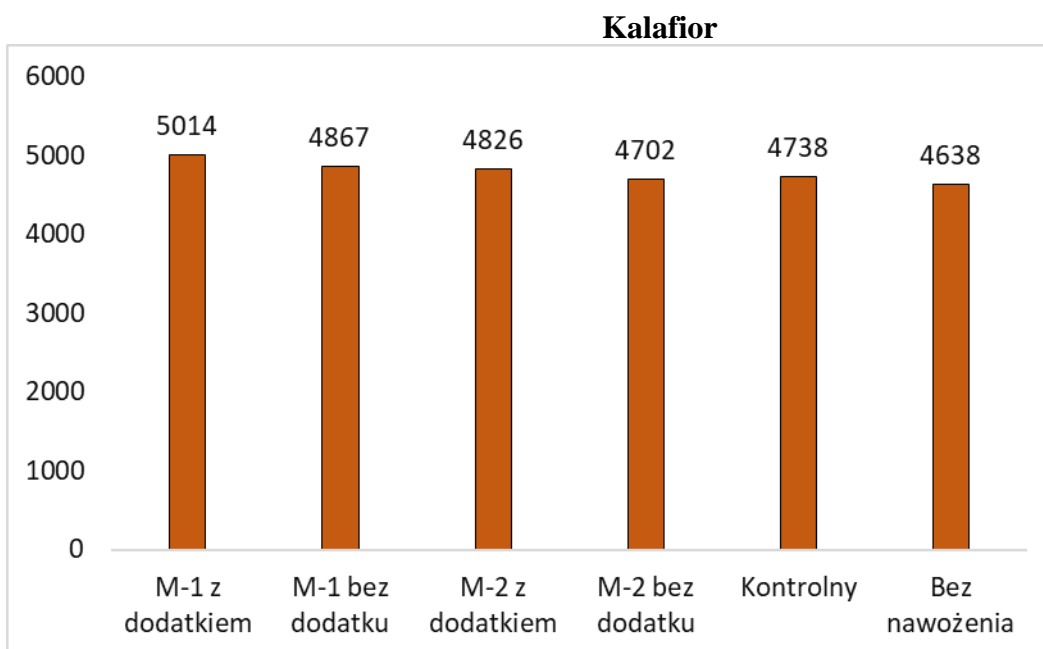
Rys. I.81. Biomasa żywych mikroorganizmów po zbiorze ziemniaka (mg C 100 g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



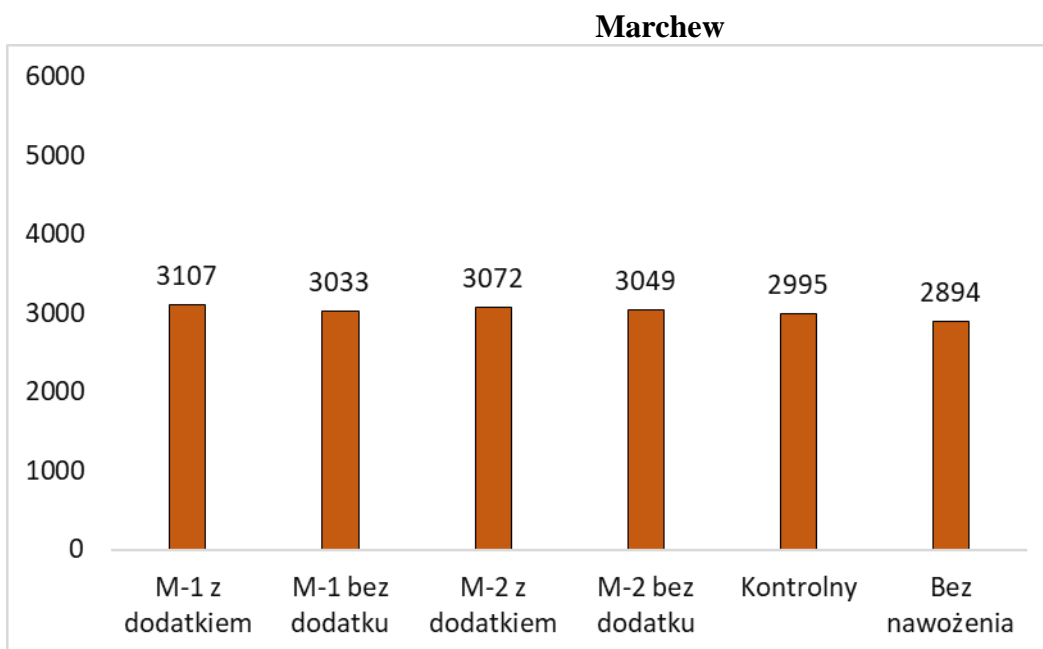
Rys. I.82. Biomasa żywych mikroorganizmów po zbiorze buraka ($\text{mg C } 100 \text{ g}^{-1}$ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



Rys. I.83. Biomasa żywych mikroorganizmów po zbiorze cebuli ($\text{mg C } 100 \text{ g}^{-1}$ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



Rys. I.84. Biomasa żywych mikroorganizmów po zbiorze kalafiora (mg C 100 g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



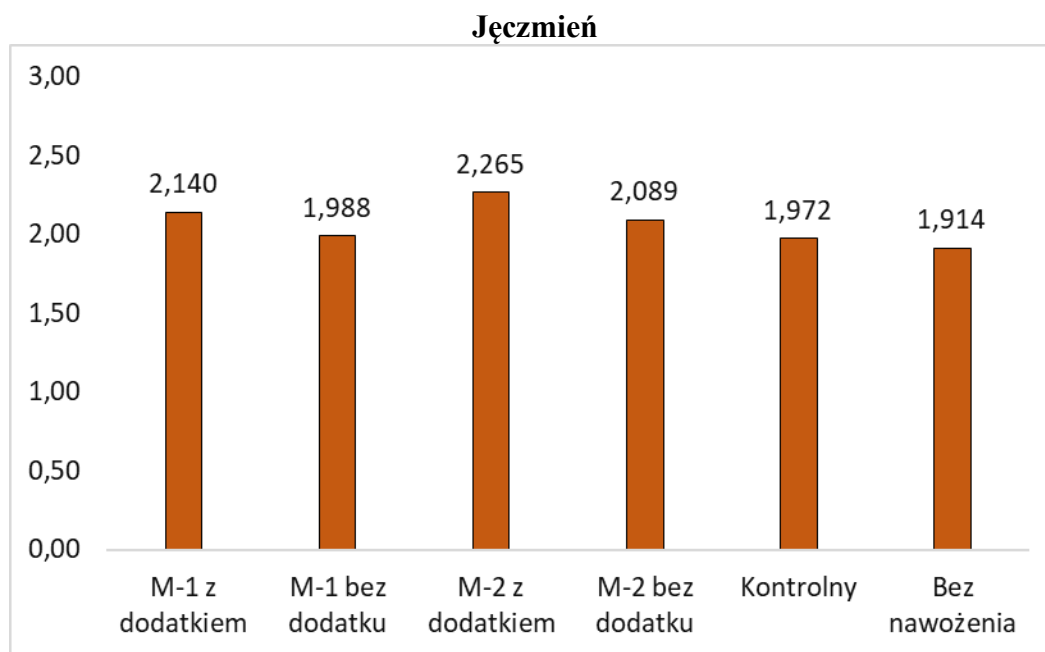
Rys. I.85. Biomasa żywych mikroorganizmów po zbiorze jęczmienia jarego (mg C 100 g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

Przynajmniej jeden z projektowanych nawozów w formie mikrogranulatu z dodatkami funkcjonalnymi stosowanych w uprawie roślin rolniczych i warzyw polowych spowodował zwiększenie biomasy żywych organizmów w glebie w porównaniu z ich biomasa w glebie nawożonej nawozem kontrolnym i nienawożonej (rys. I.77-I.85).

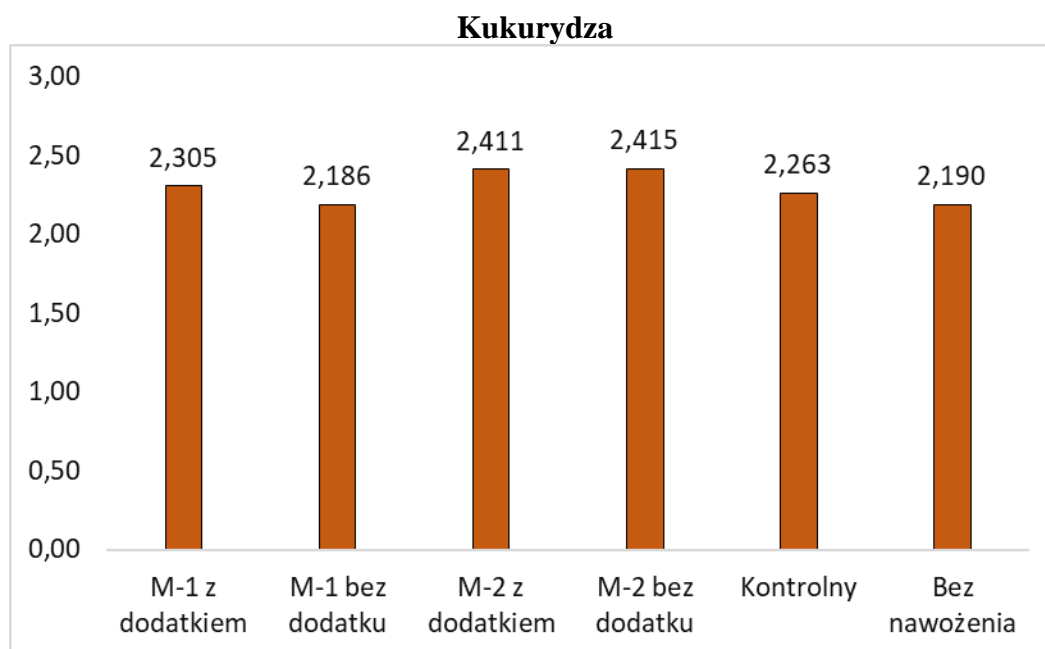
I.5.2. Analiza enzymatyczna gleby

Badaniami objęto ocenę aktywności podstawowych enzymów glebowych.

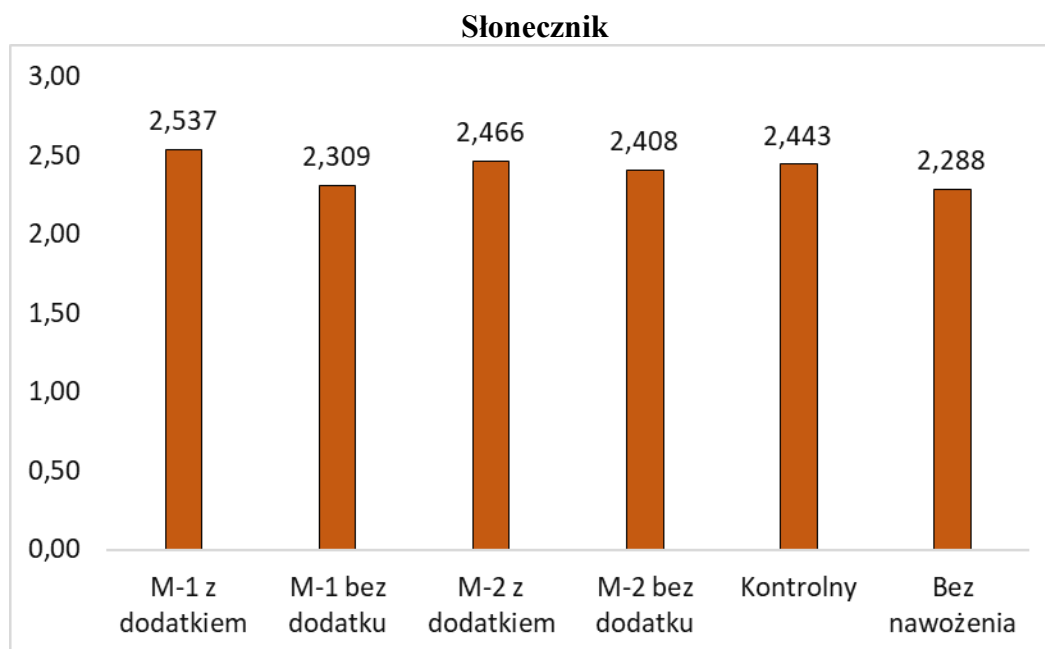
I.5.2.1. Dehydrogenazy



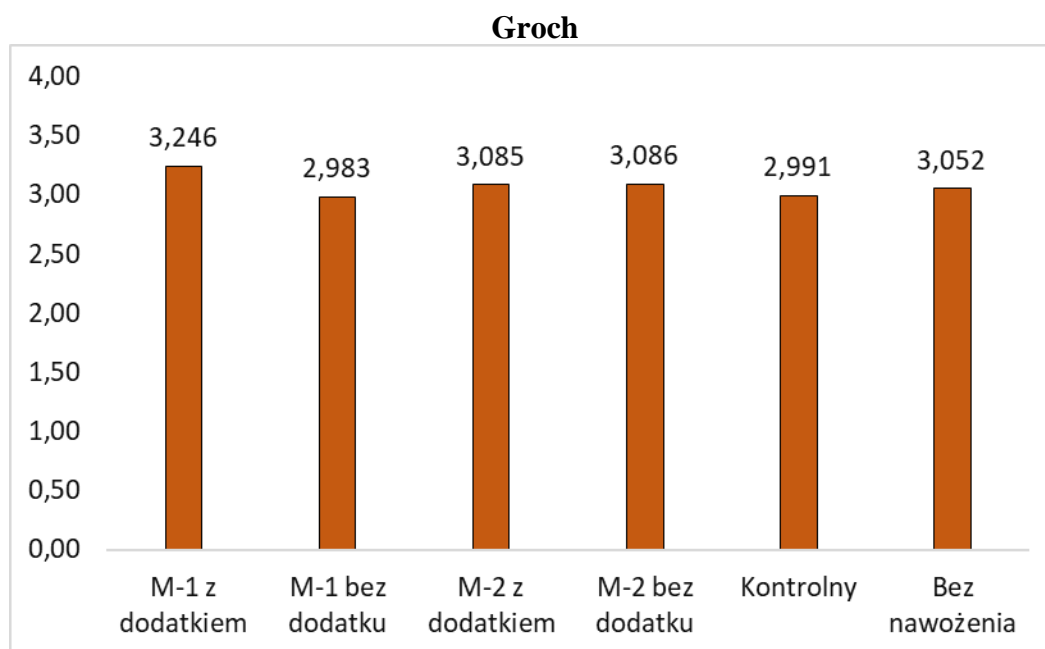
Rys. I.86. Aktywność dehydrogenaz (mg TPF kg⁻¹ 24 h⁻¹) po zbiorze jęczmienia pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



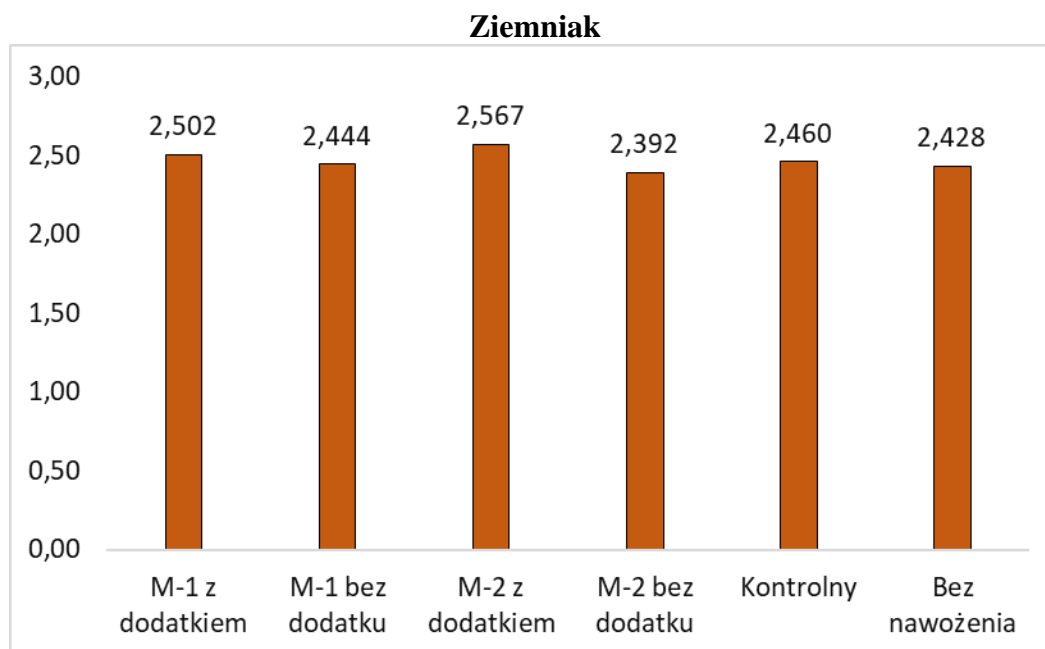
Rys. I.87. Aktywność dehydrogenaz (mg TPF kg⁻¹ 24 h⁻¹) po zbiorze kukurydzy pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



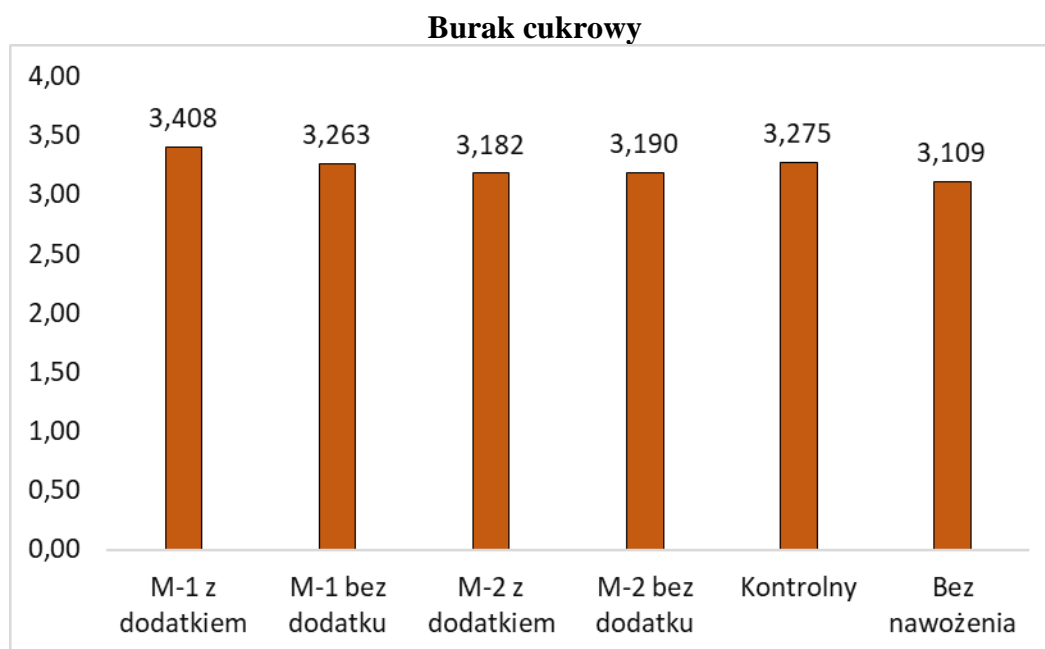
Rys. I.88. Aktywność dehydrogenaz (mg TPF kg⁻¹ 24 h⁻¹) po zbiorze słonecznika pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



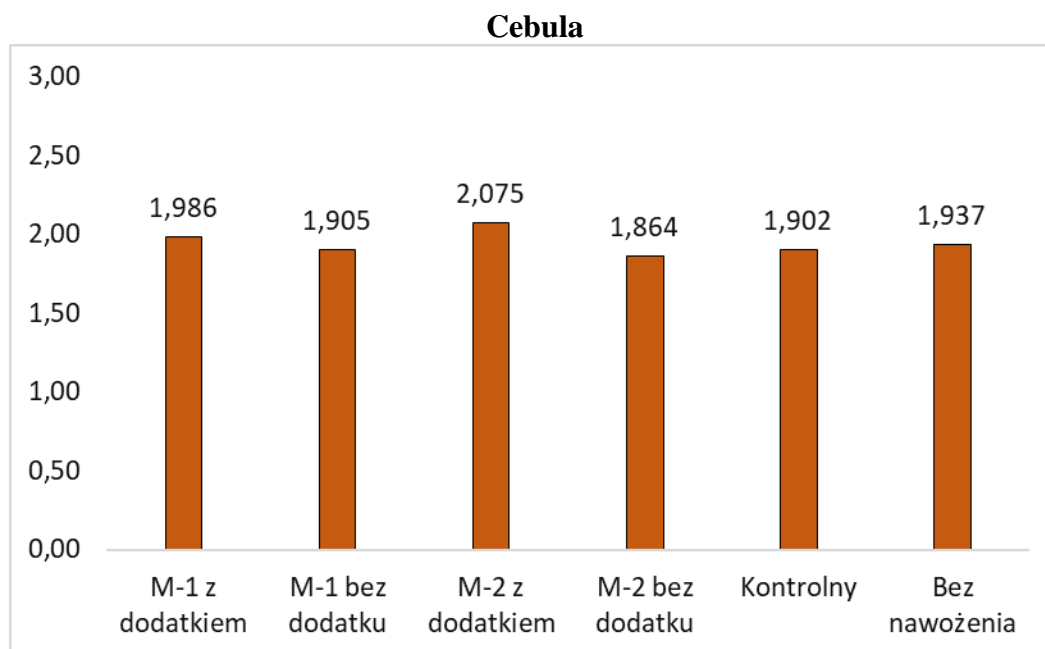
Rys. I.89. Aktywność dehydrogenaz (mg TPF kg⁻¹ 24 h⁻¹) po zbiorze grochu pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



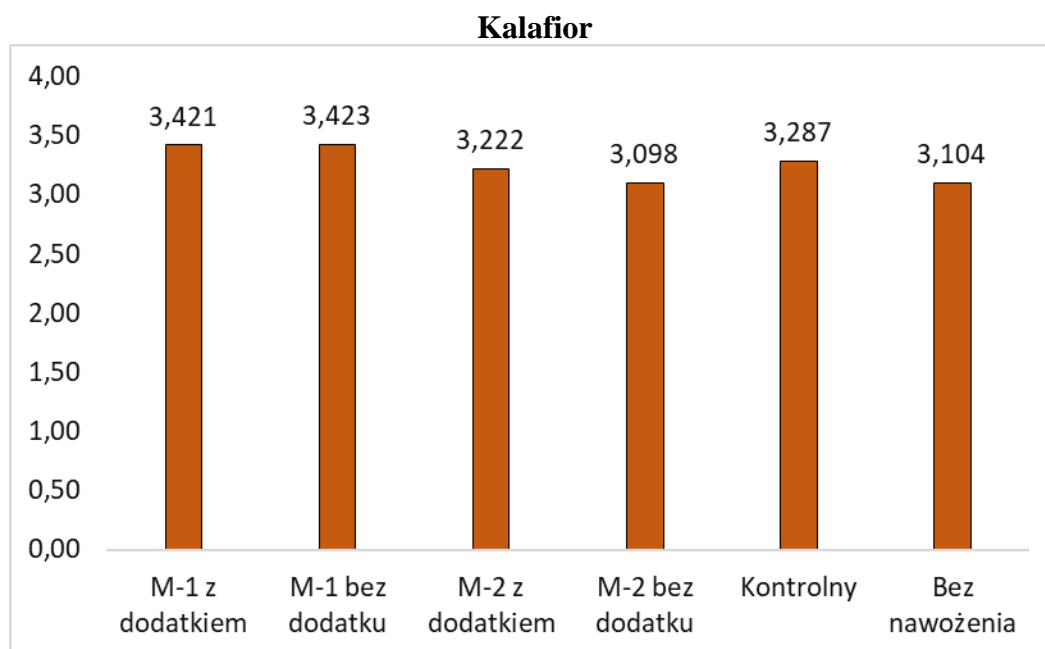
Rys. I.90. Aktywność dehydrogenaz (mg TPF kg⁻¹ 24 h⁻¹) po zbiorze ziemniaka pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



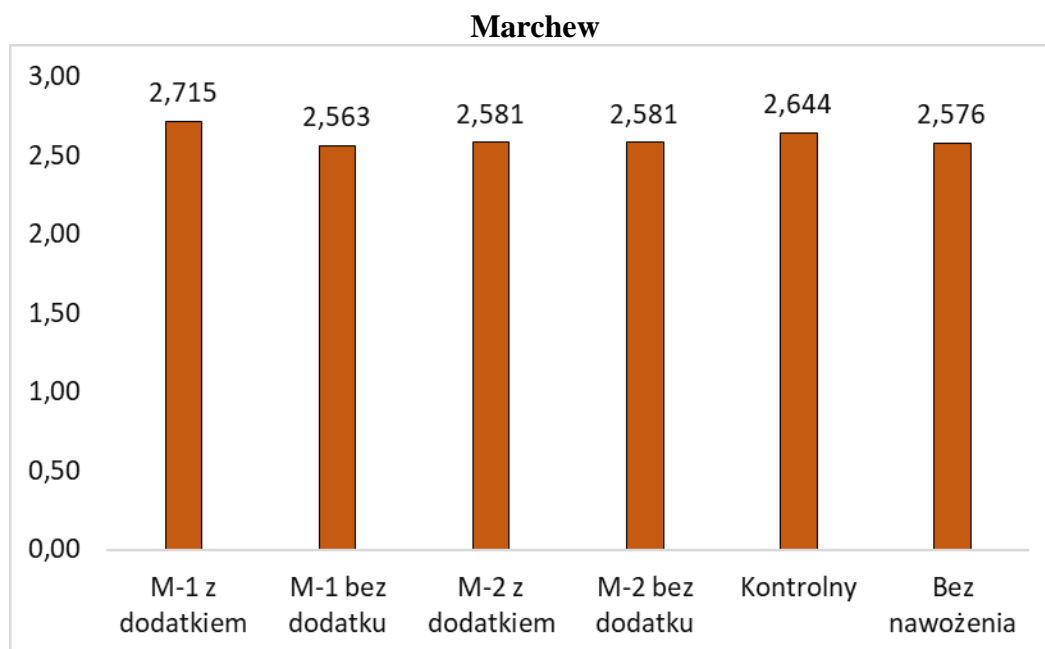
Rys. I.91. Aktywność dehydrogenaz (mg TPF kg⁻¹ 24 h⁻¹) po zbiorze buraka pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



Rys. I.92. Aktywność dehydrogenaz (mg TPF kg⁻¹ 24 h⁻¹) po zbiorze cebuli pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

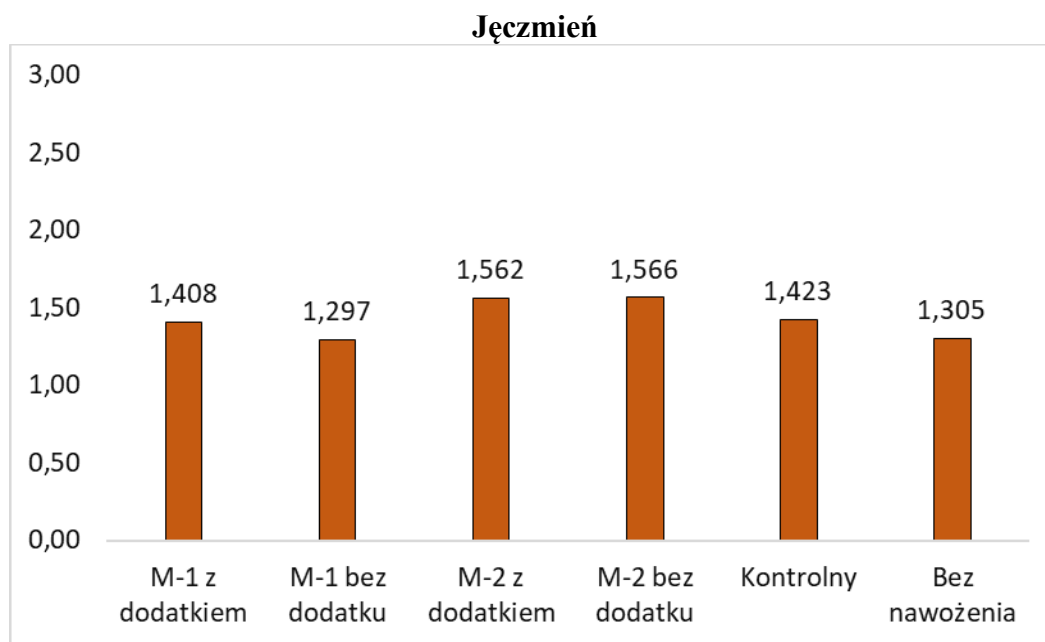


Rys. I.93. Aktywność dehydrogenaz (mg TPF kg⁻¹ 24 h⁻¹) po zbiorze kalafiora pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

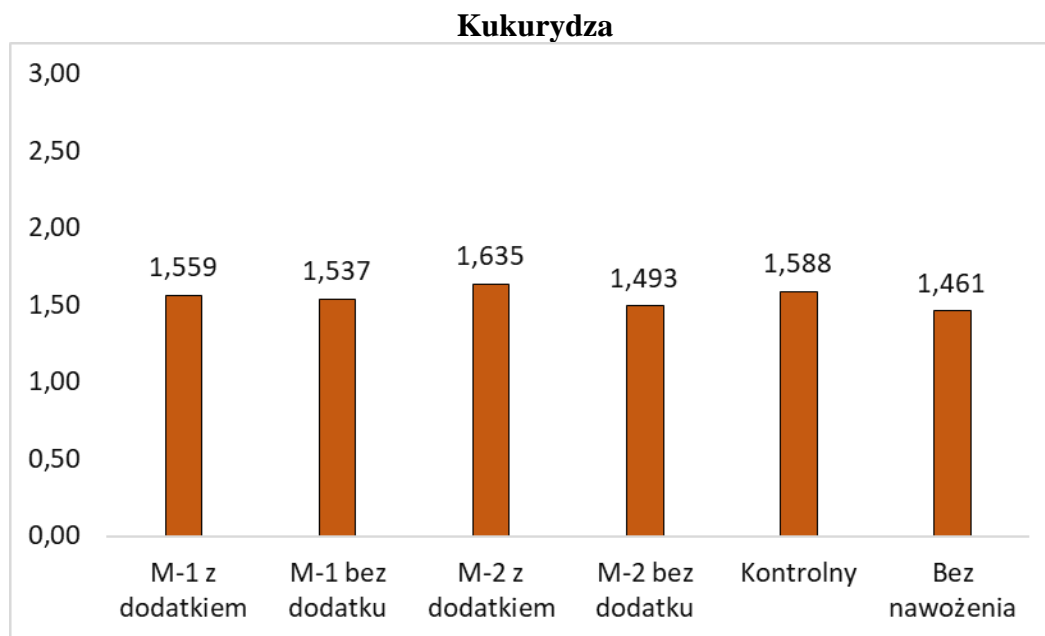


Rys. I.94. Aktywność dehydrogenaz (mg TPF kg⁻¹ 24 h⁻¹) po zbiorze marchwi pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

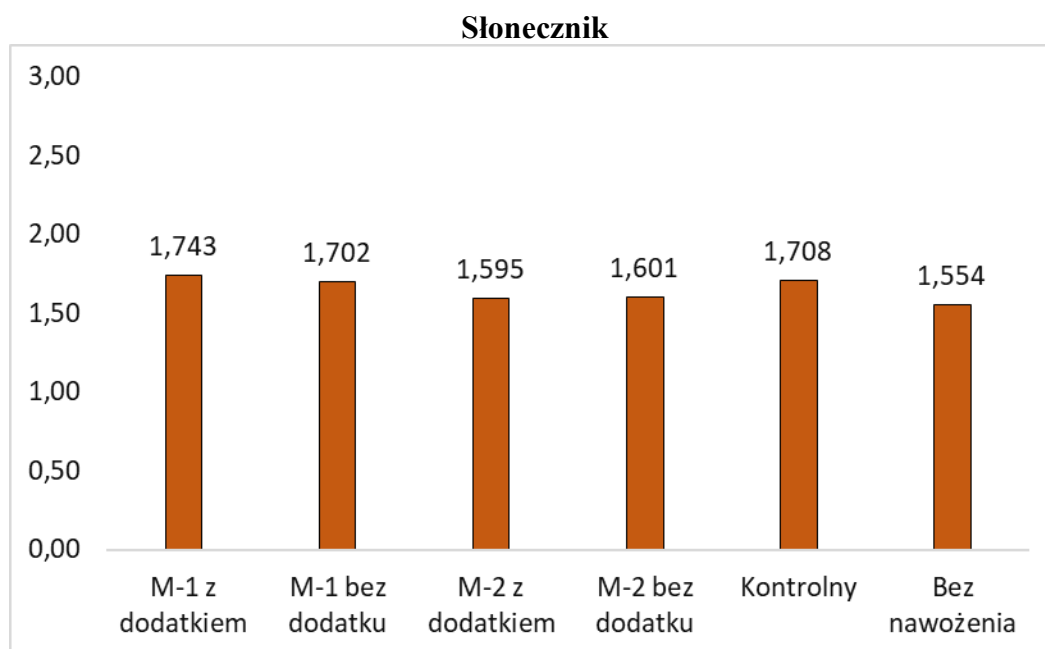
I.5.2.2. Fosfataza alkaliczna



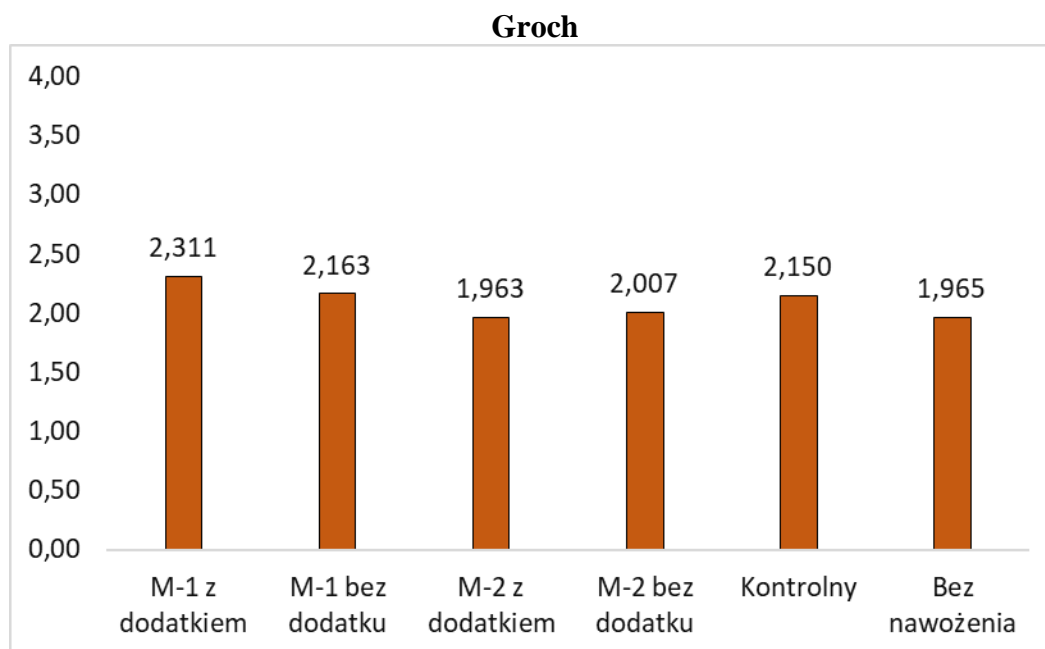
Rys. I.95. Aktywność fosfatazy alkalicznej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze jęczmienia pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



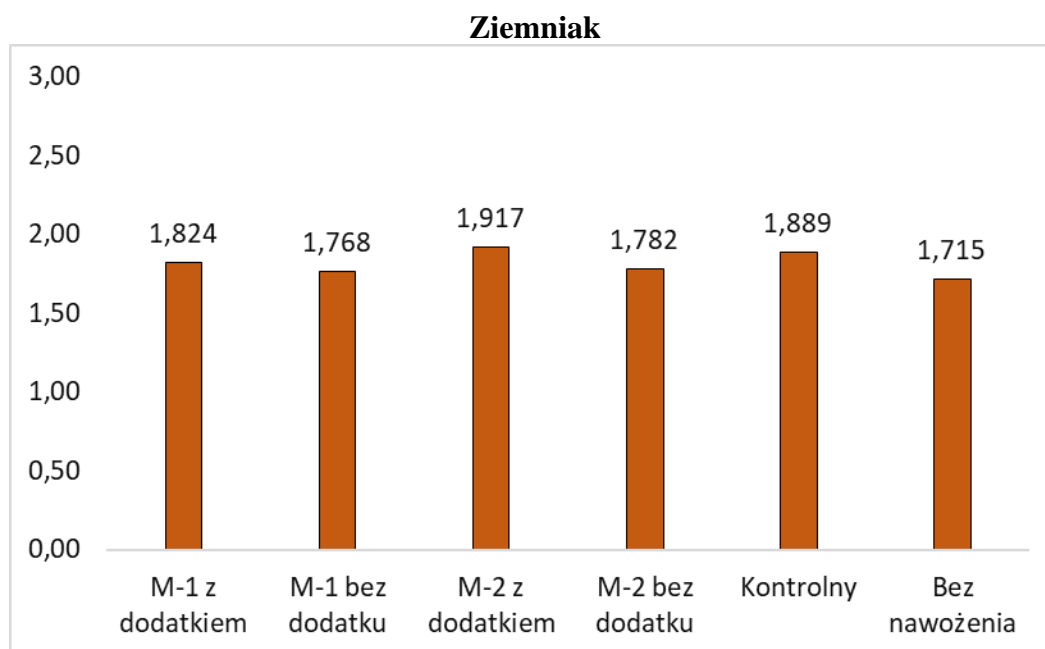
Rys. I.96. Aktywność fosfatazy alkalicznej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze kukurydzy pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



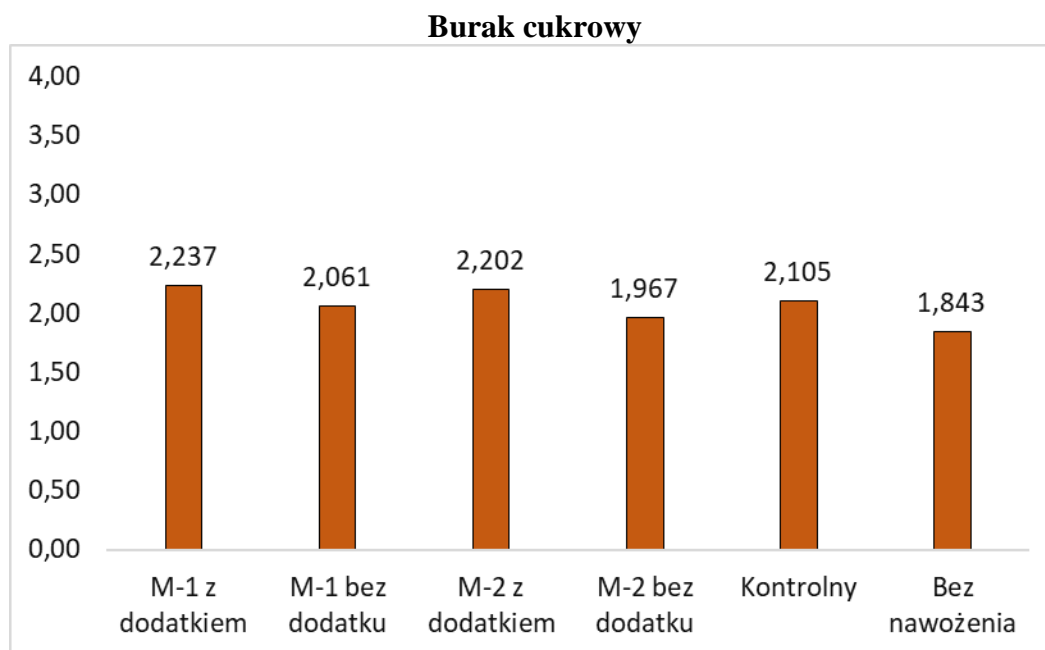
Rys. I.97. Aktywność fosfatazy alkalicznej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze słonecznika pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



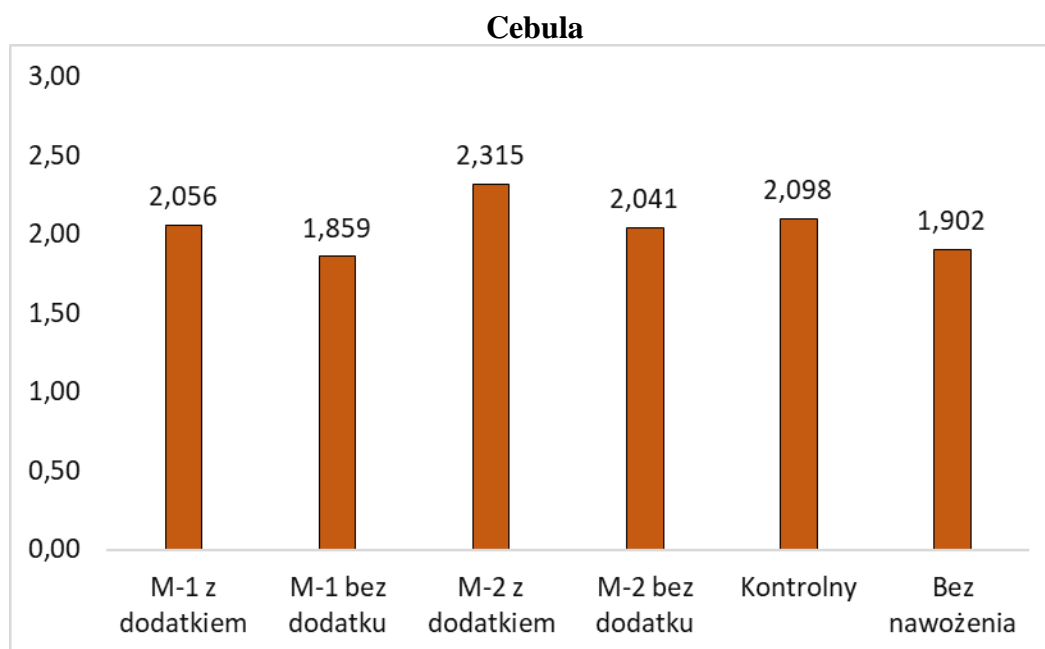
Rys. I.98. Aktywność fosfatazy alkalicznej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze grochu pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



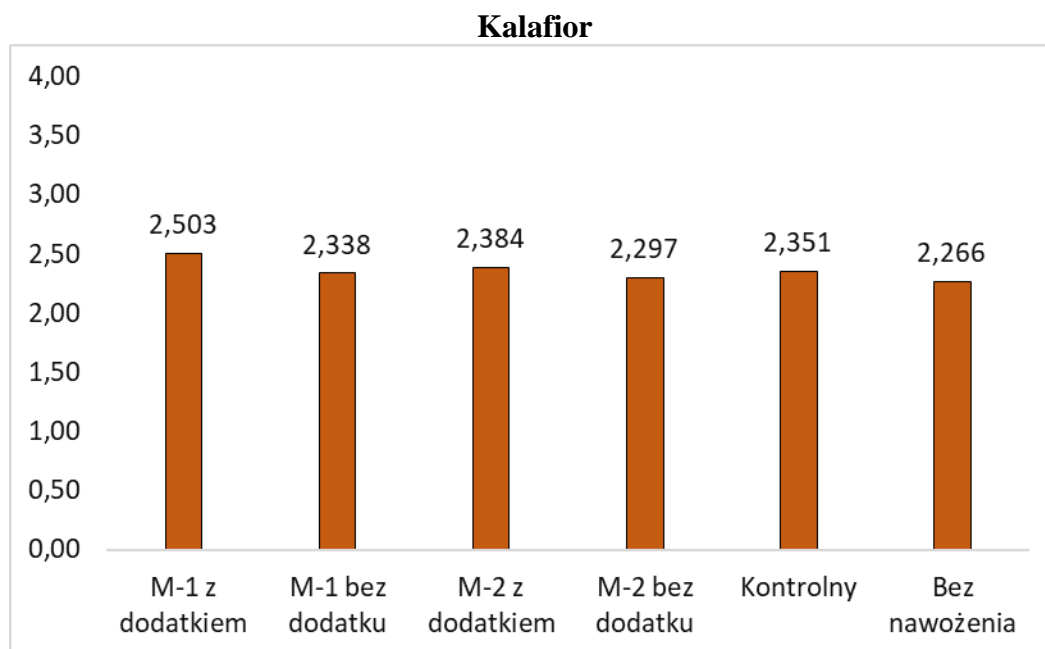
Rys. I.99. Aktywność fosfatazy alkalicznej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze ziemniaka pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



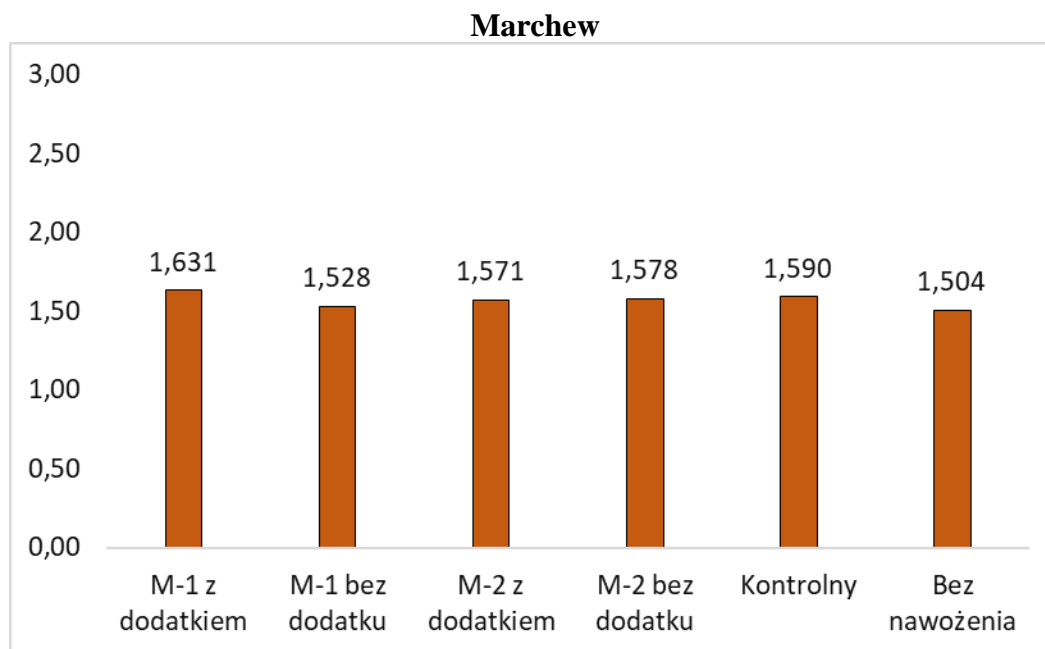
Rys. I.100. Aktywność fosfatazy alkalicznej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze buraka pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



Rys. I.101. Aktywność fosfatazy alkalicznej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze cebuli pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

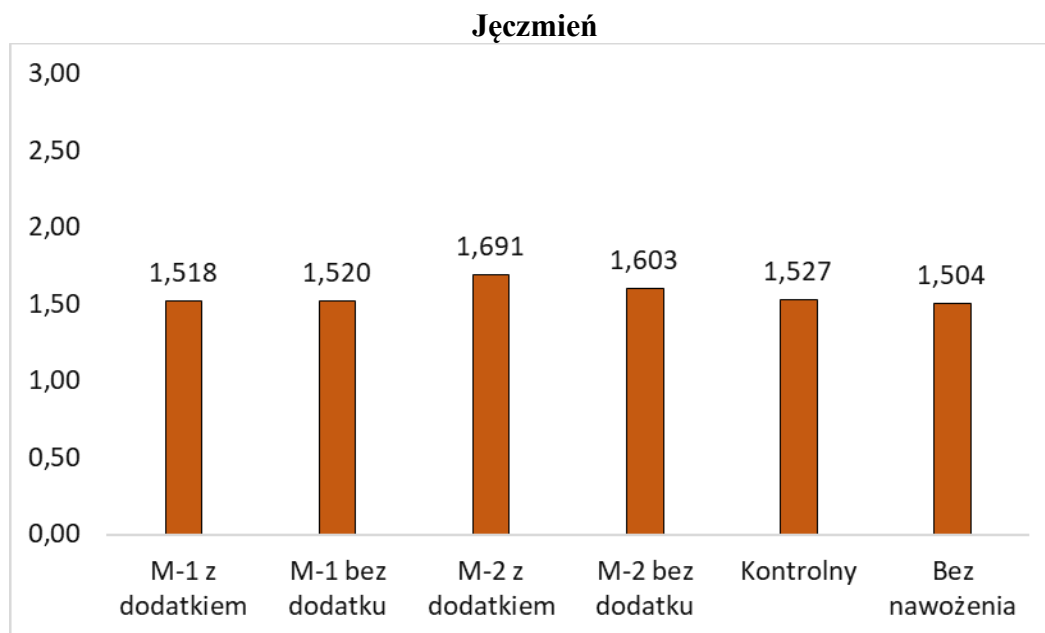


Rys. I.102. Aktywność fosfatazy alkalicznej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze kalafiora pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

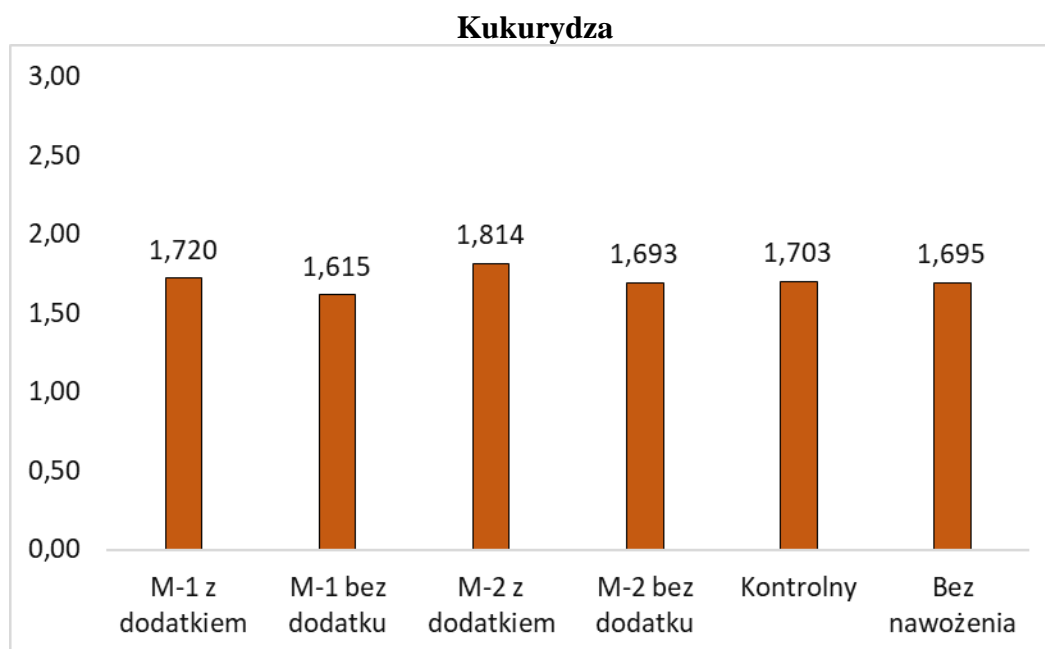


Rys. I.103. Aktywność fosfatazy alkalicznej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze marchwi pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

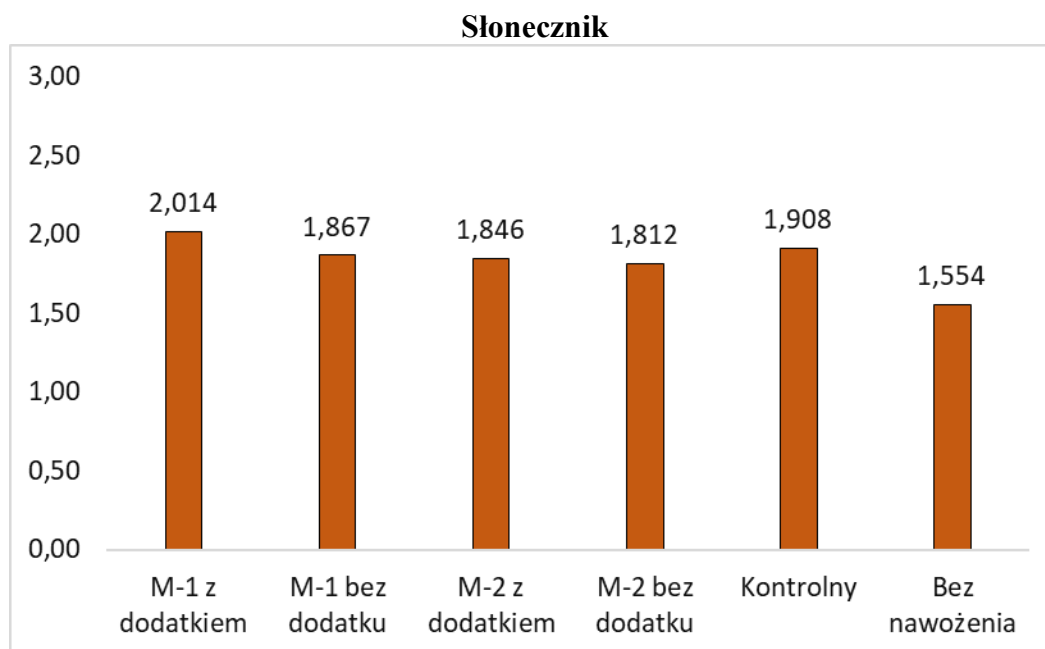
I.5.2.3. Fosfataza kwaśna



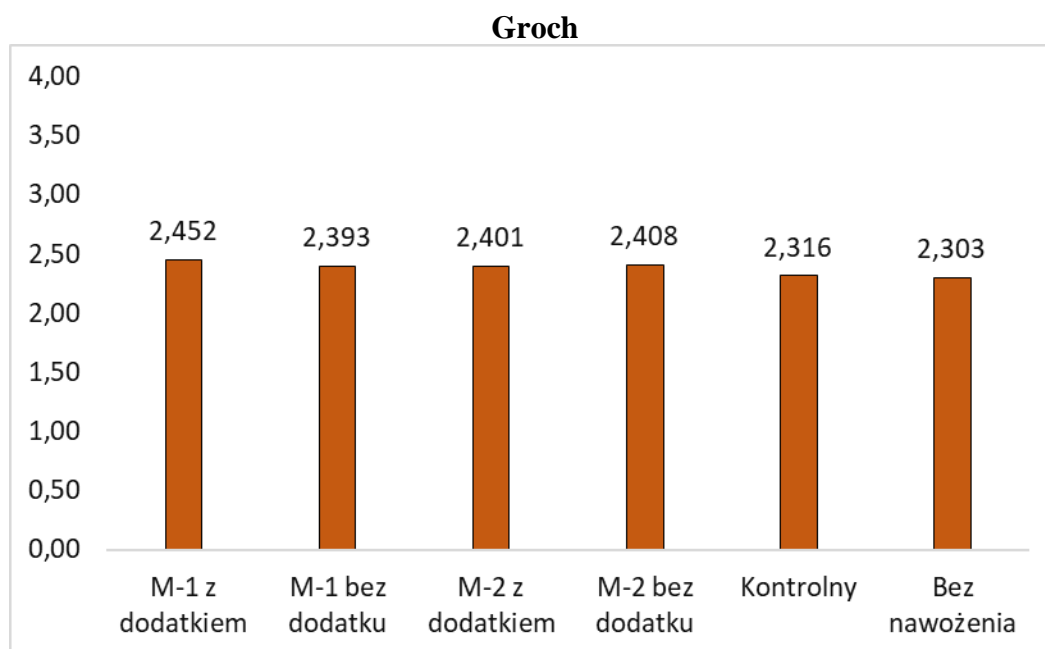
Rys. I.103/104. Aktywność fosfatazy kwaśnej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze jęczmienia pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



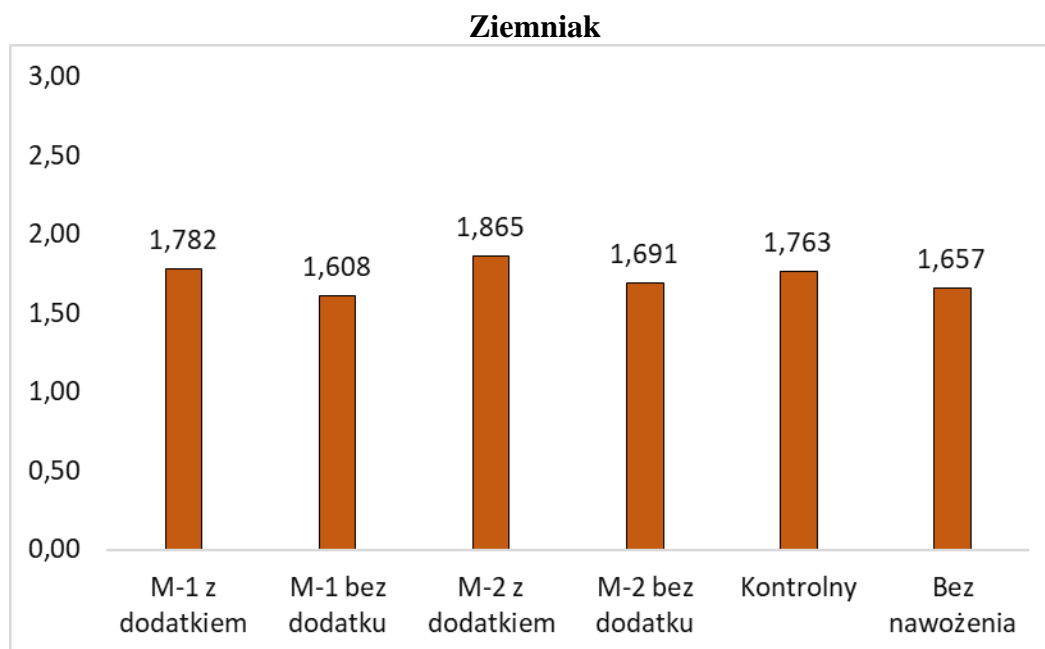
Rys. I.104. Aktywność fosfatazy kwaśnej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze kukurydzy pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



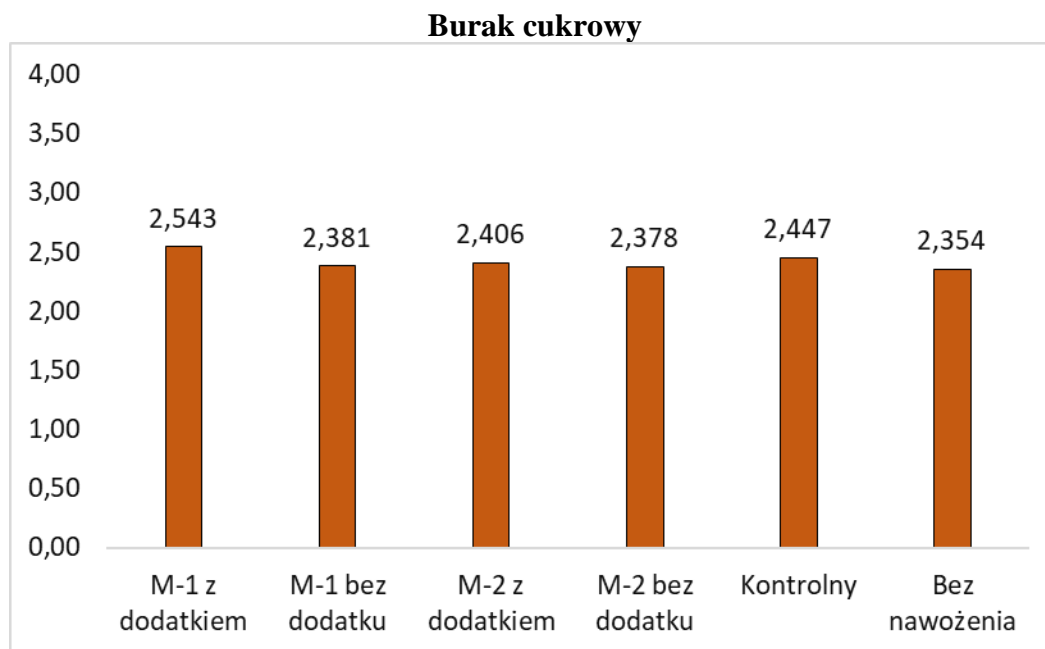
Rys. I.105. Aktywność fosfatazy kwaśnej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze słonecznika pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



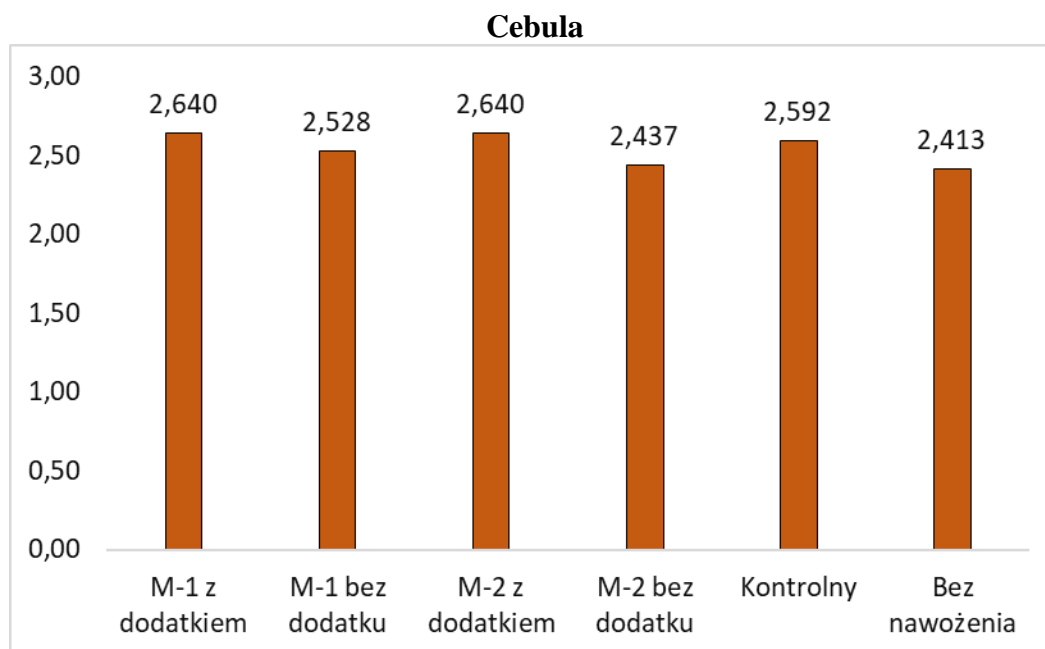
Rys. I.106. Aktywność fosfatazy kwaśnej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze grochu pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



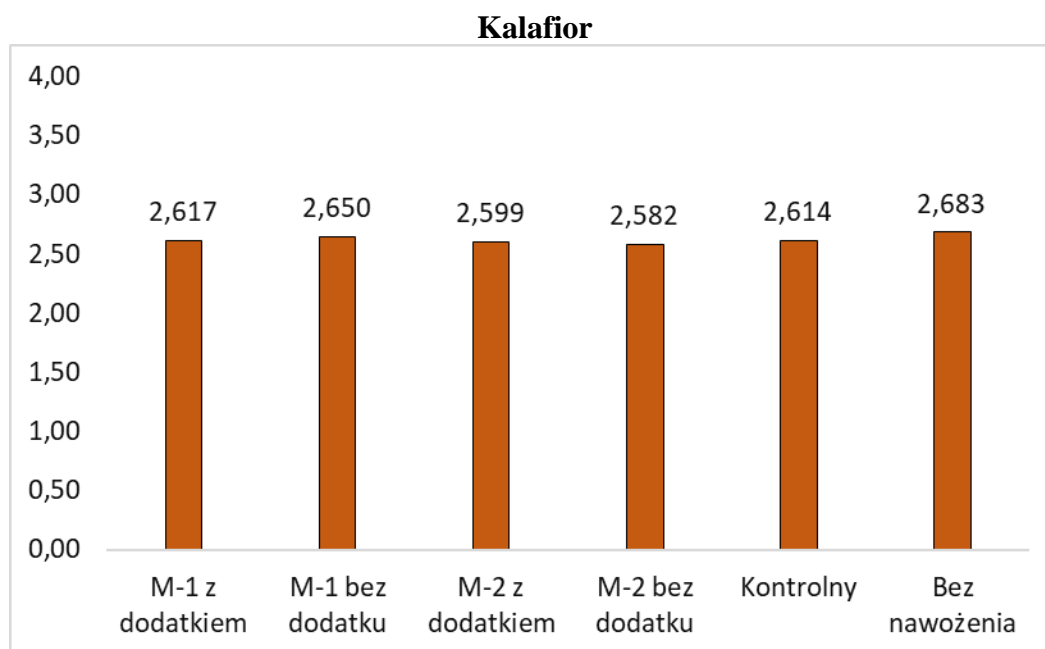
Rys. I.107. Aktywność fosfatazy kwaśnej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze ziemniaka pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



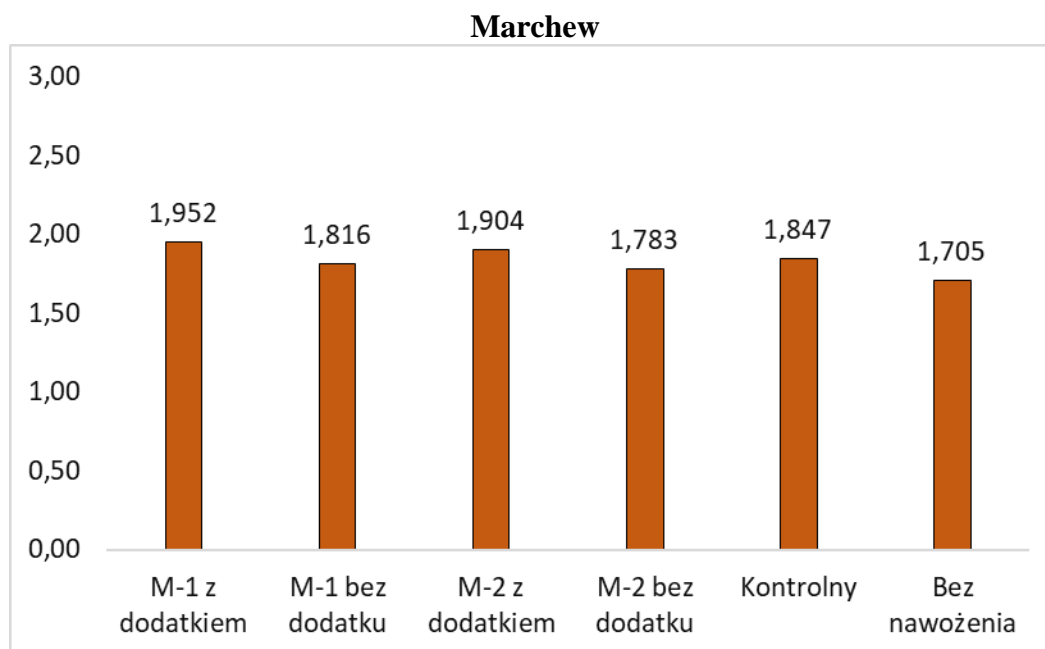
Rys. I.108. Aktywność fosfatazy kwaśnej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze buraka pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



Rys. I.109. Aktywność fosfatazy kwaśnej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze cebuli pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

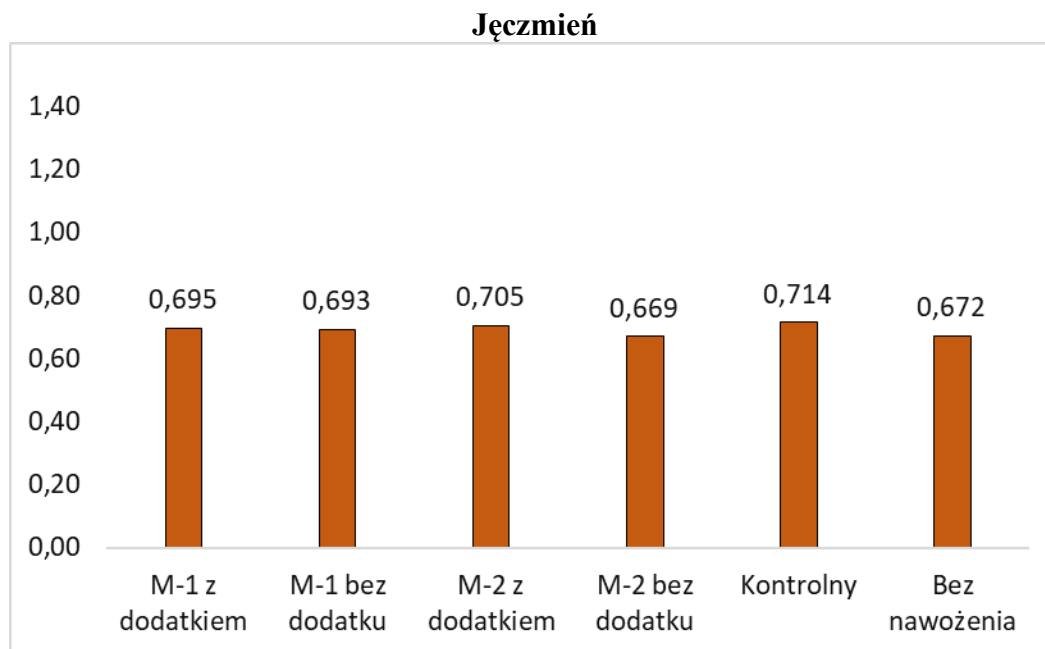


Rys. I.110. Aktywność fosfatazy kwaśnej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze kalafiora pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

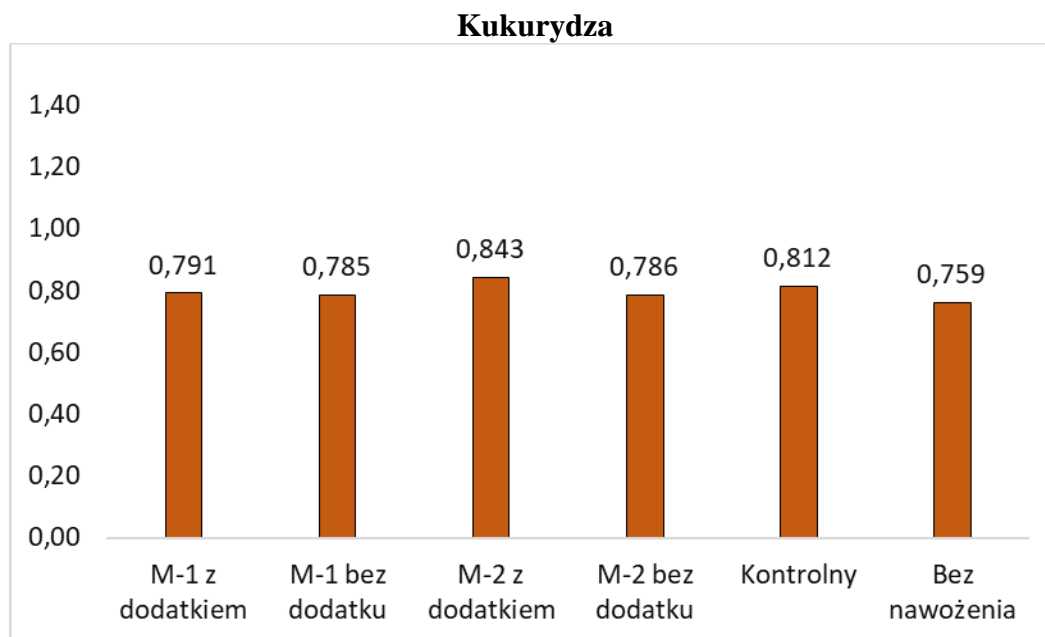


Rys. I.111. Aktywność fosfatazy kwaśnej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze marchwi pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

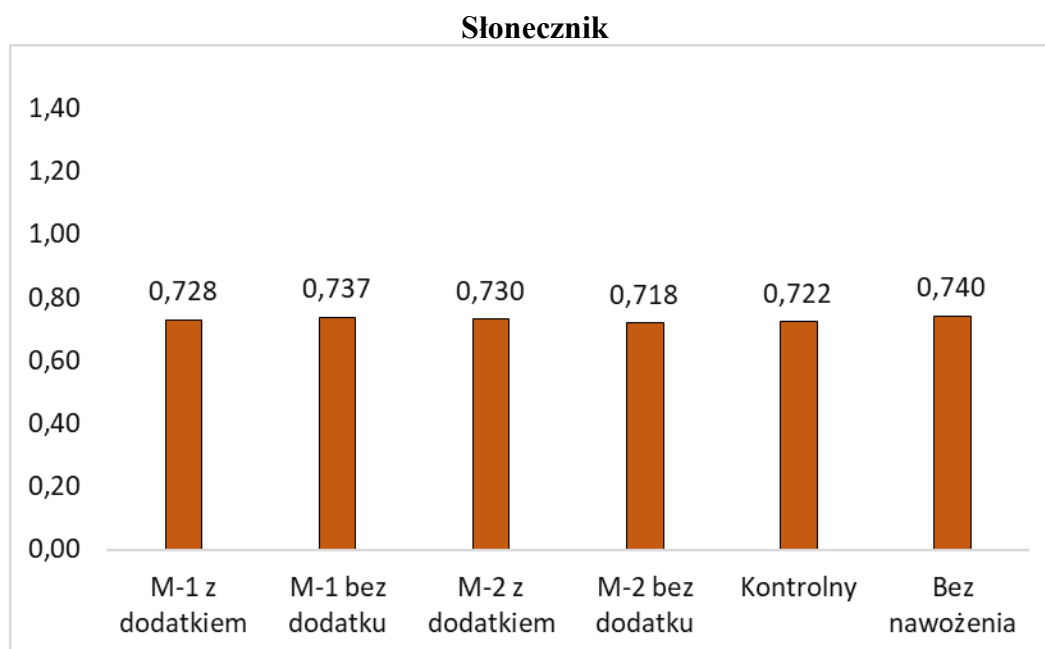
I.5.2.4. Katalaza



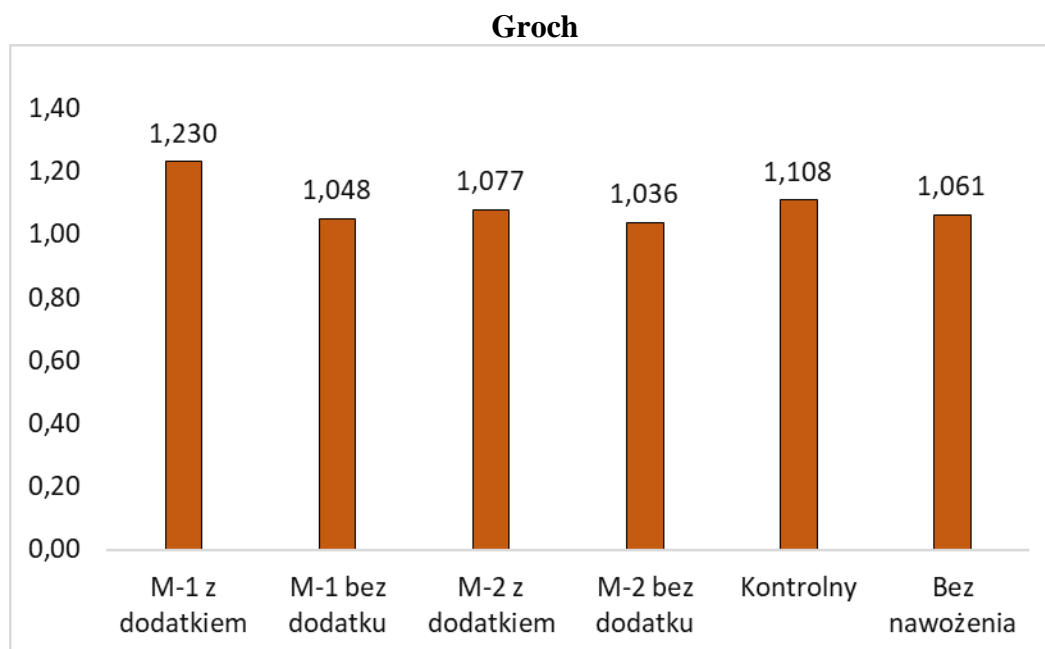
Rys. I.112. Aktywność katalazy (mg H₂O₂ kg⁻¹h⁻¹) po zbiorze jęczmienia pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



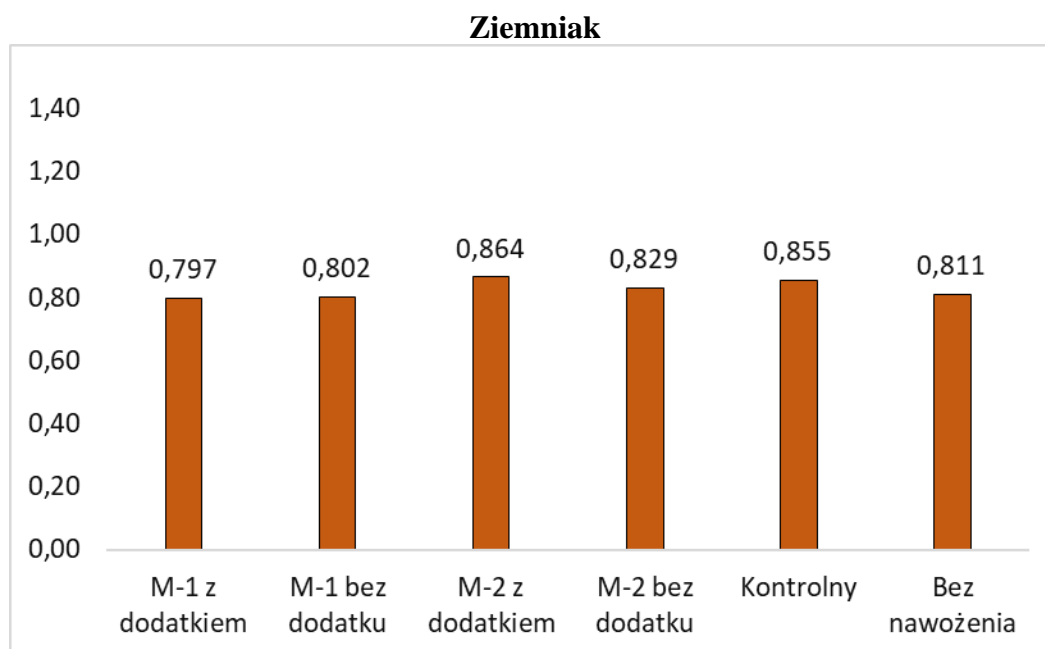
Rys. I.113. Aktywność katalazy (mg H₂O₂ kg⁻¹h⁻¹) po zbiorze kukurydzy pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



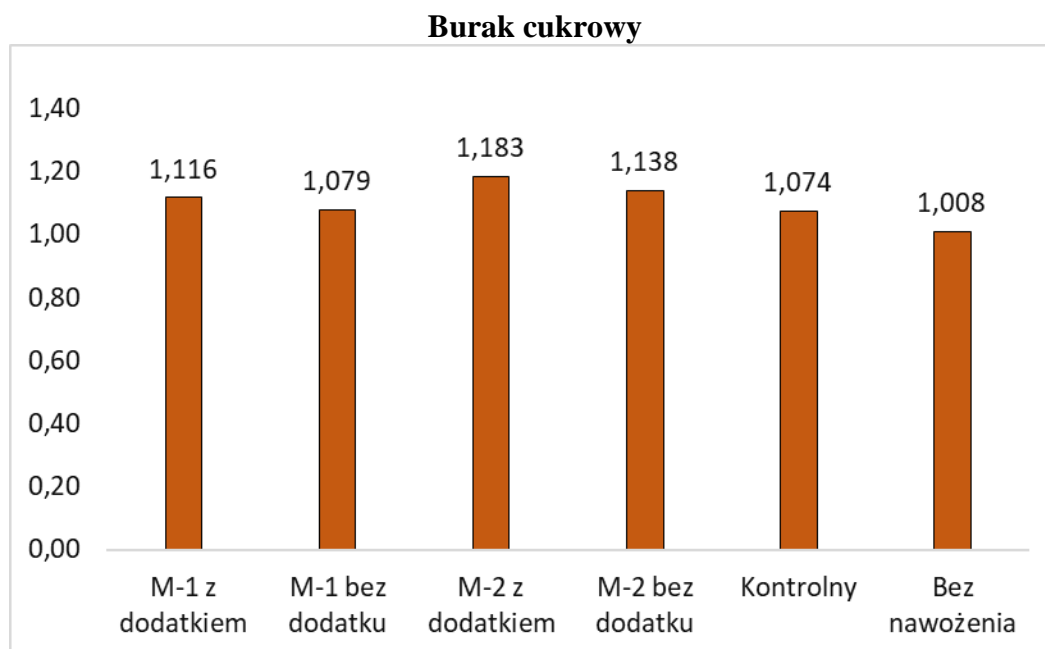
Rys. I.114. Aktywność katalazy (mg H₂O₂ kg⁻¹h⁻¹) po zbiorze słonecznika pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



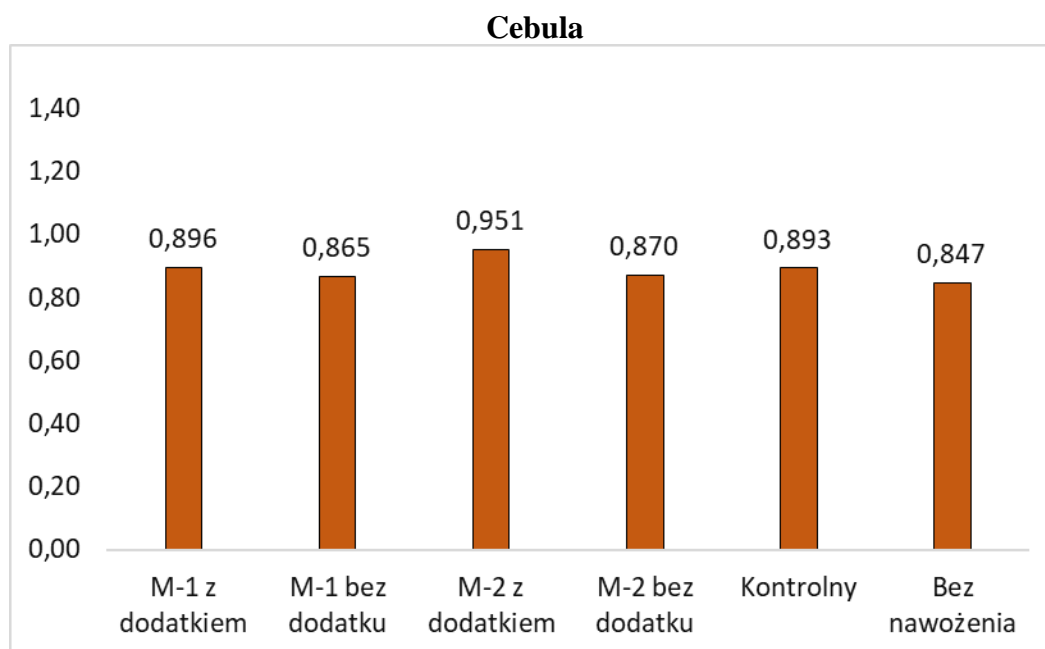
Rys. I.115. Aktywność katalazy (mg H₂O₂ kg⁻¹h⁻¹) po zbiorze grochu pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



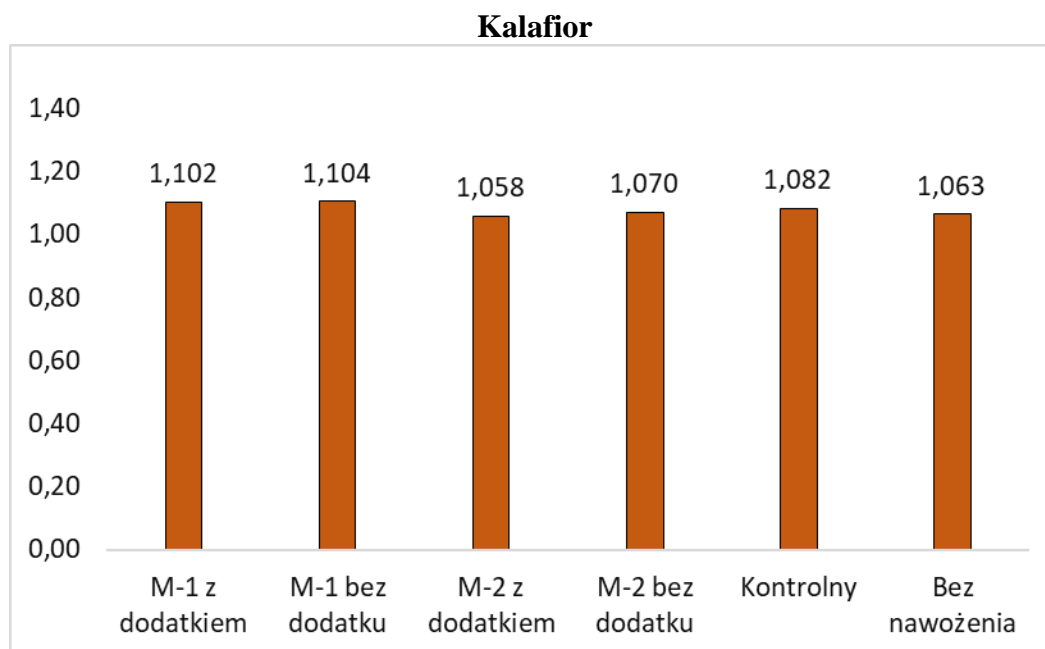
Rys. I.116. Aktywność katalazy (mg H₂O₂ kg⁻¹h⁻¹) po zbiorze ziemniaka pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



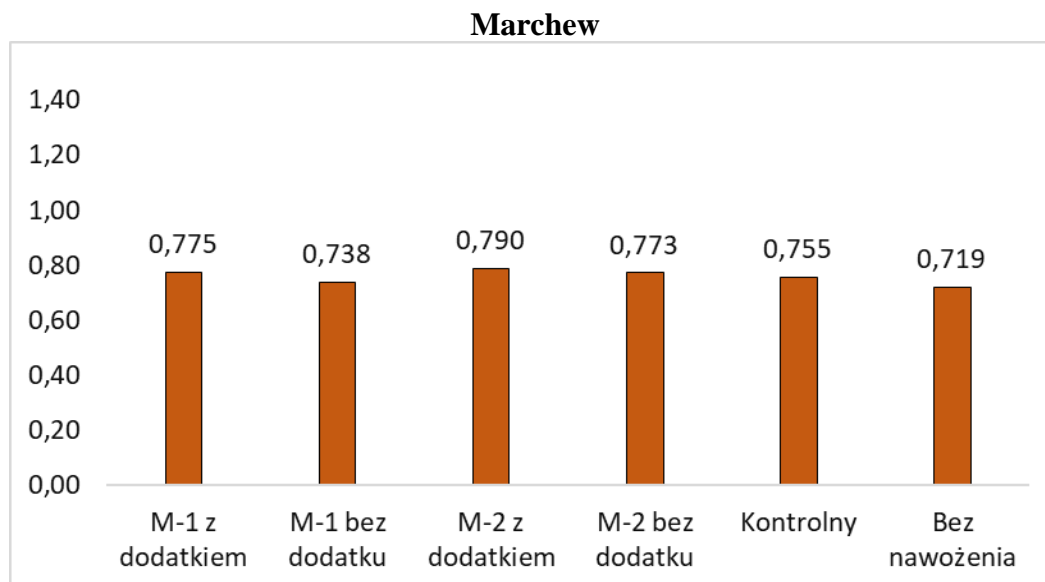
Rys. I.117. Aktywność katalazy (mg H₂O₂ kg⁻¹h⁻¹) po zbiorze buraka pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



Rys. I.118. Aktywność katalazy (mg H₂O₂ kg⁻¹h⁻¹) po zbiorze cebuli pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



Rys. I.119. Aktywność katalazy (mg H₂O₂ kg⁻¹h⁻¹) po zbiorze kalafiora pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



Rys. I.120. Aktywność katalazy ($\text{mg H}_2\text{O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) po zbiorze marchwi pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

Wyniki wykonanych analiz wskazują na wpływ, choć o różnej sile, poszczególnych nawozów startowych w formie mikrogranulatu na aktywność głównych enzymów glebowych, tj. dehydrogenazy (rys. I.86-I.94), fosfatazy alkalicznej (rys. I.95-I.103), fosfatazy kwaśnej (rys. I.103/104-I.111) i katalazy (rys. I.112-I.120).

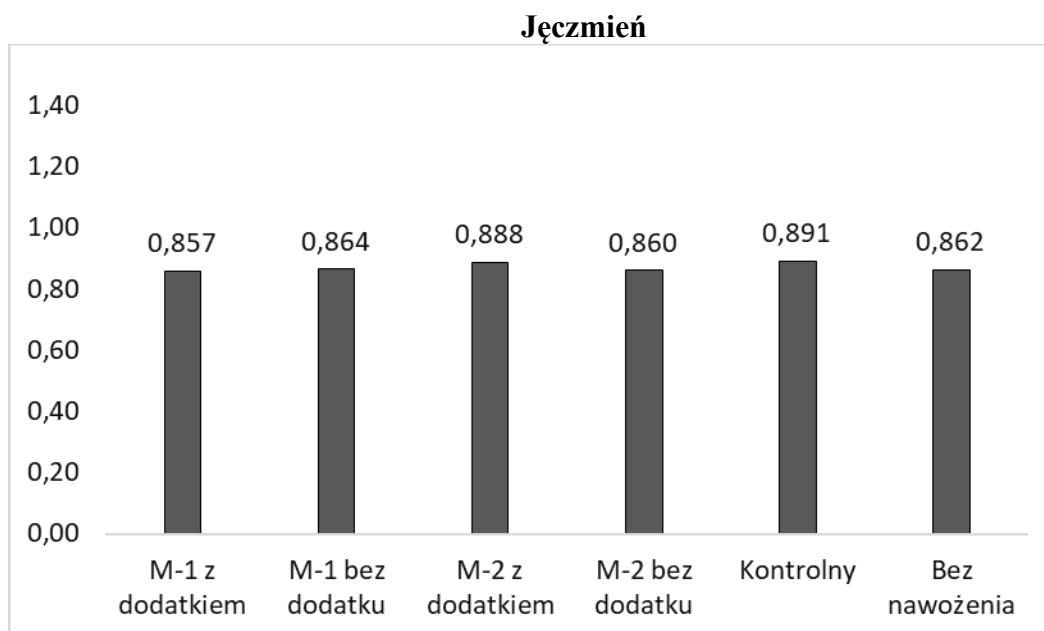
Obecność dodatków funkcjonalnych w projektowanych nawozach powodowała w większości przypadków zwiększenie aktywności dehydrogenazy glebowej, z wyjątkiem nawozu Mikrogranulat-1 w uprawie kalafiora i nawozu Mikrogranulat-2 w uprawie kukurydzy, grochu, buraka i marchwi (rys. I.86-I.94).

Korzystny wpływ dodatków funkcjonalnych na zwiększenie aktywności fosfatazy alkalicznej pod wpływem projektowanych nawozów nie ujawnił się tylko w uprawie jęczmienia, słonecznika, grochu i marchwi po aplikacji nawozu Mikrogranulat-2 (rys. I.95-I.103).

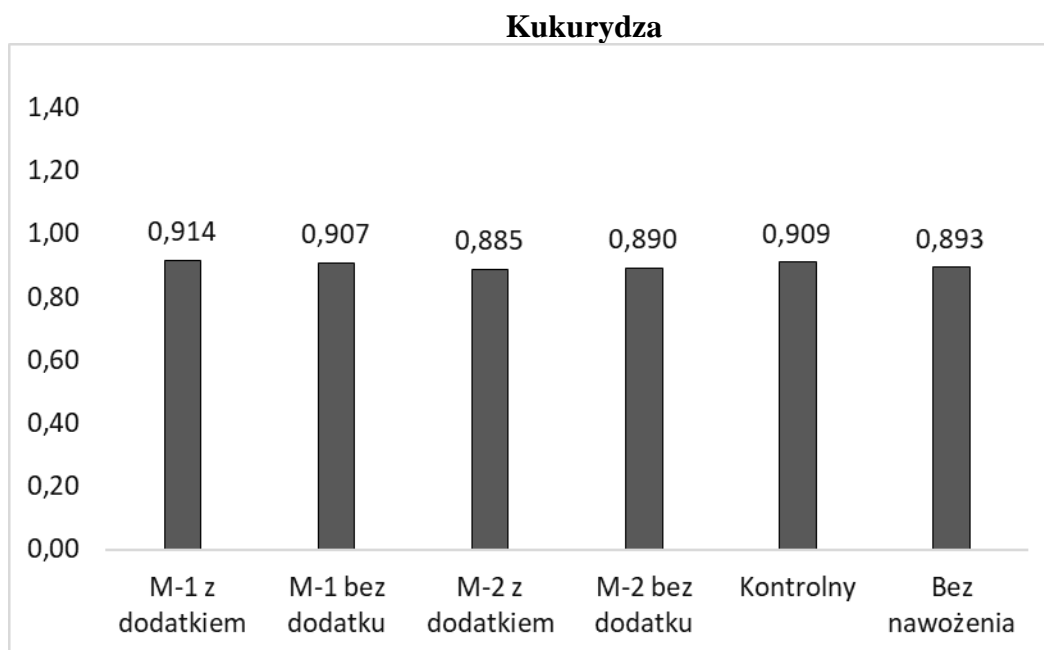
Brak zwiększenia aktywności fosfatazy kwaśnej w efekcie obecności dodatków funkcjonalnych stwierdzono w glebie po uprawie jęczmienia i kalafiora nawożonych Mikrogranulatem-1 i po uprawie grochu nawożonego Mikrogranulatem-2 (rys. I.103/104-I.111).

Większa aktywność katalazy pod wpływem nawozów startowych z dodatkami funkcjonalnymi w stosunku do nawozów bez tych dodatków nie została potwierdzona tylko w glebie po zbiorze słonecznika, ziemniaka, kalafiora – Mikrogranulat-1 i po zbiorze kalafiora – Mikrogranulat-2 (rys. I.112-I.120).

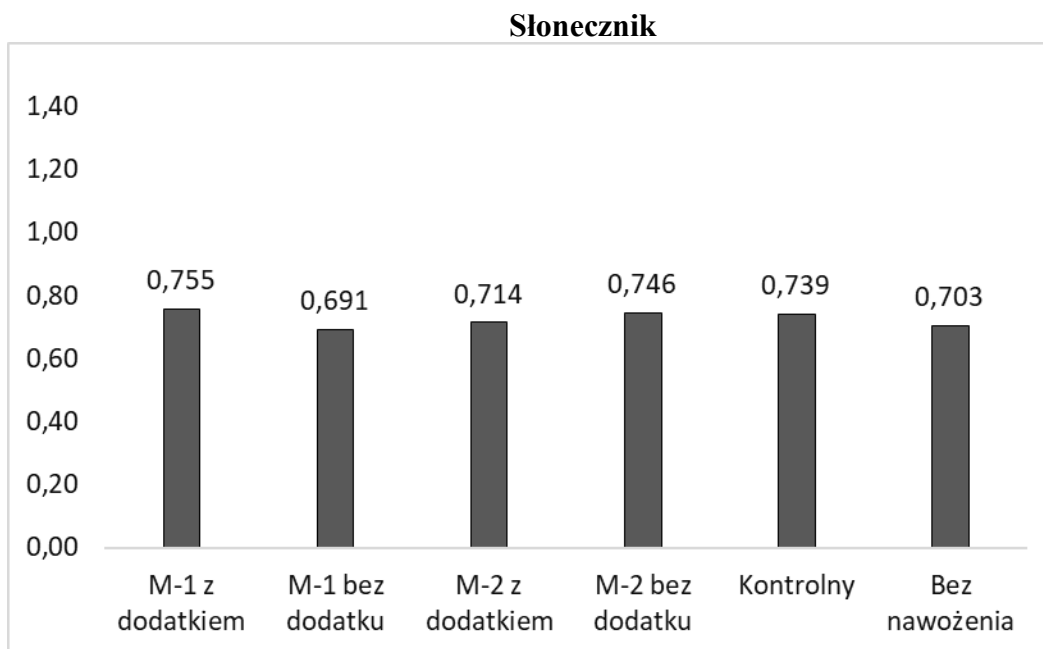
I.5.3. Zawartość glomalin w glebie



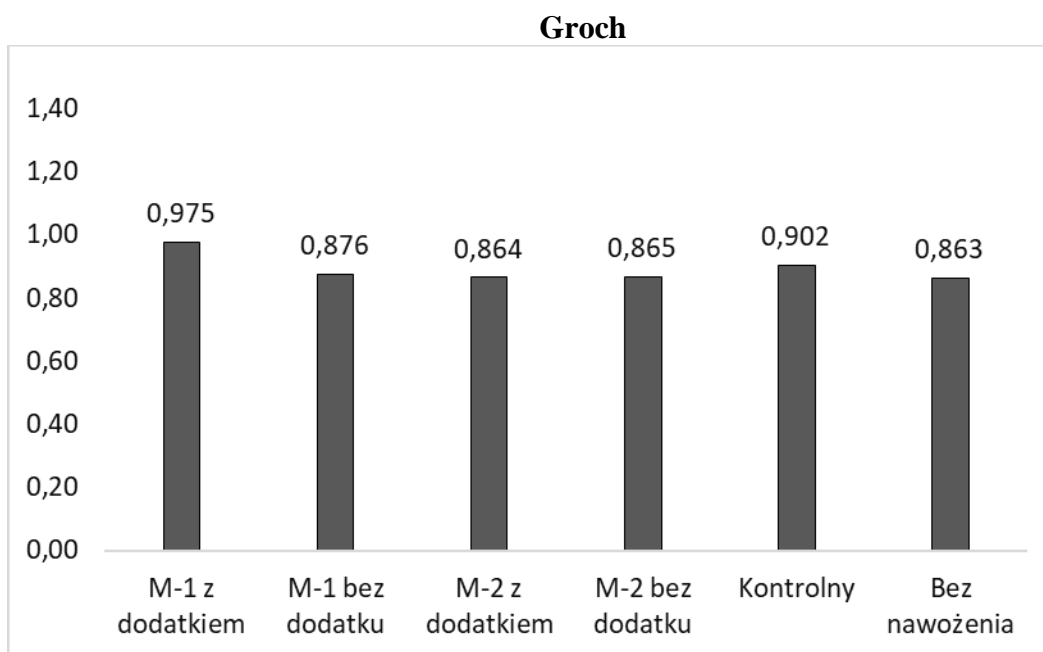
Rys. I.121. Zawartość glomalin (g kg⁻¹) po zbiorze jęczmienia pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



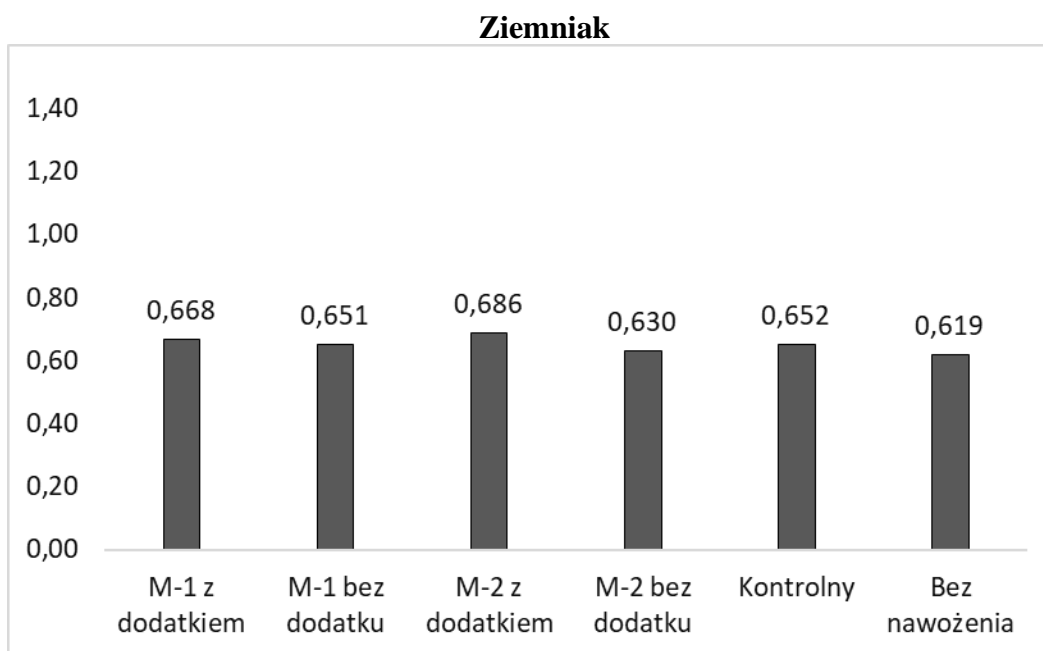
Rys. I.122. Zawartość glomalin (g kg⁻¹) po zbiorze kukurydzy pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



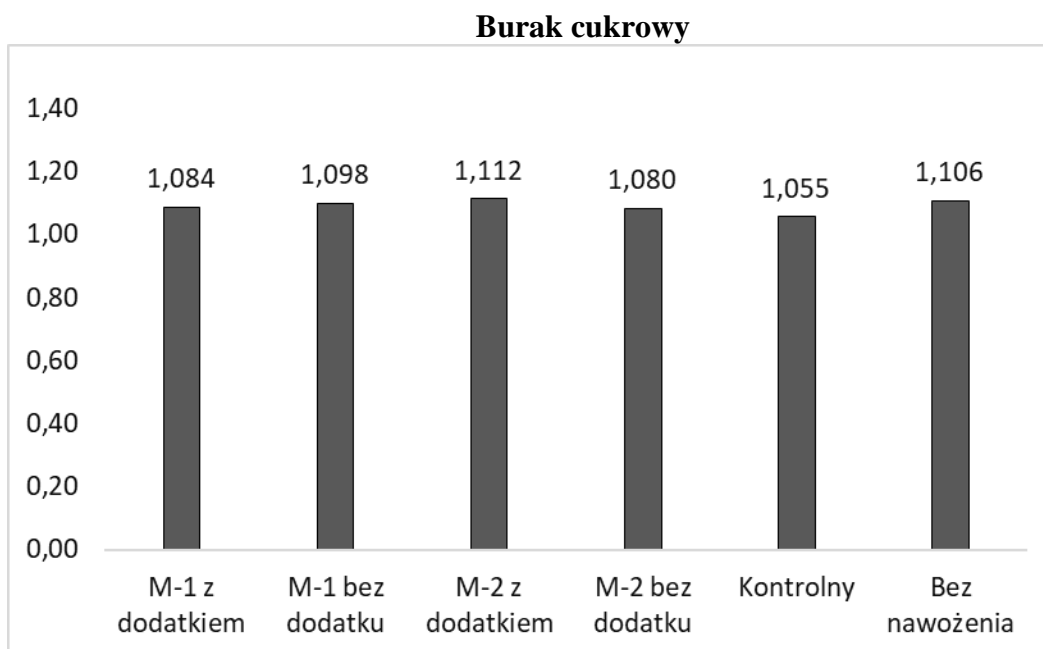
Rys. I.123. Zawartość glomalin (g kg⁻¹) po zbiorze słonecznika pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



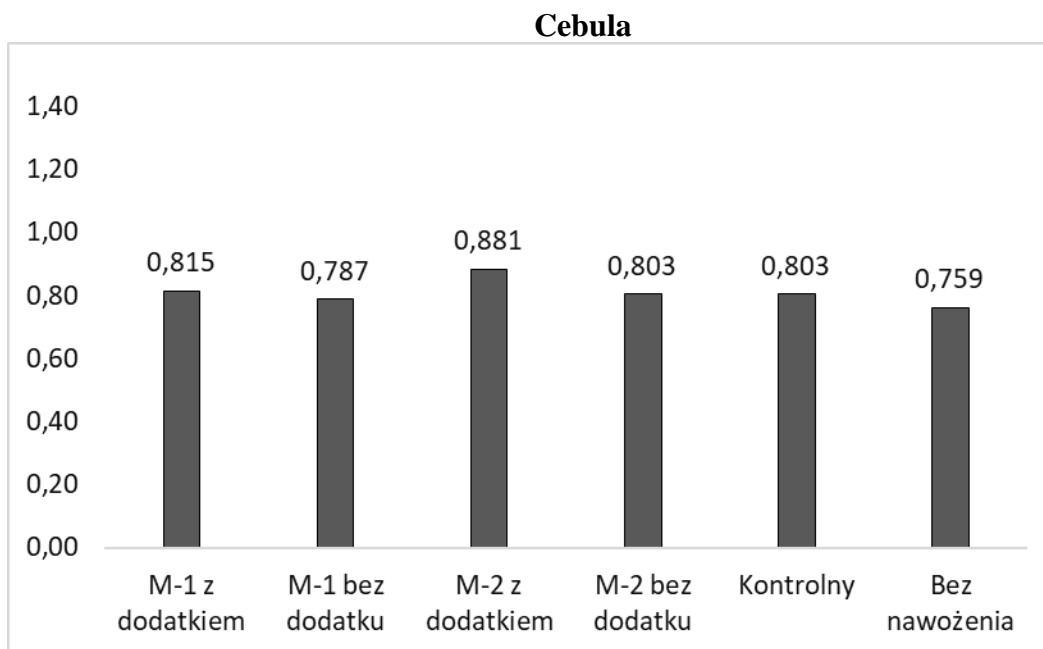
Rys. I.124. Zawartość glomalin (g kg⁻¹) po zbiorze pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



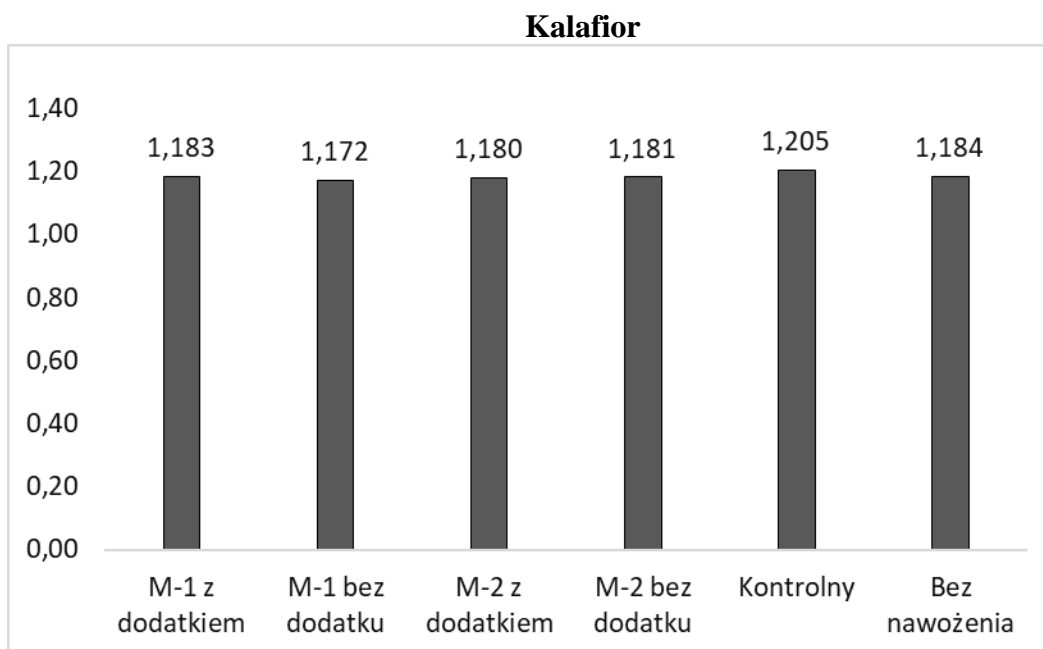
Rys. I.125. Zawartość glomalin (g kg⁻¹) po zbiorze ziemniaka pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



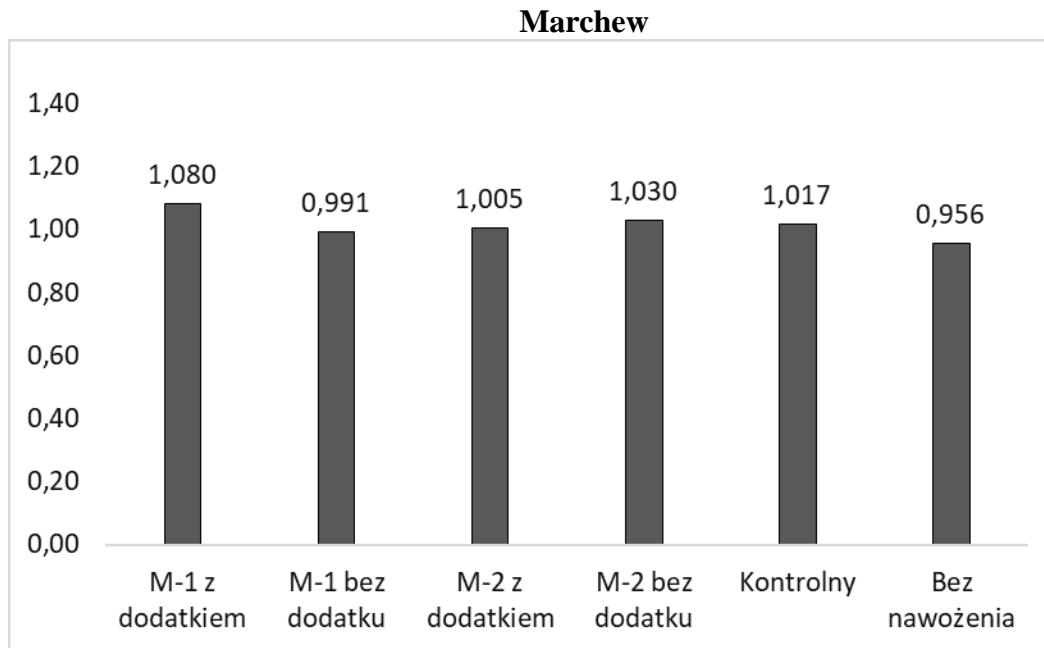
Rys. I.126. Zawartość glomalin (g kg⁻¹) po zbiorze buraka pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



Rys. I.127. Zawartość glomalin (g kg⁻¹) po zbiorze cebuli pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



Rys. I.128. Zawartość glomalin (g kg⁻¹) po zbiorze kalafiora pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



Rys. I.129. Zawartość glomalin (g kg⁻¹) po zbiorze marchwi pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

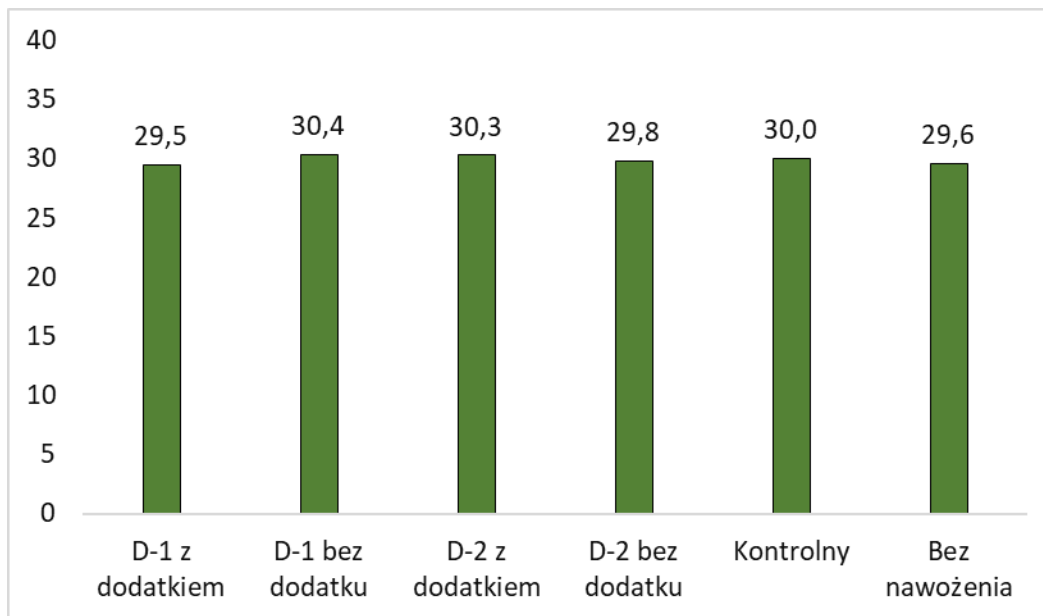
Zawartość glomalin w glebie nawożonej różnymi nawozami startowymi oraz w glebie nienawożonej była na zbliżonym poziomie. Tendencja większej zawartości glomaliny w glebie pod wpływem dodatków funkcjonalnych, w stosunku do nawozów bez dodatków, dała się zauważyć po zbiorze grochu nawożonego nawozem startowym Mikrogranulat-1 oraz po zbiorze ziemniaka i cebuli w efekcie aplikacji nawozu Mikrogranulat-2 (rys. I.121-I.129).

I.6. Analiza materiału roślinnego jako efekt dolistnej aplikacji nawozów

Przedmiotem analiz były próbki materiału roślinnego z doświadczeń, w których aplikowano nawozy dolistne w uprawie roślin:

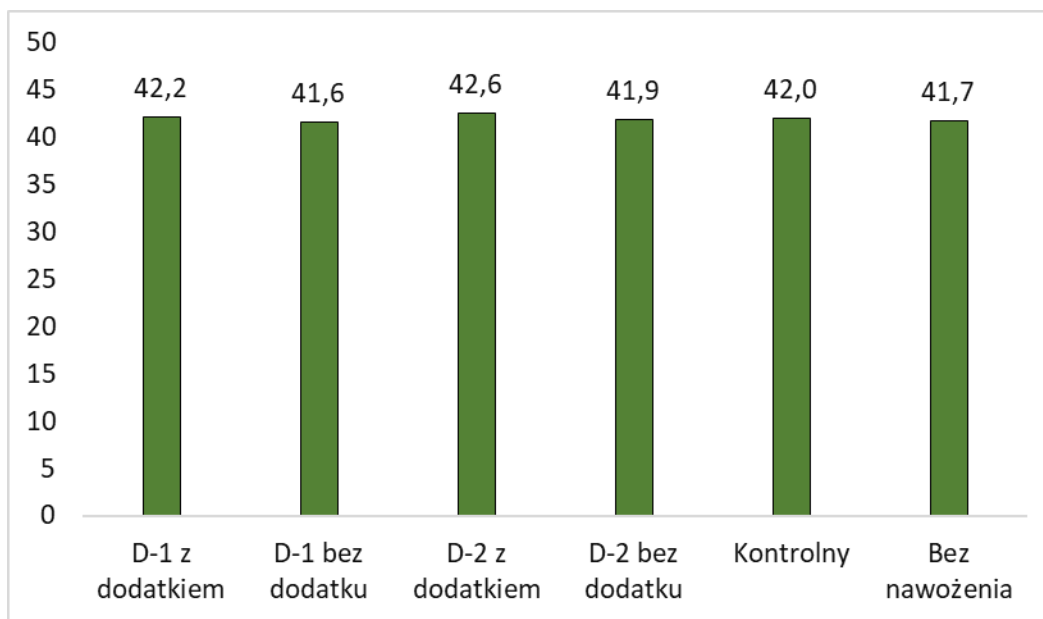
- Pszenica ozima
- Rzepak
- Groch
- Ziemniak
- Burak cukrowy
- Cebula
- Kalafior
- Marchew
- Jabłoń
- Truskawka
- Winorośl

I.6.1. Białka glutenowe w ziarnie zbóż



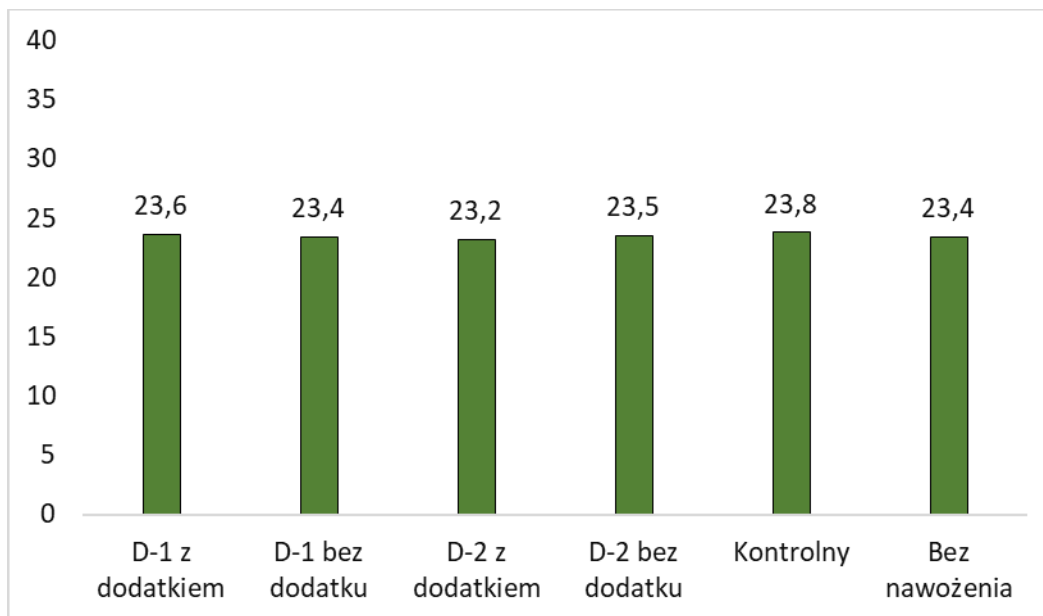
Rys. I.130. Zawartość glutenu mokrego w ziarnie pszenicy ozimej (%) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

I.6.2. Zawartość i jakość tłuszczu w nasionach roślin oleistych



Rys. I.131. Zawartość tłuszczu w nasionach rzepaku ozimego (%) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

I.6.3. Białko w nasionach roślin bobowatych grubonasiennych

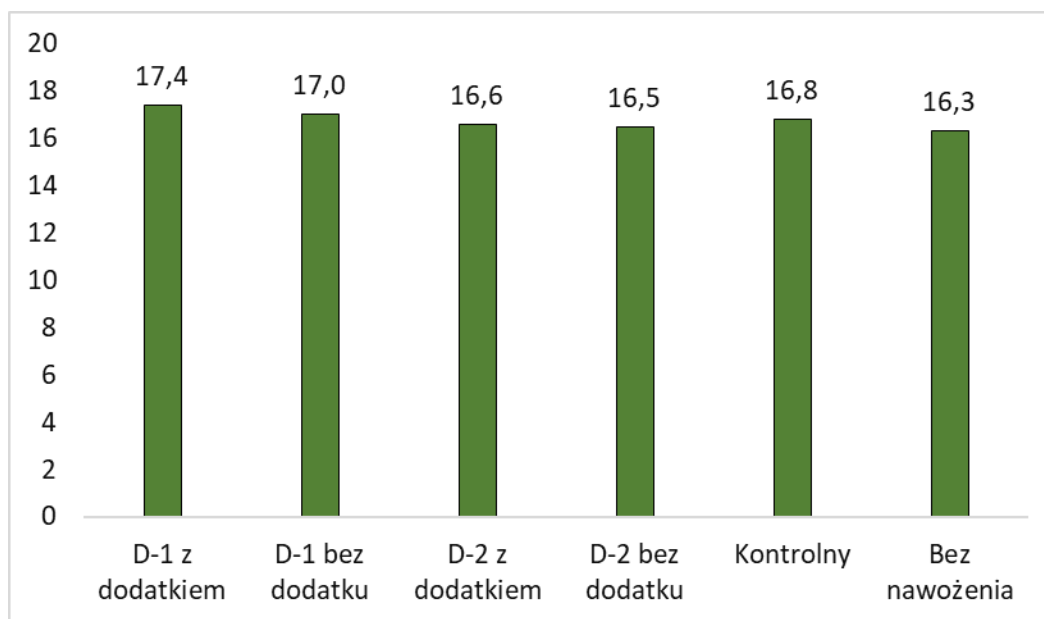


Rys. I.132. Zawartość białka w nasionach grochu siewnego (%) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

Zawartość głównych składników organicznych w plonach roślin jest kształtowana przede wszystkim przez genotyp. Mniejsza jest natomiast możliwość wpływu na tę cechę w efekcie stosowania startowych nawozów przed rozpoczęciem wegetacji roślin. Wykonane analizy wskazują, że pod wpływem badanych nawozów w formie mikrogranulatu z dodatkami funkcjonalnymi maksymalny bezwzględny wzrost zawartości składników plonu wyniósł: 0,7% – gluten w ziarnie pszenicy (rys. I.130); 0,9% – tłuszcz w nasionach rzepaku ozimego (rys. I.131) i 0,2% – białko w nasionach grochu (rys. I.132).

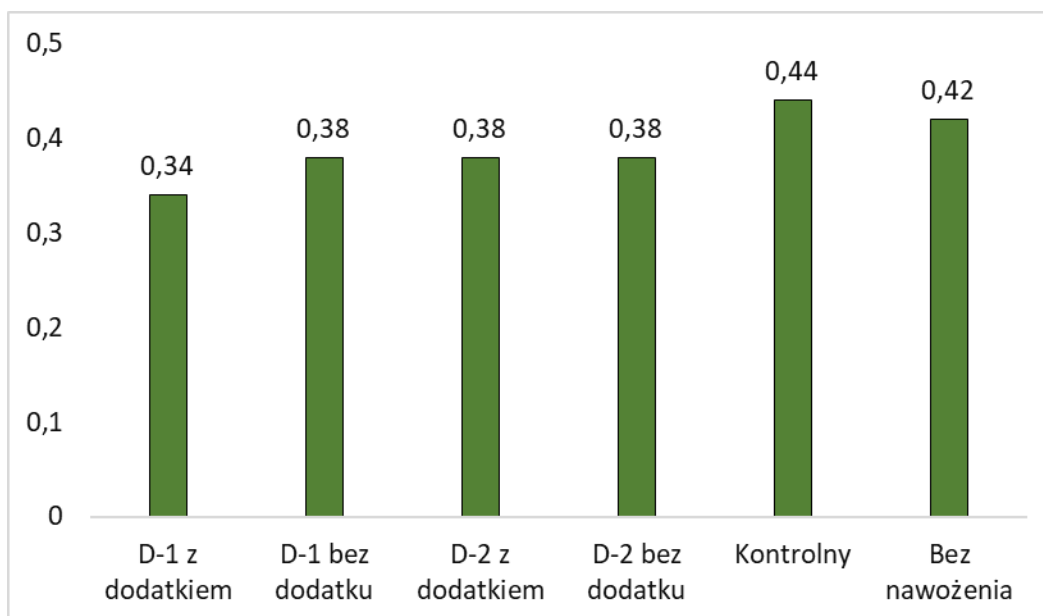
Analogiczny przyrost zawartości skrobi w bulwach ziemniaka w efekcie nalistnej aplikacji nawozu Dolistny-1 z dodatkami funkcjonalnymi (nano cząstki Ag i kwasy humusowych) wyniósł 1,1% w stosunku do roślin nienawożonych i 0,4% w stosunku do aplikacji nawozu bez dodatków funkcjonalnych (rys. I.133). Jednocześnie pod wpływem tego nawozu najmniejsza była zawartość cukrów redukujących (rys. I.134) i azotanów w bulwach (rys. I.135).

I.6.4. Skrobia w bulwach ziemniaka



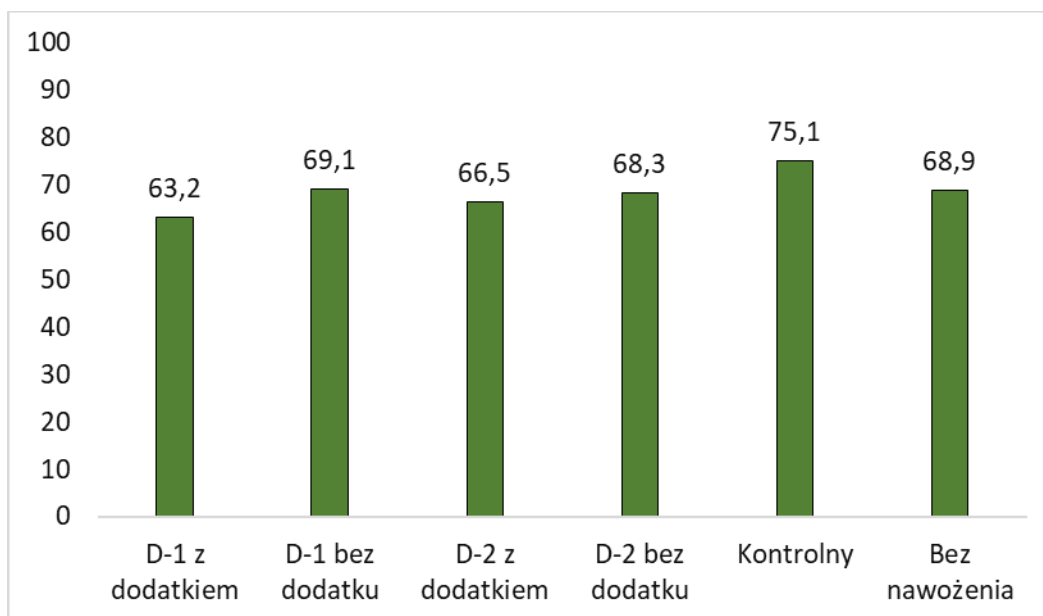
Rys. I.133. Zawartość skrobi w bulwach ziemniaka (%) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

I.6.5. Cukry redukujące w bulwach ziemniaka



Rys. I.134. Zawartość cukrów redukujących w bulwach ziemniaka (g/100 g św. masy) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

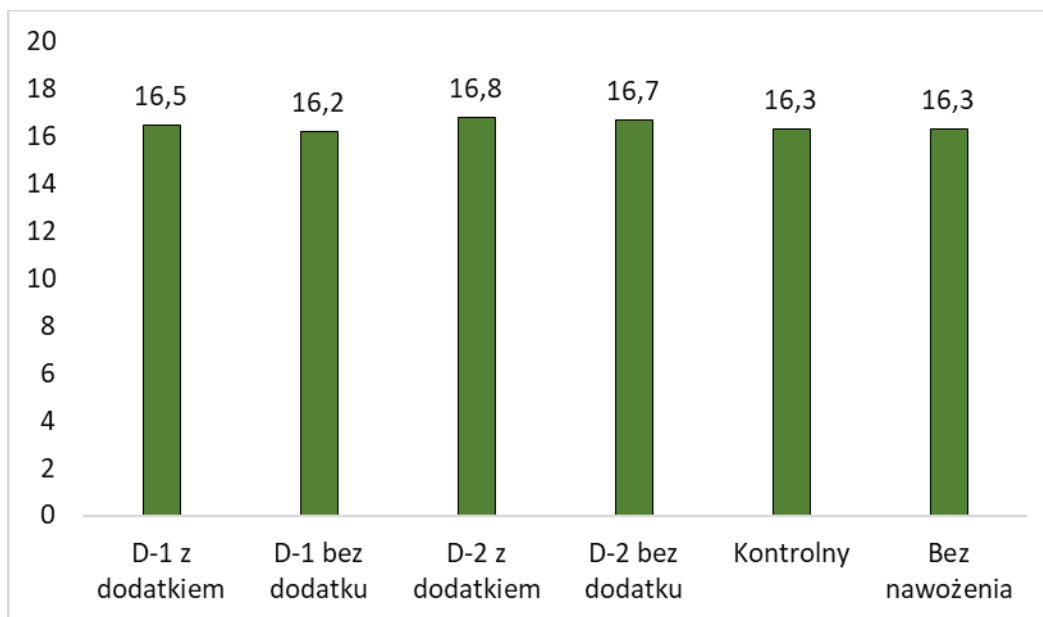
I.6.6. Azotany w bulwach ziemniaka



Rys. I.135. Zawartość azotanów w bulwach ziemniaka (mg/kg św. m) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

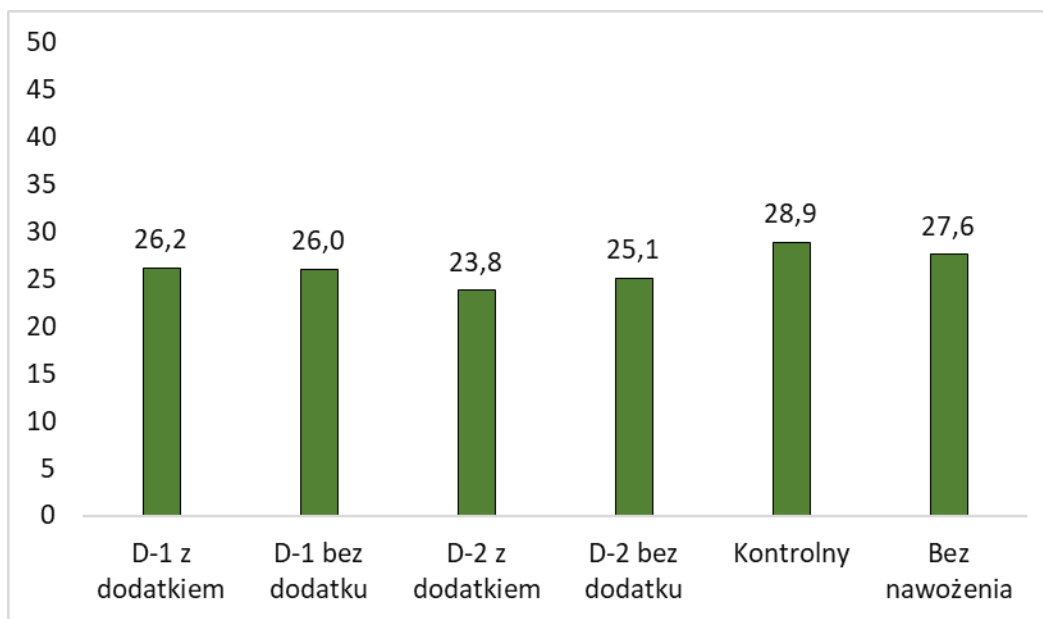
Najbardziej korzystnie na jakość korzeni buraka cukrowego – największa zawartość cukru (sacharozy) wpłynęła dolistna aplikacja nawozu Dolistny-2 z dodatkami funkcjonalnymi (rys. I.136). Pod jego wpływem najmniejsza była zawartość melasotworów, tj. azotu alfaaminowego (rys. I.137) i potasu (rys. I.138). Najmniejszej zawartości sodu w miazdze buraka sprzyjała natomiast aplikacja nawozu Dolistny-1 z dodatkami funkcjonalnymi (rys. I.139).

I.6.7. Sacharoza w korzeniach buraka cukrowego



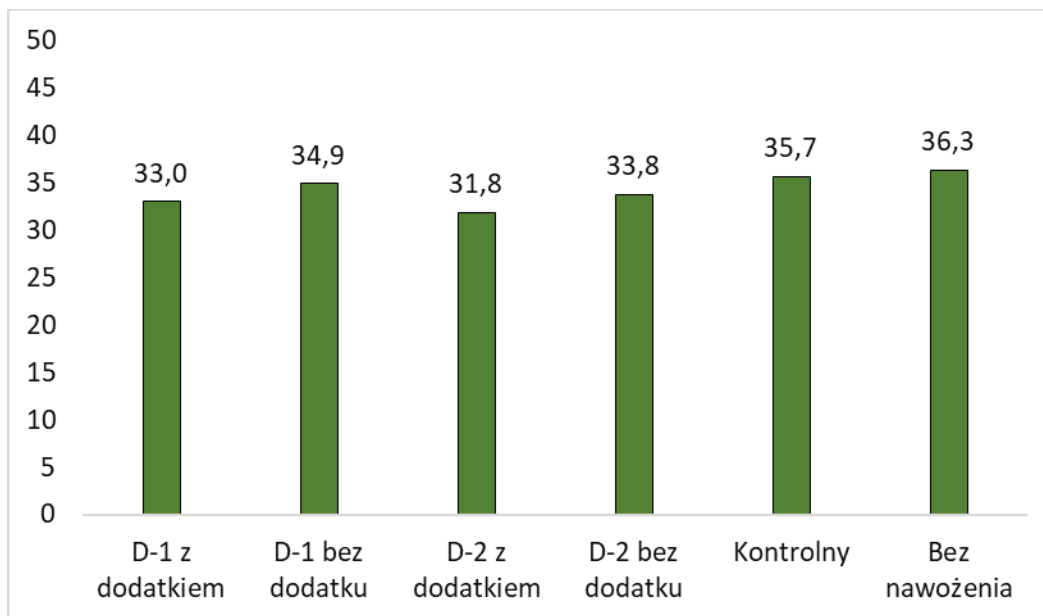
Rys. I.136. Zawartość sacharozy w korzeniach buraka cukrowego (%) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

I.6.8. Azot alfa-aminowy w korzeniach buraka cukrowego



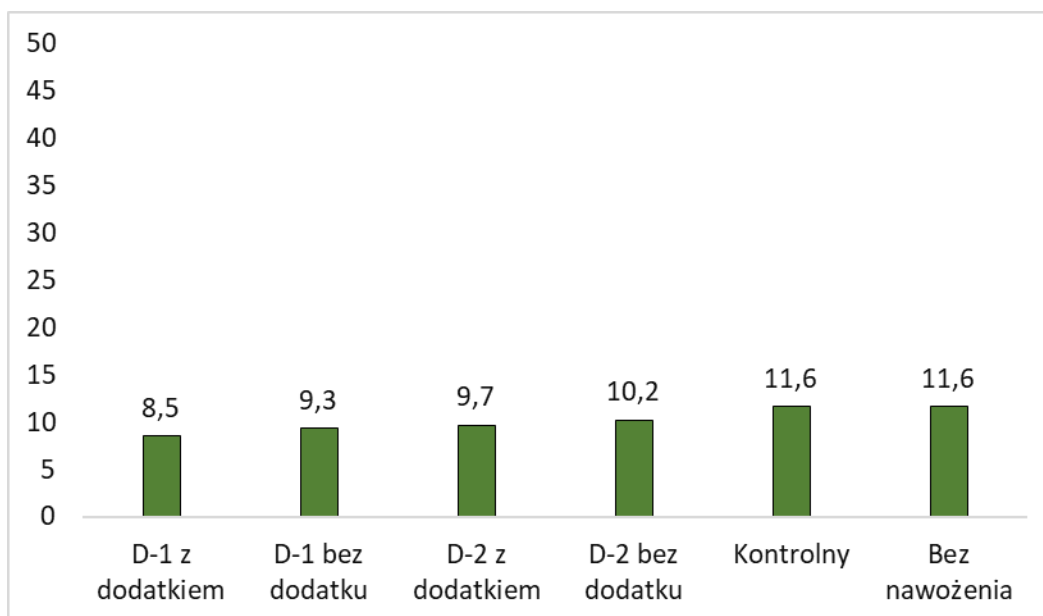
Rys. I.137. Zawartość azotu alfa-aminowego w korzeniach buraka cukrowego (mmol/kg korzeni) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolisty-2 – D-2)

I.6.9. Potas w korzeniach buraka cukrowego



Rys. I.138. Zawartość potasu w korzeniach buraka cukrowego (mmol/kg korzeni) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolisty-2 – D-2)

I.6.10. Sód w korzeniach buraka cukrowego



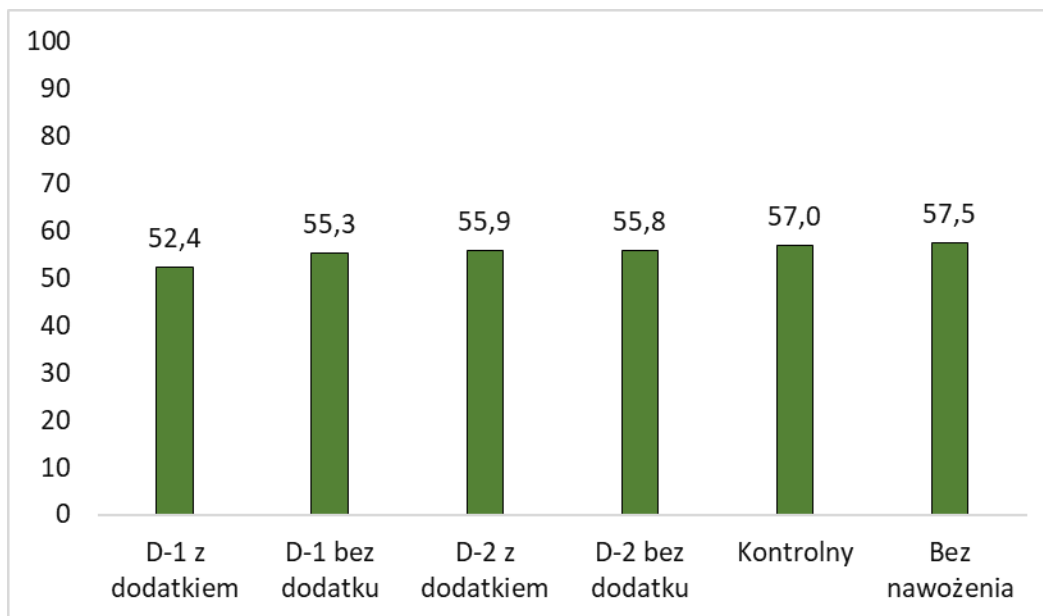
Rys. I.139. Zawartość sodu w korzeniach buraka cukrowego (mmol/kg korzeni) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

I.6.11. Azotany w plonach

- **warzywa:**

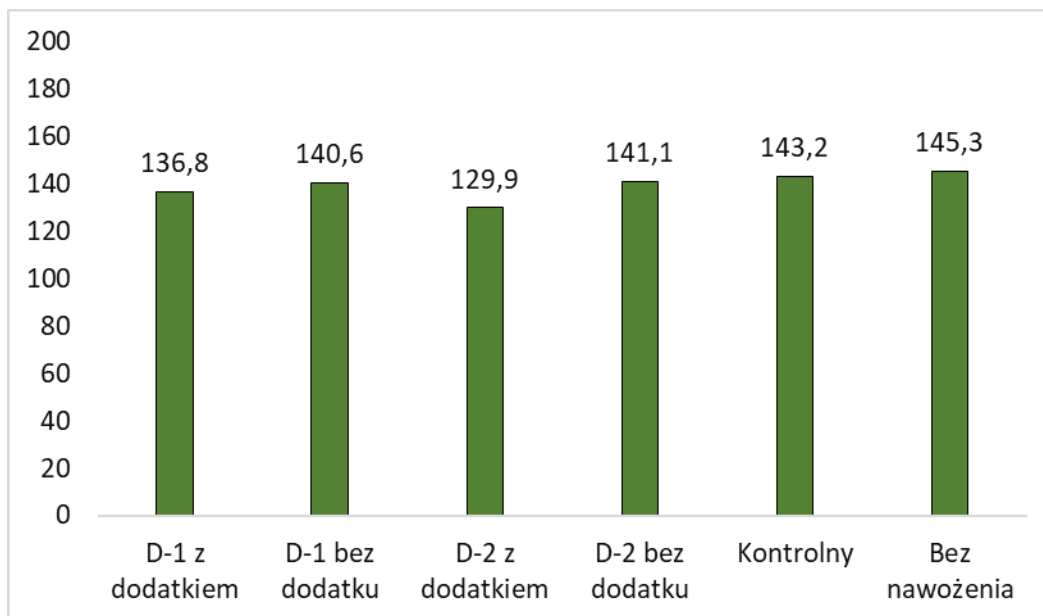
Pod wpływem nalistnej aplikacji obu nawozów, tj. Dolistny-1 i Dolistny-2 z dodatkami funkcjonalnymi stwierdzono mniejszą zawartość azotanów w plonach warzyw polowych (cebula, marchew, kalafior), owocach jabłoni – jabłkach i winogronach niż w plonach roślin nienawożonych i nawożonych ndolistnie nawozem kontrolnym. Wyjątkiem była tylko truskawka. Jej owoce tylko pod wpływem nawozu Dolistny-2 z dodatkami zawierały mniej azotanów od owoców roślin nienawożonych i nawożonych nawozem kontrolnym (rys. I.140-I.145).

a) cebula



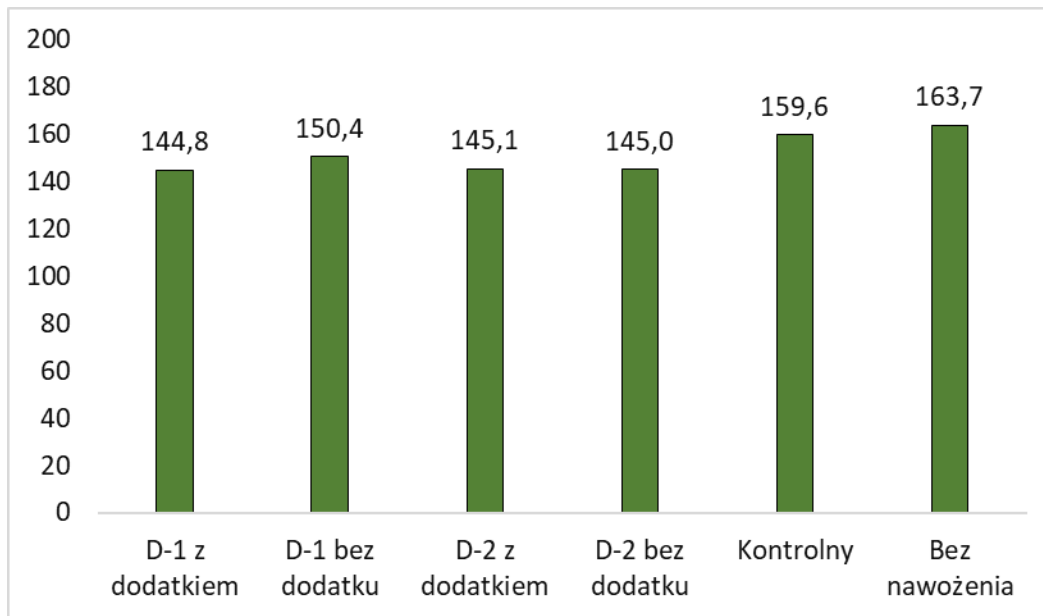
Rys. I.140. Zawartość azotanów w cebuli (mg/kg św.m) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

b) marchew



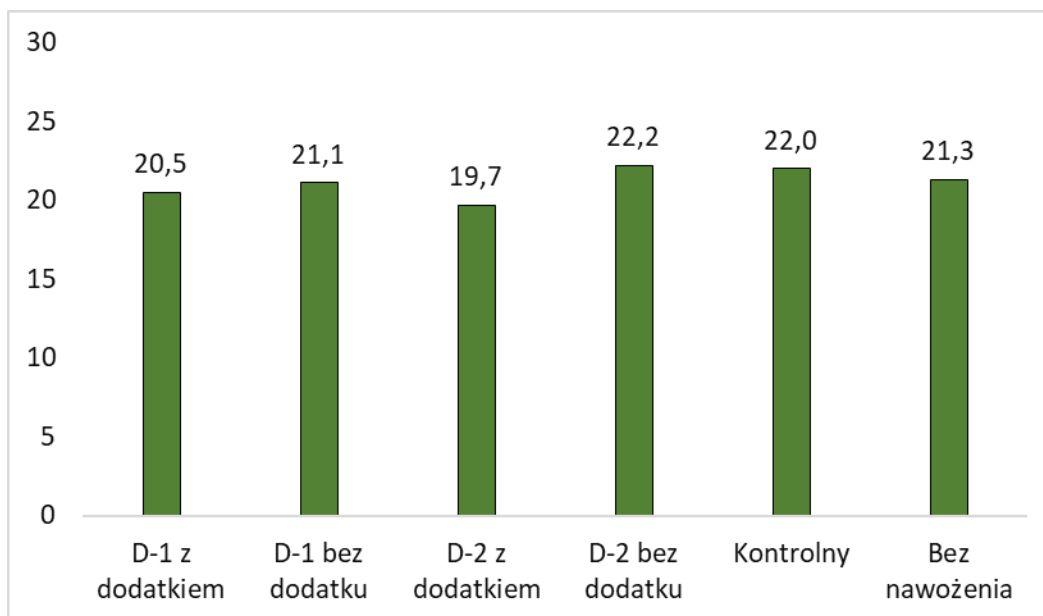
Rys. I.141. Zawartość azotanów w korzeniach marchwi (mg/kg św.m) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

c) kapustowate



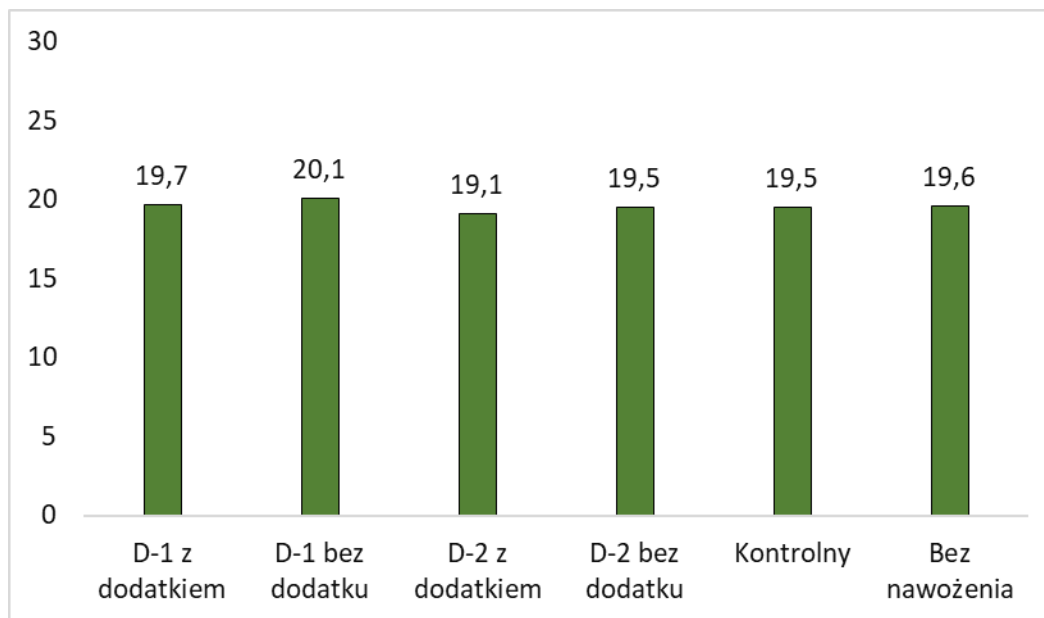
Rys. I.142. Zawartość azotanów w kalafiorze (mg/kg św.m) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

• owoce drzew owocowych



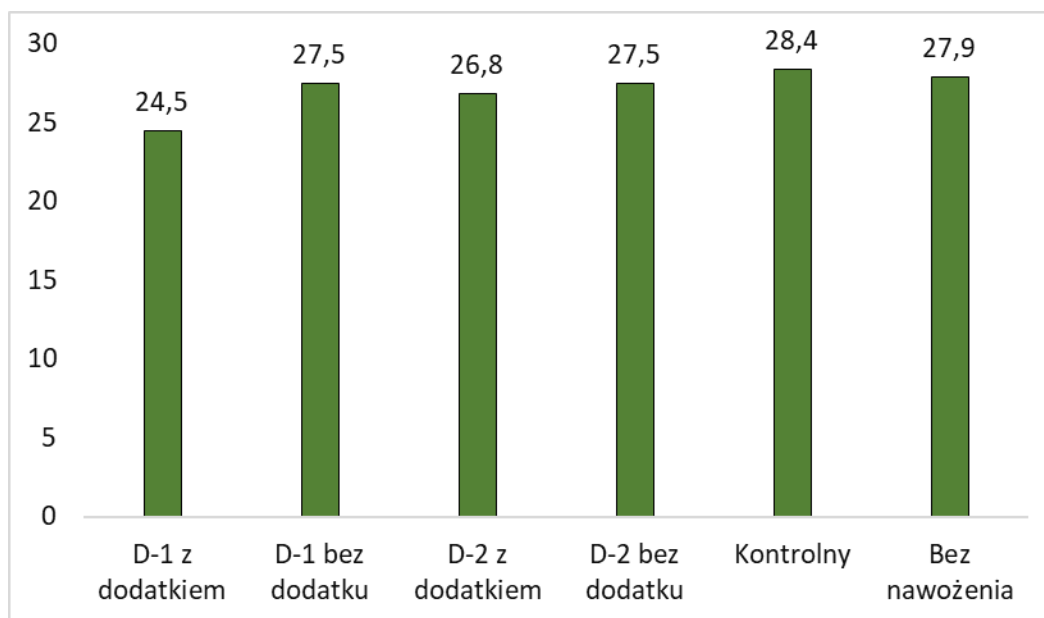
Rys. I.143. Zawartość azotanów w jabłkach (mg/kg św.m) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

- **owoce miękkie**



Rys. I.144. Zawartość azotanów w truskawkach (mg/kg św.m) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

- **winorośl**



Rys. I.145. Zawartość azotanów w winogronie (mg/kg św.m) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

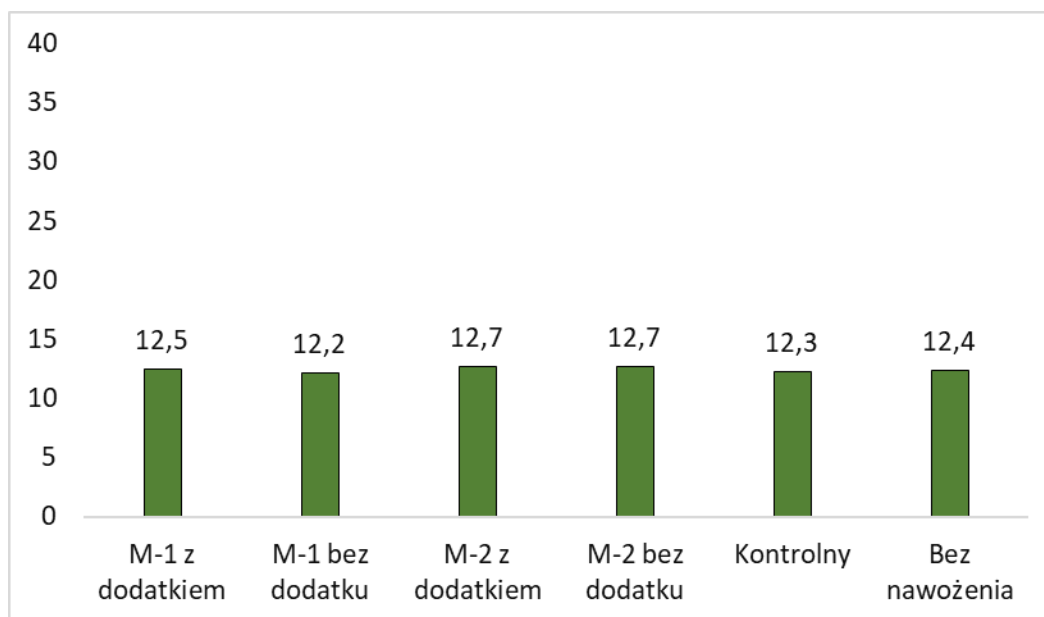
I.7. Analiza materiału roślinnego jako efekt aplikacji mikrogranulatów nawozów startowych

Przedmiotem analiz były próbki materiału roślinnego z doświadczeń, w których aplikowano mikrogranulaty nawozów startowych. Testowane rośliny to:

- Jęczmień jary
- Słonecznik
- Groch
- Ziemniak
- Burak cukrowy
- Cebula
- Kalafior
- Marchew

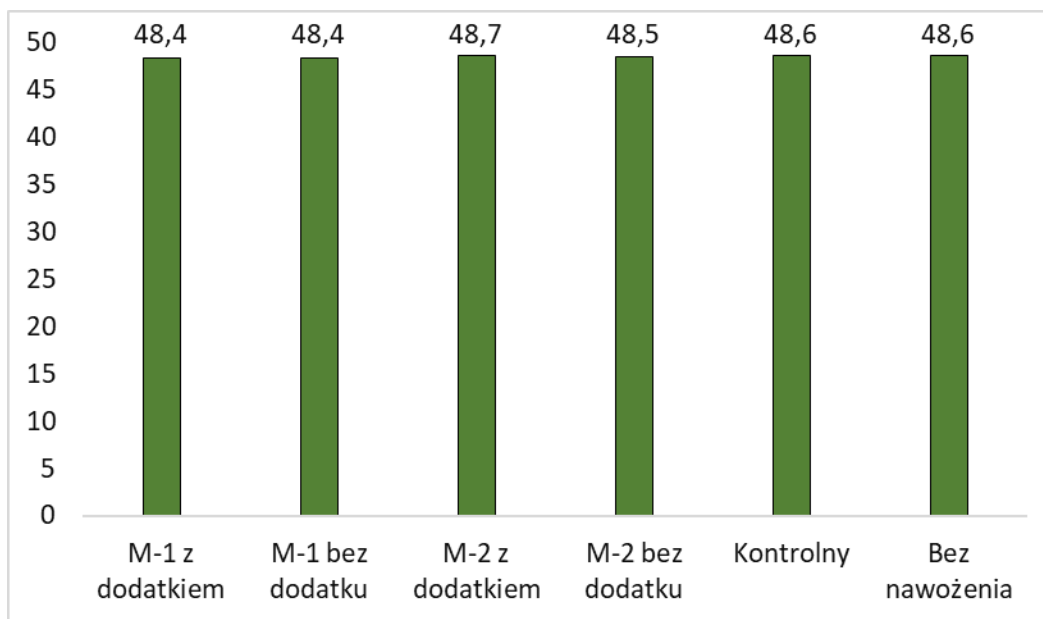
Badaniom poddano zawartość różnych składników w biomacie roślin.

I.7.1. Białko w ziarnie zbóż



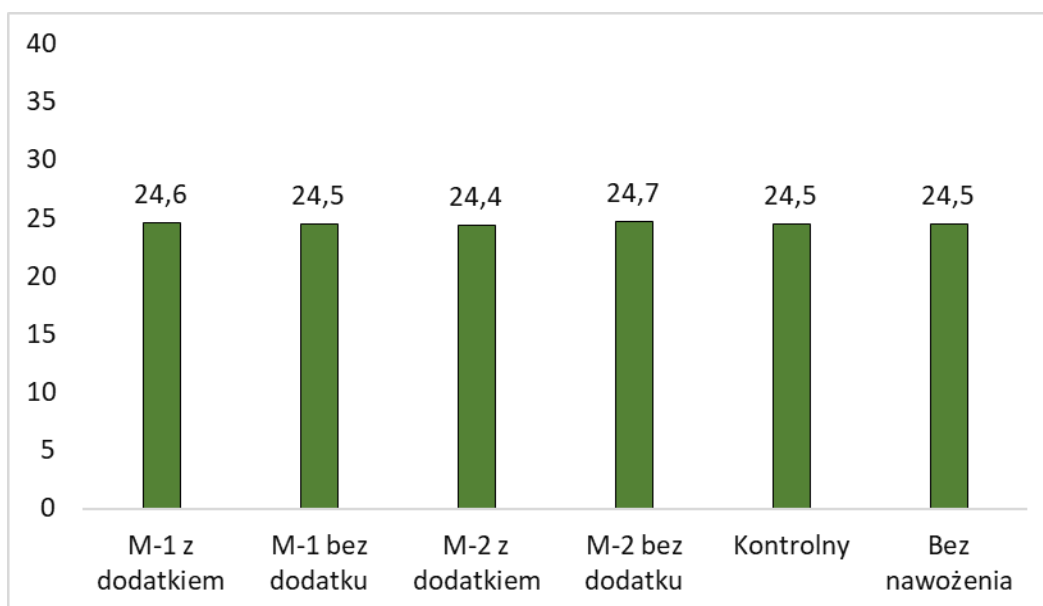
Rys. I.146. Zawartość białka w ziarnie jęczmienia jarego (%) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

I.7.2. Tłuszcz w nasionach roślin oleistych



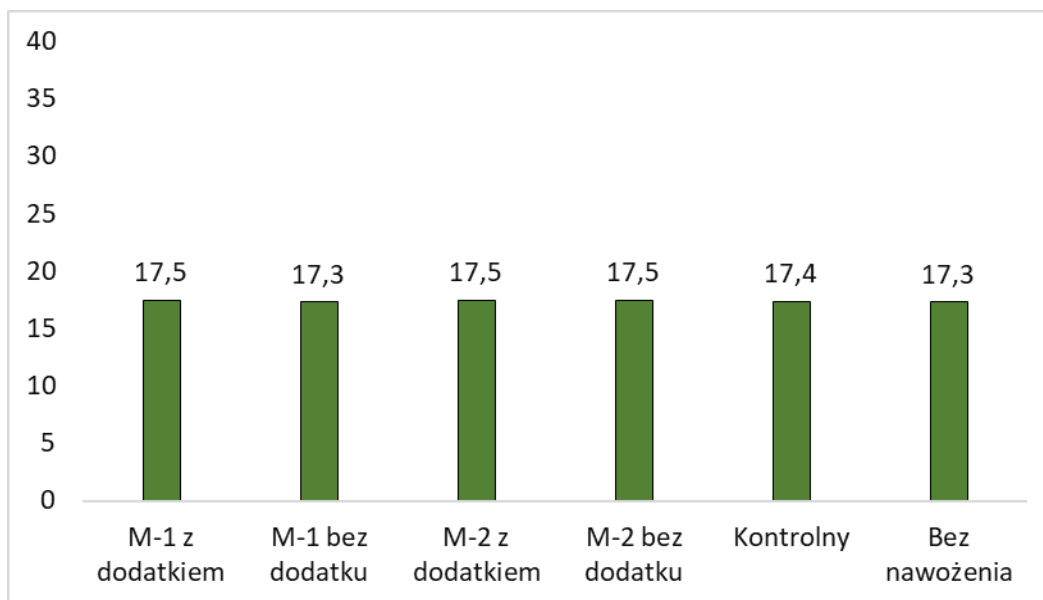
Rys. I.147. Zawartość tłuszczu w nasionach słonecznika (%) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

I.7.3. Białko w nasionach roślin bobowatych grubonasiennych



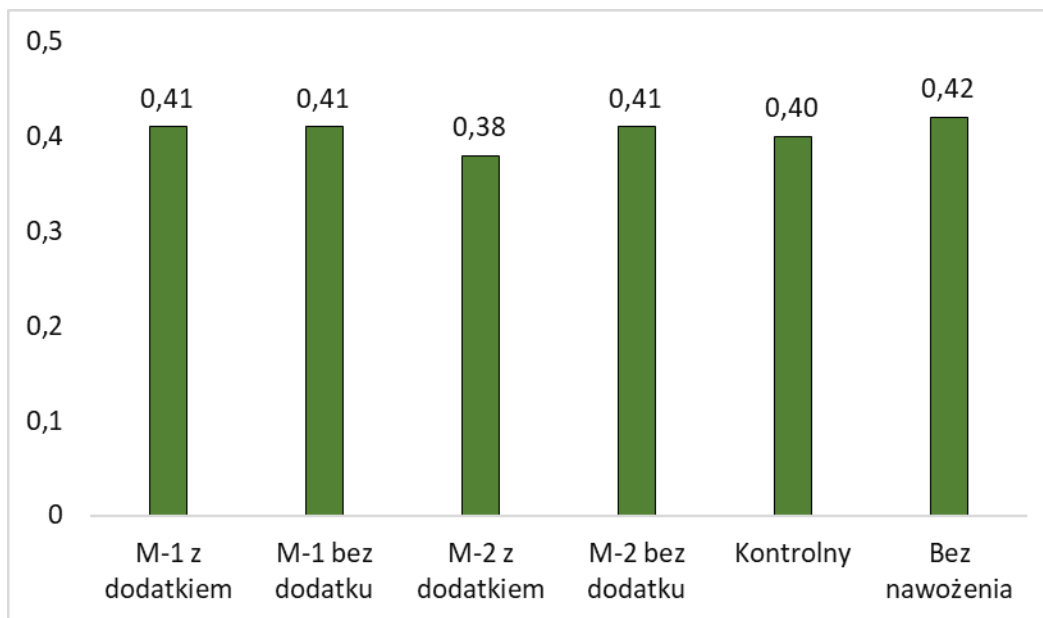
Rys. I.148. Zawartość białka w nasionach grochu (%) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

I.7.4. Skrobia w bulwach ziemniaka



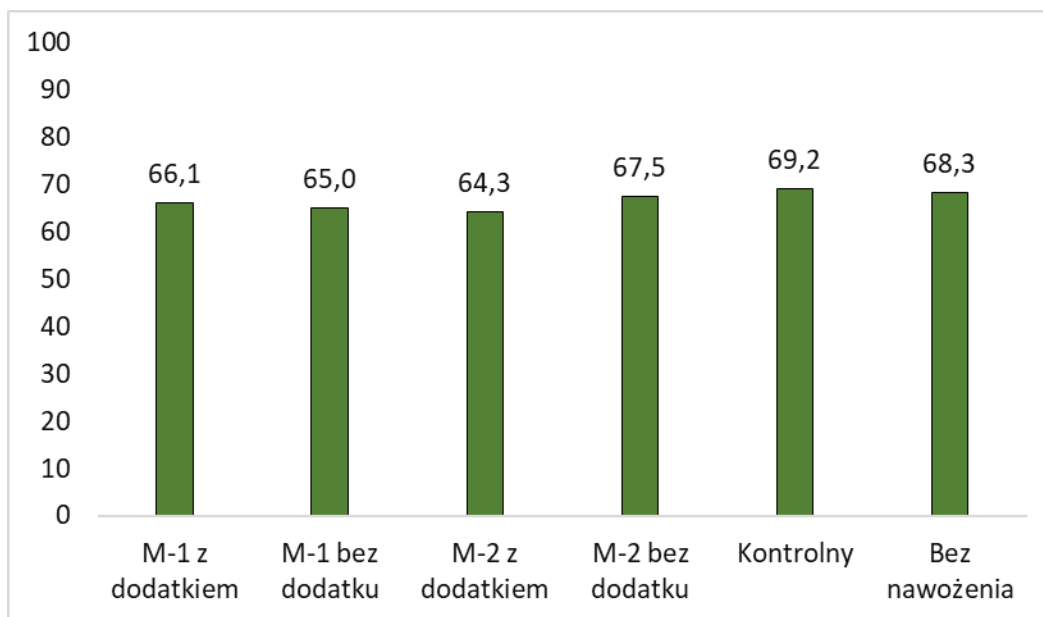
Rys. I.149. Zawartość skrobi w bulwach ziemniaka (%) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

I.7.5. Cukry redukujące w bulwach ziemniaka



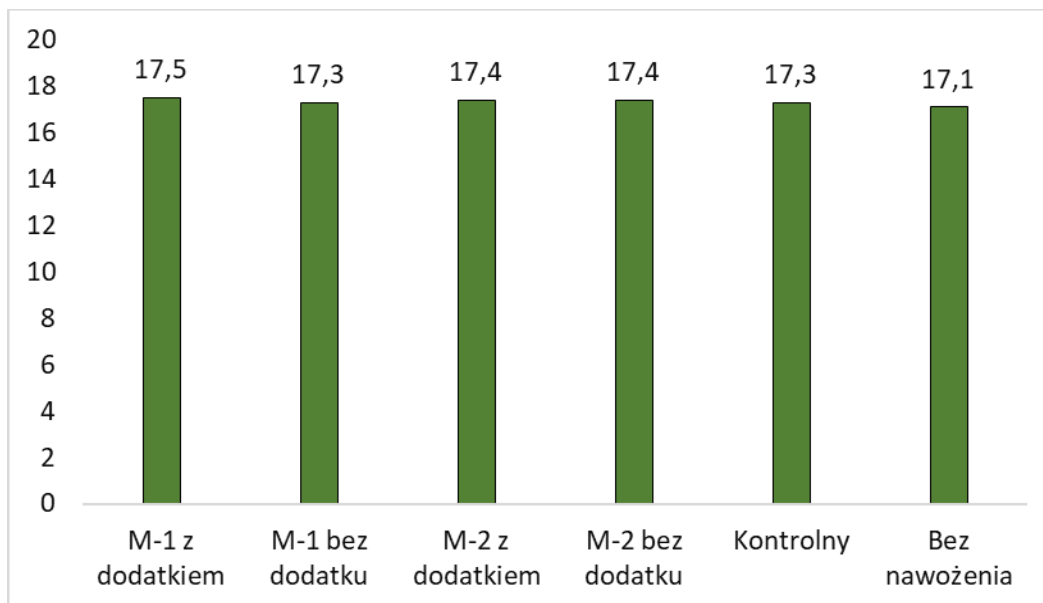
Rys. I.150. Zawartość cukrów redukujących w bulwach ziemniaka (g/100g św. masy) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

I.7.6. Azotany w bulwach ziemniaka



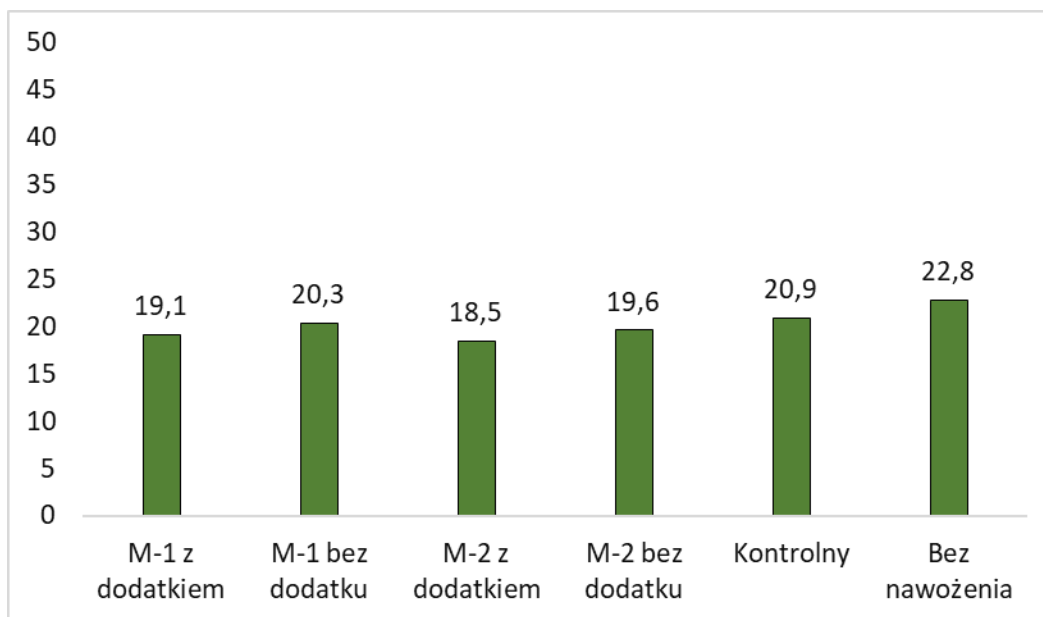
Rys. I.151. Zawartość azotanów w bulwach ziemniaka (mg/kg św. masy) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

I.7.7. Sacharoza w korzeniach buraka cukrowego



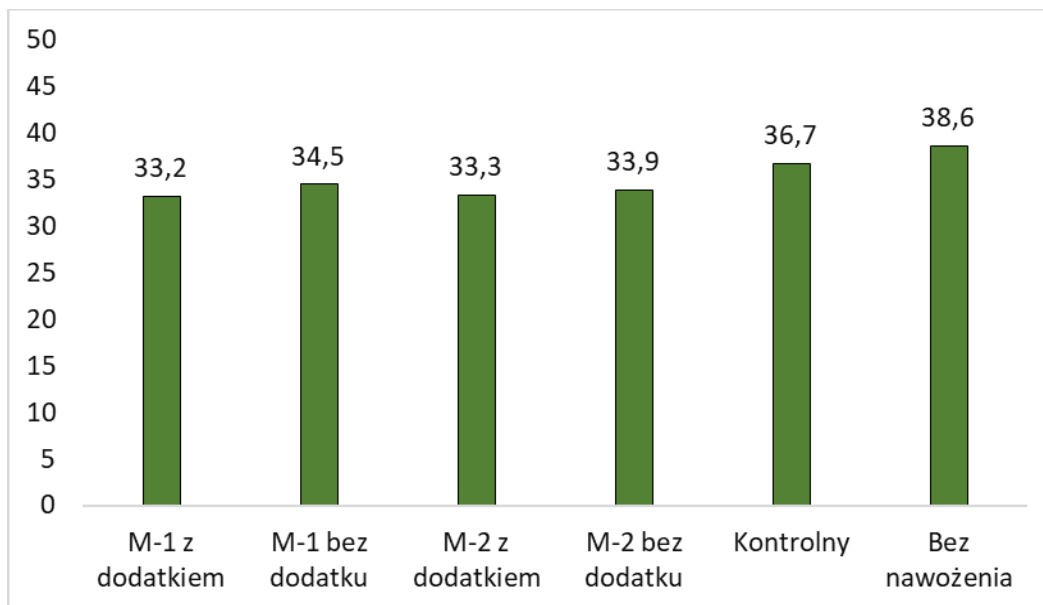
Rys. I.152. Zawartość sacharozy w korzeniach buraka cukrowego (%) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

I.7.8. Azot alfa-aminowy w korzeniach buraka cukrowego



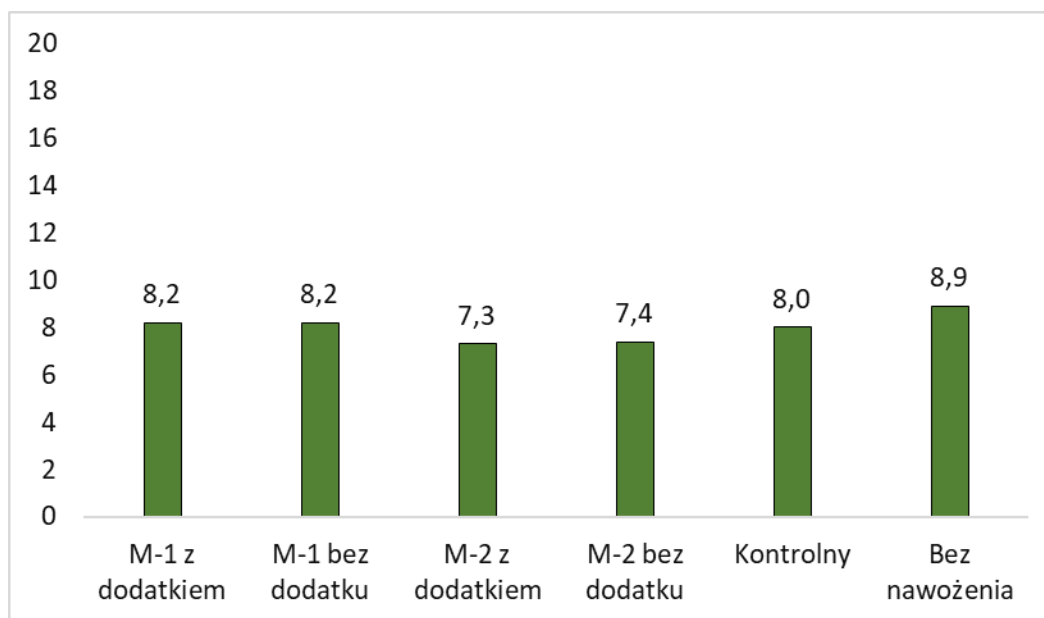
Rys. I.153. Zawartość azotu alfa-aminowego w korzeniach buraka cukrowego (mmol/kg korzeni) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

I.7.9. Potas w korzeniach buraka cukrowego



Rys. I.154. Zawartość potasu w korzeniach buraka cukrowego (mmol/kg korzeni) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

I.7.10. Sód w korzeniach buraka cukrowego



Rys. I.155. Zawartość sodu w korzeniach buraka cukrowego (mmol/kg korzeni) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

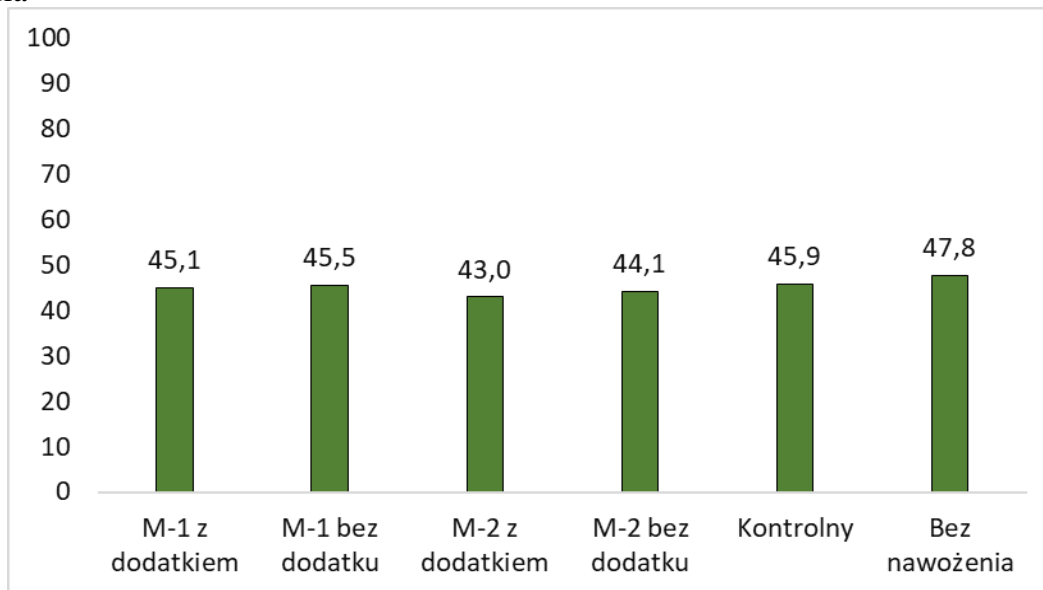
Różnica zawartości podstawowych składników organicznych w plonach roślin, jak białka w ziarnie zbóż i nasionach bobowatych, tłuszczu w nasionach oleistych, skrobi w bulwach ziemniaka czy sacharozy w korzeniach buraka cukrowego, pod wpływem mikrogranulatów nawozów startowych nie była duża i nie przekraczała bezwzględnie 1%. Jednak dodatki funkcjonalne w projektowanych nawozach, zwłaszcza Mikrogranulat-1 na ogół sprzyjały nieco większej zawartości tych składników w plonach w porównaniu z nawozami bez dodatków (rys. I.146-I.149, rys. I.152).

Mikrogranulaty nawozów startowych z dodatkami funkcjonalnymi, zwłaszcza Mikrogranulat-2 spowodował na ogół zmniejszenie zawartości w plonach składników pogarszających ich jakość, np. cukrów redukujących i azotanów w bulwach ziemniaka, czy melasotworów w korzeniach buraka cukrowego (rys. I.150, I.151; rys. I.153-I.155).

I.7.11. Azotany w plonach

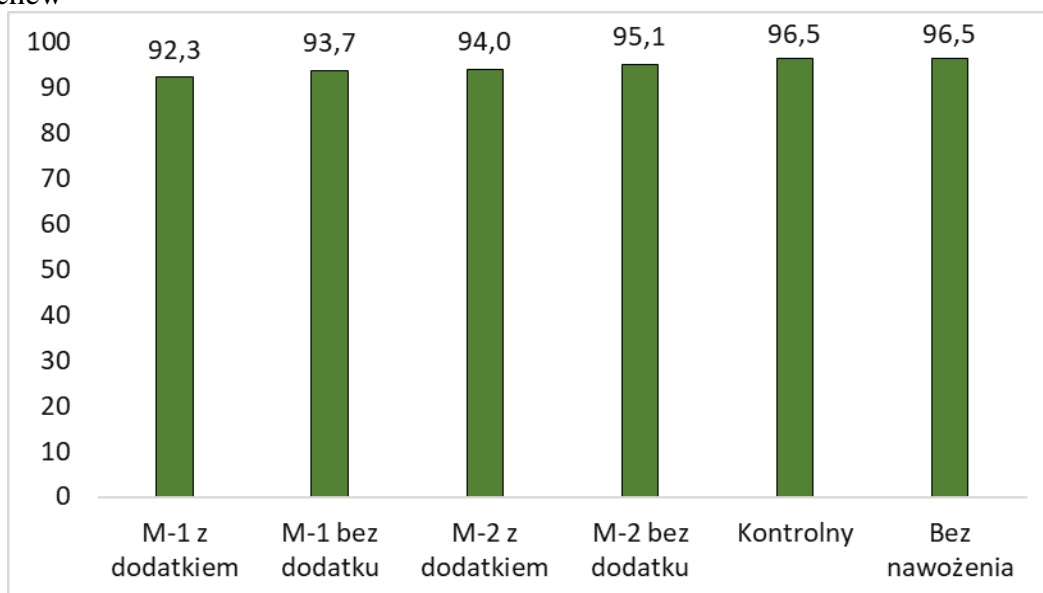
- warzywa:

a) cebula



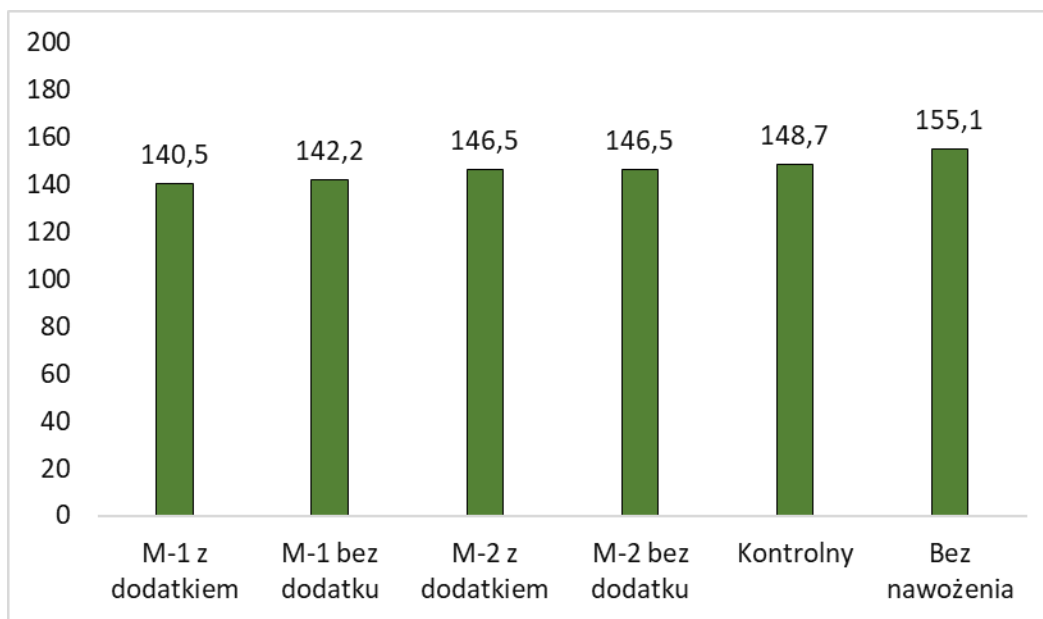
Rys. I.156. Zawartość azotanów w cebuli (mg/kg św.m) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

b) marchew



Rys. I.157. Zawartość azotanów w marchwi (mg/kg św.m) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

c) kapustowate



Rys. I.158. Zawartość azotanów w kalafiorze (mg/kg św.m) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

Projektowane nawozy startowe w formie mikrogranulatu spowodowały, że zawartość azotanów w plonach warzyw (cebula, marchew, kalafior) była mniejsza niż u roślin nienawożonych i nawożonych nawozem kontrolnym. Ponadto dodatki funkcjonalne w nawozie Mikrogranulat-2 spowodowały dalsze obniżenie zawartości azotanów w cebuli i marchwi, a obecne w nawozie Mikrogranulat-1 we plonach wszystkich warzyw (rys. I.156-I.158).

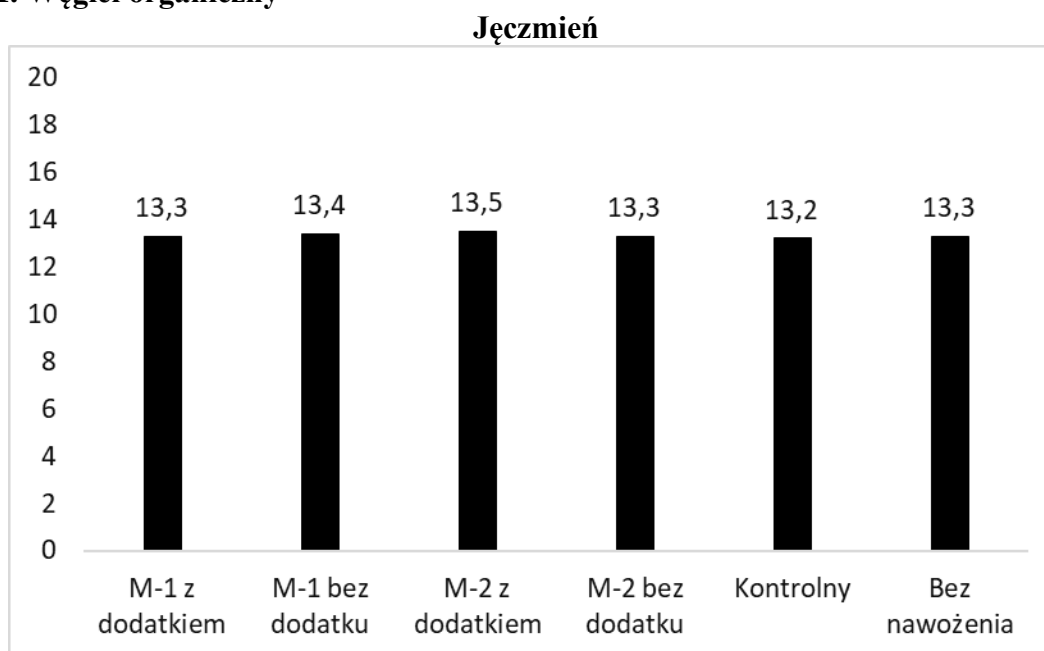
I.8. Analiza glebowej materii organicznej pod wpływem aplikacji mikrogranulatów nawozów startowych

Przedmiotem badań były próbki gleby, do której aplikowano mikrogranulaty nawozów startowych w uprawie roślin. Określono zawartość:

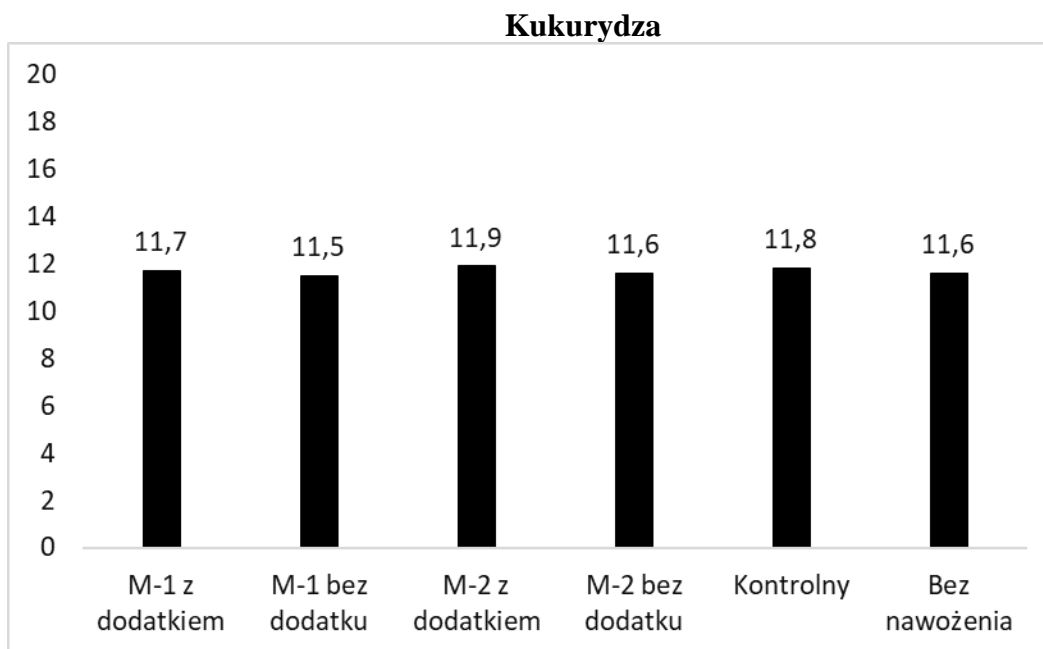
- węgla organicznego,
- azotu ogólnego,
- ekstrahowalnego węgla organicznego,
- ekstrahowalnego azotu ogólnego,
- węgla kwasów huminowych,
- azotu kwasów huminowych,
- węgla kwasów fulwowych,
- azotu kwasów fulwowych.

Ocenę jakości materii organicznej wykonano dla próbek gleby spod roślin rolniczych o różnej biologii i agrotechnice: jęczmień jary, słonecznik, groch siewny, burak cukrowy, a także roślin ogrodniczych – warzyw polowych, tj. cebuli.

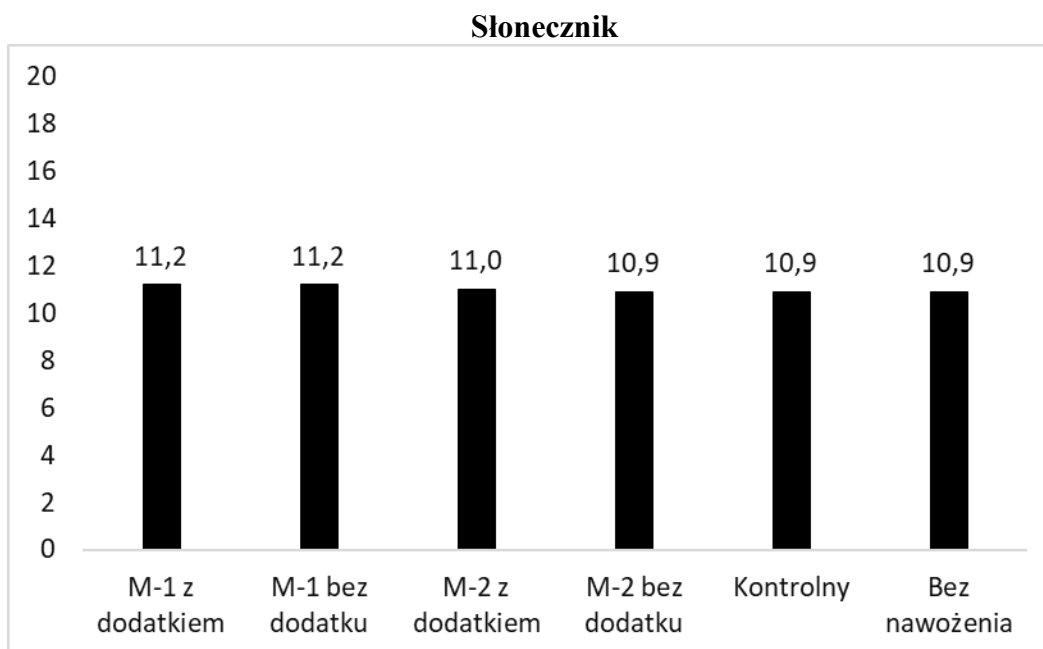
I.8.1. Węgiel organiczny



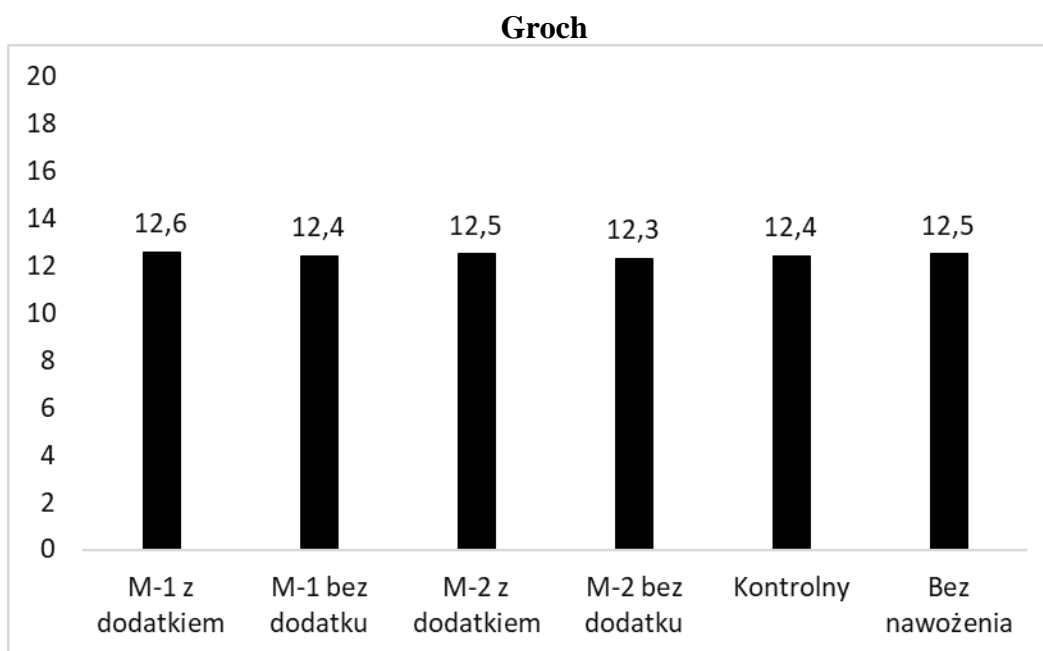
Rys. I.159. Zawartość węgla organicznego po zbiorze jęczmienia jarego (g kg⁻¹) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



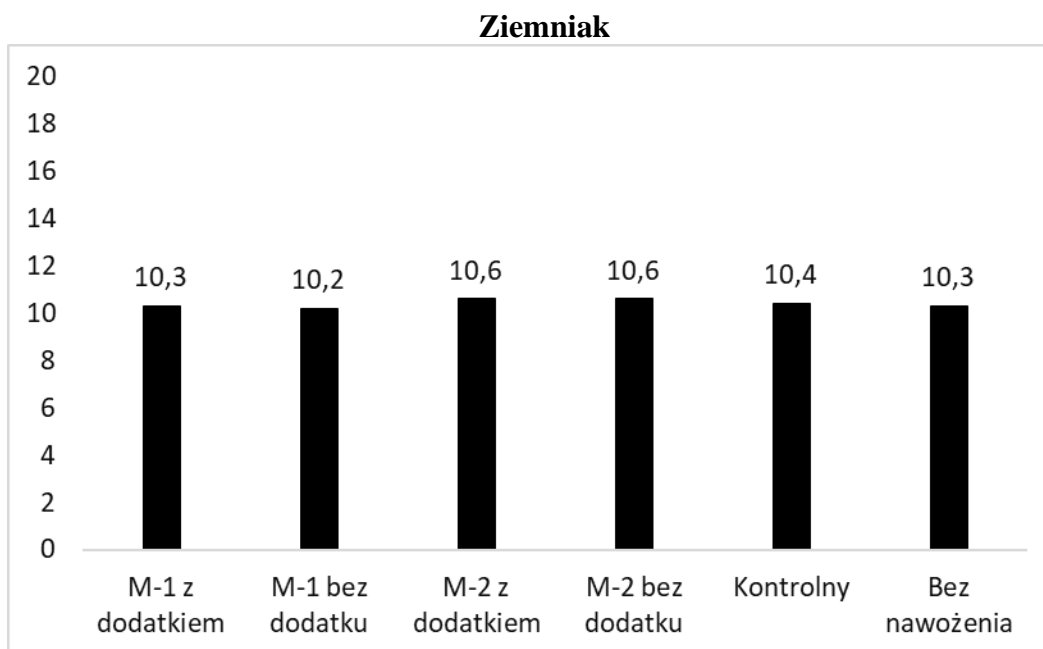
Rys. I.160. Zawartość węgla organicznego po zbiorze kukurydzy (g kg^{-1}) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



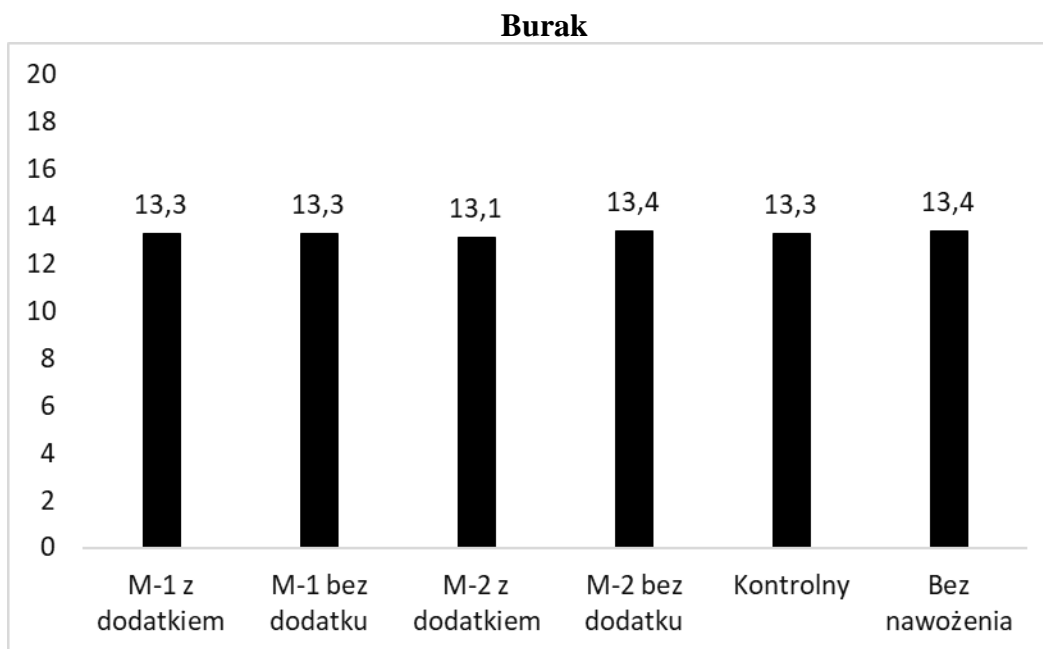
Rys. I.161. Zawartość węgla organicznego po zbiorze słonecznika (g kg^{-1}) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



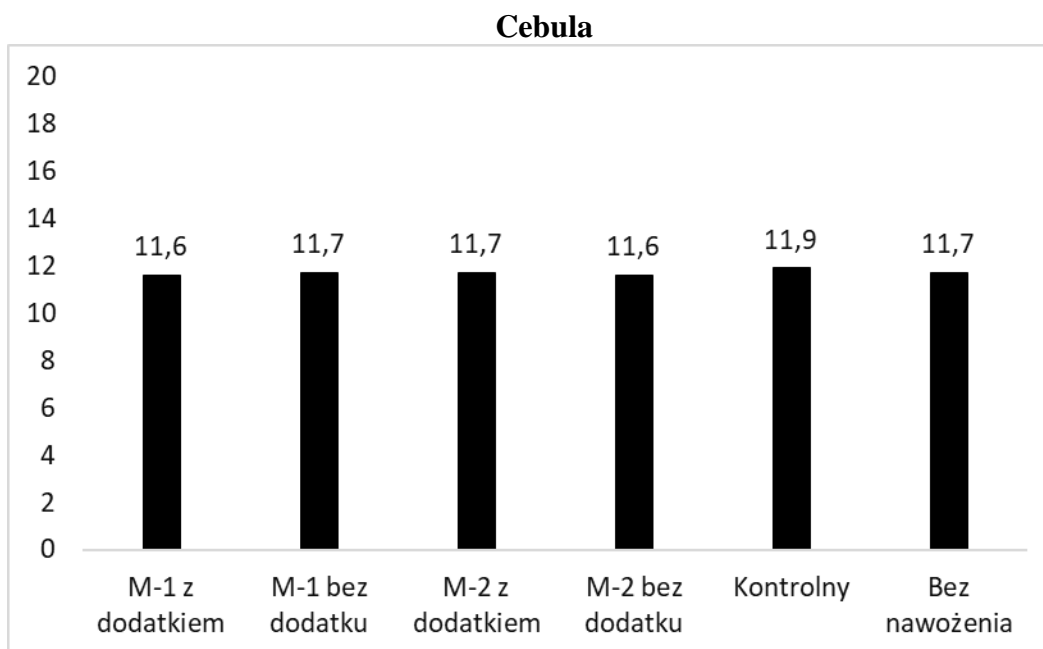
Rys. I.162. Zawartość węgla organicznego po zbiorze grochu (g kg^{-1}) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



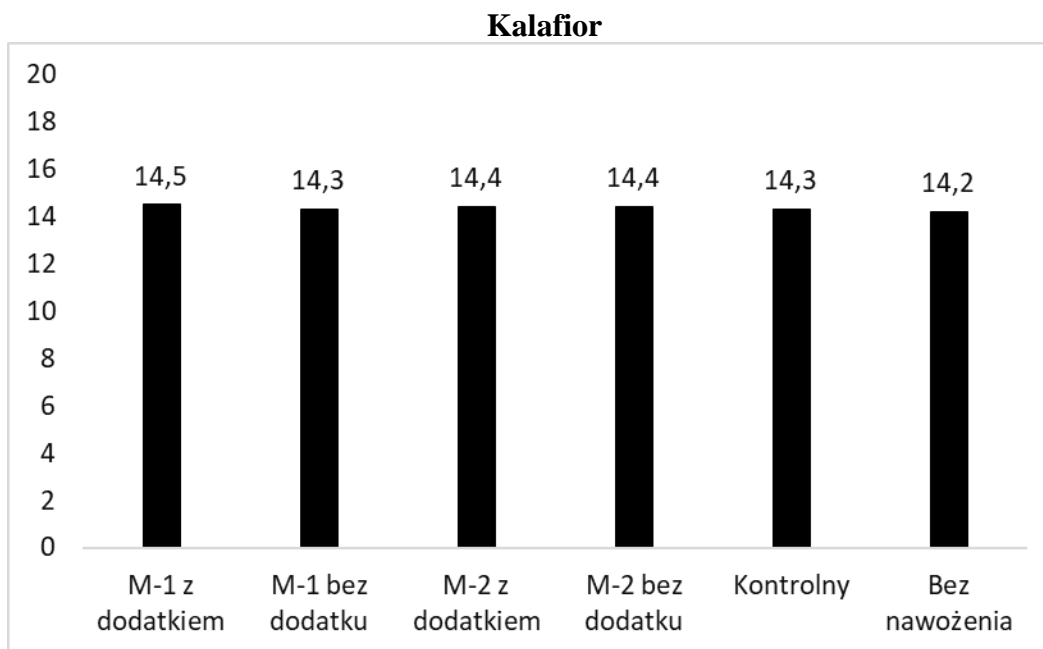
Rys. I.163. Zawartość węgla organicznego po zbiorze ziemniaka (g kg^{-1}) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



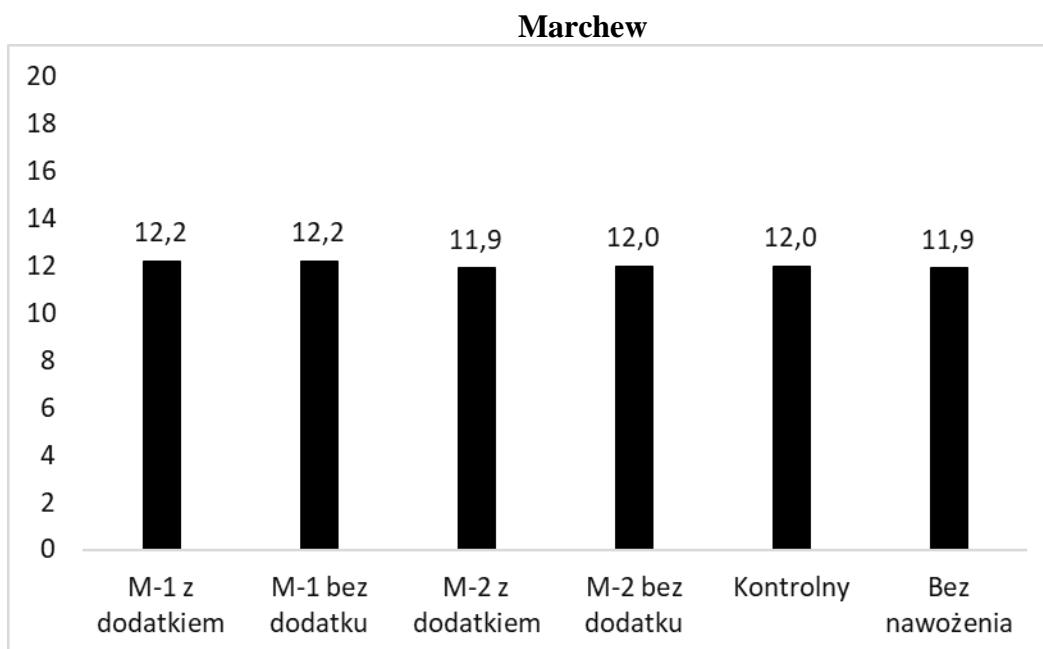
Rys. I.164. Zawartość węgla organicznego po zbiorze buraka cukrowego (g kg⁻¹) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



Rys. I.165. Zawartość węgla organicznego po zbiorze cebuli (g kg⁻¹) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



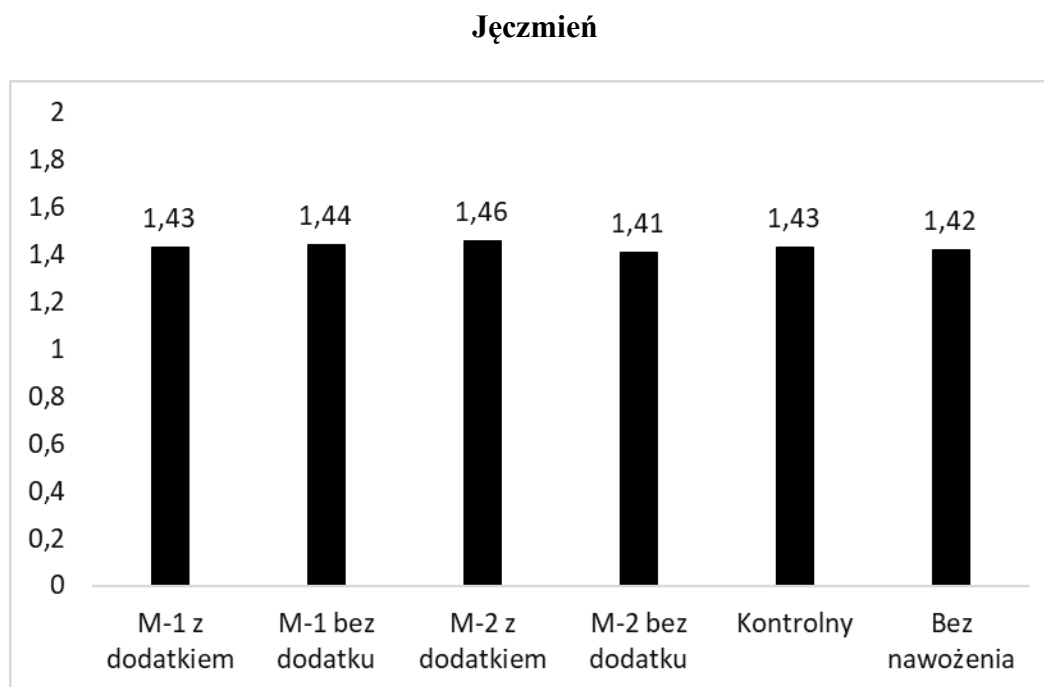
Rys. I.166. Zawartość węgla organicznego po zbiorze kalafiora (g kg⁻¹) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



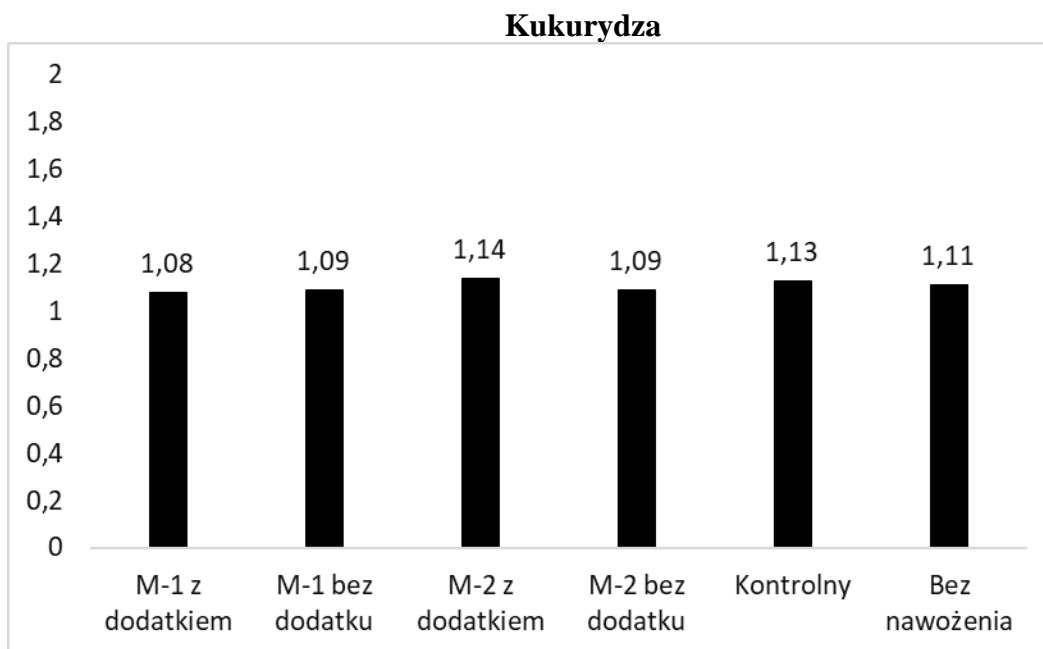
Rys. I.167. Zawartość węgla organicznego po zbiorze marchwi (g kg⁻¹) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

Zawartość węgla organicznego w glebie po okresie wegetacji roślin nawożonych nawozami startowymi i roślin nienawożonych nie uległa znaczącym zmianom. Nie stwierdzono również znaczących zmian zawartości węgla w glebie pod wpływem mikrogranulatów z dodatkami funkcjonalnymi (rys. I.159-I.167). Ewentualna zmiana zawartości węgla w glebie pod wpływem dodatków w stosunku do nawozów bez dodatków nie przekroczyła $0,3 \text{ g kg}^{-1}$ gleby.

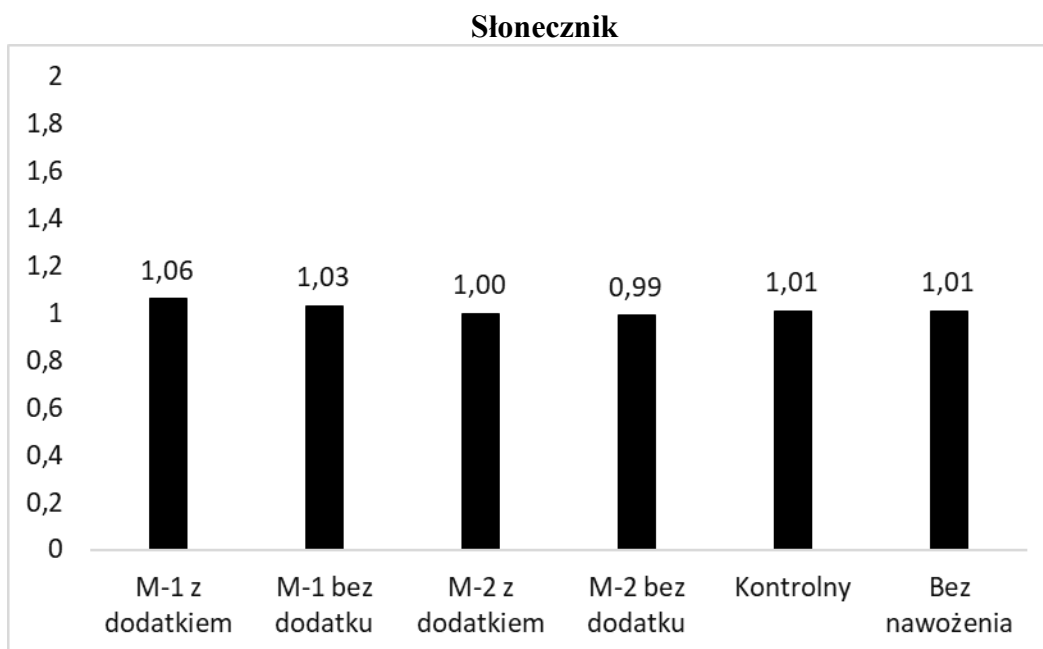
I.8.2. Azot ogólny



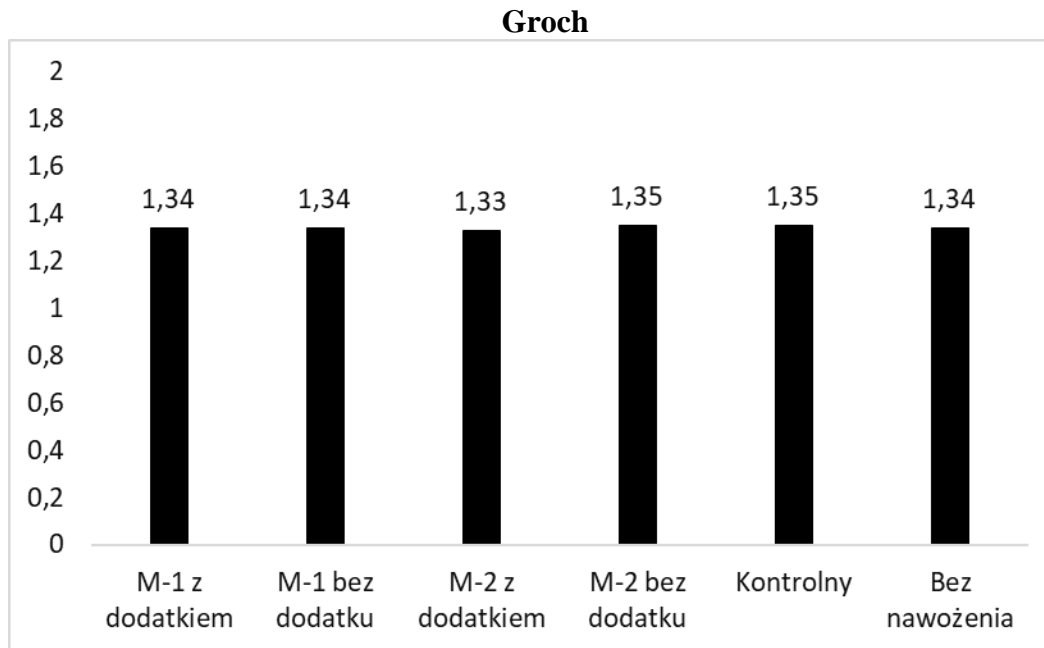
Rys. I.168. Zawartość azotu ogólnego po zbiorze jęczmienia jarego (g kg^{-1}) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



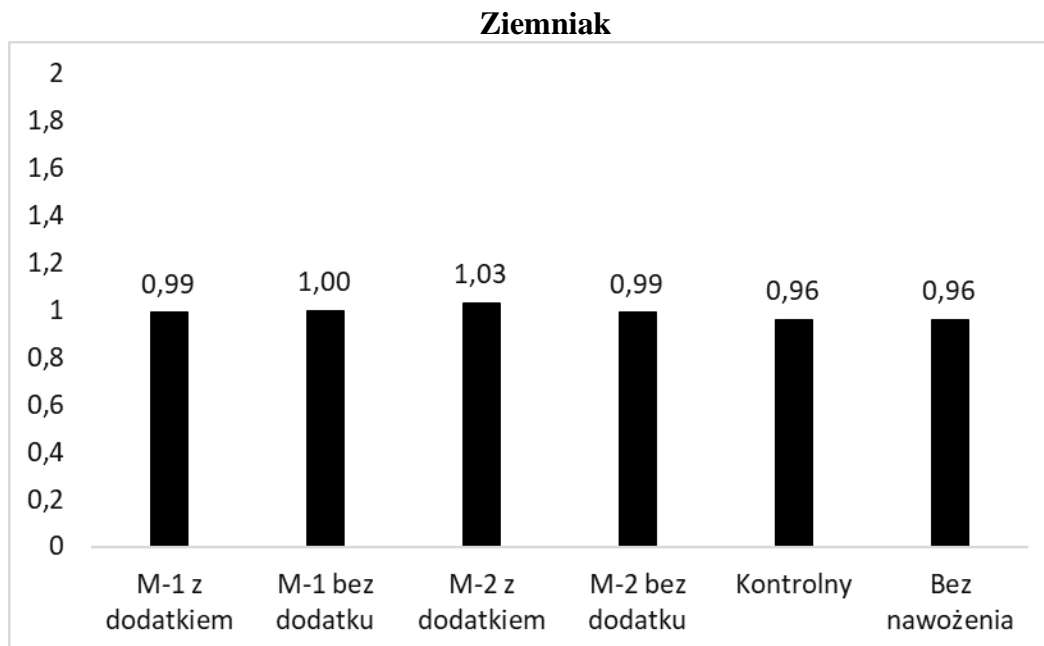
Rys. I.169. Zawartość azotu ogólnego po zbiorze kukurydzy (g kg⁻¹) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



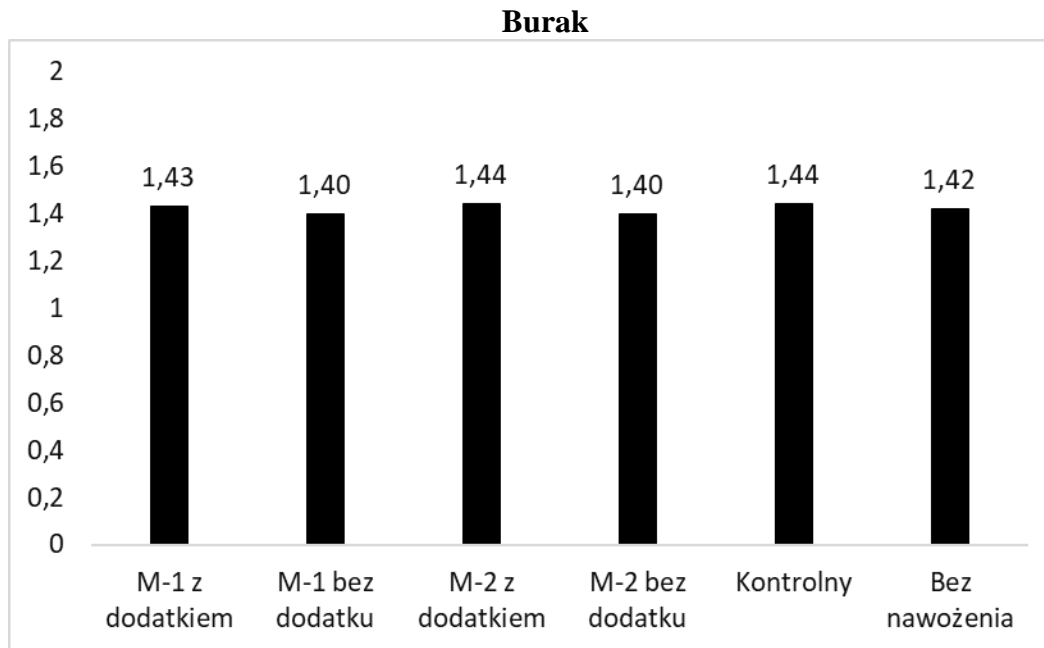
Rys. I.170. Zawartość azotu ogólnego po zbiorze słonecznika (g kg⁻¹) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



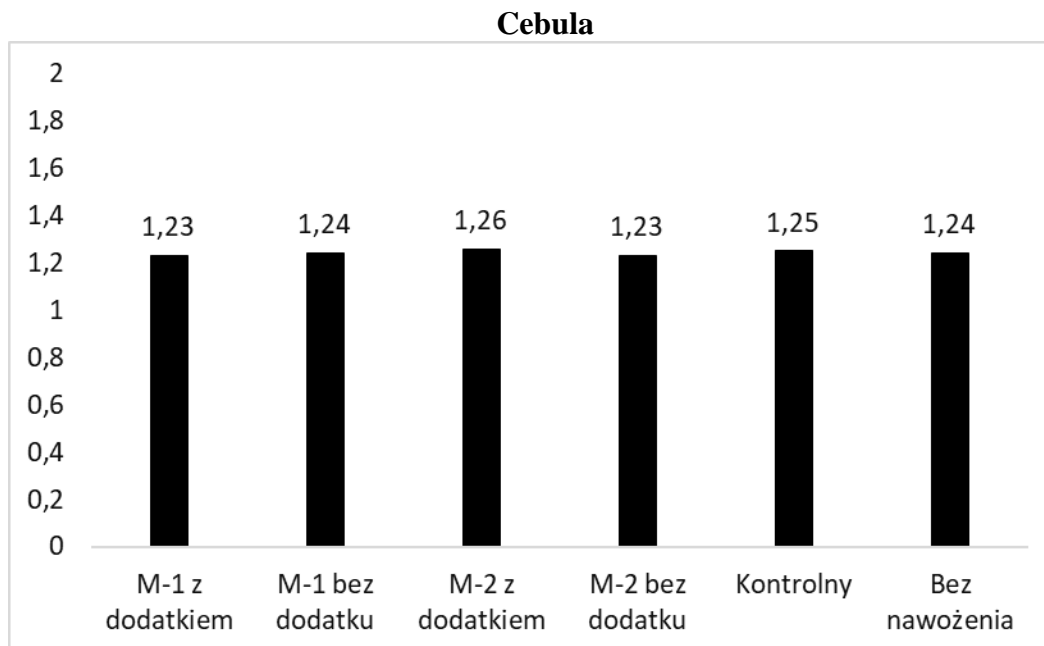
Rys. I.171. Zawartość azotu ogólnego po zbiorze grochu (g kg^{-1}) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



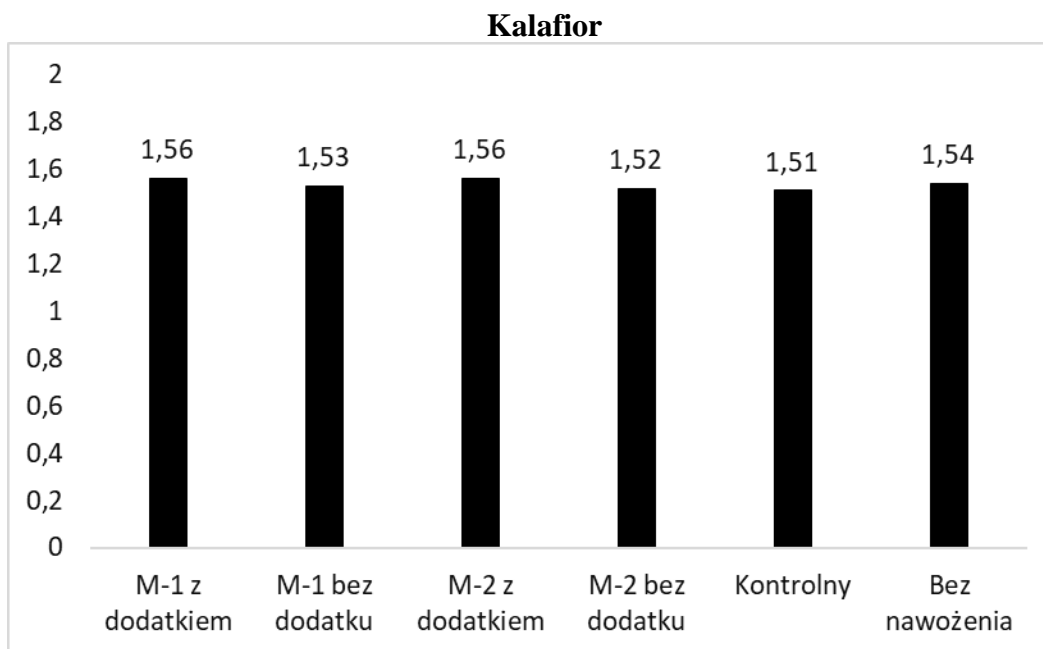
Rys. I.172. Zawartość azotu ogólnego po zbiorze ziemniaka (g kg^{-1}) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



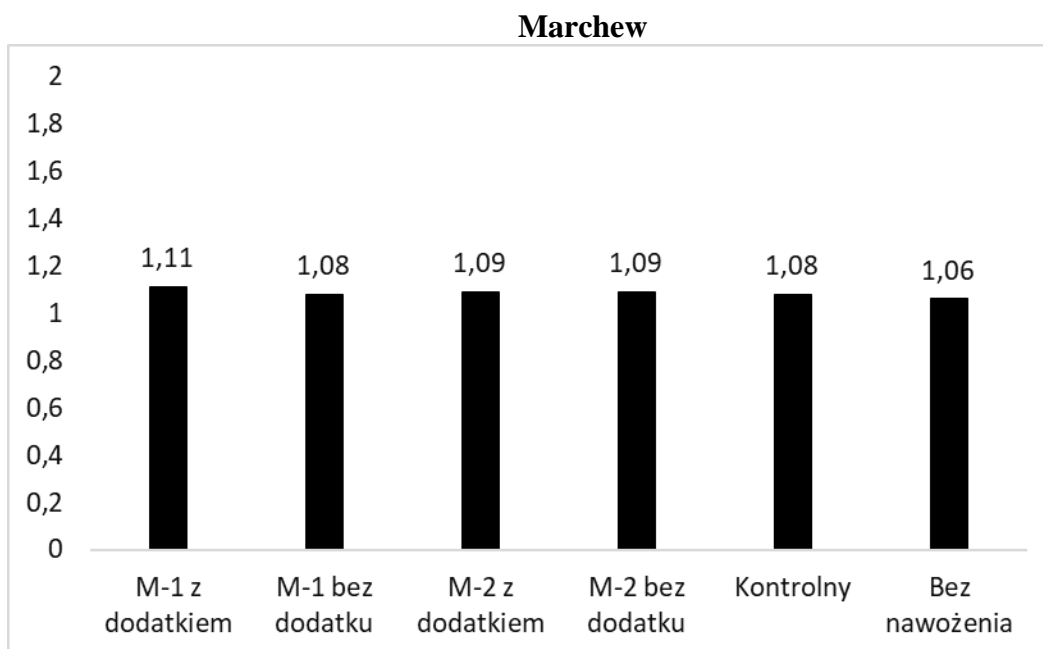
Rys. I.173. Zawartość azotu ogólnego po zbiorze buraka cukrowego (g kg⁻¹) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



Rys. I.174. Zawartość azotu ogólnego po zbiorze cebuli (g kg⁻¹) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



Rys. I.175. Zawartość azotu ogólnego po zbiorze kalafiora (g kg⁻¹) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)



Rys. I.176. Zawartość azotu ogólnego po zbiorze marchwi (g kg⁻¹) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

Wpływ nawozów startowych i nawozów z dodatkami na zawartość azotu ogólnego w glebie, podobnie jak na zawartość węgla organicznego, był niewielki (rys. I.168-I.176). Zwiększenie zawartości azotu ogólnego w glebie po zbiorze jęczmienia jarego i kukurydzy nawożonych nawozem startowym Mikrogranulat-2 z dodatkami funkcjonalnymi w porównaniu z nawozem bez dodatków wyniosło $0,05 \text{ g kg}^{-1}$ gleby.

I.8.3. Ocena frakcji

Zawartość w glebie: ekstrahowalnego węgla organicznego, ekstrahowalnego azotu ogólnego; węgla kwasów huminowych; azotu kwasów huminowych; węgla kwasów fulwowych i azotu kwasów fulwowych pod wpływem nawozów startowych w formie mikrogranulatu, jak również tych nawozów z dodatkami funkcjonalnymi nie różniła się znacząco od zawartości tych elementów frakcji organicznej w glebie nienawożonej. Różnice względne wielkości tych cech gleby z poszczególnych obiektów nawozowych nie przekraczały kilku procent, a wyniki takie były powtarzalne dla gleb po zbiorze jęczmienia jarego (tab. I.18), słonecznika (tab. I.19), grochu (tab. I.20), buraka cukrowego (tab. I.21), cebuli (tab. I.22).

Tabela I.18. Frakcja organiczna gleby po zbiorze jęczmienia jarego pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

Frakcja*	Jednostka	Mikrogranulat nawozów startowych					
		M-1 z dodatkiem	M-1 bez dodatku	M-2 z dodatkiem	M-2 bez dodatku	Kontrolny	Bez nawożenia
Ce	mg kg ⁻¹	158,2	155,7	150,3	153,9	155,0	156,1
Ne	mg kg ⁻¹	1,43	1,40	1,44	1,45	1,42	1,43
Ch	mg kg ⁻¹	3122	3140	3111	3129	3132	3120
Nh	mg kg ⁻¹	240	238	246	245	241	239
Cf	mg kg ⁻¹	2769	2776	2668	2659	2784	2777
Nf	mg kg ⁻¹	253	251	245	250	247	244

* Ce – ekstrahowalny węgiel organiczny; Ne – ekstrahowalny azot ogólny; Ch – węgiel kwasów huminowych; Nh – azot kwasów huminowych; Cf – węgiel kwasów fulwowych; Nf – azot kwasów fulwowych

Tabela I.19. Frakcja organiczna gleby po zbiorze słonecznika pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

Frakcja*	Jednostka	Mikrogranulat nawozów startowych					
		M-1 z dodatkiem	M-1 bez dodatku	M-2 z dodatkiem	M-2 bez dodatku	Kontrolny	Bez nawożenia
Ce	mg kg ⁻¹	136,6	134,7	135,0	140,2	137,3	135,2
Ne	mg kg ⁻¹	1,25	1,21	1,27	1,27	1,25	1,23
Ch	mg kg ⁻¹	2558	2549	2525	2540	2550	2538
Nh	mg kg ⁻¹	224	231	227	223	232	229
Cf	mg kg ⁻¹	2578	2586	2569	2575	2564	2553
Nf	mg kg ⁻¹	241	233	237	229	235	231

* Ce – ekstrahowalny węgiel organiczny; Ne – ekstrahowalny azot ogólny; Ch – węgiel kwasów huminowych; Nh – azot kwasów huminowych; Cf – węgiel kwasów fulwowych; Nf – azot kwasów fulwowych

Tabela I.20. Frakcja organiczna gleby po zbiorze grochu pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

Frakcja*	Jednostka	Mikrogranulat nawozów startowych					
		M-1 z dodatkiem	M-1 bez dodatku	M-2 z dodatkiem	M-2 bez dodatku	Kontrolny	Bez nawożenia
Ce	mg kg ⁻¹	153,7	150,2	165,1	159,4	153,0	155,8
Ne	mg kg ⁻¹	1,65	1,59	1,61	1,67	1,62	1,64
Ch	mg kg ⁻¹	3211	3258	3193	3205	3228	3213
Nh	mg kg ⁻¹	352	346	260	352	349	357
Cf	mg kg ⁻¹	2914	2930	2920	2897	2941	2933
Nf	mg kg ⁻¹	278	271	296	280	281	279

* Ce – ekstrahowalny węgiel organiczny; Ne – ekstrahowalny azot ogólny; Ch – węgiel kwasów huminowych; Nh – azot kwasów huminowych; Cf – węgiel kwasów fulwowych; Nf – azot kwasów fulwowych

Tabela I.21. Frakcja organiczna gleby po zbiorze buraka pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

Frakcja*	Jednostka	Mikrogranulat nawozów startowych					
		M-1 z dodatkiem	M-1 bez dodatku	M-2 z dodatkiem	M-2 bez dodatku	Kontrolny	Bez nawożenia
Ce	mg kg ⁻¹	173,3	177,0	182,0	171,5	176,4	175,1
Ne	mg kg ⁻¹	1,94	1,94	1,89	1,91	1,95	1,90
Ch	mg kg ⁻¹	3568	3558	3572	3564	3571	3560
Nh	mg kg ⁻¹	329	321	336	336	327	331
Cf	mg kg ⁻¹	3068	3071	3052	3055	3060	3059
Nf	mg kg ⁻¹	289	290	278	284	281	286

* Ce – ekstrahowalny węgiel organiczny; Ne – ekstrahowalny azot ogólny; Ch – węgiel kwasów huminowych; Nh – azot kwasów huminowych; Cf – węgiel kwasów fulwowych; Nf – azot kwasów fulwowych

Tabela I.22. Frakcja organiczna gleby po zbiorze cebuli pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

Frakcja*	Jednostka	Mikrogranulat nawozów startowych					
		M-1 z dodatkiem	M-1 bez dodatku	M-2 z dodatkiem	M-2 bez dodatku	Kontrolny	Bez nawożenia
Ce	mg kg ⁻¹	154,8	151,2	155,0	161,1	152,9	154,0
Ne	mg kg ⁻¹	1,64	1,64	1,71	1,65	1,68	1,64
Ch	mg kg ⁻¹	2814	2779	2820	2809	2803	2813
Nh	mg kg ⁻¹	231	236	229	235	229	227
Cf	mg kg ⁻¹	2489	2466	2471	2470	2478	2469
Nf	mg kg ⁻¹	234	229	240	233	238	235

* Ce – ekstrahowalny węgiel organiczny; Ne – ekstrahowalny azot ogólny; Ch – węgiel kwasów huminowych; Nh – azot kwasów huminowych; Cf – węgiel kwasów fulwowych; Nf – azot kwasów fulwowych

I.9. Analiza chemiczna materiału roślinnego

Przedmiotem badań były próbki materiału roślinnego pobrane z testów wpływu nawozów dolistnych na rośliny rolnicze i ogrodnicze. Oceniono:

- zawartość barwników roślinnych – chlorofilu w biomacie liści roślin,
- zawartość witaminy C w masie wegetatywnej roślin,
- zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka,
- zawartości witaminy C w warzywach i owocach,
- zawartość barwników roślinnych w warzywach i owocach.

I.9.1. Chlorofil w biomacie roślin

Tabela I.23. Zawartość chlorofilu w liściach (mg g⁻¹ ś.m.) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

Roślina	Nawóz dolistny					
	D-1 z dodatkiem	D-1 bez dodatku	D-2 z dodatkiem	D-2 bez dodatku	Kontrolny	Bez nawożenia
Pszenica	1,65	1,62	1,70	1,63	1,65	1,61
Kukurydza	1,36	1,31	1,37	1,34	1,34	1,33
Rzepak	1,66	1,67	1,71	1,69	1,71	1,66
Groch	1,46	1,47	1,45	1,45	1,45	1,46
Ziemniak	0,95	0,90	0,92	0,90	0,92	0,92
Burak	1,36	1,34	1,39	1,34	1,36	1,32
Cebula	1,27	1,21	1,24	1,22	1,24	1,21
Kalafior	1,64	1,64	1,68	1,66	1,65	1,64
Marchew	1,22	1,18	1,23	1,20	1,20	1,19
Jabłoń	1,49	1,46	1,48	1,49	1,47	1,48
Truskawka	1,45	1,43	1,46	1,47	1,45	1,44
Winorośl	1,33	1,30	1,30	1,25	1,31	1,27

Dodatki funkcjonalne do obu projektowanych nawozów dolistnych – Dolistny-1 i Dolistny-2 spowodowały, że ich nalistna aplikacja zwiększyła zawartość chlorofilu w liściach pszenicy, kukurydzy, ziemniaka, buraka, cebuli, marchwi i winorośli (tab. I.23). Ponadto nawóz Dolistny-1 zwiększał zawartość chlorofilu w liściach jabłoni i truskawki, a nawóz Dolistny-2 w liściach rzepaku i kalafiora. Największa zawartość chlorofilu w liściach pod wpływem projektowanych nawozów była większa niż pod wpływem nawozu kontrolnego i u roślin nienawożonych lub przynajmniej nie mniejsza, jak u rzepaku.

Tabela I.24. Zawartość chlorofilu w liściach (mg g^{-1} ś.m.) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

Roślina	Nawóz dolistny					
	M-1 z dodatkami	M-1 bez dodatku	M-2 z dodatkami	M-2 bez dodatku	Kontrolny	Bez nawożenia
Jęczmień	1,54	1,51	1,57	1,53	1,53	1,49
Kukurydza	1,56	1,54	1,60	1,55	1,57	1,52
Słonecznik	1,52	1,48	1,51	1,51	1,51	1,46
Groch	1,46	1,47	1,45	1,45	1,46	1,45
Ziemniak	0,98	0,96	1,01	0,97	0,98	0,95
Burak	1,43	1,37	1,38	1,35	1,39	1,34
Cebula	1,28	1,25	1,31	1,26	1,29	1,23
Kalafior	1,71	1,66	1,68	1,66	1,68	1,64
Marchew	1,28	1,24	1,27	1,25	1,27	1,22

Zastosowanie dodatków funkcjonalnych w formulacji mikrogranulatów nawozów startowych spowodowało, że pod wpływem tych nawozów rośliny zawierały na ogół więcej chlorofilu w liściach niż pod wpływem nawozów bez dodatków. Oba projektowane nawozy startowe, tj. Mikrogranulat-1 i Mikrogranulat-2 spowodowały, że po ich zastosowaniu liście: jęczmienia, kukurydzy, ziemniaka, buraka, cebuli, kalafiora i marchwi zawierały więcej chlorofilu (tab. I.24). Natomiast liście słonecznika zawierały więcej chlorofilu pod wpływem nawozu Mikrogranulat-1 z dodatkami funkcjonalnymi w porównaniu z roślinami, pod które zastosowano nawóz bez dodatków. W każdym przypadku stosowania projektowanych nawozów zwiększających w największym stopniu zawartość chlorofilu w liściach jego zawartość była większa niż w liściach roślin nienawożonych i nawożonych nawozem kontrolnym.

I.9.2. Witamina C w masie wegetatywnej roślin

Tabela I.25. Zawartość kwasu askorbinowego w masie roślinnej (mg 100 g⁻¹ ś.m.) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

Roślina	Nawóz dolistny					
	D-1 z dodatkiem	D-1 bez dodatku	D-2 z dodatkiem	D-2 bez dodatku	Kontrolny	Bez nawożenia
Pszenica	40,6	38,3	42,1	39,7	39,4	37,9
Kukurydza	46,0	44,8	48,7	45,1	45,5	44,2
Rzepak	95,7	94,0	97,4	94,1	93,8	91,8
Groch	90,7	90,1	92,5	90,8	91,3	88,4
Ziemniak	33,6	31,2	33,0	30,5	30,9	29,8
Burak	52,2	50,7	53,1	50,4	51,4	48,9
Cebula	46,8	45,5	44,9	44,0	44,3	43,2
Kalafior	37,5	37,0	38,3	37,9	37,7	36,1
Marchew	28,2	27,2	28,1	27,5	27,6	27,0
Jabłoń	21,8	22,5	23,0	22,2	22,4	22,3
Truskawka	28,9	29,1	30,4	29,2	29,0	28,1
Winorośl	14,6	14,0	14,2	14,0	14,3	14,1

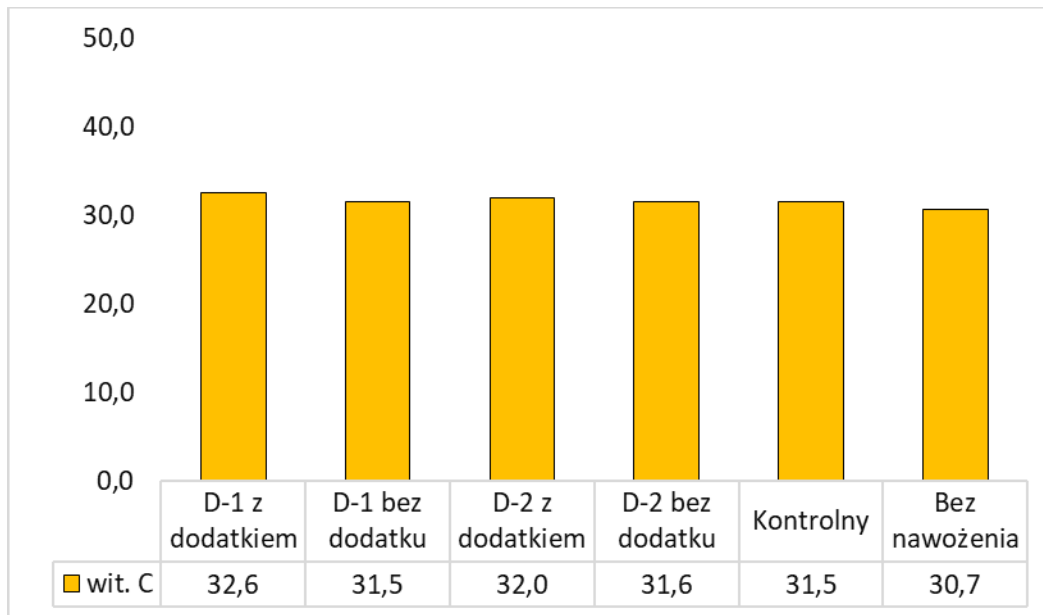
Dodatki funkcjonalne w obu nawozach stosowanych dolistnie () spowodowały zwiększenie zawartości kwasu askorbinowego w biomacie pszenicy, kukurydzy, rzepaku, grochu, ziemniaka, buraka, cebuli, kalafiora, marchwi i winorośli (tab. I.25). W biomacie jabłoni i truskawki tylko dodatki funkcjonalne w nawozie Mikrogranulat-2 miały korzystny wpływ na jego oddziaływanie na zawartość witaminy C. Biomasa roślin nawożonych nawozami z dodatkami funkcjonalnymi, a zawierająca najwięcej witaminy C zawierała jednocześnie więcej tej witaminy niż biomasa roślin nienawożonych i nawożonych nawozem kontrolnym.

Tabela I.26. Zawartość kwasu askorbinowego w masie roślinnej (mg 100 g⁻¹ ś.m.) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

Roślina	Nawóz dolistny					
	M-1 z dodatkiem	M-1 bez dodatku	M-2 z dodatkiem	M-2 bez dodatku	Kontrolny	Bez nawożenia
Jęczmień	45,3	45,8	47,2	45,7	44,8	44,1
Kukurydza	42,0	41,6	42,9	41,3	41,4	40,7
Słonecznik	60,5	58,8	58,8	59,4	60,1	57,5
Groch	84,8	82,9	83,3	82,6	82,0	80,6
Ziemniak	28,9	29,1	31,5	30,1	29,6	28,4
Burak	50,6	49,2	49,7	49,0	48,7	48,0
Cebula	42,5	42,0	43,1	42,2	42,3	41,6
Kalafior	35,4	33,9	34,6	34,8	34,2	33,3
Marchew	30,3	28,9	29,5	29,0	28,8	28,0

Dodatki funkcjonalne w obu nawozach startowych spowodowały, że pod wpływem ich dogłębowej aplikacji biomasa kukurydzy, grochu, buraka, cebuli i marchwi zawierała więcej witaminy C niż pod wpływem tych nawozów bez dodatków (tab. I.26). Dodatki funkcjonalne w nawozie Mikrogranulat-1 zwiększały ponadto zawartość kwasu askorbinowego w biomase słonecznika i kalafiora, a w nawozie Mikrogranulat-2 zawartość witaminy C w biomase jęczmienia i ziemniaka. Zawartości stwierdzone w biomase roślin nawożonych tymi nawozami były większe niż u roślin nawożonych nawozem kontrolnym i nienawożonych.

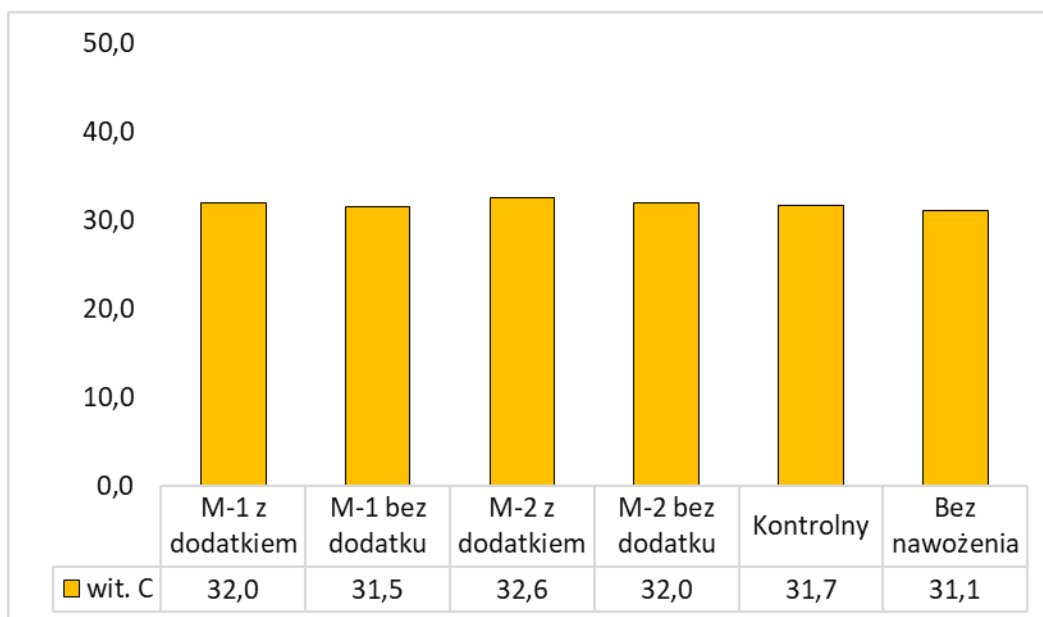
I.9.3. Witamina C w bulwach ziemniaka



Rys. I.177. Zawartość kwasu askorbinowego w bulwach ziemniaka ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

Najwięcej kwasu askorbinowego stwierdzono w bulwach ziemniaka nawożonego nawozem Dolistny-1 z dodatkami funkcjonalnymi. Także dodatki funkcjonalne w nawozie Dolistny-2 spowodowały, że nawóz ten zwiększył zawartość witaminy C w bulwach. W obu przypadkach zawartość kwasu askorbinowego w bulwach była większa niż w bulwach roślin nawożonych nawozem kontrolnym i roślin nienawożonych (rys. I.177).

Dodatki funkcjonalne w nawozach startowych Mikrogranulat-1 i Mikrogranulat-2 miały podobny wpływ na zawartość witaminy C w bulwach jak dodatki funkcjonalne w nawozach dolistnych. Aplikacja projektowanych nawozów z dodatkami spowodowała, że zawartość witaminy C w bulwach była większa niż u roślin nawożonych nawozem kontrolnym, a szczególnie roślin nienawożonych mikrogranulatem nawozu startowego (rys. I.178).



Rys. I.178. Zawartość kwasu askorbinowego w bulwach ziemniaka ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

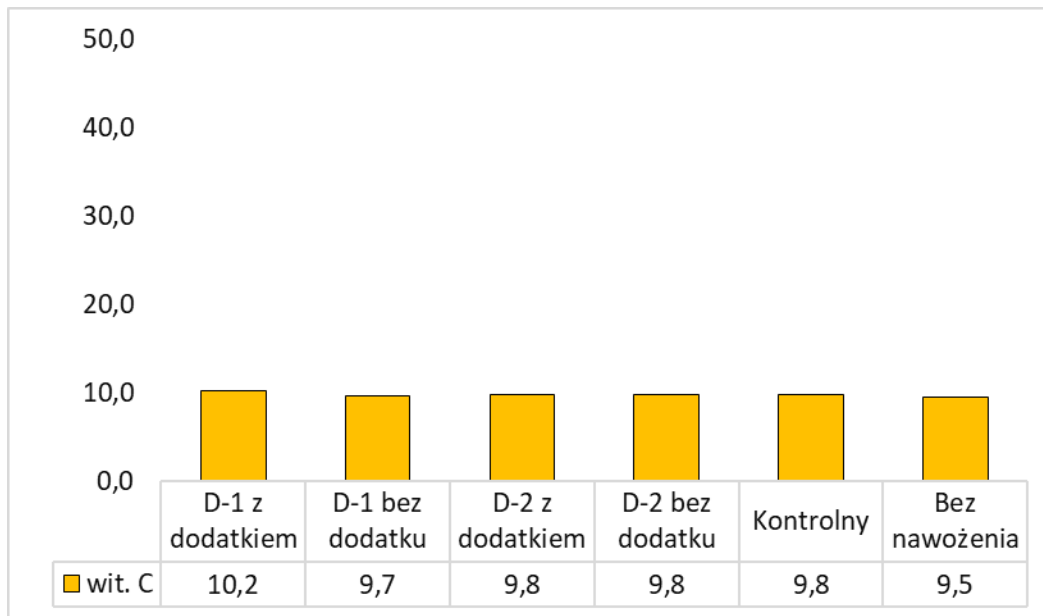
I.9.4. Witamina C w plonach różnych roślin

- **warzywa**

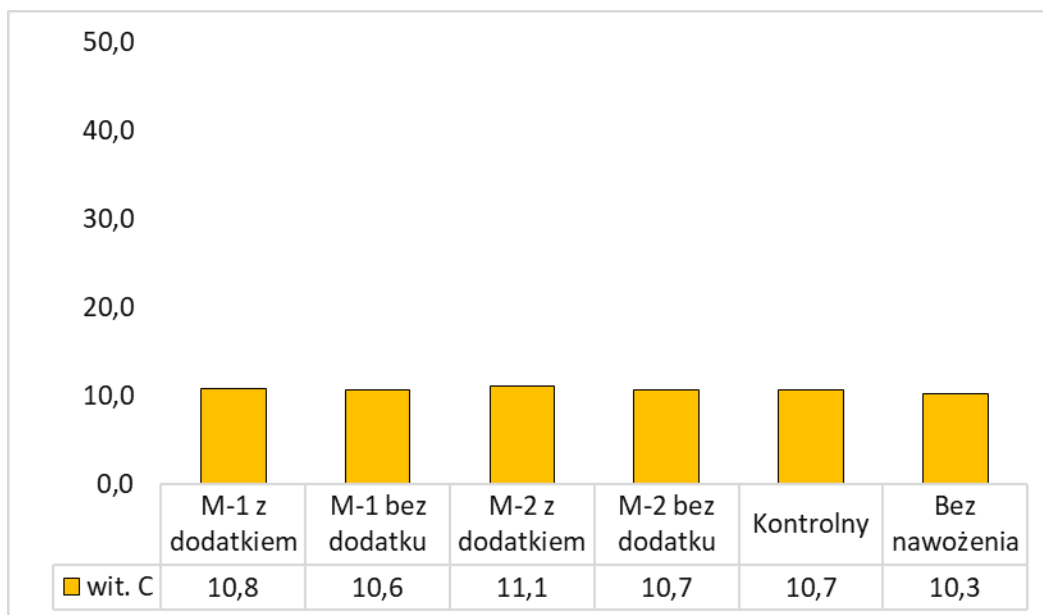
- a) cebula

Zawartość kwasu askorbinowego w cebuli pod wpływem nawozu Dolistny-1 z dodatkami funkcjonalnymi była większa niż w cebuli nawożonej nawozem kontrolnym i nienawożonej, natomiast zawartość witaminy C w cebuli nawożonej nawozem Dolistny-2 z dodatkami była większa niż w cebuli nienawożonej (rys. I.179).

Dodatki funkcjonalne w nawozie startowym Mikrogranulat-1, a zwłaszcza Mikrogranulat-2 spowodowały, że cebula pod ich wpływem zawierała więcej kwasu askorbinowego niż cebula nawożona nawozami bez dodatków, nawozem kontrolnym i nienawożona (rys. I.180).

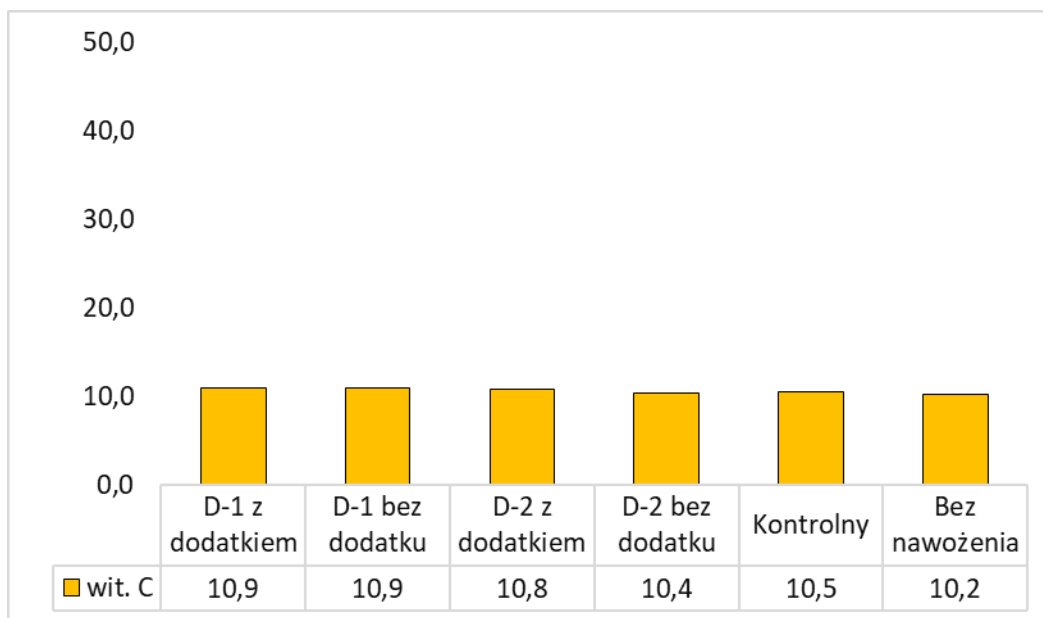


Rys. I.179. Zawartość kwasu askorbinowego w cebuli ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

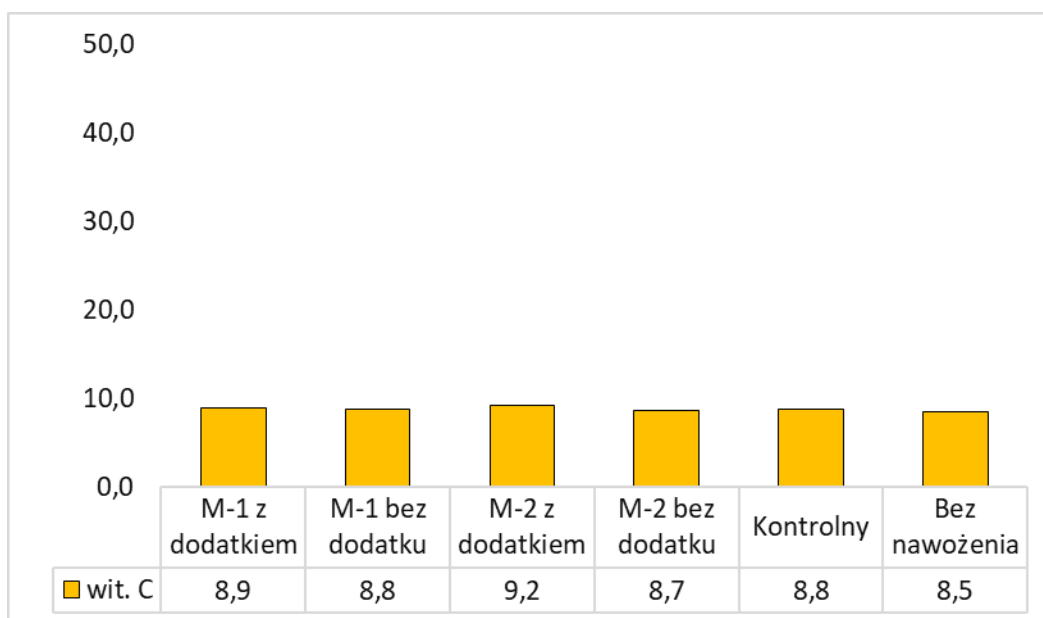


Rys. I.180. Zawartość kwasu askorbinowego w cebuli ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

b) marchew



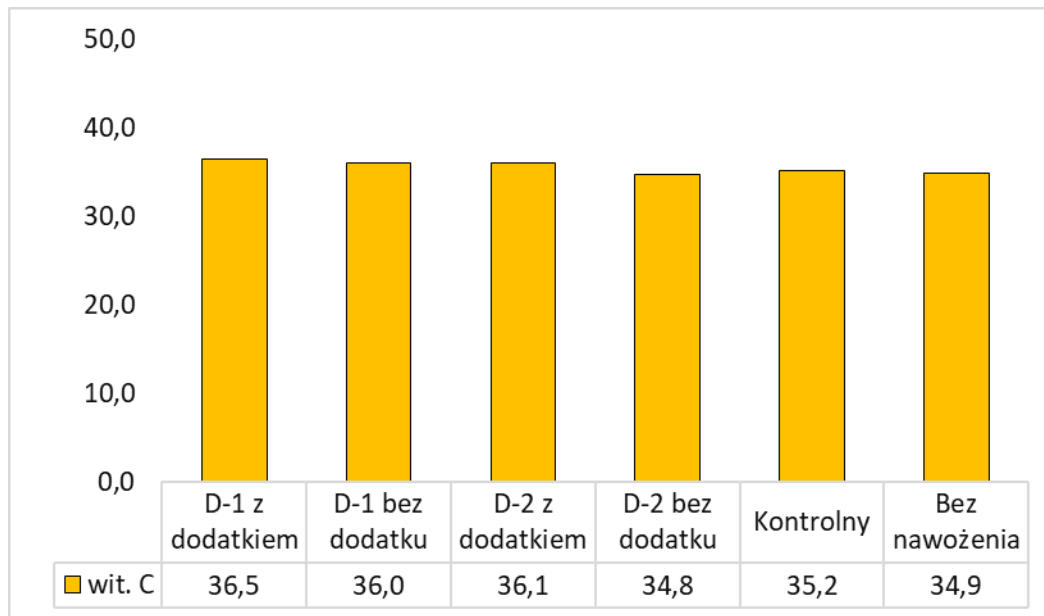
Rys. I.181. Zawartość kwasu askorbinowego w korzeniach marchwi (mg 100 g⁻¹ s.m.) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)



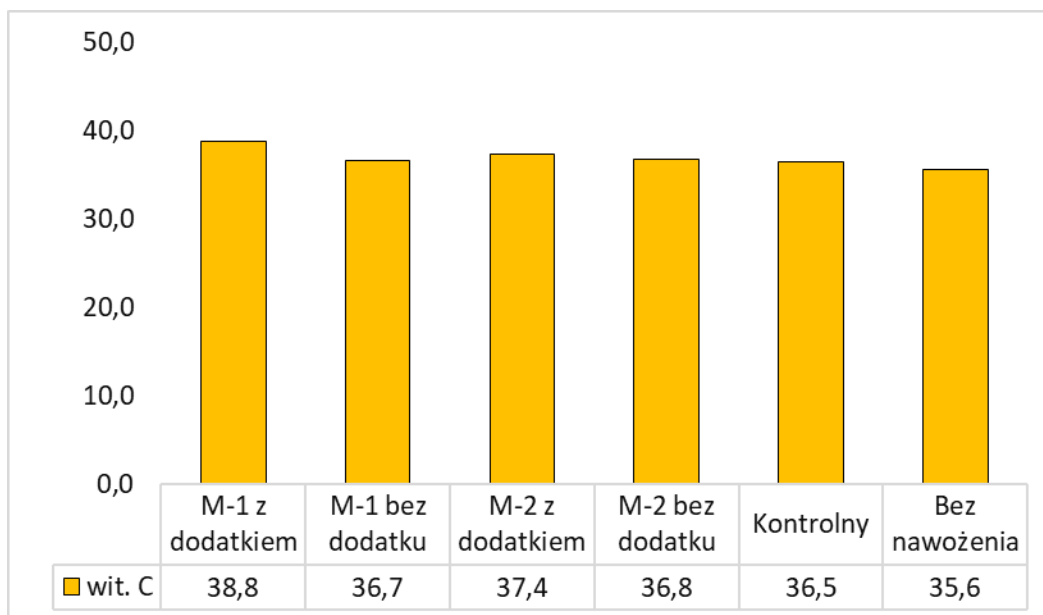
Rys. I.182. Zawartość kwasu askorbinowego w korzeniach marchwi (mg 100 g⁻¹ s.m.) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

Obecność dodatków funkcjonalnych w nawozach Dolistny-1 oraz Mikrogranulat-1 i Mikrogranulat-2 spowodowała, że pod ich wpływem zawartość kwasu askorbinowego w korzeniach marchwi była większa niż pod wpływem nawożenia tymi nawozami bez dodatków, nawozem kontrolnym i u roślin nienawożonych (rys. I.181, rys. I.182).

c) kapustowate



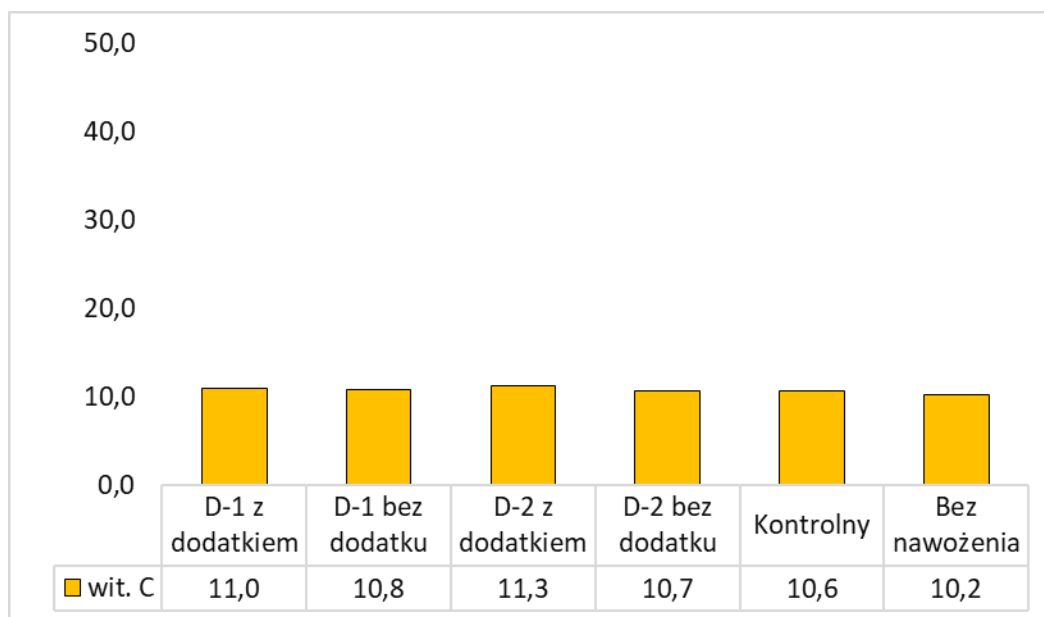
Rys. I.183. Zawartość kwasu askorbinowego w różach kalafiora ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)



Rys. I.184. Zawartość kwasu askorbinowego w różach kalafiora ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ s.m.}$) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

Dodatki funkcjonalne w nawozach dolistnych (Dolistny-1, Dolistny-2) i nawozach startowych (Mikrogranulat-1, Mikrogranulat-2) spowodowały, że róże kalafiora pod wpływem tych nawozów zawierały więcej kwasu askorbinowego niż róże roślin nawożonych nawozami bez dodatków funkcjonalnych, nawozami kontrolnymi oraz róże roślin nie nawożonych dolistnie i przy użyciu nawozów startowych w formie mikrogranulatu (rys. I.183, rys. I.184).

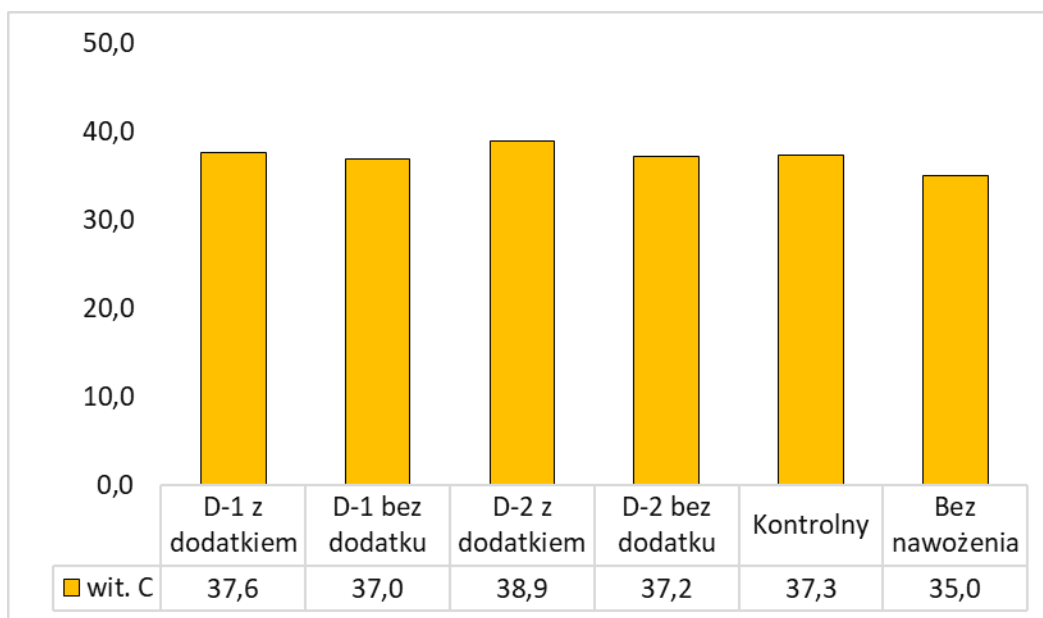
I.9.5. Witamina C w owocach drzew



Rys. I.185. Zawartość kwasu askorbinowego w jabłkach ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

Zawartość witaminy C, kwasu askorbinowego w jabłkach pod wpływem nawożenia dolistnego była o 0,4 – 1,1 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$ większa niż w jabłkach zebranych z roślin nienawożonych (rys. I.185). Dodatki funkcjonalne w obu projektowanych nawozach dolistnych spowodowały, że zawartość kwasu askorbinowego w jabłkach była o 0,2 – 0,5 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$ większa niż pod wpływem aplikacji nawozów bez dodatków.

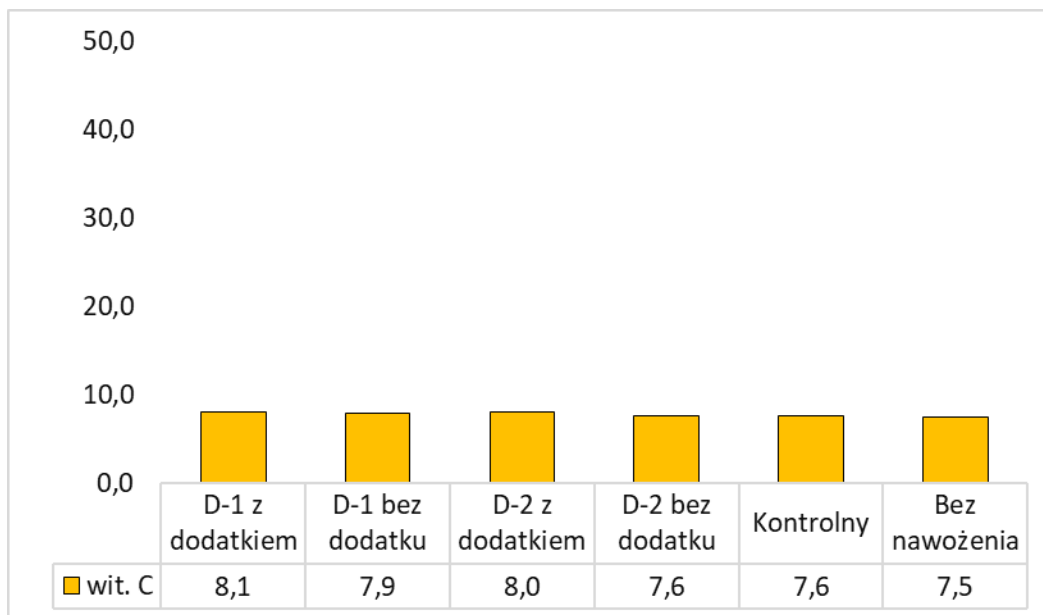
I.9.6. Witamina C w owocach miękkich



Rys. I.186. Zawartość kwasu askorbinowego w owocach truskawki ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

Wpływ nawozów dolistnych na zawartość witaminy C w owocach miękkich – truskawka był podobny jak ich wpływ na zawartość kwasu askorbinowego w jabłkach. Analogiczne różnice pod wpływem nawozów dolistnych i dodatków funkcjonalnych w projektowanych nawozach była nawet większa. Dodatki funkcjonalne spowodowały, że zawartość witaminy C w owocach truskawki była większa o 0,6 – 1,7 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$ niż w owocach roślin nawożonych nawozami bez dodatków (rys. I.186).

I.9.7. Witamina C w owocach winorośli



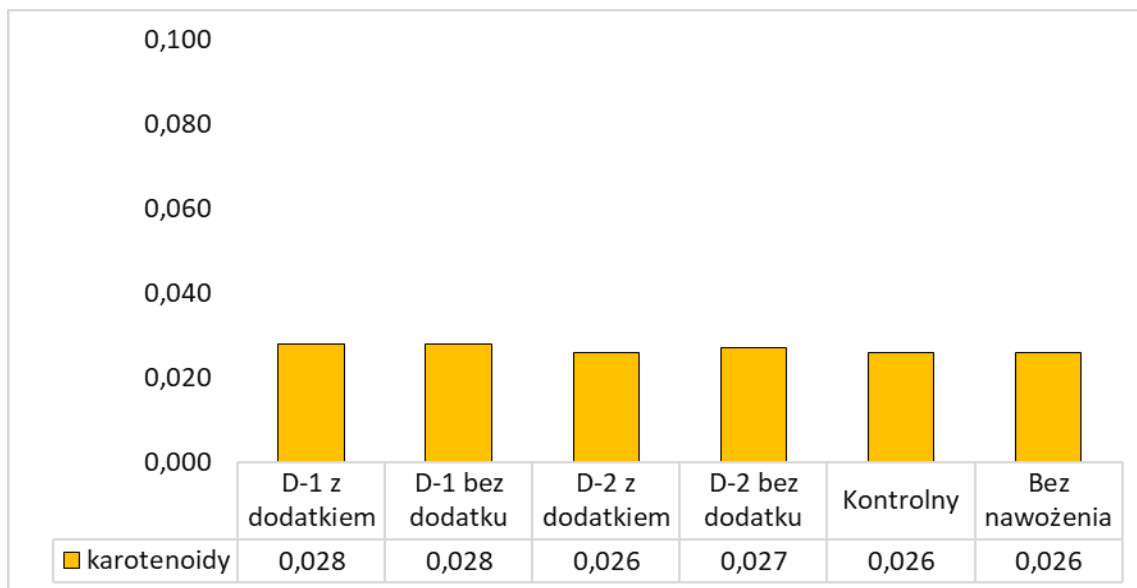
Rys. I.187. Zawartość kwasu askorbinowego w winogronie ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ś.m.) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

Zawartość kwasu askorbinowego w owocach winorośli nawożonej dolistnie nawozami z dodatkami funkcjonalnymi była $0,2 - 0,4 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ś.m. większa niż pod wpływem stosowania projektowanych nawozów bez dodatków (rys. I.187).

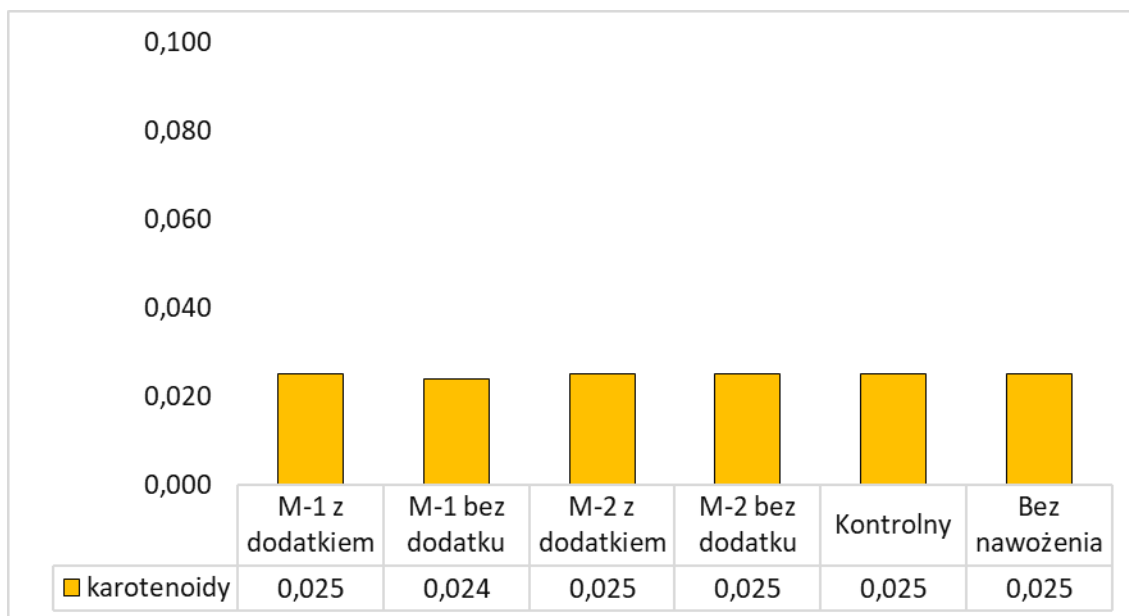
I.9.8. Barwniki roślinne w plonach różnych roślin

▪ Warzywa

a) cebula

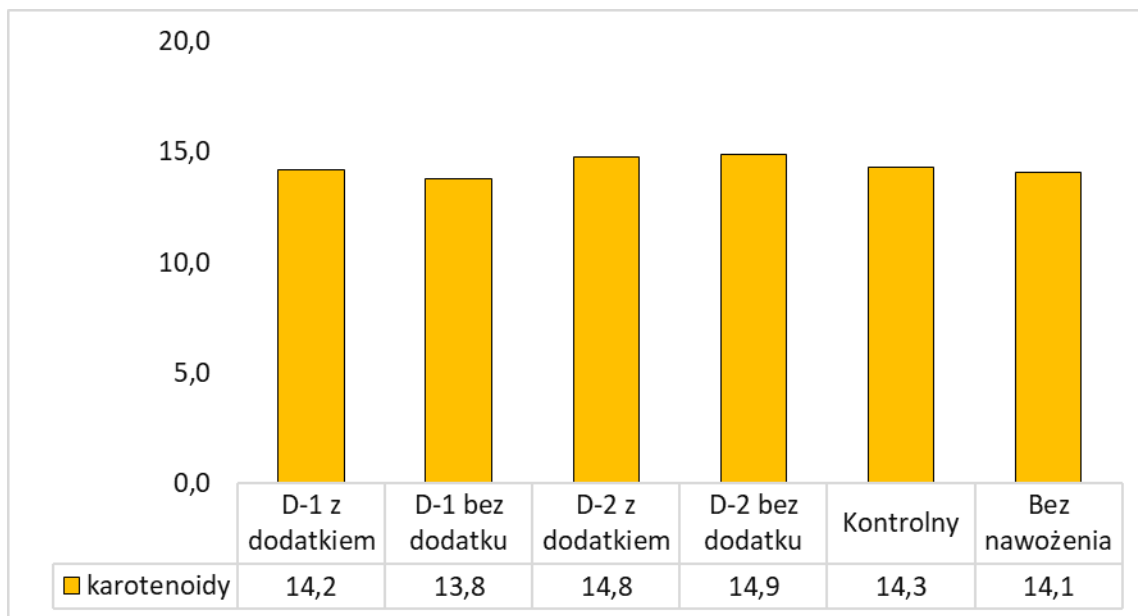


Rys. I.188. Zawartość karotenoidów w cebuli ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

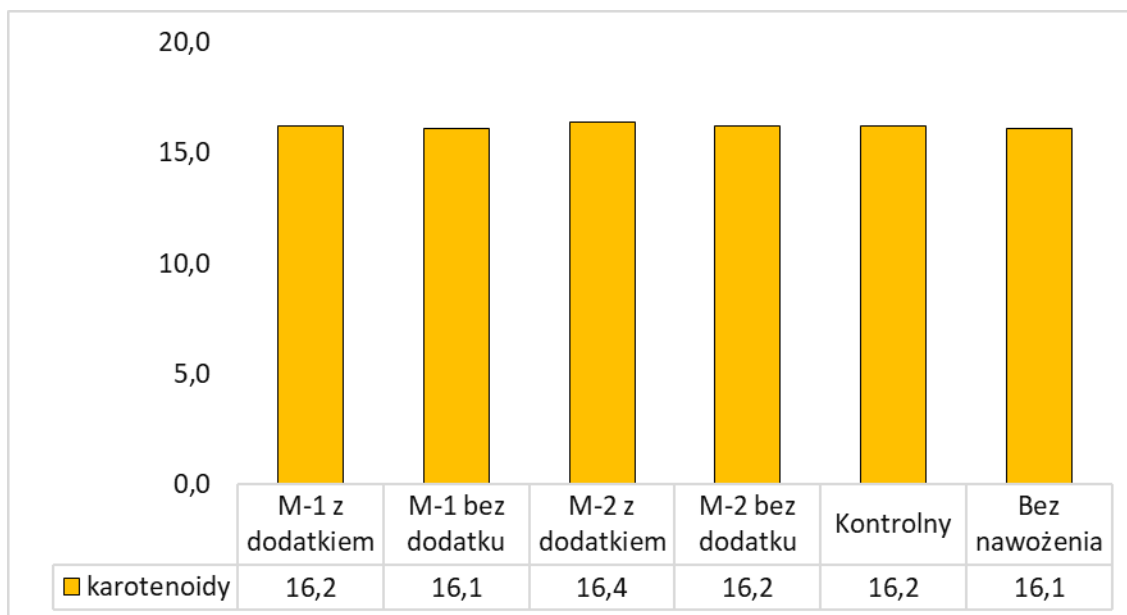


Rys. I.189. Zawartość karotenoidów w cebuli ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

b) marchew

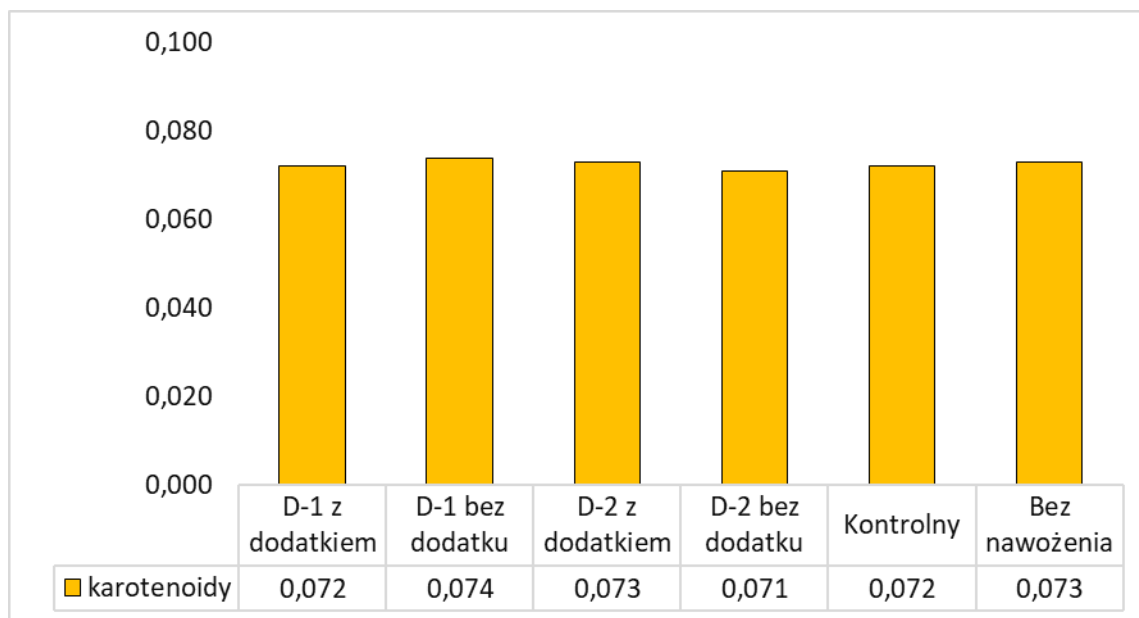


Rys. I.190. Zawartość karotenoidów w korzeniach marchwi ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

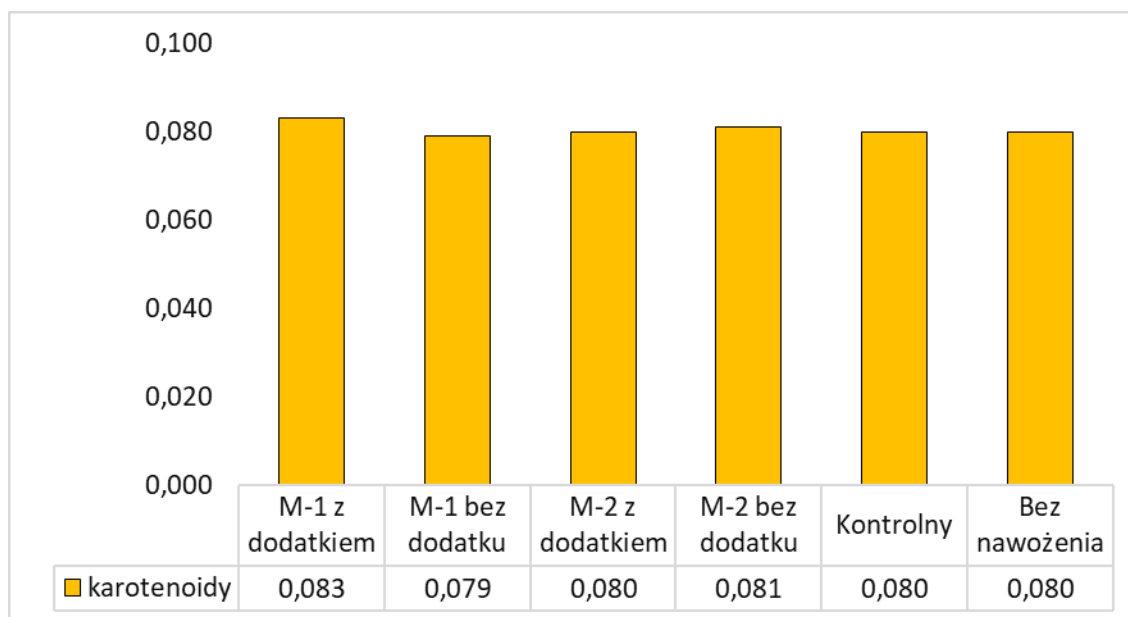


Rys. I.191. Zawartość karotenoidów w korzeniach marchwi ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

c) kapustowate



Rys. I.192. Zawartość karotenoidów w różach kalafiora ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

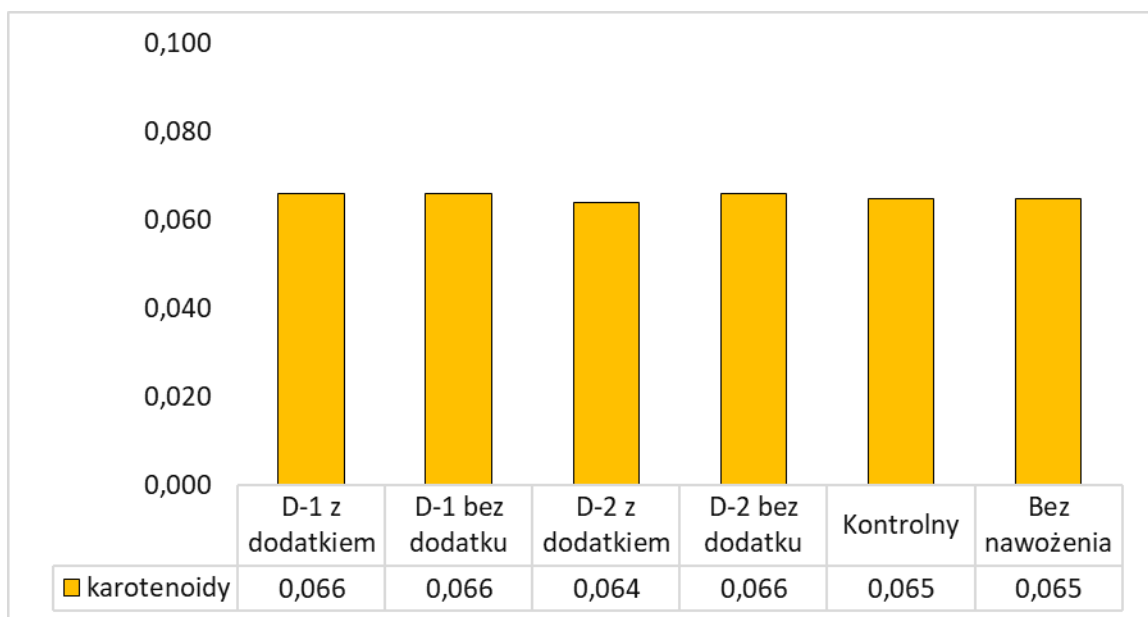


Rys. I.193. Zawartość karotenoidów w różach kalafiora ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 – M-1, Mikrogranulat-2 – M-2, Kontrolny – nawóz rynkowy)

Dodatki funkcjonalne do nawozów dolistnych nie spowodowały zwiększenia zawartości karotenoidów w cebuli (rys. I.188), miały natomiast korzystny wpływ na zawartość tych barwników w korzeniach marchwi – nawóz Dolistny-1 (rys. I.190) i kalafiora – Dolistny-2 (rys. I.192).

Zawartość karotenoidów w plonach warzyw polowych była większa pod wpływem nawozów startowych z dodatkami funkcjonalnymi Mikrogranulat-1 – cebula i kalafior (rys. I.189, rys. I.193) oraz Mikrogranulat-1 i Mikrogranulat-2 – marchew (rys. I.191). Jednak różnica zawartości tych barwników w efekcie stosowania nawozów z dodatkami i bez dodatków była mała i nie przekroczyła 0,004 mg 100 g⁻¹ ś.m.

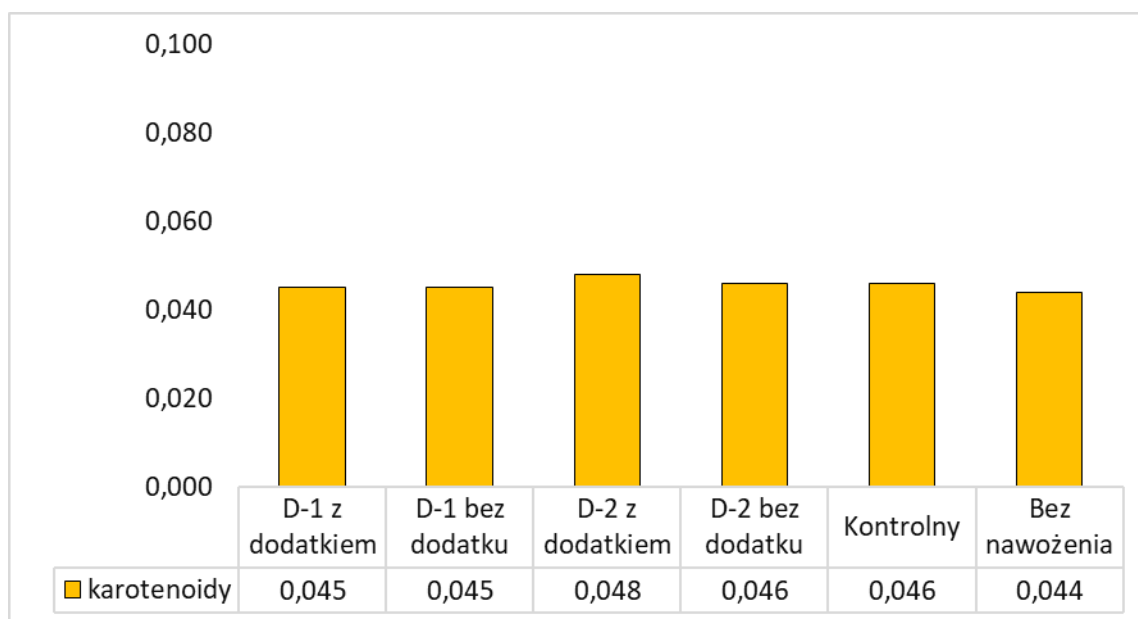
I.9.9. Barwniki roślinne w owocach drzew



Rys. I.194. Zawartość karotenoidów w jabłkach (mg 100 g⁻¹ ś.m.) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

Zróznicowanie zawartości barwników roślinnych, karotenoidów w jabłkach zarówno pod wpływem nawozów aplikowanych dolistnie, jak i nawozów z dodatkami funkcjonalnymi było bardzo małe i mieściło się w granicach $\pm 0,001 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$ (rys. I.194).

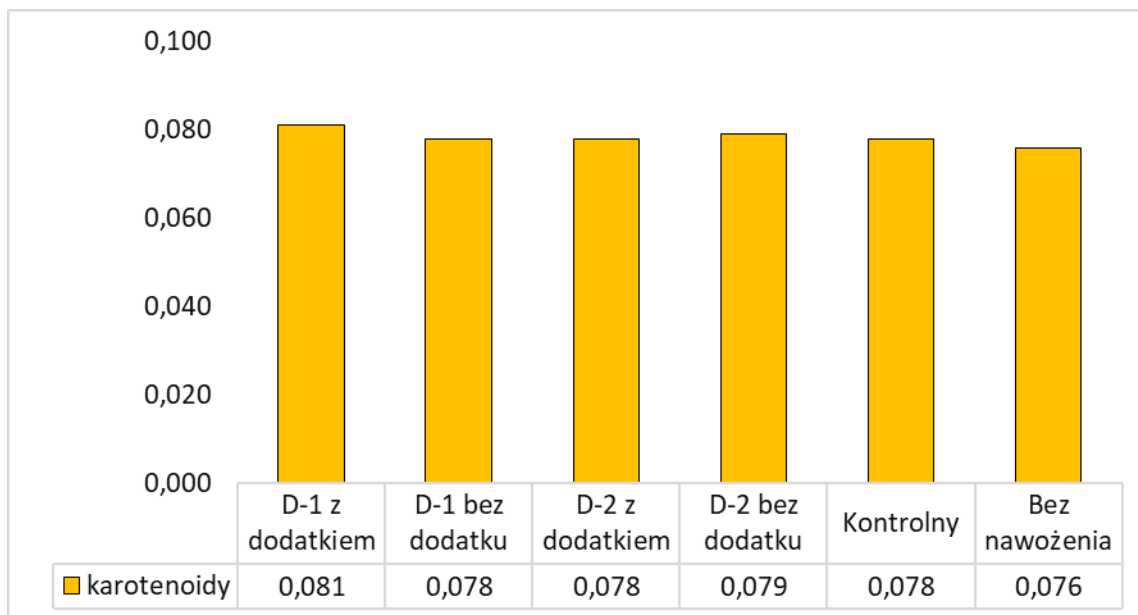
I.9.10. Barwniki roślinne w owocach miękkich



Rys. I.195. Zawartość karotenoidów w owocach truskawki ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

Największą zawartość karotenoidów w owocach truskawki stwierdzono pod wpływem nawozu Dolistny-2 z dodatkami funkcjonalnymi (rys. I.195). Owoce z roślin nawożonych tym nawozem zawierały o $0,002 \text{ mg karotenoidów } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$ więcej niż traktowane nawozem bez dodatków.

I.9.11. Barwniki roślinne w winorośli



Rys. I.196. Zawartość karotenoidów w winogronie ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 – D-1, Dolistny-2 – D-2)

Zawartość karotenoidów w winogronie pod wpływem dolistnej aplikacji nawozów była większa niż w owocach roślin nienawożonych (rys. I.196). Największy przyrost zawartości tych barwników w owocach winorośli wystąpił w efekcie dolistnego stosowania nawozu Dolistny-1 i wyniósł $0,003 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$

II. Prace rozwojowe

II.1. Próbkki nawozów do testów polowych

Wieloetapowe prace etapu badań przemysłowych skutkowały opracowaniem receptur nawozów zgodnych założeniami projektowymi. Dopuszczono jednak dalsze korekty składu poszczególnych nawozów, mieszczące się z założeniami projektu, gdyby taka konieczność wynikała z rezultatów testów prowadzonych w warunkach polowych. Do etapu prac rozwojowych przygotowano odpowiednie próbne partie poniższych nawozów w celu ich aplikacji w doświadczeniach polowych w obrębie plantacji produkcyjnych roślin.

II. 1.1. Nawóz fosforowo-potasowy, zakwaszający w formie stałej (PK zakwaszający)

Skład chemiczny nawozu przekazanego do testów polowych przedstawia tabela II.1. W porównaniu z recepturą zawierał on względnie o 1,9% więcej fosforu i o 1,4% więcej potasu.

Tabela II.1. Skład chemiczny próbki nawozu PK zakwaszający

Składnik	Zawartość (% m/m)		Różnica względna (%)
	Receptura	Próbka	
P ₂ O ₅	15,5	15,8	+1,9
K ₂ O	14,5	14,7	+1,4

Nawóz ten w dawce aplikacyjnej do stosowania polowego był w pełni rozpuszczalny w wodzie, a jego gęstość nasypowa wynosiła 0,80 g cm⁻³.

II. 1.2. Nawóz potasowy, alkalizujący w formie stałej (K alkalizujący)

Nawóz potasowy, alkalizujący zawierał w składzie chemicznym 61,2% K₂O, czyli względnie o 2,0% więcej potasu niż zakładała jego receptura (tab. II.2). Nawóz ten był bardzo dobrze rozpuszczalny w wodzie, a jego gęstość nasypowa wynosiła 1,03 g cm⁻³.

Tabela II.2. Skład chemiczny próbki nawozu potasowego alkalizującego (K alkalizujący)

Składnik	Zawartość (% m/m)		Różnica względna (%)
	Receptura	Próbka	
K ₂ O	60,0	61,2	+2,0

II. 1.3. Nawóz dolistny-1 z dodatkiem nano cząstek Ag i kwasów humusowych (Dolistny AgKH)

Nawóz Dolistny AgKH przekazany do testów polowych zawierał makro- i mikroskładniki w zadeklarowanej ilości. Zawartość poszczególnych składników nie różniła się (względnie) więcej niż o +/- 4,0% (tab. II.3). Był to nawóz dobrze rozpuszczalny w wodzie, o gęstości nasypowej równej 0,96 g cm⁻³. Ponadto zawierał dodatek ułatwiający rozpuszczanie i przygotowanie cieczy roboczej.

Tabela II.3. Skład chemiczny próbki nawozu Dolistny AgKH

Składnik	Zawartość (% m/m)		Różnica względna (%)
	Receptura	Próbka	
N	6,2	6,2	0,0
P ₂ O ₅	9,2	9,1	-1,1
K ₂ O	12,5	12,7	+1,6
MgO	8,5	8,3	-2,4
SO ₃	18,2	18,1	-0,5
Zn	0,1	0,104	+4,0
Fe	0,5	0,51	+2,0
B	0,05	0,049	-2,0
Cu	0,1	0,102	+2,0
Mn	0,1	0,097	-3,0
Mo	0,002	0,002	0,0

II. 1.4. Nawóz dolistny-2 z dodatkiem nano cząstek Cu i kwasów humusowych (Dolistny CuKH)

Zawartość poszczególnych makroskładników i mikroelementów w nawozie Dolistny CuKH nie różniła się względnie więcej niż o 5,0% (molibden) od zawartości deklarowanej w recepturze (tab. II.4). Był to nawóz o gęstości usypowej 0,97 g cm⁻³ i zawierał także dodatek ułatwiający rozpuszczanie i przygotowanie cieczy roboczej.

Tabela II.4. Skład chemiczny próbki nawozu Dolistny CuKH

Składnik	Zawartość (% m/m)		Różnica względna (%)
	Receptura	Próbka	
N	6,2	6,1	-1,6
P ₂ O ₅	9,2	9,4	+2,2
K ₂ O	12,5	12,4	-0,8
MgO	8,5	8,5	0,0
SO ₃	18,2	18,7	+2,7
Zn	0,15	0,156	+4,0
Fe	0,5	0,52	+4,0
B	0,1	0,103	+3,0
Cu	0,15	0,154	+2,7
Mn	0,2	0,196	-2,0
Mo	0,002	0,0021	+5,0

II. 1.5. Mikrogranulat-1, MIKROGRANULAT NP z dodatkiem kwasów humusowych (Mikrogranulat NP KH)

Nawóz startowy Mikrogranulat NP KH używany w testach polowych zawierał zadeklarowane makroskładniki i mikroelementy w ilości nie odbiegającej względnie o więcej niż +/- 2,9% niż zawartość wskazana w recepturze (tab. II.5). Nawóz zawierał ponadto dodatek poprawiający właściwości retencyjne i sorpcyjne, a jego gęstość nasypowa wynosiła 0,83 g cm⁻³.

Tabela II.5. Skład chemiczny próbki nawozu Mikrogranulat NP KH

Składnik	Zawartość (% m/m)		Różnica względna (%)
	Receptura	Próbka	
N	10,2	10,5	+2,9
P ₂ O ₅	17,9	17,9	0,0
MgO	7,5	7,7	+2,7
SO ₃	14,8	14,6	-1,4
Zn	1,1	1,13	+2,7
B	0,25	0,254	+1,6
Cl	7,9	7,8	-1,3

II. 1.6. Mikrogranulat-2, MIKROGRANULAT NPK z dodatkiem kwasów humusowych (Mikrogranulat NPK KH)

Zawartość składników pokarmowych w nawozie startowym Mikrogranulat NPK KH przygotowanym do użycia w warunkach polowych była zgodna z zadeklarowaną w recepturze – względna różnica nie przekroczyła +/- 2,5% (tab. II.6). Jego gęstość nasypowa to 0,82 g cm⁻³. Nawóz, zgodnie z założeniem projektowym, zawierał w składzie także dodatek poprawiający właściwości retencyjne i sorpcyjne.

Tabela II.6. Skład chemiczny próbki nawozu Mikrogranulat NPK KH

Składnik	Zawartość (% m/m)		Różnica względna (%)
	Receptura	Próbka	
N	10,3	10,4	+1,0
P ₂ O ₅	18,1	18,3	+1,1
K ₂ O	5,9	5,8	-1,7
MgO	8,3	8,1	-2,4
SO ₃	18,6	18,8	+1,1
Zn	1,5	1,53	+2,0
Cu	0,2	0,205	+2,5

II.2. Przechowywanie w zmiennych warunkach termicznych

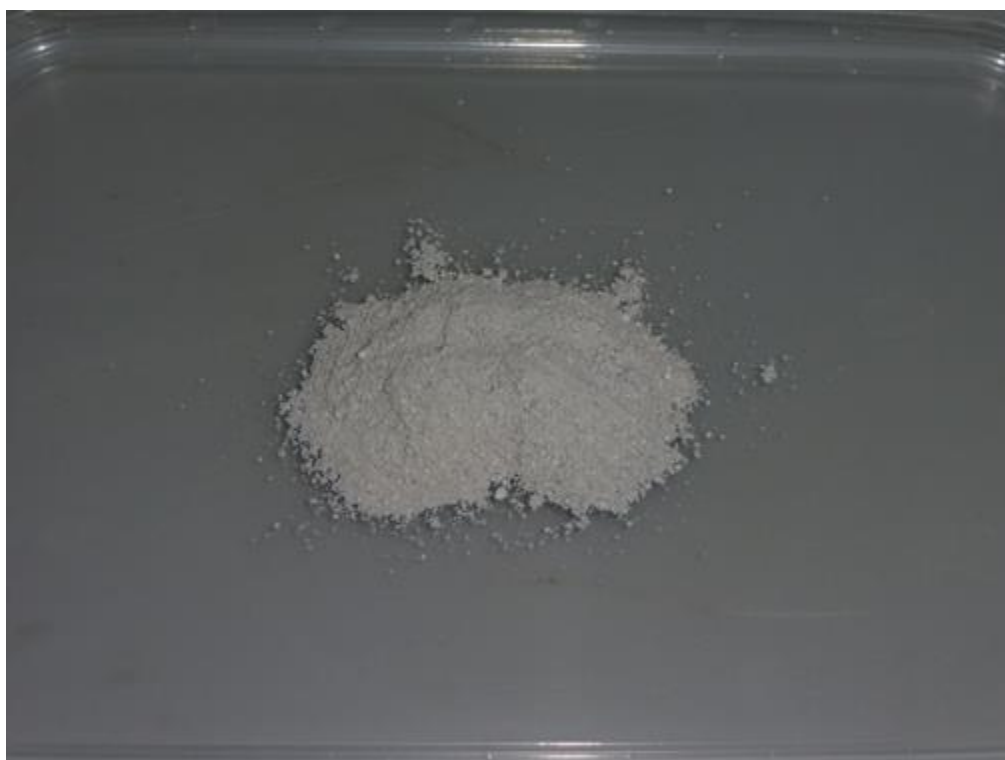
Próbki nawozów przygotowanych do testów polowych w ramach prac rozwojowych umieszczono w zadaszonym, ale termicznie nieklimatyzowanym magazynie, gdzie temperatura powietrza zimą spadała poniżej 0°C. Zarówno przed umieszczeniem próbek w magazynie, jak i po 6 miesiącach magazynowania wykonano ich ocenę organoleptyczną i chemiczną. Określono konsystencję (w tym zbrylenie, rozpuszczanie), barwę, zapach. Wykonano analizę zawartości zadeklarowanych w recepturach składników pokarmowych.

II.2.1. Nawozy zmieniające pH cieczy roboczej

Ocena organoleptyczna magazynowanych próbek nawozów nie wykazała widocznych zmian w zakresie konsystencji – brak zbrylenia lub upłynniania, a także barwy czy niespecyficznego zapachu (fot. II.1, II.2). Z kolei analiza chemiczna wykazała niewielkie zmiany składu chemicznego. Maksymalna względna różnica zawartości składników pokarmowych roślin wyniosła -2,5% (fosfor) w nawozie PK zakwaszający (tab. II.7, II.8).



Fot. II.1. Nawóz PK zakwaszający po przechowywaniu przez zimę



Fot. II.2. Nawóz K alkalizujący po przechowywaniu przez zimę

Tabela II.7. Skład chemiczny próbki nawozu PK zakwaszający

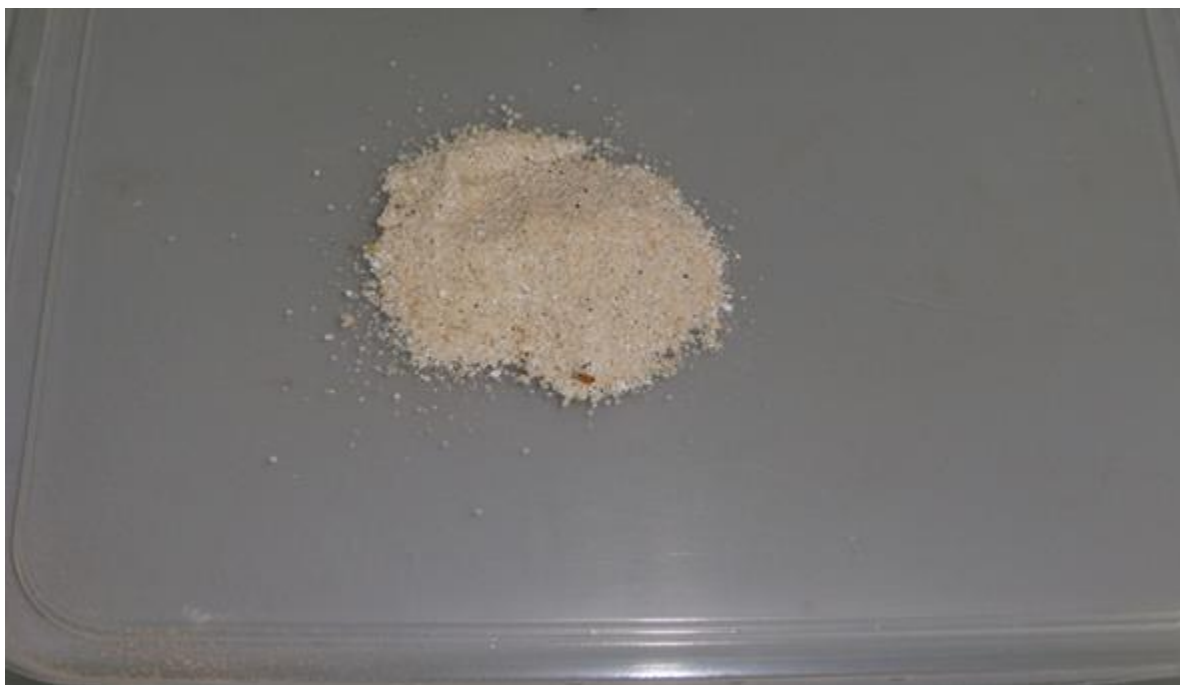
Składnik	Przechowywanie		Różnica względna (%)
	Przed	Po	
P ₂ O ₅	15,8	15,4	-2,5
K ₂ O	14,7	14,8	+0,7

Tabela II.8. Skład chemiczny próbki nawozu potasowego K alkalizujący

Składnik	Przechowywanie		Różnica względna (%)
	Przed	Po	
K ₂ O	61,2	60,6	-1,0

II.2.2. Nawozy dolistne

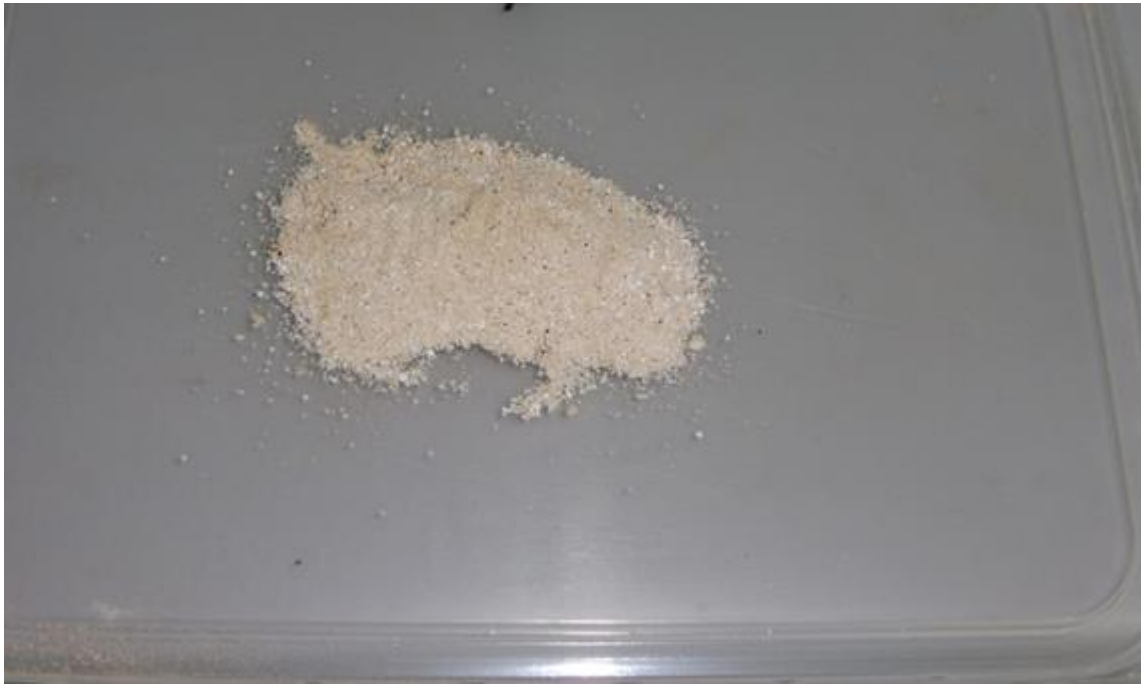
Nawozy dolistne w okresie zimowego przechowywania w nieklimatyzowanym magazynie nie uległy niekorzystnym zmianom organoleptycznym – postać, barwa, zapach (fot. II.3, II.4). Nie uległ także znaczącym zmianom ich skład chemiczny (tab. II.9, II.10). Największa względna różnica w zawartości składników pokarmowych wyniosła +4,1% (zawartość boru) w nawozie dolistnym Ag KH. Wyjątkiem była względna różnica zawartości molibdenu w nawozie Cu KH (-9,5%) – mikroelement występujący w najmniejszej ilości.



Fot. II.3. Nawóz dolistny Ag KH po przechowywaniu przez zimę

Tabela II.9. Skład chemiczny próbki nawozu Dolistny AgKH

Składnik	Przechowywanie		Różnica względna (%)
	Przed	Po	
N	6,2	6,0	-3,2
P2O5	9,1	9,0	-1,1
K2O	12,7	12,5	-1,6
MgO	8,3	8,5	+2,4
SO3	18,1	18,4	+1,7
Zn	0,104	0,101	-2,9
Fe	0,51	0,49	-3,9
B	0,049	0,051	+4,1
Cu	0,102	0,104	+2,0
Mn	0,097	0,099	+2,1
Mo	0,002	0,0019	-5,0



Fot. II.4. Nawóz dolistny Cu KH po przechowywaniu przez zimę

Tabela II.10. Skład chemiczny próbki nawozu Dolistny CuKH

Składnik	Przechowywanie		Różnica względna (%)
	Przed	Po	
N	6,1	5,9	-3,3
P2O5	9,4	9,1	-3,2
K2O	12,4	12,5	+0,8
MgO	8,5	8,2	-3,5
SO3	18,7	18,4	-1,6
Zn	0,156	0,153	-1,9
Fe	0,52	0,54	+3,8
B	0,103	0,105	+1,9
Cu	0,154	0,151	-1,9
Mn	0,196	0,2	2,0
Mo	0,0021	0,0019	-9,5

II.2.3. Nawozy startowe

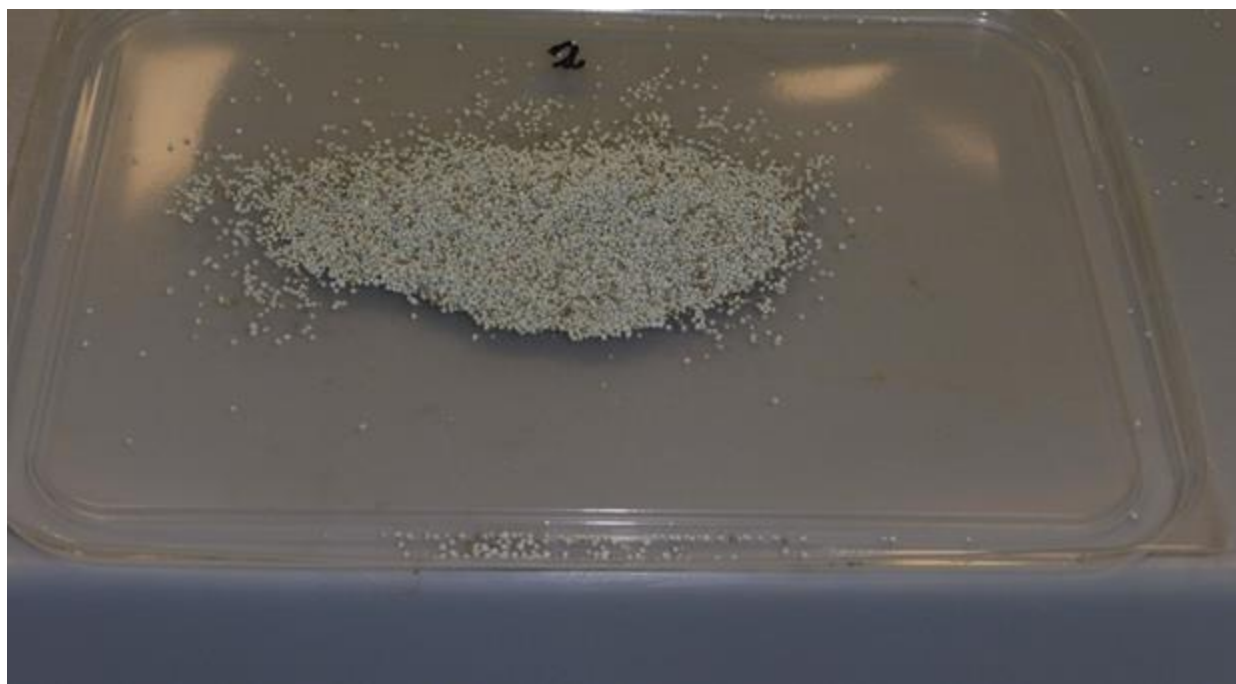
Mikrogranulat nawozów startowych NP KH oraz NPK KH w okresie zimowego magazynowania nie uległ niekorzystnym zmianom. Zachował on postać stałą, drobnych granul, charakterystyczną barwę i zapach (fot. II.5, II.6). Względna różnica zawartości składników pokarmowych nie przekroczyła +/- 3,8% – nawóz startowy Mikrogranulat NP KH oraz +/- 4,6% – nawóz startowy Mikrogranulat NPK KH (tab. II.11, II.12).



Fot. II.5. Nawóz startowy Mikrogranulat NP KH po przechowywaniu przez zimę

Tabela II.11. Skład chemiczny próbki nawozu Mikrogranulat NP KH

Składnik	Przechowywanie		Różnica względna (%)
	Przed	Po	
N	10,5	10,2	-2,9
P2O5	17,9	17,5	-2,2
MgO	7,7	7,7	0,0
SO3	14,6	14,4	+0,7
Zn	1,13	1,10	-2,7
B	0,254	0,245	-3,5
Cl	7,8	7,5	-3,8



Fot. II.6. Nawóz startowy Mikrogranulat NPK KH po przechowywaniu przez zimę

Tabela II.12. Skład chemiczny próbki nawozu Mikrogranulat NPK KH

Składnik	Przechowywanie		Różnica względna (%)
	Przed	Po	
N	10,4	10,1	-2,9
P2O5	18,3	17,5	-4,4
K2O	5,8	5,9	+1,7
MgO	8,1	7,8	-3,7
SO3	18,8	18,3	-2,7
Zn	1,53	1,46	-4,6
Cu	0,205	0,201	-2,0

II.3. Testy polowe – wzrost i plonowanie roślin

W ramach prac rozwojowych wykonano testy nawozów dolistnych i nawozów startowych zawierających dodatki funkcjonalne w doświadczeniach polowych na plantacjach roślin uprawnych w ich cyklu produkcyjnym 2022/2023. Doświadczenia zlokalizowano na plantacjach produkcyjnych roślin rolniczych zbożowych, okopowych, oleistych, bobowatych (strączkowych), a także warzyw w uprawie polowej i roślin sadowniczych. Ilustrację przykładowych plantacji, na których testowano nawozy – założono doświadczenia – przedstawiają poniższe fotografie:

- roślin zbożowych (fot. II.7, II.8), w tym kukurydzy (fot. II.9),
- roślin oleistych (fot. II.10, II.11),
- roślin bobowatych (fot. II.12),
- roślin okopowych (fot. II.13, II.14),
- warzyw polowych (fot. II.15-17),
- roślin sadowniczych (fot. II.18).



Fot. II.7. Doświadczenia polowe z pszenicą ozimą



Fot. II.8. Testy nawozów z udziałem jęczmienia jarego



Fot. II.9. Eksperymenty z udziałem kukurydzy



Fot. II.10. Testy na plantacji rzepaku ozimego



Fot. II.11. Testy na plantacji słonecznika



Fot. II.12. Testy na plantacji grochu



Fot. II.13. Testy na plantacji buraka cukrowego



Fot. II.14. Testy na plantacji ziemniaka



Fot. II.15. Testy na plantacji cebuli



Fot. II.16. Testy na plantacji kalafiora



Fot. II.17. Testy na plantacji marchwi



Fot. II.18. Testy w winnicy

II.3.1. Nawozy dolistne

Testy polowej aplikacji cieczy roboczej zawierającej nawozy dolistne według projektu i ich oddziaływanie na rośliny, w tym na plony wykonano na:

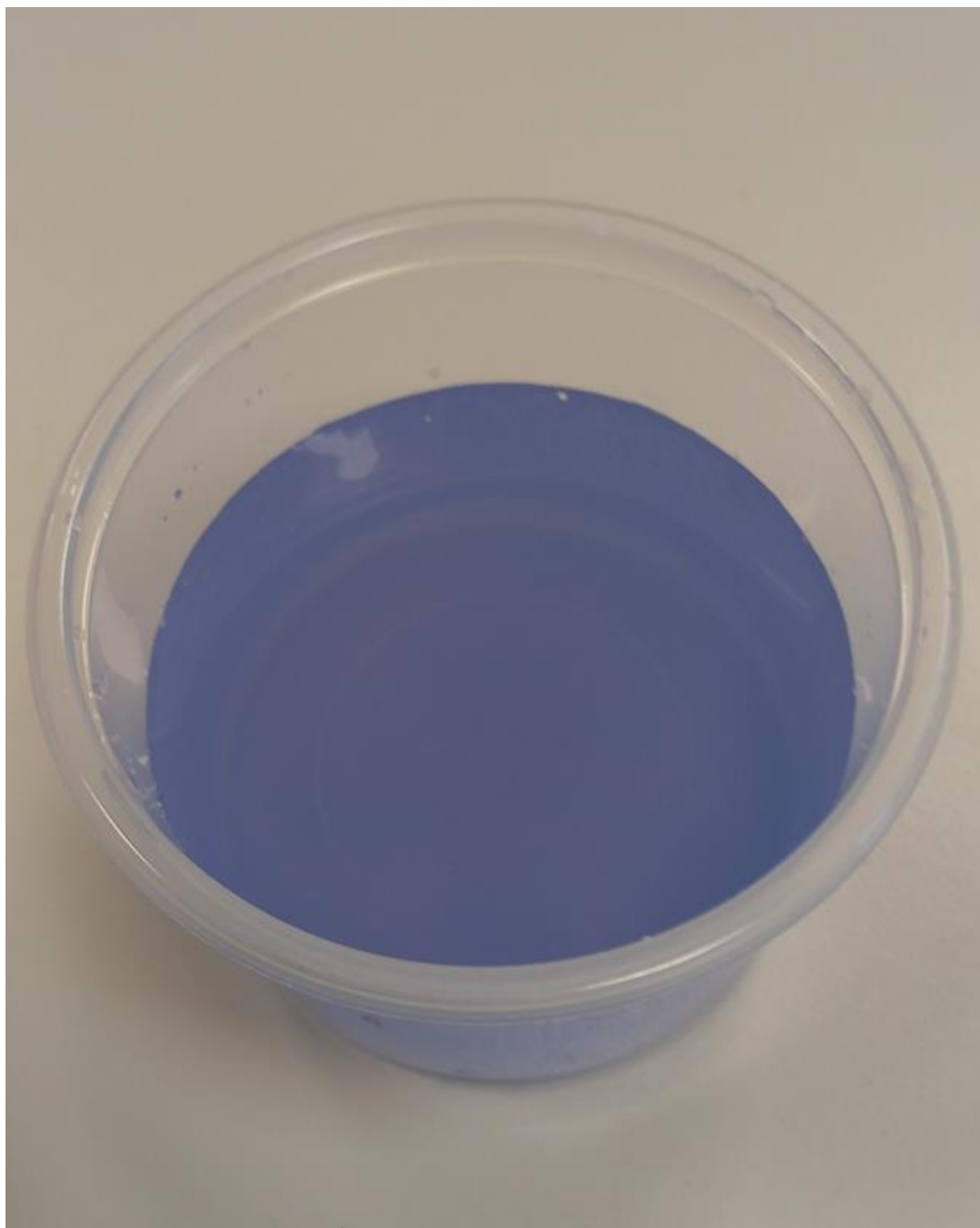
- pszenicy ozimej,
- kukurydzy,
- rzepaku ozimym,
- buraku cukrowym,
- ziemniaku,
- grochu,
- cebuli,
- marchwi,
- kalafiorze,
- jabłoni,
- truskawce,
- winorośli.

Przygotowując zbiornikową ciecz roboczą z nawozami dolistnymi wykorzystano nawozy PK zakwaszający i K alkalizujący w celu optymalizacji pH roztworów. Zmianę odczynu roztworów pod wpływem projektowanych nawozów zakwaszającego i alkalizującego obrazują, odpowiednio fot. II.19 i fot. II.20.

Testy pokrycia blaszki liściowej roślin dwuliściennych i jednoliściennych i wysychania kropli cieczy na liściach w warunkach polowych przy temperaturze powietrza bezpośrednio po zabiegu w granicach 16-18 °C obrazują, odpowiednio fot. II.21 i fot. II.22.



Fot. II.19. Ciecz robocza do zabiegów dolistnych o pH 5,6 pod wpływem nawozu PK zakwaszający



Fot. II.20. Ciecz robocza do zabiegów dolistnych o pH 8,3 pod wpływem nawozu K alkalizujący

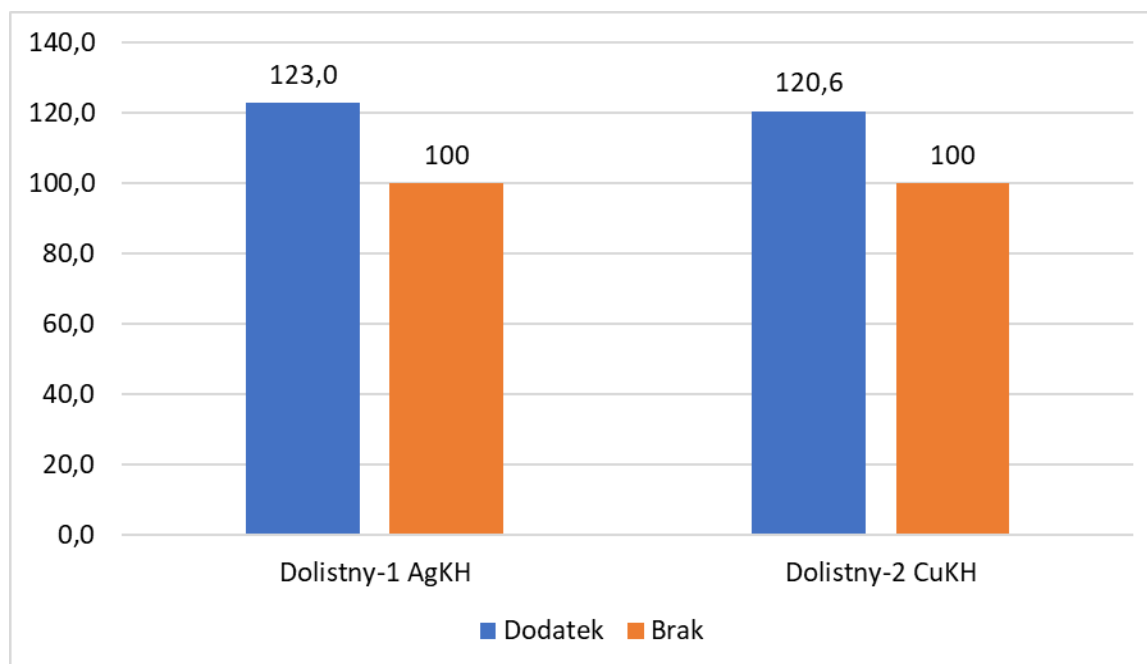


Fot. II.21. Pokrycie blaszki liściowej ziemniaka przez roztwór nawozu Dolistny AgKH



Fot. II.22. Pokrycie blaszki liściowej kukurydzy przez roztwór nawozu Dolistny CuKH

Nalistna aplikacja cieczy roboczej zawierającej nawozy dolistne z dodatkami funkcjonalnymi przy użyciu opryskiwacza polowego równomiernie pokrywała blaszki liściowe rozlewającymi się kroplami. W warunkach środowiskowych wykonywanych zabiegów nie stwierdzono uszkodzeń liści i niekorzystnych zmian w ich morfologii i dalszym wzroście roślin. Krople cieczy zawierającej projektowane nawozy z dodatkami funkcjonalnymi utrzymywały się na liściach o 20,6 – 23,0% dłużej niż krople roztworów nawozów bez dodatków (rys. II.1).



Rys. II.1. Względny (%) czas wysychania kropli cieczy roboczej zawierającej nawozy dolistne

Dwa tygodnie po dwukrotnej aplikacji nawozów dolistnych określono wielkość zmian biomasy i jej składu chemicznego. Wyniki wyrażono jako zmianę względną (procentowo) poszczególnych parametrów w stosunku do roślin nie potraktowanych nawozami dolistnymi – 100%. Ocena ta potwierdziła korzystne oddziaływanie nawozów według projektu zawierających dodatki funkcjonalne na wzrost roślin i ich skład chemiczny. W materiale roślinnym oznaczono cztery makroskładniki (NPKMg) i pięciu głównych mikroelementów (Mn, Fe, Zn, Cu, B). Wielkość względnych zmian biomasy i zawartości w niej składników pokarmowych zawiera (tab. II.13), a kukurydzy (tab. II.14). Wynika z nich, że wielkość zmian pod wpływem dolistnej aplikacji nawozów u kukurydzy był mniejszy niż u ziemniaka, prawdopodobnie w efekcie szybszego tempa przyrostu biomasy kukurydzy po zabiegach nawożenia.

Tabela II.13. Względne (%) zmiany biomasy ziemniaka i jej składu chemicznego pod wpływem aplikacji nawozu dolistnego-1 (AgKH)

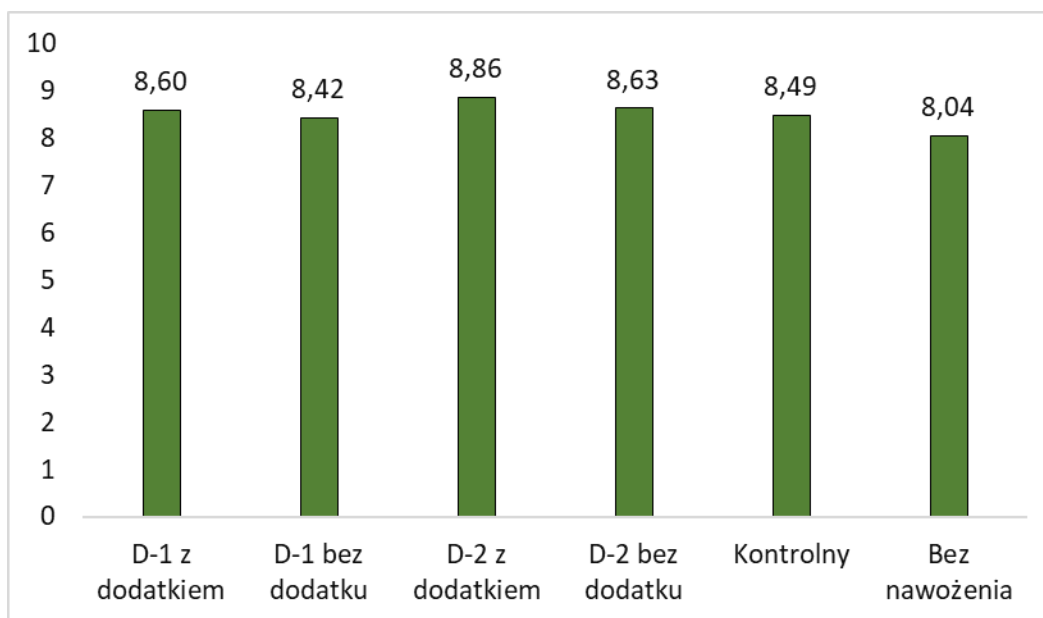
Parametr	Nawóz dolistny-1 (AgKH)			
	z dodatkiem	bez dodatku	kontrolny	bez nawożenia
Biomasa	115,4	109,5	108,3	100,0
N	111,3	104,7	106,0	100,0
P	105,3	102,0	103,1	100,0
K	107,9	104,5	102,6	100,0
Mg	112,6	108,7	105,3	100,0
Mn	105,0	105,1	103,8	100,0
Fe	109,7	106,0	112,2	100,0
Cu	106,8	106,3	104,6	100,0
Zn	111,2	106,0	98,7	100,0
B	103,9	98,6	100,4	100,0

Tabela II.14. Względne (%) zmiany biomasy kukurydzy i jej składu chemicznego pod wpływem aplikacji nawozu dolistnego-2 (CuKH)

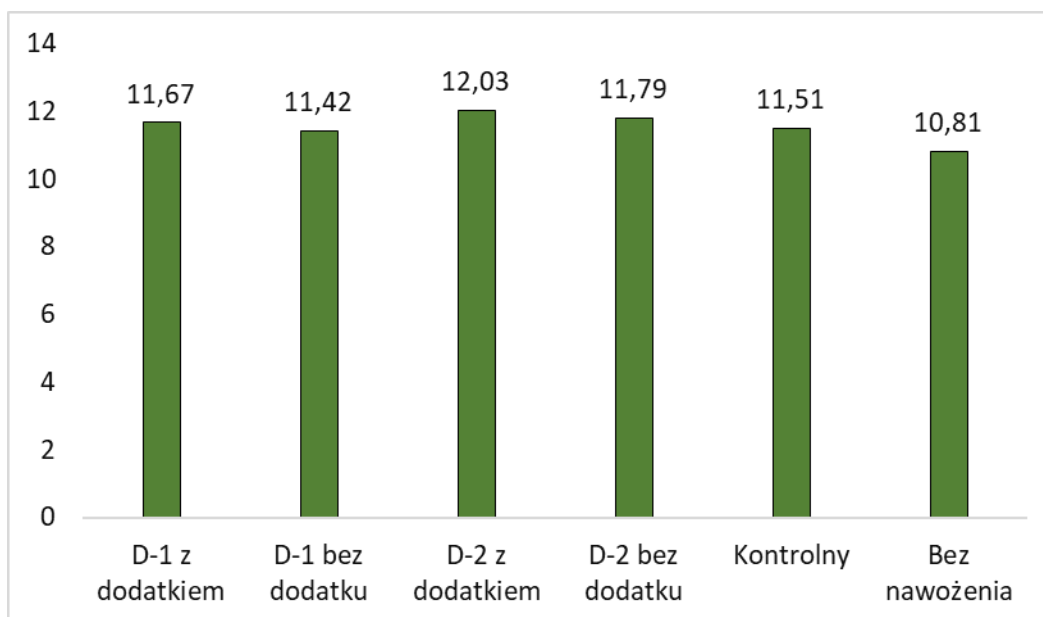
Parametr	Nawóz dolistny-2 (CuKH)			
	z dodatkiem	bez dodatku	kontrolny	bez nawożenia
Biomasa	109,3	105,1	106,2	100,0
N	107,4	103,1	102,4	100,0
P	108,7	98,7	96,5	100,0
K	104,2	96,5	97,4	100,0
Mg	108,5	104,9	105,1	100,0
Mn	106,2	105,1	105,9	100,0
Fe	104,9	103,6	103,6	100,0
Cu	108,1	105,0	103,6	100,0
Zn	107,6	105,4	104,8	100,0
B	105,8	102,9	97,3	100,0

Plony roślin

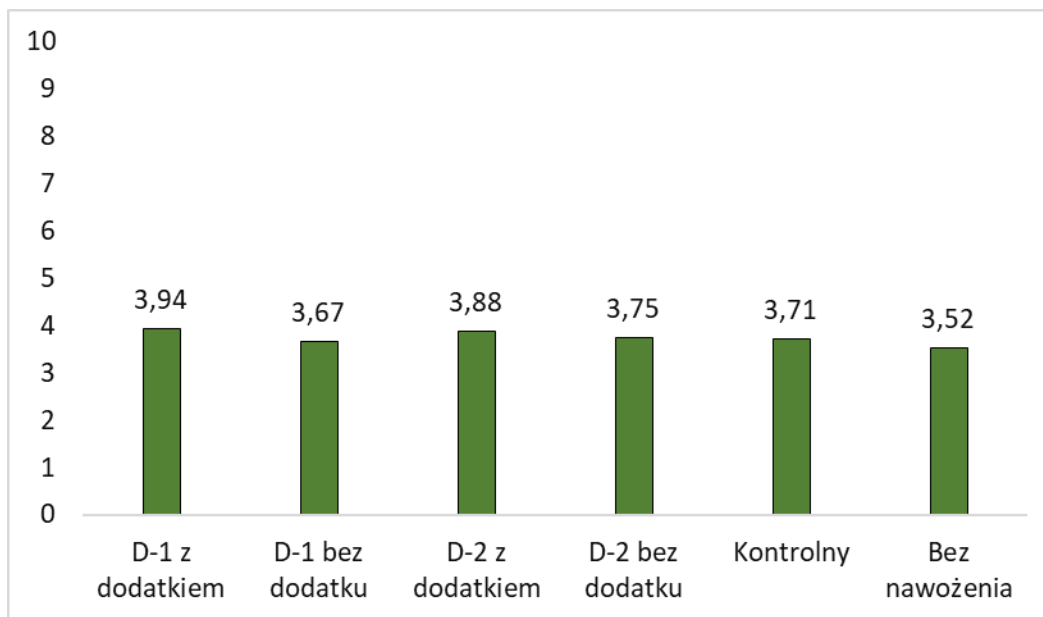
Na podstawie wyników doświadczeń polowych stwierdzono na ogół korzystne oddziaływanie nawozów z dodatkami funkcjonalnymi na plonowanie roślin (rys. II.2-13). Pod wpływem nawozu dolistnego-1 (AgKH) z dodatkami plony: rzepaku ozimego, ziemniaka, cebuli, marchwi i winorośli były największe i większe od plonów roślin uzyskanych pod wpływem tego nawozu, ale bez dodatków funkcjonalnych. Z kolei największe plony pszenicy ozimej, kukurydzy, buraka cukrowego, kalafiora i plon jabłek były największe w wyniku aplikacji nawozu dolistnego-2 (CuKH). Plon truskawki nawożonej dolistnie nawozami AgKH i CuKH z dodatkami był taki sam, ale większy niż pod wpływem pozostałych nawozów. Natomiast plon grochu siewnego był podobny, niezależnie od zastosowanych nawozów dolistnych.



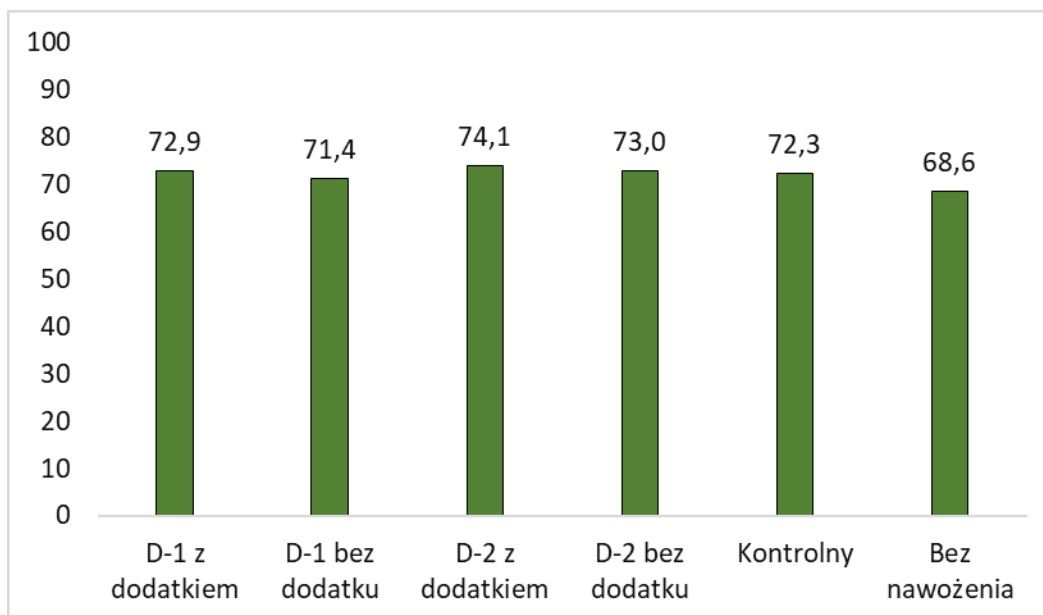
Rys. II.2. Plon ziarna pszenicy ozimej (t/ha) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)



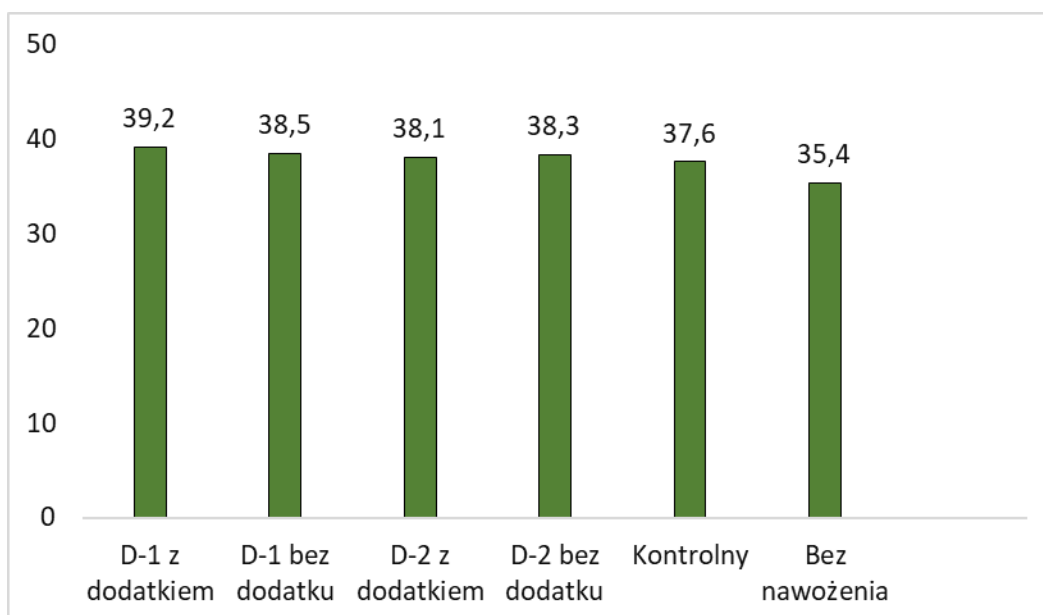
Rys. II.3. Plon ziarna kukurydzy (t/ha) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)



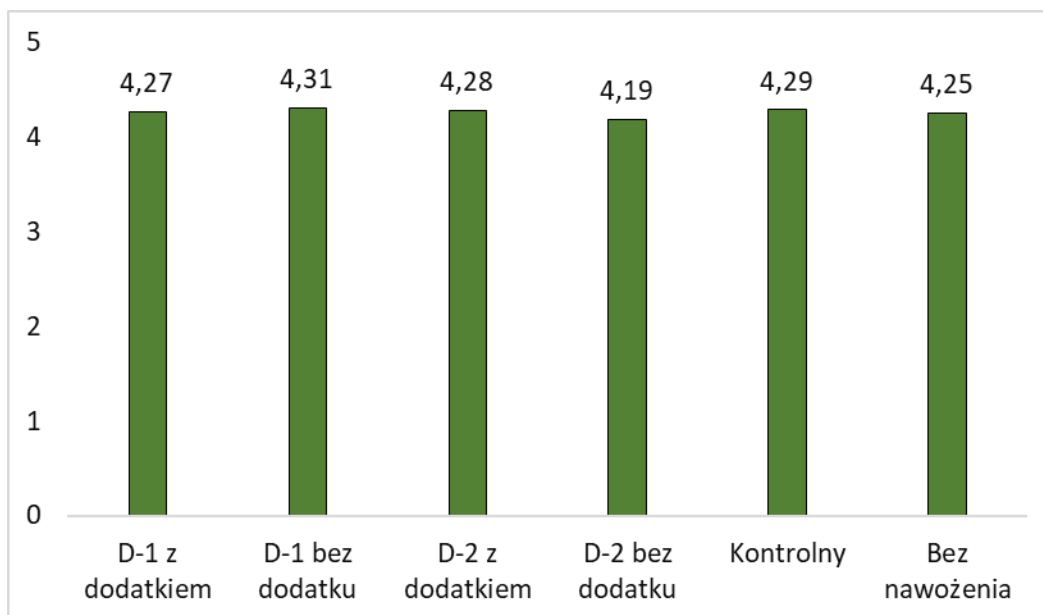
Rys. II.4. Plon nasion rzepaku ozimego (t/ha) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)



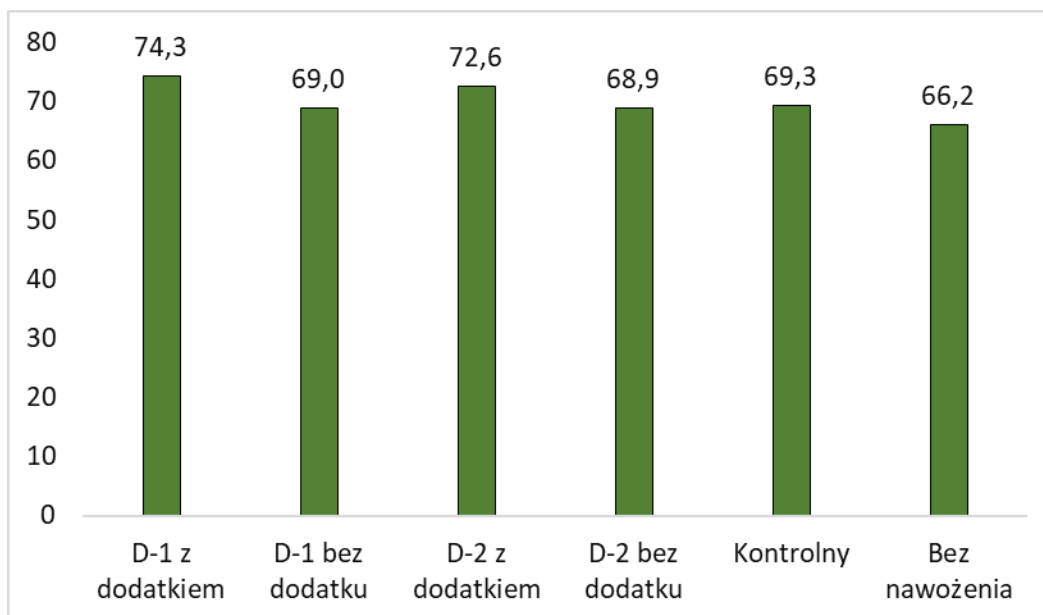
Rys. II.5. Plon korzeni buraka cukrowego (t/ha) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)



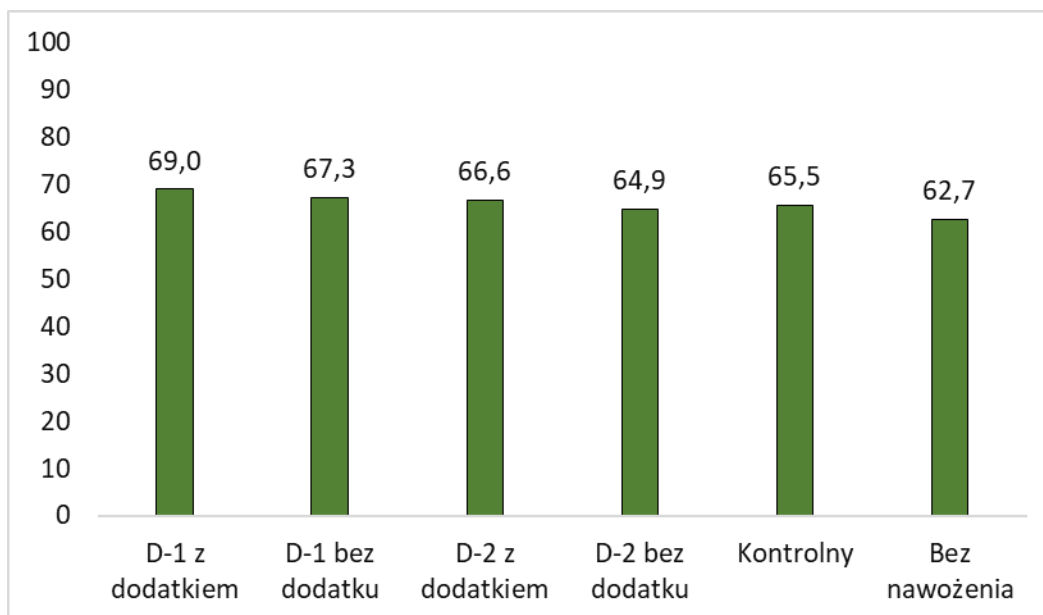
Rys. II.6. Plon bulw ziemniaka (t/ha) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)



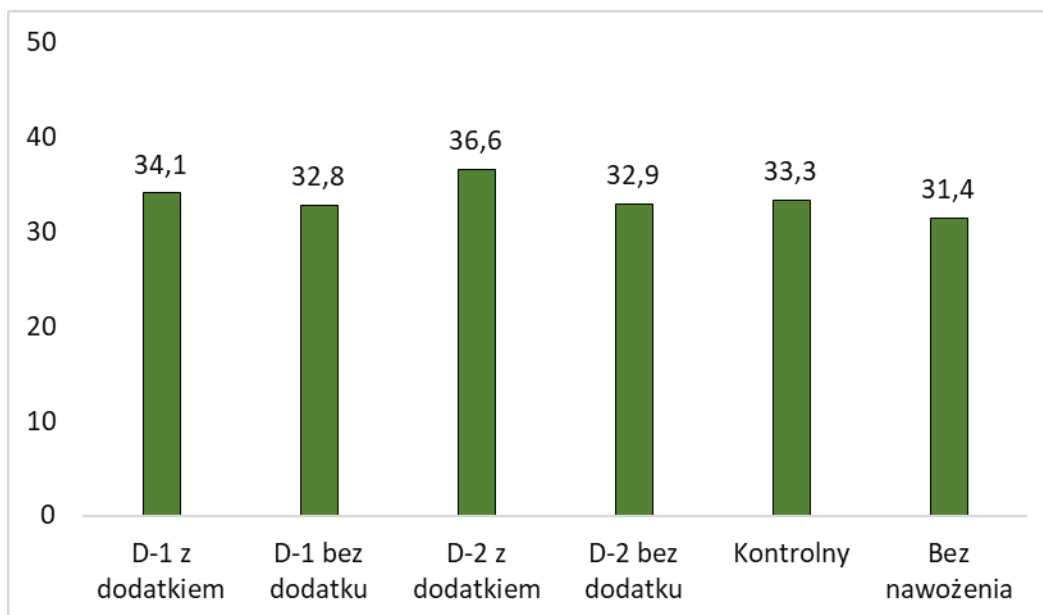
Rys. II.7. Plon nasion grochu siewnego (t/ha) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)



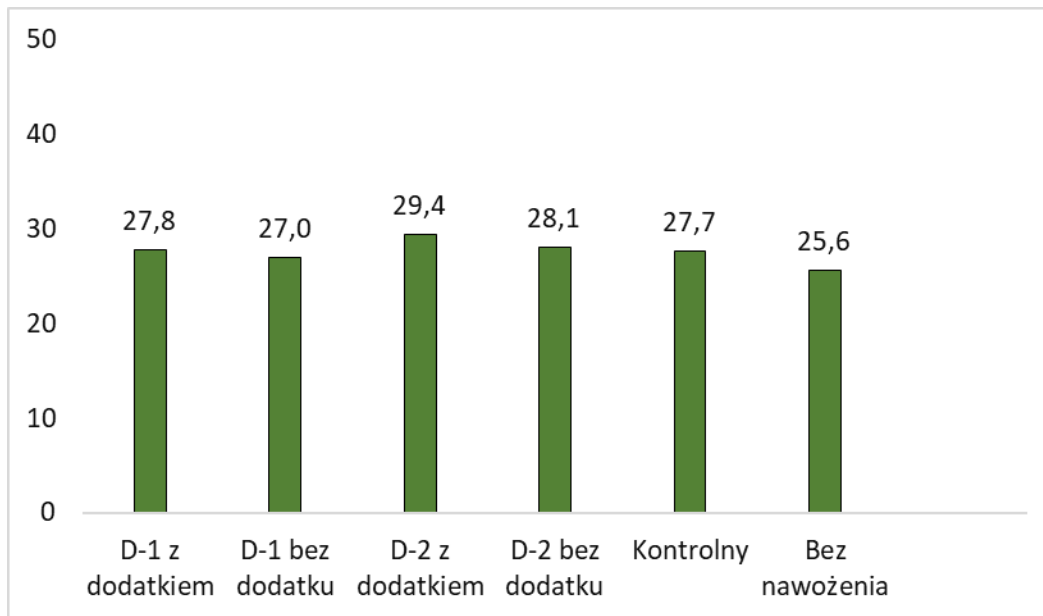
Rys. II.8. Plon cebuli (t/ha) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)



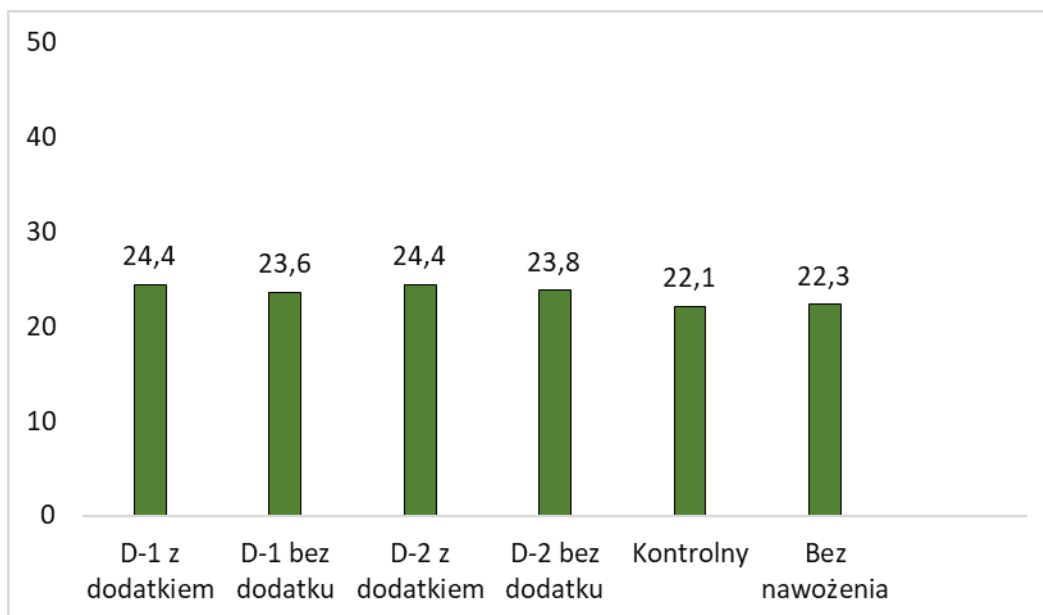
Rys. II.9. Plon korzeni marchwi (t/ha) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)



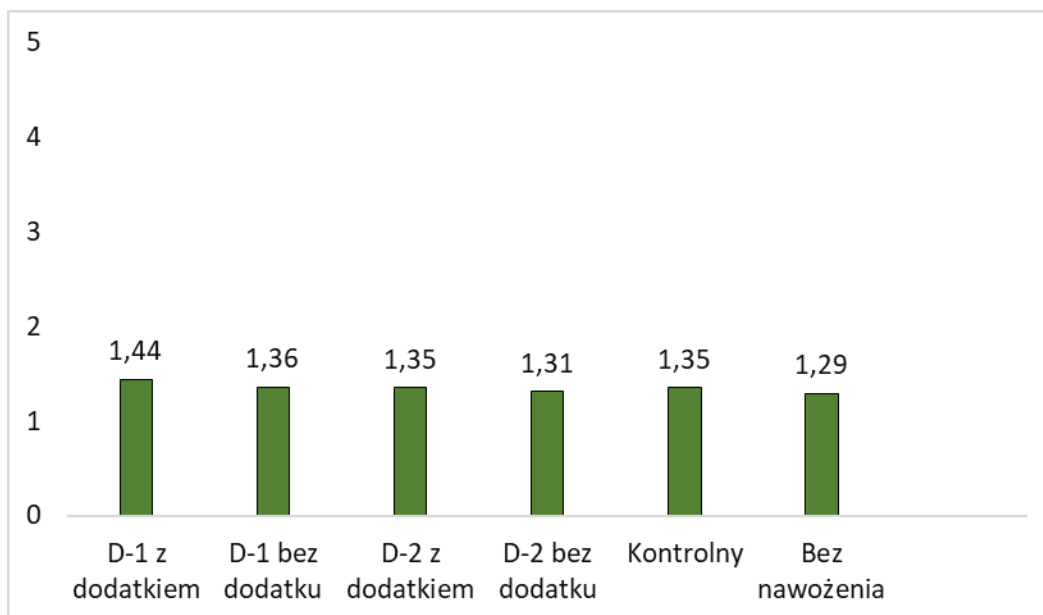
Rys. II.10. Plon róż kalafiora (t/ha) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)



Rys. II.11. Plon jabłek (kg/drzewo) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)



Rys. II.12. Plon truskawki (t/ha) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)



Rys. II.13. Plon winogrona (kg/krzew) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

II.3.2. Nawozy startowe

Doświadczenia polowe oceniające oddziaływanie nawozów startowych z dodatkami funkcjonalnymi mikrogranulat-1 (MIKROGRANULAT NP KH) i mikrogranulat-2 (MIKROGRANULAT NPK KH) przeprowadzono na plantacjach tych samych gatunków roślin, co w testach poletkowych w ramach badań przemysłowych, tj.:

- Jęczmień jary
- Kukurydza
- Słonecznik
- Groch
- Ziemniak
- Burak cukrowy
- Cebula
- Kalafior
- Marchew

W doświadczeniach występowały również obiekty porównawcze: nawozy bez dodatków, nawóz kontrolny i obiekt bez nawożenia.

W celu oceny wpływu projektowanych nawozów na wschody i początkowy wzrost roślin oceniono połowę zdolność wschodów, biomasę siewki buraka cukrowego i jej skład chemiczny pod wpływem nawozu mikrogranulat-1 (MIKROGRANULAT NP KH) i wykonano analogiczne pomiary na siewkach kukurydzy pod wpływem nawozu mikrogranulat-2 (MIKROGRANULAT NPK KH). Wyniki podano w wielkościach względnych, podobnie jak wyniki oddziaływania nawozów dolistnych, przyjmując za 100% wynik na obiekcie bez aplikacji nawozu startowego.

Z danych tabel II.15 i II.16 wynika, że użyte nawozy startowe, zarówno te projektowane jak i kontrolne, nie wpłynęły negatywnie, ale też i stymulująco na połowę zdolność wschodów buraka cukrowego i kukurydzy. Dodatki funkcjonalne do nawozów startowych Mikrogranulat NP KH i Mikrogranulat NPK KH w porównaniu z tymi nawozami bez dodatku oraz nawozów kontrolnych spowodowały zwiększenie masy młodych roślin i zawartość w nich makro- i mikrośladników. Wyjątkiem była zawartość fosforu w siewkach buraka cukrowego i magnezu w siewkach kukurydzy.

Tabela II.15. Wpływ mikrogranulatu-1 na początkowy wzrost i skład siewek buraka cukrowego

Parametr	Mikrogranulat-1 (Mikrogranulat NP KH)			
	z dodatkiem	bez dodatku	kontrolny	bez nawożenia
Wschody	100,4	98,7	102,1	100,0
Biomasa	116,3	108,2	106,5	100,0
N	107,0	102,1	105,6	100,0
P	112,9	114,0	108,5	100,0
Mg	109,2	102,7	103,3	100,0
Zn	104,6	98,8	101,6	100,0
B	110,4	105,2	106,0	100,0

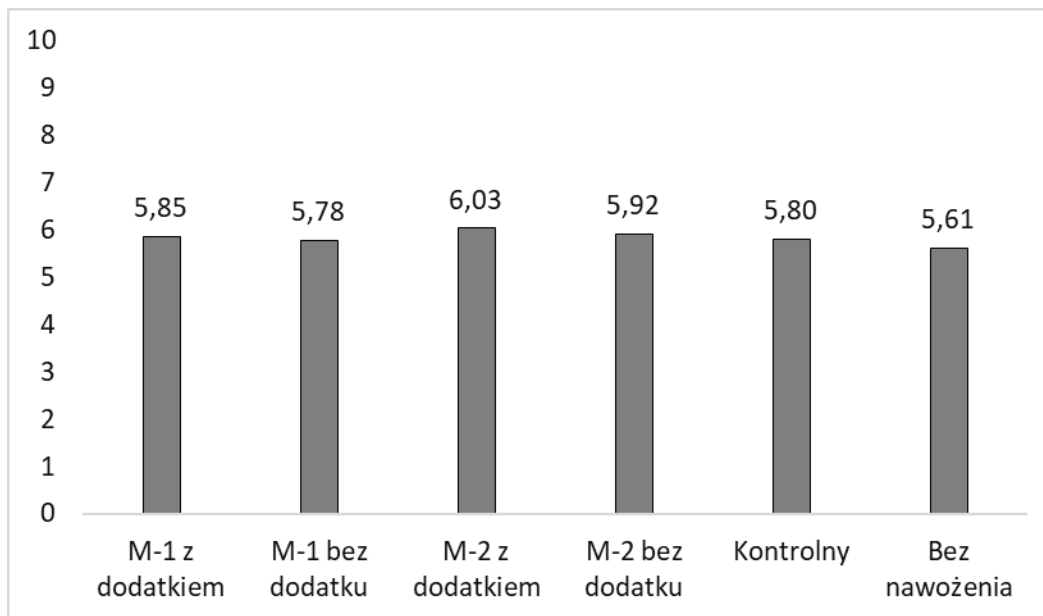
Tabela II.16. Wpływ mikrogranulatu-2 na początkowy wzrost i skład siewek kukurydzy

Parametr	Mikrogranulat-2 (Mikrogranulat NPK KH)			
	z dodatkiem	bez dodatku	kontrolny	bez nawożenia
Wschody	99,1	103,0	99,2	100,0
Biomasa	111,7	110,0	108,5	100,0
N	109,3	106,5	106,5	100,0
P	106,1	104,4	103,7	100,0
K	112,4	106,6	105,0	100,0
Mg	105,2	105,4	99,2	100,0
Cu	105,3	104,1	104,6	100,0
Zn	110,8	106,0	106,2	100,0

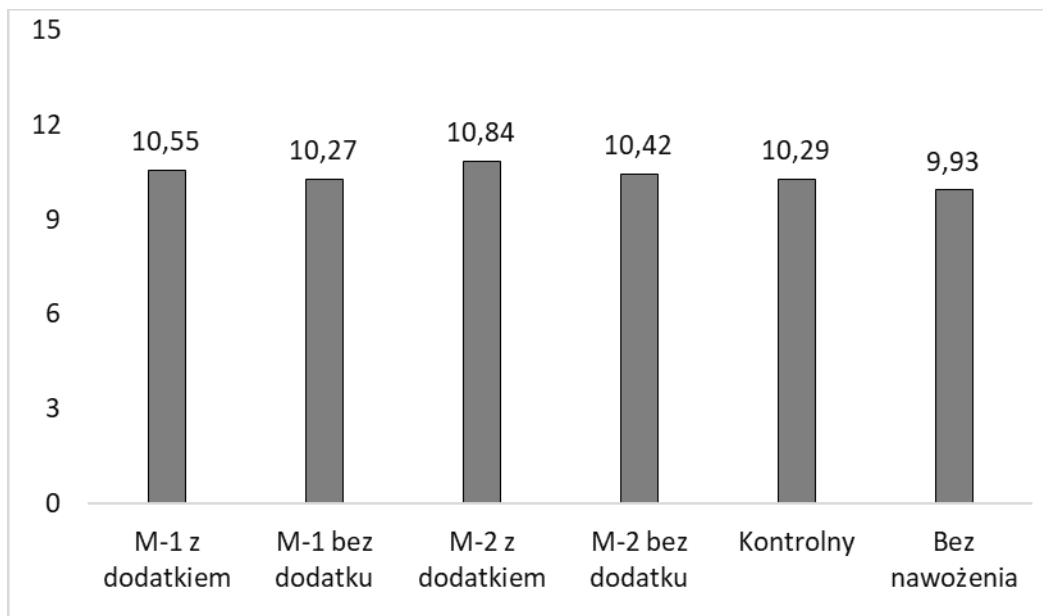
Plony roślin

W doświadczeniach polowych aplikacja zaprojektowanych nawozów startowych z dodatkami funkcjonalnymi Mikrogranulat NP KH lub Mikrogranulat NPK KH zwiększyła plony wszystkich testowanych gatunków roślin w porównaniu z plonami roślin nawożonych nawozem kontrolnym i nienawożonych. Wyjątkiem był plon marchwi pod wpływem nawozu Mikrogranulat NPK KH w porównaniu z plonem po użyciu nawozu kontrolnego (rys. II.14-22). W każdym przypadku, z wyjątkiem nawozu Mikrogranulat NP KH w uprawach ziemniaka i cebuli oraz nawozu Mikrogranulat NPK KH w uprawie słonecznika, nawóz startowy z dodatkami funkcjonalnymi oddziałował bardziej plonotwórczo niż ten sam nawóz, ale bez dodatków.

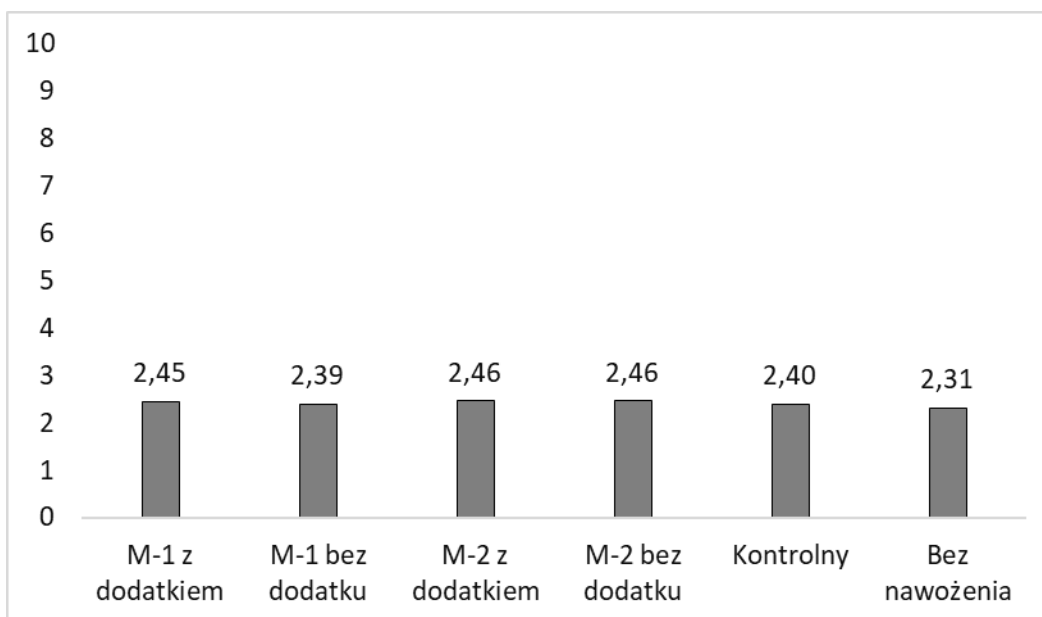
W warunkach doświadczenia polowego nie stwierdzono znaczącego wpływu nawozów startowych na plon grochu. Jego maksymalne różnicowanie w stosunku do plonu roślin nienawożonych wyniosło tylko 50 kg/ha, tj. 1,2%.



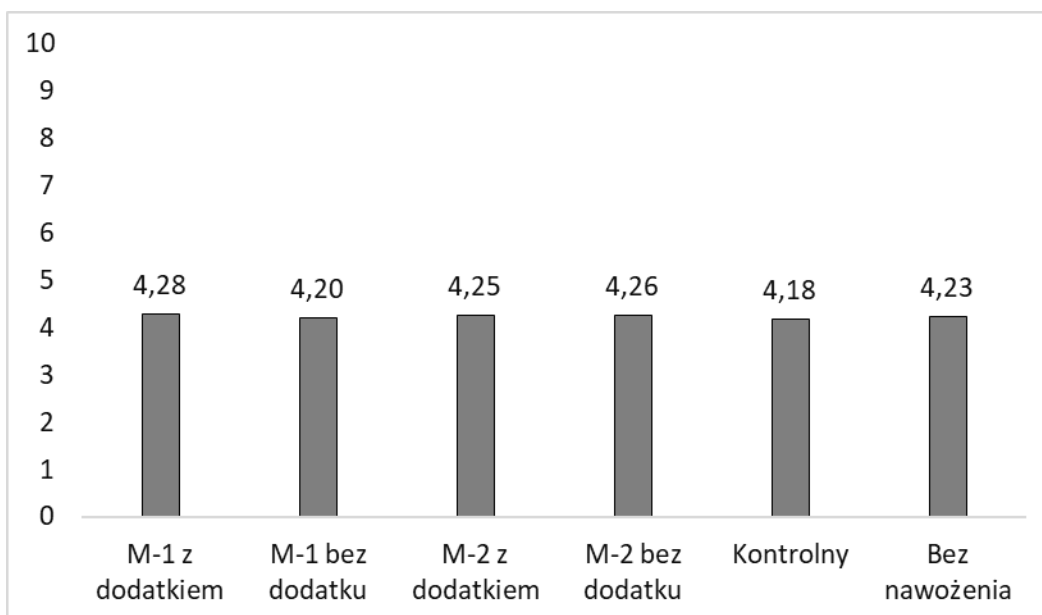
Rys. II.14. Plon ziarna jęczmienia jarego (t/ha) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



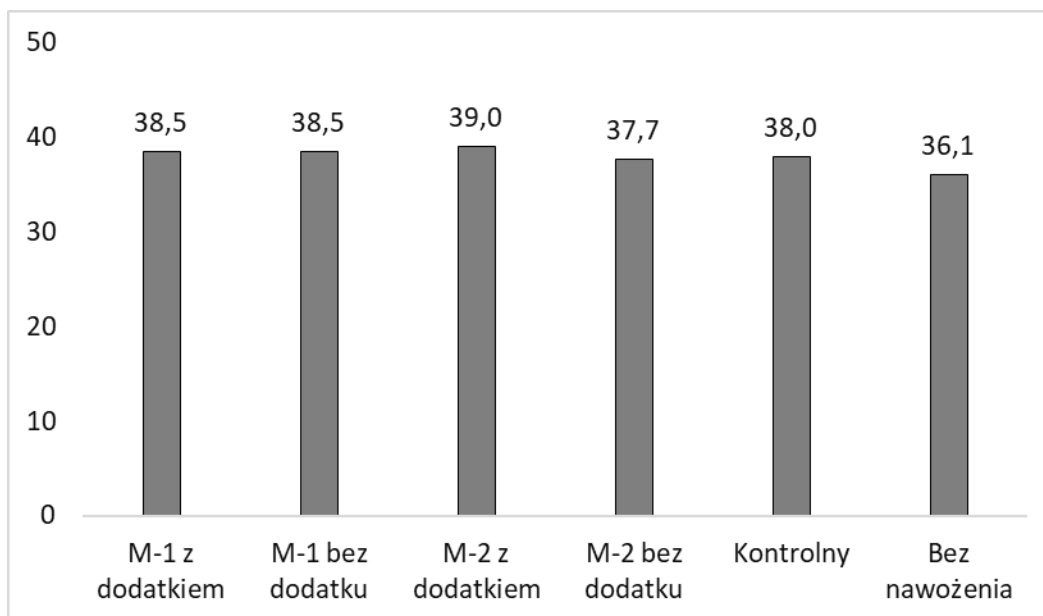
Rys. II.15. Plon ziarna kukurydzy (t/ha) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



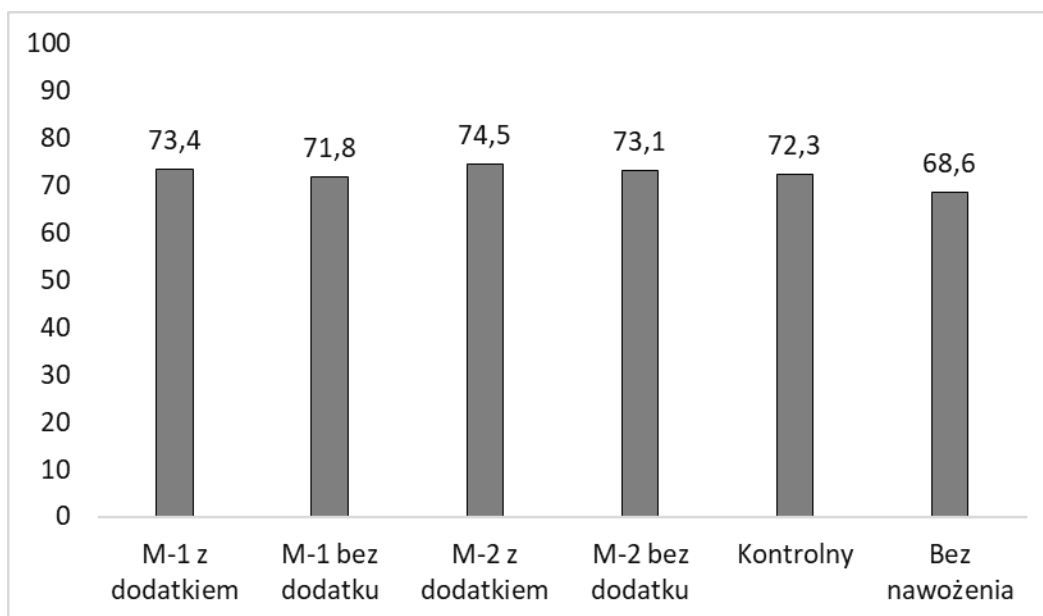
Rys. II.16. Plon nasion słonecznika (t/ha) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



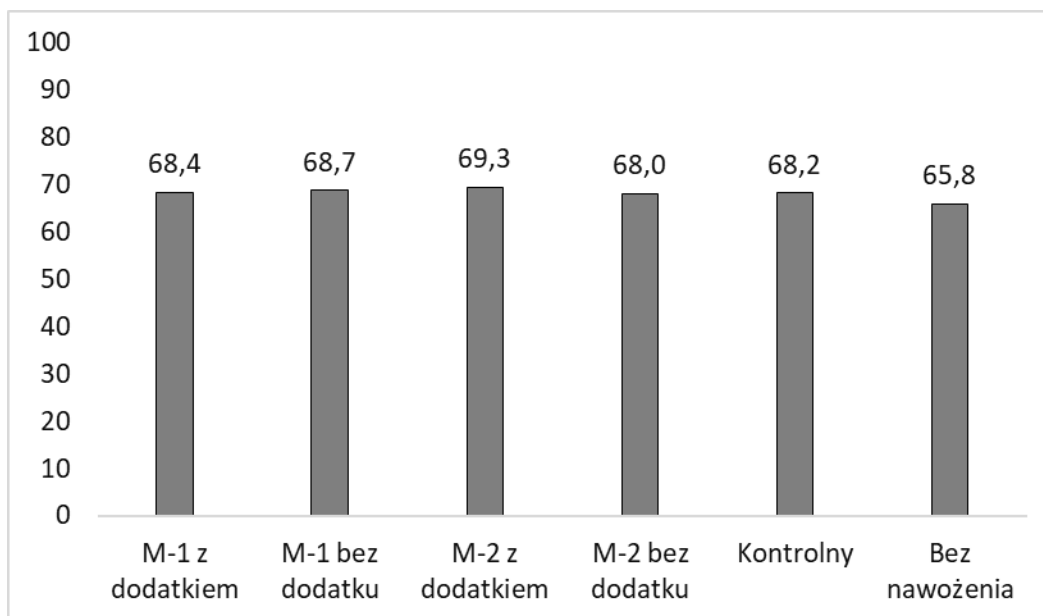
Rys. II.17. Plon nasion grochu siewnego (t/ha) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



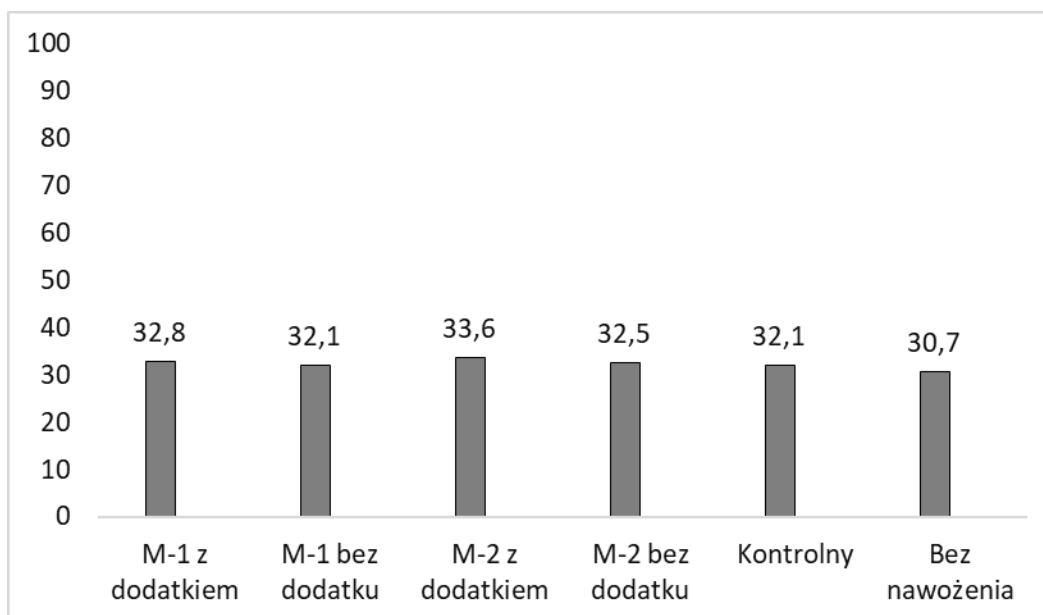
Rys. II.18. Plon bulw ziemniaka (t/ha) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



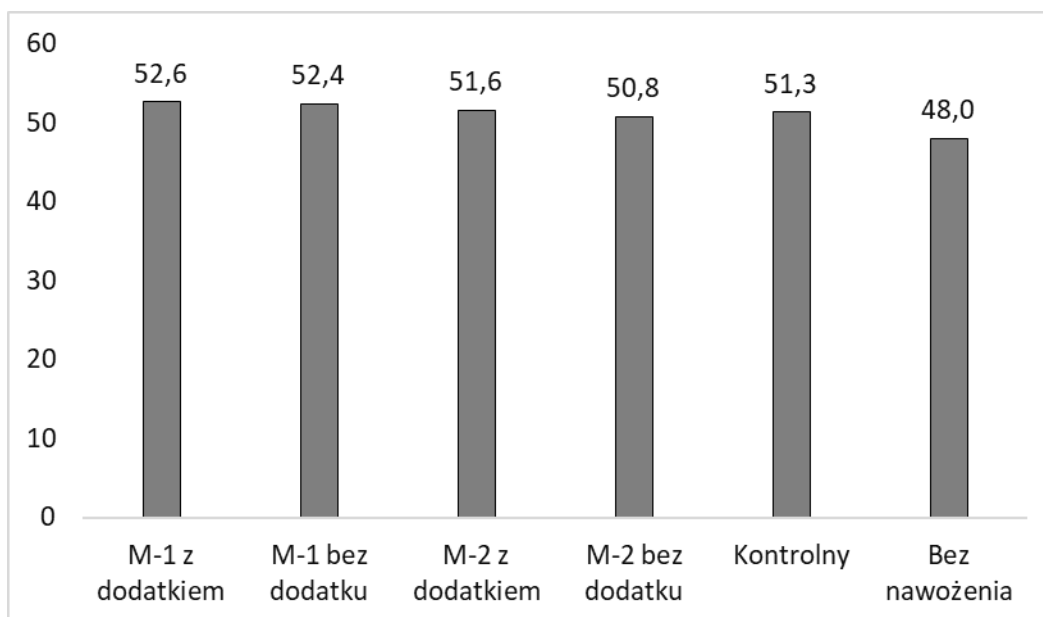
Rys. II.19. Plon korzeni buraka cukrowego (t/ha) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.20. Plon cebuli (t/ha) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.21. Plon róż kalafiora (t/ha) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.22. Plon korzeni marchwi (t/ha) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

II.4. Ocena gleby

W doświadczeniach polowych, w których aplikowano mikrogranulat nawozów startowych oceniono występowanie mikroorganizmów glebowych i aktywność enzymatyczną gleby.

Wykonano:

- Analizę mikrobiologiczną gleby – oceniając:
 - liczebność bakterii ogółem,
 - liczebność promieniowców,
 - liczebność grzybów strzępkowych,
 - liczebność mikroorganizmów celulolitycznych,
 - liczebność mikroorganizmów amylolitycznych,
 - liczebność mikroorganizmów proteolitycznych,
 - zawartości biomasy żywych mikroorganizmów.

- Analizę aktywności enzymów glebowych:
 - dehydrogenazy,
 - fosfatazy alkalicznej,
 - fosfatazy kwaśnej,
 - katalazy.
- Ocenę zawartości glomalin w glebie

Próbki gleby pobrano z obiektów doświadczeń, w których uprawiano:

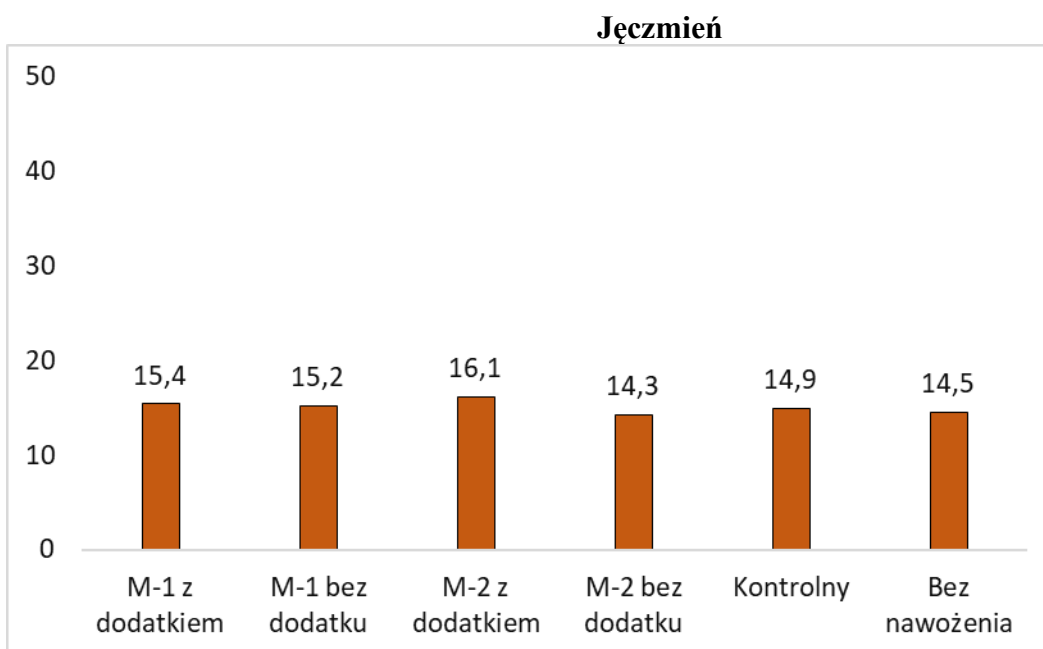
- Jęczmień jary
- Kukurydzę
- Słonecznik
- Groch
- Ziemniak
- Burak cukrowy
- Cebulę
- Kalafior
- Marchew

II.4.1. Analiza mikrobiologiczna gleby

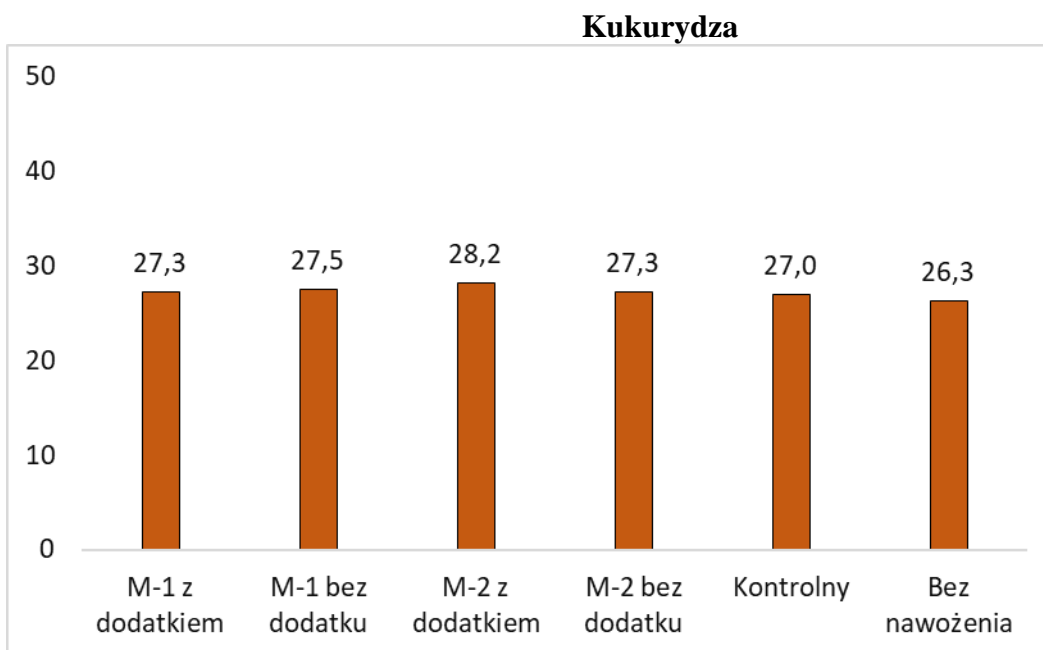
W próbkach gleby pobranych z pól (obiektów), na których badano oddziaływanie nawozów startowych na właściwości biologiczne gleby oceniono występowanie (liczebność) podstawowych grup mikroorganizmów:

II.4.1.1. Bakterie ogółem

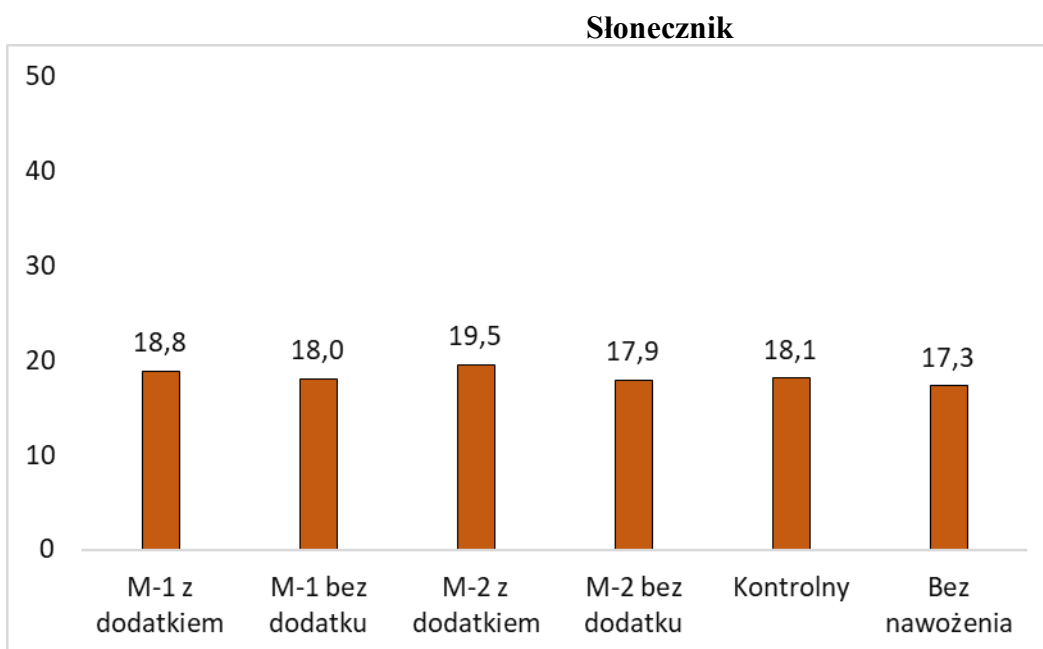
Wyniki badań:



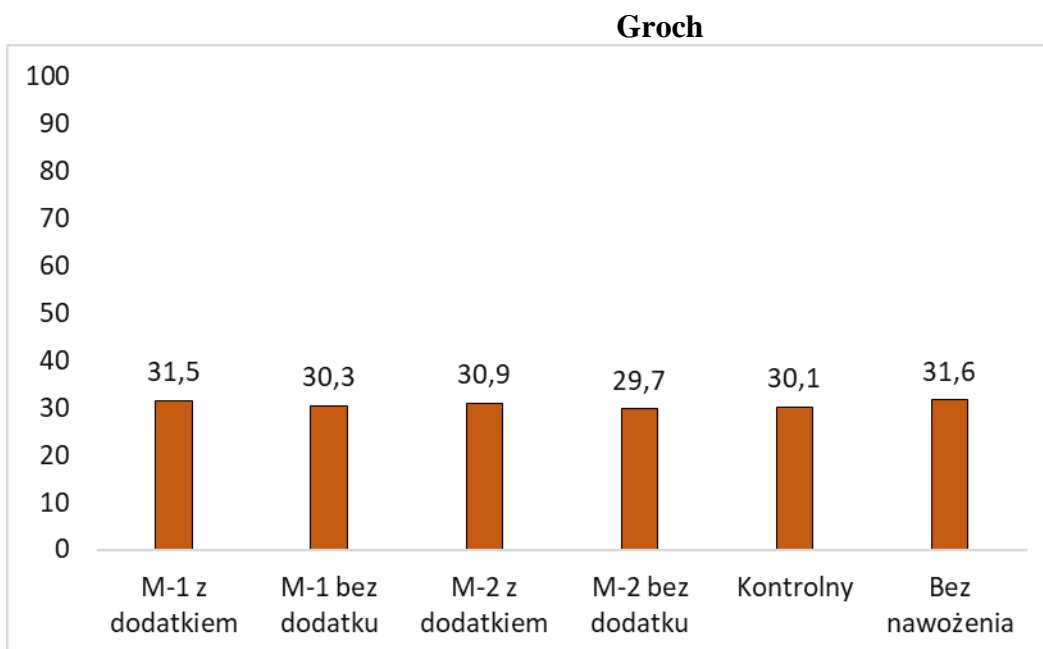
Rys. II.23. Liczebność bakterii ogółem po zbiorze jęczmienia jarego (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



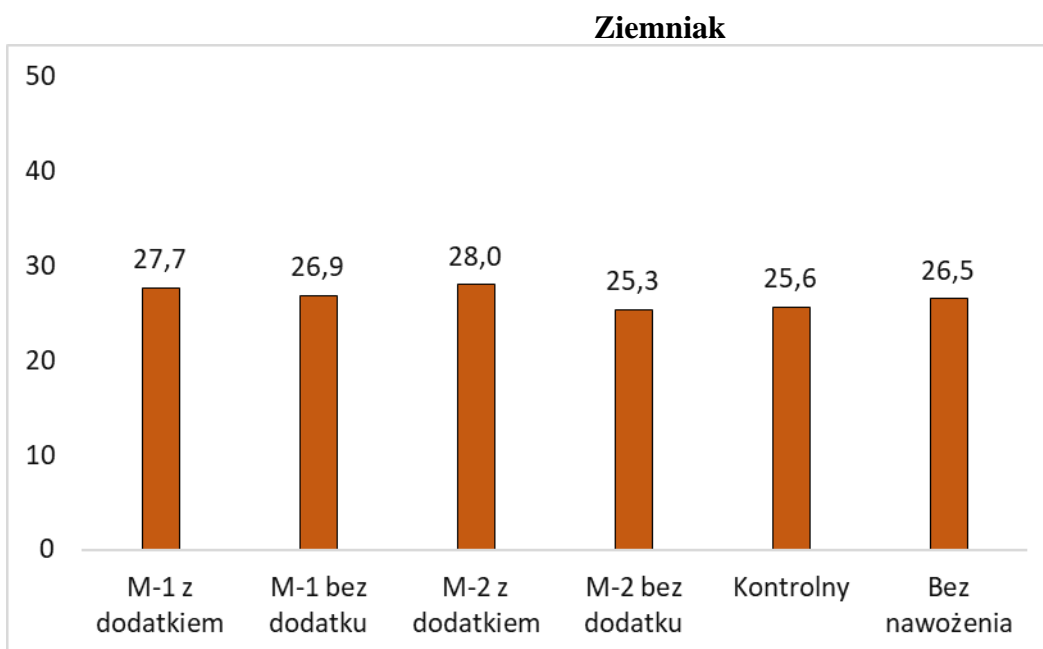
Rys. II.24. Liczebność bakterii ogółem po zbiorze kukurydzy (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



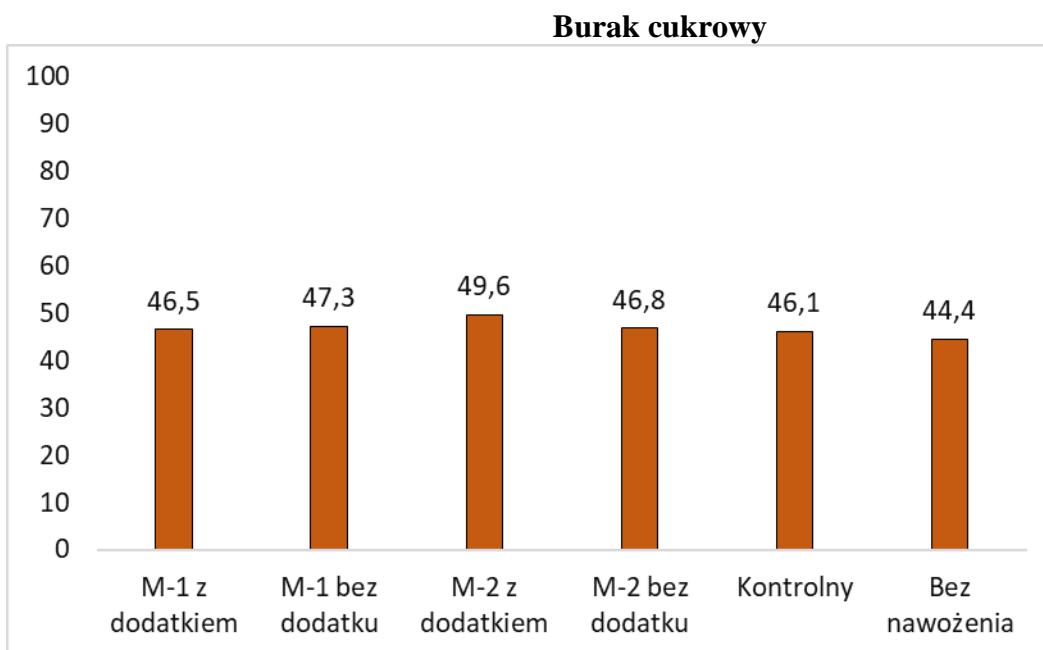
Rys. II.25. Liczebność bakterii ogółem po zbiorze słonecznika (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



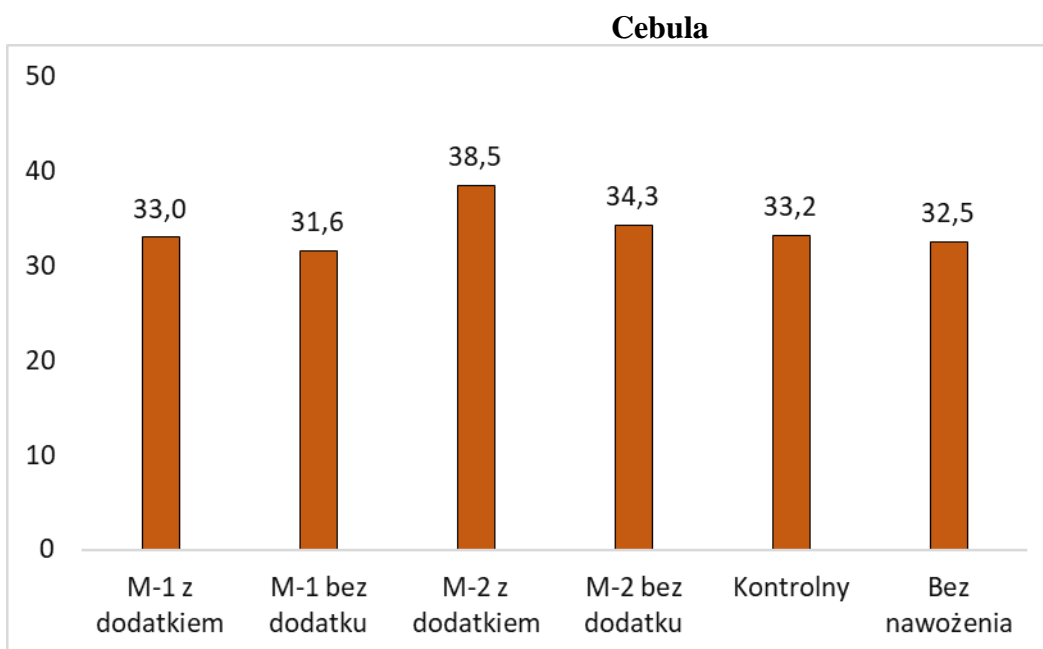
Rys. II.26. Liczebność bakterii ogółem po grochu siewnego (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



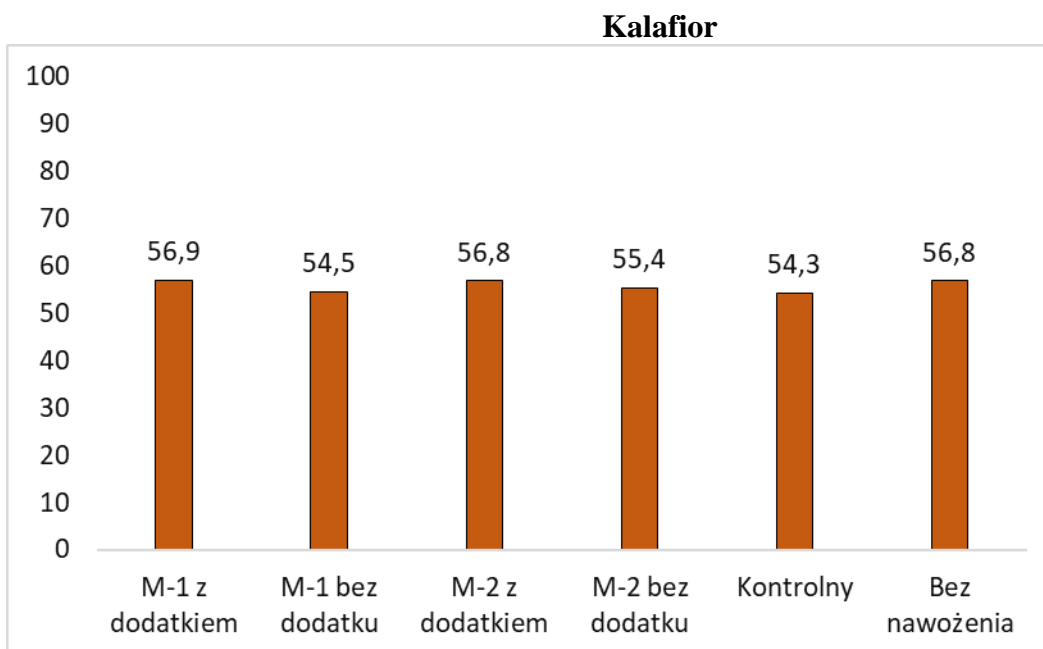
Rys. II.27. Liczebność bakterii ogółem po zbiorze ziemniaka (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



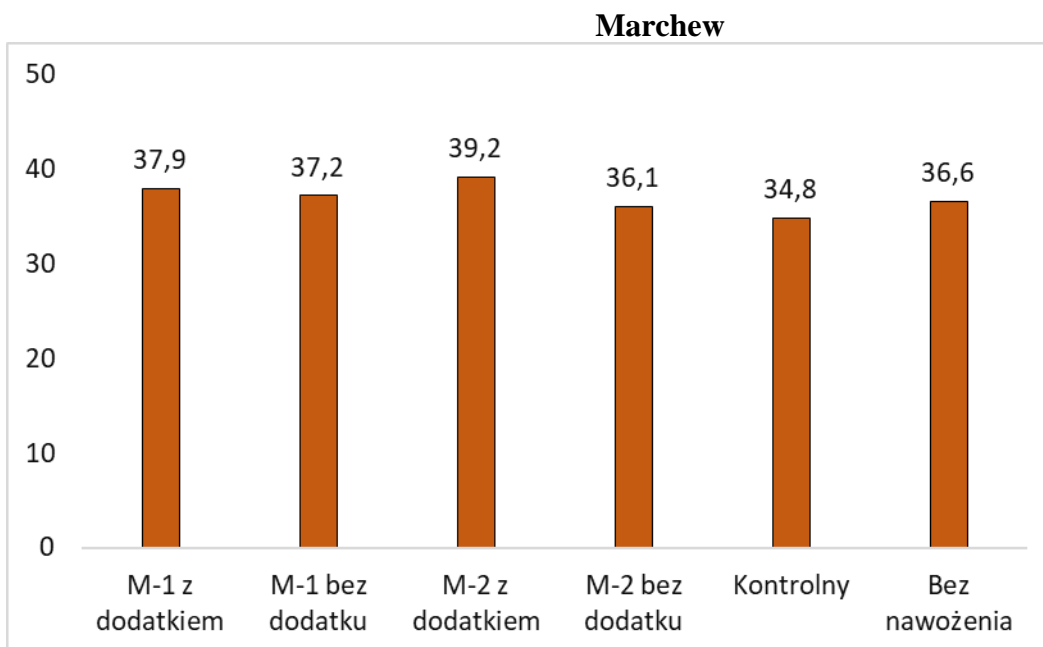
Rys. II.28. Liczebność bakterii ogółem po zbiorze buraka cukrowego (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.29. Liczebność bakterii ogółem po zbiorze cebuli (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



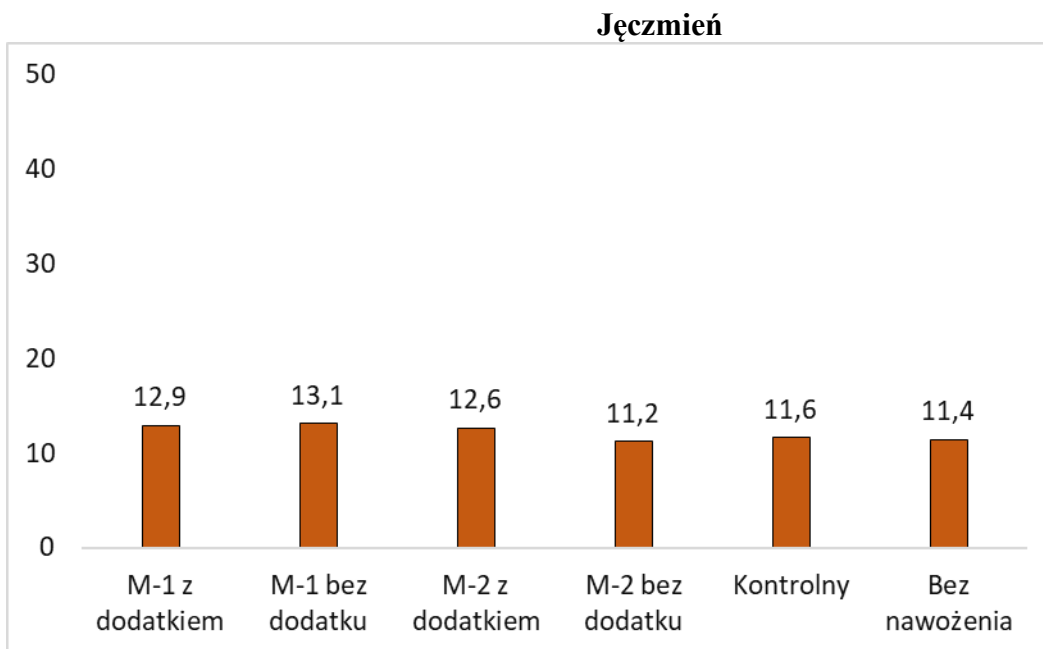
Rys. II.30. Liczebność bakterii ogółem po zbiorze kalafiora (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



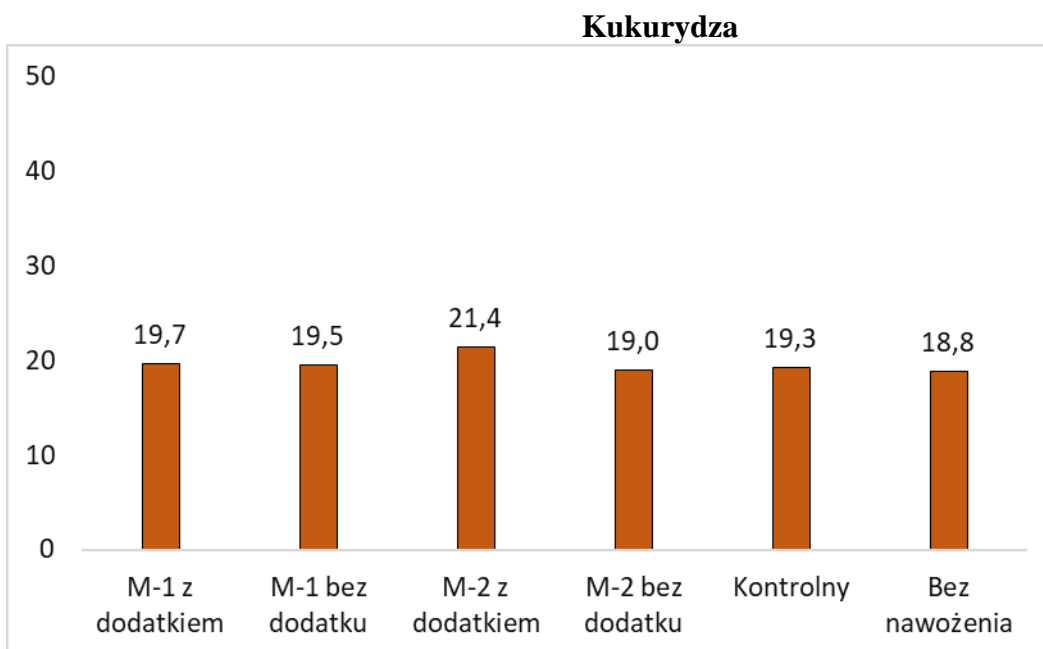
Rys. II.31. Liczebność bakterii ogółem po zbiorze marchwi (jtk x 10⁶ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

W glebie, do której aplikowano nawozy startowe w agrotechnice roślin rolniczych i warzyw polowych stwierdzono zróżnicowanie liczebności bakterii ogółem (rys. II.23-31). Zaprojektowane nawozy Mikrogranulat-1 NP KH – M-1 i Mikrogranulat-2 NPK KH – M2 zawierające dodatek funkcjonalny na ogół spowodowały zwiększenie liczebności tej grupy mikroorganizmów w porównaniu z glebą nawożoną nawozem kontrolnym i nienawożoną. Tylko w glebie po uprawie grochu siewnego i kalafiora liczebność bakterii ogółem była bardzo zbliżona, niezależnie od użytego nawozu startowego lub jego braku. Nawozy zawierające dodatek funkcjonalny zwiększały liczebność bakterii ogółem w większym stopniu niż nawozy te bez dodatku, z wyjątkiem aplikacji nawozu Mikrogranulat-1 NP KH – M-1 w uprawie kukurydzy i buraka cukrowego.

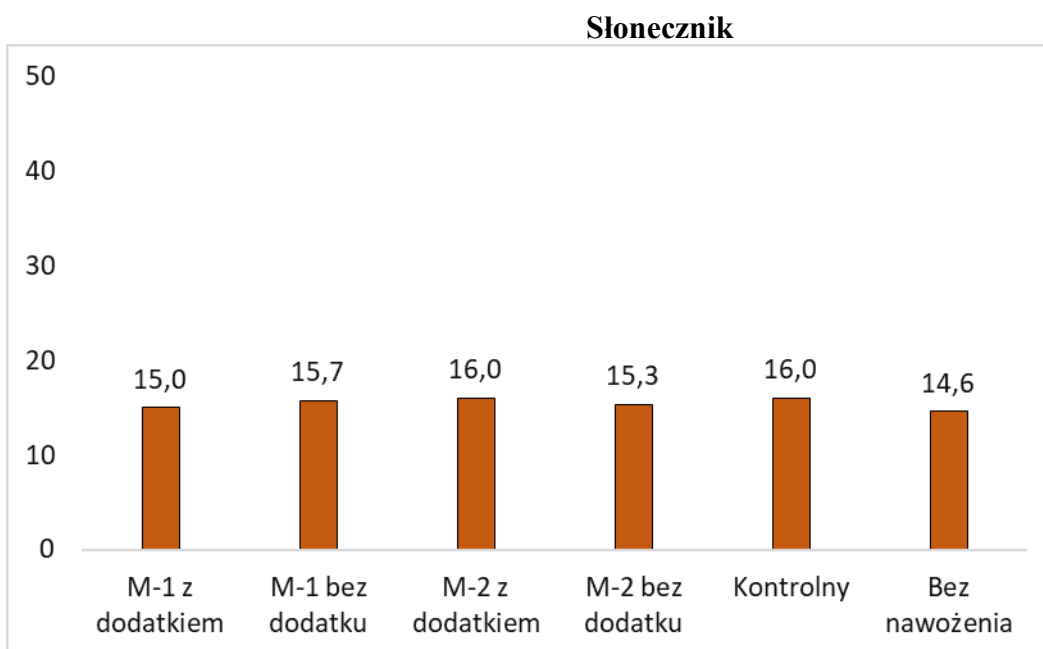
II.4.1.2. Promieniowce



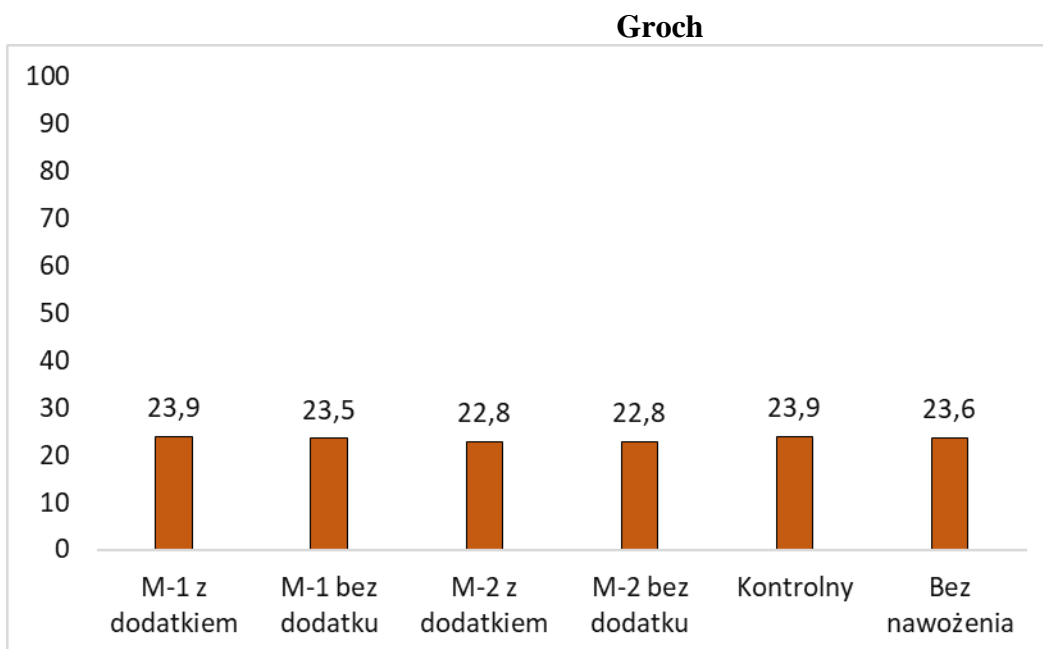
Rys. II.32. Liczebność promieniowców po zbiorze jęczmienia jarego (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



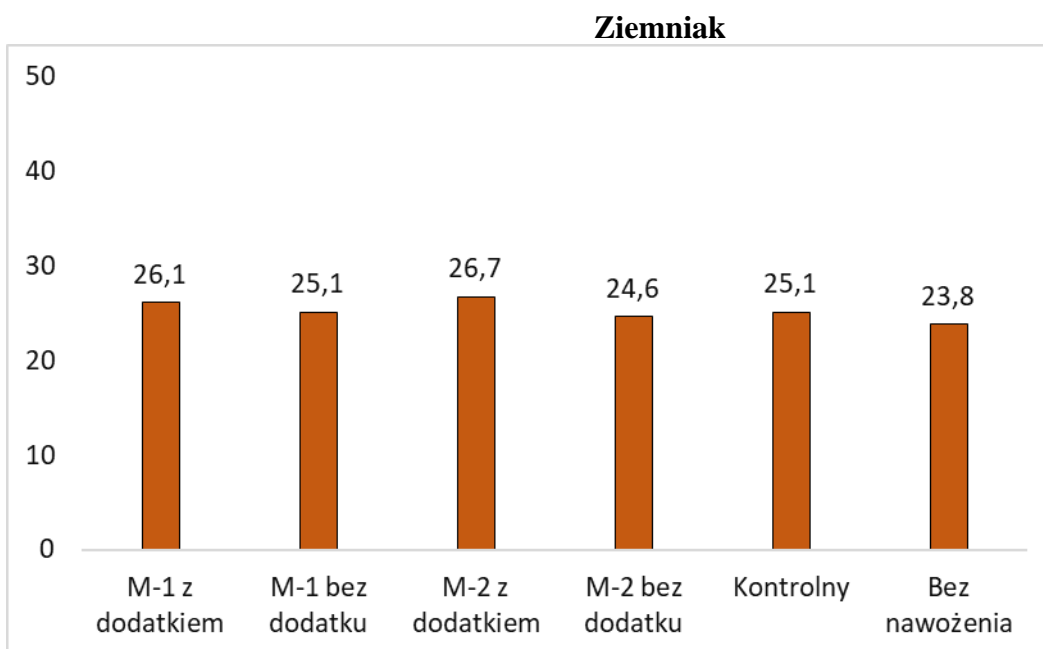
Rys. II.33. Liczebność promieniowców po zbiorze kukurydzy (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



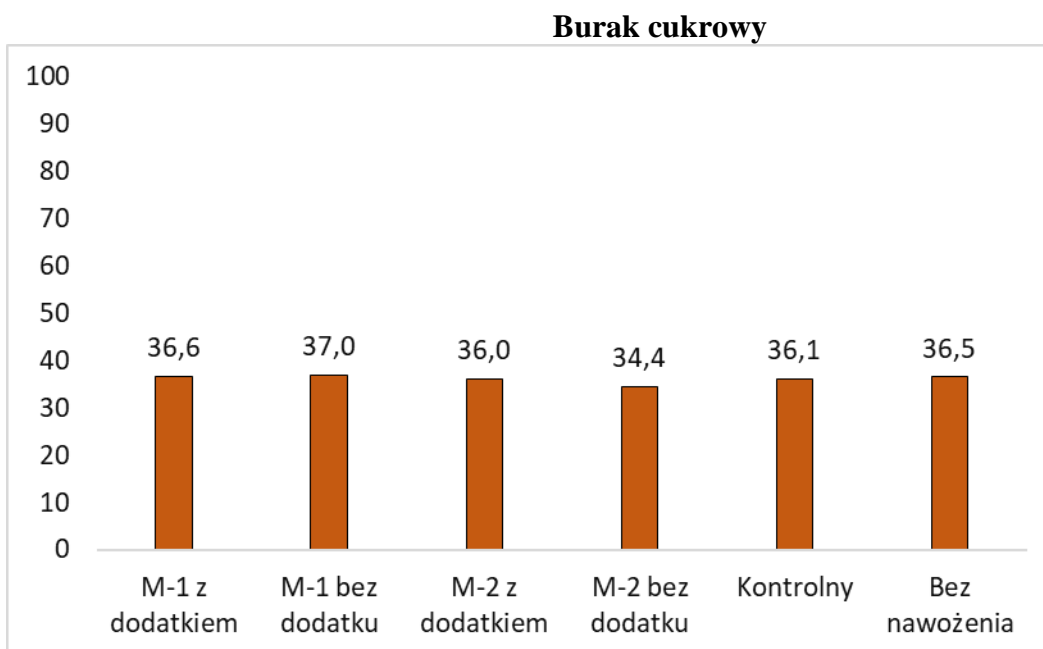
Rys. II.34. Liczebność promieniowców po zbiorze słonecznika (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



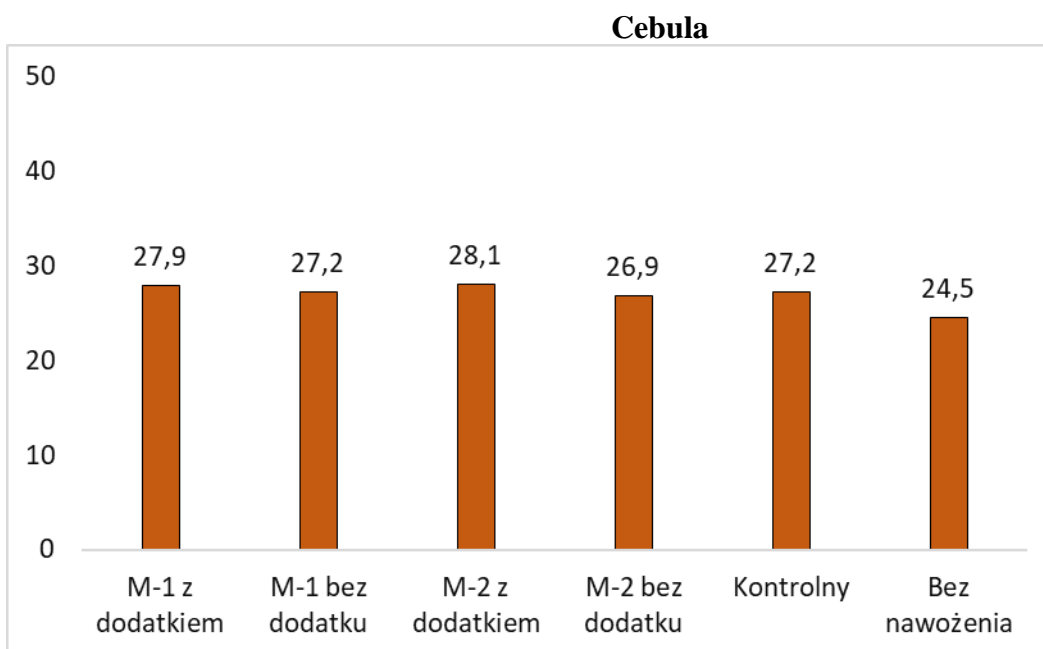
Rys. II.35. Liczebność promieniowców po zbiorze grochu siewnego (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



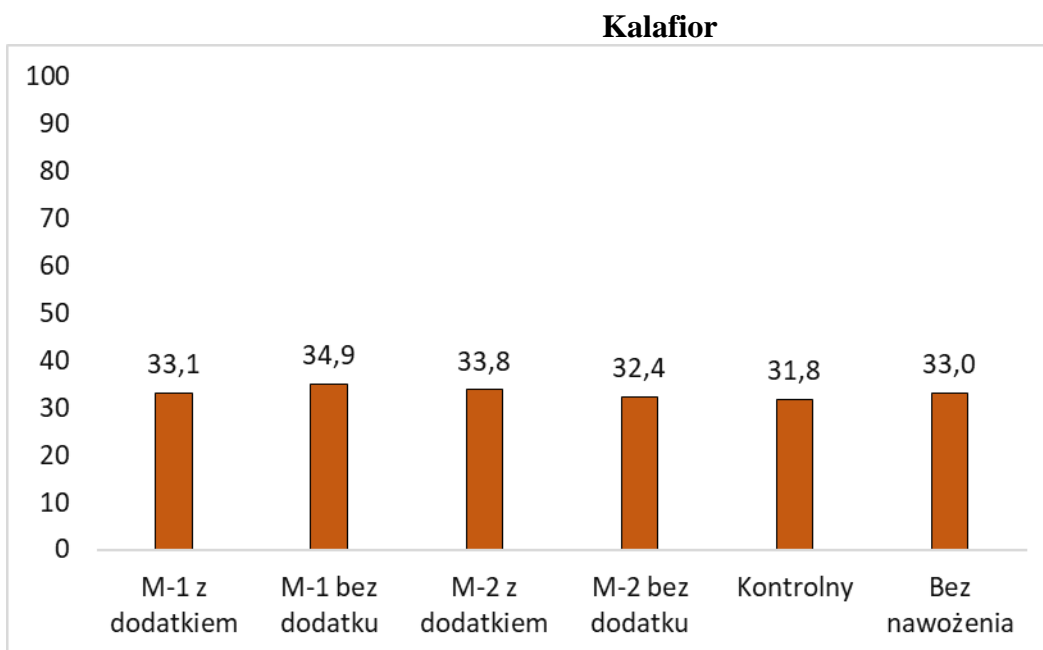
Rys. II.36. Liczebność promieniowców po zbiorze ziemniaka (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



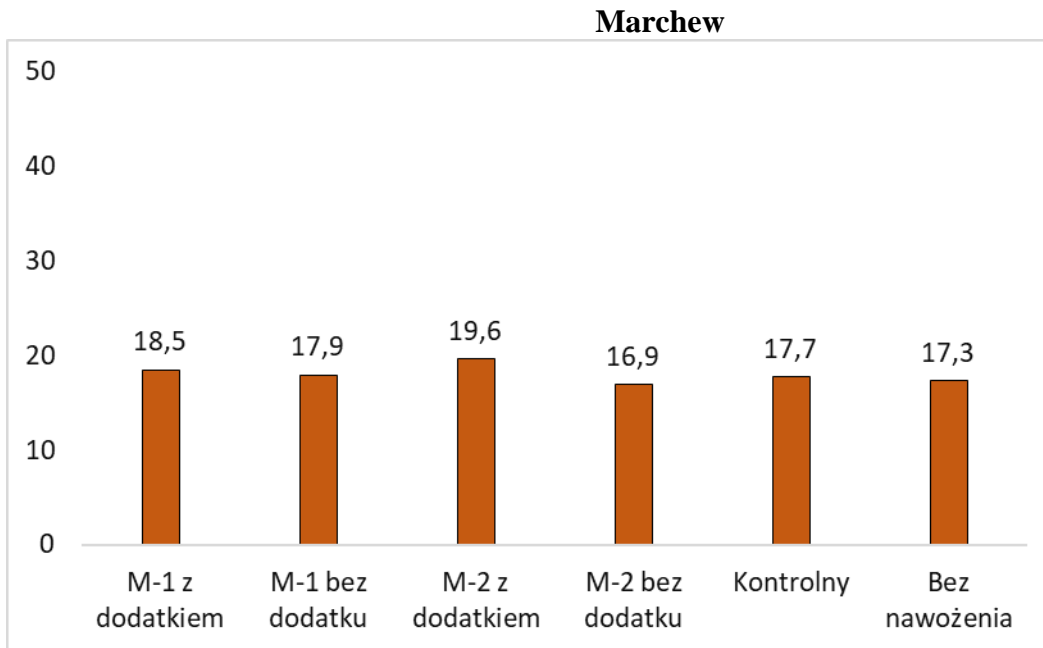
Rys. II.37. Liczebność promieniowców po zbiorze buraka cukrowego (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.38. Liczebność promieniowców po zbiorze cebuli (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



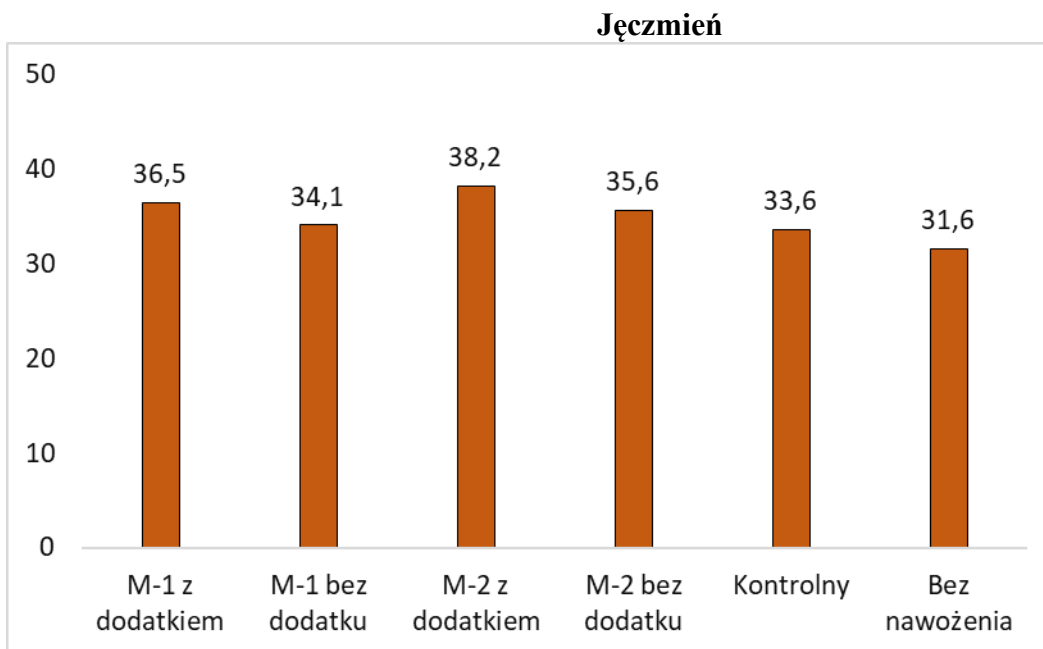
Rys. II.39. Liczebność promieniowców po zbiorze kalafiora (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



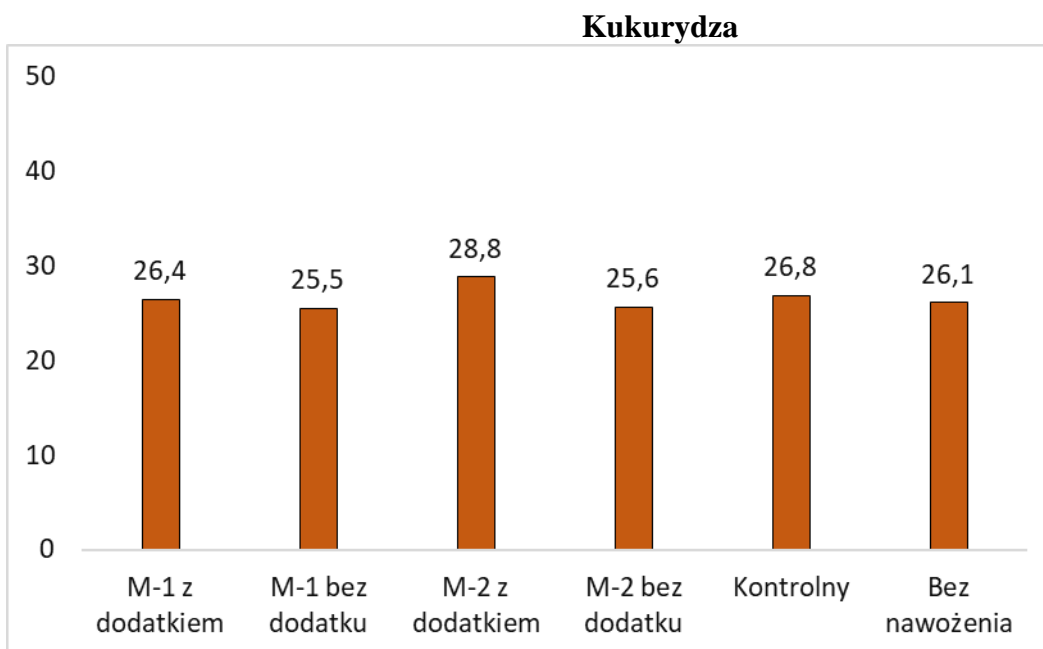
Rys. II.40. Liczebność promieniowców po zbiorze marchwi (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

Liczebność promieniowców w glebie, do której aplikowano zaprojektowane nawozy startowe z dodatkiem funkcjonalnym była większa niż w glebie nawożonej nawozem kontrolnym i nienawożonej (rys. II.32-40). Wyjątek stanowiła gleba po słoneczniku w stosunku do aplikacji nawozu kontrolnego. Obecność dodatku funkcjonalnego w nawozach startowych zwiększała ich korzystny wpływ na liczebność promieniowców w porównaniu z nawozami bez dodatku. Wyjątek stanowiła aplikacja nawozu Mikrogranulat-1 NP KH – M-1 w uprawie jęczmienia jarego i słonecznika. Zastosowane nawozy startowe nie różnicowały natomiast znacząco liczebności promieniowców w glebie, gdzie uprawiano groch siewny, burak cukrowy i kalafior.

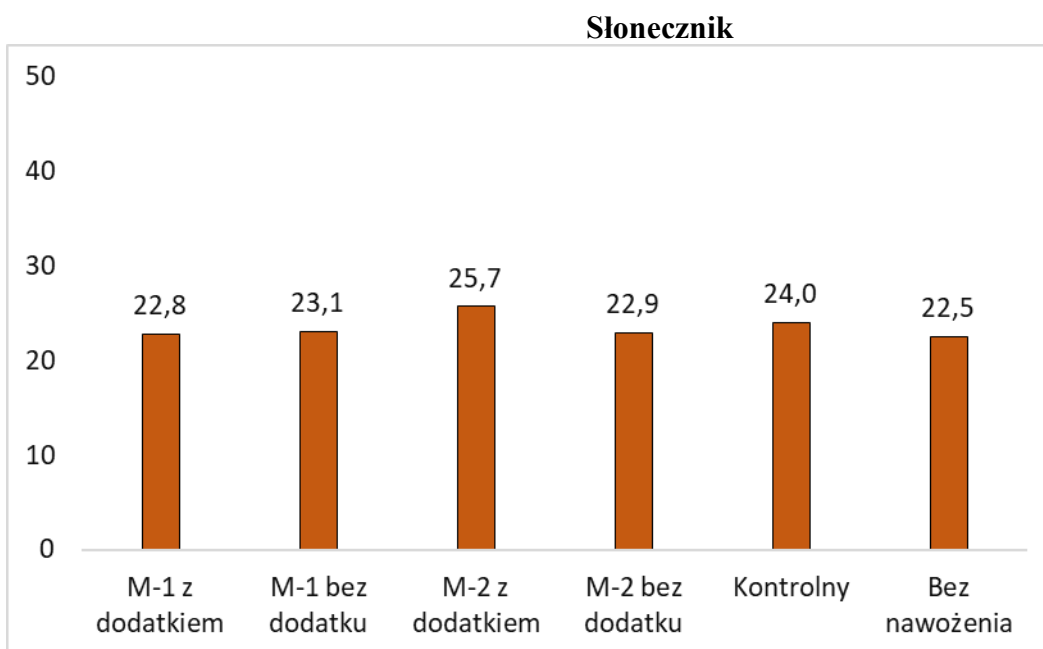
II.4.1.3. Grzyby strzępkowe



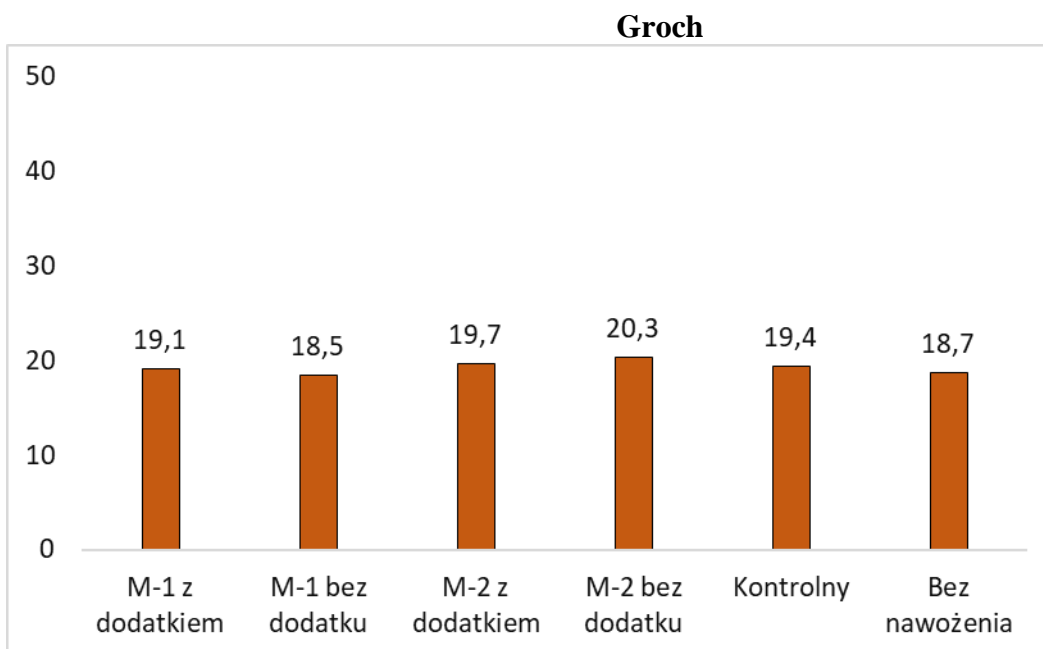
Rys. II.41. Liczebność grzybów po zbiorze jęczmienia jarego (jtk x 10⁴ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



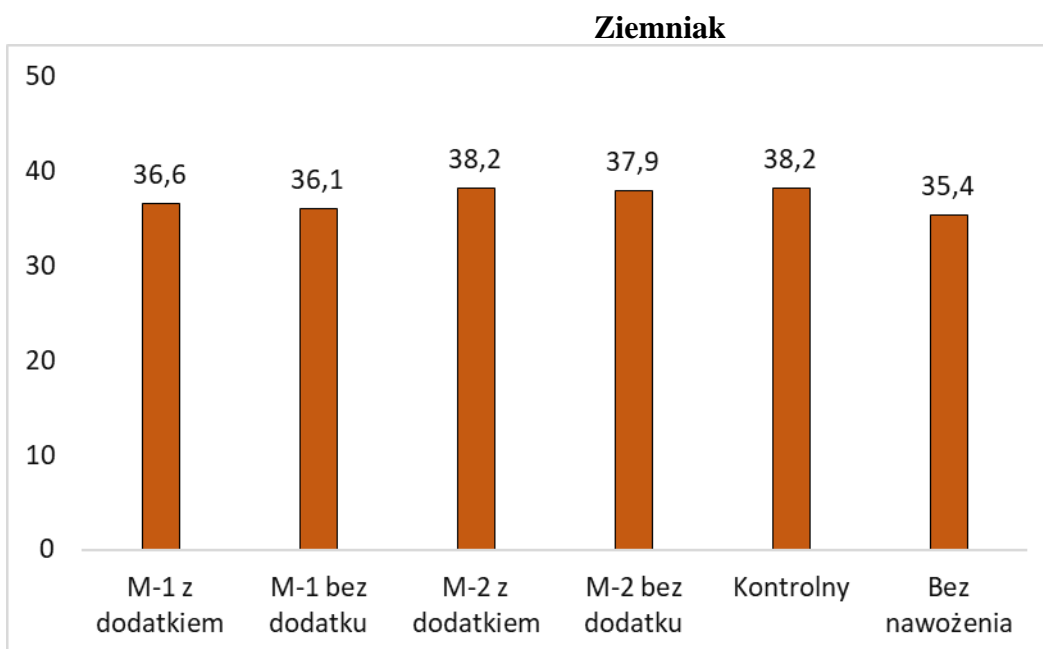
Rys. II.42. Liczebność grzybów po zbiorze kukurydzy (jtk x 10⁴ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



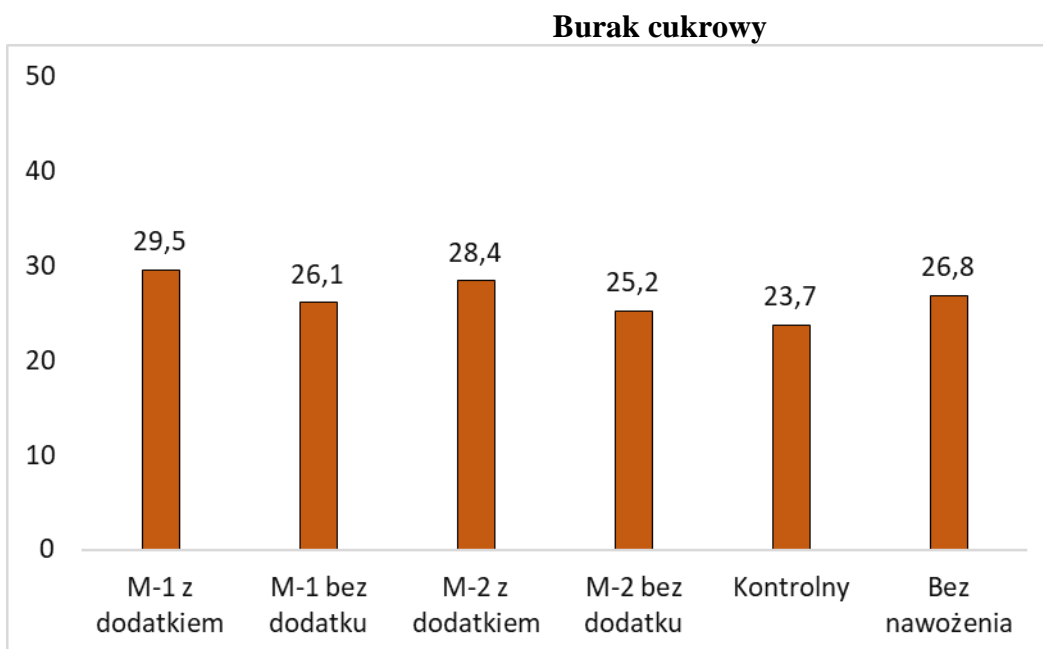
Rys. II.43. Liczebność grzybów po zbiorze słonecznika (jtk x 10⁴ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



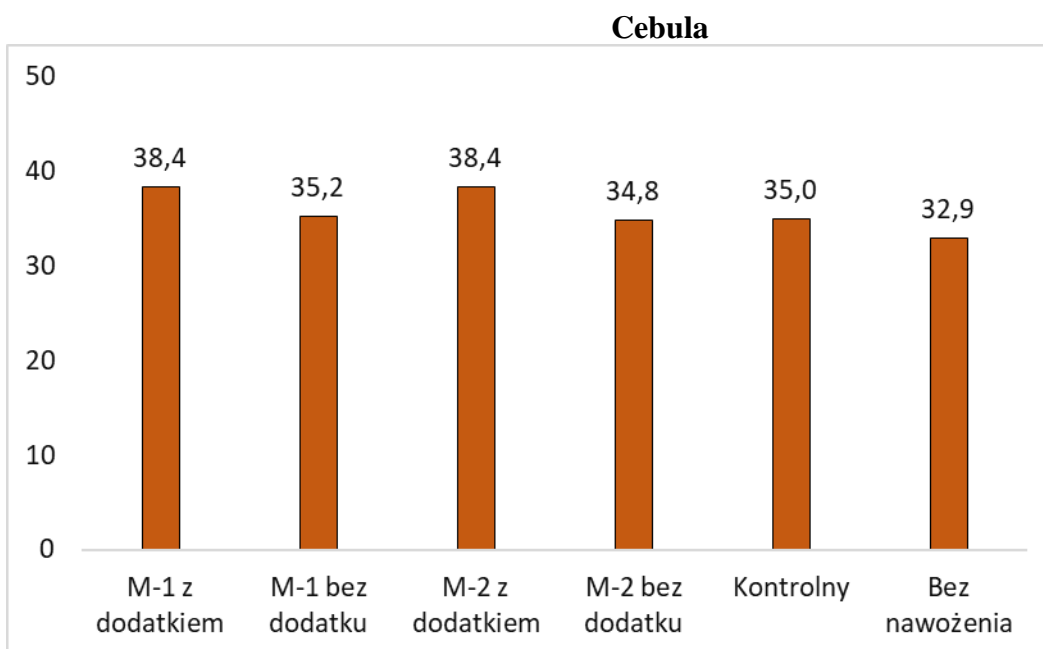
Rys. II.44. Liczebność grzybów po zbiorze grochu siewnego (jtk x 10⁴ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



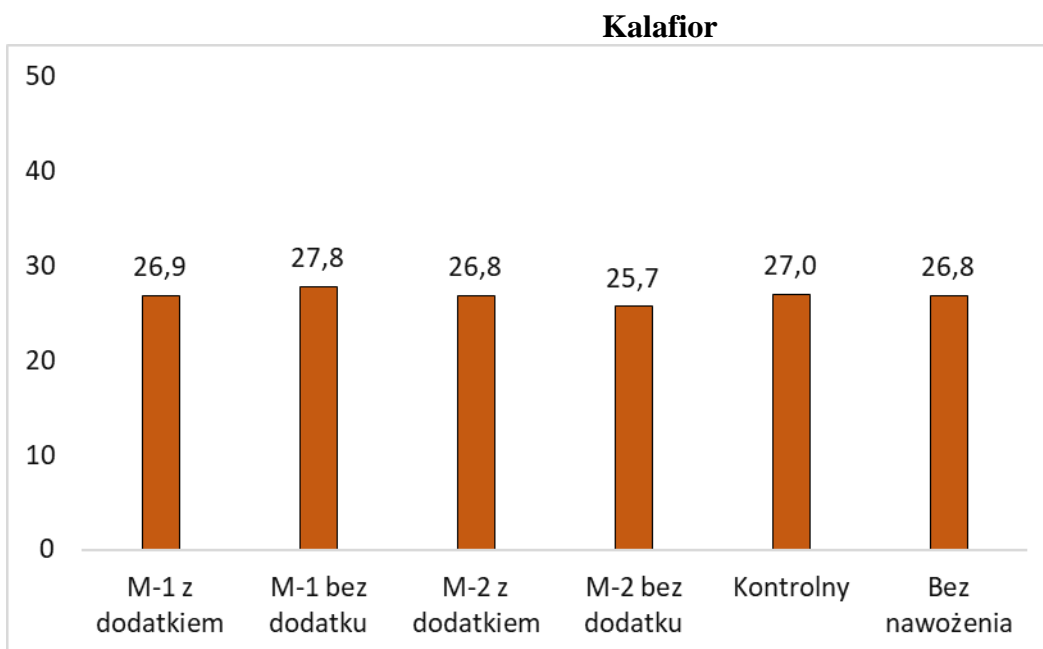
Rys. II.45. Liczebność grzybów po zbiorze ziemniaka (jtk x 10⁴ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



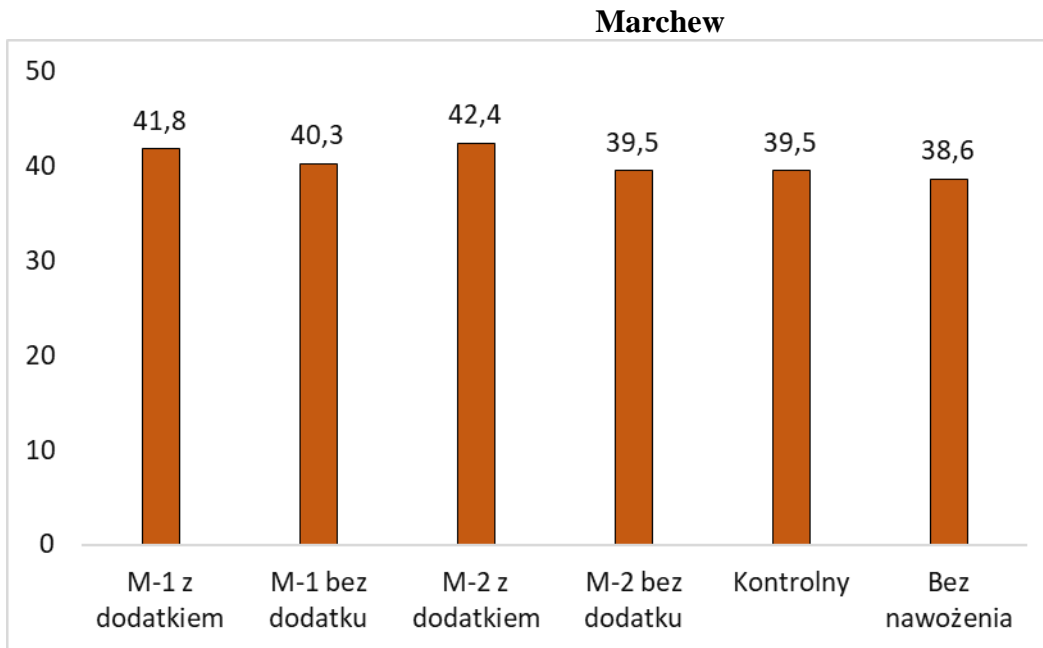
Rys. II.46. Liczebność grzybów po zbiorze buraka cukrowego (jtk x 10⁴ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.47. Liczebność grzybów po zbiorze cebuli (jtk x 10⁴ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.48. Liczebność grzybów po zbiorze kalafiora (jtk x 10⁴ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

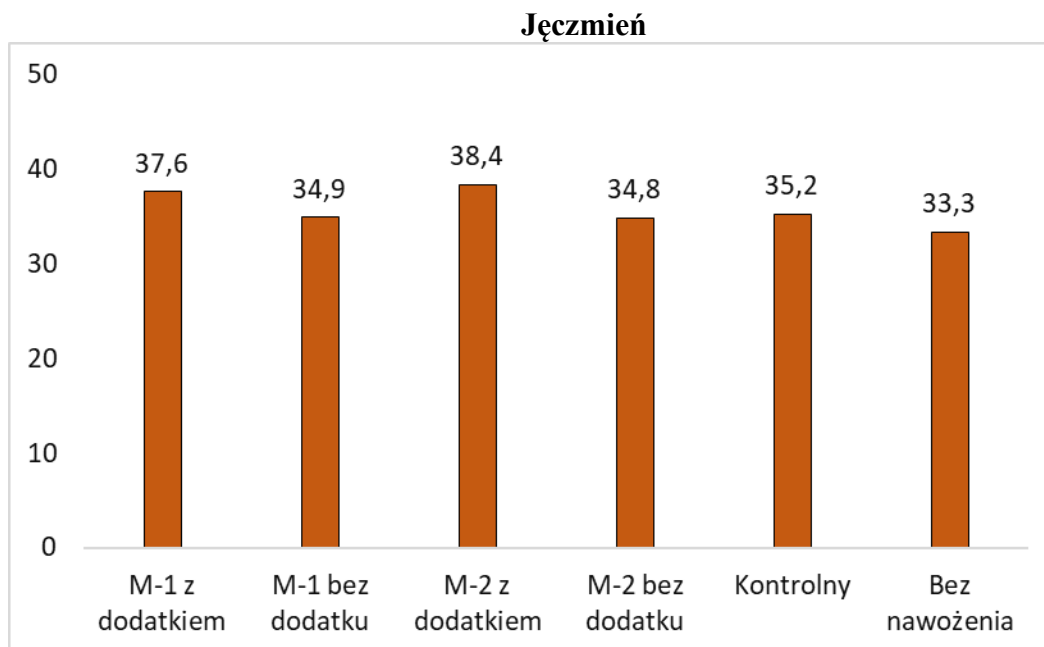


Rys. II.49. Liczebność grzybów po zbiorze marchwi (jtk x 10⁴ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

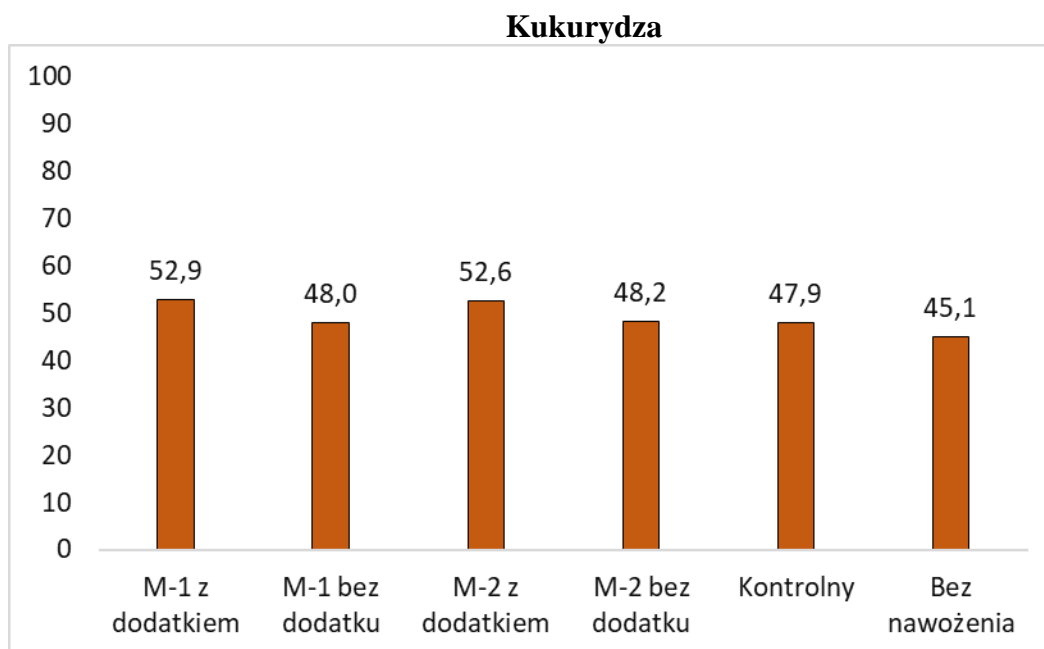
Obecność dodatków funkcjonalnych w nawozach Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2 wpłynęła na zwiększenie liczebności grzybów strzępkowych w glebie w porównaniu z aplikacją nawozów bez dodatku w uprawie jęczmienia jarego, kukurydzy, ziemniaka, buraka cukrowego, cebuli i marchwi. W uprawie grochu takie oddziaływanie nawozu startowego wystąpiło po zastosowaniu nawozu Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, a w uprawie słonecznika po aplikacji nawozu Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2.

Badane nawozy oraz brak ich stosowania słabo różnicowały liczebności grzybów strzępkowych w glebie po uprawie grochu siewnego, a zwłaszcza kalafiora (rys. II.41-49).

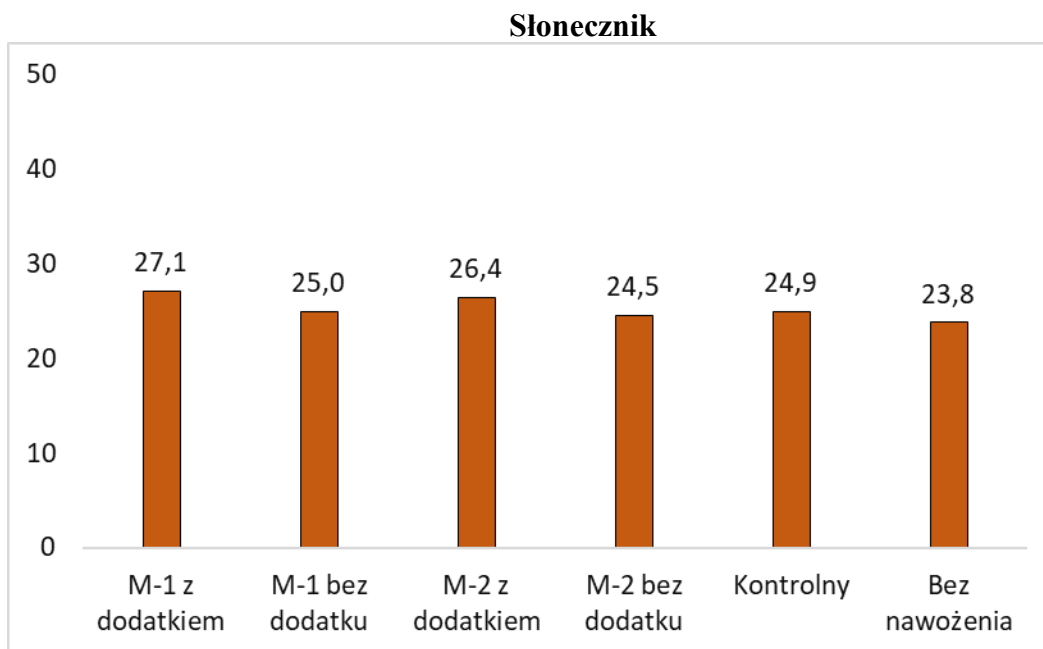
II.4.1.4. Mikroorganizmy celulolityczne



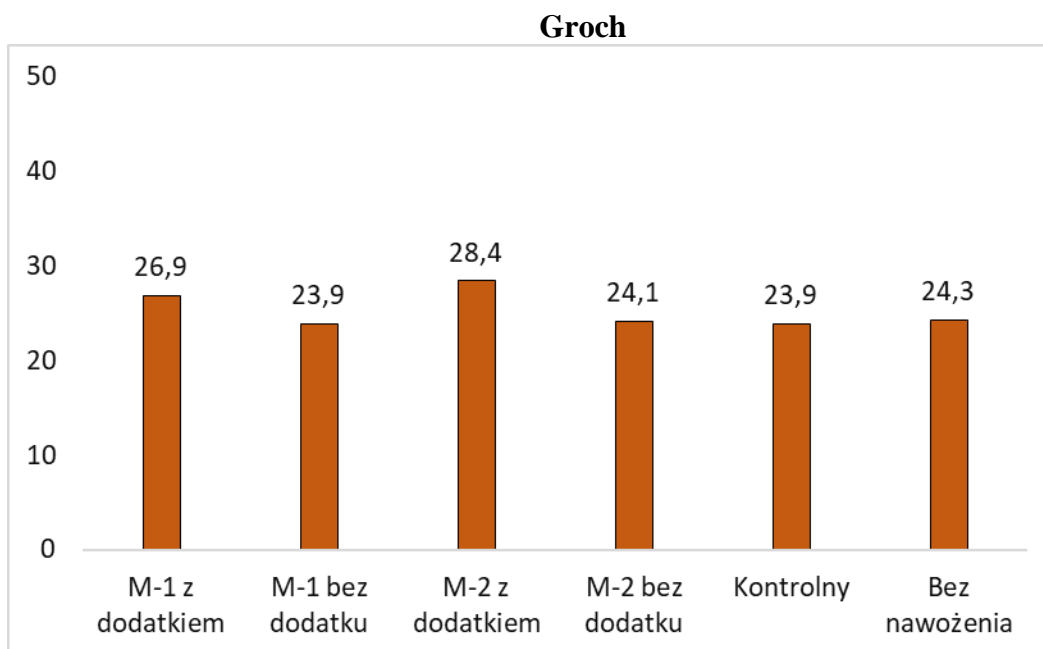
Rys. II.50. Liczebność mikroorganizmów celulolitycznych po zbiorze jęczmienia jarego (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



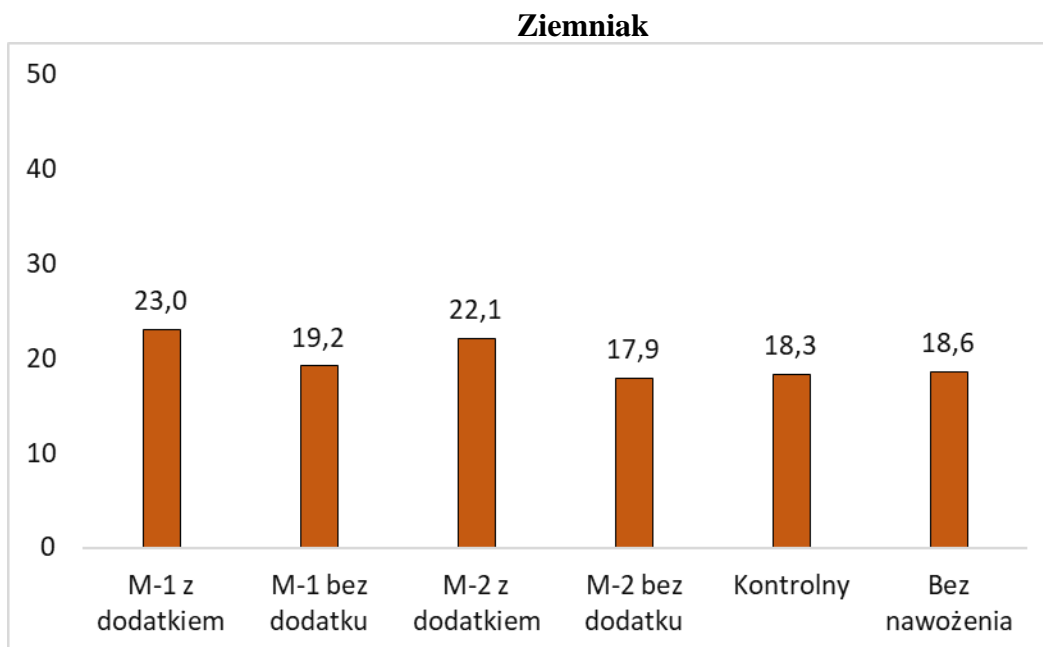
Rys. II.51. Liczebność mikroorganizmów celulolitycznych po zbiorze kukurydzy (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



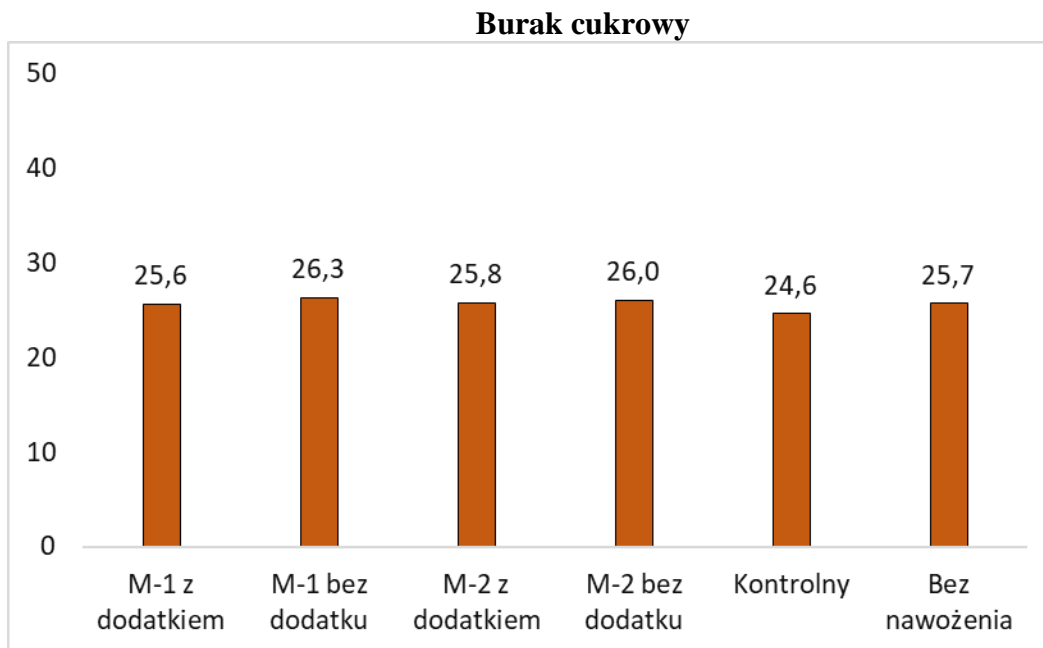
Rys. II.52. Liczebność mikroorganizmów celulolitycznych po zbiorze słonecznika (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



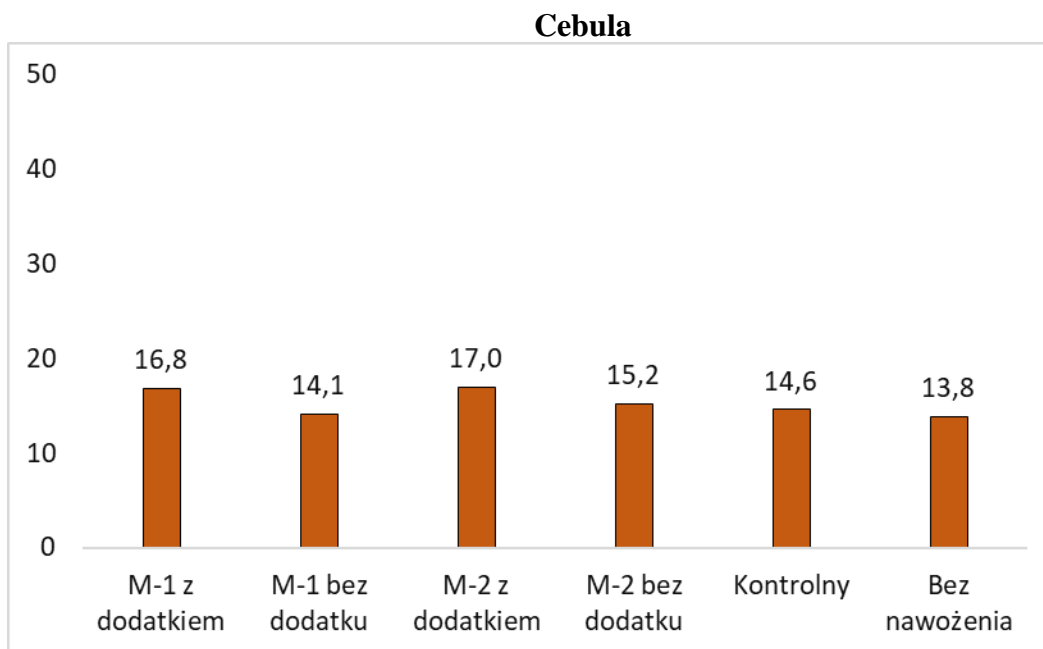
Rys. II.53. Liczebność mikroorganizmów celulolitycznych po zbiorze grochu (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



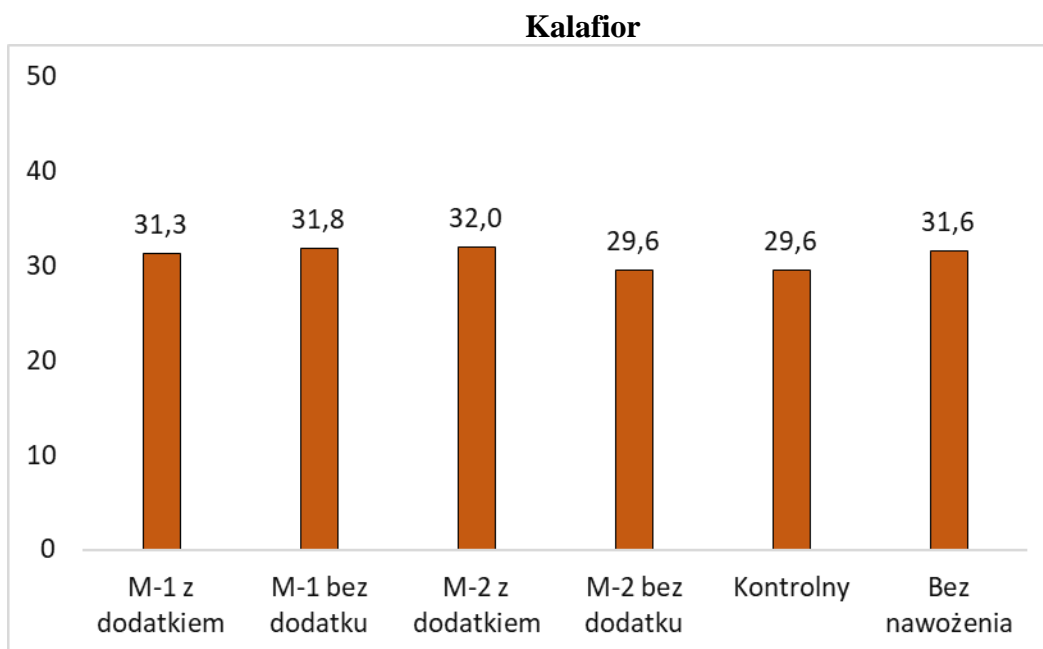
Rys. II.54. Liczebność mikroorganizmów celulolitycznych po zbiorze ziemniaka (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



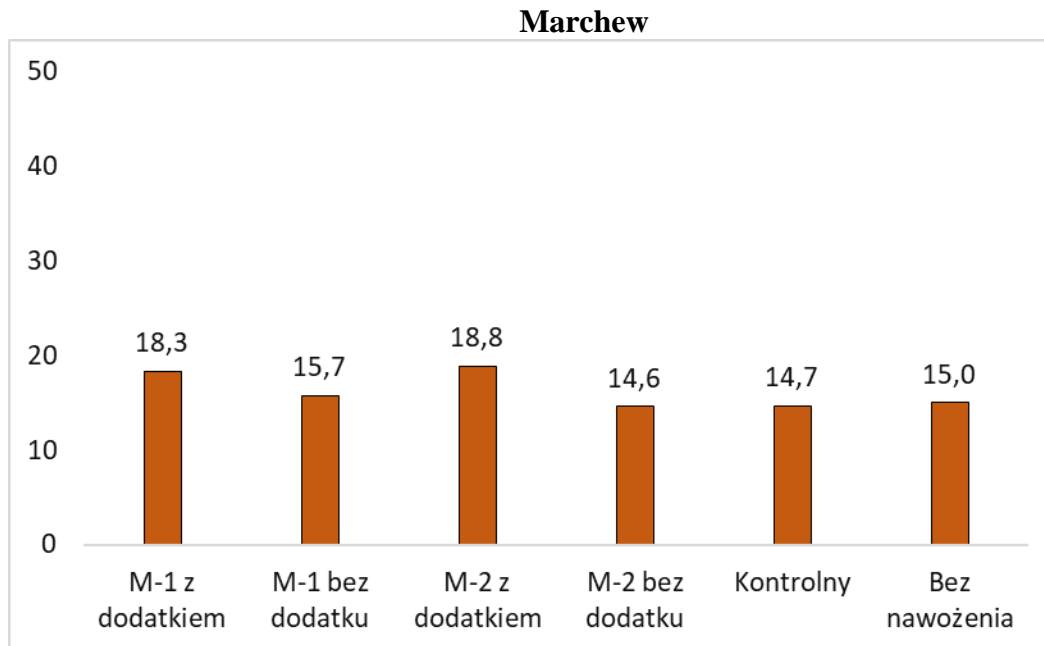
Rys. II.55. Liczebność mikroorganizmów celulolitycznych po zbiorze buraka (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.56. Liczebność mikroorganizmów celulolitycznych po zbiorze cebuli (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



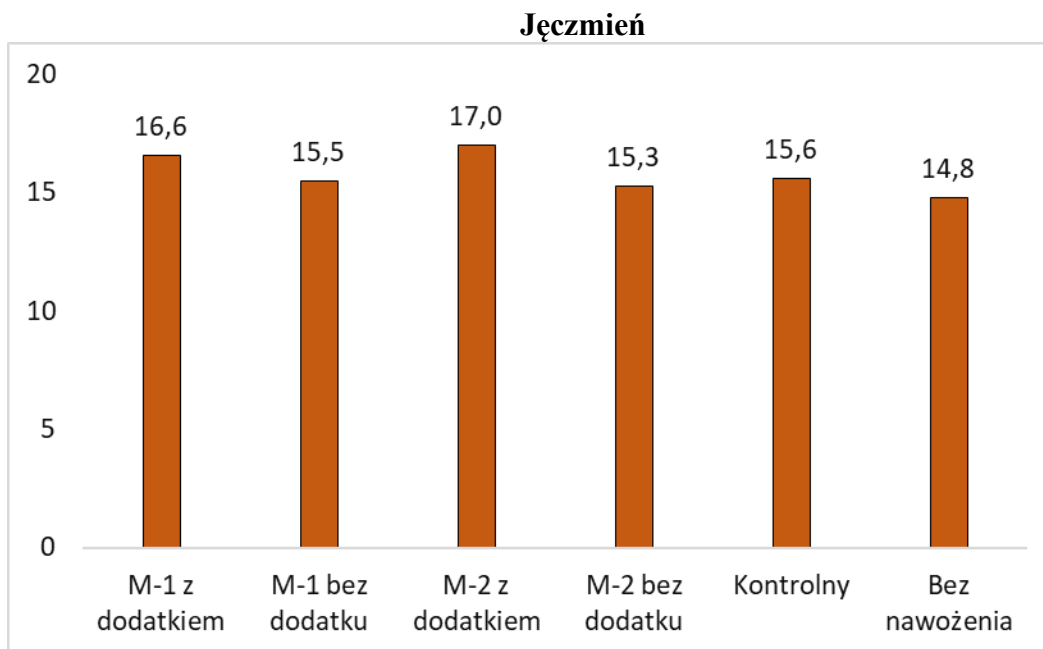
Rys. II.57. Liczebność mikroorganizmów celulolitycznych po zbiorze kalafiora (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



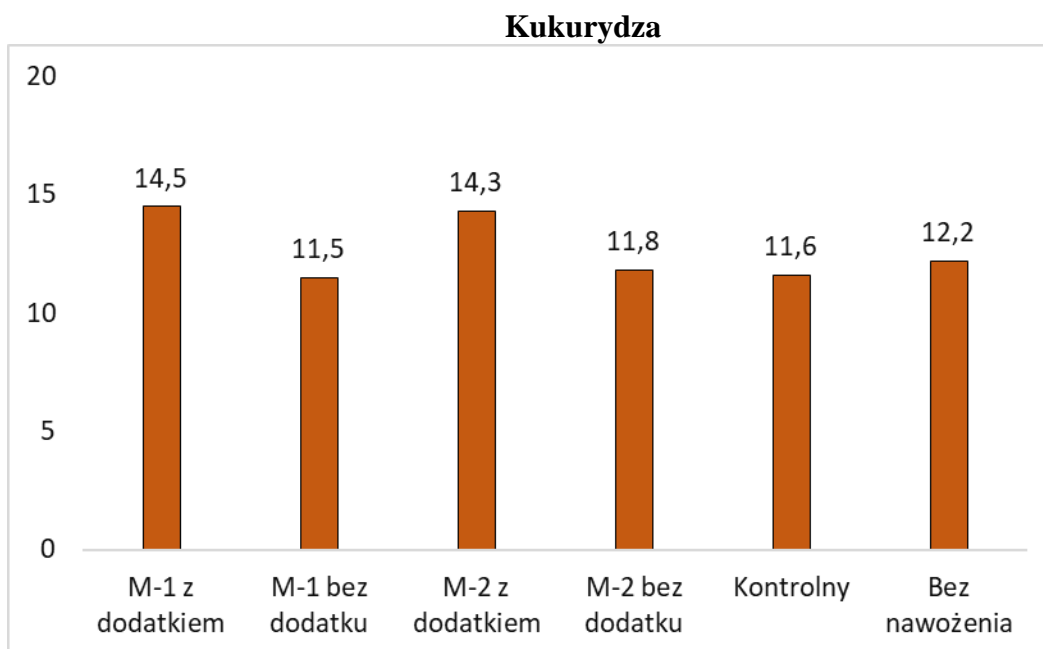
Rys. II.58. Liczebność mikroorganizmów celulolitycznych po zbiorze marchwi (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

Nawozy startowe z dodatkiem funkcjonalnym zwiększyły liczebność mikroorganizmów celulolitycznych w glebie w większym stopniu niż te same nawozy bez dodatku w uprawie roślin rolniczych i warzywnych (rys. II.50-58). W uprawie buraka cukrowego liczebność tych organizmów była zróżnicowana przez nawożenie startowe w niewielkim stopniu, a w uprawie kalafiora zależność większej liczebności mikroorganizmów celulolitycznych w efekcie stosowania nawozu z dodatkiem funkcjonalnym wystąpiła tylko w odniesieniu do nawozu Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2.

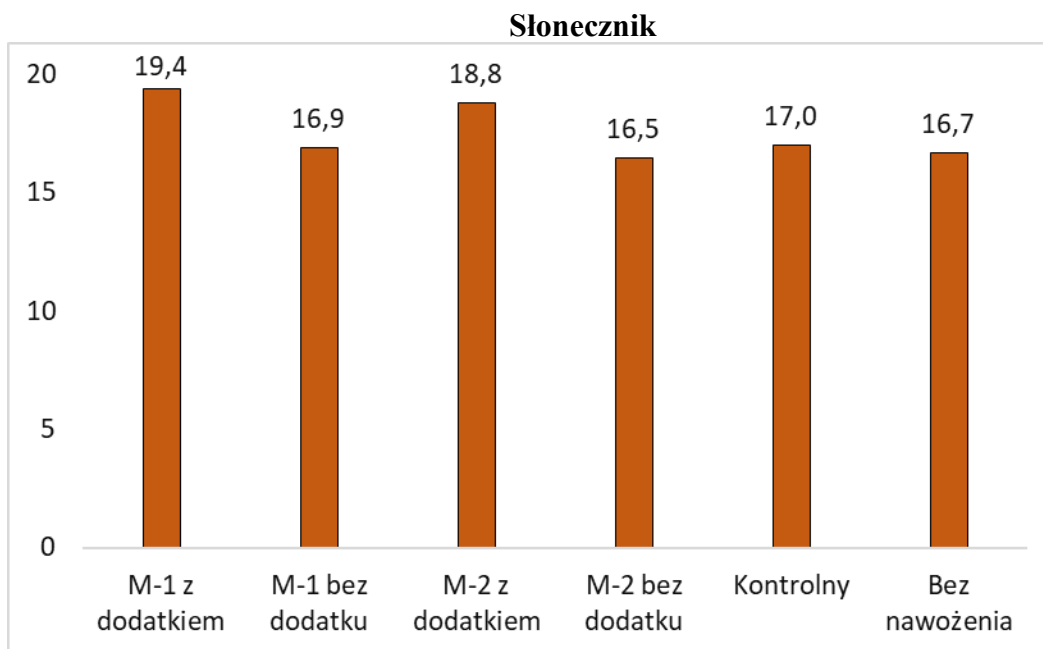
II.4.1.5. Mikroorganizmy amylolityczne



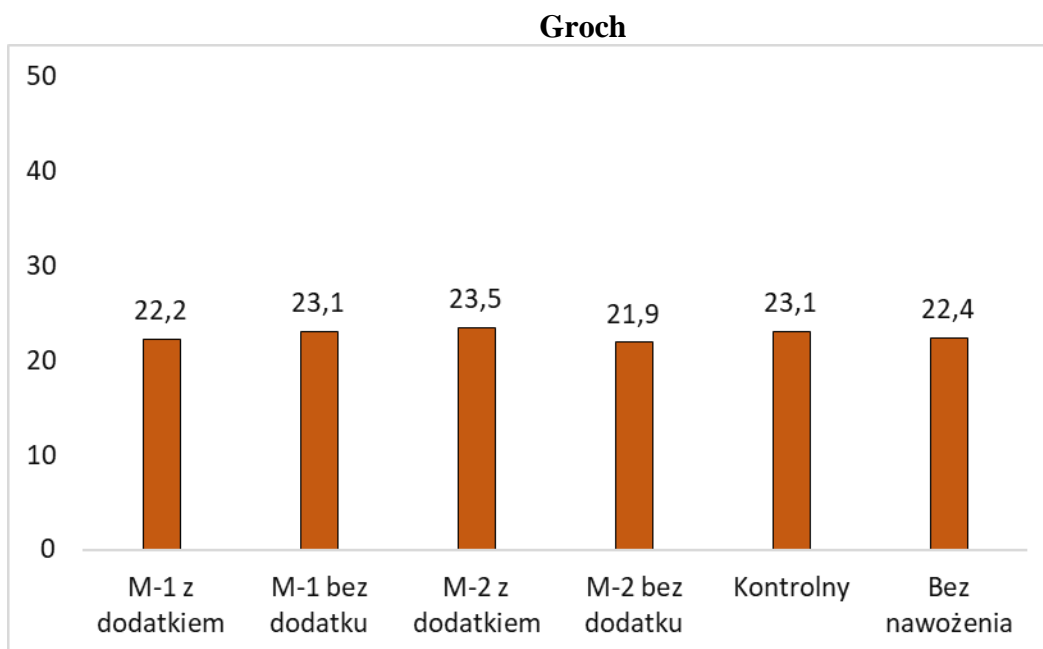
Rys. II.59. Liczebność mikroorganizmów amylolitycznych po zbiorze jęczmienia jarego (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



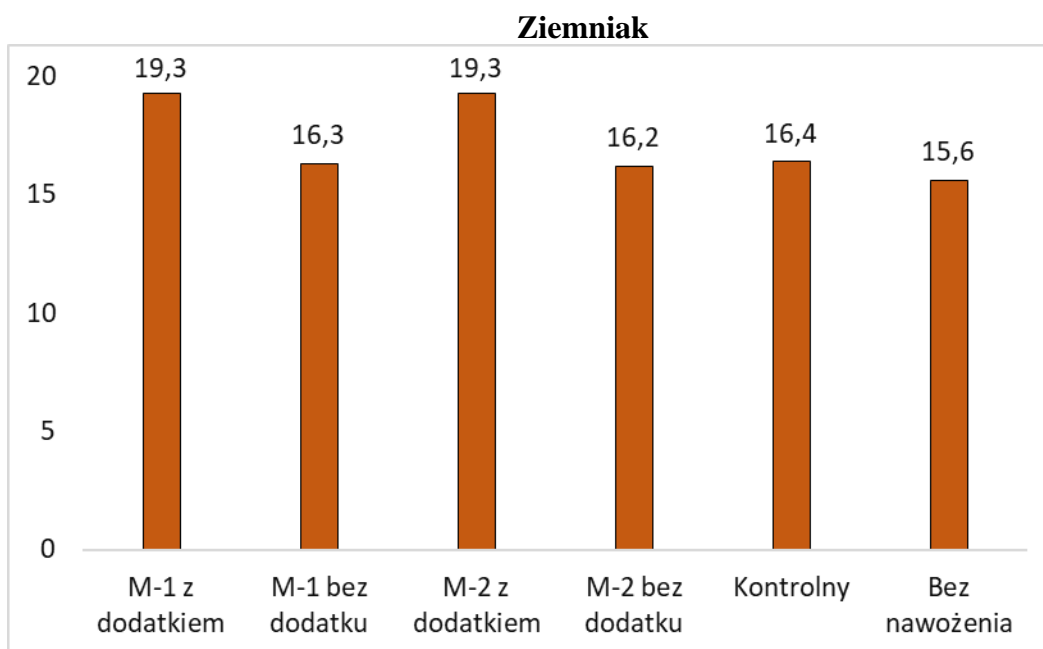
Rys. II.60. Liczebność mikroorganizmów amylolitycznych po zbiorze kukurydzy (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



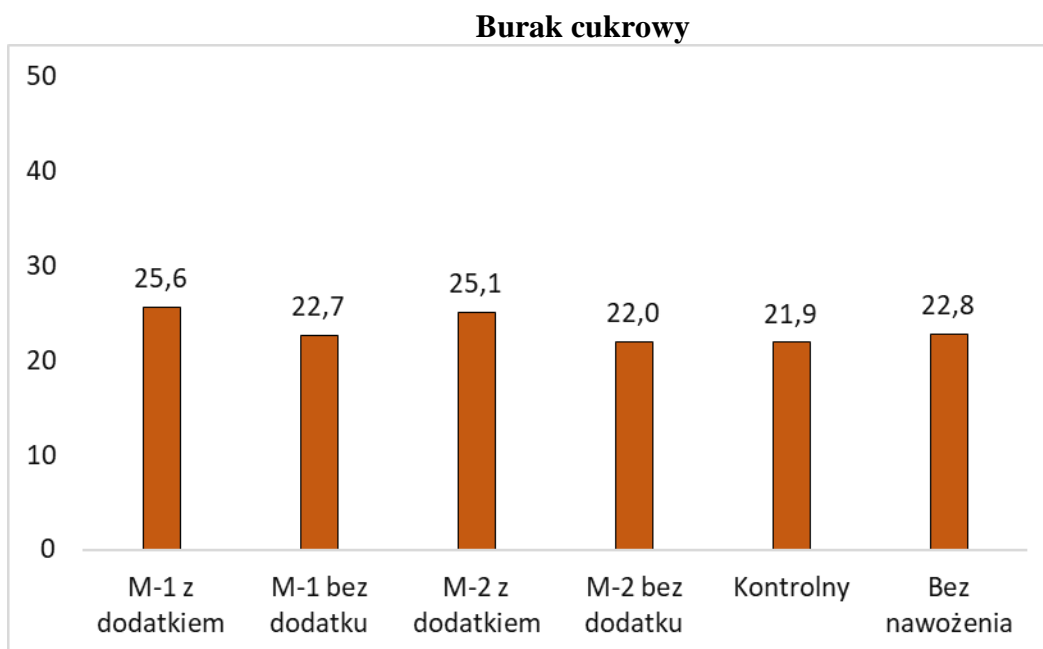
Rys. II.61. Liczebność mikroorganizmów amylolitycznych po zbiorze słonecznika (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



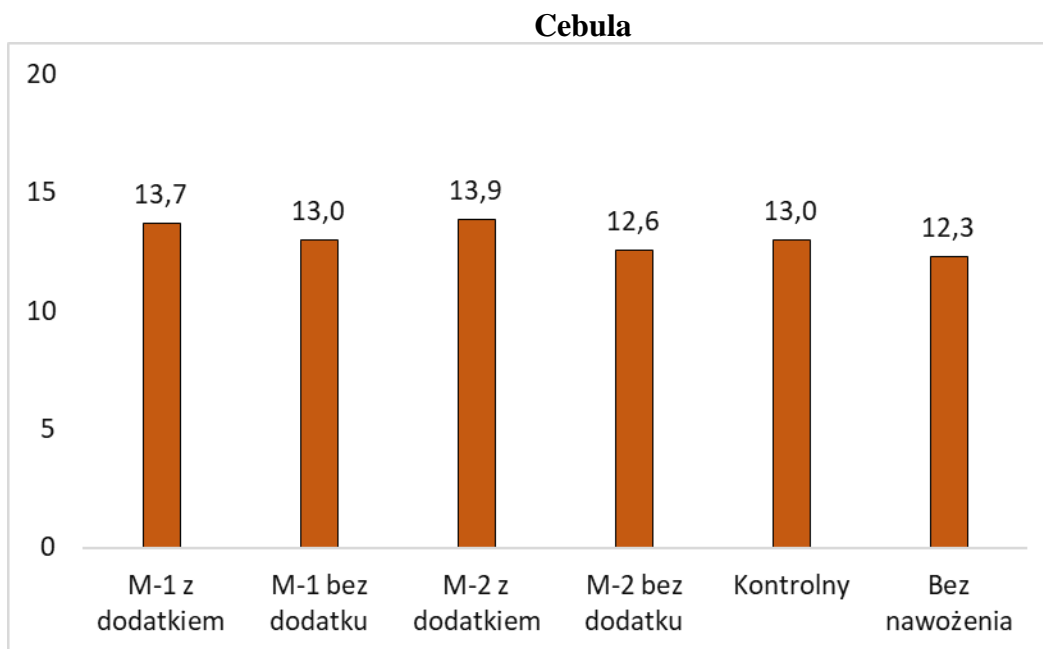
Rys. II.62. Liczebność mikroorganizmów amylolitycznych po zbiorze grochu (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



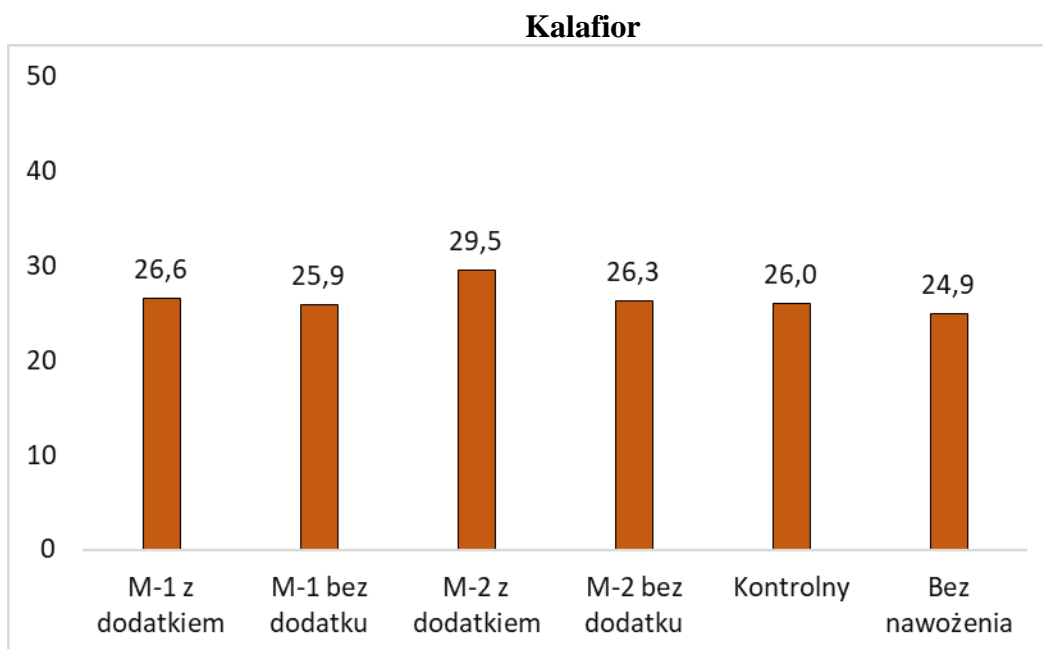
Rys. II.63. Liczebność mikroorganizmów amylolitycznych po zbiorze ziemniaka (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



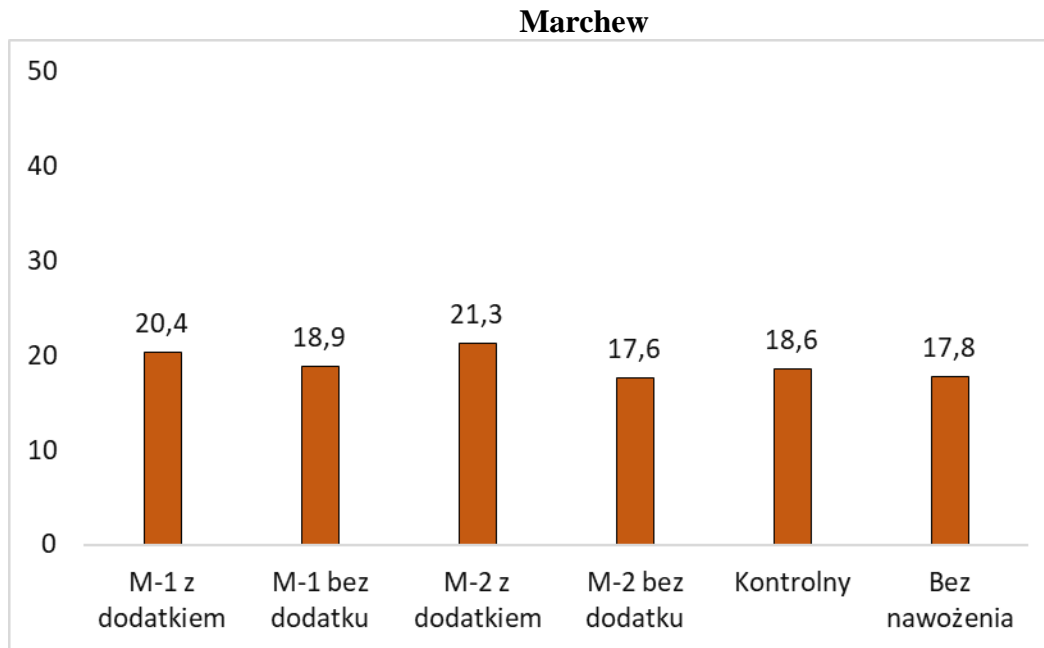
Rys. II.64. Liczebność mikroorganizmów amylolitycznych po zbiorze buraka (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.65. Liczebność mikroorganizmów amylolitycznych po zbiorze słonecznika (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



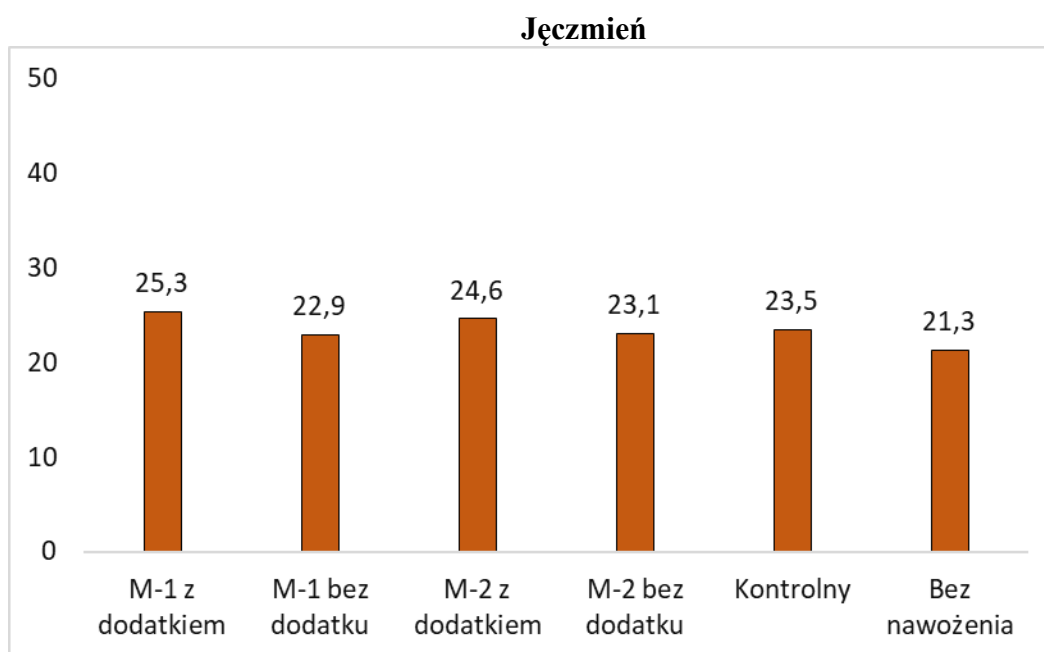
Rys. II.66. Liczebność mikroorganizmów amylolitycznych po zbiorze kalafiora (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



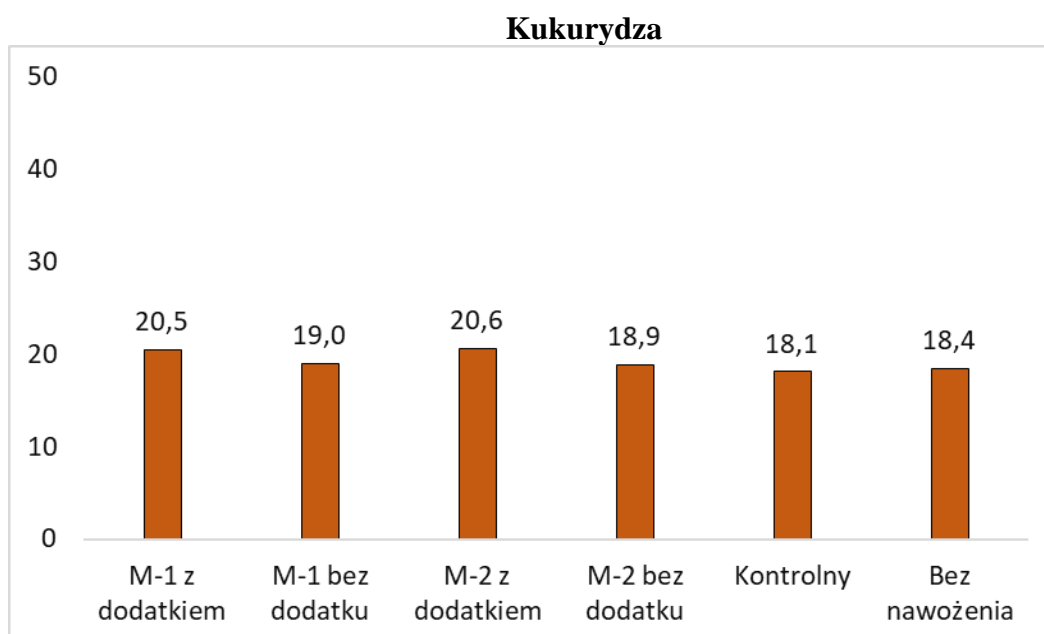
Rys. II.67. Liczebność mikroorganizmów amylolitycznych po zbiorze słonecznika (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

Liczebność organizmów amylolitycznych w glebie po uprawie roślin nawożonych nawozami projektowymi z dodatkami funkcjonalnymi była większa niż w efekcie stosowania nawozu kontrolnego i braku nawożenia (rys. II.59-67). Zróżnicowanie liczebności tych mikroorganizmów w glebie po uprawie grochu siewnego było bardzo małe, a korzystny wpływ dodatku funkcjonalnego zaznaczył się tylko po aplikacji nawozu startowego Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2.

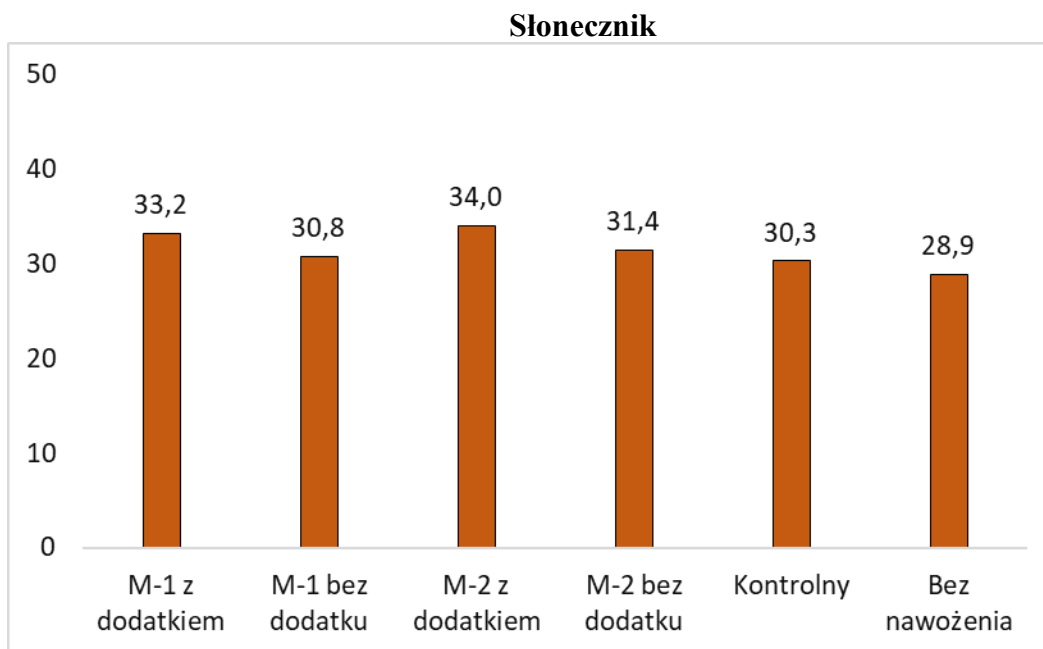
II.4.1.6. Mikroorganizmy proteolityczne



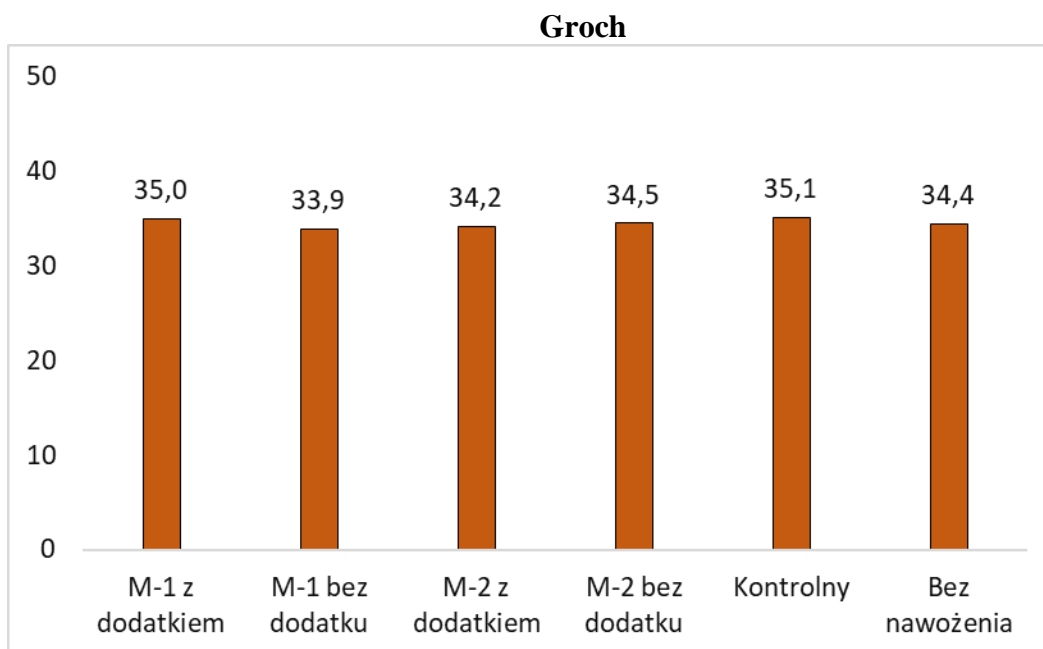
Rys. II.68. Liczebność mikroorganizmów proteolitycznych po zbiorze jęczmienia jarego (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



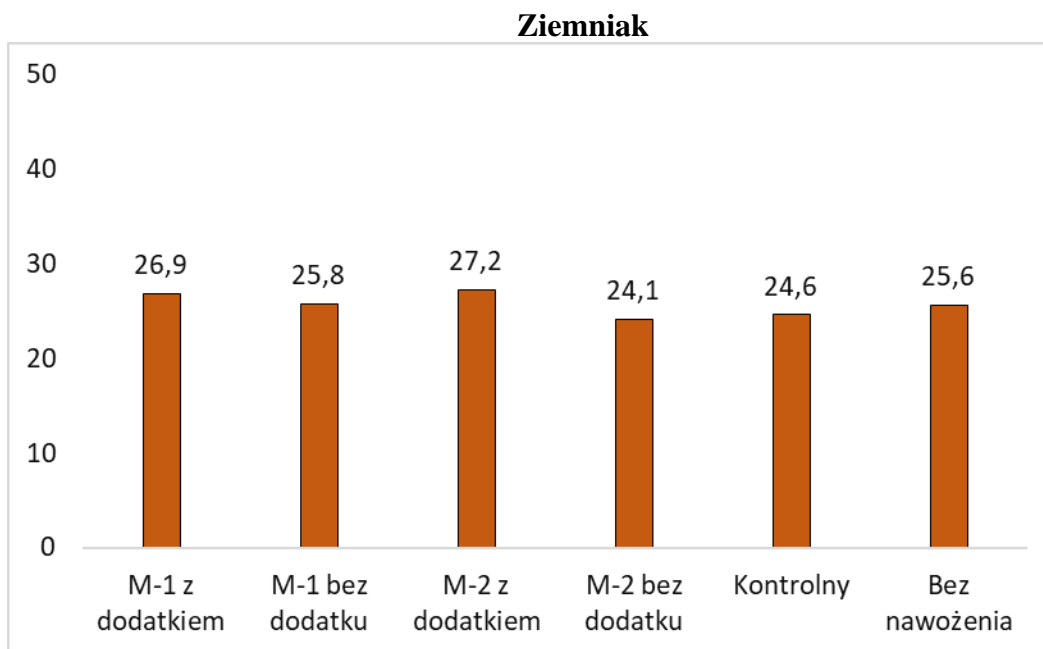
Rys. II.69. Liczebność mikroorganizmów proteolitycznych po zbiorze kukurydzy (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



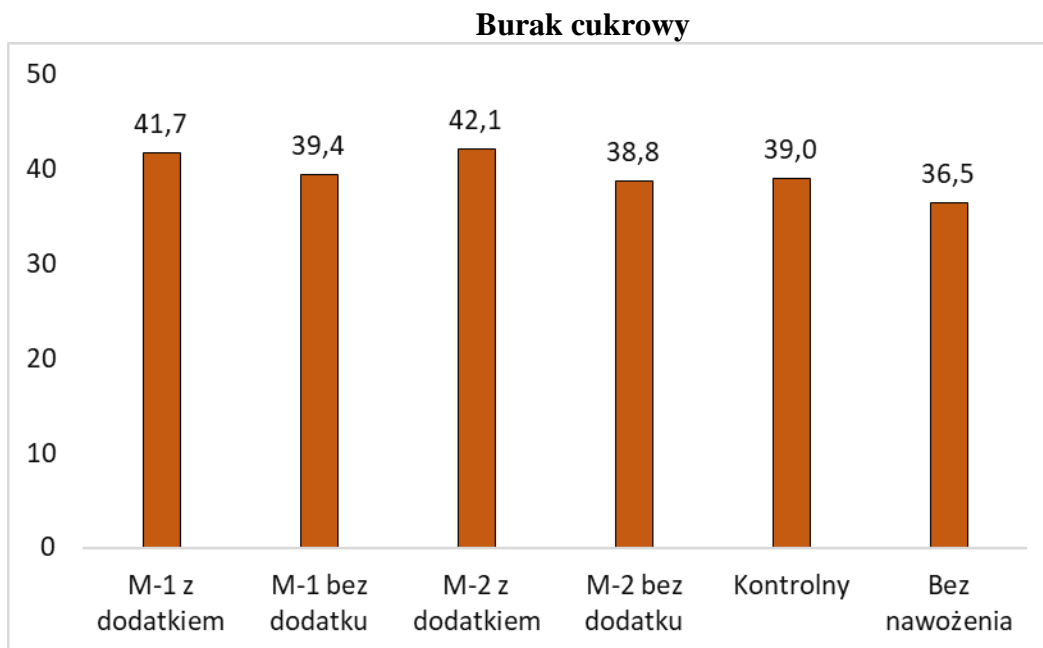
Rys. II.70. Liczebność mikroorganizmów proteolitycznych po zbiorze słonecznika (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



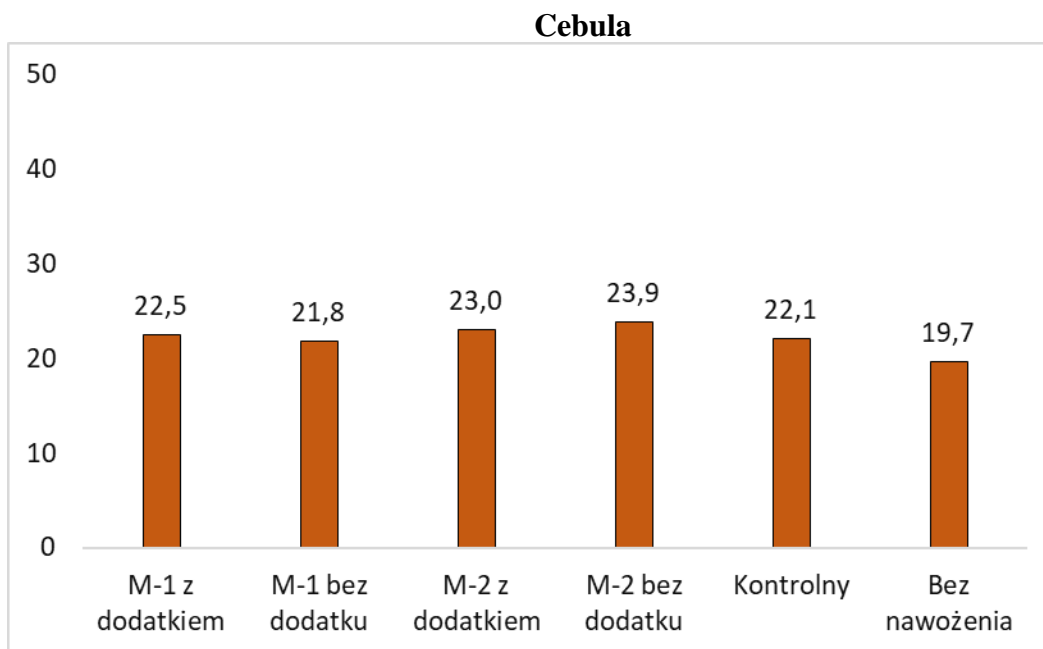
Rys. II.71. Liczebność mikroorganizmów proteolitycznych po zbiorze grochu (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



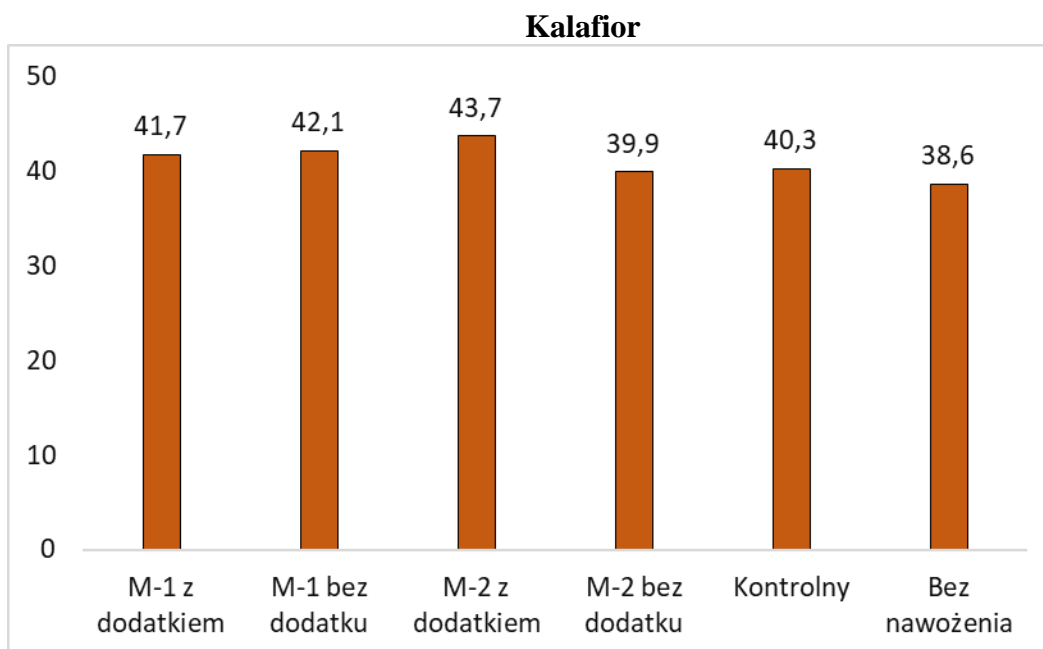
Rys. II.72. Liczebność mikroorganizmów proteolitycznych po zbiorze ziemniaka (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



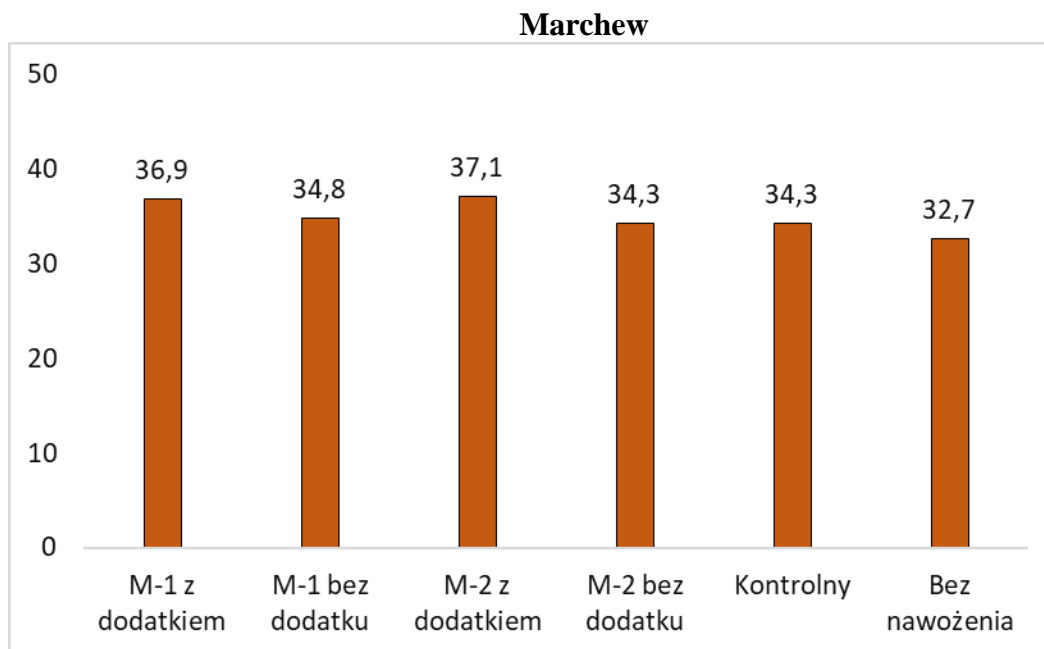
Rys. II.73. Liczebność mikroorganizmów proteolitycznych po zbiorze buraka (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.74. Liczebność mikroorganizmów proteolitycznych po zbiorze cebuli (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.75. Liczebność mikroorganizmów proteolitycznych po zbiorze kalafiora (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

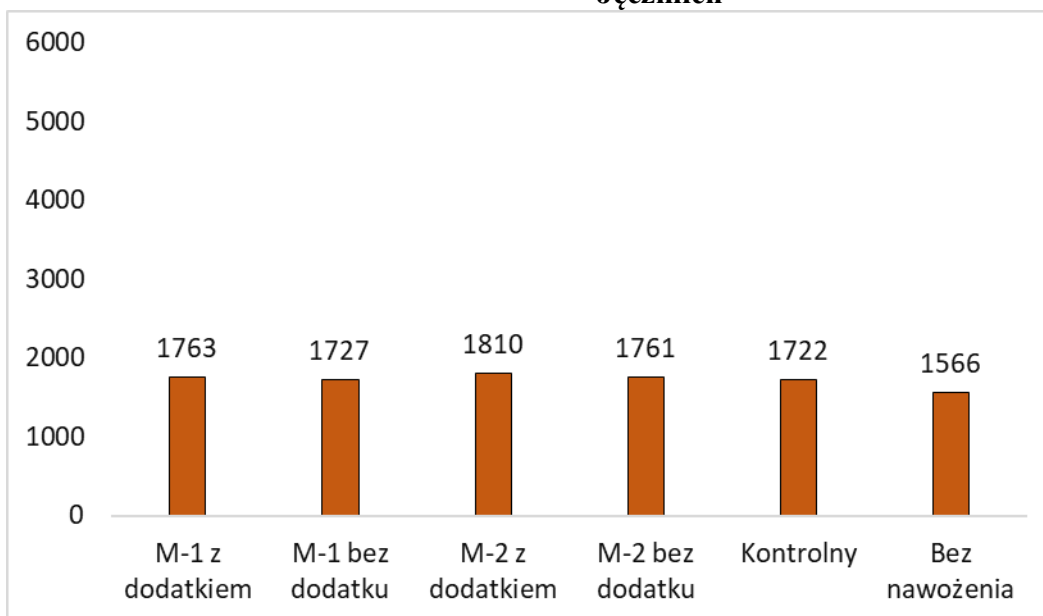


Rys. II.76. Liczebność mikroorganizmów proteolitycznych po zbiorze marchwi (jtk x 10⁵ g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

Korzystny wpływ dodatków funkcjonalnych do obu zaprojektowanych nawozów startowych na występowanie mikroorganizmów proteolitycznych w glebie stwierdzono w uprawie: jęczmienia jarego, kukurydzy, słonecznika, ziemniaka, buraka cukrowego i marchwi (rys. II.68-76). W uprawie cebuli i grochu takie oddziaływanie wykazywał tylko nawóz startowy Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, a w uprawie kalafiora nawóz Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2.

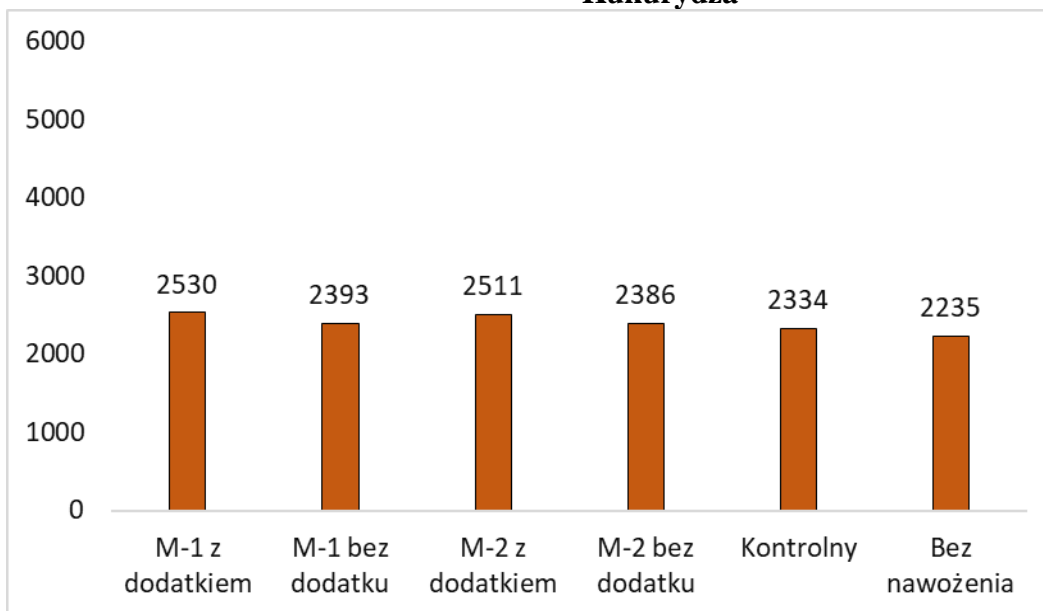
II.4.1.7. Biomasa żywych mikroorganizmów

Jęczmień

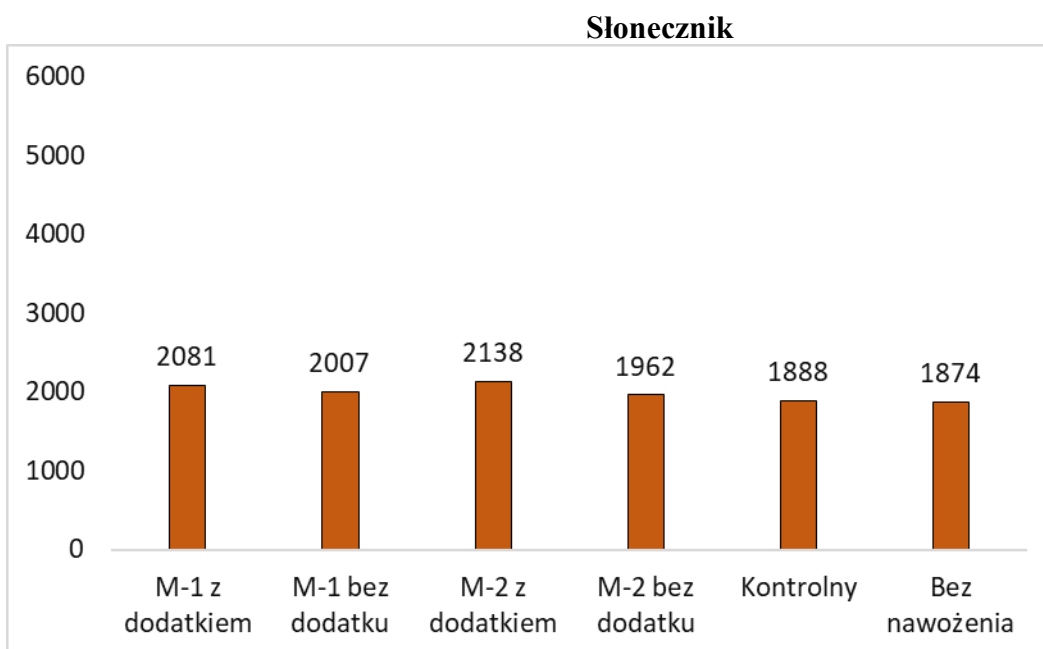


Rys. II.77. Biomasa żywych mikroorganizmów po zbiorze jęczmienia jarego (mg C 100 g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

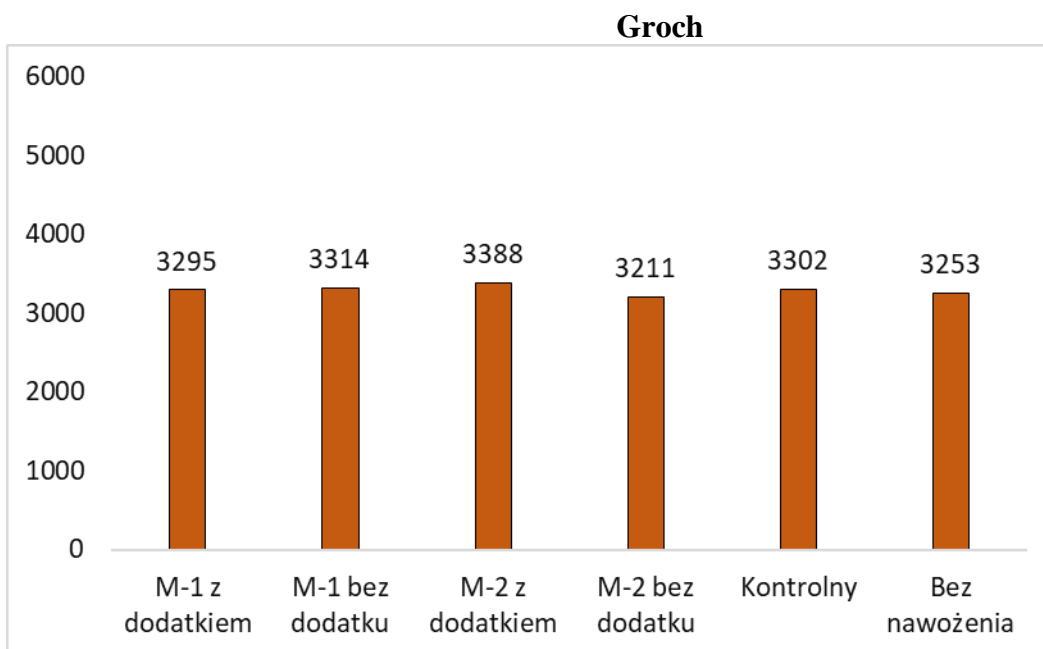
Kukurydza



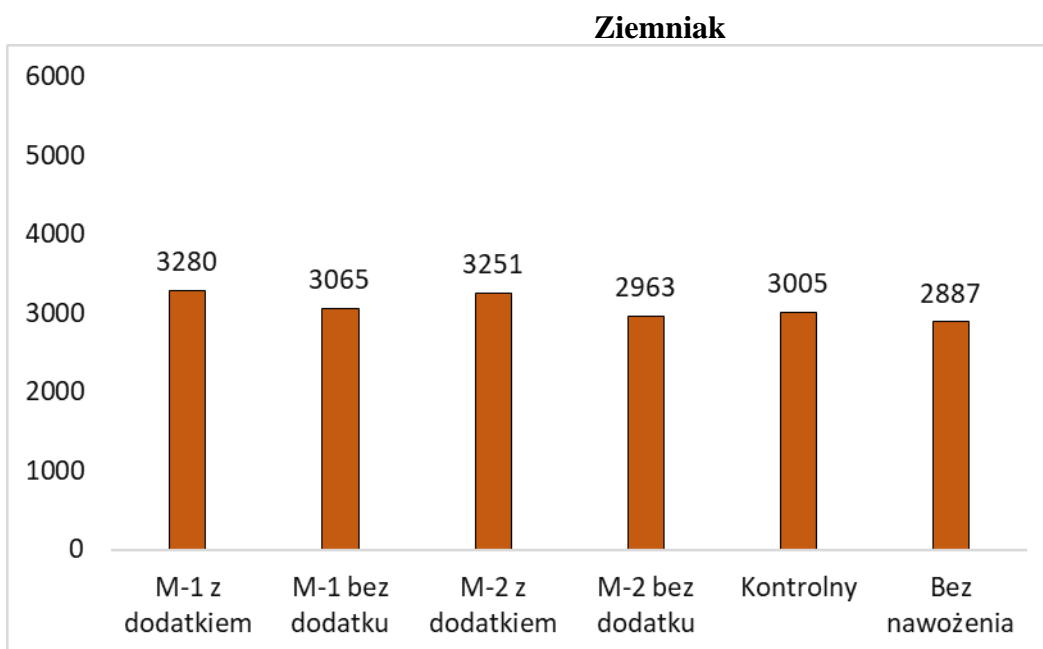
Rys. II.78. Biomasa żywych mikroorganizmów po zbiorze kukurydzy (mg C 100 g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



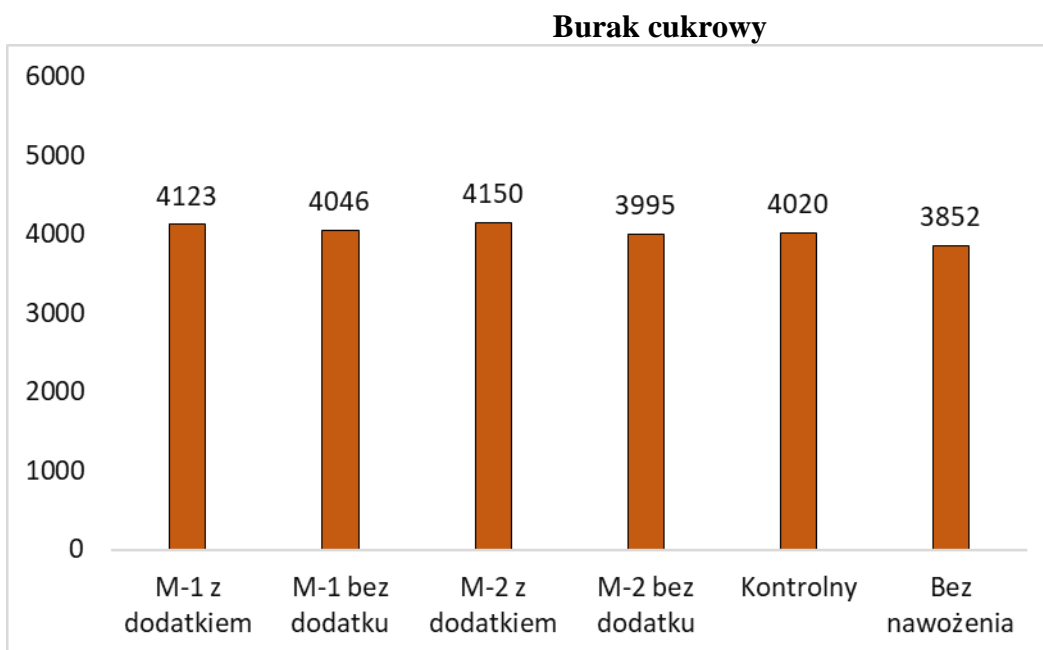
Rys. II.79. Biomasa żywych mikroorganizmów po zbiorze słonecznika (mg C 100 g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



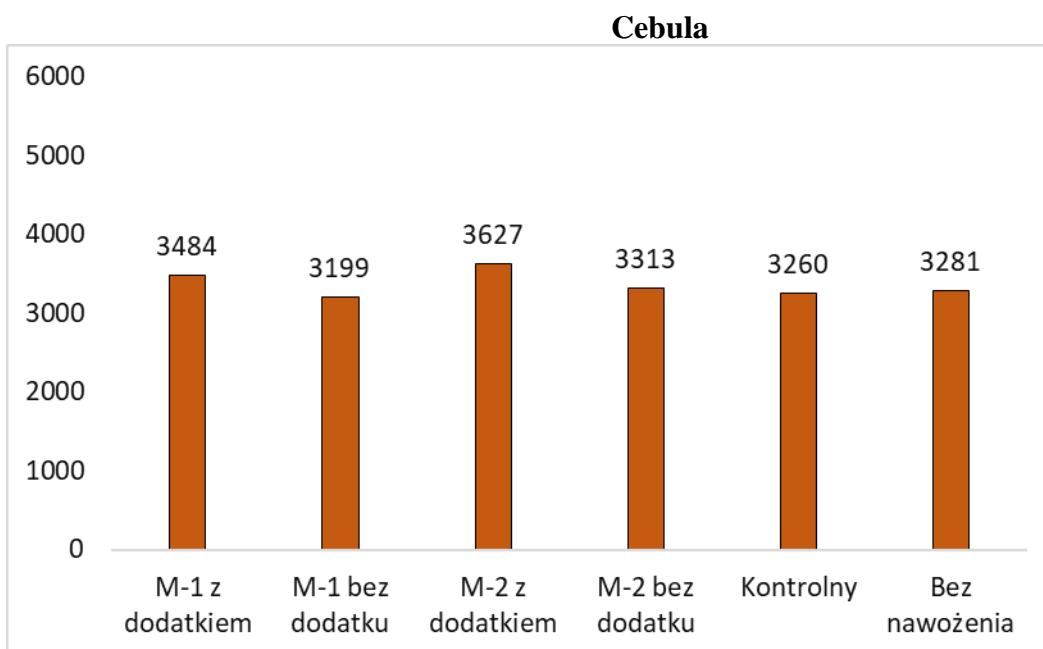
Rys. II.80. Biomasa żywych mikroorganizmów po zbiorze grochu (mg C 100 g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



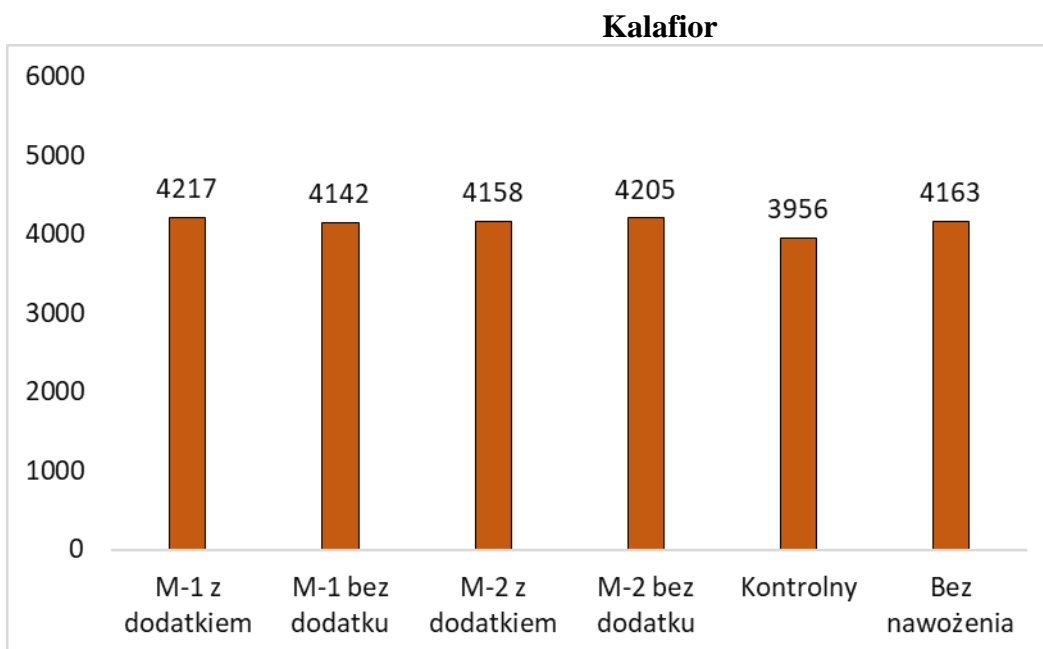
Rys. II.81. Biomasa żywych mikroorganizmów po zbiorze ziemniaka (mg C 100 g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



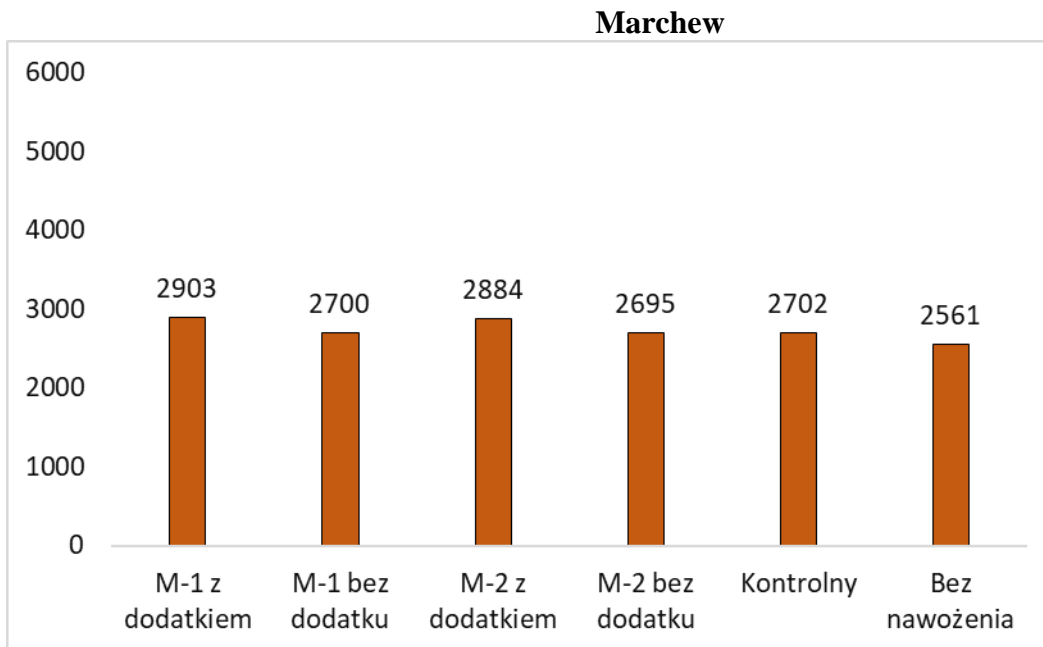
Rys. II.82. Biomasa żywych mikroorganizmów po zbiorze buraka (mg C 100 g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.83. Biomasa żywych mikroorganizmów po zbiorze cebuli (mg C 100 g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.84. Biomasa żywych mikroorganizmów po zbiorze kalafiora (mg C 100 g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

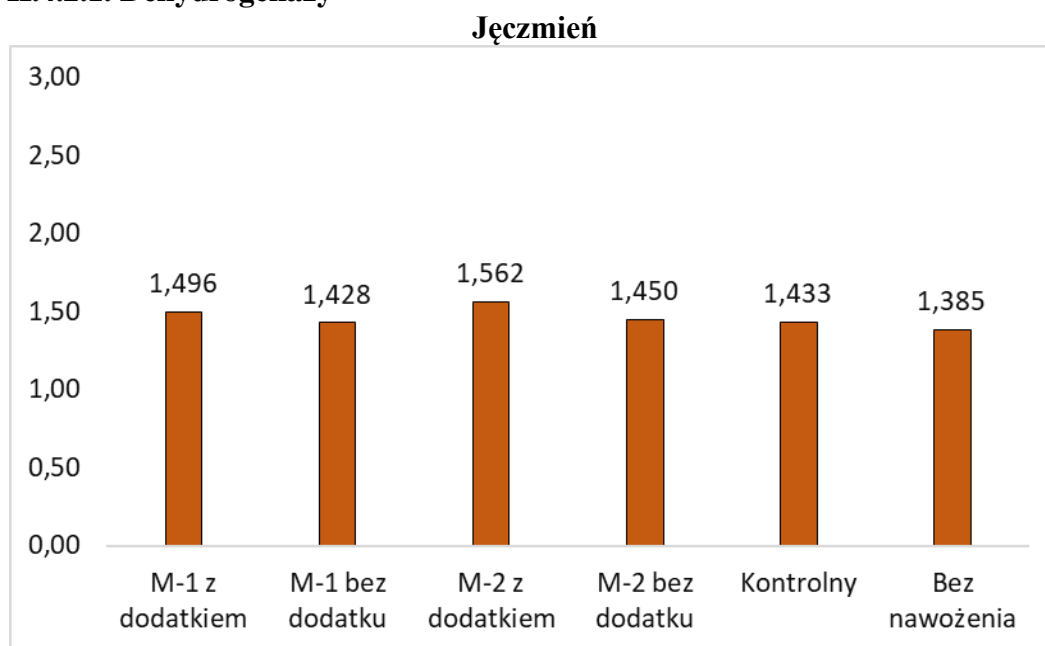


Rys. II.85. Biomasa żywych mikroorganizmów po zbiorze marchwi (mg C 100 g⁻¹ s.m. gleby) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

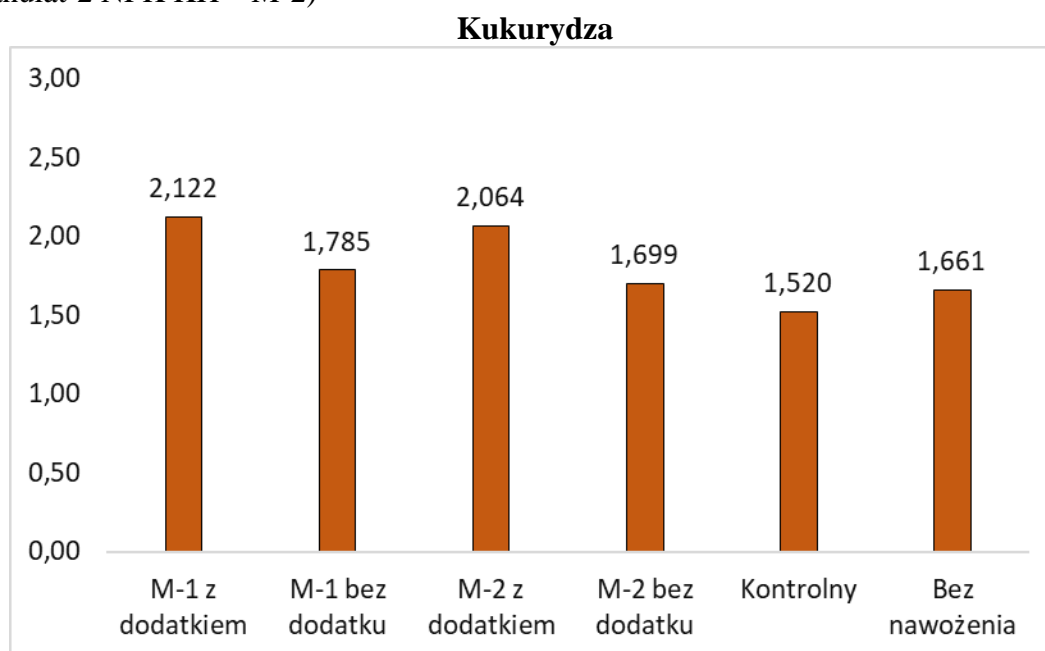
Nawozy startowe z dodatkami funkcjonalnymi zwiększyły biomasę żywych mikroorganizmów w glebie w porównaniu z glebą nawożoną zarówno nawozem kontrolnym, jak i glebą nienawożoną. W uprawie grochu takie oddziaływanie wykazywał tylko nawóz Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2, a w uprawie kalafiora nawóz Mikrogranulat-1 NP KH – M-1 (rys. II.77-85).

II.4.2. Analiza enzymatyczna gleby

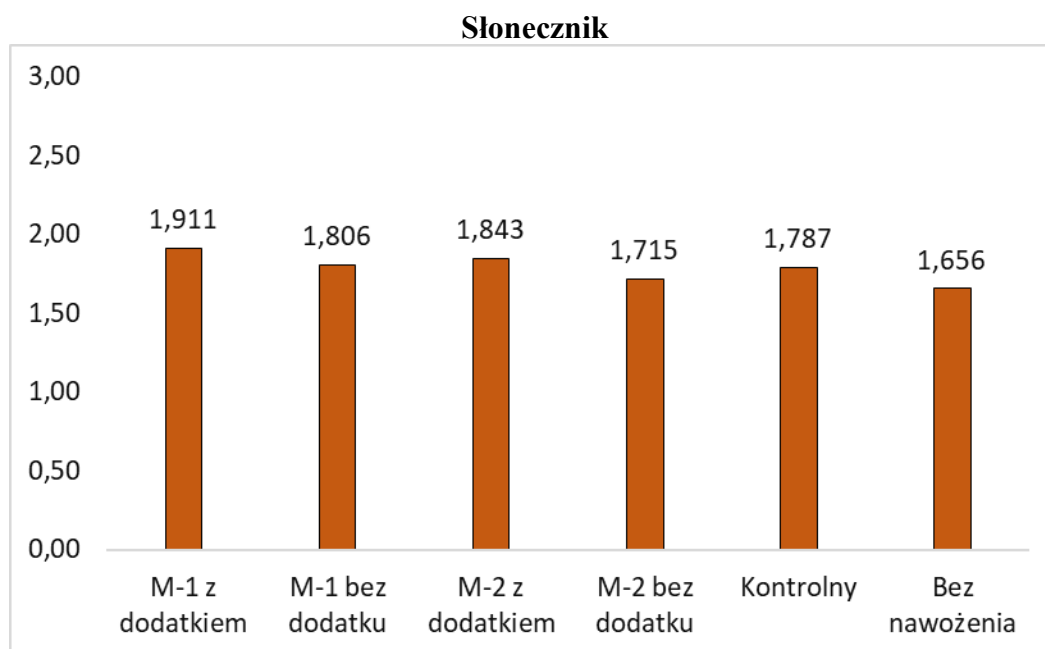
II.4.2.1. Dehydrogenazy



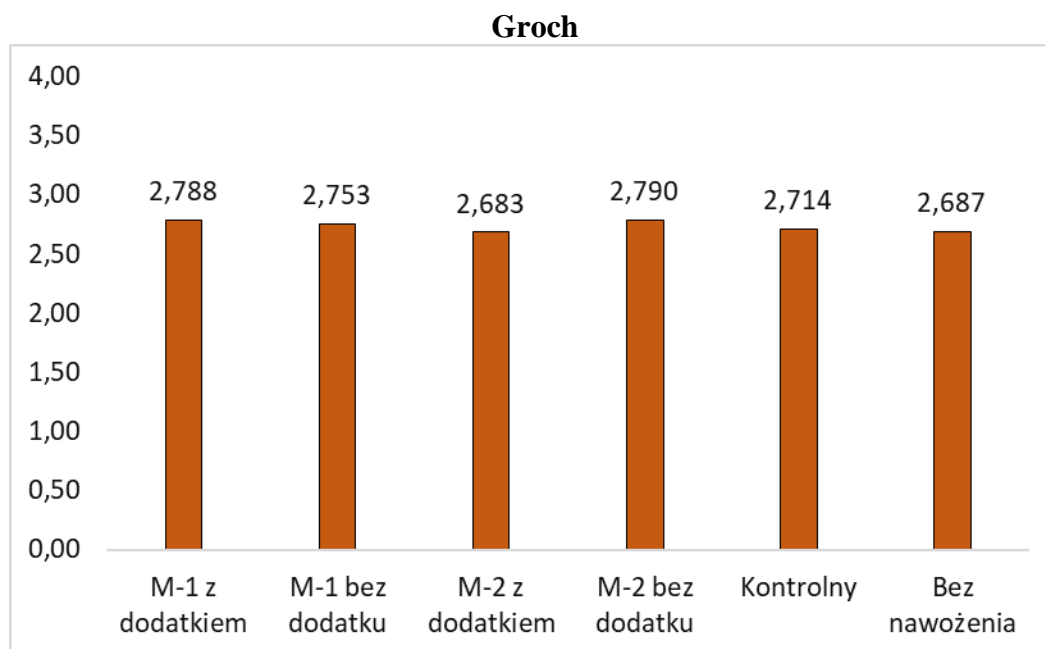
Rys. II.86. Aktywność dehydrogenaz (mg TPF kg⁻¹ 24 h⁻¹) po zbiorze jęczmienia pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



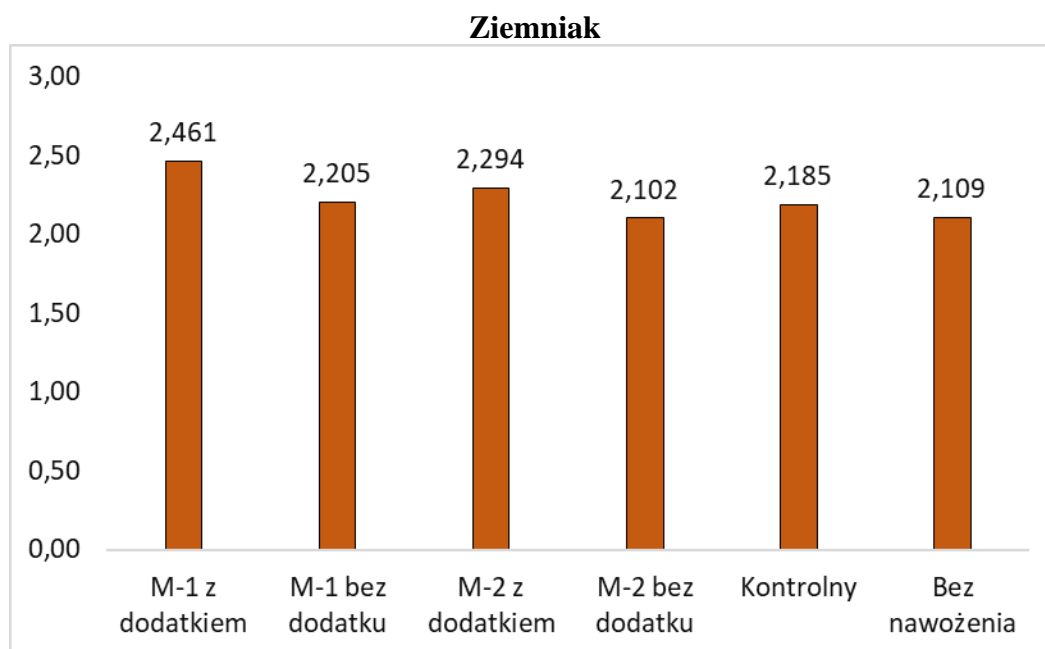
Rys. II.87. Aktywność dehydrogenaz (mg TPF kg⁻¹ 24 h⁻¹) po zbiorze kukurydzy pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



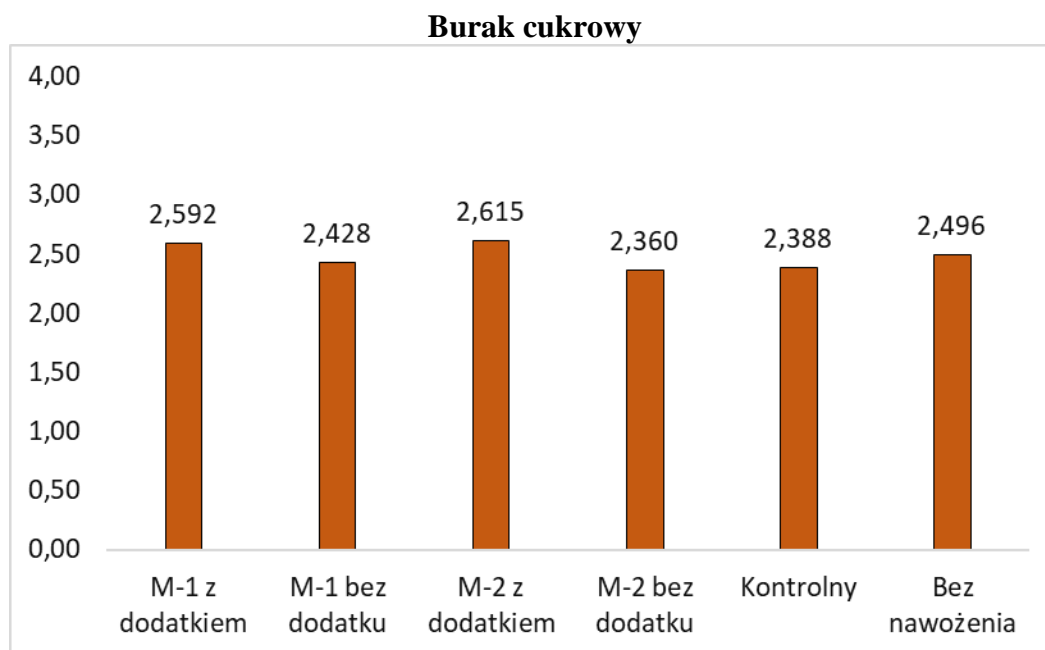
Rys. II.88. Aktywność dehydrogenaz (mg TPF kg⁻¹ 24 h⁻¹) po zbiorze słonecznika pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



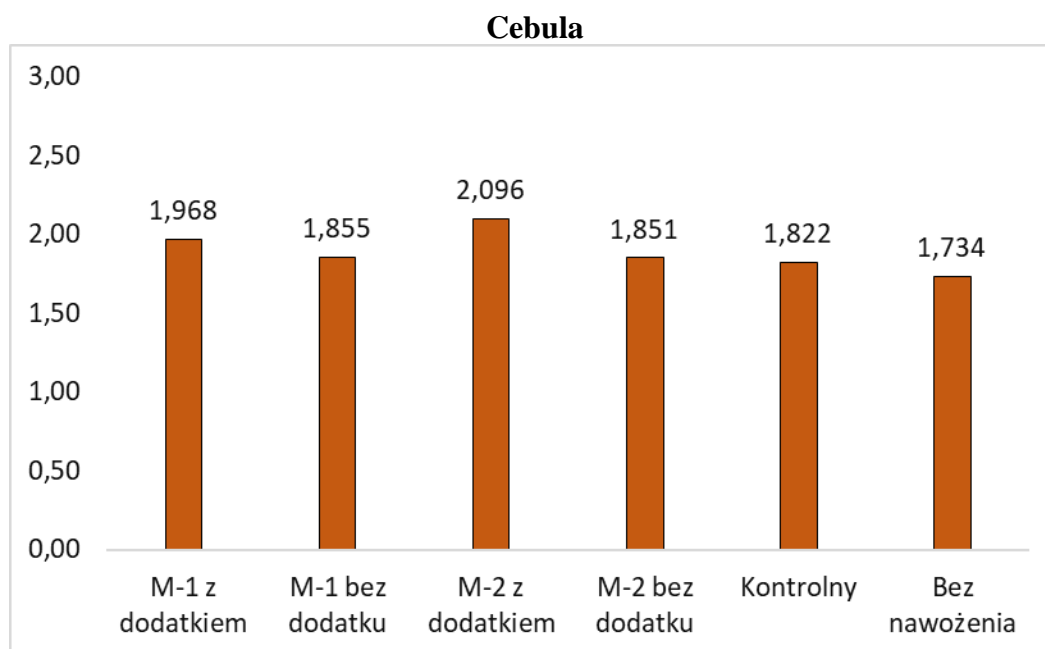
Rys. II.89. Aktywność dehydrogenaz (mg TPF kg⁻¹ 24 h⁻¹) po zbiorze grochu pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



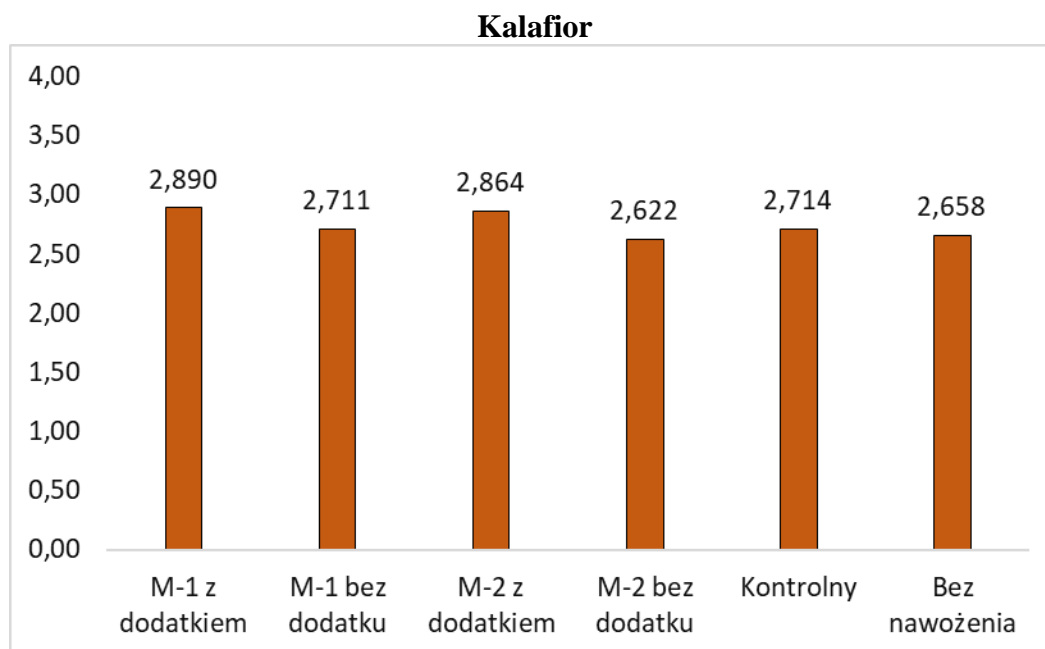
Rys. II.90. Aktywność dehydrogenaz (mg TPF kg⁻¹ 24 h⁻¹) po zbiorze ziemniaka pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



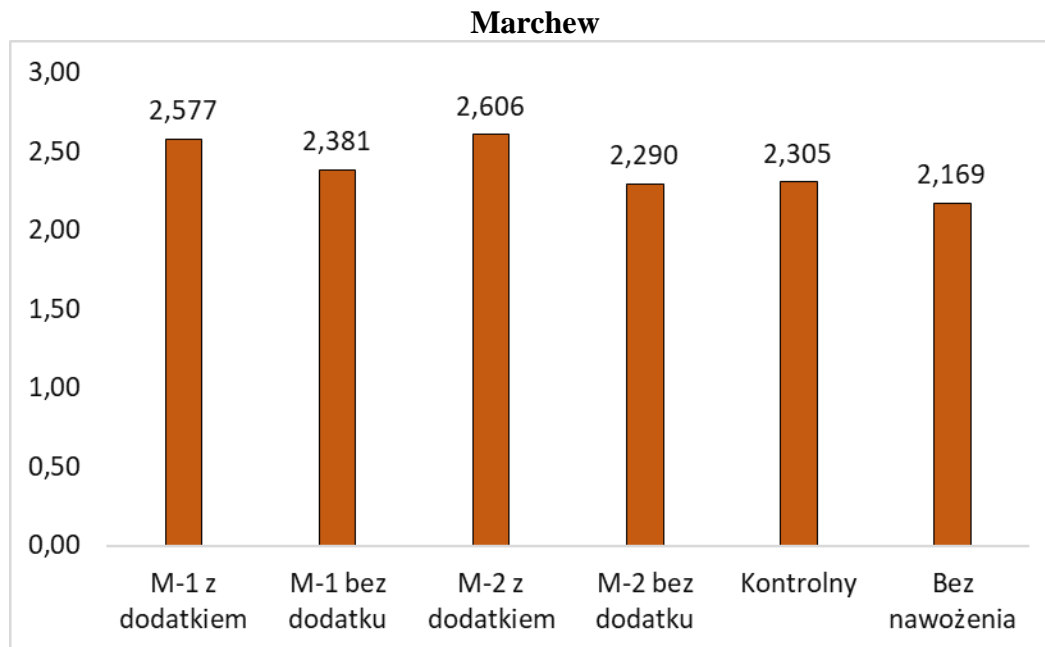
Rys. II.91. Aktywność dehydrogenaz (mg TPF kg⁻¹ 24 h⁻¹) po zbiorze buraka pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.92. Aktywność dehydrogenaz (mg TPF kg⁻¹ 24 h⁻¹) po zbiorze cebuli pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

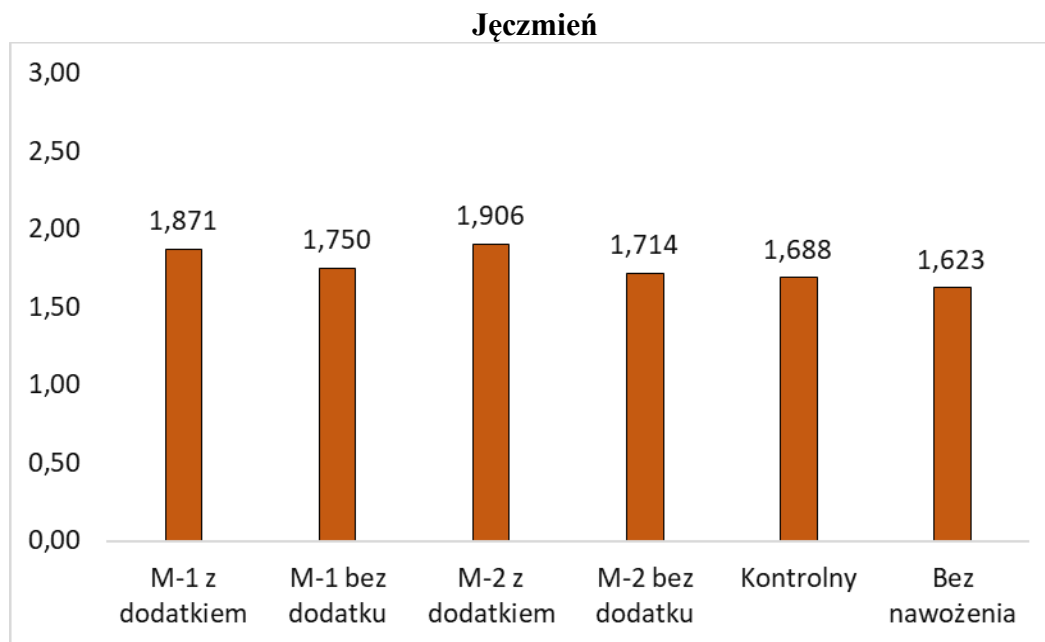


Rys. II.93. Aktywność dehydrogenaz (mg TPF kg⁻¹ 24 h⁻¹) po zbiorze kalafiora pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

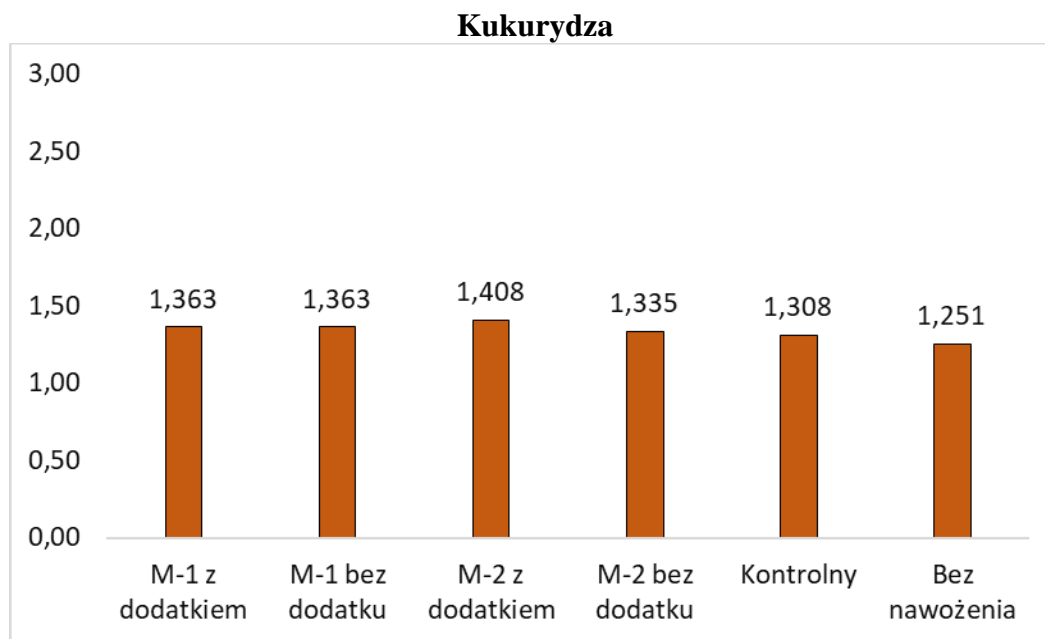


Rys. II.94. Aktywność dehydrogenaz (mg TPF kg⁻¹ 24 h⁻¹) po zbiorze marchwi pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

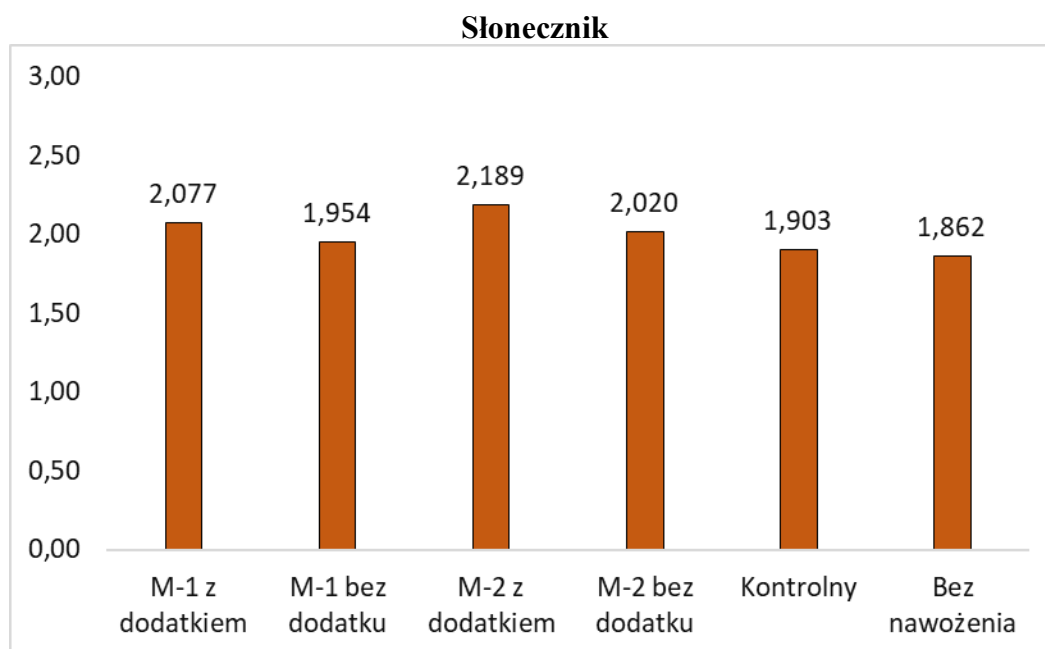
II.4.2.2. Fosfataza alkaliczna



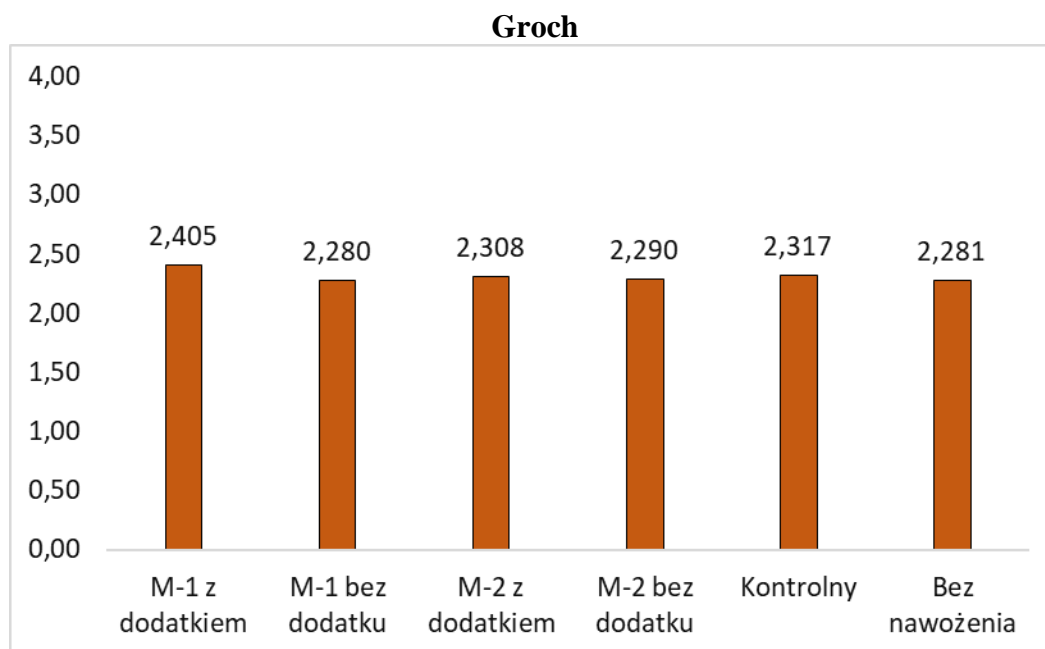
Rys. II.95. Aktywność fosfatazy alkalicznej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze jęczmienia pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



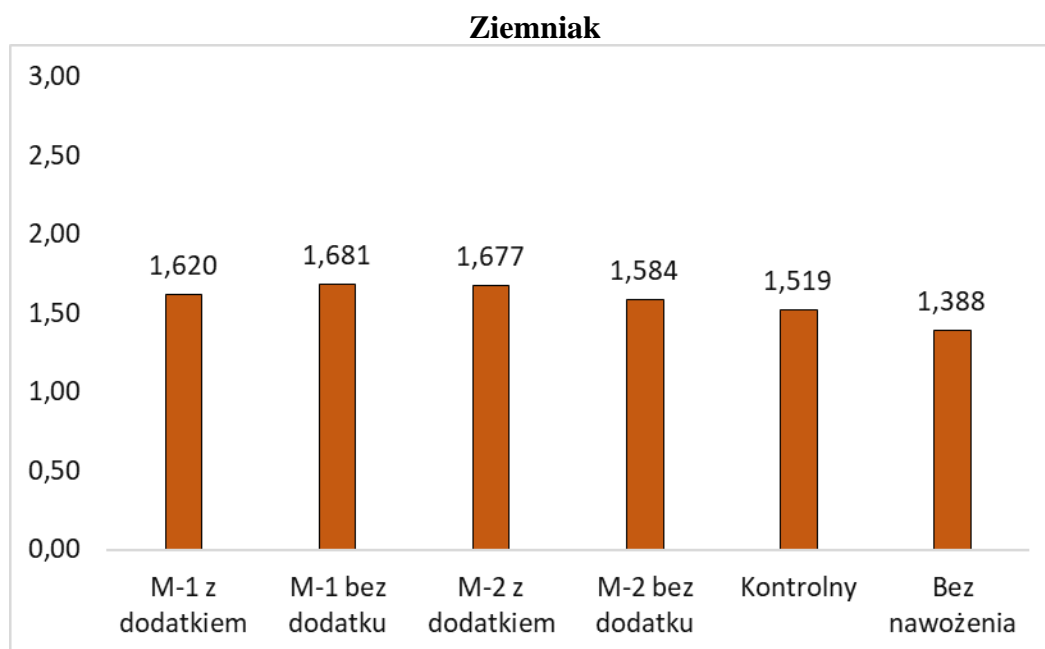
Rys. II.96. Aktywność fosfatazy alkalicznej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze kukurydzy pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



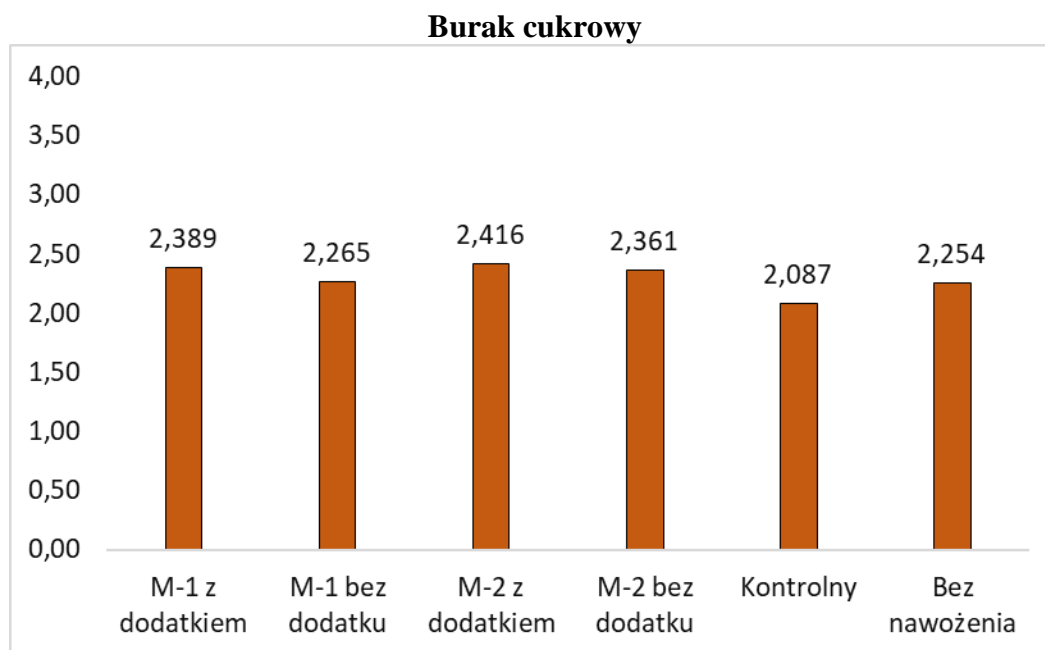
Rys. II.97. Aktywność fosfatazy alkalicznej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze słonecznika pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



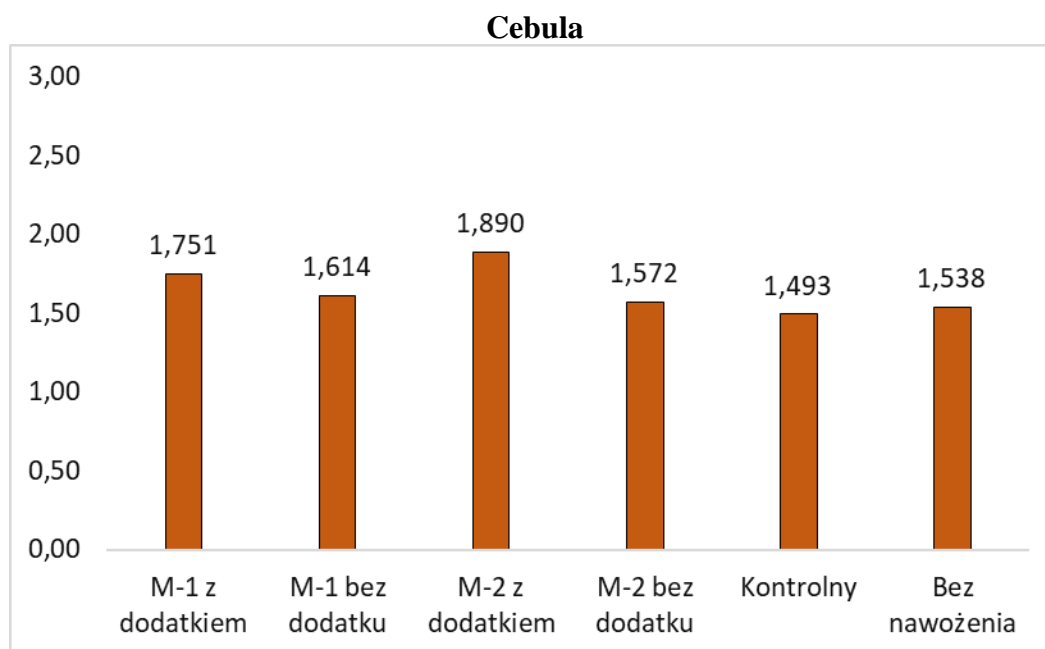
Rys. II.98. Aktywność fosfatazy alkalicznej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze grochu pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



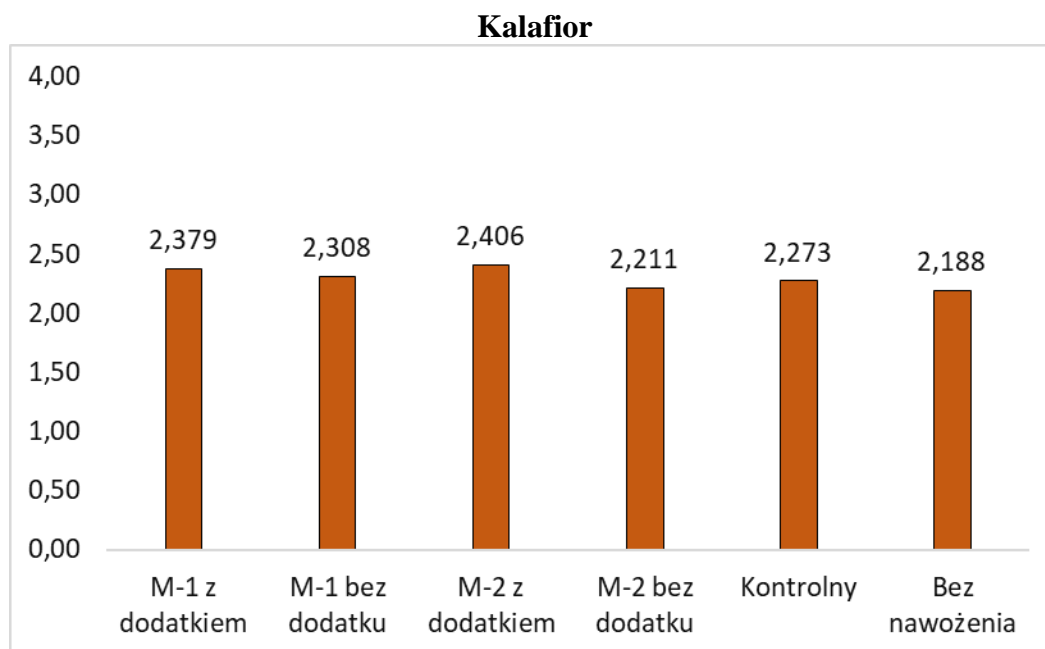
Rys. II.99. Aktywność fosfatazy alkalicznej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze ziemniaka pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



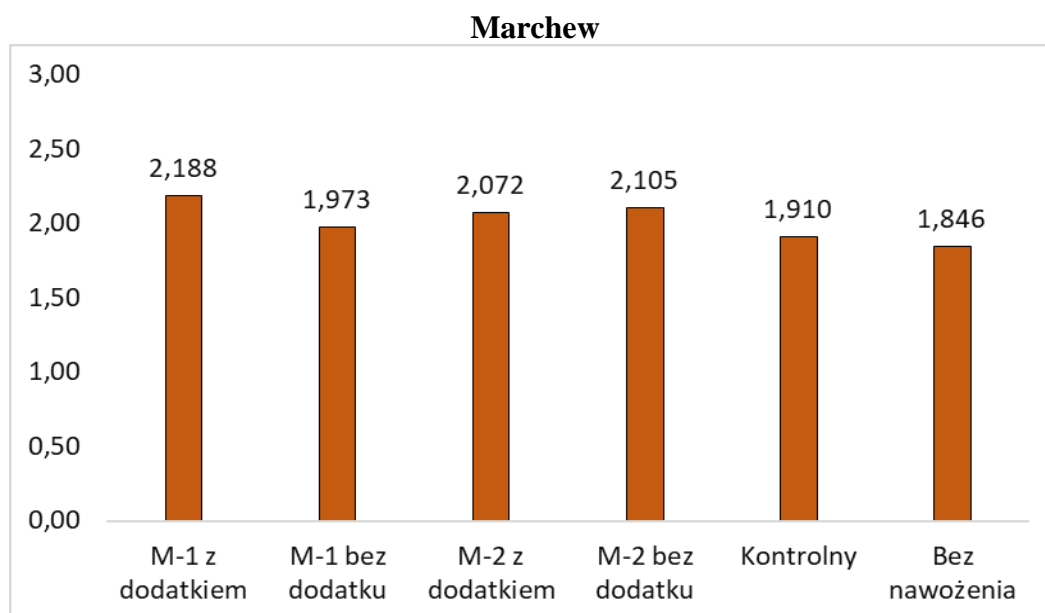
Rys. II.100. Aktywność fosfatazy alkalicznej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze buraka pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.101. Aktywność fosfatazy alkalicznej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze cebuli pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

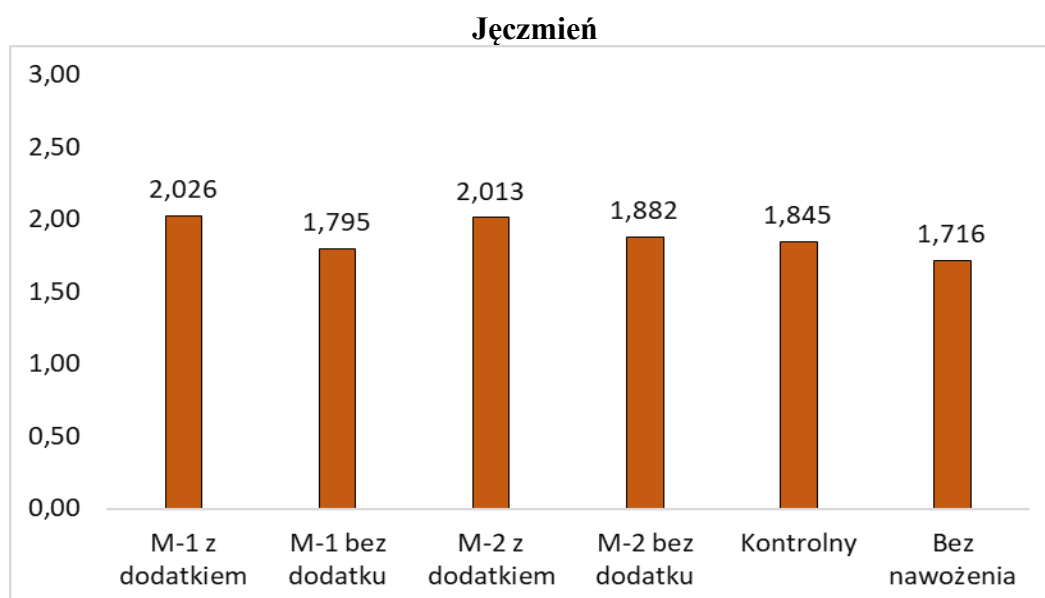


Rys. II.102. Aktywność fosfatazy alkalicznej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze kalafiora pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

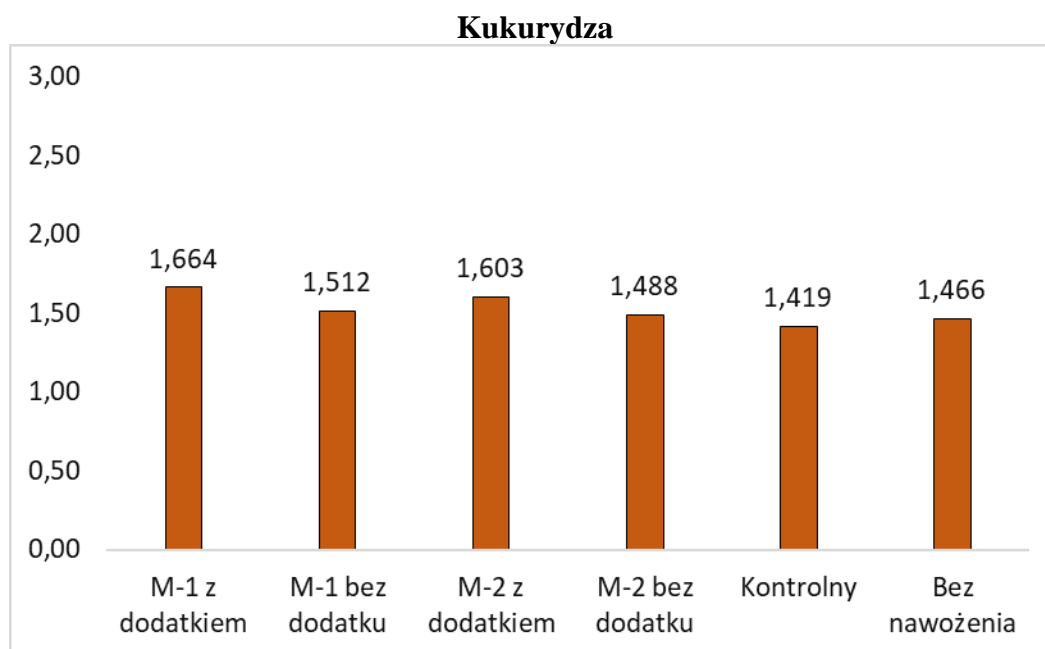


Rys. II.103. Aktywność fosfatazy alkalicznej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze marchwi pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

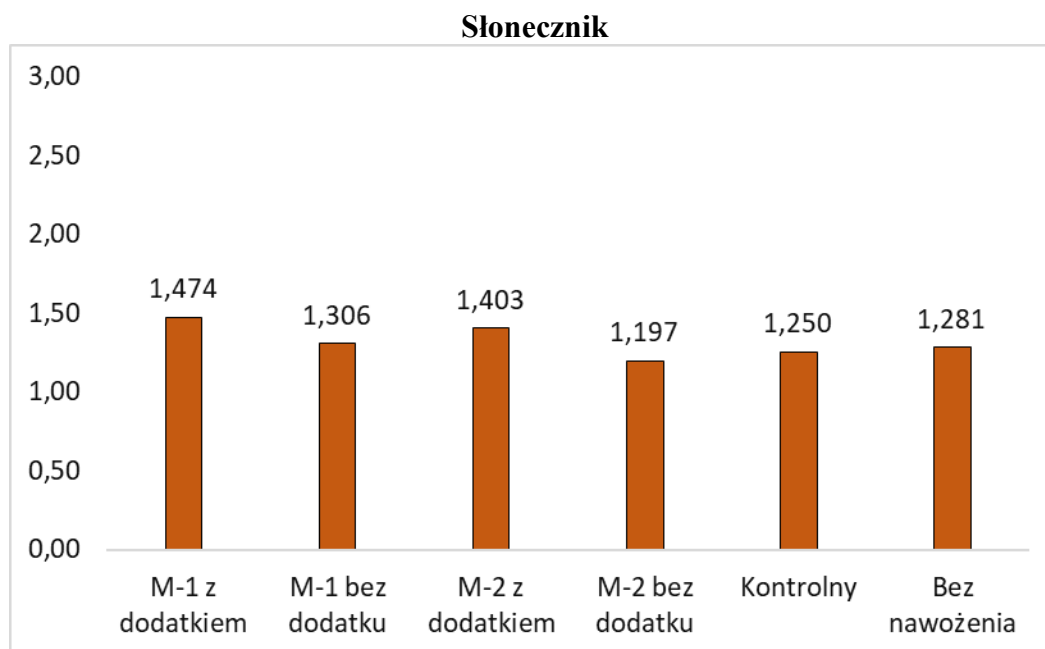
II.4.2.3. Fosfataza kwaśna



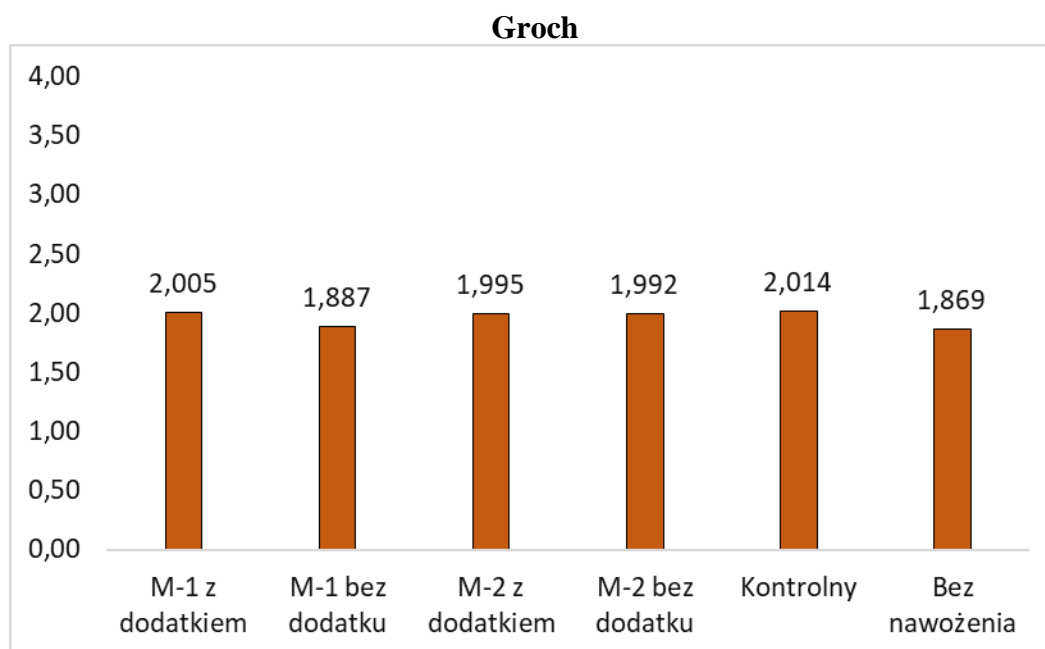
Rys. II.104. Aktywność fosfatazy kwaśnej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze jęczmienia pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



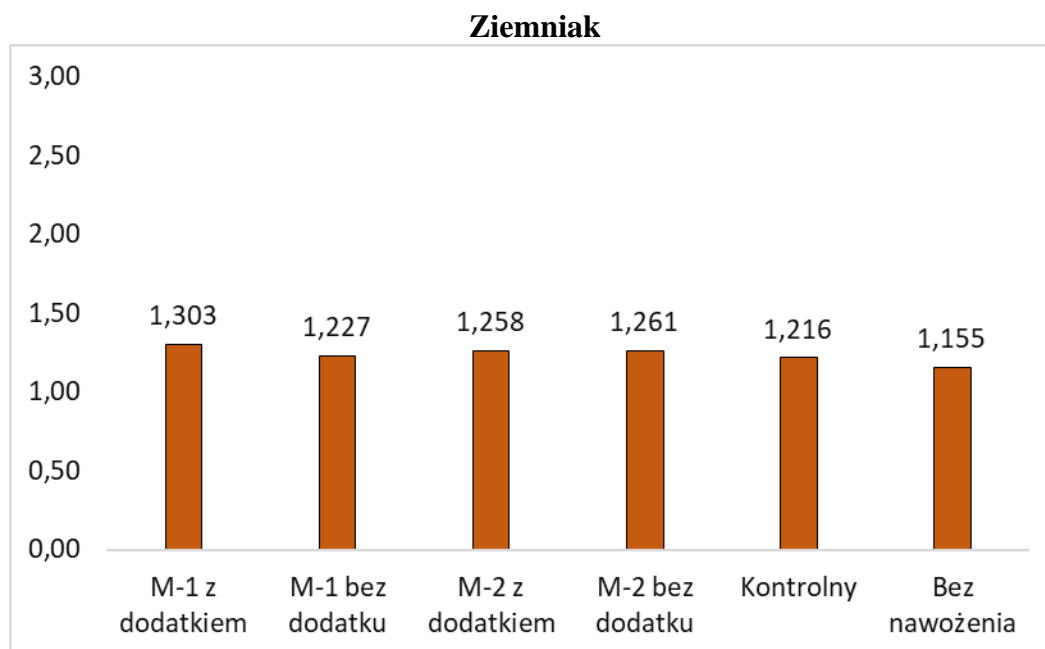
Rys. II.105. Aktywność fosfatazy kwaśnej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze kukurydzy pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



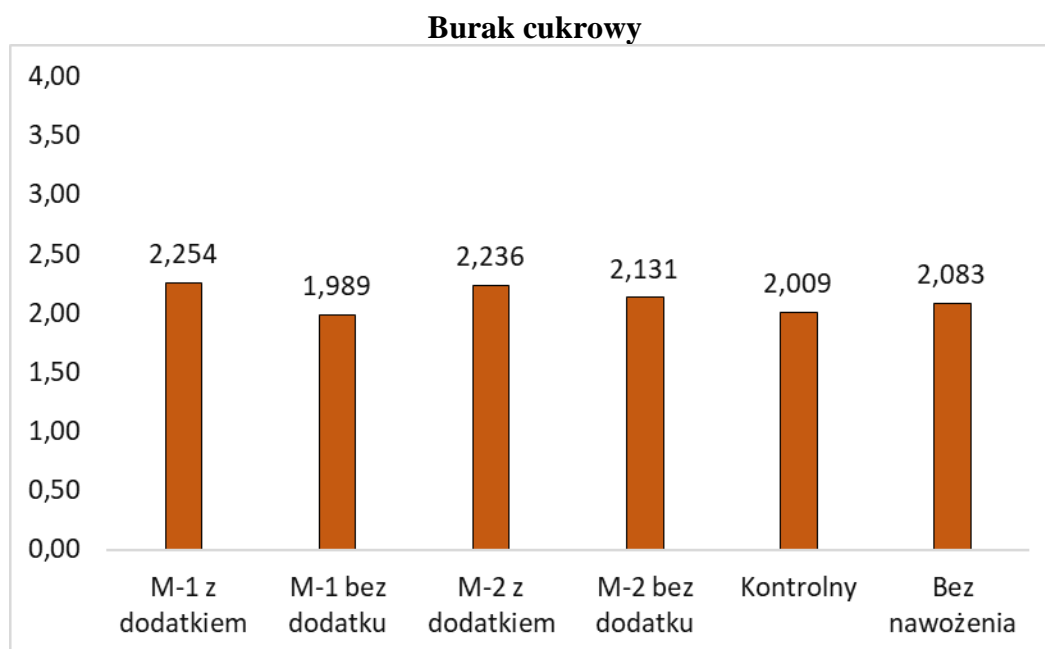
Rys. II.106. Aktywność fosfatazy kwaśnej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze słonecznika pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



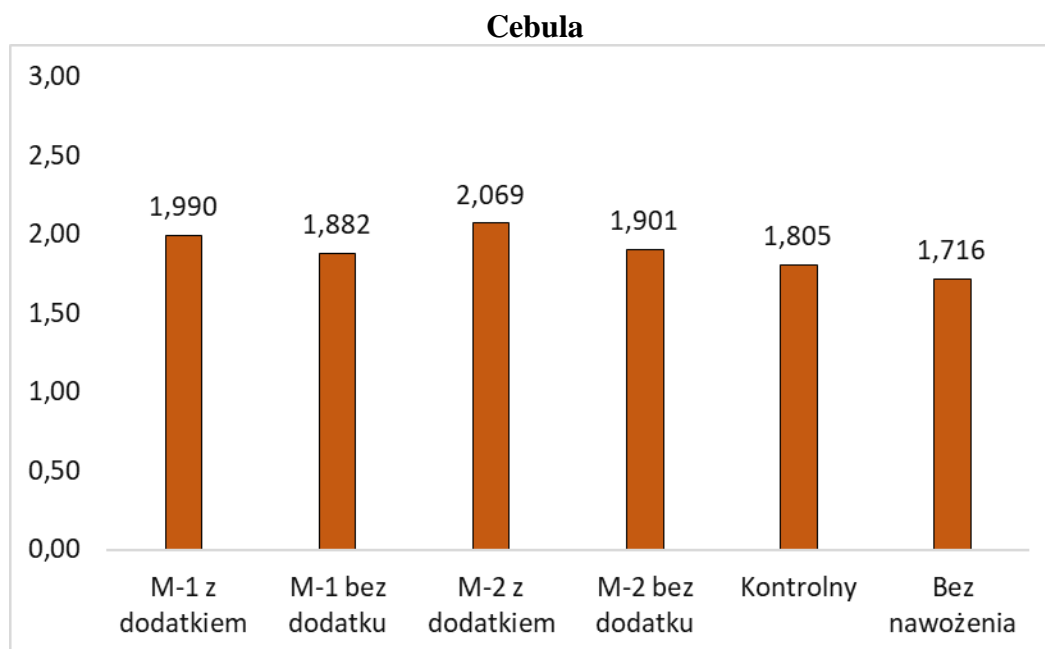
Rys. II.107. Aktywność fosfatazy kwaśnej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze grochu pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



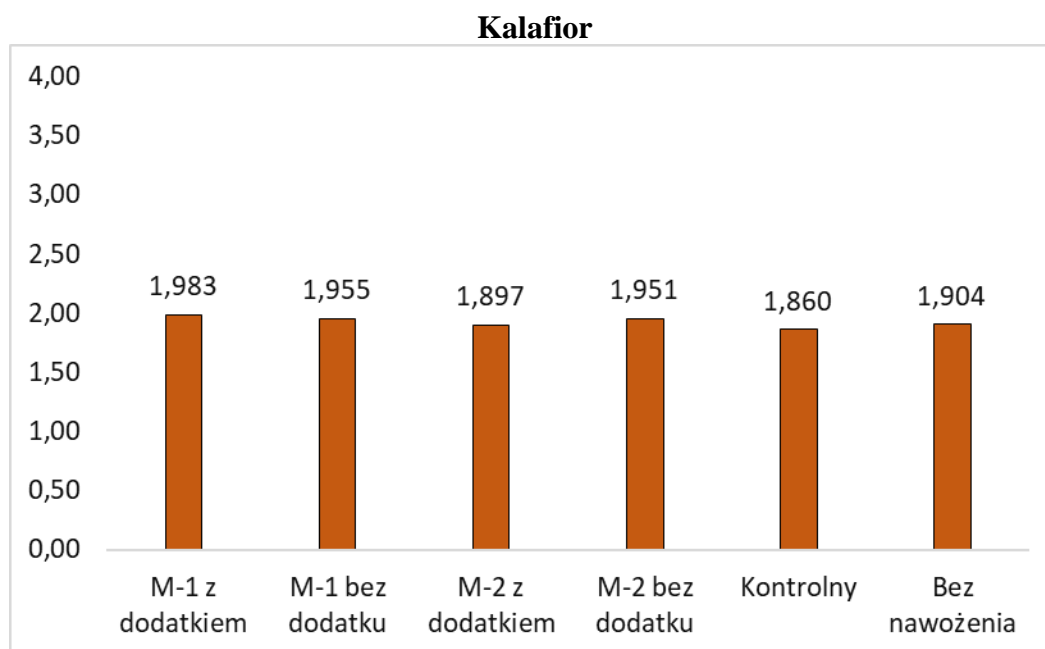
Rys. II.108. Aktywność fosfatazy kwaśnej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze ziemniaka pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



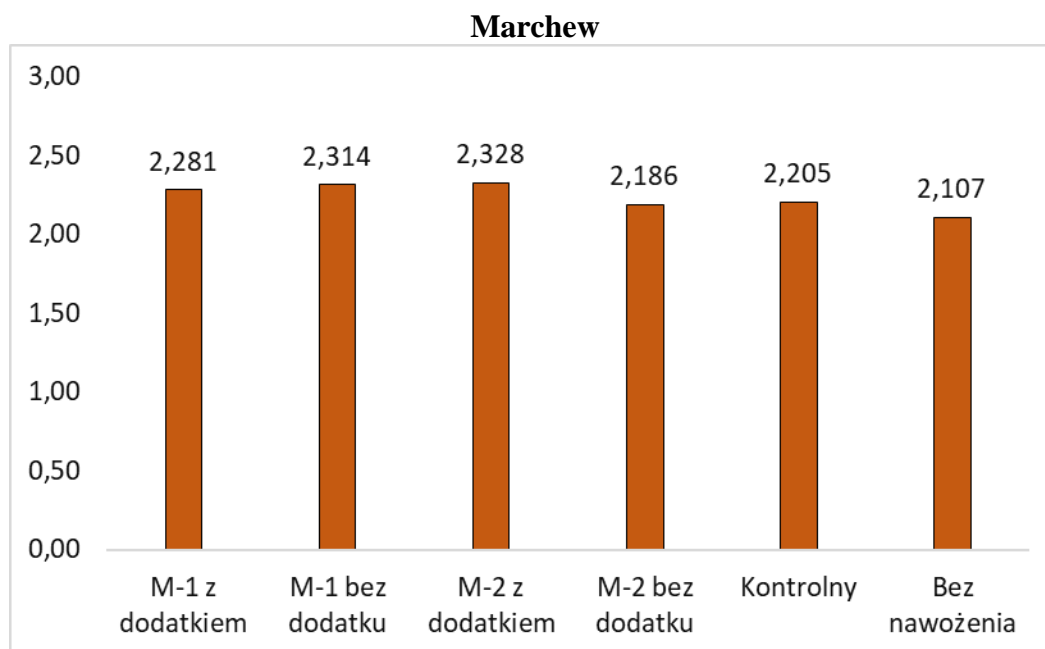
Rys. II.109. Aktywność fosfatazy kwaśnej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze buraka pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.110. Aktywność fosfatazy kwaśnej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze cebuli pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

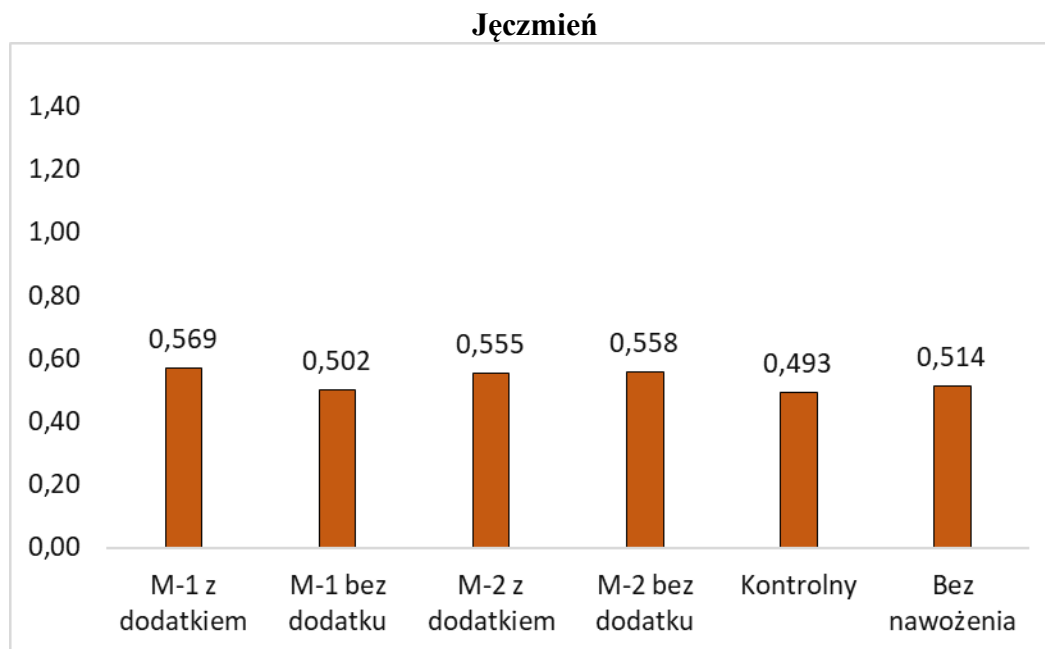


Rys. II.111. Aktywność fosfatazy kwaśnej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze kalafiora pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

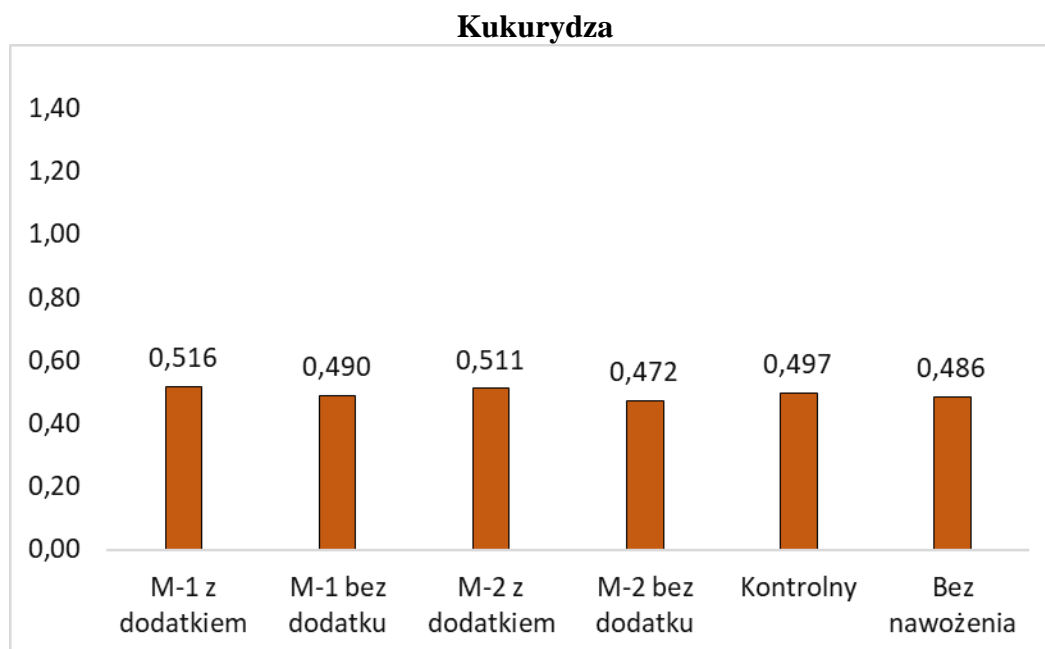


Rys. II.112. Aktywność fosfatazy kwaśnej (mM pNP kg⁻¹ h⁻¹) po zbiorze marchwi pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

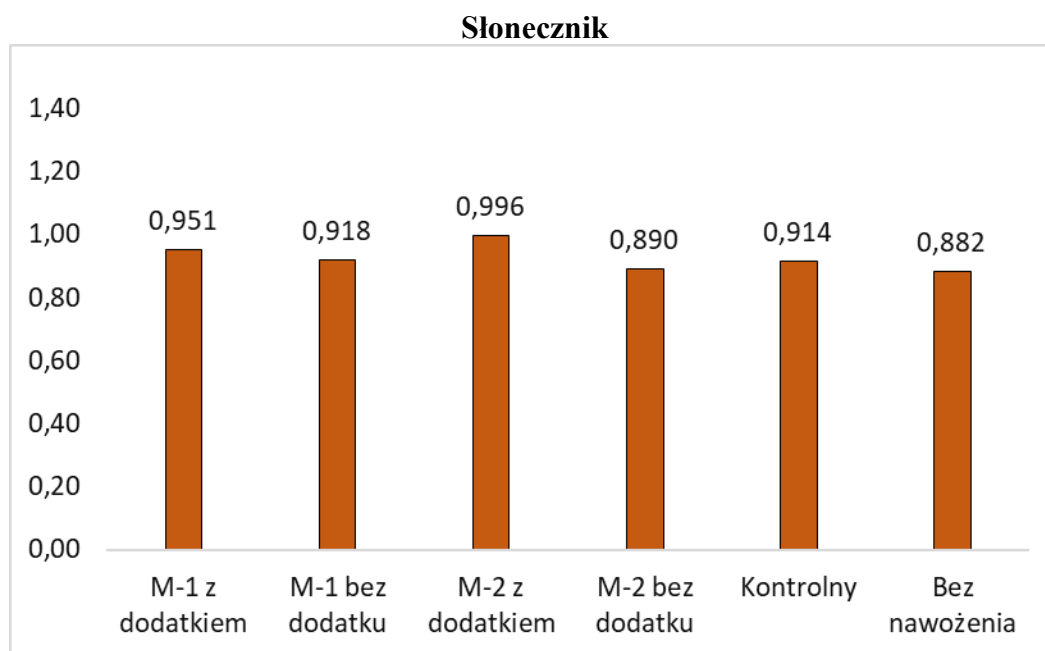
II.4.2.4. Katalaza



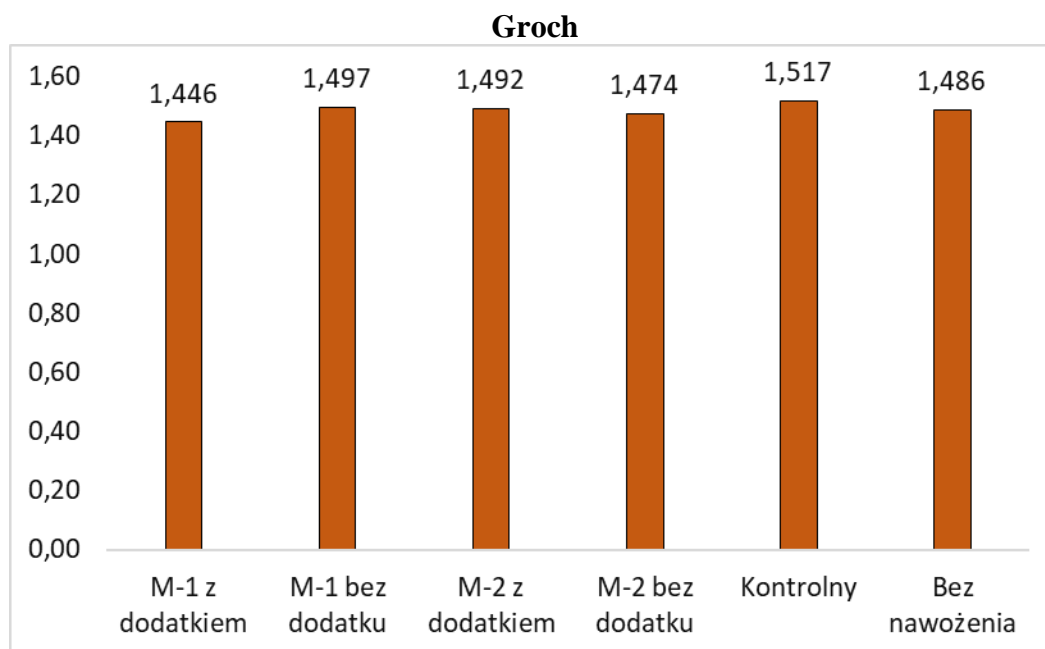
Rys. II.113. Aktywność katalazy (mg H₂O₂ kg⁻¹h⁻¹) po zbiorze jęczmienia pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



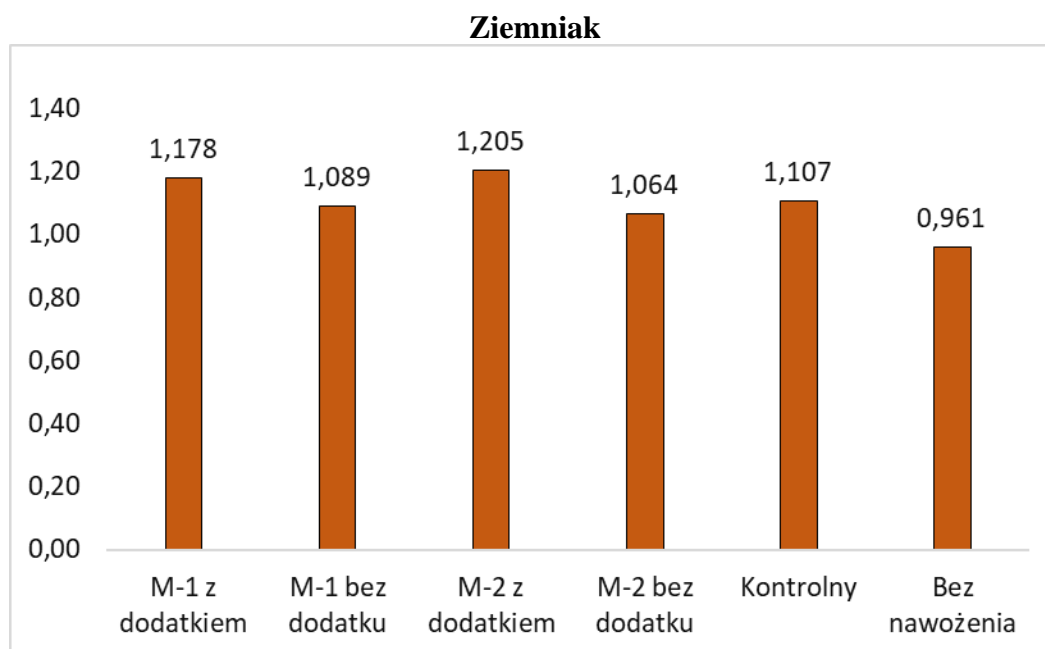
Rys. II.114. Aktywność katalazy (mg H₂O₂ kg⁻¹h⁻¹) po zbiorze kukurydzy pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



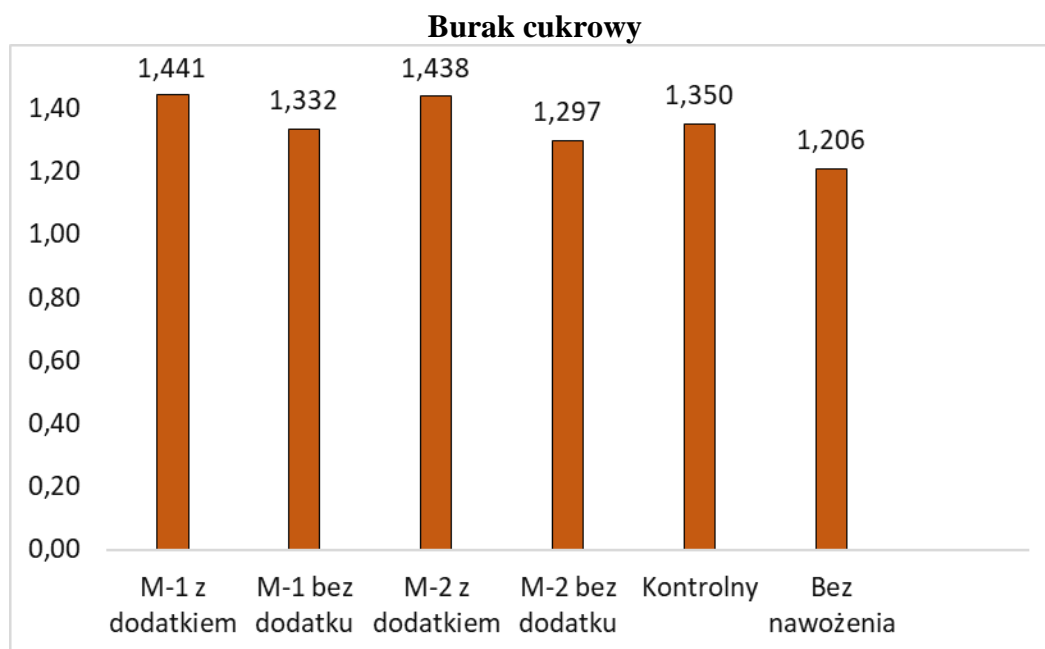
Rys. II.115. Aktywność katalazy (mg H₂O₂ kg⁻¹h⁻¹) po zbiorze słonecznika pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



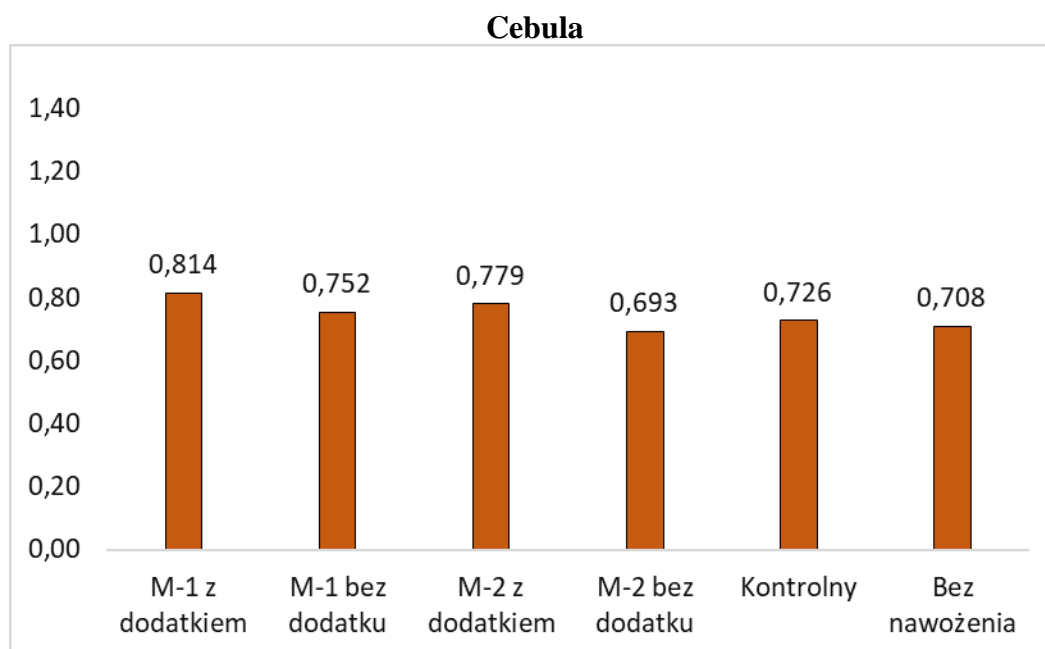
Rys. II.116. Aktywność katalazy (mg H₂O₂ kg⁻¹h⁻¹) po zbiorze grochu pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



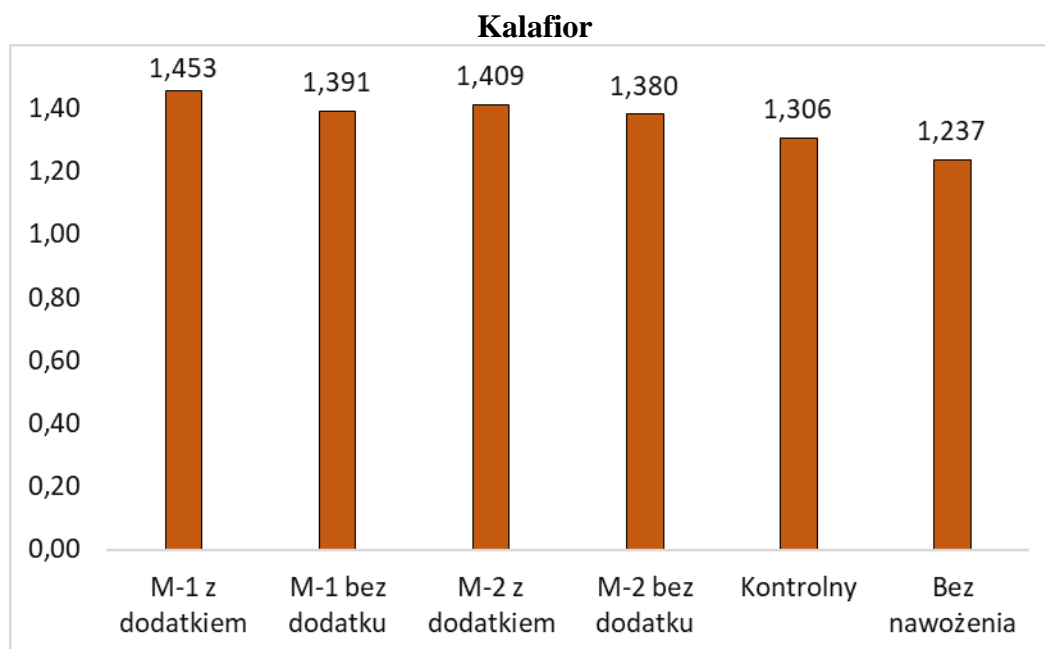
Rys. II.117. Aktywność katalazy (mg H₂O₂ kg⁻¹h⁻¹) po zbiorze ziemniaka pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



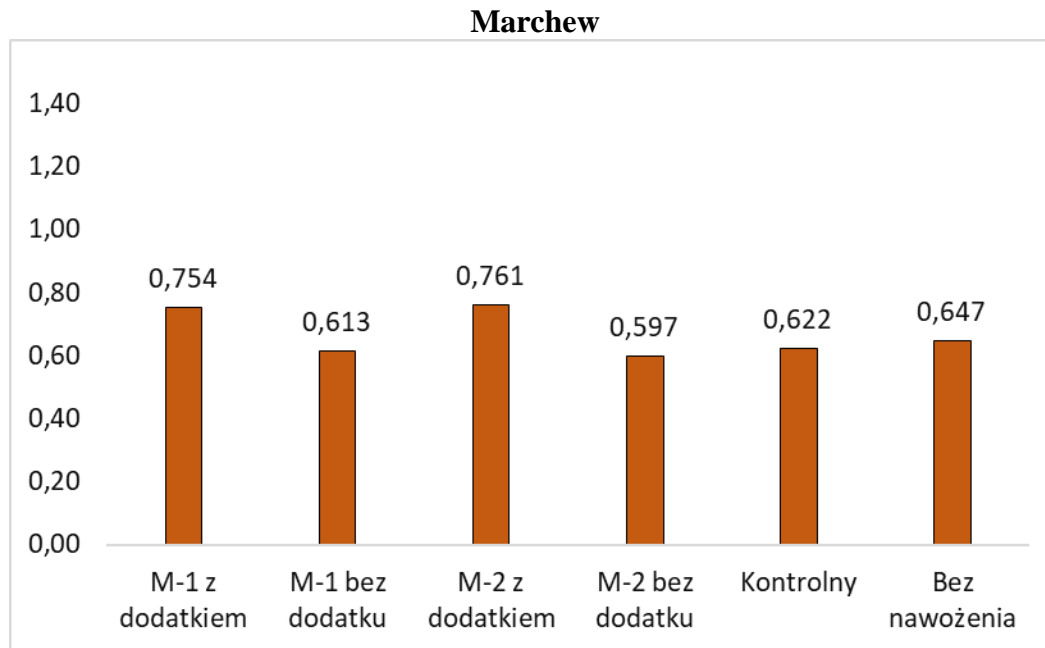
Rys. II.118. Aktywność katalazy (mg H₂O₂ kg⁻¹h⁻¹) po zbiorze buraka pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.119. Aktywność katalazy (mg H₂O₂ kg⁻¹h⁻¹) po zbiorze cebuli pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.120. Aktywność katalazy (mg H₂O₂ kg⁻¹h⁻¹) po zbiorze kalafiora pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.121. Aktywność katalazy (mg H₂O₂ kg⁻¹h⁻¹) po zbiorze marchwi pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

Nawozy startowe stosowane w agrotechnice roślin rolniczych i warzyw polowych różnicowały aktywność enzymów glebowych. Wielkość i kierunek zmian aktywności dehydrogenazy, fosfatazy alkalicznej, fosfatazy kwaśnej i katalazy obrazują, odpowiednio rys. II.86-94, rys. II.95-103, rys. II.104-112 i rys. II.113-121.

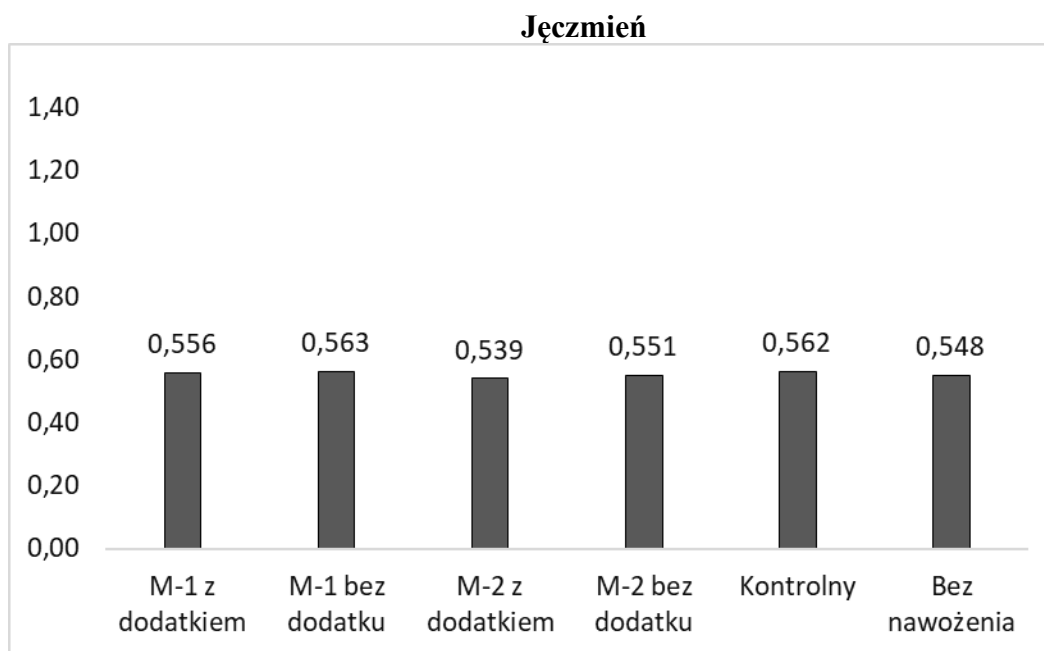
Aktywność dehydrogenazy w glebie nawożonej nawozami według założeń projektu z dodatkami funkcjonalnymi była na ogół większa niż po aplikacji tych nawozów, ale bez dodatków. Wyjątek stanowiło stosowanie nawozu Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2 w grochu (rys. II.86-94).

Większą aktywność fosfatazy alkalicznej pod wpływem nawozów z dodatkami funkcjonalnymi w porównaniu z tymi nawozami bez dodatków stwierdzono w glebie, z wyjątkiem uprawy kukurydzy i ziemniaka – nawóz Mikrogranulat-1 NP KH – M-1 oraz marchwi – nawóz Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2 (rys. II.95-103). Taką samą zależność stwierdzono w odniesieniu do aktywności fosfatazy kwaśnej. Wyjątkiem był nawóz Mikrogranulat-1 NP KH – M-1 stosowany w marchwi i nawóz Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2 w uprawie ziemniaka i kalafiora (rys. II.104-112).

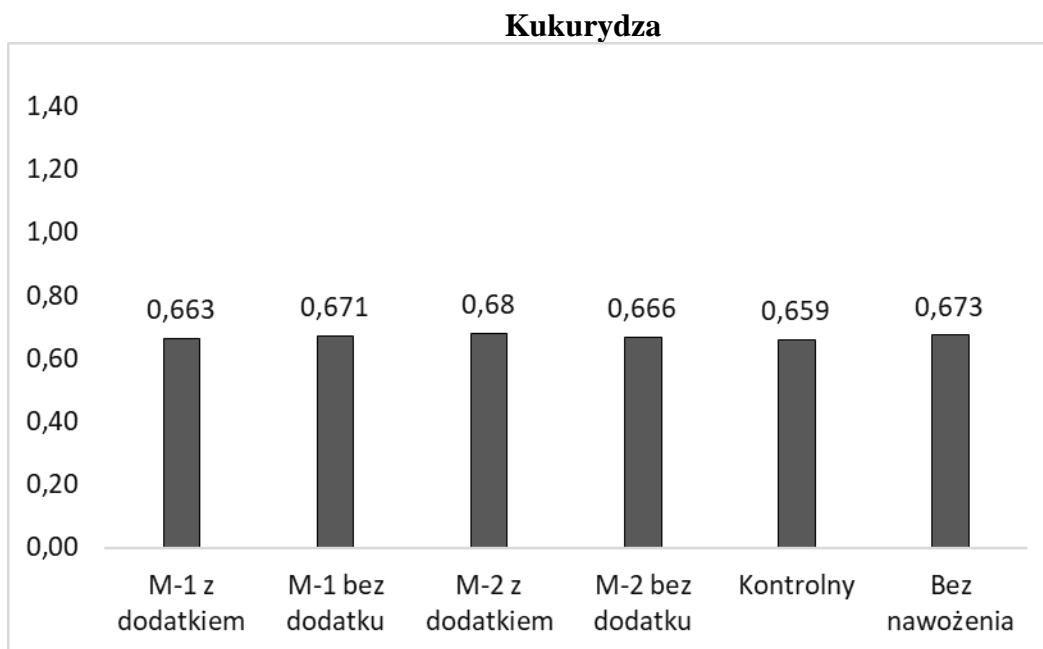
W przypadku katalazy jej większa aktywność w glebie nawożonej nawozami z dodatkami funkcjonalnymi niż nawozami bez dodatków nie potwierdziła się tylko w uprawie grochu siewnego – nawóz Mikrogranulat-1 NP KH – M-1 i jęczmienia jarego – nawóz Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2 (rys. II.113-121).

II.4.3. Zawartość glomalin w glebie

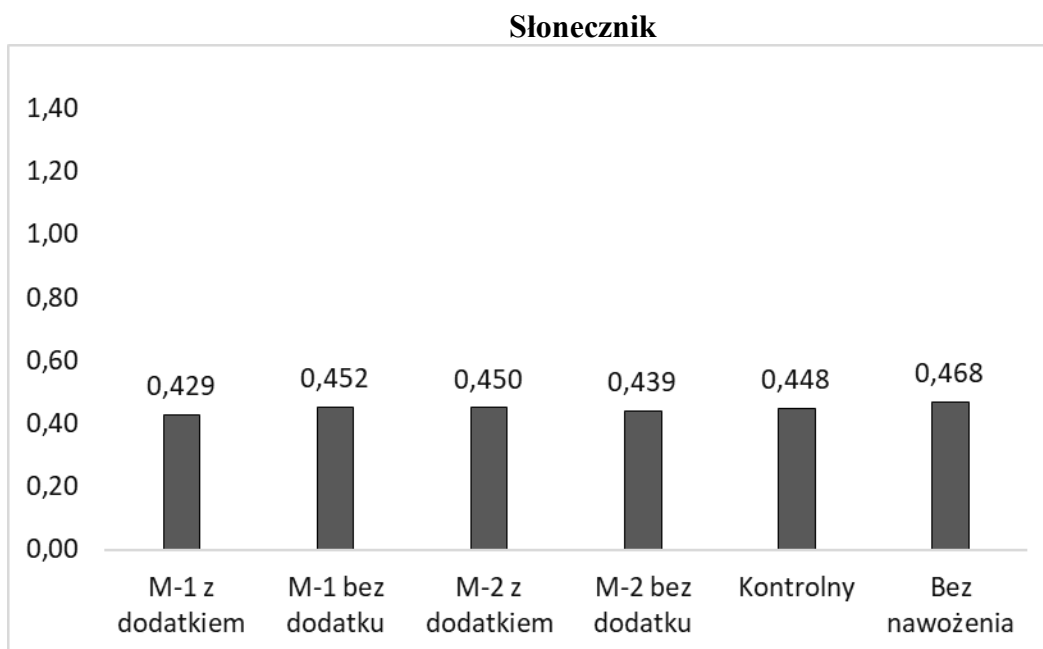
Analiza próbek gleby nie wykazała wyraźnej zależności pomiędzy aplikacją nawozów startowych zarówno tych według projektu, jak i kontrolnego a zawartością glomalin w glebie po okresie wegetacji roślin (rys. II.122-130). Także nie wystąpiła widoczna zależność zawartości tych związków w glebie od obecności dodatków funkcjonalnych w zaprojektowanych nawozach Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2. Tylko w glebie po marchwi zawartość glomalin w efekcie zastosowania obu tych nawozów z dodatkami funkcjonalnymi była o ponad 10% większa niż po aplikacji nawozów bez dodatków.



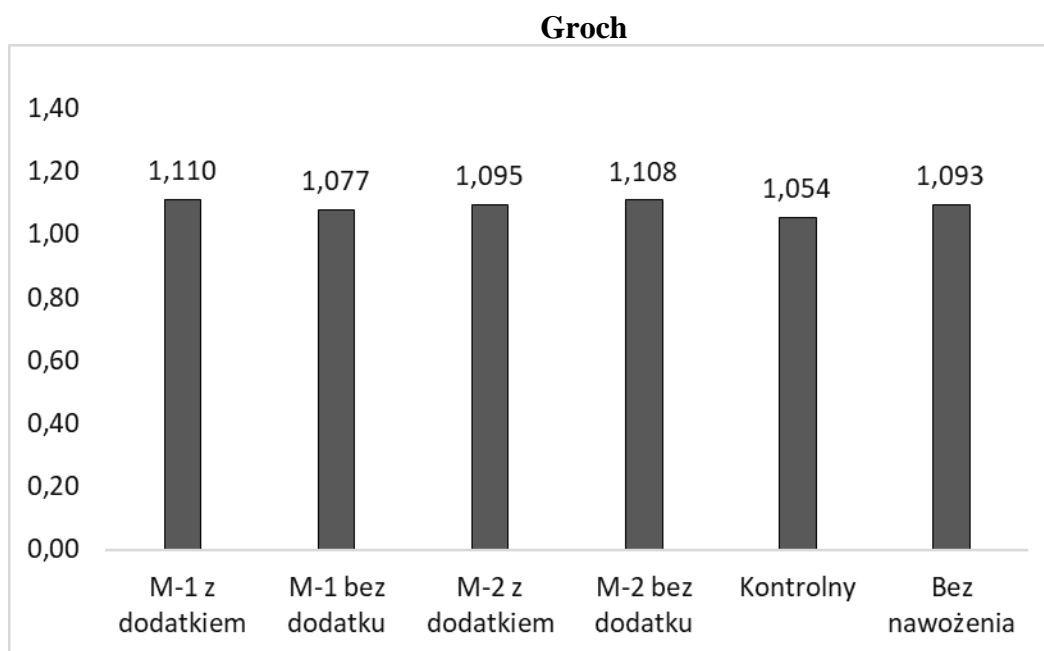
Rys. II.122. Zawartość glomalin (g kg⁻¹) po zbiorze jęczmienia pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



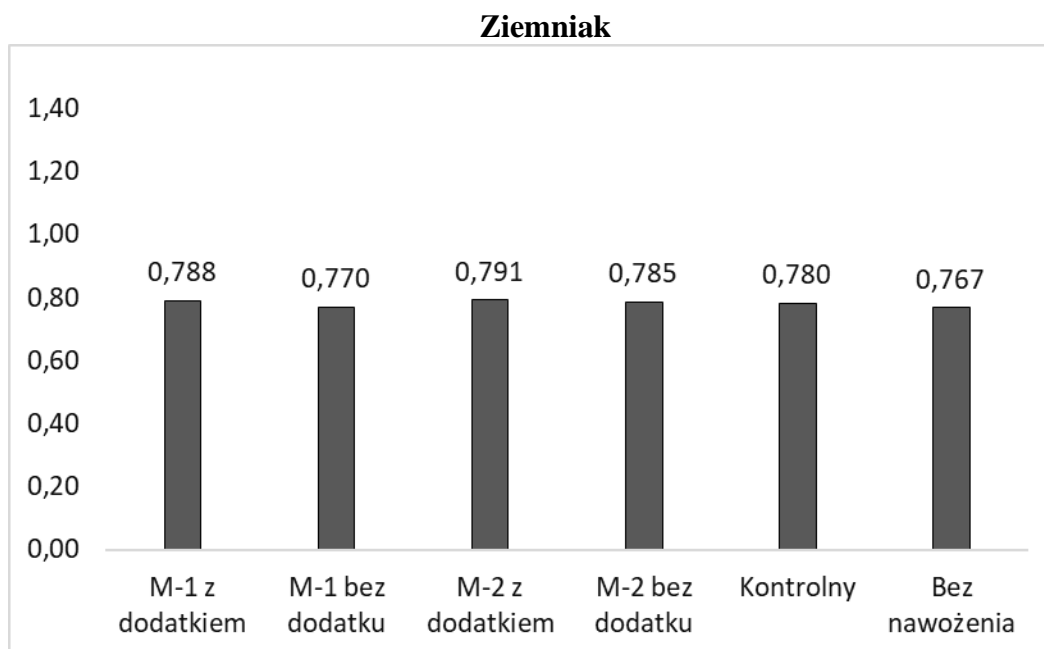
Rys. II.123. Zawartość glomalin (g kg⁻¹) po zbiorze kukurydzy pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



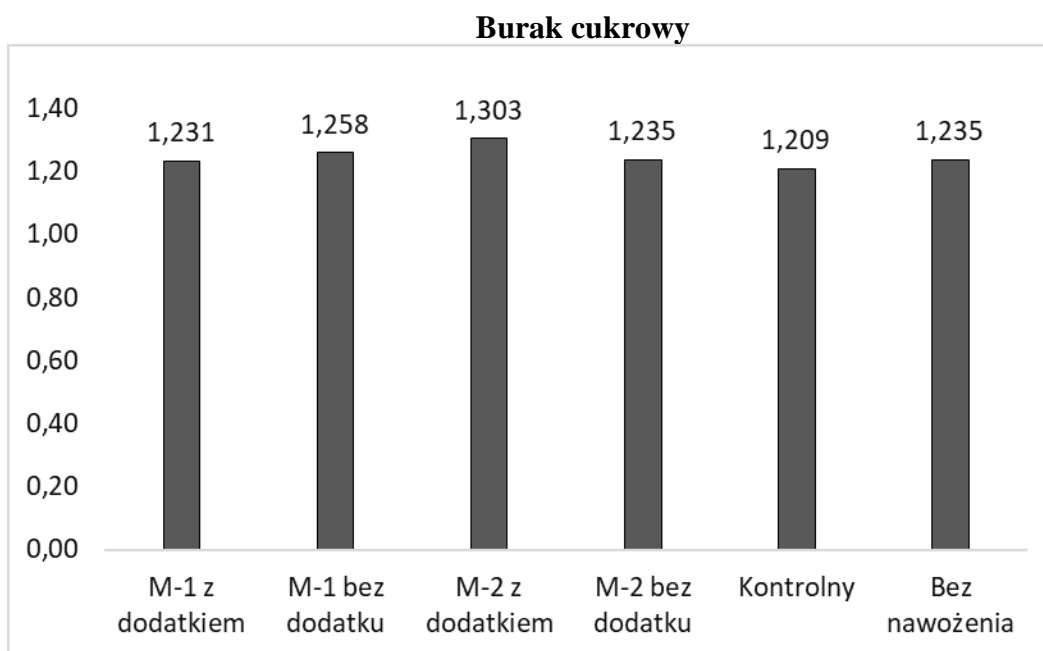
Rys. II.124. Zawartość glomalin (g kg⁻¹) po zbiorze słonecznika pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



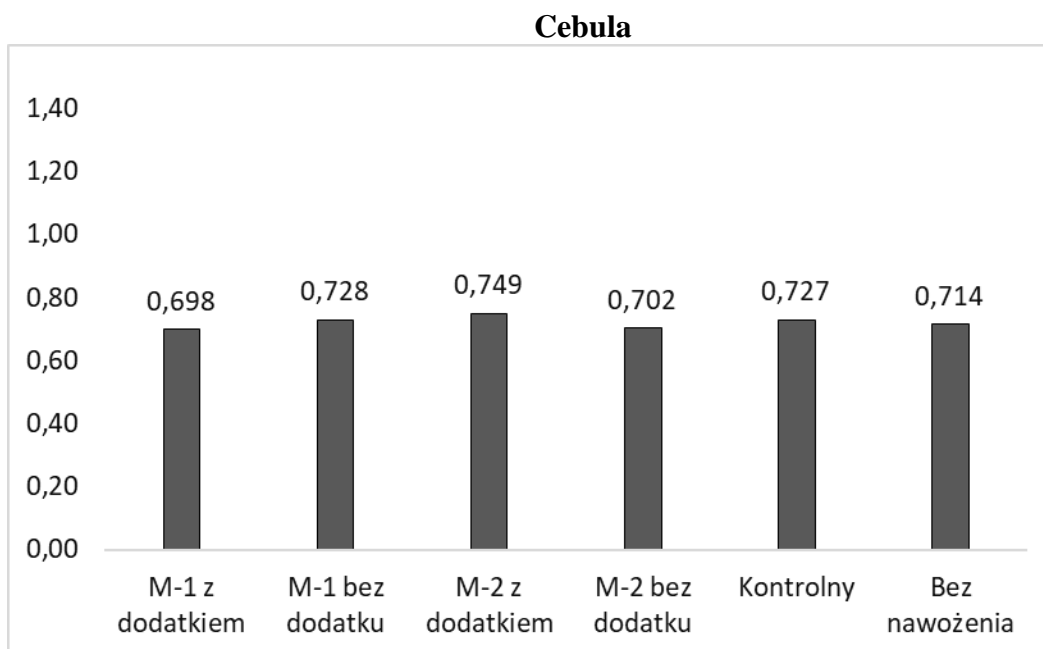
Rys. II.125. Zawartość glomalin (g kg⁻¹) po zbiorze grochu pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



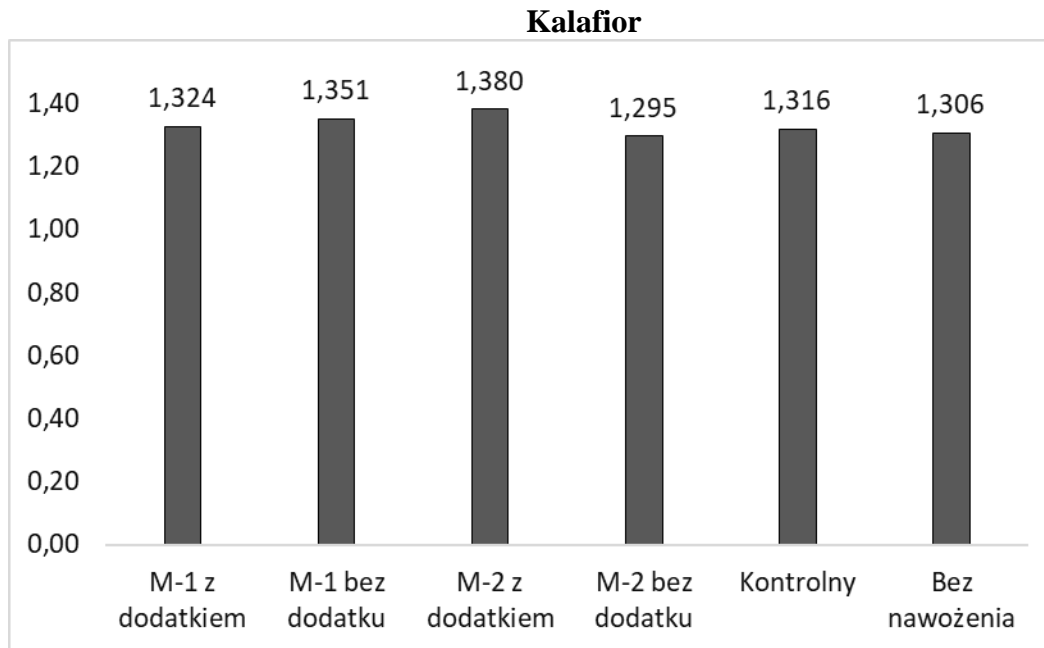
Rys. II.126. Zawartość glomalin (g kg⁻¹) po zbiorze ziemniaka pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



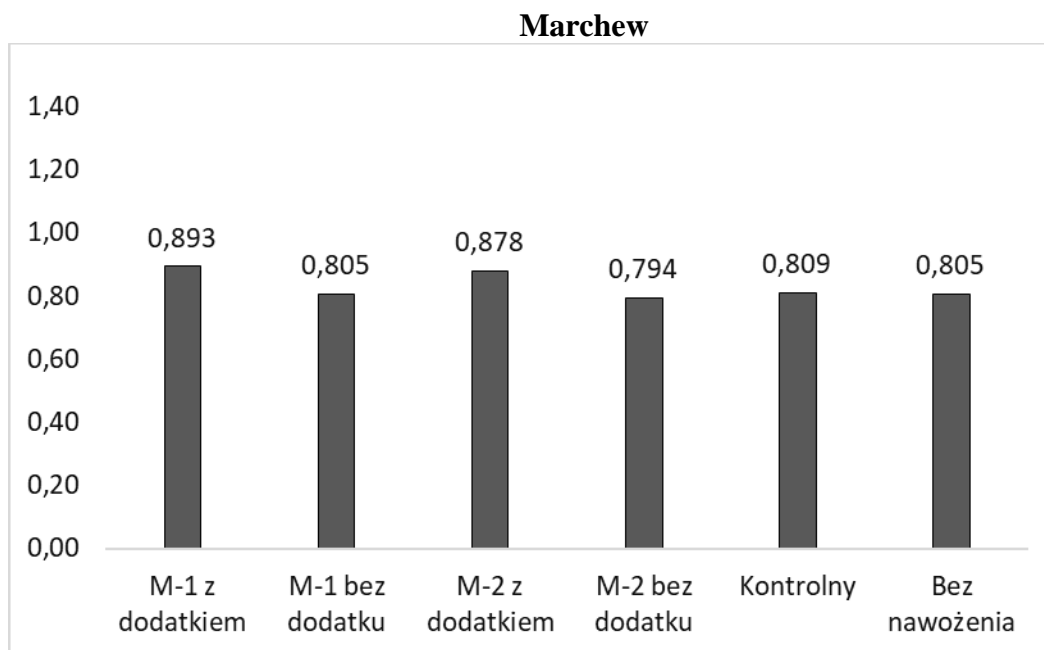
Rys. II.127. Zawartość glomalin (g kg⁻¹) po zbiorze buraka pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.128. Zawartość glomalin (g kg⁻¹) po zbiorze cebuli pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.129. Zawartość glomalin (g kg⁻¹) po zbiorze kalafiora pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



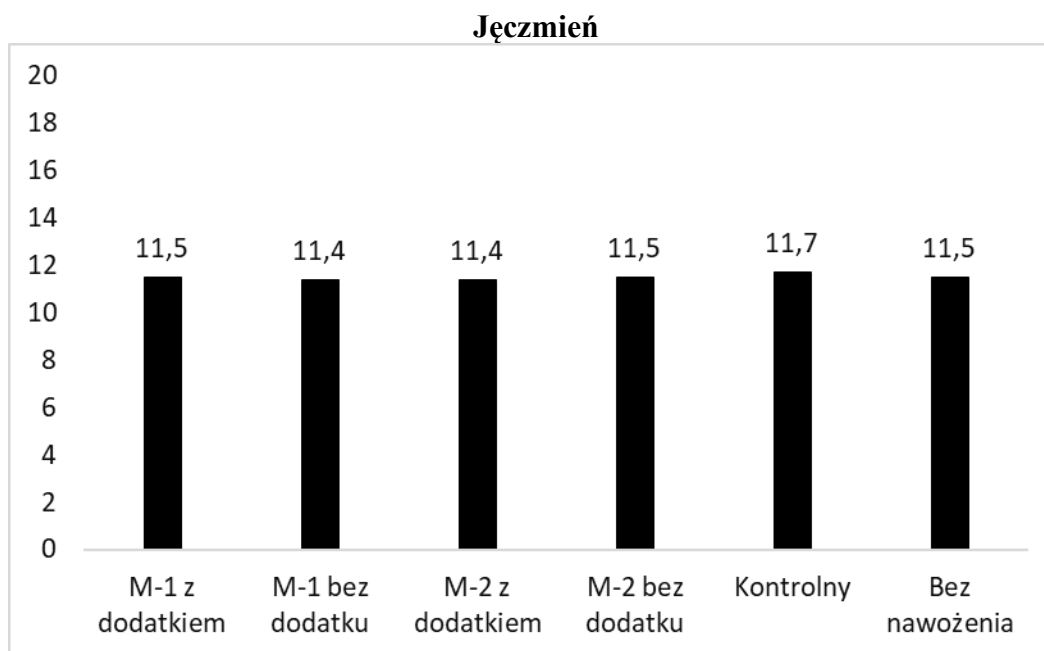
Rys. II.130. Zawartość glomalin (g kg⁻¹) po zbiorze marchwi pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

II.5. Ocena materii organicznej gleby

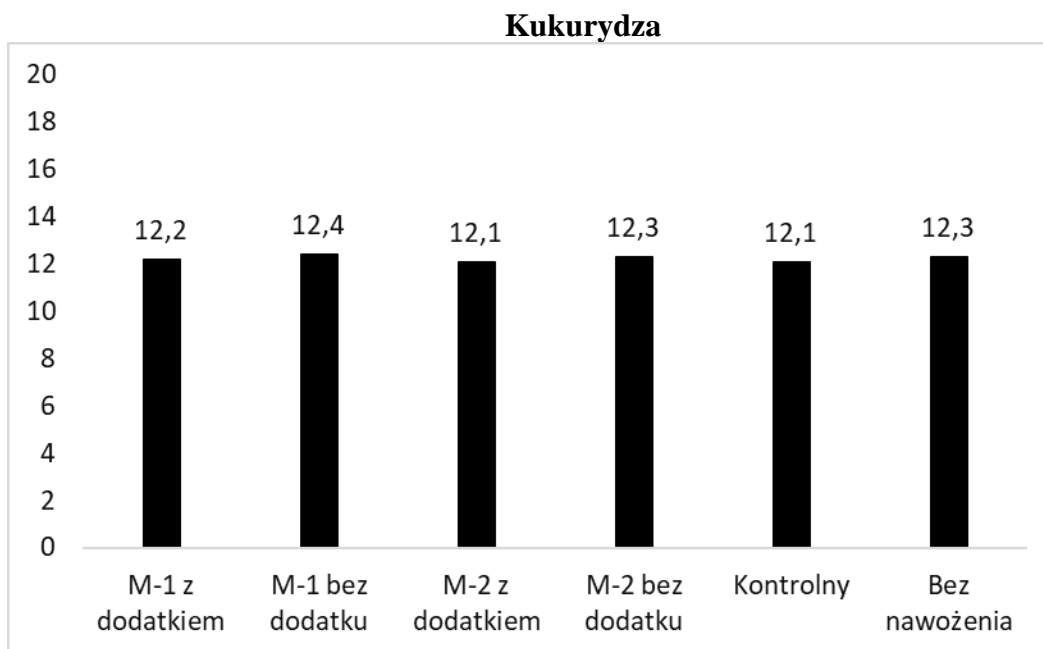
W próbkach gleby z badań polowych oceniających oddziaływanie nawozów startowych w formie mikrogranulatu na jej materię organiczną w uprawie roślin rolniczych: jęczmień jary, kukurydza, słonecznik, groch siewny, ziemniak, burak cukrowy, a także warzyw polowych: cebuli, kalafiora, marchwi określono zawartość:

- węgla organicznego,
- azotu ogólnego,
- ekstrahowalnego węgla organicznego,
- ekstrahowalnego azotu ogólnego,
- węgla kwasów huminowych,
- azotu kwasów huminowych,
- węgla kwasów fulwowych,
- azotu kwasów fulwowych.

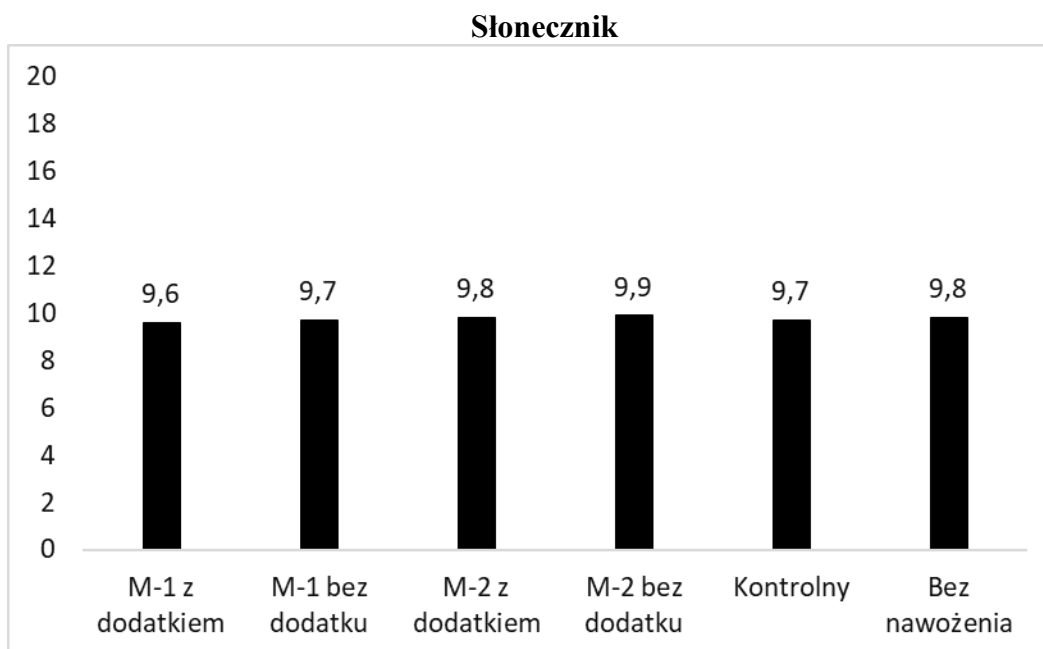
II.5.1. Węgiel organiczny



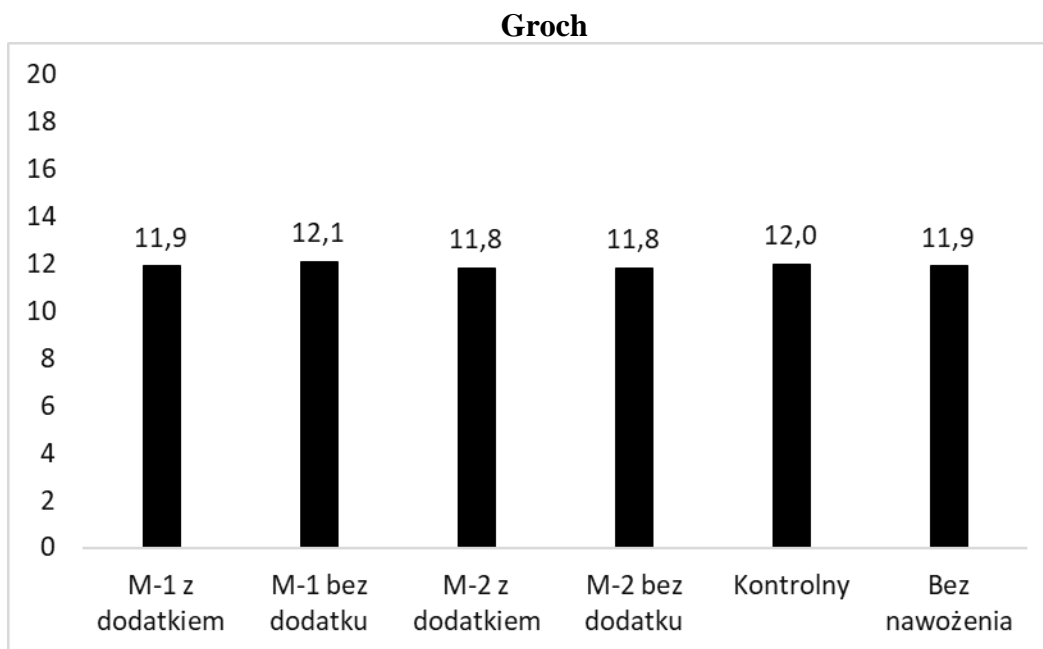
Rys. II.131. Zawartość węgla organicznego po zbiorze jęczmienia jarego (g kg⁻¹) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



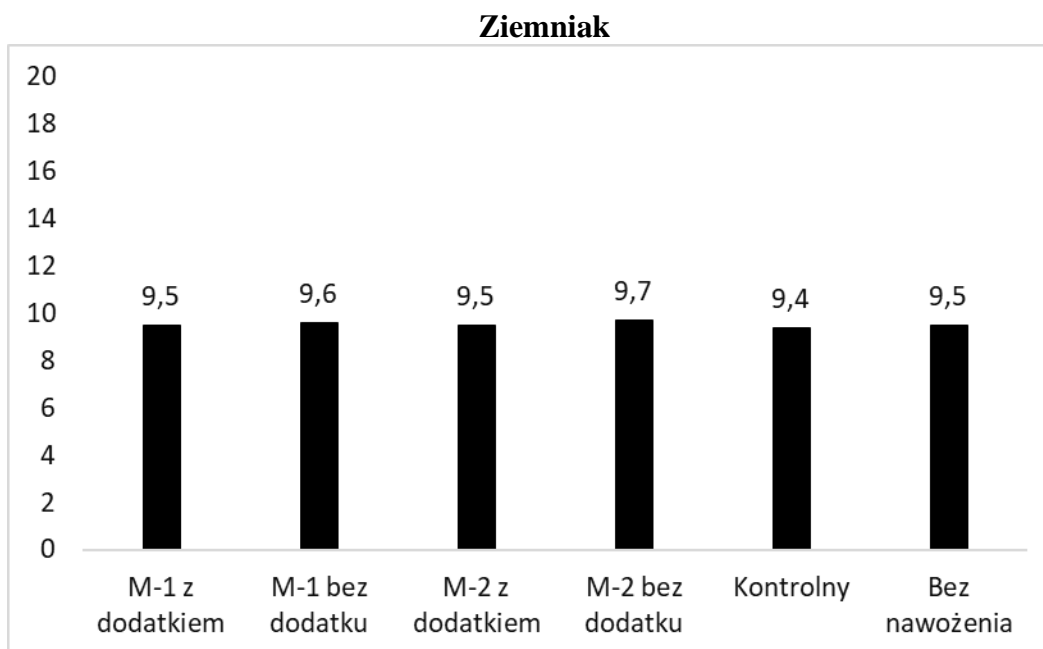
Rys. II.132. Zawartość węgla organicznego po zbiorze kukurydzy (g kg^{-1}) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



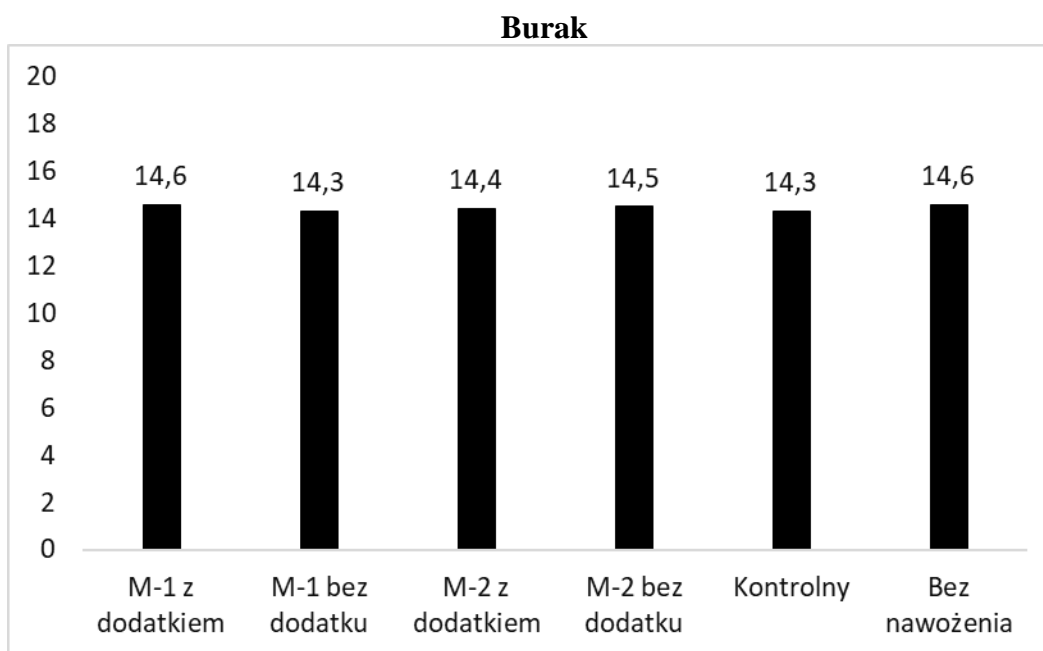
Rys. II.133. Zawartość węgla organicznego po zbiorze słonecznika (g kg^{-1}) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



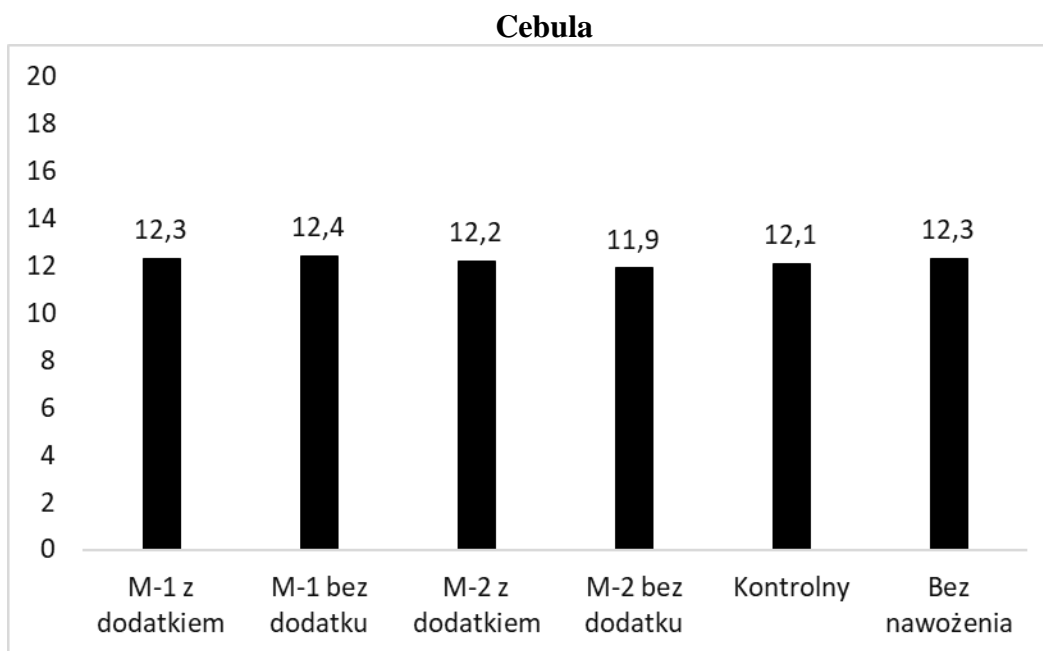
Rys. II.134. Zawartość węgla organicznego po zbiorze grochu (g kg^{-1}) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



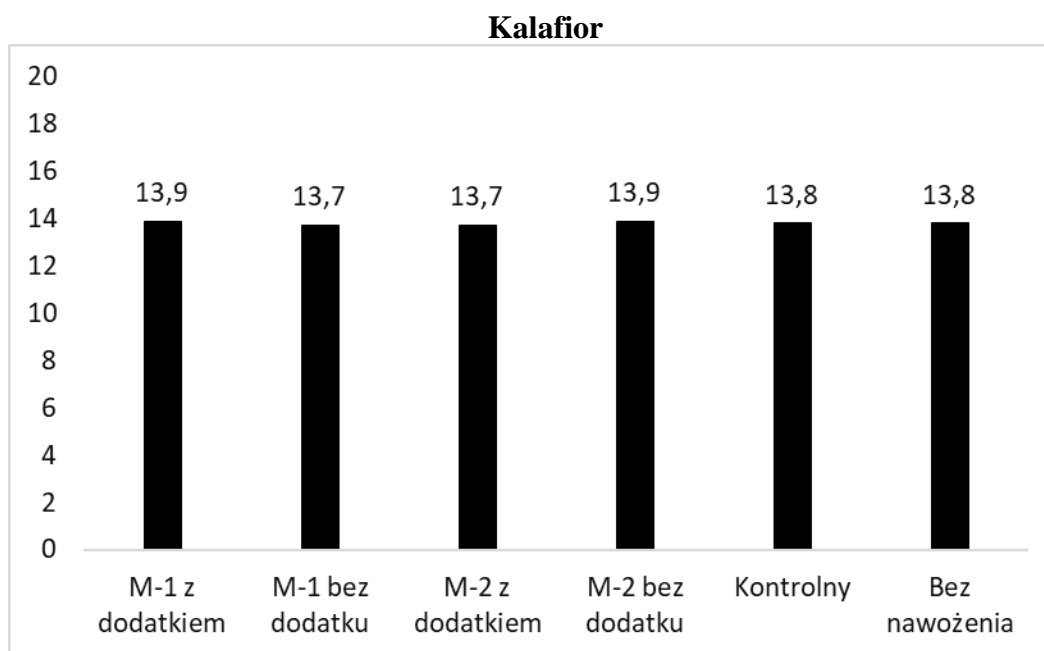
Rys. II.135. Zawartość węgla organicznego po zbiorze ziemniaka (g kg^{-1}) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



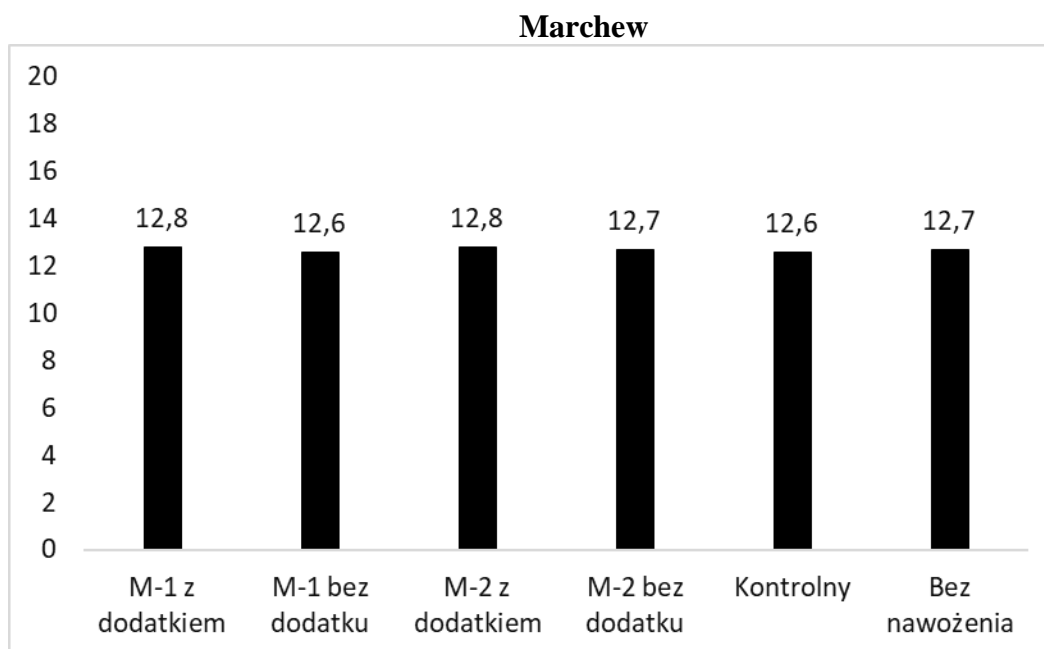
Rys. II.136. Zawartość węgla organicznego po zbiorze buraka cukrowego (g kg⁻¹) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.137. Zawartość węgla organicznego po zbiorze cebuli (g kg⁻¹) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



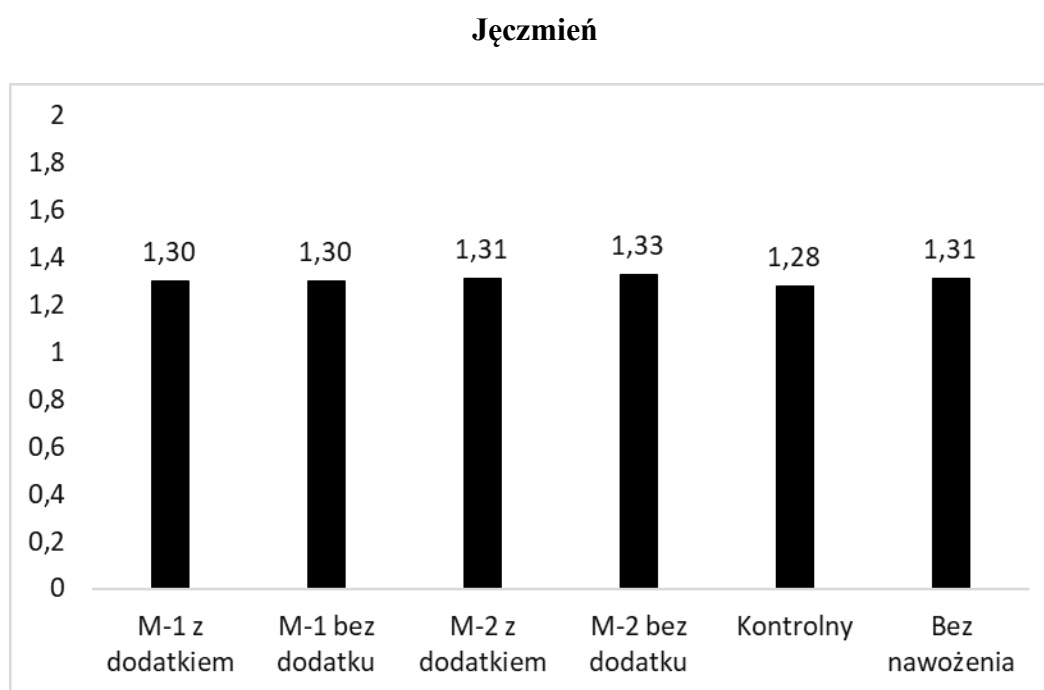
Rys. II.138. Zawartość węgla organicznego po zbiorze kalafiora (g kg⁻¹) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



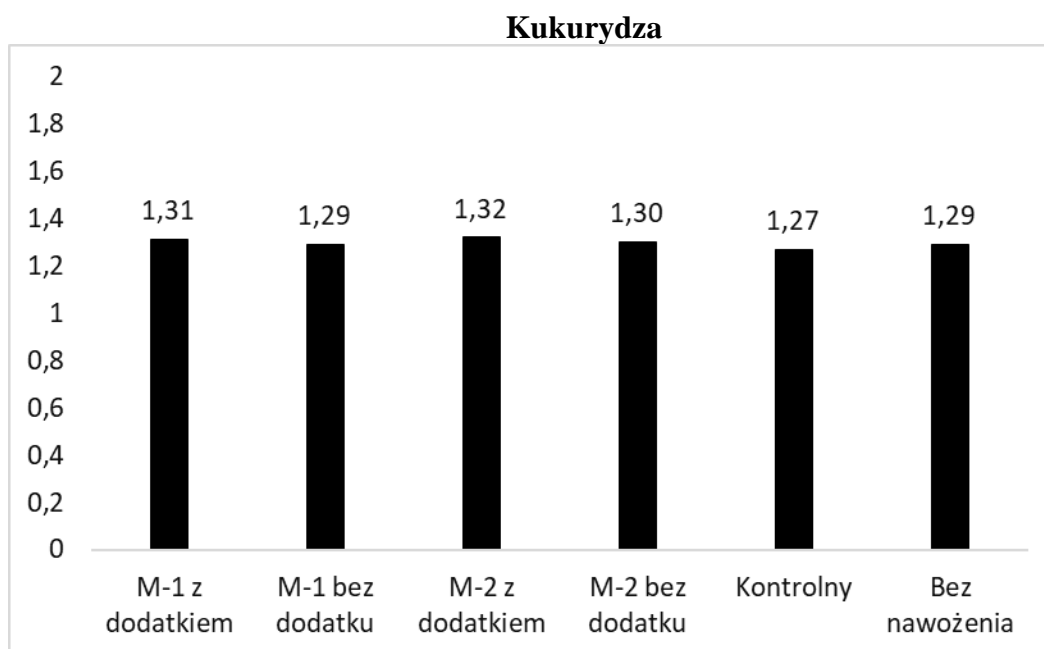
Rys. II.139. Zawartość węgla organicznego po zbiorze marchwi (g kg⁻¹) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

Zawartość i jakość materii organicznej w glebie, podobnie jak zawartość glomalin nie ulega szybkim i radykalnym zmianom, zwłaszcza przy braku czynnika wnoszącego do gleby duże ilości materiału organicznego. Dlatego w testach polowych nie stwierdzono wyraźnych zmian zawartości węgla organicznego w glebie w rezultacie jednorazowej aplikacji nawozów startowych (rys. II.131-139). Stwierdzonych maksymalnych różnic pomiędzy obiektami nawozowymi w agrotechnice poszczególnych roślin nie przekraczających $0,5 \text{ g kg}^{-1}$ gleby nie należy wiązać z oddziaływaniem badanych nawozów, lecz ze zmiennością glebową.

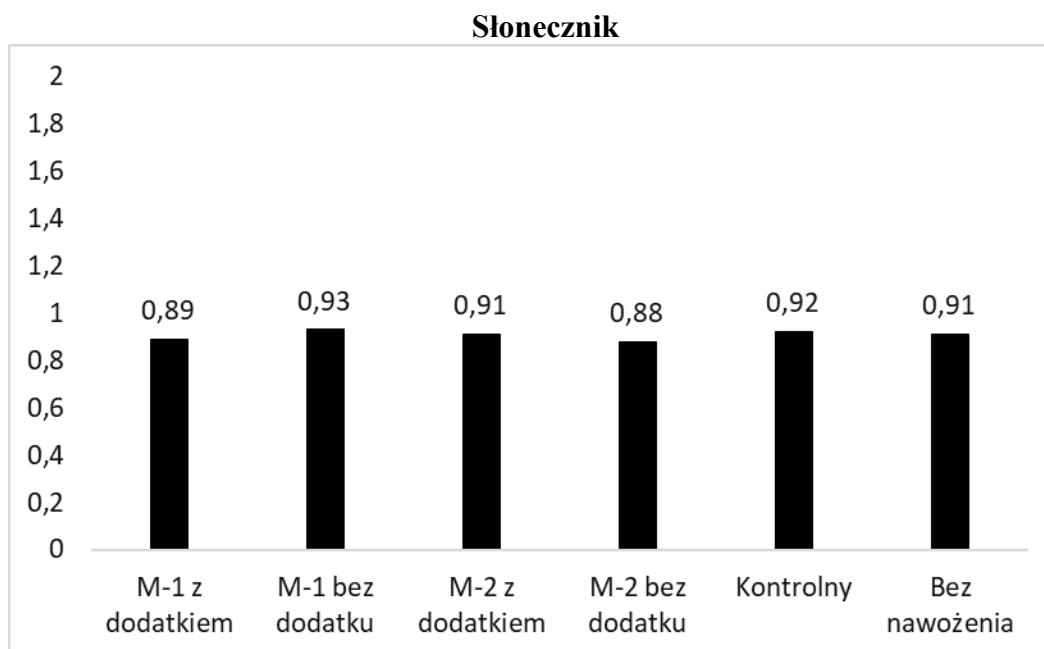
II.5.2. Azot ogólny



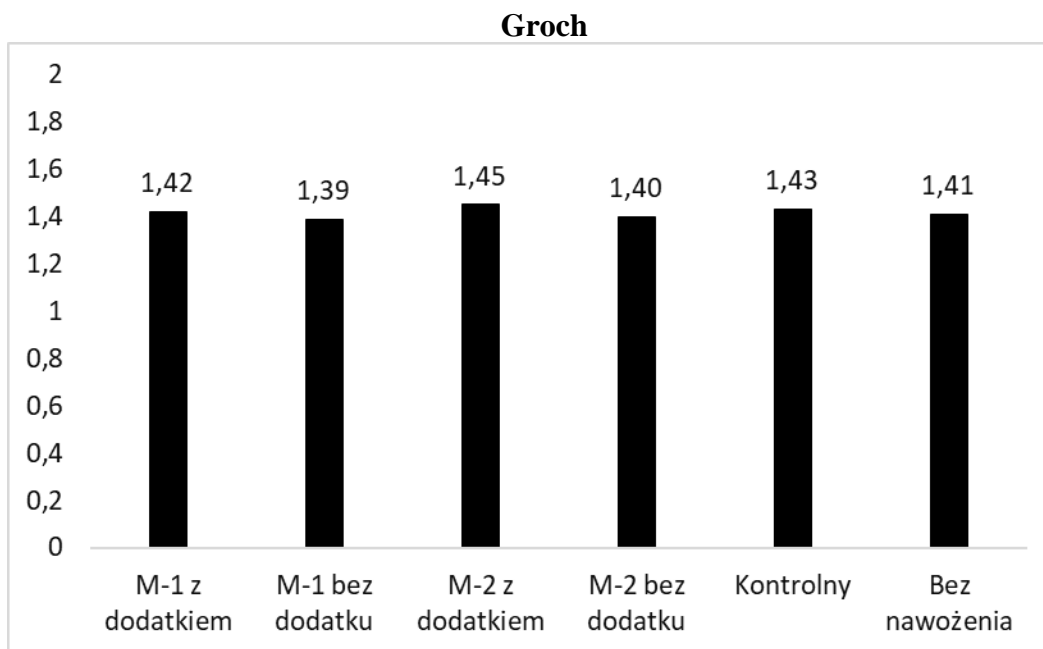
Rys. II.140. Zawartość azotu ogólnego po zbiorze jęczmienia jarego (g kg^{-1}) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



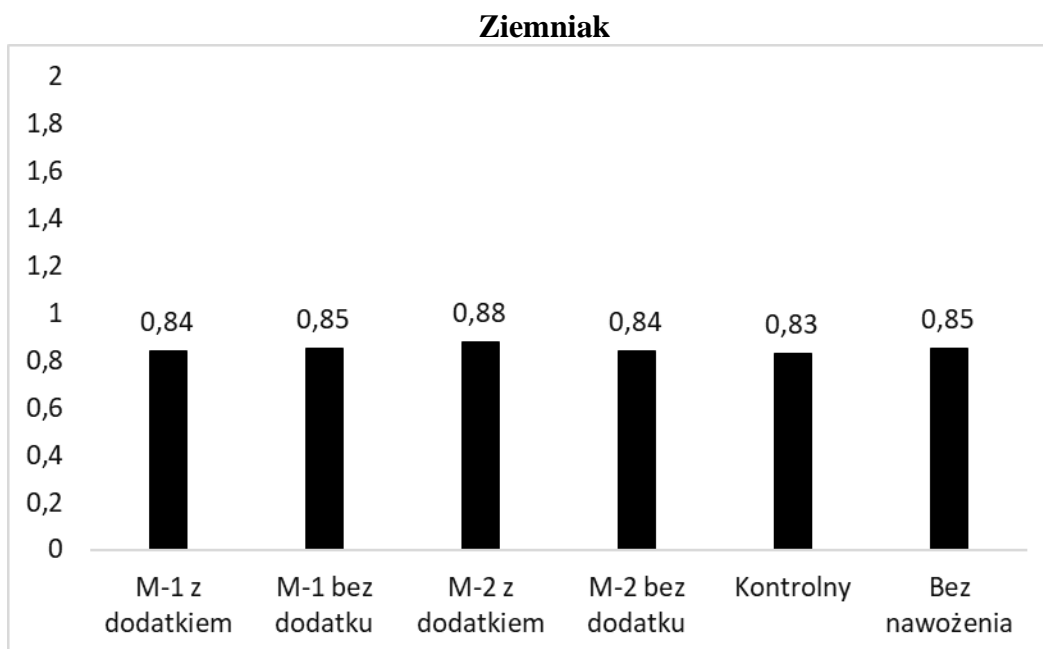
Rys. II.141. Zawartość azotu ogólnego po zbiorze kukurydzy (g kg^{-1}) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



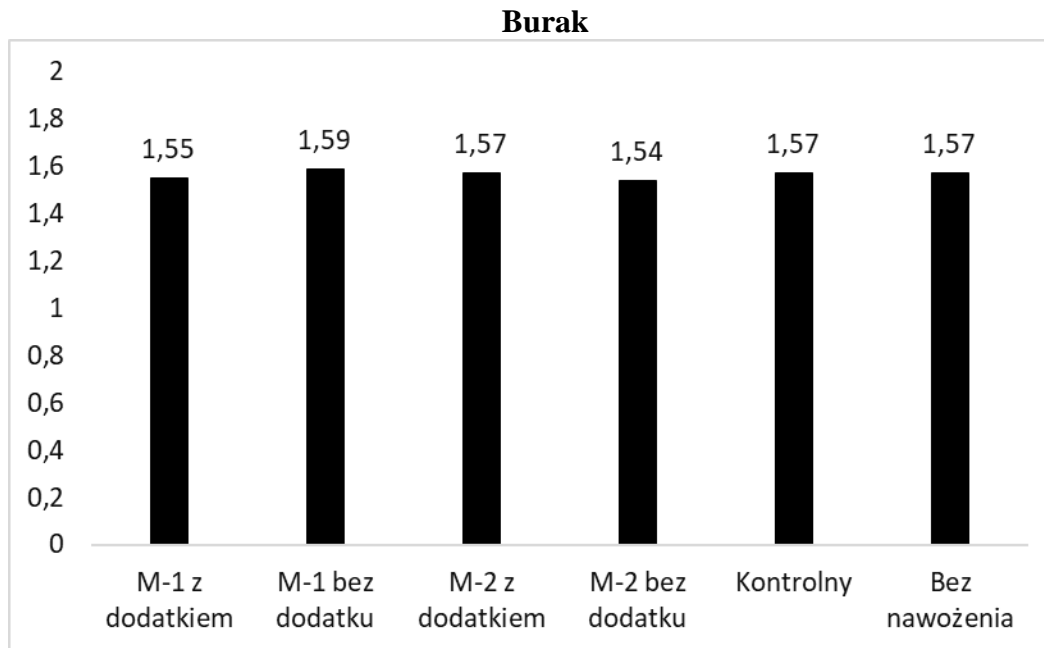
Rys. II.142. Zawartość azotu ogólnego po zbiorze słonecznika (g kg^{-1}) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



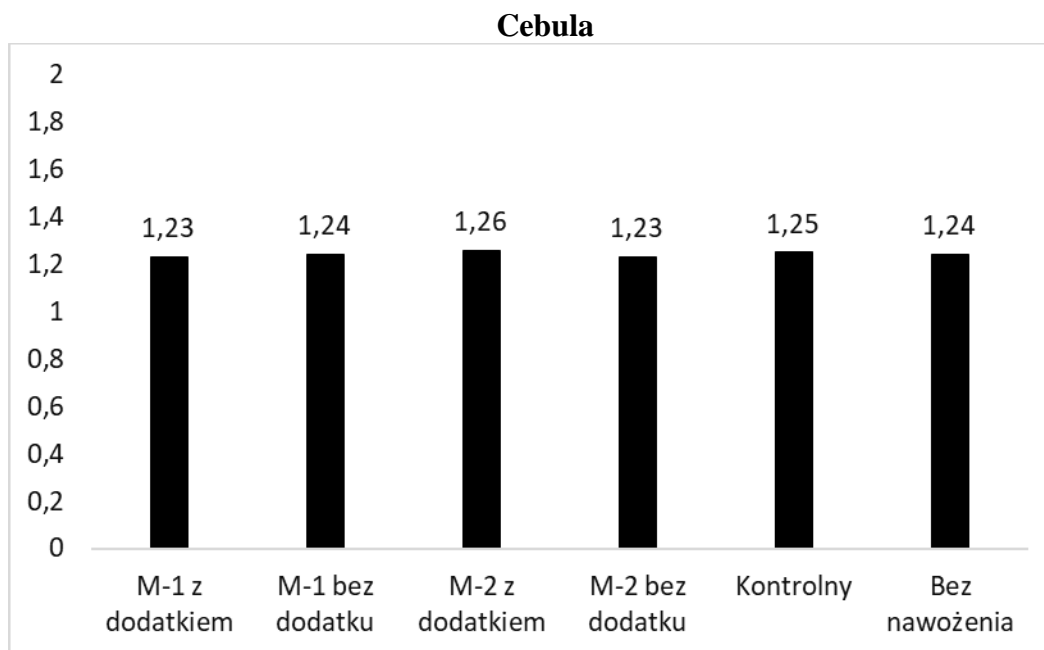
Rys. II.143. Zawartość azotu ogólnego po zbiorze grochu (g kg^{-1}) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



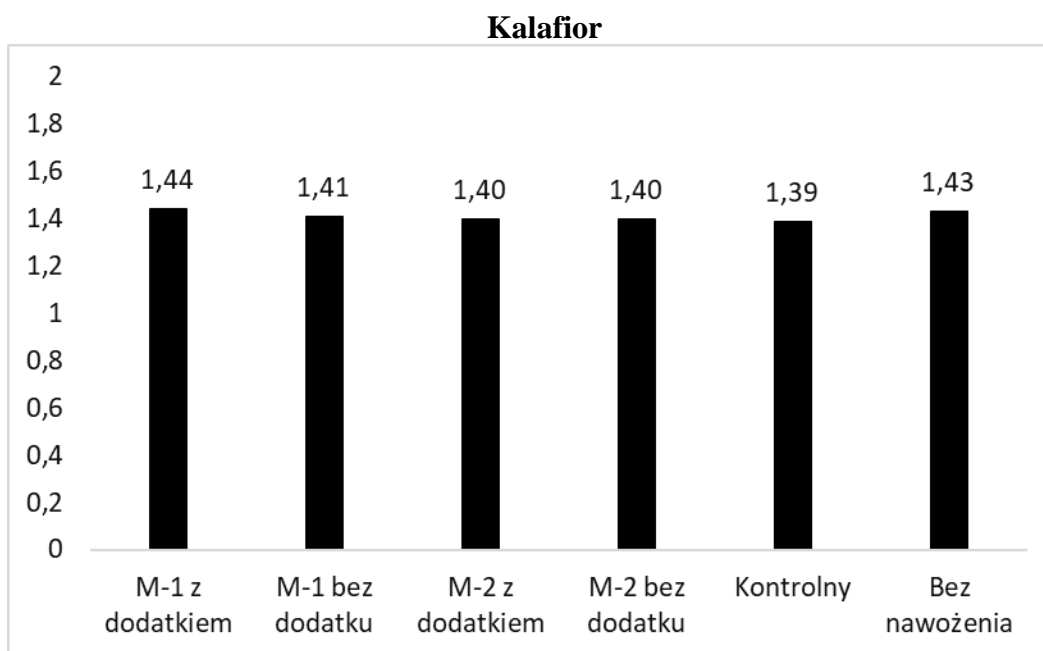
Rys. II.144. Zawartość azotu ogólnego po zbiorze ziemniaka (g kg^{-1}) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



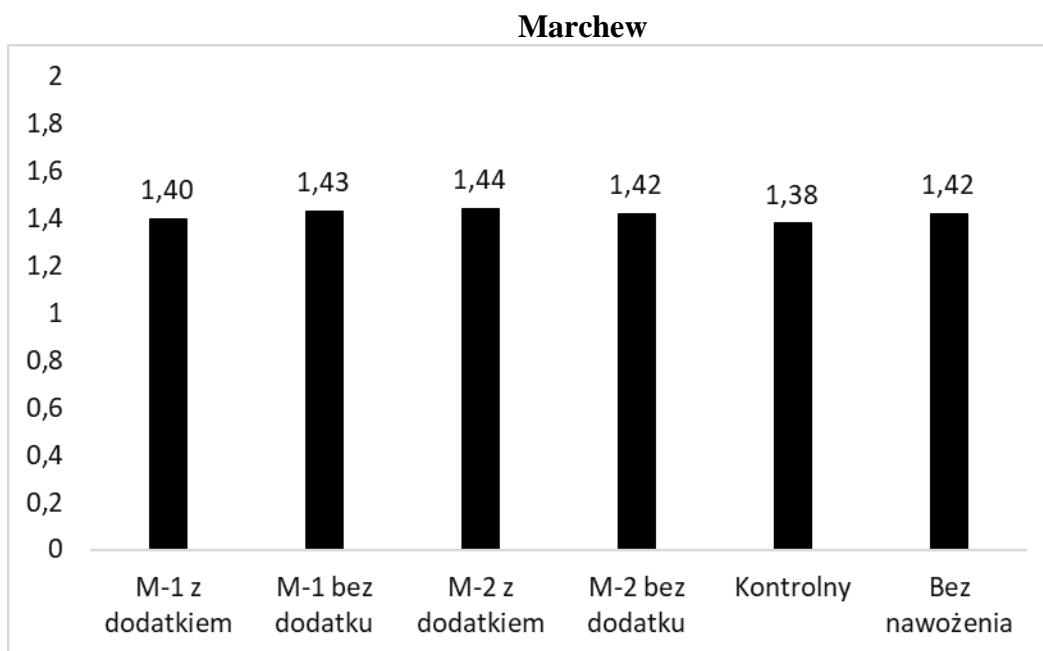
Rys. II.145. Zawartość azotu ogólnego po zbiorze buraka cukrowego (g kg⁻¹) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.146. Zawartość azotu ogólnego po zbiorze cebuli (g kg⁻¹) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.147. Zawartość azotu ogólnego po zbiorze kalafiora (g kg⁻¹) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)



Rys. II.148. Zawartość azotu ogólnego po zbiorze marchwi (g kg⁻¹) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

Zmiany zawartości azotu ogólnego w glebie, podobnie jak zawartości węgla organicznego, w tak krótkim okresie i po tylko jednorazowym zastosowaniu nawozów startowych nie można wiązać z ich oddziaływaniem na glebową materię organiczną. Największa stwierdzona różnica zawartości azotu ogólnego w glebie to $0,06 \text{ g kg}^{-1}$ gleby (rys. II.140-148). Miała ona miejsce w glebie po grochu w efekcie aplikacji nawozów Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2 z dodatkami funkcjonalnymi i Mikrogranulat-1 NP KH – M-1 bez dodatków, a także po zbiorze marchwi nawożonej nawozem Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2 i nawozem kontrolnym.

II.5.3. Analiza frakcji

Podobnie jak w etapie badań przemysłowych na poletkach, tak i w okresie prac rozwojowych, w doświadczeniach polowych, wykonano analizę frakcji materii organicznej. Oceniono zawartość w glebie: ekstrahowalnego węgla organicznego, ekstrahowalnego azotu ogólnego; węgla kwasów huminowych; azotu kwasów huminowych; węgla kwasów fulwowych i azotu kwasów fulwowych. W celu określenia ewentualnego, mimo krótkiego czasu, oddziaływania nawozów startowych w formie mikrogranulatu, zwłaszcza zawierających dodatki funkcjonalne na w/w frakcje materii organicznej analizie poddano próbki gleby po uprawie roślin różniących się wymaganiami siedliskowymi i agrotechnicznymi oraz należących zarówno do grupy roślin rolniczych, jak i warzywnych, tj.: jęczmień jary, słonecznik, groch siewny, burak cukrowy, cebula.

Tabela II.17. Frakcja organiczna gleby po zbiorze jęczmienia jarego pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

Frakcja*	Jednostka	Mikrogranulat nawozów startowych					
		M-1 z dodatkiem	M-1 bez dodatku	M-2 z dodatkiem	M-2 bez dodatku	Kontrolny	Bez nawożenia
Ce	mg kg ⁻¹	136,7	133,9	135,4	136,0	134,8	135,2
Ne	mg kg ⁻¹	1,28	1,31	1,26	1,26	1,28	1,27
Ch	mg kg ⁻¹	2855	2814	2840	2797	2815	2833
Nh	mg kg ⁻¹	211	211	220	216	219	213
Cf	mg kg ⁻¹	2408	2393	2441	2442	2416	2404
Nf	mg kg ⁻¹	227	230	232	229	225	224

* Ce – ekstrahowalny węgiel organiczny; Ne – ekstrahowalny azot ogólny; Ch – węgiel kwasów huminowych; Nh – azot kwasów huminowych; Cf – węgiel kwasów fulwowych; Nf – azot kwasów fulwowych

Tabela II.18. Frakcja organiczna gleby po zbiorze słonecznika pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

Frakcja*	Jednostka	Mikrogranulat nawozów startowych					
		M-1 z dodatkiem	M-1 bez dodatku	M-2 z dodatkiem	M-2 bez dodatku	Kontrolny	Bez nawożenia
Ce	mg kg ⁻¹	119,5	116,9	120,4	120,3	121,7	118,9
Ne	mg kg ⁻¹	1,11	1,13	1,15	1,10	1,12	1,13
Ch	mg kg ⁻¹	2216	2234	2225	2180	2203	2189
Nh	mg kg ⁻¹	196	205	205	199	200	194
Cf	mg kg ⁻¹	2188	2180	2231	2220	2220	2197
Nf	mg kg ⁻¹	201	191	192	194	195	203

* Ce – ekstrahowalny węgiel organiczny; Ne – ekstrahowalny azot ogólny; Ch – węgiel kwasów huminowych; Nh – azot kwasów huminowych; Cf – węgiel kwasów fulwowych; Nf – azot kwasów fulwowych

Tabela II.19. Frakcja organiczna gleby po zbiorze grochu pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

Frakcja*	Jednostka	Mikrogranulat nawozów startowych					
		M-1 z dodatkiem	M-1 bez dodatku	M-2 z dodatkiem	M-2 bez dodatku	Kontrolny	Bez nawożenia
Ce	mg kg ⁻¹	139,5	141,6	145,0	138,9	140,7	143,9
Ne	mg kg ⁻¹	1,69	1,69	1,72	1,76	1,73	1,70
Ch	mg kg ⁻¹	2948	2952	3007	2960	2884	2914
Nh	mg kg ⁻¹	343	338	332	333	347	335
Cf	mg kg ⁻¹	2577	2605	2559	2590	2566	2587
Nf	mg kg ⁻¹	248	240	253	247	240	251

* Ce – ekstrahowalny węgiel organiczny; Ne – ekstrahowalny azot ogólny; Ch – węgiel kwasów huminowych; Nh – azot kwasów huminowych; Cf – węgiel kwasów fulwowych; Nf – azot kwasów fulwowych

Tabela II.20. Frakcja organiczna gleby po zbiorze buraka pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

Frakcja*	Jednostka	Mikrogranulat nawozów startowych					
		M-1 z dodatkiem	M-1 bez dodatku	M-2 z dodatkiem	M-2 bez dodatku	Kontrolny	Bez nawożenia
Ce	mg kg ⁻¹	178,9	177,5	185,1	181,3	180,6	182,6
Ne	mg kg ⁻¹	2,03	1,98	1,97	2,07	2,05	2,04
Ch	mg kg ⁻¹	3693	3734	3734	3705	3688	3722
Nh	mg kg ⁻¹	361	349	366	360	347	354
Cf	mg kg ⁻¹	3218	3195	3170	3252	3167	3150
Nf	mg kg ⁻¹	298	307	298	311	312	302

* Ce – ekstrahowalny węgiel organiczny; Ne – ekstrahowalny azot ogólny; Ch – węgiel kwasów huminowych; Nh – azot kwasów huminowych; Cf – węgiel kwasów fulwowych; Nf – azot kwasów fulwowych

Tabela II.21. Frakcja organiczna gleby po zbiorze cebuli pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

Frakcja*	Jednostka	Mikrogranulat nawozów startowych					
		M-1 z dodatkiem	M-1 bez dodatku	M-2 z dodatkiem	M-2 bez dodatku	Kontrolny	Bez nawożenia
Ce	mg kg ⁻¹	151,8	152,0	154,4	148,7	150,1	147,5
Ne	mg kg ⁻¹	1,53	1,60	1,63	1,64	1,59	1,56
Ch	mg kg ⁻¹	2711	2690	2715	2690	2704	2688
Nh	mg kg ⁻¹	250	250	253	245	235	240
Cf	mg kg ⁻¹	2291	2285	2266	2289	2278	2302
Nf	mg kg ⁻¹	205	209	197	198	206	211

* Ce – ekstrahowalny węgiel organiczny; Ne – ekstrahowalny azot ogólny; Ch – węgiel kwasów huminowych; Nh – azot kwasów huminowych; Cf – węgiel kwasów fulwowych; Nf – azot kwasów fulwowych

Krótki, jednoroczny okres badań polowych nie pozwolił ujawnić się zmianom poszczególnych frakcji glebowej materii organicznej pod wpływem nawozów startowych, w tym nawozów zawierających dodatki funkcjonalne. Różnice zawartości poszczególnych frakcji na obiektach nawożonych różnymi nawozami startowymi i na obiekcie bez aplikacji takiego nawozu były bardzo małe i trudno je wiązać z nawożeniem. Różnice względne tych wielkości nie przekraczały kilku procent (tab. II.17-21).

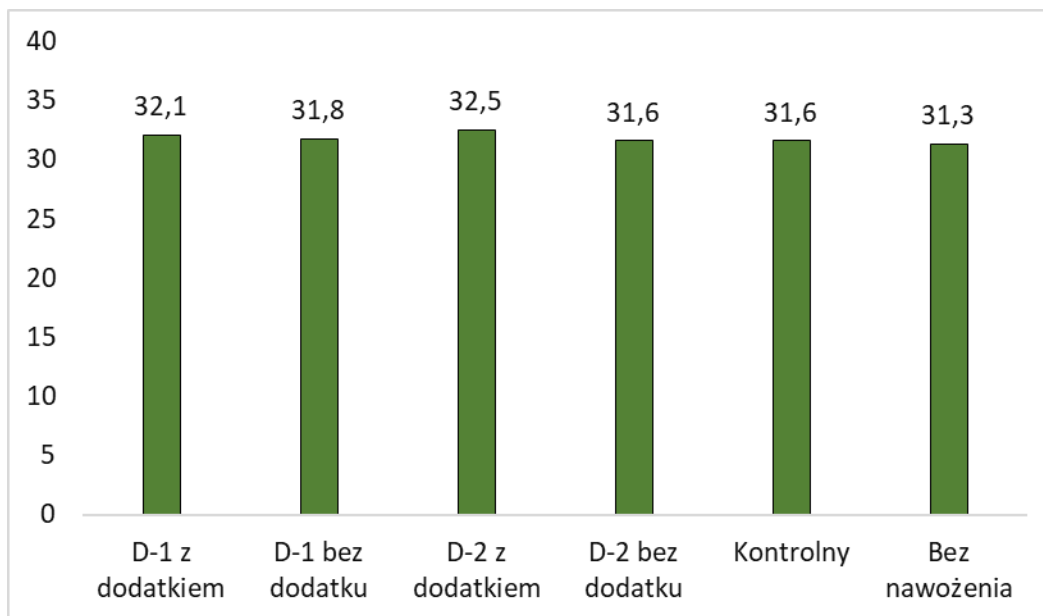
II.6. Ocena jakości materiału roślinnego (plonów) jako efekt aplikacji nawozów dolistnych

Ocenię jakości poddano organy stanowiące plon główny roślin traktowanych nawozami dolistnymi, w tym nawozami zawierającymi dodatki funkcjonalne zgodnie z założeniami projektu testowane w doświadczeniach polowych. Były to zarówno rośliny rolnicze, jak i ogrodnicze:

- Pszenica ozima
- Rzepak ozimy
- Groch
- Ziemniak
- Burak cukrowy
- Cebula
- Kalafior
- Marchew
- Jabłoń
- Truskawka
- Winorośl

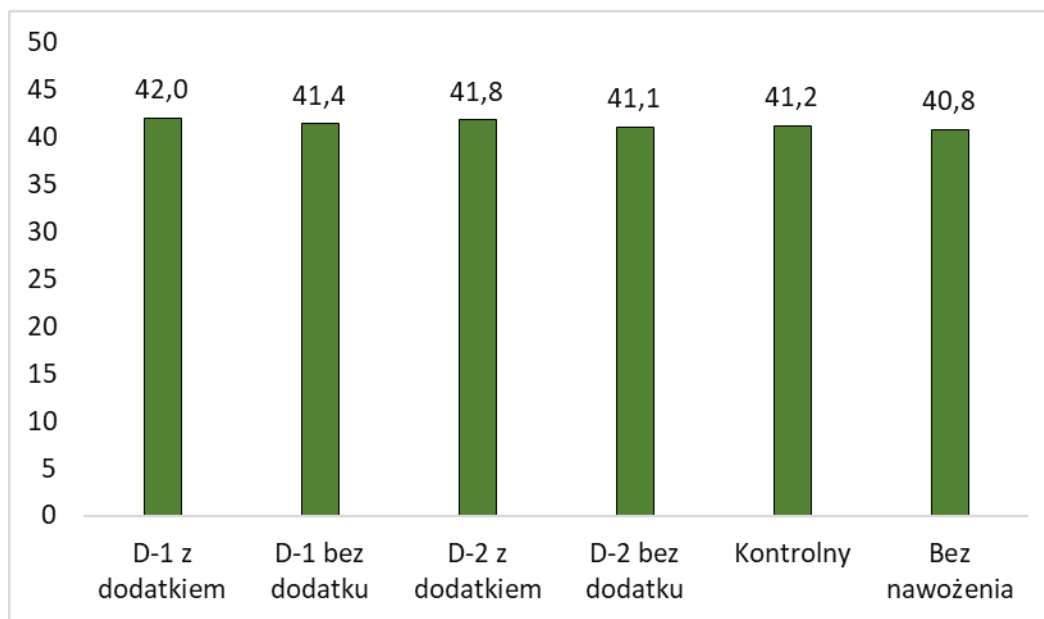
Ocenię poddano:

II.6.1. Białka glutenowe w ziarnie zbóż



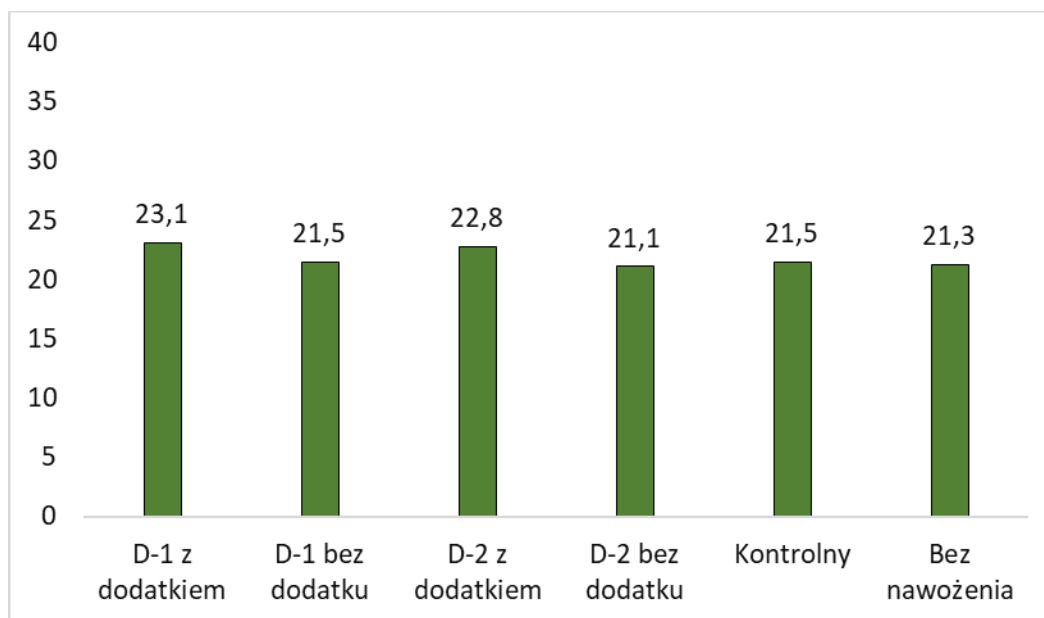
Rys. II.149. Zawartość glutenu mokrego w ziarnie pszenicy ozimej (%) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

II.6.2. Tłuszcz w nasionach roślin oleistych



Rys. II.150. Zawartość tłuszczu w nasionach rzepaku ozimego (%) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

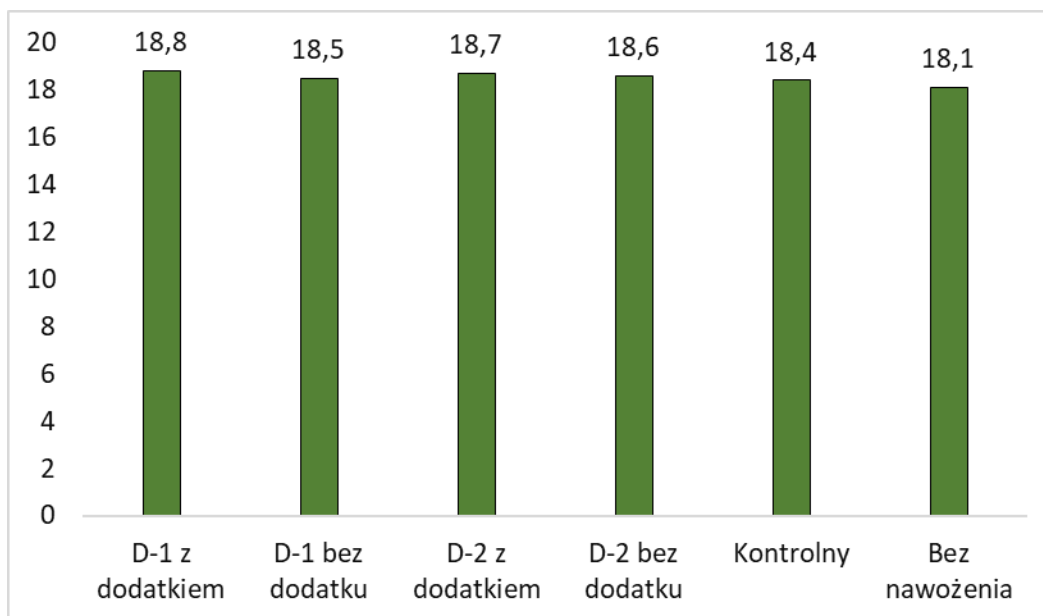
II.6.3. Białko w nasionach roślin bobowatych grubonasiennych



Rys. II.151. Zawartość białka w nasionach grochu siewnego (%) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

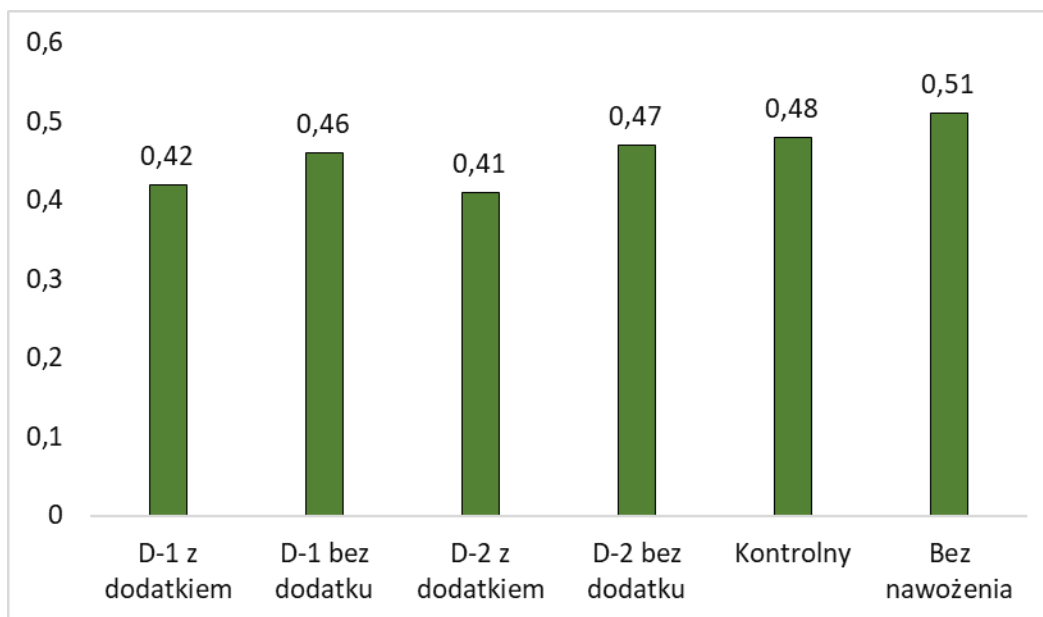
Jakość plonów roślin jest kształtowana przez czynniki genetyczny, środowiskowy i agrotechniczny. Aplikacja nawozów dolistnych według projektu zawierających dodatki funkcjonalne, w porównaniu z brakiem takiej aplikacji, spowodowała w wielu przypadkach zwiększenie zawartości składników organicznych decydujących o jakości plonu. Największy jej przyrost wystąpił pod wpływem nawozu Dolistny-1 AgKH – D-1: tłuszcz w nasionach rzepaku – 1,2%, białko w nasionach grochu – 1,8%, skrobia w bulwach ziemniaka – 0,7%. Nawóz ten spowodował również zmniejszenie zawartości składników obniżających jakość plonów: azotany w bulwach ziemniaka – 12,1%, potas w korzeniach buraka – 0,6%. Analogiczne zmiany jakości plonów pod wpływem nawozu Dolistny-2 CuKH – D-2 to: wzrost zawartości glutenu w ziarnie pszenicy o 1,2% i sacharozy w korzeniach buraka o 0,5%, a także zmniejszenie w większym stopniu niż po aplikacji nawozu Dolistny-1 AgKH – D-1: cukrów redukujących w bulwach ziemniaka i azotu alfa-aminowego w korzeniach buraka cukrowego (rys. II.149-158).

II.6.4. Skrobia w bulwach ziemniaka



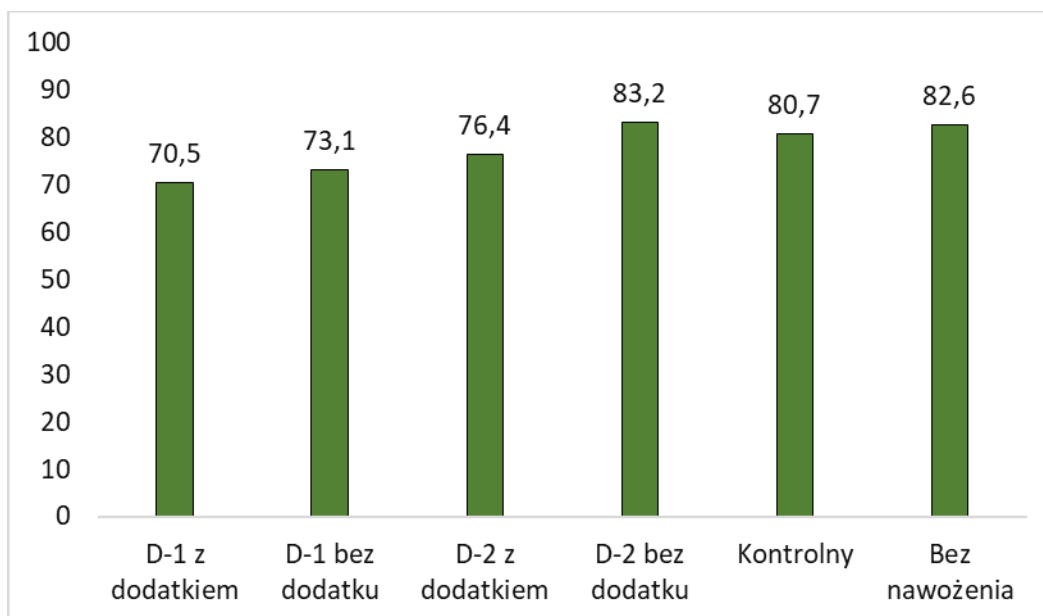
Rys. II.152. Zawartość skrobi w bulwach ziemniaka (%) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

II.6.5. Cukry redukujące w bulwach ziemniaka



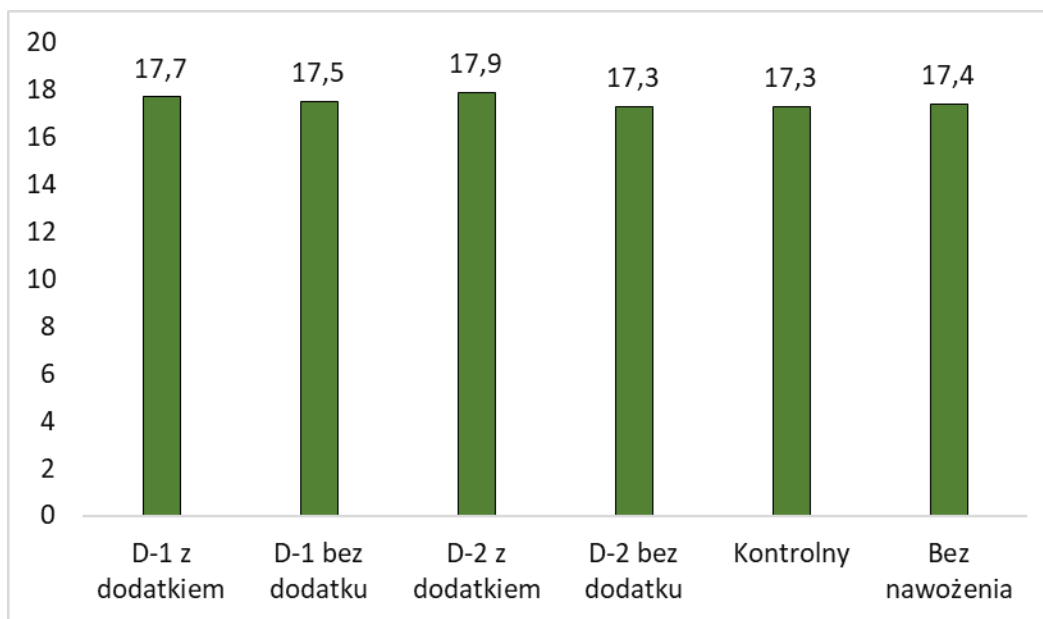
Rys. II.153. Zawartość cukrów redukujących w bulwach ziemniaka (g/100 g św. masy) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

II.6.6. Azotany w bulwach ziemniaka



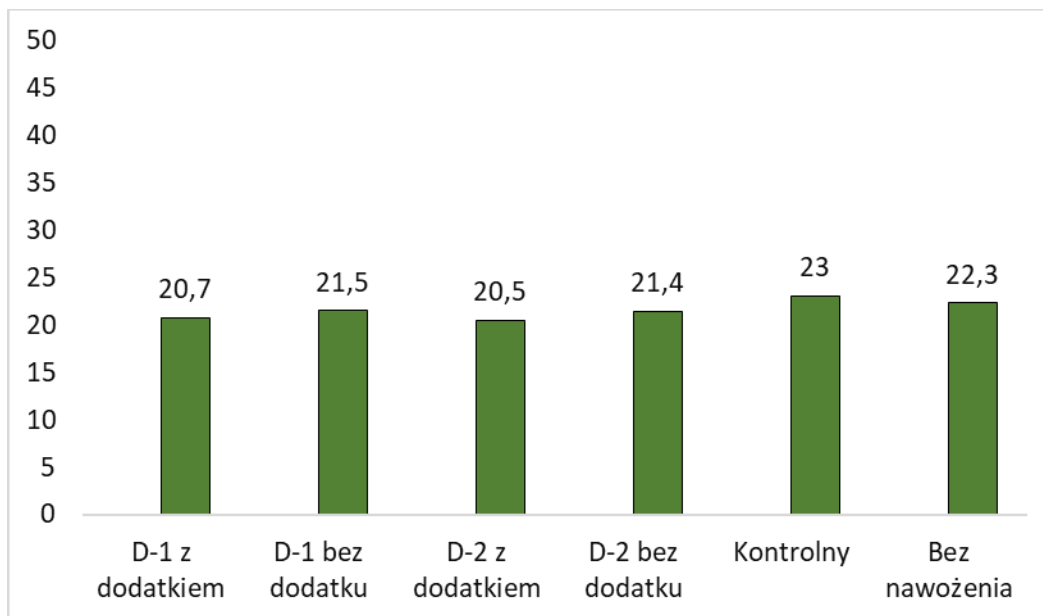
Rys. II.154. Zawartość azotanów w bulwach ziemniaka (mg/kg św.m) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

II.6.7. Sacharoza w korzeniach buraka cukrowego



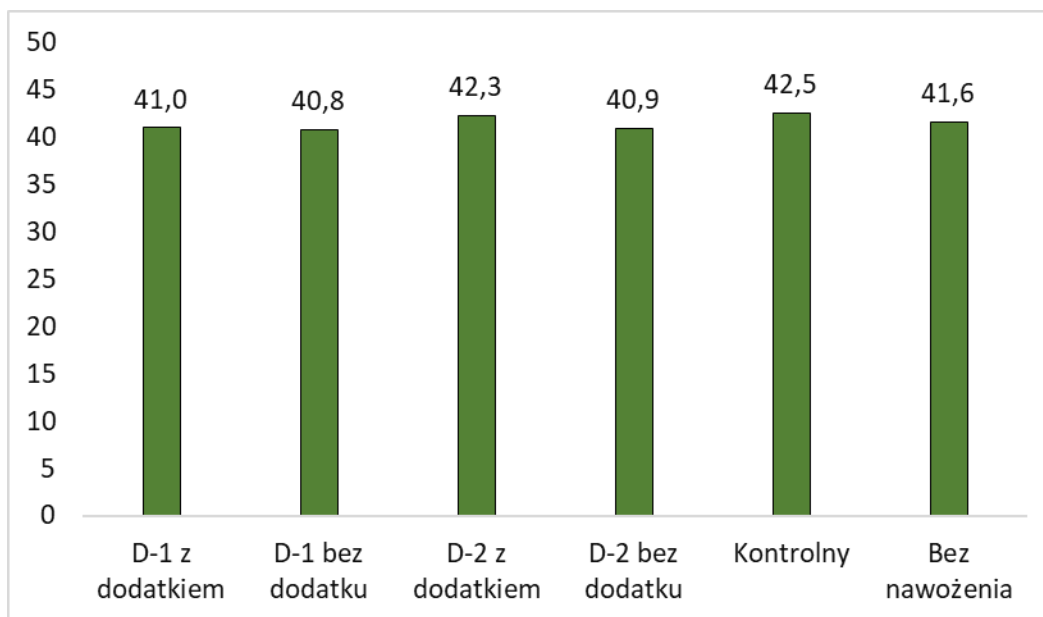
Rys. II.155. Zawartość sacharozy w korzeniach buraka cukrowego (%) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

II.6.8. Azot alfa-aminowy w korzeniach buraka cukrowego



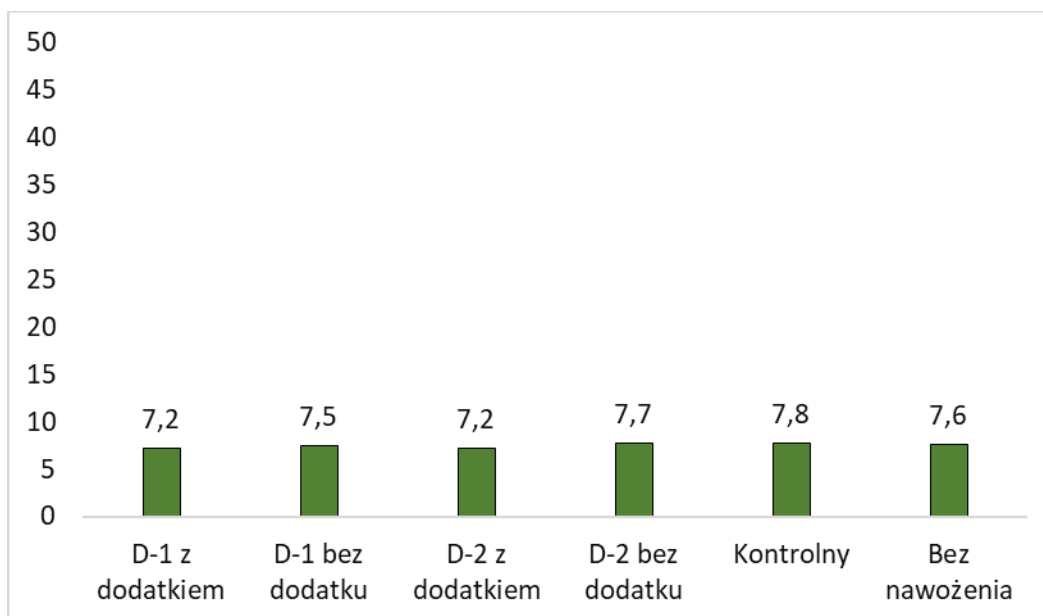
Rys. II.156. Zawartość azotu alfa-aminowego w korzeniach buraka cukrowego (mmol/kg korzeni) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

II.6.9. Potas w korzeniach buraka cukrowego



Rys. II.157. Zawartość potasu w korzeniach buraka cukrowego (mmol/kg korzeni) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

II.6.10. Sód w korzeniach buraka cukrowego



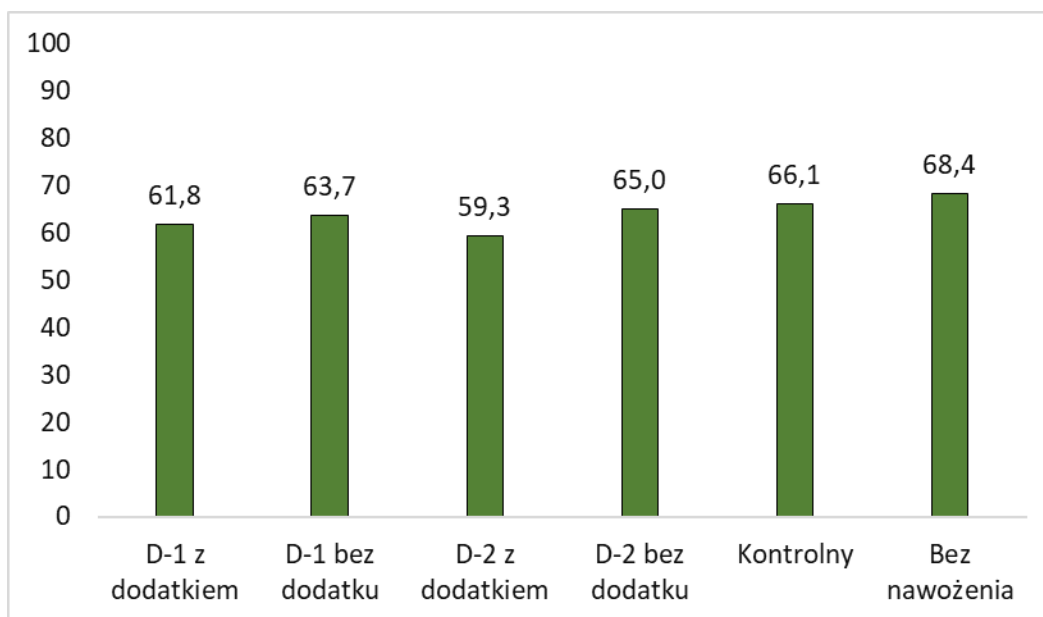
Rys. II.158. Zawartość sodu w korzeniach buraka cukrowego (mmol/kg korzeni) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

II.6.11. Azotany w plonach warzyw i owoców

- **warzywa:**

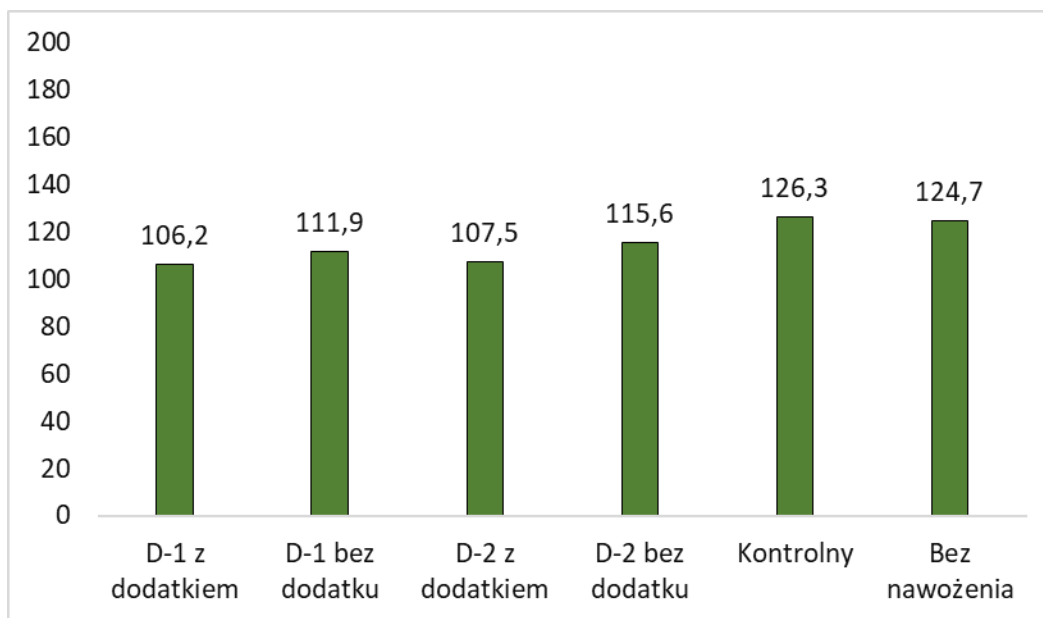
Nawozy Dolistny-1 AgKH – D-1 i Dolistny-2 CuKH – D-2 z dodatkami funkcjonalnymi stosowane w doświadczeniach polowych zmniejszyły zawartość azotanów w plonach warzyw i owoców w porównaniu z ich zawartością w plonach tych roślin nie nawożonych dolistnie – cebula, marchew, kalafior oraz w jabłkach, truskawkach i winogronach (rys. II.159-164). Jednocześnie zmniejszenie zawartości azotanów pod wpływem nawozów z dodatkami funkcjonalnymi było większe niż w wyniku oddziaływania tych nawozów, ale bez dodatków. Wyjątek stanowiła zawartość azotanów w kalafiorze pod wpływem nawozu Dolistny-2 CuKH – D-2.

a) cebula



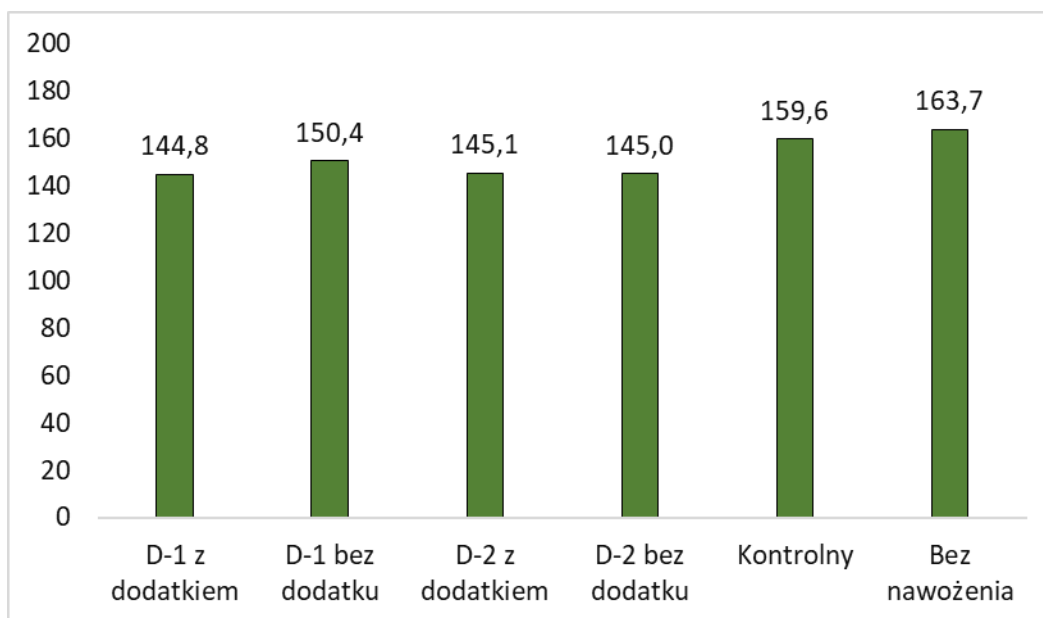
Rys. II.159. Zawartość azotanów w cebuli (mg/kg św.m) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

b) marchew



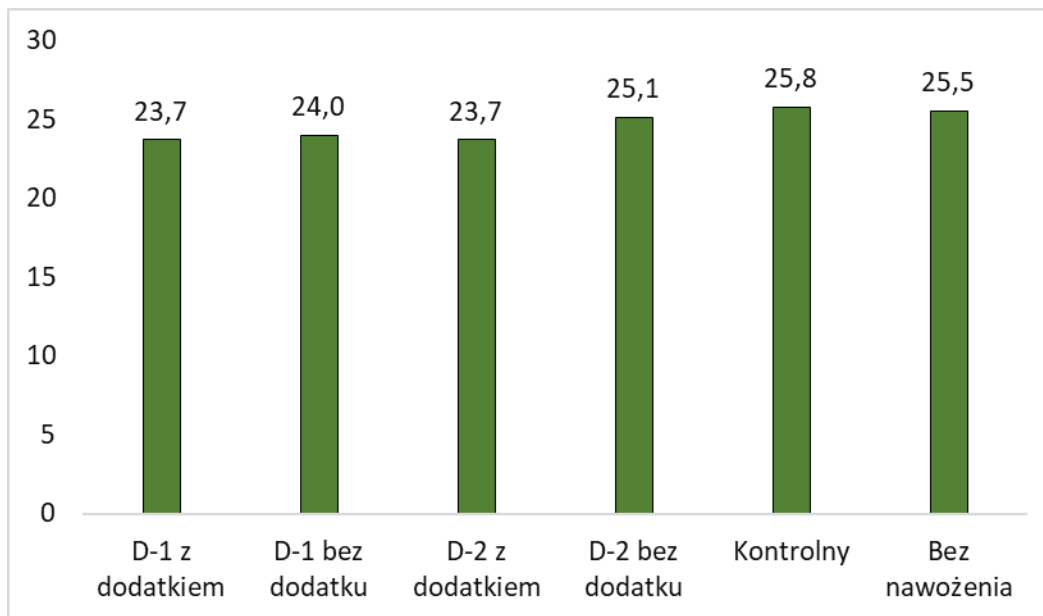
Rys. II.160. Zawartość azotanów w korzeniach marchwi (mg/kg św.m) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

c) kapustowate



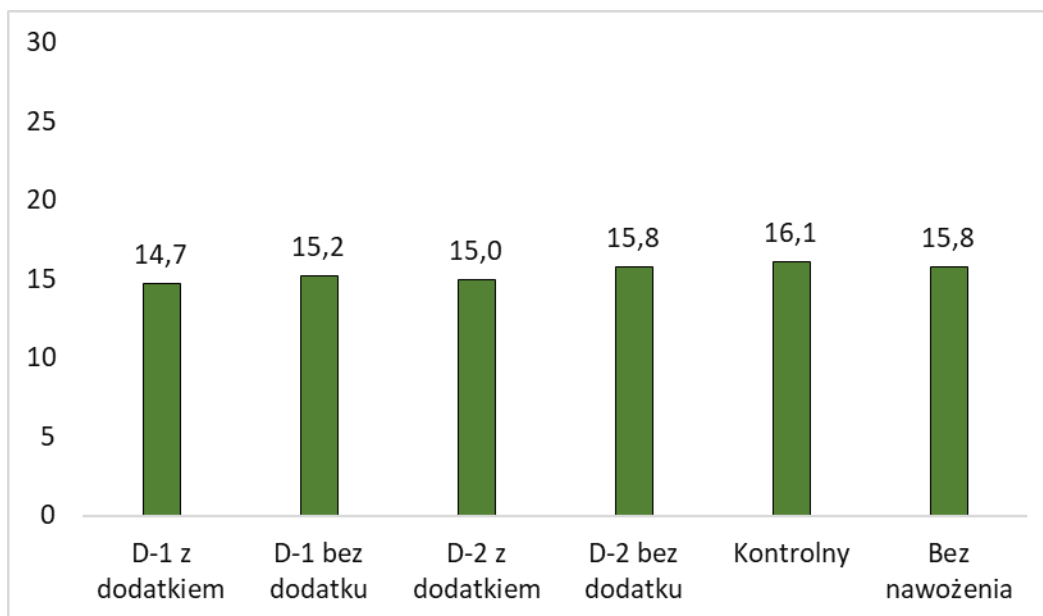
Rys. II.161. Zawartość azotanów w kalafiorze (mg/kg św.m) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

- **owoce drzew owocowych**



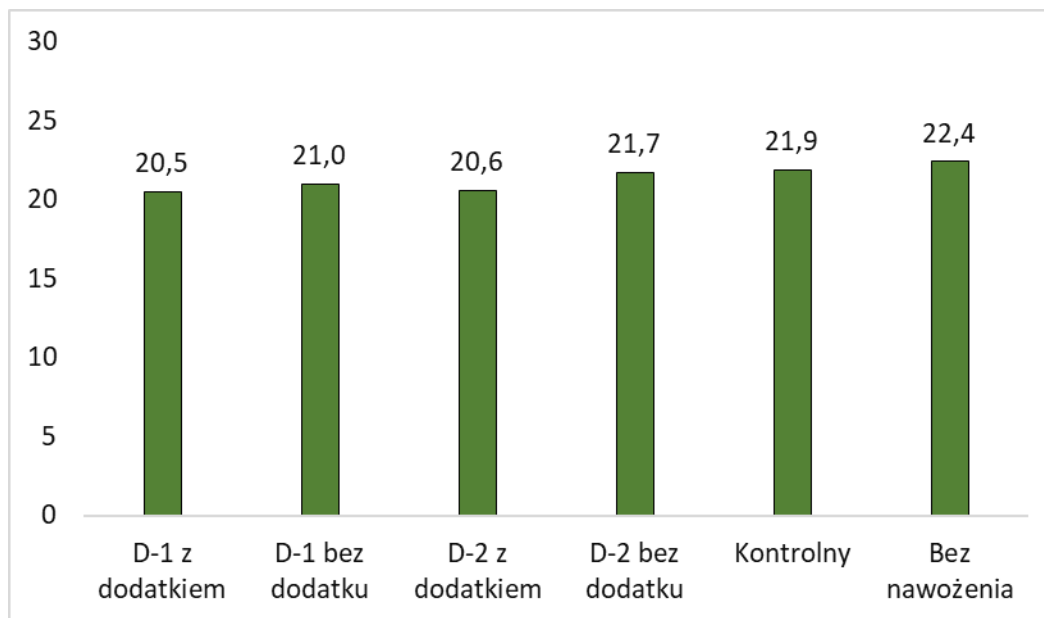
Rys. II.162. Zawartość azotanów w jabłkach (mg/kg św.m) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

- **owoce miękkie**



Rys. II.163. Zawartość azotanów w truskawkach (mg/kg św.m) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

- **winorośl**



Rys. II.164. Zawartość azotanów w winogronie (mg/kg św. m) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

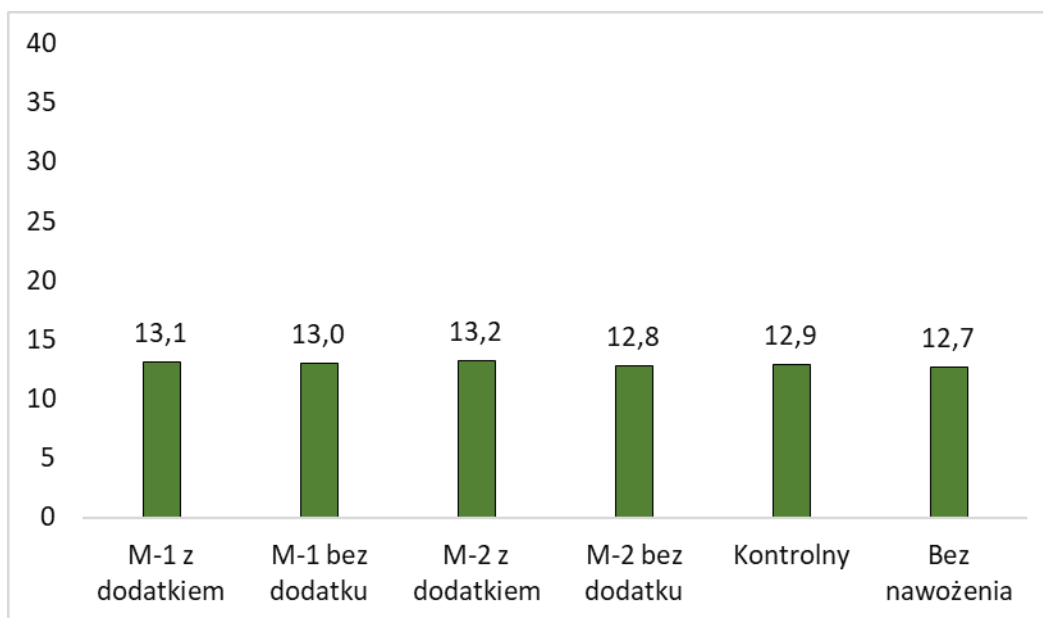
II.7. Ocena jakości materiału roślinnego (plonów) jako efekt aplikacji nawozów startowych

Po zbiorze roślin z doświadczeń – testów polowych w organach stanowiących plon określono zawartość składników decydujących o ich jakości. Badanymi gatunkami roślin były:

- Jęczmień jary
- Słonecznik
- Groch
- Ziemniak
- Burak cukrowy
- Cebula
- Kalafior
- Marchew

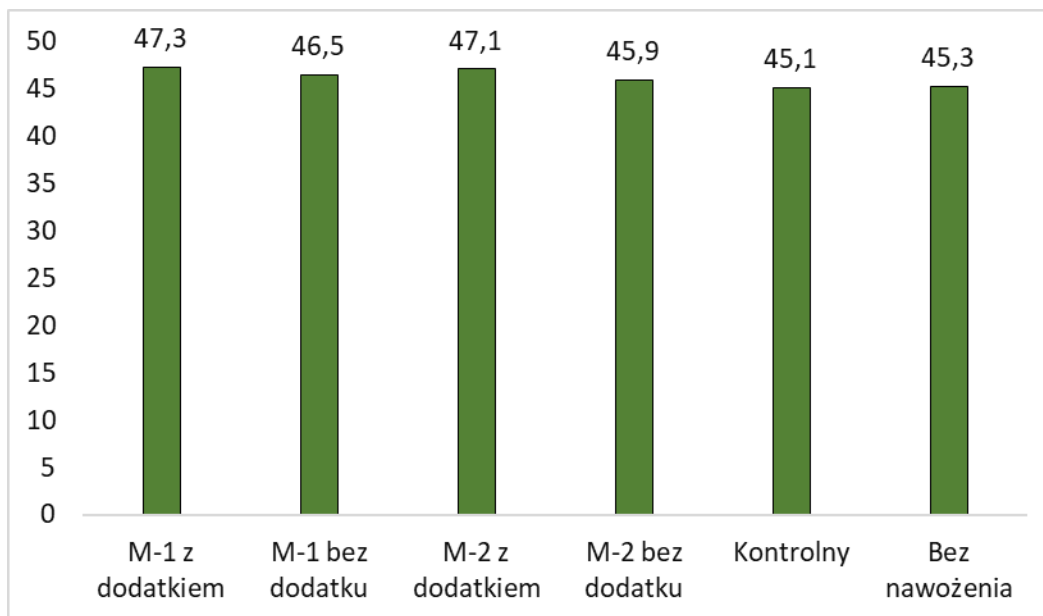
W plonach roślin rolniczych i warzywnych określono:

II.7.1. Białko w ziarnie zbóż



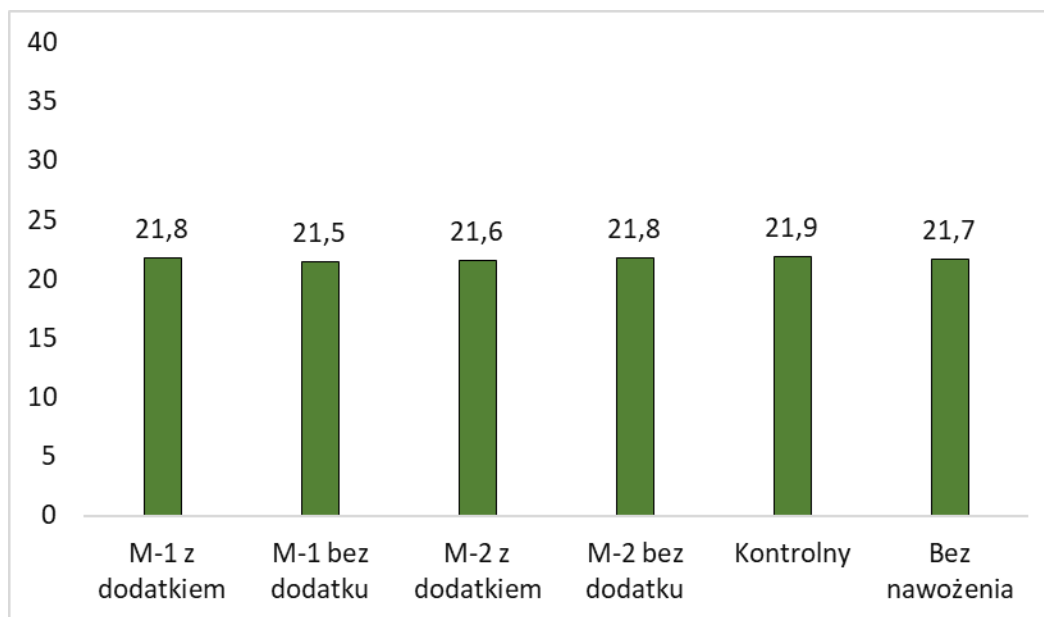
Rys. II.165. Zawartość białka w ziarnie jęczmienia jarego (%) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

II.7.2. Tłuszcz w nasionach roślin oleistych



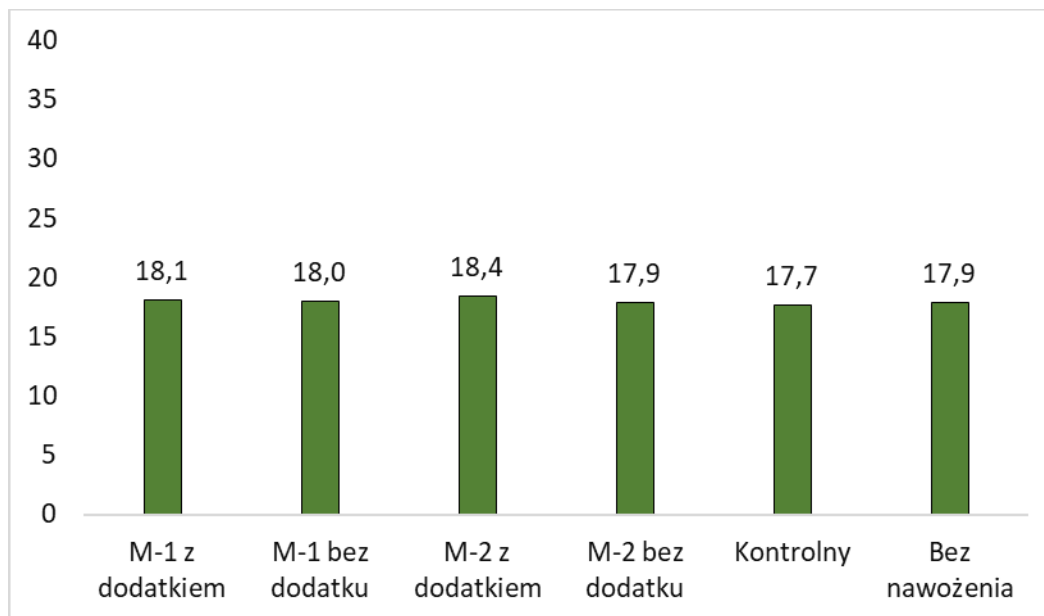
Rys. II.166. Zawartość tłuszczu w nasionach słonecznika (%) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

II.7.3. Białko w nasionach roślin bobowatych grubonasiennych



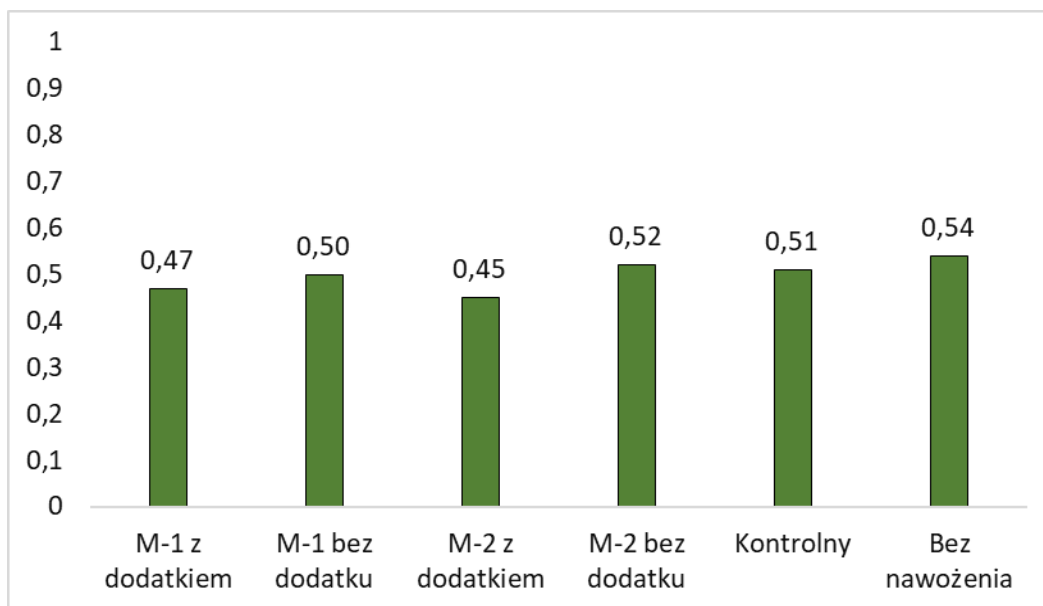
Rys. II.167. Zawartość białka w nasionach grochu (%) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

II.7.4. Skrobia w bulwach ziemniaka



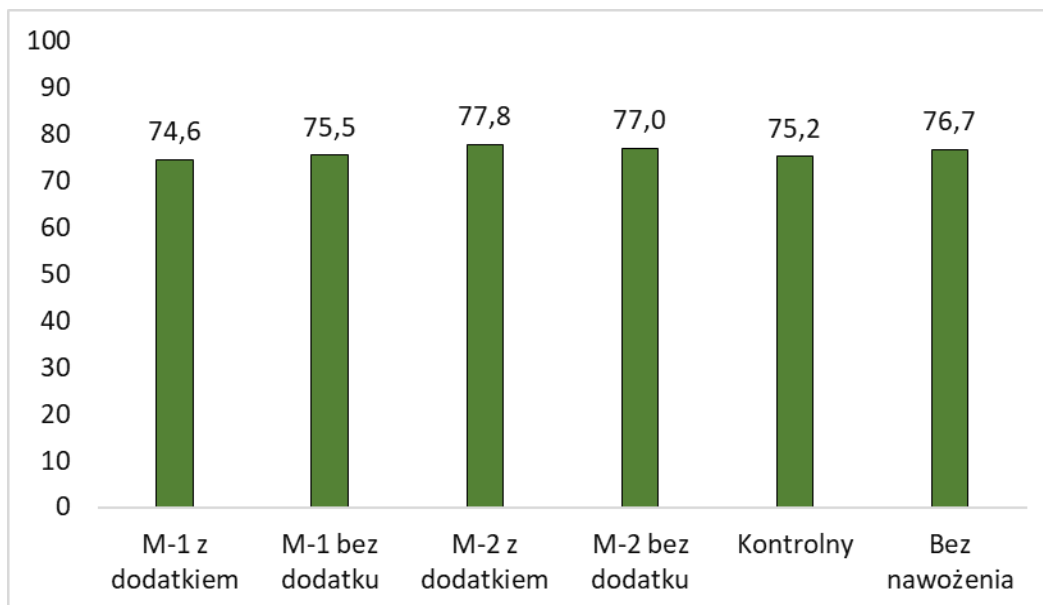
Rys. II.168. Zawartość skrobi w bulwach ziemniaka (%) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

II.7.5. Cukry redukujące w bulwach ziemniaka



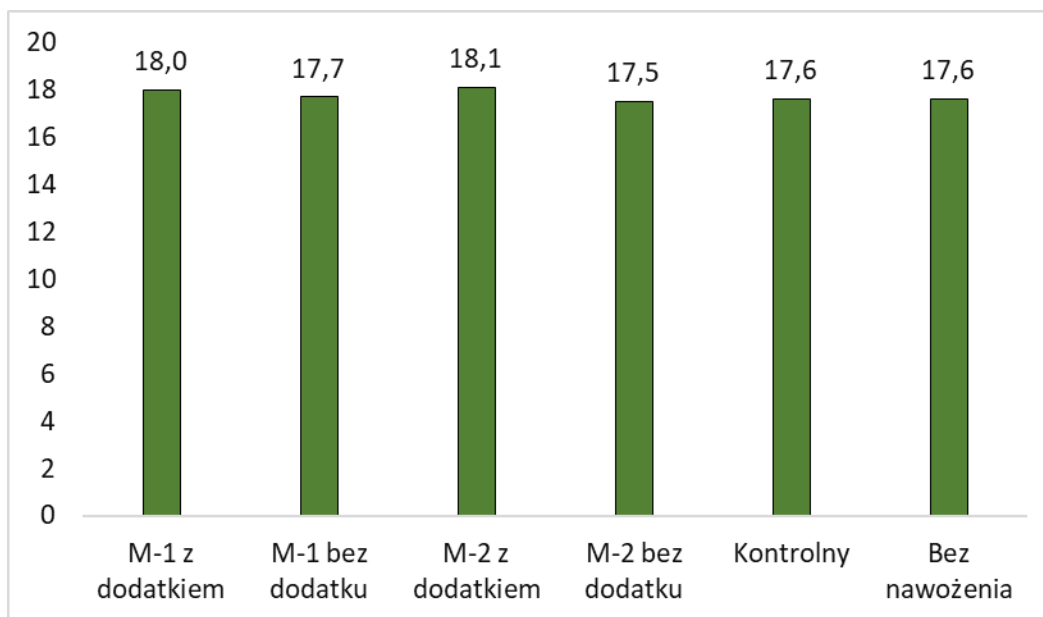
Rys. II.169. Zawartość cukrów redukujących w bulwach ziemniaka (g/100g św. masy) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

II.7.6. Azotany w bulwach ziemniaka



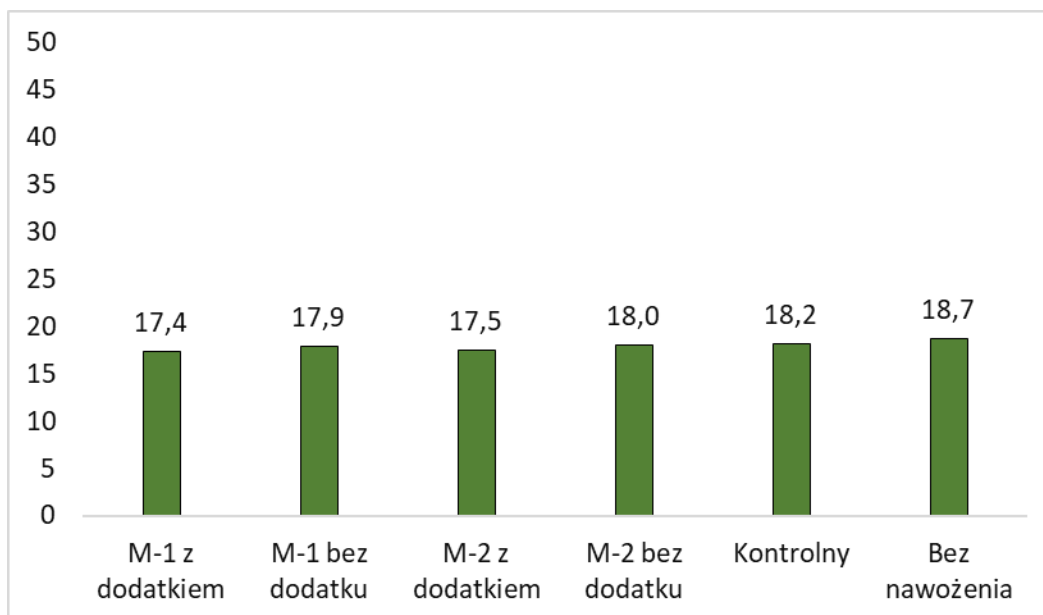
Rys. II.170. Zawartość azotanów w bulwach ziemniaka (mg/kg św. masy) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

II.7.7. Sacharoza w korzeniach buraka cukrowego



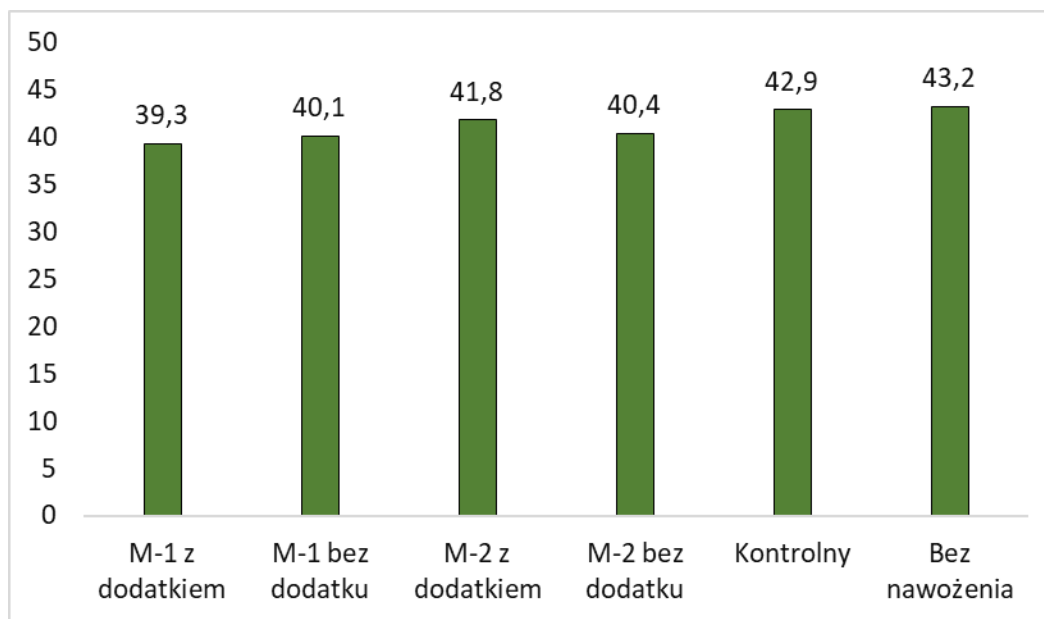
Rys. II.171. Zawartość sacharozy w korzeniach buraka cukrowego (%) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

II.7.8. Azot alfa-aminowy w korzeniach buraka cukrowego



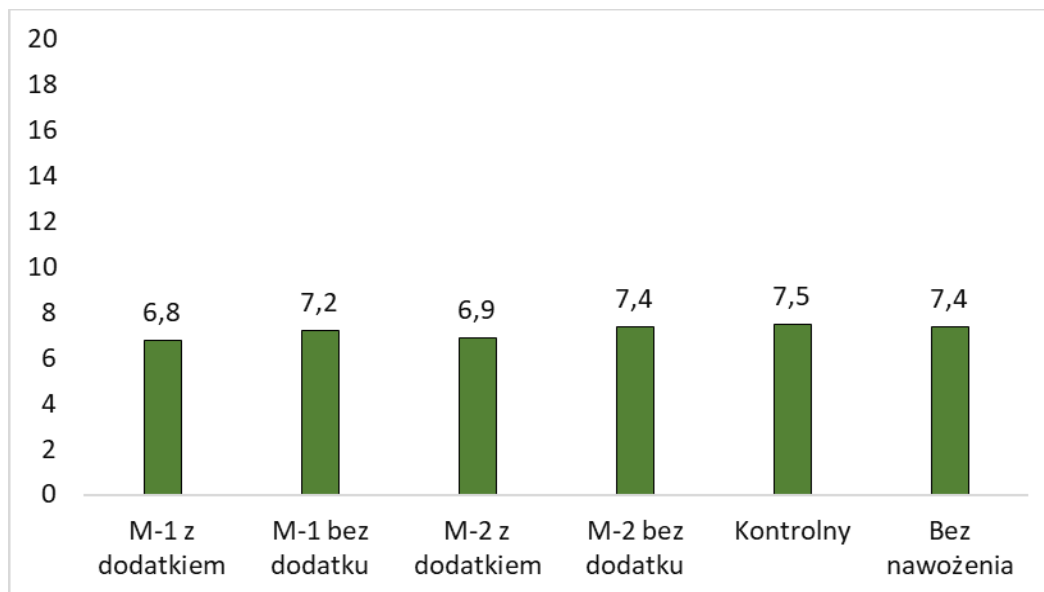
Rys. II.172. Zawartość azotu alfa-aminowego w korzeniach buraka cukrowego (mmol/kg korzeni) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

II.7.9. Potas w korzeniach buraka cukrowego



Rys. II.173. Zawartość potasu w korzeniach buraka cukrowego (mmol/kg korzeni) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

II.7.10. Sód w korzeniach buraka cukrowego



Rys. II.174. Zawartość sodu w korzeniach buraka cukrowego (mmol/kg korzeni) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

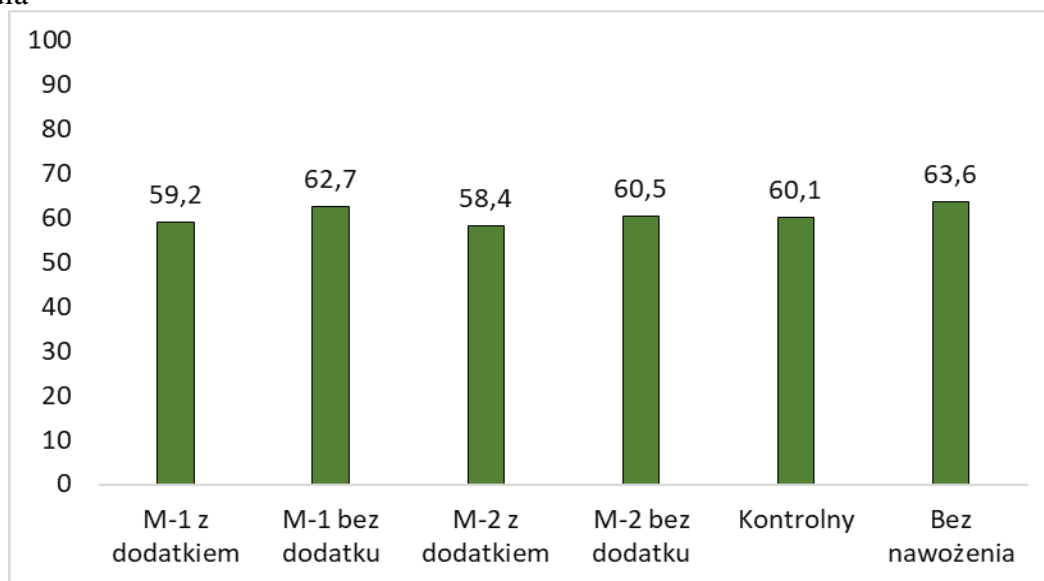
W badaniach polowych stwierdzono na ogół korzystny wpływ nawozów startowych na zawartość składników organicznych w plonach roślin (zwiększenie zawartości), jak białka w ziarnie jęczmienia jarego i nasionach grochu, tłuszczu w nasionach słonecznika, skrobi w bulwach ziemniaka, sacharozy w korzeniach buraka cukrowego i zawartość innych składników decydujących o ich jakości (mniejsza zawartość) – cukrów redukujących i azotanów w bulwach ziemniaka i melasotworów w korzeniach buraka cukrowego (rys. II.165-174). Bezwzględnie największy przyrost zawartości związków organicznych, w porównaniu z obiektem bez nawozu startowego, wystąpił pod wpływem nawozu Mikrogranulat-1 NP KH – M-1 z dodatkami funkcjonalnymi – 2,0% zawartości tłuszczu w nasionach słonecznika. Nawóz Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2 z dodatkami funkcjonalnymi zwiększył natomiast o 0,5% zawartość białka w ziarnie jęczmienia, skrobi w bulwach ziemniaka i sacharozy w korzeniach buraka.

Obydwa nawozy zawierające dodatki funkcjonalne w większym stopniu niż nawozy te bez dodatków zmniejszyły zawartość azotanów w plonach warzyw, z wyjątkiem wpływu nawozu Mikrogranulat-1 NP KH – M-1 na zawartość azotanów w korzeniach marchwi (rys. II.175-177).

II.7.11. Azotany w plonach warzyw

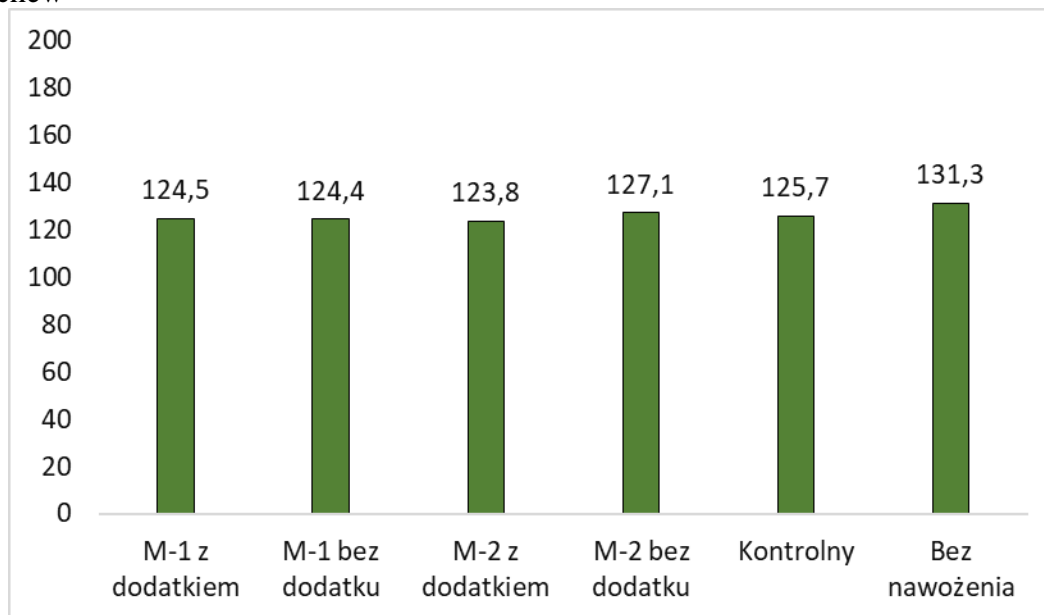
- warzywa:

a) cebula



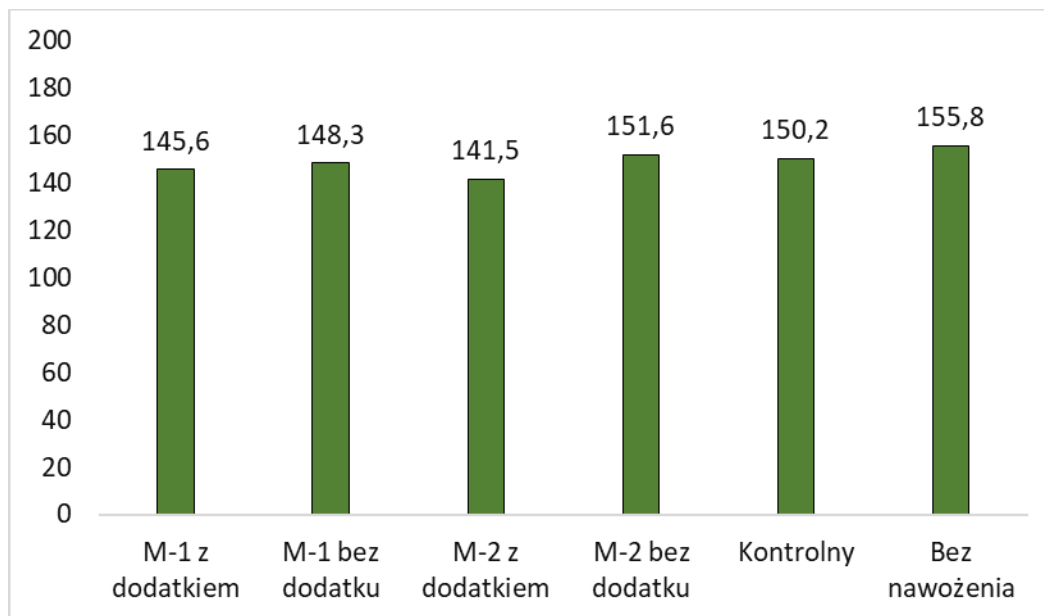
Rys. II.175. Zawartość azotanów w cebuli (mg/kg św.m) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

b) marchew



Rys. II.176. Zawartość azotanów w marchwi (mg/kg św.m) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

c) kapustowate



Rys. II.177. Zawartość azotanów w kalafiorze (mg/kg św.m) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

II.8. Ocena zawartości witaminy C i barwników w materiale roślinnym

W materiale roślinnym zebranym z obiektów doświadczeń – testów polowych, w których stosowano nawozy dolistne oraz nawozy startowe w formie mikrogranulatu oceniono:

- zawartość barwników roślinnych – chlorofilu w biomase liści,
- zawartość witaminy C w masie wegetatywnej roślin,
- zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka,
- zawartości witaminy C w warzywach i owocach,
- zawartość barwników roślinnych w warzywach i owocach.

II.8.1. Chlorofil w biomase liści

Tabela II.22. Zawartość chlorofilu w liściach (mg g^{-1} ś.m.) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

Roślina	Nawóz dolistny					
	D-1 z dodatkiem	D-1 bez dodatku	D-2 z dodatkiem	D-2 bez dodatku	Kontrolny	Bez nawożenia
Pszenica	1,66	1,54	1,63	1,57	1,56	1,50
Kukurydza	1,47	1,41	1,49	1,40	1,39	1,42
Rzepak	1,95	1,91	1,95	1,87	1,85	1,83
Groch	1,32	1,28	1,30	1,31	1,33	1,29
Ziemniak	1,21	1,15	1,19	1,16	1,17	1,14
Burak	1,46	1,38	1,47	1,40	1,38	1,41
Cebula	1,18	1,17	1,21	1,19	1,20	1,18
Kalafior	1,61	1,60	1,65	1,57	1,55	1,52
Marchew	1,38	1,34	1,41	1,37	1,37	1,33
Jabłoń	1,36	1,39	1,38	1,34	1,37	1,35
Truskawka	1,36	1,35	1,36	1,39	1,34	1,28
Winorośl	1,47	1,41	1,47	1,42	1,34	1,36

Zawartość chlorofilu w liściach roślin pod wpływem nalistnej aplikacji obu zaprojektowanych nawozów z dodatkami funkcjonalnymi była większa niż pod wpływem nawozu kontrolnego i u roślin nienawożonych (tab. II.22). Wyjątek stanowiły: groch, cebula i jabłoń, u których to roślin nawożenie dolistnie, niezależnie od rodzaju nawozu, nie spowodowało znaczącej różnicy w zawartości chlorofilu w liściach. Ponadto u pozostałych gatunków roślin nawozy z dodatkami funkcjonalnymi w większym stopniu zwiększały zawartość tego barwnika w liściach niż nawozy te bez dodatków, oprócz truskawki nawożonej nawozem Dolistny-2 CuKH – D-2.

Tabela II.23. Zawartość chlorofilu w liściach (mg g^{-1} ś.m.) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

Roślina	Nawóz dolistny					
	M-1 z dodatkim	M-1 bez dodatku	M-2 z dodatkim	M-2 bez dodatku	Kontrolny	Bez nawożenia
Jęczmień	1,49	1,46	1,52	1,47	1,45	1,38
Kukurydza	1,56	1,56	1,54	1,55	1,56	1,57
Słonecznik	1,45	1,40	1,48	1,43	1,41	1,35
Groch	1,42	1,38	1,46	1,45	1,36	1,30
Ziemniak	1,11	1,08	1,10	1,15	1,13	1,11
Burak	1,60	1,53	1,58	1,55	1,51	1,46
Cebula	1,31	1,25	1,29	1,23	1,25	1,17
Kalafior	1,60	1,55	1,63	1,56	1,57	1,52
Marchew	1,23	1,20	1,26	1,22	1,19	1,15

Nawozy startowe Mikrogranulat-1 NP KH – M-1 oraz Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2 w formie mikrogranulatu z dodatkami funkcjonalnymi zwiększyły zawartość chlorofilu w liściach wszystkich, z wyjątkiem ziemniaka i kukurydzy, gatunków roślin w porównaniu z aplikacją nawozu kontrolnego i braku nawożenia (tab. II.23). Wzrost zawartości chlorofilu pod wpływem nawozów z dodatkami funkcjonalnymi był większy niż w efekcie oddziaływania odpowiednich nawozów, ale bez dodatków

II.8.2. Witamina C w masie wegetatywnej roślin

Tabela II.24. Zawartość kwasu askorbinowego w masie roślinnej (mg 100 g⁻¹ ś.m.) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

Roślina	Nawóz dolistny					
	D-1 z dodatkami	D-1 bez dodatku	D-2 z dodatkami	D-2 bez dodatku	Kontrolny	Bez nawożenia
Pszenica	32,5	31,6	34,0	32,2	32,3	31,4
Kukurydza	51,8	49,9	53,6	51,5	51,0	48,7
Rzepak	86,7	84,8	85,5	82,4	83,3	80,6
Groch	84,0	82,2	84,9	81,4	81,6	77,1
Ziemniak	44,1	40,9	42,5	41,0	40,8	38,2
Burak	57,7	55,9	59,0	56,4	55,0	53,8
Cebula	36,2	37,0	36,9	35,9	37,4	36,5
Kalafior	46,6	44,7	47,0	45,5	45,1	42,3
Marchew	33,5	33,8	34,8	33,6	33,2	31,9
Jabłoń	26,8	26,1	25,4	26,3	26,3	25,7
Truskawka	36,3	35,0	34,7	35,1	34,8	33,1
Winorośl	22,2	20,7	21,8	19,5	18,9	20,2

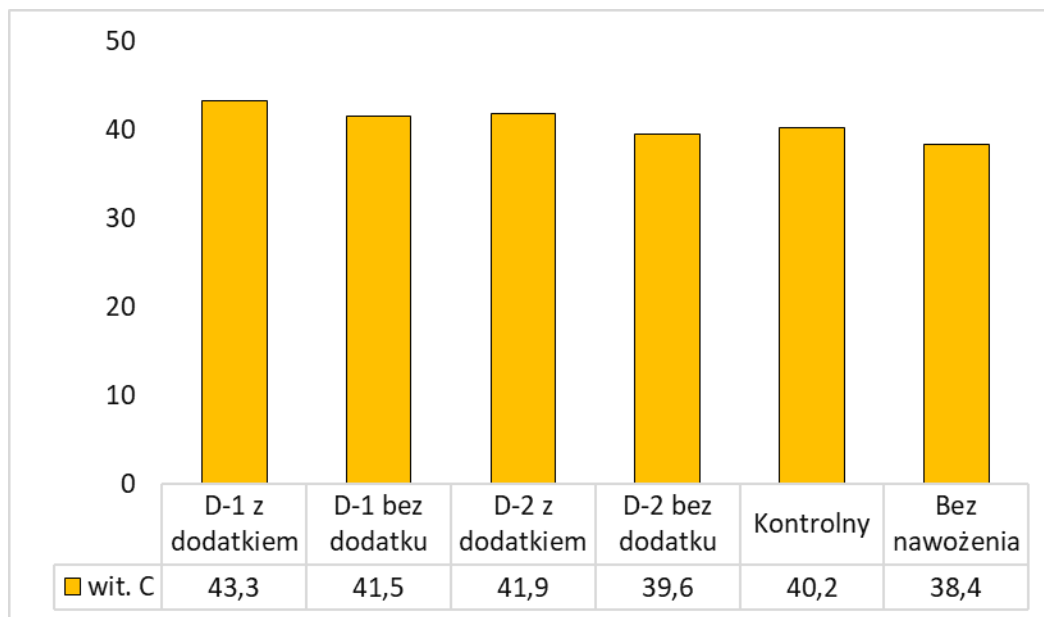
Aplikacja nawozów dolistnych nie spowodowała znaczącego zróżnicowania zawartości kwasu askorbinowego w biomacie cebuli i jabłoni (tab. II.24). U pozostałych testowanych gatunków roślin nawozy Dolistny-1 AgKH – D-1 oraz Dolistny-2 CuKH – D-2 z dodatkami funkcjonalnymi zwiększyły zawartość witaminy C w porównaniu z oddziaływaniem nawozu kontrolnego i jej zawartością w roślinach nienawożonych. Wyjątek stanowiła aplikacja nawozu Dolistny-2 CuKH – D-2 na plantacji truskawki. U rośliny tej pod wpływem nawozu Dolistny-2 CuKH – D-2 i u marchwi po zastosowaniu nawozu Dolistny-1 AgKH – D-1 z dodatkami funkcjonalnymi zawartość kwasu askorbinowego nie była większa niż po aplikacji tych nawozów bez dodatków.

Tabela II.25. Zawartość kwasu askorbinowego w masie roślinnej (mg 100 g⁻¹ ś.m.) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

Roślina	Nawóz dolistny					
	M-1 z dodatkiem	M-1 bez dodatku	M-2 z dodatkiem	M-2 bez dodatku	Kontrolny	Bez nawożenia
Jęczmień	44,8	41,5	44,8	42,0	41,9	39,2
Kukurydza	56,6	54,8	58,3	55,0	55,2	52,5
Słonecznik	53,1	51,9	52,6	50,8	51,0	48,7
Groch	73,5	73,7	72,5	71,8	73,9	73,4
Ziemniak	31,9	32,2	32,4	33,1	33,1	32,0
Burak	66,8	64,6	67,8	65,5	64,0	60,3
Cebula	52,0	50,2	52,1	49,8	50,2	47,8
Kalafior	40,3	39,1	39,7	39,6	40,2	39,4
Marchew	36,4	35,0	37,0	34,9	34,5	33,1

Nawozy startowe, niezależnie od rodzaju, nie różnicowały znacząco zawartość kwasu askorbinowego w biomacie grochu siewnego, ziemniaka i kalafiora (tab. II.25). U pozostałych gatunków roślin zawartość witaminy C w biomacie pod wpływem obu nawozów startowych z dodatkami funkcjonalnymi była większa niż u roślin nienawożonych i nawożonych nawozem kontrolnym. U tych roślin obydwie zaprojektowane nawozy, tj. Mikrogranulat-1 NP KH – M-1 i Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2, zawierające dodatki funkcjonalne zwiększały zawartość kwasu askorbinowego w masie roślinnej w większym stopniu niż nawozy pozbawione tych dodatków.

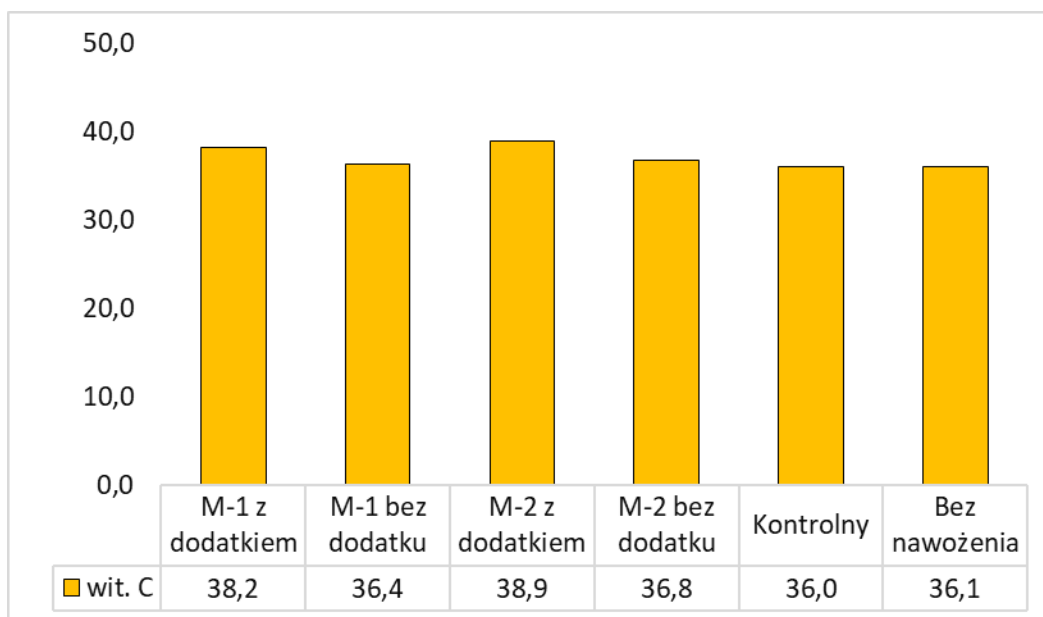
II.8.3. Witamina C w bulwach ziemniaka



Rys. II.178. Zawartość kwasu askorbinowego w bulwach ziemniaka ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

Obydwa zaprojektowane nawozy (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2) z dodatkami funkcjonalnymi zwiększyły zawartość kwasu askorbinowego w bulwach w porównaniu z bulwami ziemniaka nienawożonego i nawożonego dolistnie nawozem kontrolnym (rys. II.178). Oddziaływanie nawozów z dodatkami funkcjonalnymi na tę cechę jakości bulw było większe niż nawozów bez dodatków.

Także w nawozach startowych Mikrogranulat-1 NP KH – M-1 oraz Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2 dodatki funkcjonalne spowodowały, że wzrost zawartości witaminy C w bulwach był większy niż pod wpływem nawozów bez dodatków. Najwięcej witaminy C w odniesieniu do roślin nienawożonych lub nawożonych nawozem kontrolnym zawierały bulwy ziemniaka nawożonego nawozem Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2 z dodatkami funkcjonalnymi (rys. II.179).



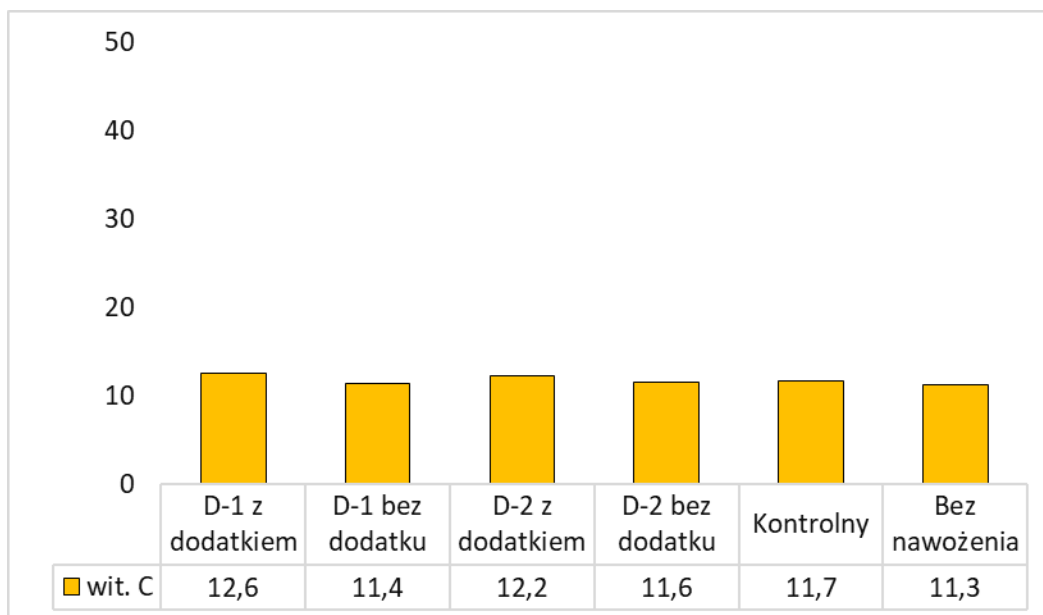
Rys. II.179. Zawartość kwasu askorbinowego w bulwach ziemniaka ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

II.8.4. Witamina C w warzywach

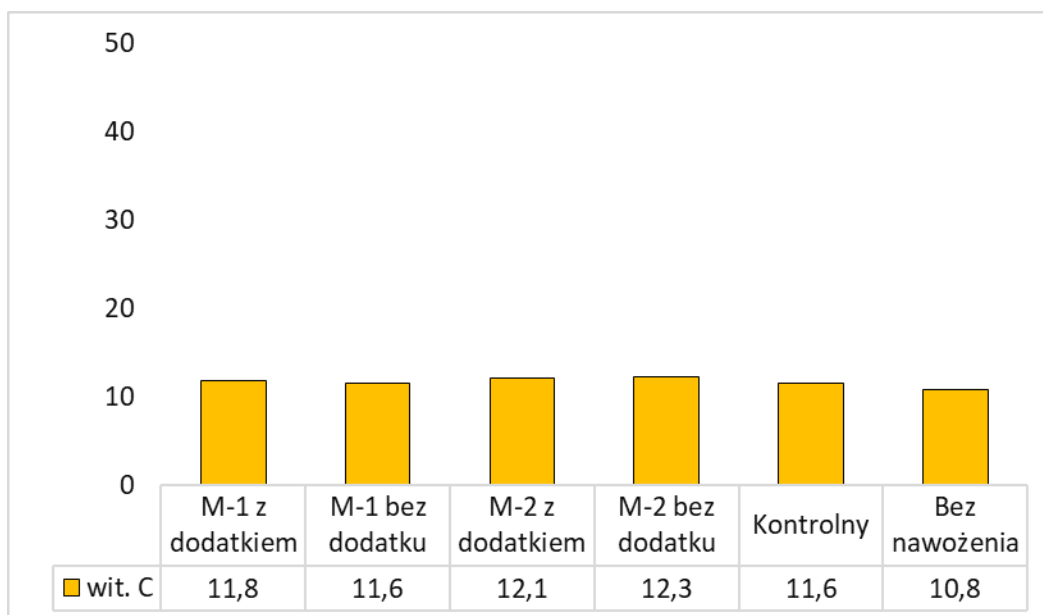
a) cebula

Największa zawartość kwasu askorbinowego w cebuli nawożonej dolistnie wystąpiła pod wpływem nawozu Dolistny-1 AgKH – D-1 z dodatkami funkcjonalnymi (rys. II.180). Również pod wpływem nawozu Dolistny-2 CuKH – D-2 z dodatkami zawartość witaminy C w cebuli była większa niż w wyniku aplikacji tego nawozu bez dodatku, nawozu kontrolnego i u roślin nienawożonych dolistnie.

Obecność dodatków funkcjonalnych tylko w nawozie startowym Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, w porównaniu z nawozem bez dodatków, wpłynęła korzystnie na zawartość kwasu askorbinowego w cebuli, chociaż pod wpływem obydwu nawozów jego zawartość była większa niż u roślin nienawożonych czy nawożonych nawozem kontrolnym (rys. II.181).

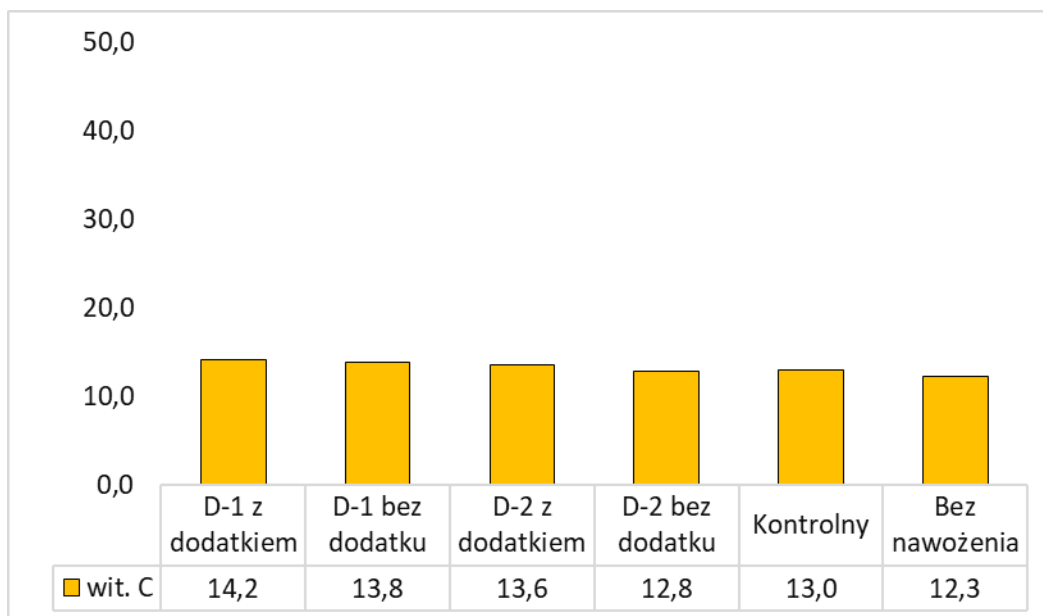


Rys. II.180. Zawartość kwasu askorbinowego w cebuli ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

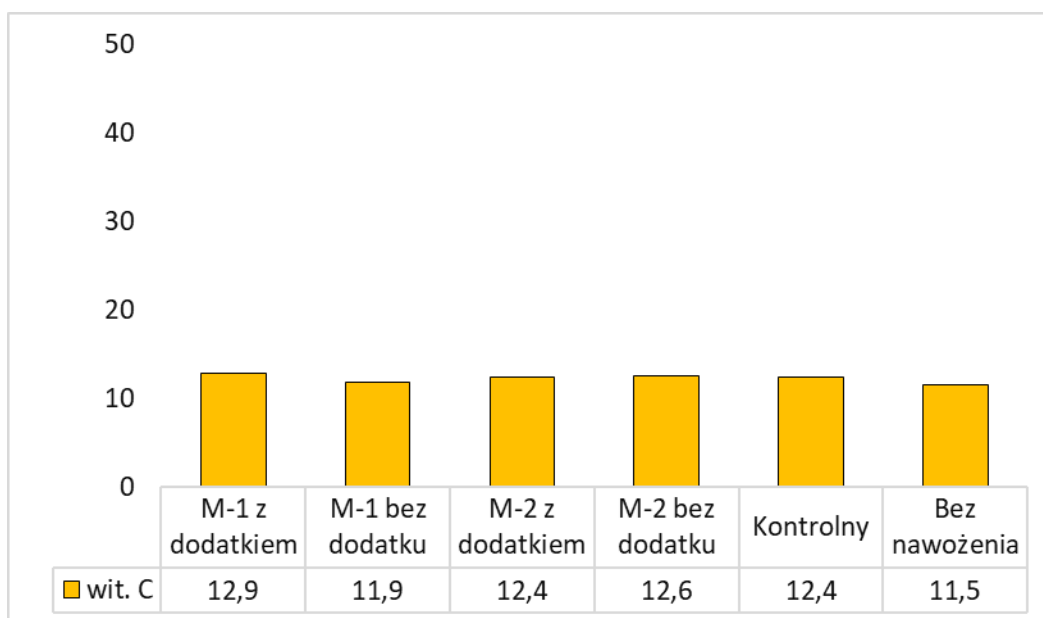


Rys. II.181. Zawartość kwasu askorbinowego w cebuli ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

b) marchew



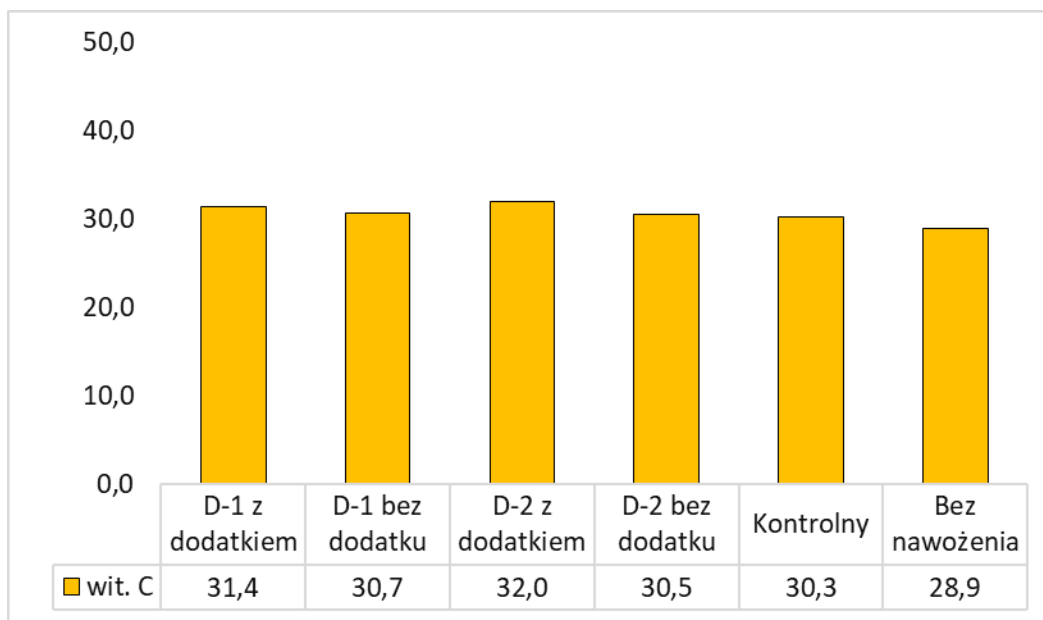
Rys. II.182. Zawartość kwasu askorbinowego w korzeniach marchwi ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)



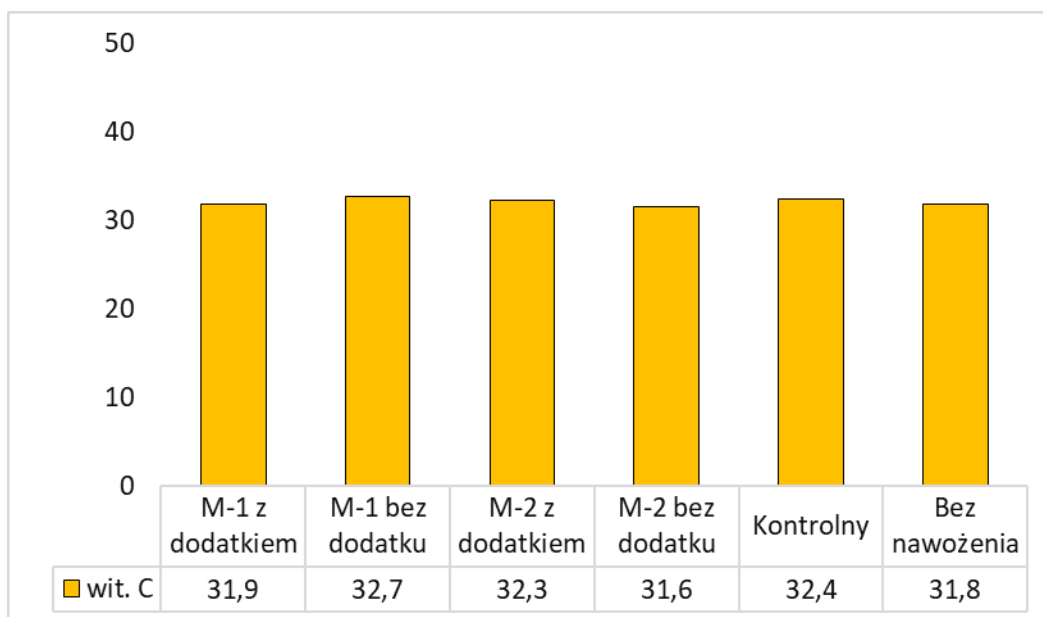
Rys. II.183. Zawartość kwasu askorbinowego w korzeniach marchwi ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

W testach polowych z marchwią, podobnie jak z cebulą, dodatki funkcjonalne w obydwu nawozach dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2) i w nawozie startowym Mikrogranulat-1 NP KH – M-1 zwiększyły zawartość kwasu askorbinowego w korzeniach marchwi w porównaniu z nawozami bez dodatków, nawozem kontrolnym i roślinami nienawożonymi. Najwięcej witaminy C zawierały korzenie marchwi nawożonej nawozami z dodatkami – dolistnie nawozem Dolistny-1 AgKH – D-1 (rys. II.182) i mikrogranuletem nawozu startowego – Mikrogranulat-1 NP KH – M-1 (rys. II.183).

c) kapustowate



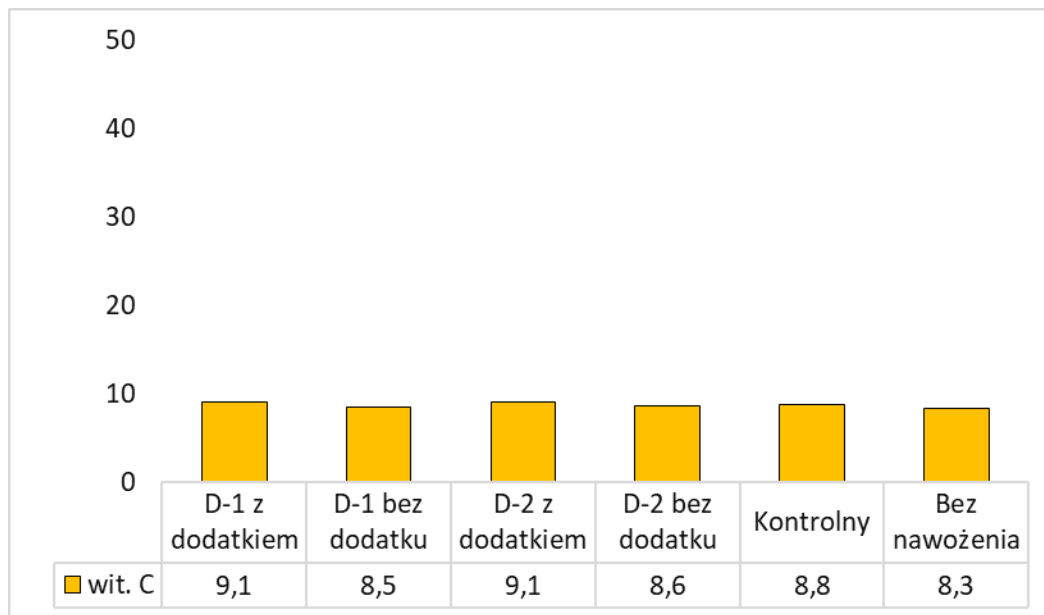
Rys. II.184. Zawartość kwasu askorbinowego w różach kalafiora ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)



Rys. II.185. Zawartość kwasu askorbinowego w różach kalafiora ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

Nawozy dolistne z dodatkami funkcjonalnymi Dolistny-1 AgKH – D-1, a zwłaszcza Dolistny-2 CuKH – D-2 spowodowały zwiększenie zawartości kwasu askorbinowego w różach kalafiora w porównaniu z roślinami nienawożonymi, nawożonymi nawozem kontrolnym i nawozami bez dodatków (rys. II.184). Natomiast róże kalafiora nawożonego różnymi mikrogranulowanymi nawozami startowymi, jak i roślin nienawożonych zawierały zbliżoną ilość witaminy C (rys. II.185). Maksymalna różnica zawartości kwasu askorbinowego w różach kalafiora nawożonego nawozem kontrolnym i nawozem Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2 bez dodatków funkcjonalnych wyniosła tylko $0,8 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$ – 2,5%.

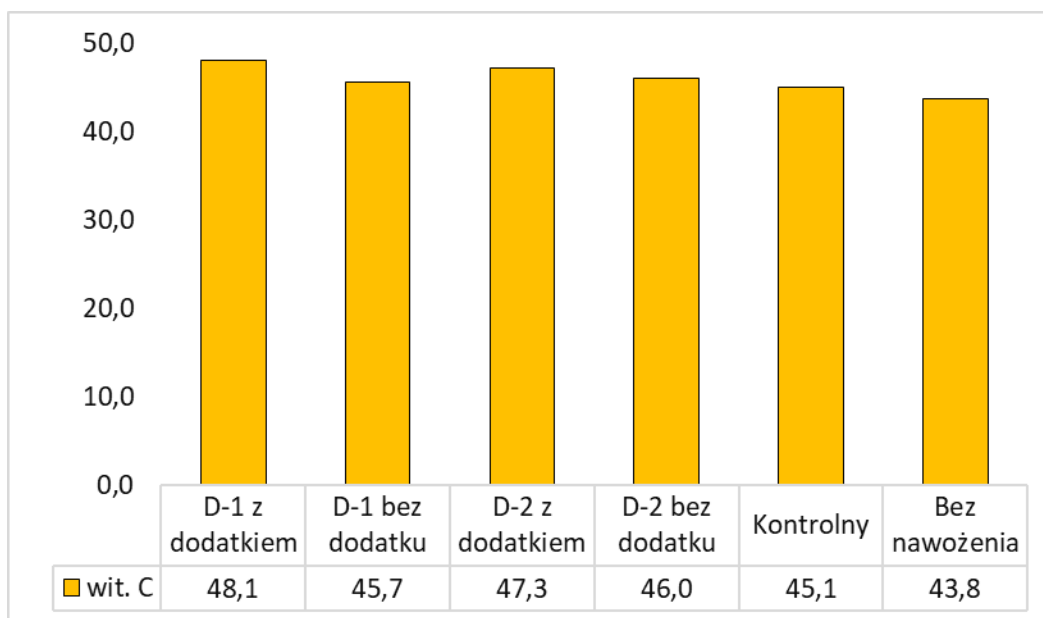
II.8.5. Witamina C w owocach drzew



Rys. II.186. Zawartość kwasu askorbinowego w jabłkach ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ś.m.) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

Nawożenie dolistne zwiększyło zawartość witaminy C w jabłkach o $0,3 - 0,8 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ś.m. (rys. II.186). Najwięcej kwasu askorbinowego występowało w owocach roślin nawożonych nawozami Dolistny-1 AgKH – D-1 z dodatkami funkcjonalnymi oraz Dolistny-2 CuKH – D-2 z dodatkami – $9,1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ś.m.

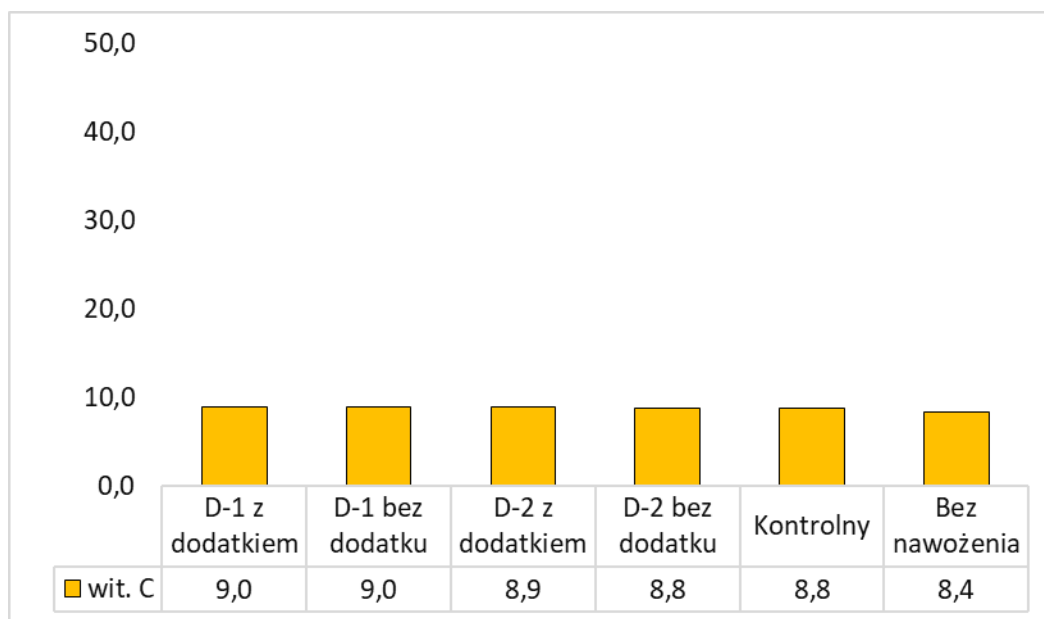
II.8.6. Witamina C w owocach miękkich



Rys. II.187. Zawartość kwasu askorbinowego w owocach truskawki ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

Nawożenie dolistne, zwłaszcza nawozami z dodatkami funkcjonalnymi, zwiększyło również zawartość kwasu askorbinowego w owocach truskawki zarówno w porównaniu z roślinami nienawożonymi dolistnie, jak i nawożonymi nawozem kontrolnym (rys. II.187). Najwięcej witaminy C występowało w owocach truskawki pod wpływem nawozu Dolistny-2 CuKH – D-2 z dodatkami funkcjonalnymi.

II.8.7. Witamina C w owocach winorośli

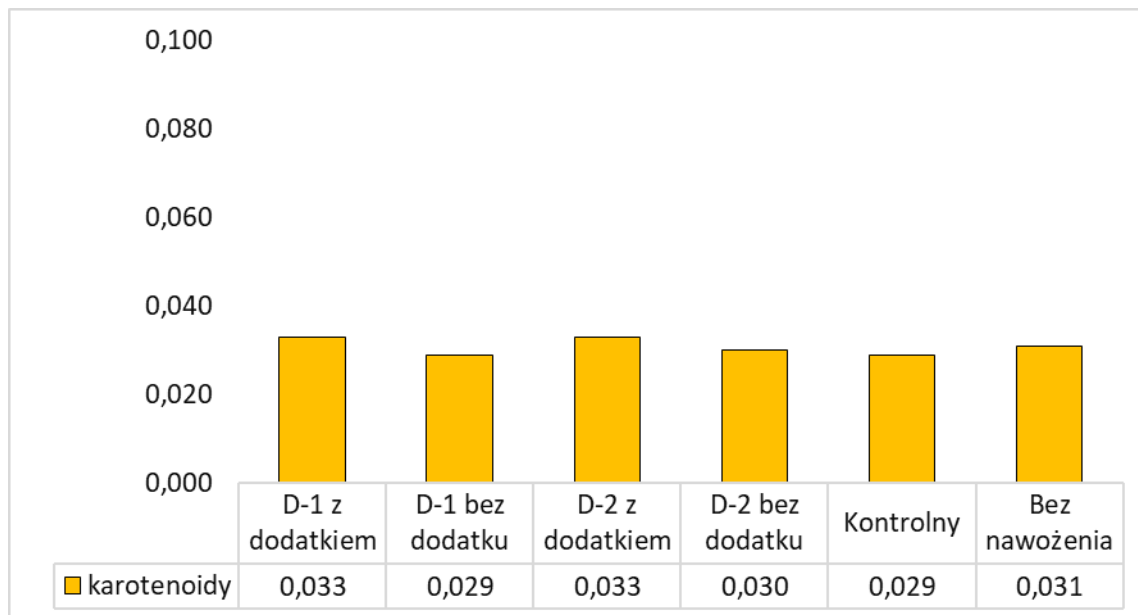


Rys. II.188. Zawartość kwasu askorbinowego w winogronie ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

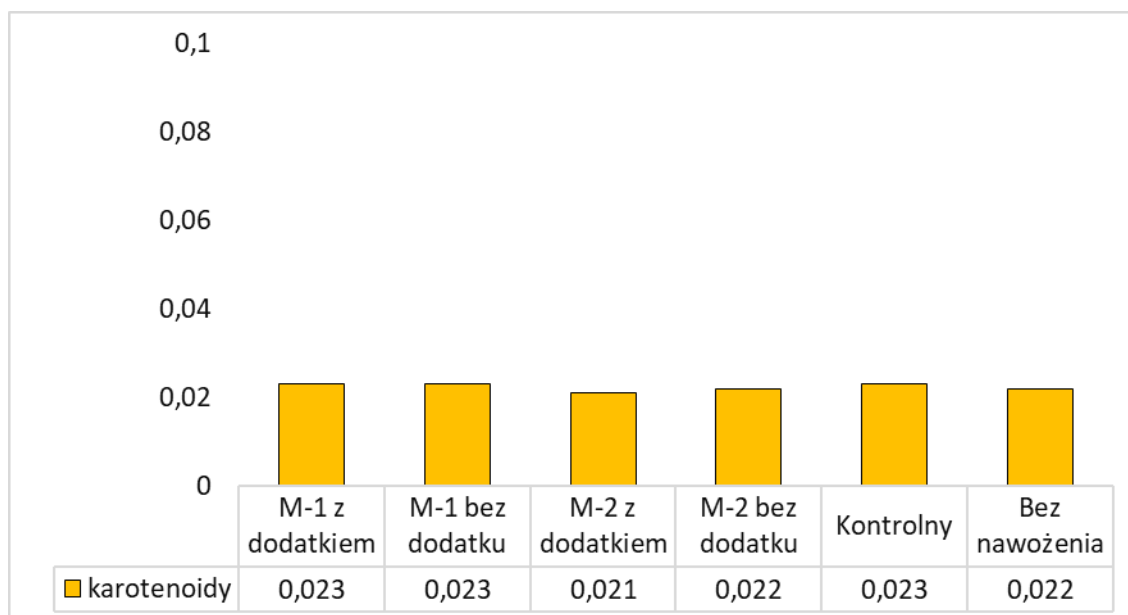
Winogrona z roślin nawożonych dolistnie zawierały więcej kwasu askorbinowego niż z winorośli nienawożonej (rys. II.188). Najwięcej witaminy C w owocach występowało po aplikacji nawozu Dolistny-1 AgKH – D-1 z dodatkami funkcjonalnymi, a następnie Dolistny-2 CuKH – D-2 z dodatkami.

II.8.8. Barwniki roślinne w warzywach

a) cebula

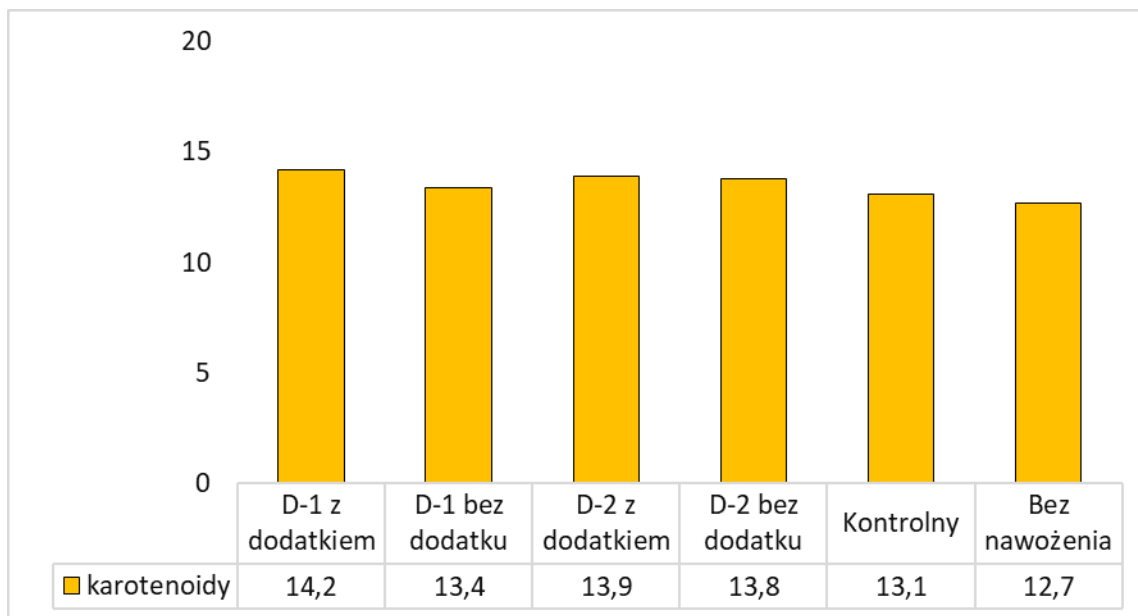


Rys. II.189. Zawartość karotenoidów w cebuli ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

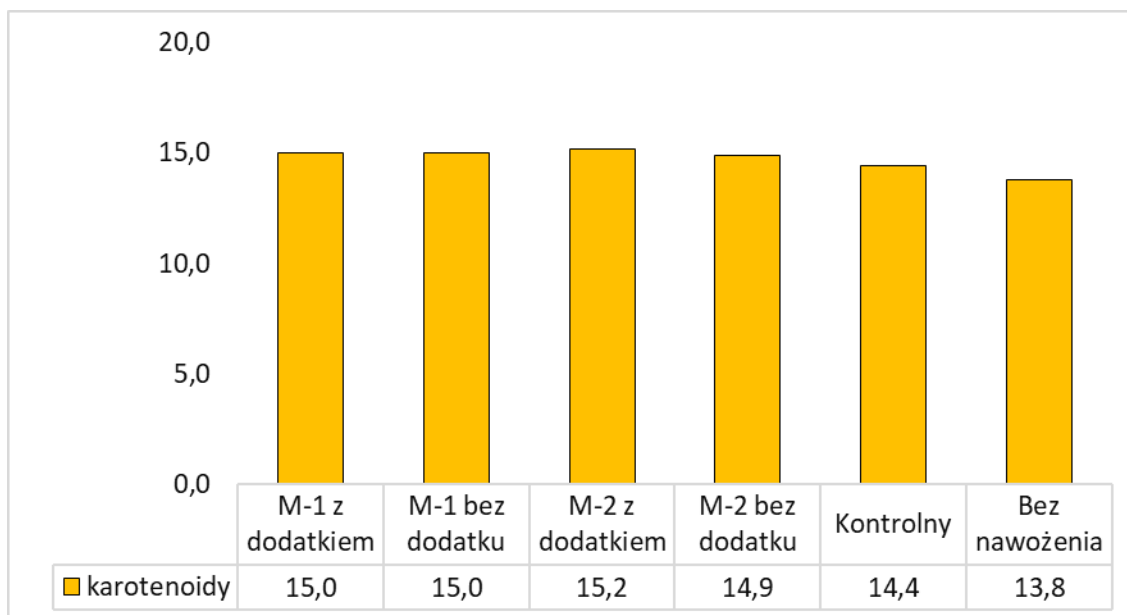


Rys. II.190. Zawartość karotenoidów w cebuli ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

b) marchew

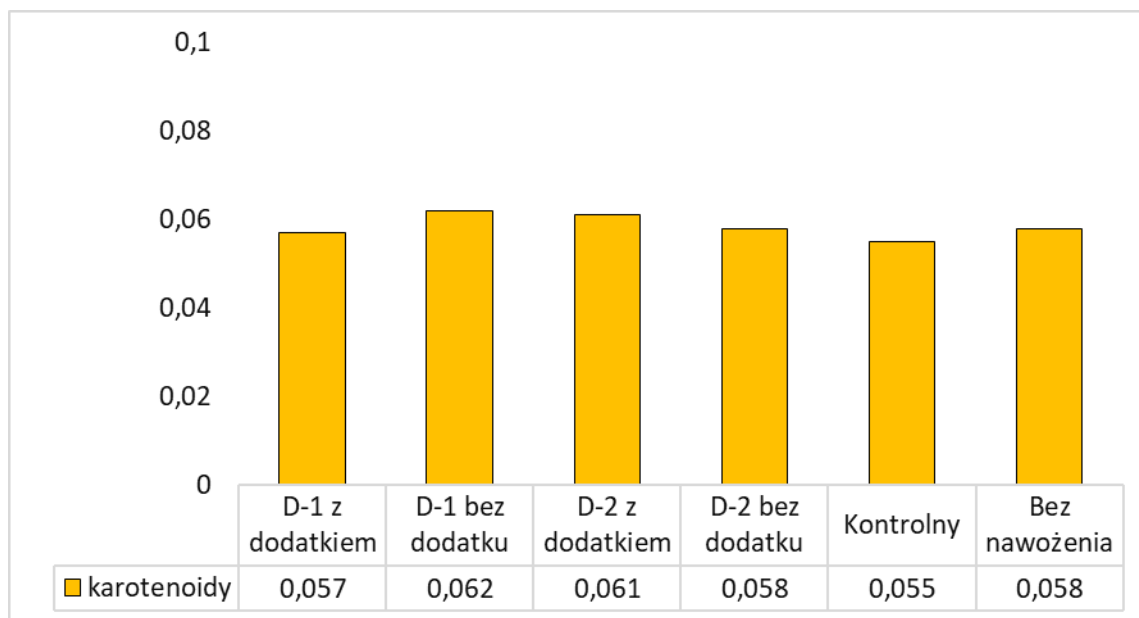


Rys. II.191. Zawartość karotenoidów w korzeniach marchwi ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

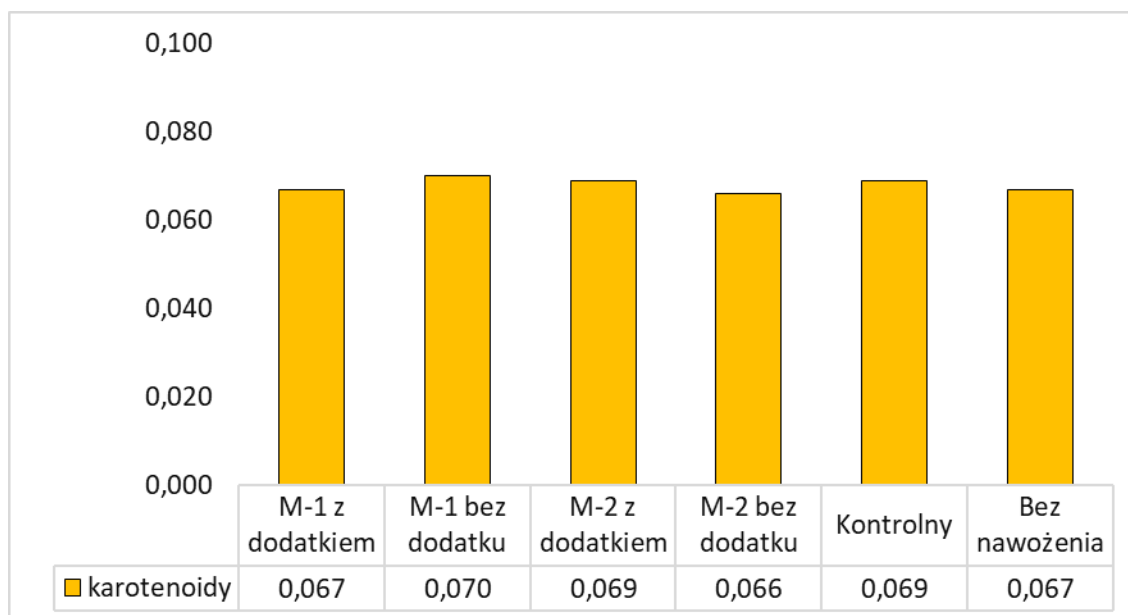


Rys. II.192. Zawartość karotenoidów w korzeniach marchwi ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

c) kapustowate



Rys. II.193. Zawartość karotenoidów w różach kalafiora ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

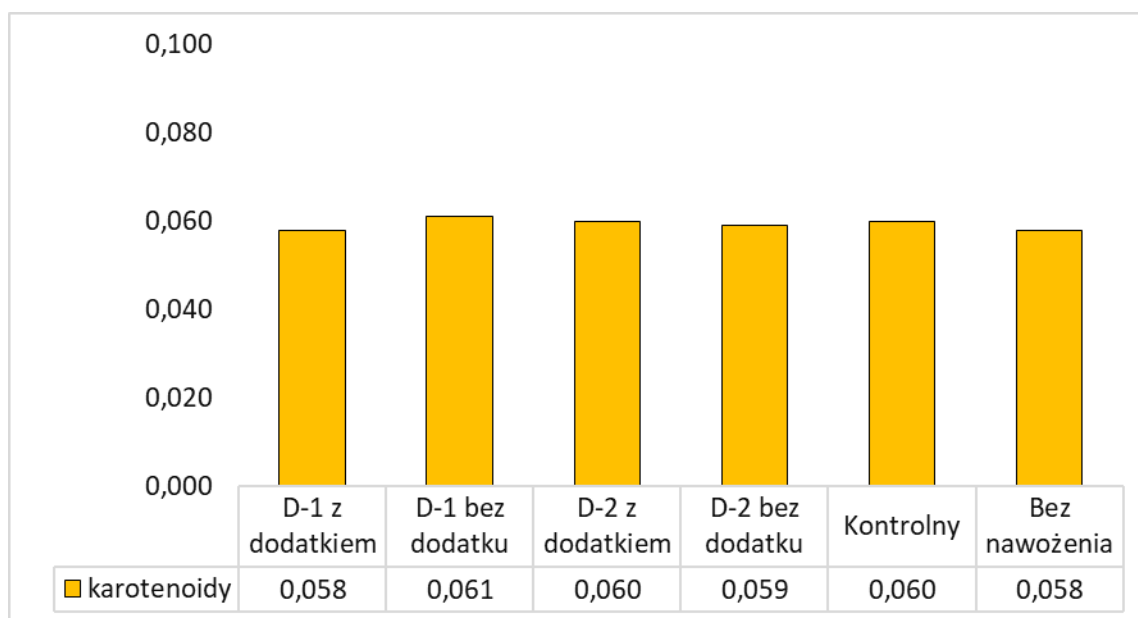


Rys. II.194. Zawartość karotenoidów w różach kalafiora ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem mikrogranulatu nawozów startowych (Mikrogranulat-1 NP KH – M-1, Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2)

Aplikacja obydwu zaprojektowanych nawozów dolistnych, tj. Dolistny-1 AgKH – D-1 oraz Dolistny-2 CuKH – D-2 zawierających dodatki funkcjonalne zwiększyła zawartość karotenoidów w cebuli i korzeniach marchwi w porównaniu z ich zawartością w roślinach zarówno nawożonych nawozem kontrolnym, jak i nienawożonych (rys. II.189, II.191). Z kolei w uprawie kalafiora oddziaływanie takie było właściwe dla nawozu Dolistny-2 CuKH – D-2 (rys. II.193).

Nawozy startowe Mikrogranulat-1 NP KH – M-1 i Mikrogranulat-2 NPK KH – M-2, zwłaszcza zawierające dodatki funkcjonalne, zwiększyły znacząco zawartość karotenoidów w korzeniach marchwi (rys. II.192), a nie miały większego wpływu na zawartość tych barwników w plonach cebuli i kalafiora (rys. II.190, II.194).

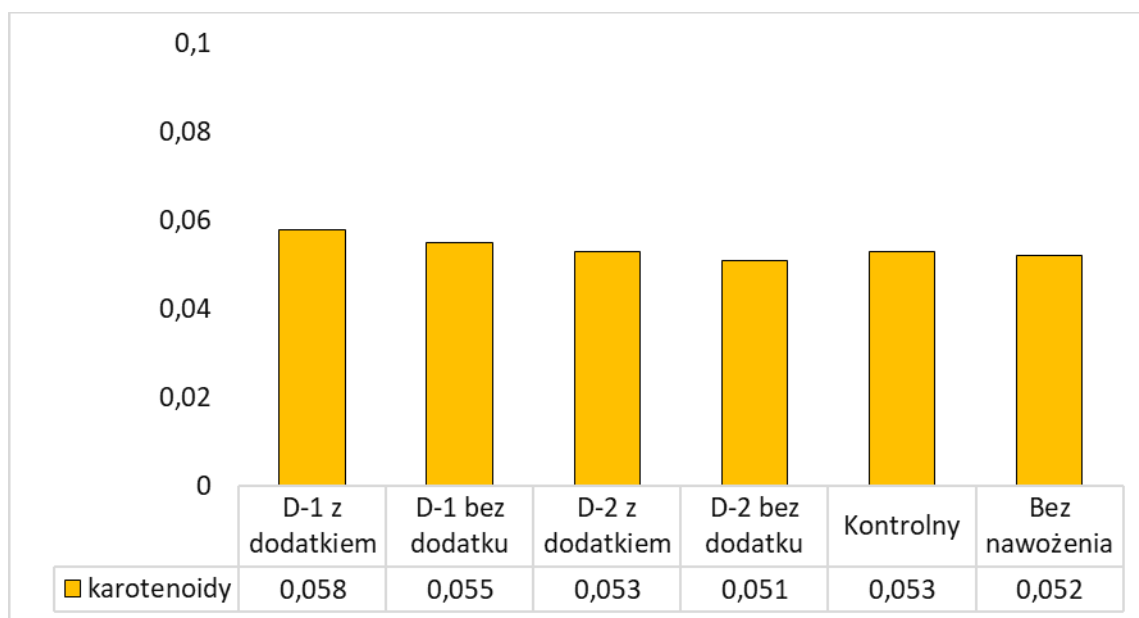
II.8.9. Barwniki roślinne w owocach drzew



Rys. II.195. Zawartość karotenoidów w jabłkach ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

Dolistne nawożenie nie różnicowało znacząco zawartości karotenoidów w jabłkach. Maksymalne różnicowanie wielkości tej cechy pod wpływem aplikacji nawozów dolistnych wyniosło 0,003 mg 100 g⁻¹ ś.m. (rys. II.195). Największa zawartość karotenoidów w jabłkach była pod wpływem nawozu Dolistny-1 AgKH – D-1, a najmniejsza w owocach z roślin nienawożonych i nawożonych nawozem Dolistny-1 AgKH – D-1 z dodatkami.

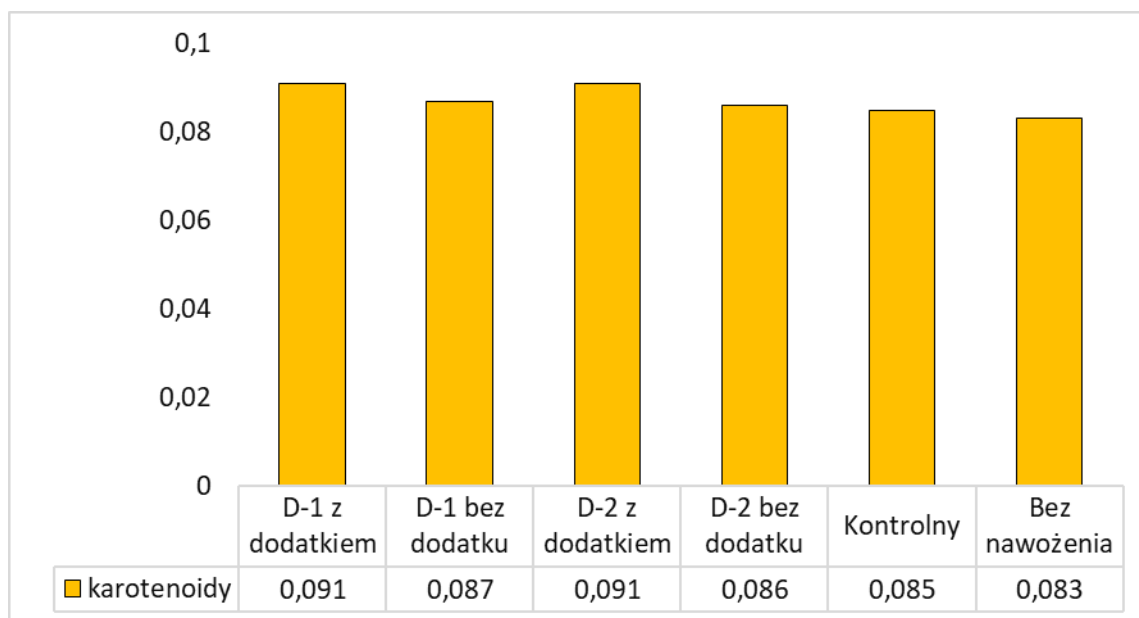
II.8.10. Barwniki roślinne w owocach miękkich



Rys. II.196. Zawartość karotenoidów w owocach truskawki (mg 100 g⁻¹ ś.m.) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

Najwięcej karotenoidów zawierały owoce truskawki z roślin nawożonych nawozem Dolistny-1 AgKH – D-1 z dodatkami funkcjonalnymi (rys. II.196). Zawartość ta była o 0,006 mg na 100 g⁻¹ ś.m. większa niż w owocach z roślin nienawożonych. Dodatki funkcjonalne w obydwu nawozach stosowanych do nawożenia dolistnego wpłynęły na zwiększenie zawartości karotenoidów w owocach truskawki.

II.8.11. Barwniki roślinne w winorośli



Rys. II.197. Zawartość karotenoidów w winogronie ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ś.m.) pod wpływem nawozów dolistnych (Dolistny-1 AgKH – D-1, Dolistny-2 CuKH – D-2)

Korzystne oddziaływanie nawozów dolistnych, a szczególnie tych zawierających dodatki funkcjonalne według projektu, na zawartość karotenoidów stwierdzono na plantacji winorośli. Pod wpływem nawozów Dolistny-1 AgKH – D-1 oraz Dolistny-2 CuKH – D-2 z dodatkami funkcjonalnymi zawartość tych barwników w winogronie była o $0,008 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ś.m. większa niż w owocach z roślin nienawożonych (rys. II.197).

II.9. Testy maszyn aplikacyjnych

W celu określenia ewentualnego wpływu cieczy roboczej zawierającej zaprojektowane nawozy zmieniające jej pH oraz nawozy dolistne z dodatkami funkcjonalnymi na elementy robocze opryskiwacza używanego do ich aplikacji w warunkach produkcyjnych przeprowadzono stosowne testy polowe.

Podobnie w odniesieniu do mikrogranulatów nawozów startowych z dodatkami funkcjonalnymi oceniono ich wpływ na aplikator w warunkach stosowania tych nawozów w warunkach pól uprawnych.

II.9.1. Aplikacja nawozów dolistnych

Testy oddziaływania cieczy roboczej zawierającej zaprojektowane nawozy dolistne, w tym nawozy zakwaszające lub alkalizujące wodę i ciecz roboczą wykonano przy użyciu opryskiwacza samojezdnego (fot. II.23). Przeprowadzone wielokrotne badania polowe nie wykazały niekorzystnego wpływu cieczy roboczej na poszczególne jego elementy konstrukcyjne, jak: wąż zbiornika (fot. II.24), sito (fot. II.25), przewody rozprowadzające i gniazda dysz - rozpylaczy (fot. II.26), rozpylacze (fot. II.27) poza oznakami zanieczyszczenia i zużycia wynikającymi z bieżącej eksploatacji i przepływu dużej ilości cieczy.



Fot. II.23. Testy polowe aplikacji nawozów dolistnych



Fot. II.24. Właz zbiornika



Fot. II.25. Sito opryskiwacza



Fot. II.26. Gniazda dysz rozpylaczy



Fot. II.27. Rozpylacze

II.9.2. Aplikacja nawozów startowych

Eksploatacja aplikatora mikrogranulatu zamontowanego na wieloczynnościowej maszynie do uprawy roślin polowych w technologii pasowej (fot. II.28) nie ujawniła ewentualnego niekorzystnego oddziaływania zaprojektowanych nawozów startowych z udziałem dodatków funkcjonalnych na jego elementy konstrukcyjne i robocze. Poza oznakami używania do aplikacji dużych ilości mikrogranulatu nie stwierdzono uszkodzeń mechanicznych i chemicznych elementów aplikatora: zbiornika (fot. II.29), przewodów transportujących mikrogranulat (fot. II.30), końcówek aplikujących (fot. II.31).



Fot. II.28. Aplikator mikrogranulatu na maszynie do uprawy pasowej



Fot. II.29. Zbiornik aplikatora



Fot. II.30. Przewody transportujące mikrogranulat



Fot. II.31. Końcówka aplikująca mikrogranulat

II.10. Podsumowanie

Etap badań przemysłowych w efekcie wielu prób wykorzystania licznych surowców został zwieńczony sformułowaniem, w pierwszej kolejności receptur, a następnie próbek sześciu nawozów w formie stałej, sypkiej lub mikrogranulatu:

- fosforowo-potasowy, zakwaszający (PK zakwaszający),
- potasowy, alkalizujący (K alkalizujący),
- dolistny z dodatkiem nano cząstek Ag i kwasów humusowych (Dolistny AgKH),
- dolistny z dodatkiem nano cząstek Cu i kwasów humusowych (Dolistny CuKH),
- startowy w formie mikrogranulatu z dodatkiem kwasów humusowych (Mikrogranulat NP KH),
- startowy w formie mikrogranulatu z dodatkiem kwasów humusowych (Mikrogranulat NP KH).

Nawozy te, w zależności od rodzaju, w składzie oprócz makro- i mikrośladników pokarmowych dla roślin zawierają dodatki funkcjonalne. Ich rolą jest korzystny wpływ na właściwości samych nawozów oraz na ich oddziaływanie na glebę i roślinę. W formulacji nawozów wykorzystano dodatki o właściwościach:

- zmieniających pH wody oraz cieczy roboczej w zabiegach agrochemicznych (nawożenie dolistne, ochrona roślin),
- potencjalnie stymulujących wzrost roślin (kwasy humusowe),
- potencjalnie antyseptycznych i stymulujących (nano cząstki),
- poprawiających rozpuszczanie nawozu i przygotowanie cieczy roboczej,
- poprawiających retencję.

Tak uzyskane próbki nawozów poddano testom laboratoryjnym, których wyniki potwierdziły osiągnięcie zakładanych celów. Próbki nawozów przechowywane w zróżnicowanych, dodatnich i ujemnych, warunkach termicznych w komorze zmiennie-termicznej nie zmieniły znacząco właściwości fizycznych oraz składu chemicznego. Nawozy regulujące pH cieczy roboczej i nawozy dolistne były w pełni rozpuszczalne, zwłaszcza z udziałem dodatków poprawiających tę właściwość, a ewentualna zawiesina pochodząca z surowca kwasów

humusowych nie utrudniała aplikacji. Z kolei dodatki użyte do poprawy właściwości mikrogranul nawozów startowych retencjonowały wodę w ilości nawet do około 100% ich suchej masy. Testy laboratoryjne, jak również doświadczenia mikro- i poletkowe potwierdziły, zakładany korzystny wpływ sformułowanych nawozów na wzrost roślin. Mimo krótkiego okresu badań przemysłowych (jeden sezon wegetacyjny) stwierdzono wyraźny trend wzrostu liczebności mikroorganizmów, zwłaszcza bakterii ogółem, w glebie po aplikacji mikrogranulatów nawozów startowych z dodatkami funkcjonalnymi w stosunku do gleby nienawożonej, a co istotne nie stwierdzono ich niekorzystnego oddziaływania na różne grupy organizmów glebowych i glebową materię organiczną.

Pozytywne wyniki etapu badań przemysłowych i osiągnięcie założonych celów umożliwiło przejście do etapu prac rozwojowych, w których wytworzono próbne partie nawozów umożliwiające wykonanie testów w warunkach polowych, zbliżonych do produkcyjnych. Testy wykonane w ramach tego etapu projektu potwierdziły zakładane właściwości nawozów z dodatkami funkcjonalnymi, sformułowanych na etapie badań przemysłowych, a także ich walory w uprawie roślin po aplikacji dogłębowej – nawozy startowe w formie mikrogranulatu i po zastosowaniu nalistnym – nawozy dolistne.

Badania w warunkach odpowiadających warunkom magazynowania nawozów w formie stałej – w nieogrzewanym magazynie – potwierdziły, że nawozy te nie są wrażliwe na zmienną temperaturę, w tym spadki temperatury poniżej 0°C. W takich warunkach zarówno nawozy zmieniające pH cieczy roboczej, jak i nawozy startowe oraz dolistne zawierające dodatki funkcjonalne nie uległy zbryleniu, rozpuszczeniu, ani innym niekorzystnym zmianom fizycznym. Także skład chemiczny tych nawozów nie uległ istotnym zmianom w porównaniu z zawartością składników pokarmowych roślin identyfikowanych przed ich przechowywaniem, a wcześniej określoną w recepturach.

W doświadczeniach polowych stwierdzono, że krople cieczy zawierającej projektowane nawozy z dodatkami funkcjonalnymi równomiernie pokrywały liście roślin jedno- i dwuliściennych i utrzymywały się na nich o 20,6 – 23,0% dłużej niż krople cieczy zawierającej nawozy bez dodatków. W efekcie wystąpił na ogół korzystny wpływ nalistnej aplikacji nawozów dolistnych na zawartość chlorofilu w liściach, a następnie na plonowanie roślin rolniczych i ogrodniczych. Pod wpływem nawozu dolistnego (Dolistny AgKH) z dodatkami funkcjonalnymi plony: rzepaku ozimego, ziemniaka, cebuli, marchwi i winorośli były największe i większe od

plonów roślin uzyskanych pod wpływem tego nawozu, ale bez dodatków funkcjonalnych. Natomiast plony pszenicy ozimej, kukurydzy, buraka cukrowego, kalafiora i plon jabłek były większe w wyniku aplikacji nawozu dolistnego (Dolistny CuKH) z dodatkami funkcjonalnymi niż bez dodatków. Dodatki funkcjonalne w nawozach dolistnych poprawiały również walory jakościowe plonów. W zależności od rodzaju nawozu zwiększały one w mniejszym lub większym stopniu zawartość np. glutenu w ziarnie pszenicy i białka w nasionach grochu, tłuszczu w nasionach rzepaku, skrobi w bulwach ziemniaka czy sacharozy w korzeniach buraka cukrowego, a zmniejszały zawartość związków niepożądanych, jak: cukry redukujące, azotany, niektóre melasotwory.

Podobnymi walorami cechowały się nawozy startowe w formie mikrogranulatu z dodatkami funkcjonalnymi w składzie. Pod ich wpływem, w porównaniu z nawozami bez dodatków funkcjonalnych, stwierdzono na ogół więcej chlorofilu w liściach, zwiększenie masy młodych roślin oraz zawartości w nich makro- i mikroskładników, a następnie plonów roślin, oprócz grochu. Nawozy te z dodatkami funkcjonalnymi, z wyjątkiem nawozu Mikrogranulat NP KH w uprawach ziemniaka i cebuli oraz nawozu Mikrogranulat NPK KH w uprawie słonecznika, oddziaływały bardziej plonotwórczo niż te same nawozy, ale bez dodatków. Tak jak w przypadku nawozów dolistnych, nawozy Mikrogranulat NP KH i Mikrogranulat NPK KH lub jeden z nich zawierające dodatki funkcjonalne na ogół w większym stopniu zwiększały zawartość związków i substancji poprawiających jakość plonów roślin rolniczych i warzyw. Jednocześnie nawozy te redukowały zawartość związków obniżających jakość bardziej niż nawozy pozbawione tych dodatków.

Glebowa materia organiczna – jej zawartość w glebie i jakość nie podlegają szybkim zmianom pod wpływem czynników agrotechnicznych, zwłaszcza aplikacji nawozów mineralnych. Dlatego po jednym sezonie uprawy roślin, w agrotechnice których stosowano nawozy z dodatkami funkcjonalnymi sformułowane według założeń projektu, brak znaczących zmian ilości i jakości materii organicznej należy uznać za naturalne. Natomiast brak jakichkolwiek zmian niekorzystnych, a na ogół trend zmian korzystnych za niewątpliwy walor nawozów startowych z dodatkami funkcjonalnymi. Tym bardziej, że pod ich wpływem, z nielicznymi wyjątkami, występowało w glebie więcej mikroorganizmów z różnych grup, takich jak: bakterie, grzyby strzępkowe, promieniowce czy mikroorganizmy: celulolityczne, amylolityczne, proteolityczne niż w efekcie aplikacji nawozów bez dodatków funkcjonalnych.

Przygotowane receptury nawozów, a następnie ich testy laboratoryjne i polkowe, a zwłaszcza badania polowe, pozwalają stwierdzić, że osiągnięto założone w projekcie cele. Jego rezultatem jest przygotowanie sprawdzonych pod względem właściwości i oddziaływania na rośliny oraz glebę szczęściu nawozów zawierających dodatki funkcjonalne. Ich stosowanie we współczesnej produkcji roślinnej pozwoli efektywnie oraz bezpiecznie dla środowiska naturalnego odżywiać i dokarmiać rośliny rolnicze i ogrodnicze.