



Racjonalne nawożenie w aspekcie zmian zachodzących w ilości i jakości handlowej plonu warzyw kapustnych

Autorzy:

dr inż. Natalia Skubij¹

inż. Agnieszka Długosz¹

¹Zakład Uprawy i Nawożenia Roślin Ogrodniczych,
Pracownia Uprawy Warzyw i Grzybów Jadalnych;

Opracowanie przygotowane w Instytucie Ogrodnictwa – PIB
w ramach zadania celowego nr 4.1.
„Nawożenie użytków rolnych”

finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi

Skierniewice 2023

Spis treści

Wprowadzenie.....	3
I. Znaczenie azotu w roślinie a wartość odżywcza wybranych warzyw kapustnych.....	3
II. Formy azotu dostępne dla roślin kapustnych.....	4
III. Wpływ czynników środowiska a nawożeniem azotem plantacji.....	5
IV. Wymagania pokarmowe wybranych warzyw kapustnych.....	6
V. Nawożenie organiczne kapusty głowiastej białej i czerwonej oraz kapusty włoskiej	7
VI. Nawożenie mineralne kapusty głowiastej białej i czerwonej oraz kapusty włoskiej	8
VII. Wpływ różnych form azotu na plon i jakość kapusty głowiastej białej i czerwonej oraz kapusty włoskiej - doświadczenie badawcze	10
VIII. Literatura	13

Wprowadzenie

W produkcji żywności ważną pozycję zajmuje uprawa warzyw polowych, będąca działem produkcji roślinnej silnie się rozwijającym, o największych nakładach pracy na jednostkę powierzchni. Uprawy polowe charakteryzują się dużą towarowością oraz tym, że prawie cały plon wywożony jest z pola i gospodarstwa, co wskazuje jak ważny jest bilans składników pokarmowych, a także w następstwie czego jak wielkie znaczenie ma racjonalne, a tym samym zbilansowane nawożenie.

Nawożenie ma największy wpływ na plonowanie warzyw, ale również w dużym stopniu reguluje jego jakość. Przez jakość warzyw rozumie się nie tylko ich wygląd, wielkość i kształt, ale przede wszystkim wartość biologiczną, spełniającą wymagania odżywcze i higieniczne oraz przydatność do przetwórstwa i przechowalnictwa. Nawożenie jest zabiegiem agrotechnicznym, przeprowadzanym zgodnie z zapotrzebowaniem roślin na składniki pokarmowe, które limitują ich produktywność. Stosowane więc dawki i metody aplikacji nawozów powinny pozwalać w układzie gleba-roślina na optymalne odżywienie uprawianego gatunku. Jednakże poza korzystnym oddziaływaniem na plody rolne, nawożenie może obniżać jakość plonów m.in. w wyniku wzrostu zawartości mineralnych form azotu.

Aspekt ten ma szczególne znaczenie w uprawie roślin warzywniczych, u których nawożenie azotem powinno zapewnić uzyskanie możliwie dużego plonu o wysokiej jakości handlowej, przy jednoczesnym ograniczeniu przemieszczania się azotu do wód gruntowych i ulatnianiu się jego gazowych form do atmosfery.

I. Znaczenie azotu w roślinie a wartość odżywcza wybranych warzyw kapustnych

Azot jest podstawowym pierwiastkiem w największym stopniu budującym potencjał plonotwórczy roślin, w 75% obecny w liściach. W biomacie roślin zajmuje czwarte miejsce po węglu, tlenie i wodrze. W roślinie wykorzystywany jest do budowy wielu związków organicznych m.in. aminokwasów, białek, kwasów nukleinowych, chlorofilu, a także jest składnikiem wpływającym na wydajność procesu fotosyntezy. Pierwiastek ten wchodzi w skład substancji biologicznie czynnych, takich jak alkaloidy, beta-alaniny, olejki gorczyczne czy glikozydy. Z jednej strony jest pierwiastkiem, który wpływa na rozdział asymilatów między korzeniami i organami asymilacyjnymi, warunkując tym samym intensywność fotosyntetyczną pojedynczego liścia i całej rośliny, a z drugiej strony określa produktywność plantacji.

Warzywa kapustne odznaczają się dużą wartością odżywczą, gdyż są bogatym źródłem witamin i soli mineralnych, mających cenne właściwości leczniczych (m.in. dużą aktywność

przeciwutleniającą, właściwości przeciwmutagenne czy przeciwzapalne). Spożywane są w stosunkowo dużych ilościach przez cały rok, przez wszystkie grupy ludności, zarówno w postaci surowej, jak i po obróbce cieplnej. W Polsce mają bardzo duże znaczenie gospodarcze, w szczególności kapusta biała (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *alba*), gdyż zajmuje pierwsze miejsce w strukturze upraw polowych warzyw (ponad 25%). Według danych ARiMR w roku 2023 powierzchnia upraw tego gatunku stanowiła 13 216,73 ha. Natomiast wg danych literaturowych roczne spożycie kapusty w naszym kraju kształtuje się na poziomie około 11 kg kapusty świeżej, zaś 5 kg kapusty kiszzonej na osobę, co odpowiada około 44 g dziennie. Kapusta biała zawiera w swym składzie: witaminę C (25-50 mg·100⁻¹ g ś.m), związki mineralne, tj: potas 177–250 mg·100⁻¹ g ś.m., wapnia 17–76 mg·100⁻¹ g ś.m, żelaza 0,3 mg·100⁻¹ g ś.m oraz magnezu 13 mg·100⁻¹ g ś.m., kwasy organiczne, glukozyłany (tioglikozydy), białka o korzystnym składzie aminokwasów, witamin (A, B₁, B₂, B₃, B₆, E, K i U) oraz błonnik. Kapusta głowiasta czerwona (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*) ma taką samą wartość odżywczą co biała, jednakże odznacza się większą zawartością witaminy B i C. Natomiast kapusta włoska (*Brassica oleracea* L. var. *sabauda* L.) zawiera więcej suchej masy, tioglikozydów i witaminy A niż w/w gatunki. Na zawartość wtórnych metabolitów obecnych w liściach kapust, odpowiadających za ich wartość odżywczą, istotny wpływ ma azotowa gospodarka rośliny, względem której warzywa kapustne mają wysokie wymagania.

II. Formy azotu dostępne dla roślin kapustnych

W środowisku glebowym azot występuje w wielu złożonych formach związków organicznych, lecz rośliny korzystają, przede wszystkim z mineralnych form azotu oraz z prostych związków organicznych (mocznika, aminokwasów). W nawozach mineralnych azot może występować w formie azotanowej, amonowej oraz amidowej.

- **Forma amonowa** (NH₄⁺) jest dobrze zatrzymywana (sorbowana) w glebie, wolniej i równomierniej pobierana przez rośliny, dobrze działa również w niskich temperatury. Wskazane jest jej wymieszanie z glebą. Jest formą słabej pobierana na glebach kwaśnych. Jon amonowy w glebach świeżo wapnowanych lub przewapnowanych zmienia się w amoniak, który w większych koncentracjach może wpływać toksycznie na młode rośliny.
- **Forma azotanowa** (NO₃⁻) nie jest zatrzymywana w glebie i łatwo ulega wymyciu. Lepiej działa w wyższych temperaturach i nie ma potrzeby mieszania jej z glebą. Jest formą azotu wpływającą na gromadzenie się azotanów w roślinie, w dużych ilościach.

- **Forma amidowa** $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, występuje w moczniku, który jako związek organiczny nie jest bezpośrednio włączany w struktury metaboliczne roślin wyższych. Zarówno w glebie, jak i w roślinie proces przyswajania mocznika odbywa się przy udziale ureazy (enzymu produkowanego przez mikroorganizmy glebowe i rośliny wyższe), podlega on hydrolizie, tworząc formę amonową, a później formę azotanową. Jest formą wykazującą szybsze działanie na glebach o odpowiednio uprawionych oraz przy wyższej temperaturze gleby. Forma amidowa wpływa na mniejsze akumulację azotanów w roślinie.

III. Wpływ czynników środowiska a nawożeniem azotem plantacji

Na efektywność nawożenia uprawy m.in. azotem wpływ ma szereg czynników środowiskowych, jednym z nich jest przebieg opadów atmosferycznych. Przy długotrwałym opadzie, dochodzi do strat azotu na skutek wypłukiwania go w głąb profilu glebowego. W związku, iż zarówno formy azotu organicznego, jak i mineralnego ulegają ciągłym przemianom w środowisku. Formy azotu dostępnego dla roślin ulegają przekształceniu do jonów azotanowych, niezatrzymywanych przez wymienny kompleks sorpcyjny. Szybkość przemieszczania się azotu azotowego z wodą zależy od wilgotności i rodzaju gleby, która na ogół jest 2,8 razy większa w glebach lekkich niż ciężkich. Natomiast przy pełnej pojemności wodnej każdy dodatkowy 10 mm opad powoduje przemieszczanie się azotanów w głąb profilu o 7 cm w glebach lekkich oraz 2,5-3 cm w glebach ciężkich.

W nawożeniu azotem istotne znaczenie ma również temperatura. W warunkach stałej wilgotności gleby, lecz w miarę wzrostu temperatury, efektywność nawożenia tym pierwiastkiem się zmniejsza. Wynika to z faktu, wzrostu tempa zachodzenia procesu mineralizacji azotu glebowego, która przebiega intensywniej, zatem zmniejsza się zaopatrzenie roślin w azot zawarty w nawozach. W takich warunkach ilość azotu uruchamiana podczas procesu mineralizacji materii organicznej może nawet przekroczyć potrzeby żywieniowe roślin i przyczynić się do gromadzenia w niej nadmiernej ilości azotanów.

Wśród czynników glebowych, wysoka zawartość próchnicy wpływa na możliwość gromadzenia się w glebie większości składników pokarmowych, w tym azotu, czyli decyduje o wielkości zapasów i ogranicza straty azotu, szczególnie w okresach poza wegetacją. Próchnica słabo gromadzi się w glebie przy braku azotu, a azot jest mniej efektywny przy jej niedoborze.

O efektywność nawożenia azotem decydują również odpowiedni termin wykonania zabiegów nawozowych, ale i okres ich stosowania. W związku, iż azot jest ruchliwym

pierwiastkiem, przez co łatwo może ulegać stratom. Dawkę nawozów azotowych należy dzielić i stosować w okresach, w których możliwe jest najszybsze ich pobranie przez roślinę. Jednakże terminy stosowania nawozów należy dostosować do indywidualnych potrzeb roślin, tempa ich wzrostu i możliwości pobierania azotu. Zastosowane nawożenie azotowe na ogół jest bardziej efektywne przy długim okresie wegetacji uprawianych roślin. Jeśli więc ulega skróceniu na skutek późnego siewu nasion lub sadzenia rozsady, wystąpienia chorób lub szkodników albo zbyt wczesnego zbioru to działanie nawozów azotowych jest coraz słabsze.

Planując więc nawożenie w uprawach warzyw kapustnych należy je wykonywać na podstawie analizy zasobności gleby w składniki pokarmowe, przeprowadzonej przed założeniem uprawy. Na podstawie uzyskany wyników analizy powinno się wykonać bilans składników w glebie oraz ustalić dawki nawozów organicznych i uzupełniająco nawozów mineralnych. W bilansie należy uwzględnić: składniki pochodzące z nawozów (naturalnych, organicznych i mineralnych), z przyorywanych nawozów zielonych i resztek poźniwnych, azot z mineralizacji próchnicy glebowej, składniki zabierane z plonem roślin (zawarte w plonie głównym i ubocznej masie roślinnej wywożonej z pola). Wykonywany bilans dla azotu nie może być zrównoważony, gdyż występują nieuniknione straty tego składnika na skutek ulatniania się jego gazowych związków oraz wymywania do głębszych warstw gleby. Jednak powinien on być zawsze dodatni, gdyż po uprawie musi pozostać w glebie pewna ilość azotu, jako rezerwa dla utrzymania odpowiedniej aktywności biologicznej gleby. Ważnym jest, aby ta rezerwa nie była zbyt duża, gdyż grozi to możliwością zanieczyszczeniem wód gruntowych. Składniki pokarmowe stosowane w ilościach przekraczających możliwości pobrania przez rośliny, są w nich gromadzone w nadmiernych ilościach, powodując obniżenie jakości plonu i jego wartości odżywczej.

IV. Wymagania pokarmowe wybranych warzyw kapustnych

Warzywa kapustne ze względu na długi okres wegetacji (z wyjątkiem odmian wczesnych) i wytwarzaniem dużej masy, co ma uzasadnienie w uzyskanym plonie, mają bardzo wysokie wymagania pokarmowe, ale niższe w stosunku do potrzeb nawozowych. Szczególnie kapusta głowiasta (*Brassica oleracea* L.) w trakcie wegetacji pobiera z gleby duże ilości składników pokarmowych, które muszą być uzupełniane przez nawożenie. Na początku wzrostu największe zapotrzebowanie ten gatunku ma na azot, w okresie tworzenia i zawiązywania główek – na potas i wapń, przy końcu wegetacji – na fosfor. Należy pamiętać, że główki kapust przeznaczone do przechowania oraz kwaszenia muszą być nawożone azotem ostrożnie.

Nadmiar azotu obniża przydatność konsumpcyjną, przetwórczą i przechowalniczą warzyw kapustnych, powoduje m.in. mniejszą zwięzłość i przedwczesne pęknięcie główek, wiotkość liści, przez co spadek zawartości suchej masy. Zbyt wysokie dawki azotu w uprawie kapusty czerwonej, skutkują zmniejszeniem zawartości antocyjanu, powodując rozjaśnienie charakterystycznej barwy w/w kapusty. Nawożenie pogłównie późnych odmian kapust można stosować najwyżej do sierpnia. Późne dokarmianie pogłównie azotem, może powodować nie tylko rozluźnienie główek, ale także sprzyjać gromadzeniu azotanów w liściach czy też stymulować zaburzenia fizjologiczne zwane wewnętrznym brunatnieniem główek.

V. Nawożenie organiczne kapusty głowiastej białej i czerwonej oraz kapust włoskiej

Nawożenie organiczne i naturalne spełnia ważną rolę w budowaniu i utrzymaniu trwałości żyzności gleby, jej życia biologicznego oraz zapobieganiu fizycznej oraz chemicznej erozji. Wraz z resztkami roślinnymi nawozy organiczne wzbogacają glebę w mikroorganizmy i próchnicę, które są istotnymi elementami budowy kompleksu sorpcyjnego i przemian składników pokarmowych, również tych pochodzących z nawozów mineralnych. Sprawia to, że nawozy organiczne zwiększają efektywność nawożenia mineralnego, przez co korzystniej wpływają na aspekt racjonalnego nawożenia uprawy.

Warzywa kapustne, w szczególności kapusty zaliczane są do grupy roślin wykazujących wysokie zapotrzebowanie na azot. Deficyt tego pierwiastka zwłaszcza u tych roślin uniemożliwia uzyskanie dobrego plonu. Należy więc te warzywa uprawiać w I roku po oborniku. W przypadku nawozów naturalnych ich zastosowana ilość nie powinna przekroczyć dawki 170 kg N/ha na rok (Dyrektywa 91/675/EWG). Zgodnie z Kodeksem Dobrej Praktyki Rolniczej dawka obornika nie powinna przekroczyć 35 t/ha, a gnojowicy 45 m³/ha. Ważne jest też, aby nawozy naturalne stałe były stosowane tylko w okresie od 1 marca do 31 października, a nawozy naturalne płynne w okresie od 1 marca do 20 października (na terenie gmin objętych wykazem stanowiącym załącznik nr 2 do Programu 1 marca do 15 października) (Dz.U. z 2020 r. poz. 243). Optymalnym terminem nawożenia nawozami naturalnymi jest wczesna wiosna, jednakże dla warzyw kapustnych (zwłaszcza odmian wczesnych) korzystniejsze może być jesienne stosowanie obornika, przy czym należy go przyorać zaraz po rozłożeniu. Pod odmiany średnio wczesne i późne kapust obornik można stosować także wiosną, ale należy to wykonać możliwie wcześnie (minimum na miesiąc przed sadzeniem) i stosować tylko nawóz dobrze rozłożony. W świeżym, słomiastym oborniku może być zawarta zbyt duża ilość amonowej formy azotu, która dla kapusty głowiastej białej, kapusty głowiastej

czerwonej oraz kapusty włoskiej jest szkodliwa, szczególnie w młodocianym okresie ich rozwoju. Wiosenne nawożenie obornikiem, można zastąpić stosując kompost lub nawozy zielone. Zalecana dawka kompostu pod uprawę kapust wynosi od 40 do 60 t/ha. Natomiast na nawozy zielone uprawia się mieszanki roślin bobowatych, wzbogacających glebę w azot i w materię organiczną. Pod odmiany kapust wczesnych i średniowczesnych w roku poprzedzających ich uprawę (najlepiej do 1 sierpnia) należy wysiać wykę lub peluszką, którą przyoruje się jesienią. Pod późne odmiany kapusty wczesną wiosną można wysiać mieszankę wyki z peluszką albo jesienią mieszankę wyki ozimej z żytem. Zaleca się stosowanie ozimych nawozów zielonych, przede wszystkim gdy istnieje możliwość nawadniania pola, w przeciwnym razie przyoranie ich wiosną może doprowadzić do przesuszania gleby. Ilość azotu wnoszona do gleby przez rośliny bobowate w nawozach zielonych może być bardzo duża w zależności od zastosowanego gatunku (np. rośliny bobowate w czystym siewie stosowane jako międzyplon wnoszą od 30-40 kg N/ha). Efektywność wykorzystania składników pokarmowych z nawozów zielonych zależy od stopnia ich rozdrobnienia i dokładności wymieszania, temperatury oraz uwilgotnienia gleby. Przyjmuje się, że współczynnik dostępności azotu zawartego w masie zielonej wynosi około 0,5, a fosforu i potasu około 0,7. Natomiast azot pozostający w zielonej masie zbóż i innych roślin nie należących do rodziny bobowatych (gorczyca, gryka, facelia), pobierany jest z gleby i udostępniany roślinom następczym po rozłożeniu się materii organicznej. Zatem, w ogólnym rozliczeniu azotu nie przybywa, zachodzi jedynie wymiana na zasadzie gleba – roślina - gleba.

VI. Nawożenie mineralne kapusty głowiastej białej i czerwonej oraz kapusty włoskiej

Duża biomasa wytwarzana przez kapustę głowiastą białą i czerwoną oraz kapustę włoską powoduje, iż są one jak zostało w/w bardzo wymagające pod względem nawożenia. Określenie potrzeb nawozowych dla tych gatunków powinno się opierać o analizę chemiczną, którą należy wykonać przed założeniem uprawy. Optymalna zawartość (w mg/dm³) składników pokarmowych w glebie dla wymienionych gatunków przedstawiona została w tabeli 1.

Przy obliczaniu wielkości potrzebnych dawek nawozów trzeba również uwzględnić ilość składników wprowadzonych do gleby z nawożeniem organicznym.

Tabela 1. Optymalna zawartość (w mg·dm⁻³) składników pokarmowych w glebie dla kapusty głowiastej białej, kapusty głowiastej czerwonej oraz kapusty włoskiej*

Nazwa gatunku	N (NO ₃ +NH ₄)	P	K	Mg	Ca
Kapusta głowiasta biała odm. wczesna	105-120	50-60	160-190	55-65	700-1200
Kapusta głowiasta biała odm. średnio wczesna i późna	120-135	60-70	180-210	65-75	1000-1500
Kapusta głowiasta czerwona	110-130	50-60	200-220	55-65	700-1200
Kapusta włoska	105-120	50-60	160-190	55-65	700-1200

* wg danych literaturowych

Nawożenie azotowe na plantacjach kapust wykonuje się w 3 dawkach. Na ogół połowę dawki azotu stosuje się wiosną w trakcie przygotowywania pola pod uprawę, w nawożeniu przedwegetacyjnym. Pozostałą część stosuje się pogłównie, w czasie wzrostu roślin. Pierwsze na 2-3 tygodnie po przyjęciu rozsady, gdy rośliny zaczynają się rozrastać, drugie – w okresie stykania się roślin liśćmi. Nawożenie pogłowne może być również stosowane w formie oprysków dolistnych, w czasie wzrostu kapusty. Szczególnie zalecane są przy objawach niedoboru azotu w roślinie, w celu pobudzenia wzrostu roślin oraz w momencie uszkodzenia systemu korzeniowego (w trakcie zabiegów pielęgnacyjnych) lub gdy utrudnione jest pobieranie składników z gleby, a także nastąpiło ogłodzenie roślin w skutek wysokiego zachwaszczenia uprawy. Wybór nawozu zależy od potrzeb rośliny w danym okresie jej wzrostu i rozwoju lub zauważonych oznak niedoboru azotu.

Nawozy fosforowe i potasowe w uprawie kapusty głowiastej białej, kapusty głowiastej czerwonej oraz kapusty włoskiej mogą być zastosowane w dwóch dawkach. Pierwszą część należy wysiać pod pług ($\frac{1}{2}$ lub $\frac{3}{4}$ dawki), drugą zaś pod bronę. Taki sposób nawożenia wpływa na równomierne rozmieszczenie tych składników pokarmowych w warstwie ornej gleby i sprzyja lepszemu wykorzystaniu przez rośliny.

Do nawożenia przedwegetacyjnego używa się nawozów pojedynczych (saletrzak, mocznik, saletra amonowa, superfosfaty, sól potasowa, siarczan potasu) lub wieloskładnikowych, najczęściej granulowanych. Do nawożenia pogłownego stosuje się nawozy łatwo przyswajalne, przeważnie saletry (wapniowa, amonowa, potasowa), mocznik lub nawozy wieloskładnikowe.

VII. Wpływ różnych form azotu na plon i jakość kapusty głowiastej białej i czerwonej oraz kapusty włoskiej - doświadczenie badawcze

Na polu doświadczalnym IO-PIB w Skierniewicach w roku 2023 w ramach zadania celowego 4.1. „Nawożenie użytków rolnych”, finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi założono doświadczenie z trzema gatunkami roślin: kapustą głowiastą białą, kapustą głowiastą czerwoną i kapustą włoską. Celem doświadczenia było określenie wpływu zastosowania różnych form azotu na plon i jakość w/w warzyw.

Doświadczenie wykonano metodą bloków losowych, 4 powtórzeniach. Czynnikiem badawczym była różna forma azotu dostarczana roślinom przez cały okres wegetacji. Rośliny badanych warzyw kapustnych nawożone były N w formie amidowej (jako mocznik z ureazą i bez ureazy¹), amonowej i azotanowej (jako saletra amonowa) oraz azotanowej (jako saletra wapniowa). Nawóz potasowy (siarczan potasu) i fosforowy (superfosfat wzbogacony) zastosowano doglebowo, w jednorazowej dawce, 3 tygodnie przed planowanym sadzeniem rozsady. Niezależnie od testowanej formy azotu, nawozy azotowe rozsiano według następującego schematu:

- 2/4 dawki N użytej przed sadzeniem rozsady;
- 1/4 dawki N zastosowanej 2,5 tygodnia po przyjęciu rozsady;
- 1/4 dawki N użytej 5 tygodni po zastosowaniu drugiej dawki N.

Dawki NPK ustalono na podstawie analizy gleby wykonanej przed wysadzeniem rozsady, a także biorąc pod uwagę potrzeby pokarmowe poszczególnych gatunków roślin. Wyniki analizy chemicznej gleby przedstawiono w tabeli 2.

Tabela. 2. Analiza chemiczna gleby przed rozpoczęciem prac uprawowych

Zasolenie g NaCl·dm ⁻³	pH H ₂ O	N-NO ₃	P	K	Mg	Ca
		mg·dm ⁻³				
0,19	6,6	29	102	87	129	982

Nasiona testowanych kapust wysiano w II połowie kwietnia do wielodoniczek wypełnionych podłożem torfowym i umieszczono je w ogrzewanej szklarni. W miarę potrzeb siewki nawadniano. Przed wysadzeniem rozsady na miejsce stałe, sadzonki zostały poddane hartowaniu aby przygotowały się do polowych warunków atmosferycznych. Rozsadę warzyw kapustnych wysadzono w dniu 20 maja w rozstawie 0,40m x 0,50m. Przez okres wegetacji

¹ Zastosowany w badaniach nawóz azotowy w formie amidowej – mocznik bez ureazy został wykorzystany w doświadczeniu tylko do porównawczych celów badawczych. Zgodnie z nowelizacją Ustawy o Nawozach i Nawożeniu (Dz. U. 2021 poz. 76) doglebowo nie można stosować mocznika w formie granulowanej, z wyłączeniem zawierającego inhibitor ureazy albo powłokę biodegradowalną.

systematycznie zwalczano zachwaszczenie plantacji. Ze względu na niekorzystny rozkład warunków pogodowych (wysokie temperatury powietrza i brak opadów) na przełomie maja i czerwca, rośliny były nawadniane. W prowadzonej uprawie warzyw kapustnych na początku profilaktycznie, a później interwencyjnie wdrożono program ochrony.

Dla każdego obiektu (po osiągnięcia przez rośliny dojrzałości zbiorczej) określono: plon ogólny i handlowy, zawartość suchej masy, kwasu L-askorbinowego, białka, N-ogółem, makro- i mikrośladników, względną zawartość chlorofilu oraz indeksu flawonoli.

Uzyskane wyniki wpływu badanych form nawozów azotowych na ilość i jakość plonu przedstawiono w tabelach 3, 4 i 5.

Tabela 3. Plonowanie badanych gatunków warzyw kapustnych pod wpływem wybranych form azotu, dostępny w czterech typach nawozów azotowych

Rodzaj nawozu	Plon handlowy (t/ha)	Plon ogólny (t/ha)
Kapusta głowiasta biała		
Mocznik bez ureazy	88,23	91,56
Mocznik z ureazy	92,46	95,87
Saletra amonowa	82,56	84,75
Saletra wapniowa	81,72	83,41
Kapusta głowiasta czerwona		
Mocznik bez ureazy	43,24	46,48
Mocznik z ureazy	45,60	47,60
Saletra amonowa	37,56	40,24
Saletra wapniowa	31,64	34,40
Kapusta włoska		
Mocznik bez ureazy	43,15	46,55
Mocznik z ureazą	45,33	49,16
Saletra amonowa	42,33	43,11
Saletra wapniowa	39,60	39,60

Uzyskane wyniki wykazały, że kapusta głowiasta biała i czerwona oraz kapusta włoska nawożone formą amidową odznaczały się większy wzrostem wielkości plonu. Najwyższy plon handlowy u w/w warzyw odnotowano po zastosowaniu mocznika z inhibitorem ureazy. Najniższą wartość plonu ogólnego i handlowego u badanych gatunków uzyskano w obiektach nawożony formą azotanową w postaci saletry wapniowej. Mimo niższej wartości plonu rośliny

nawożone saletrą wapniową miały wyższe parametry jakościowe tj. zawartość kwasu L-askorbinowego, białka i suchej masy. W odniesieniu do zawartości chlorofilu w liściach kapust najwyższą ich ilość uzyskano w obiektach, gdzie stosowano mocznik z inhibitorem ureazy oraz saletrę amonową. Natomiast stwierdzona zawartość flawonoli była zależna od gatunku. Najwyższą ilość tego parametru u kapusty głowiastej białej i kapusty włoskiej odznaczały się obiekty nawożone formą amidową bez ureazy, a u kapusty głowiastej czerwonej żywione saletrą amonową (jako dostarczana formą amonowa i azotanowa).

Tabela 4. Wpływ formy azotu na zawartość kwasu L-askorbinowego, białka, suchej masy, względnej zawartości chlorofilu oraz flawonoli w liściach kapusty głowiastej białej i czerwonej oraz kapusty włoskiej

Rodzaj nawozu	Kwas L-askorbinowy (mg·100 g ⁻¹ ś.m.)	Białko (mg·100 g ⁻¹ ś.m.)	Sucha masa (% s.m.)	Względna zawartość chlorofilu	Względna zawartość flawonoli
Kapusta głowiasta biała					
Mocznik bez ureazy	40,7	16,13	6,40	60,22	1,94
Mocznik z ureazą	41,0	19,06	6,63	61,54	1,86
Saletra amonowa	41,3	17,88	7,04	61,05	1,72
Saletra wapniowa	42,5	19,44	7,32	58,80	1,78
Kapusta głowiasta czerwona					
Mocznik bez ureazy	52,4	21,88	7,18	57,18	1,95
Mocznik z ureazą	51,5	25,75	7,19	68,55	1,91
Saletra amonowa	54,3	23,13	7,45	68,32	1,98
Saletra wapniowa	54,7	26,06	7,99	64,79	1,93
Kapusta włoska					
Mocznik bez ureazy	33,2	19,25	6,26	51,69	1,95
Mocznik z ureazą	32,3	23,44	6,38	54,92	1,84
Saletra amonowa	35,3	20,50	6,6	53,40	1,86
Saletra wapniowa	36,8	25,19	7,22	50,80	1,80

Badane formy azotu miały różny wpływ na zawartość makroskładników w liściach kapust. U kapusty głowiastej białej forma amidowa, dostarczana roślinom w postaci mocznika z ureazą w największym stopniu zwiększyła zawartość N-ogółem i P, natomiast mocznik bez inhibitora powodował wzrost ilości K i Ca. W przypadku kapusty głowiastej czerwonej i włoskiej odnotowano po zastosowaniu saletry wapniowej (forma azotanowa) zwiększenie zawartości azotu ogółem, fosforu i potasu. Zawartość wapnia u kapusty włoskiej i kapusty głowiastej

czerwonej była najwyższa w obiektach nawożonych saletrą amonową. Zawartość magnezu u badanych warzyw kapustnych była na zbliżonym poziomie, niezależnie od zastosowanej form azotu.

Tabela 5. Wpływ formy azotu na zawartość N-ogółem oraz fosforu, potasu, magnezu i wapnia w liściach kapusty głowiastej białej i czerwonej oraz kapusty włoskiej

Rodzaj nawozu	N-ogółem	P	K	Ca	Mg
	(% s.m.)				
Kapusta głowiasta biała					
Mocznik bez ureazy	2,58	0,52	3,73	0,86	0,21
Mocznik z ureazą	3,11	0,57	3,62	0,64	0,21
Saletra amonowa	2,86	0,49	2,77	0,80	0,21
Saletra wapniowa	3,05	0,56	3,63	0,67	0,20
Kapusta głowiasta czerwona					
Mocznik bez ureazy	3,00	0,58	4,02	0,65	0,19
Mocznik z ureazą	4,12	0,55	3,72	0,66	0,22
Saletra amonowa	3,70	0,54	3,92	0,69	0,21
Saletra wapniowa	4,17	0,61	4,11	0,61	0,22
Kapusta włoska					
Mocznik bez ureazy	3,08	0,52	3,96	0,96	0,19
Mocznik z ureazą	3,75	0,65	3,79	0,93	0,21
Saletra amonowa	3,28	0,61	3,39	1,07	0,22
Saletra wapniowa	4,03	0,75	4,31	0,95	0,23

Badane formy azotu miały znaczący wpływ na kształtowanie się ilości i jakości handlowej plonu kapusty głowiastej białej i czerwonej oraz włoskiej. Dużą skutecznością w budowaniu wielkości plonu charakteryzował się forma amidowa z inhibitorem ureazy, natomiast forma azotanowa azotu miała korzystny wpływ na kształtowanie jego jakości handlowej.

VIII. Literatura

- Baligar V.C., Fageria N.K., He Z.L. 2001. Nutrient use efficiency in plants. *Comm. Soil. Scien. Plant Anal.* 32: 921-950. <https://doi.org/10.1081/CSS-100104098>.
- Deuter I., Fotyna M., Madej A. 2004. Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej https://iung.pl/dpr/publikacje/kodeks_dobrej_praktyki_rolniczej.pdf
- Dyrektywa Rady z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego (Dyrektywa 91/675/EWG).

- <https://sip.lex.pl/akty-prawne/dzienniki-UE/dyrektywa-91-676-ewg-dotyczaca-ochrony-wod-przed-zanieczyszczeniami-67456932>
- Karthika K.S., Philip P.S., Neenu S. 2020. Brassicaceae plants response and tolerance to nutrient deficiencies. In: Hasanuzzaman M. (eds) *The Plant Family Brassicaceae*. Springer, Singapore, 337-362, https://doi.org/10.1007/978-981-15-6345-4_11
- Kołota E., Orłowski M., Biesiada A. 2007. *Warzywnictwo*, Wyd. UP we Wrocławiu, Wrocław, ss. 217-236.
- Komosa A., Breś W., Golcz A., Kozik E. 2012. *Żywnienie roślin ogrodniczych*. PWRiL, Poznań.
- Kozłowska M., Bandurska H., Floryszak-Wieczorek J., Politycka B. 2007. *Fizjologia roślin*. PWRiL, Poznań, ss. 161-184.
- Krochmal-Marczak B., Sawicka B., Stryjecka M., Pisarek M., Bienia B. 2017. Wartość odżywcza i prozdrowotna wybranych warzyw z rodzaju kapusta (*Brassica L.*), *Herbalism*, 1(3), ss. 80–89
- Mohler Ch., Johnson S.E. 2009. *Crop rotation on organic farms. A planting manual*. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES) , Cooperative Extension, Ithaca, NY USA, 14852-4557, pp. 156
- Nurzyński J. 2008. *Nawożenie roślin ogrodniczych*. Wyd AR, Lublin, ss. 20-23, 57-80.
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12 lutego 2020 r. w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu” (Dz.U. z 2020 r. poz. 243) <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20200000243/O/D20200243.pdf>
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu (Dz. U. Nr 119, poz. 765).
- Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu (Dz. U. z 2021, poz. 76) <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20210000076/O/D20210076.pdf>
<https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20071471033/O/D20071033.pdf>