

SKŁAD CHEMICZNY ORAZ POBRANIE SKŁADNIKÓW Z PLONAMI ROŚLIN UPRAWIANYCH NA TERENACH PRZEKSZTAŁCONYCH PRZEZ PRZEMYSŁ WYDOBYWCZY KRUSZYWA BUDOWLANEGO W DOLINIE BOBRU

MICHAŁ DRAB*

Streszczenie

W pracy przedstawiono skład chemiczny oraz pobranie składników z plonami roślin uprawianych na terenach poeksploatacyjnych kruszywa budowlanego. Roślinami testowymi były ziemniaki, żyto ozime, jęczmień ozimy i rzepak ozimy. Oznaczono zawartości makroskładników oraz mikroelementów, a w ziemniakach dodatkowo skrobię, suchą masę i popiół.

1. Wstęp

Skład mineralny roślin decyduje o ich wartości biologicznej (Dzickanowski i inni 1992).

Do czynników kształtujących skład mineralny należy zaliczyć genetyczne właściwości gleby, klimat, zasobność i inne właściwości gleby, poziom prac ogólnotechnicznych, warunki wodne oraz nawożenie (Czuba, Mazur 1988).

Wszystkie te czynniki oddziałują kompleksowo i trudno jest ustalić priorytet któregoś z nich. Wydaje się, że jeszcze trudniej jest ustalić priorytet czynnika decydującego o składzie mineralnym roślin na glebach przekształconych w wyniku działalności przemysłu wydobywczego.

Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu zróżnicowanego nawożenia mineralnego na kształtowanie się zawartości oraz pobranie składników z plonami roślin uprawianych na terenach przekształconych przez przemysł wydobywczy kruszywa budowlanego.

* Politechnika Zielonogórska; Instytut Inżynierii Środowiska

2. Metodyka badań

Doświadczenia polowe założono w 1986 roku w Dobroszowie Wielkim na terenie poeksploatacyjnym kruszywa budowlanego (rys. 1). W pierwszym roku uprawiano:

- ziemniaki odmiany `Elida` (pole IV),
- rzepak ozimy w odmianie `Jantar` (pole I),
- żyto ozime w odmianie `Dańkowskie Złote` (pole II),
- jęczmień ozimy w odmianie `Odra` (pole III).

Pola miały wymiary: długość 80m i szerokość 8m.

Wielkość pól pozwalała na stosowanie uprawy typowych w gospodarstwach wielkorolnych maszyn rolniczych.

Charakterystykę warunków glebowych przedstawiono w pracy wcześniejszej (Drab 1988). Gleby, na których założono doświadczenia charakteryzowały niekorzystne właściwości fizyko-chemiczne:

- silnie kwaśny odczyn (większość prób glebowych miało pH poniżej 5,0),
- silne ubicie warstw podglebia – utrudniało to przenikanie korzeni roślin w głąb profilu jak też wsiąkanie wody w głębsze warstwy,
- mała zasobność w próchnicę,
- niska zawartość składników pokarmowych form ogólnych i przyswajalnych.

Warunki meteorologiczne oraz plony roślin uprawnych opisano w pracy wcześniejszej (Drab 1988).

Ziemniaki wysadzono wiosną 1986 roku. Nawożenie mineralne zastosowano według schematu:

- Bez nawożenia NPK
- N-120, P₂O₅-60, K₂O-200 kg/ha
- N-240, P₂O₅-60, K₂O-200 kg/ha
- N-360, P₂O₅-60, K₂O-200 kg/ha
- N-160, P₂O₅-400, K₂O-320 kg/ha
- N-320, P₂O₅-400, K₂O-320 kg/ha
- N-480, P₂O₅-400, K₂O-320 kg/ha
- Dawki jak PGR Dobroszów: N-100, P₂O₅-70, K₂O-120 kg/ha

Nawozy fosforowe w formie superfosfatu pojedynczego oraz potasowe w formie soli potasowej 50%-wej stosowano jednorazowo po orce, przed bronowaniem. Nawozy azotowe wysiano w dwóch dawkach: pierwszą – ½ dawki w postaci mocznika przed sadzeniem, a resztę posypowo w postaci saletry amonowej przed kwitnieniem ziemniaków.

Pozostałe rośliny wysiano jesienią 1986 roku. Schemat nawożenia roślin uprawnych był następujący:

Rzepak ozimy:

- Bez nawożenia NPK + Ca
- N-100, P₂O₅-50, K₂O-60 kg/ha + Ca
- N-200, P₂O₅-50, K₂O-60 kg/ha + Ca
- N-300, P₂O₅-50, K₂O-60 kg/ha + Ca
- N-140, P₂O₅-300, K₂O-100 kg/ha + Ca
- N-280, P₂O₅-300, K₂O-100 kg/ha + Ca
- N-420, P₂O₅-300, K₂O-100 kg/ha + Ca
- Dawki jak PGR Dobroszów: N-100, P₂O₅-90, K₂O-100 kg/ha + Ca
- N-280, P₂O₅-300, K₂O-100 kg/ha bez Ca

Żyto ozime:

- Bez nawożenia NPK + Ca
- N-100, P₂O₅-45, K₂O-80 kg/ha + Ca
- N-200, P₂O₅-45, K₂O-80 kg/ha + Ca
- N-300, P₂O₅-45, K₂O-80 kg/ha + Ca
- N-100, P₂O₅-280, K₂O-130 kg/ha + Ca
- N-200, P₂O₅-280, K₂O-130 kg/ha + Ca
- N-300, P₂O₅-280, K₂O-130 kg/ha + Ca
- Dawki jak PGR Dobroszów: N-100, P₂O₅-90, K₂O-120 kg/ha + Ca
- N-200, P₂O₅-280, K₂O-130 kg/ha bez Ca

Jęczmień ozimy:

- Bez nawożenia NPK + Ca
- N-100, P₂O₅-45, K₂O-80 kg/ha + Ca
- N-200, P₂O₅-45, K₂O-80 kg/ha + Ca
- N-300, P₂O₅-45, K₂O-80 kg/ha + Ca
- N-100, P₂O₅-280, K₂O-130 kg/ha + Ca
- N-200, P₂O₅-280, K₂O-130 kg/ha + Ca
- N-300, P₂O₅-280, K₂O-130 kg/ha + Ca
- Dawki jak PGR Dobroszów: N-100, P₂O₅-90, K₂O-100 kg/ha + Ca
- N-200, P₂O₅-280, K₂O-100 kg/ha bez Ca

Nawozy wapniowe zastosowano w ilości 5 t/ha węglanu wapnia przed orką. Nawożenie fosforowo-potasowe w pełnych dawkach stosowano w postaci superfosfatu pojedynczego i soli potasowej 50%-wej po orce. Nawożenie azotem w ilości ½ dawki w postaci saletry amonowej stosowano przed siewem roślin, pozostałą część wysiewano posypowo ¼ dawki – wczesną wiosną (02.04.) i ostatnią część po upływie miesiąca tj. 02.05.

Po zbiorach roślin z każdej kombinacji nawozowej pobrano reprezentatywne próby materiału roślinnego, tj. kłęby ziemniaków, ziarno i słomę pozostałych roślin.

W ziemniakach określono zawartość skrobi na wadze Parowa. Bulwy ziemniaków pocięto na plasterki, wysuszono, określono zawartość suchej masy – wagowo, a po zmineralizowaniu w piecu muflowym określono zawartość popiołu.

Każdą próbę zmineralizowano w stężonym kwasie siarkowym dla oznaczenia N-ogółem, oraz w mieszaninie stężonych kwasów solnego i azotowego w stosunku 3:1 dla oznaczenia: P, K, Ca, Na, Fe, Mn, Cu i Zn.

N-ogólny oznaczono metodą Kjeldahla, P – kolorymetrycznie metodą Bartona, K, Na i Ca na fotometrze Flapho-4, a Mn, Fe, Cu i Zn na spektrofotetrze absorpcji atomowej Varian-Techtron. Uzyskane wyniki zestawiono w tabeli 1.

Próby ziarna i słomy pozostałych roślin rozdrobniono, zmineralizowano i oznaczono składniki mineralne podobnie jak w ziemniakach. Uzyskane wyniki zestawiono w tabelach 2-7.

3. Omówienie wyników

Zawartość skrobi w ziemniakach (tabela 1.) wahała się od 12,7% (kombinacja 4) do 14,3% (kombinacja 6). Na niższym poziomie nawożenia P i K wzrastające nawożenie azotem spowodowało zmniejszenie zawartości skrobi w ziemniakach. Zależności tej nie stwierdzono na wyższych poziomach nawożenia P i K.

Zawartość suchej masy była wyższa w bulwach ziemniaków nawożonych wyższymi dawkami fosforu i potasu. Nie stwierdzono wpływu wzrastających dawek azotu na zawartość suchej masy w ziemniakach.

Zawartość popiołu w ziemniakach z pól nawożonych niższymi dawkami P i K koresponduje z zawartością potasu w bulwach. Na wyższym poziomie nawożenia fosforowo-potasowego zależności tej nie wykazano.

Zawartość azotu w bulwach ziemniaków była bardzo wysoka i kształtowała się od 3,58% do 7,17% przy najwyższym nawożeniu NPK. Wzrastające nawożenie azotem powodowało wzrost zawartości N-ogółem w bulwach na obu poziomach nawożenia P i K, przy czym przy dawkach P_2O_5 -400 i K_2O -320 kg/ha zależność ta była bardziej wyraźna.

Podobnie jak w przypadku azotu, zawartość potasu w bulwach ziemniaków była bardzo wysoka i wynosiła od 2,59% w kombinacji 4 do 5,68% w kombinacji 7 (najwyższy poziom nawożenia NPK). Nie stwierdzono wpływu wzrastających dawek azotu na zawartość potasu przy niższych poziomach nawożenia P i K. Natomiast przy wyższym nawożeniu P i K wraz ze wzrostem dawek azotu zawartość potasu w ziemniakach rosła.

Zawartość fosforu w ziemniakach kształtowała się w zakresie od 0,08 do 0,29%. Stwierdzono wzrost zawartości fosforu w kombinacjach o wyższym nawożeniu P i K. W tych też kombinacjach wzrastające dawki azotu powodowały spadek zawartości fosforu w ziemniakach.

Analiza chemiczna wykazała bardzo niską zawartość wapnia w bulwach ziemniaka.

Zawartość Na, Fe, Mn i Zn w ziemniakach nie przewyższały zawartości podawanych przez Czubę i Mazura (1988). Natomiast średnia zawartość miedzi w bulwach była wyższa około 2-krotnie od cytowanych w literaturze [3, 14, 20].

Z oznaczonych makroskładników w ziarnie rzepaku ozimego (tabela 2) duże różnice wystąpiły w zawartości azotu ogólnego. Stwierdzono wpływ wzrastających dawek azotu na jego zawartość w ziarnie rzepaku. Zawartość P i K w ziarnie rzepaku były zróżnicowane w niewielkim stopniu. Jednak w kombinacjach o wyższym nawożeniu fosforowo-potasowym zawartość tych składników była znacznie wyższa.

Zawartość Ca, Na, Fe w ziarnie rzepaku była niższa niż podawana przez Czubę i Mazura (1988). Pozostałe składniki, tj. Cu, Mn i Zn wystąpiły w stężeniach wyższych niż cytowane przez ww. autorów.

Zróżnicowanie zawartości makroskładników w słomie rzepaku było większe niż w ziarnie (tab. 3).

Analiza składu chemicznego słomy rzepaku wykazała duże nagromadzenie w niej Cu i Mn. Zawartość Zn, Fe w słomie była w stężeniach zbliżonych do podawanych przez Czubę i Mazura (1988).

Zawartość azotu ogólnego w ziarnie żyta wahała się od 1,23% w kombinacji 9 do 1,68% w kombinacji 6 (tabela 4). Nie stwierdzono wyraźnego wpływu wzrastających dawek azotu na zawartość tego składnika w ziarnie żyta.

Różnice w zawartości fosforu i potasu w ziarnie w poszczególnych kombinacjach były niewielkie.

Zawartość wapnia w ziarnie żyta we wszystkich przypadkach jest bardzo niska. Najwyższa wartość została zanotowana w kombinacji 6 – 460 mg/kg.

Zawartość Fe i Na w ziarnie żyta kształtowała się podobnie i była niższa niż podawana przez Czubę i Mazura (1988), natomiast stężenia średnie Cu i Mn przewyższały wyniki cytowane przez ww. autorów.

Zawartość azotu ogólnego w słomie żyta (tabela 5) wahała się od 0,47% (kombinacja 8) do 1,06% (kombinacja 9). Podobnie jak w przypadku ziarna żyta nie stwierdzono wpływu wzrastających dawek azotu na zawartość N-ogólnego w słomie.

Zawartość P i K w słomie była bardziej zróżnicowana niż w ziarnie, jednak i tutaj nie wykazano wyraźnego wpływu wzrastających dawek nawożenia azotem na zawartość omawianych składników.

Zawartość wapnia w słomie żyta w kombinacjach z wyższym poziomem nawożenia P i K dwukrotnie przewyższała zawartość tego składnika przy niższych poziomach nawożenia P i K.

Analiza pozostałych oznaczonych składników wykazała, że średnia zawartość Cu i Mn w słomie przewyższała wyniki cytowane przez Czubę i Mazura (1988).

Zastosowane warianty nawożenia mineralnego dość wyraźnie zróżnicowały zawartość N ogólnego w ziarnie jęczmienia ozimego (tabela 6). Wzrastające nawożenie azotem stosowane przy wyższym nawożeniu fosforowo-potasowym obniżyło zawartość N ogólnego w ziarnie. Zawartość P i K w ziarnie jęczmienia była zróżnicowana w niewielkim stopniu.

Średnie stężenie Ca w ziarnie jęczmienia przewyższało stężenie tego składnika podane przez Czubę i Mazura (1988) około 3 razy.

Stężenia pozostałych składników, tj. Ca, Na, Fe, Mn i Zn były niższe niż podają ww. autorzy.

Analiza chemiczna słomy nie wykazała większych różnic w porównaniu do wyników spotykanych w literaturze (Czuba, Mazur 1988) jeśli chodzi o makroskładniki (tabela 7). Natomiast w przypadku mikroskładników zawartość Cu i Fe w słomie wystąpiła w stężeniach wyższych od cytowanych przez wymienionych autorów.

Pobranie składników z plonem bulw ziemniaków było najwyższe w porównaniu do pozostałych roślin (tabela 8). Ziemniaki pobrały najwięcej azotu. Należy podkreślić, że na wszystkich poziomach nawożenia azotem poza dawką N-360, stwierdzono ujemny bilans azotu. Było to konsekwencją głównie dużych zawartości azotu w bulwach.

Pobranie potasu było również wysokie. Pobranie fosforu z plonem bulw było najniższe i związane z niską zawartością składnika w ziemniakach oraz z plonem bulw.

Pobranie składników z plonem zbóż było związane przede wszystkim z ich plonem. Najwięcej składników pobrało żyto, mniej rzepak, a najmniej jęczmień ozimy (tabele 9-11).

4. Dyskusja wyników

Skład chemiczny roślin uprawnych jest cenną informacją o stanie zaopatrzenia ich w składniki pokarmowe, jak również może być przydatny do oceny skutków stosowania nawozów (Chwil 1998).

Właściwości fizyko-chemiczne gleb przekształconych przez przemysł wydobywczy kruszywa budowlanego w Dobroszowie Wielkim z pewnością odegrały decydującą rolę w kształtowaniu się składu mineralnego uprawianych roślin w pierwszym roku doświadczenia.

Odczyn gleb był silnie kwaśny (Drab 1988). W tych warunkach może dojść do toksycznego działania glinu, manganu i wodoru (Marcik, Sas 1998; Kaczor 1998). W glebach kwaśnych jest utrudnione pobieranie wapnia, fosforu i molibdeny. Tym też głównie należy tłumaczyć niską zawartość wapnia we wszystkich analizowanych roślinach, a zwłaszcza w bulwach ziemniaków, które były uprawiane na polu IV – nie wapnowanym.

W glebach o odczynie kwaśnym mamy do czynienia z większą rozpuszczalnością pierwiastków śladowych: Mn, Fe, Zn, Cu, Cd i Pb [19, 15, 16, 8, 4]. Pierwiastki te występujące w formach łatwo dostępnych dla roślin mogą być pobierane w większych ilościach. Zjawisko to występowało w omawianym doświadczeniu, gdzie podwyższoną zawartość, a zwłaszcza Cu i Mn stwierdzono we wszystkich analizowanych roślinach. Zawartość pozostałych mikroelementów były w zakresach porównywalnych z danymi w literaturze [10, 14].

Zastosowane nawożenie NPK w wysokich dawkach w doświadczeniu miało na celu przede wszystkim przywrócić zdegradowanych gleb gospodarce rolnej poprzez odbudowę życia biologicznego. Wywarło ono niewątpliwie wpływ na skład chemiczny uprawianych roślin. Najwyraźniej dało się to zauważyć w zawartościach azotu, a szczególnie w bulwach ziemniaków i ziarnie rzepaku.

Zawartość azotu ogólnego w bulwach ziemniaków znacznie przekroczyły stężenia podawane przez autorów prac [1, 3, 12, 17, 11, 18, 21]. Bardzo wysoka zawartość azotu w ziemniakach mogła wynikać z szybkiego zakończenia wegetacji ziemniaków na polach doświadczalnych. Wystąpienie zarazy ziemniaczanej spowodowało, że już na początku sierpnia doszło do całkowitego uschnięcia lętów. Potwierdzeniem tej tezy są wyniki pracy Mazura (1995), w której autor wykazał istotny wpływ długości okresu wegetacji na zawartość składników mineralnych w ziemniakach. Okazało się, że im krótszy był okres wegetacji ziemniaków tym zawartość oznaczonych w nich składników była wyższa.

Wysoka zawartość potasu w ziemniakach w omawianym doświadczeniu może mieć też związek ze skróceniem okresu wegetacji. Nawożenie mineralne mimo wysokich dawek nie miało wyraźnego wpływu na zmiany zawartości potasu w zbożach.

Jeszcze mniej zróżnicowane były zawartości fosforu. Analiza materiału roślinnego wykazała, że zawartość składników w słomie była bardziej zróżnicowana pod wpływem nawożenia mineralnego niż zawartość składników w ziarnie zbóż. Znajduje to potwierdzenie w pracy Zalewskiej (1995).

Pobranie składników z plonami roślin jest konsekwencją zawartości składników i wielkości plonów. Jeżeli w przypadku ziemniaków pobranie azotu i potasu było związane z zawartością tych składników w bulwach, to w przypadku zbóż o pobraniu składników decydowała głównie wielkość plonów.

5. Wnioski

Uzyskane wyniki pracy pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Z czterech uprawianych roślin najwyższa zawartość składników, zwłaszcza azotu wystąpiła w bulwach ziemniaków. Stwierdzono też wysokie stężenia potasu w ziemniakach.
2. Zastosowane nawożenie mineralne w niewielkim stopniu wpłynęło na zmiany zawartości azotu w ziarnie zbóż. Zmiany zawartości potasu i fosforu były jeszcze mniejsze.
3. Niska zawartość wapnia, a zarazem wysokie stężenia pierwiastków śladowych: miedzi i manganu we wszystkich roślinach wskazują, że o składzie mineralnym roślin decydowały właściwości fizyko-chemiczne badanych gruntów.
4. Zawartość pierwiastków decydowała o wysokości ich pobrania z plonami bulw ziemniaków. U zbóż pobranie składników było związane z wysokością plonu.

6. Literatura

- [1] Boguszewski W., Sajek F., Sryka J. (1977): Skuteczność wzrastających dawek wapna w wieloletnich doświadczeniach na glebie lekkiej (cz. I). Pamiętniki Puławskie, 67, s. 46-61.
- [2] Chwil St. (1998): Stosunki makroelementów w ziarnie i słomie zbóż jarych pod wpływem zróżnicowanego nawożenia gleby bardzo kwaśnej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. PAN, 456, s. 433-437.
- [3] Czuba R., Mazur T. (1988): Wpływ nawożenia na jakość plonów. PWN Warszawa.

- [4] Domska D., Bobrzecka D., Wojtkowiak K. (1998): Zmiany w zawartości wybranych składników pokarmowych w glebach w zależności od ich odczynu. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. PAN, 456, s. 525-529.
- [5] Drab M. (1988): Charakterystyka właściwości fizyko-chemicznych gleb powstałych na terenach poeksploatacyjnych kruszywa budowlanego w Dobroszowie Wielkim k. Nowogrodu w woj. zielonogórskim. Zesz. Nauk. WSInż. Zielona Góra, Inżynieria Środowiska, 84, s. 105-121.
- [6] Drab M. (1998): Badania nad przywracaniem produktywności gruntów po eksploatacji kruszywa budowlanego. II. Plony roślin uprawnych. Zesz. Nauk. Polit. Zielonog., 116, s. 147-159.
- [7] Dziekanowski A., Cieciko Z., Nowak G. (1992): Zawartość podstawowych makro- i mikrośladników w bulwach ziemniaka w zależności od poziomu nawożenia potasem. Zesz. Nauk. ART. Olsztyn, Rolnictwo, 54, s. 117-126.
- [8] Gembarzewski H., Glubiak-Stanisławska E., Korzeniowska J. (1998): Wpływ zakwaszenia gleby na toksyczność cynku dla roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. PAN, 456, s. 415-419.
- [9] Kaczor A. (1998): Odżywianie się roślin w warunkach gleb silnie zakwaszonych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. PAN, 456, s. 55-62.
- [10] Kaniuczak J. (1998): Zakwaszenie gleb lessowych w zależności od sposobów użytkowania, wapnowania i nawożenia mineralnego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. PAN, 456, s. 113-118.
- [11] Mazur T., Kawecka T., Szagała J. (1988): Wpływ nawożenia na plon i skład chemiczny roślin uprawianych w drugiej rotacji zmianowania na glebach różnych kompleksów rolniczej przydatności. Część II Zawartość azotu, fosforu i potasu w plonach roślin i bilans składników pokarmowych. Roczniki Gleboznawcze, t. 36, 3, s. 133-147.
- [12] Mazur T. (1995): Pobieranie azotu, fosforu i potasu przez ziemniak odmiany Atol w zależności od nawożenia azotem. Zesz. Nauk. ART. Olsztyn, Rolnictwo, 61, s. 123-130.
- [13] Mercik St., Sas L. (1998): Ujemny wpływ nadmiernego zakwaszenia gleby na rośliny. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. PAN, 456, s. 29-39.
- [14] Mikos-Bielak M., Sawicka B. (1992): Zmienność zawartości mikroelementów w bulwach różnych odmian ziemniaków. Mat. VII Sympozjum „Mikroelementy w rolnictwie” AR Wrocław, s. 136-140.
- [15] Misztal M., Ligęza S. (1995): Wpływ odczynu, wilgotności i czasu inkubacji na rozpuszczalność metali ciężkich w glebie zanieczyszczonej przez hutę cynku. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. PAN, 418, s. 465-471.
- [16] Misztal M., Ligęza S. (1995): Wpływ odczynu i wilgotności gleby zanieczyszczonej przez hutę cynku na zawartość metali ciężkich w roztworze glebowym. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. PAN, 433, s. 879-883.

- [17] Prośba-Białczyk U. (1991): Kształtowanie cech jakościowych i wartości paszowej ziemniaka pod wpływem terminu sadzenia i poziomu nawożenia azotem. Rozprawy AR Wrocław, nr 95.
- [18] Słowiński H., Pytlarz-Kosicka M., Prośba-Białczyk U. (1995): Wpływ nawożenia fosforem i potasem na rozwój i plon dwu odmian ziemniaka na piasku słabo gliniastym i glinie lekkiej. Zesz. AR Wrocław, Rolnictwo, 262, s. 67-80.
- [19] Smal H., Misztal M., Ligęza S., Stachyra J. (1998): Wpływ zakwaszenia gleby na zawartość wybranych pierwiastków śladowych w roztworze glebowym w warunkach doświadczenia laboratoryjnego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. PAN, 456, s. 565-571.
- [20] Symanowicz B., Kalembasa St. (1998): Wpływ wapnowania przedplonu zbożowego oraz nawożenia azotem na właściwości chemiczne gleby i skład chemiczny bulw ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. PAN, 456, s. 453-457.
- [21] Wyszkowski M. (1996): Zawartość związków azotowych i witaminy C w bulwach ziemniaka w zależności od zastosowanego nawożenia azotem i fungicydów. *Fragmenta Agronomica*, 1(49), s. 9-18.
- [22] Zalewska M. (1995): Wpływ nawożenia potasem i magnezem na skład chemiczny roślin. Zesz. Nauk. ART. Olsztyn, Rolnictwo, 61, s. 167-175.

Tabela 1. Skład chemiczny bulw ziemniaków

Lp	Warianty nawożenia	Zawartość [%]		Zawartość w suchej masie [%]				Zawartość [mg/kg]					
		skrobia	sucha masa	popiół	N	P	K	Ca	Na	Fe	Mn	Cu	Zn
1	Bez nawożenia NPK	12,9	24,3	6,2	3,58	0,28	3,38	1210	87	100	26	11	19
2	N-120, P ₂ O ₅ -60, K ₂ O-200 kg/ha	13,2	25,8	5,2	3,78	0,08	2,67	1060	137	240	24	14	22
3	N-240, P ₂ O ₅ -60, K ₂ O-200 kg/ha	12,8	23,2	6,2	5,04	0,18	3,33	1180	106	158	20	13	24
4	N-360, P ₂ O ₅ -60, K ₂ O-200 kg/ha	12,7	23,2	5,5	5,52	0,13	2,59	1000	90	125	19	21	26
5	N-160, P ₂ O ₅ -400, K ₂ O-320 kg/ha	13,3	25,6	5,4	4,59	0,29	3,01	1080	72	112	24	17	24
6	N-320, P ₂ O ₅ -400, K ₂ O-320 kg/ha	14,3	25,0	5,1	4,96	0,21	3,86	1060	87	181	22	18	27
7	N-480, P ₂ O ₅ -400, K ₂ O-320 kg/ha	13,4	26,6	5,4	7,17	0,14	5,68	980	88	103	26	11	20
8	N-100, P ₂ O ₅ -70, K ₂ O-120 kg/ha	13,5	26,7	5,4	5,23	0,19	2,65	870	113	138	41	14	31
Średnia		13,3	25,1	5,6	4,98	0,19	3,40	1055	98	145	25	15	24

Tabela 2. Skład chemiczny ziarna rzepaku ozimego

Lp.	Warianty nawożenia	Zawartość [%]			Zawartość [mg/kg]					
		N-og	P-og	K	Ca	Na	Fe	Cu	Mn	Zn
1	Bez nawożenia NPK + Ca	2,26	0,66	0,86	13800	20	29	5	40	53
2	N-100, P ₂ O ₅ -50, K ₂ O-60 kg/ha + Ca	3,02	0,7	0,93	22200	26	45	5	62	53
3	N-200, P ₂ O ₅ -50, K ₂ O-60 kg/ha + Ca	3,32	0,7	0,87	13000	22	95	8	61	64
4	N-300, P ₂ O ₅ -50, K ₂ O-60 kg/ha + Ca	3,24	0,71	0,87	12400	51	53	10	43	64
5	N-140, P ₂ O ₅ -300, K ₂ O-100 kg/ha + Ca	3,3	0,71	0,9	13500	48	71	9	42	47
6	N-280, P ₂ O ₅ -300, K ₂ O-100 kg/ha + Ca	3,86	0,8	1,1	14600	19	58	5	45	53
7	N-420, P ₂ O ₅ -300, K ₂ O-100 kg/ha + Ca	3,64	0,81	0,95	14700	62	105	10	35	54
8	N-100, P ₂ O ₅ -90, K ₂ O-100 kg/ha + Ca	3,64	0,82	0,87	13700	34	83	7	42	42
9	N-280, P ₂ O ₅ -300, K ₂ O-100 kg/ha bez Ca	4,14	0,89	1,1	14500	18	67	5	77	69
Średnia		3,45	0,75	0,93	14710	33	67	7	50	55

Tabela 3. Skład chemiczny słomy rzepaku ozimego

Lp.	Warianty nawożenia	Zawartość [%]			Zawartość [mg/kg]					
		N-og	P-og	K	Ca	Na	Fe	Cu	Mn	Zn
1	Bez nawożenia NPK + Ca	0,61	0,09	0,59	8530	39	136	8	104	13
2	N-100, P ₂ O ₅ -50, K ₂ O-60 kg/ha + Ca	0,91	0,14	1,24	11320	120	247	6	108	10
3	N-200, P ₂ O ₅ -50, K ₂ O-60 kg/ha + Ca	0,9	0,09	0,98	7620	129	113	12	112	11
4	N-300, P ₂ O ₅ -50, K ₂ O-60 kg/ha + Ca	1,01	0,12	1,02	7650	188	90	5	70	25
5	N-140, P ₂ O ₅ -300, K ₂ O-100 kg/ha + Ca	1,01	0,11	0,92	9520	345	177	11	61	10
6	N-280, P ₂ O ₅ -300, K ₂ O-100 kg/ha + Ca	0,9	0,1	0,9	10120	313	193	12	66	8
7	N-420, P ₂ O ₅ -300, K ₂ O-100 kg/ha + Ca	0,98	0,09	0,71	7400	212	114	8	49	8
8	N-100, P ₂ O ₅ -90, K ₂ O-100 kg/ha + Ca	0,87	0,1	0,59	11120	118	176	17	63	10
9	N-280, P ₂ O ₅ -300, K ₂ O-100 kg/ha bez Ca	1,4	0,13	1,66	9240	250	186	16	129	27
Średnia		0,95	0,11	0,96	9168	190	162	11	85	14

Tabela 4. Skład chemiczny ziarna żyta ozimego

Lp.	Warianty nawożenia	Zawartość [%]			Zawartość [mg/kg]					
		N-og	P-og	K	Ca	Na	Fe	Cu	Mn	Zn
1	Bez nawożenia NPK + Ca	1,4	0,45	0,61	3500	35	34	8	67	40
2	N-100, P ₂ O ₅ -45, K ₂ O-80 kg/ha + Ca	1,34	0,42	0,64	3400	45	45	8	77	38
3	N-200, P ₂ O ₅ -45, K ₂ O-80 kg/ha + Ca	1,31	0,39	0,56	3400	20	20	7	69	43
4	N-300, P ₂ O ₅ -45, K ₂ O-80 kg/ha + Ca	1,51	0,39	0,77	3200	35	35	7	77	35
5	N-140, P ₂ O ₅ -280, K ₂ O-130 kg/ha + Ca	1,28	0,43	0,72	3400	45	45	4	58	29
6	N-280, P ₂ O ₅ -280, K ₂ O-130 kg/ha + Ca	1,68	0,43	0,58	4600	31	31	6	48	31
7	N-420, P ₂ O ₅ -280, K ₂ O-130 kg/ha + Ca	1,51	0,45	0,73	3300	37	37	5	64	41
8	N-100, P ₂ O ₅ -90, K ₂ O-120 kg/ha + Ca	1,28	0,41	0,65	3200	13	13	5	44	35
9	N-280, P ₂ O ₅ -280, K ₂ O-100 kg/ha bez Ca	1,23	0,43	0,67	3200	26	26	8	47	47
Średnia		1,39	0,42	0,66	3467	32	32	6	61	38

Tabela 5. Skład chemiczny słomy żyta ozimego

Lp.	Warianty nawożenia	Zawartość [%]			Zawartość [mg/kg]					
		N-og	P-og	K	Ca	Na	Fe	Cu	Mn	Zn
1	Bez nawożenia NPK + Ca	0,64	0,06	0,82	1200	65	65	8	79	17
2	N-100, P ₂ O ₅ -45, K ₂ O-80 kg/ha + Ca	0,58	0,1	0,96	1100	91	91	8	84	18
3	N-200, P ₂ O ₅ -45, K ₂ O-80 kg/ha + Ca	0,64	0,09	1,25	1250	138	138	7	105	28
4	N-300, P ₂ O ₅ -45, K ₂ O-80 kg/ha + Ca	0,61	0,08	1,16	1340	80	80	7	85	10
5	N-140, P ₂ O ₅ -280, K ₂ O-130 kg/ha + Ca	0,56	0,11	0,86	2430	115	115	4	172	29
6	N-280, P ₂ O ₅ -280, K ₂ O-130 kg/ha + Ca	0,84	0,22	1,29	2410	141	141	6	227	18
7	N-420, P ₂ O ₅ -280, K ₂ O-130 kg/ha + Ca	0,7	0,09	1,12	2170	89	89	5	106	10
8	N-100, P ₂ O ₅ -90, K ₂ O-120 kg/ha + Ca	0,47	0,07	0,92	2590	170	170	6	100	9
9	N-280, P ₂ O ₅ -280, K ₂ O-100 kg/ha bez Ca	1,06	0,07	0,97	2080	43	92	8	90	13
Średnia		0,68	0,10	1,04	1841	104	109	7	116	17

Tabela 6. Skład chemiczny ziarna jęczmienia ozimego

Lp.	Warianty nawożenia	Zawartość [%]			Zawartość [mg/kg]					
		N-og	P-og	K	Ca	Na	Fe	Cu	Mn	Zn
1	Bez nawożenia NPK + Ca	1,23	0,32	0,63	5100	37	37	3	17	7
2	N-100, P ₂ O ₅ -45, K ₂ O-80 kg/ha + Ca	1,79	0,38	0,72	5400	28	28	6	18	9
3	N-200, P ₂ O ₅ -45, K ₂ O-80 kg/ha + Ca	2,18	0,39	0,76	6100	38	38	6	16	9
4	N-300, P ₂ O ₅ -45, K ₂ O-80 kg/ha + Ca	1,96	0,34	0,55	5500	34	34	10	19	15
5	N-100, P ₂ O ₅ -280, K ₂ O-130 kg/ha + Ca	1,68	0,36	0,62	6400	42	42	4	18	9
6	N-200, P ₂ O ₅ -280, K ₂ O-130 kg/ha + Ca	1,62	0,32	0,65	5100	28	28	5	19	4
7	N-300, P ₂ O ₅ -280, K ₂ O-130 kg/ha + Ca	1,62	0,36	0,71	4500	31	31	2	17	11
8	N-100, P ₂ O ₅ -90, K ₂ O-100 kg/ha + Ca	1,96	0,37	0,58	5300	23	23	11	25	13
9	N-200, P ₂ O ₅ -280, K ₂ O-100 kg/ha bez Ca	1,56	0,4	0,7	6000	39	39	7	28	18
Średnia		1,73	0,36	0,66	5489	33	33	6	20	11

Tabela 7. Skład chemiczny słomy jęczmienia ozimego

Lp.	Warianty nawożenia	Zawartość [%]			Zawartość [mg/kg]					
		N-og	P-og	K	Ca	Na	Fe	Cu	Mn	Zn
1	Bez nawożenia NPK + Ca	0,75	0,07	0,76	2480	179	179	18	63	3
2	N-100, P ₂ O ₅ -45, K ₂ O-80 kg/ha + Ca	1,03	0,07	0,81	3006	132	132	15	63	4
3	N-200, P ₂ O ₅ -45, K ₂ O-80 kg/ha + Ca	0,92	0,12	1,49	2474	164	164	15	77	11
4	N-300, P ₂ O ₅ -45, K ₂ O-80 kg/ha + Ca	1,06	0,11	0,96	4918	180	130	15	61	9
5	N-100, P ₂ O ₅ -280, K ₂ O-130 kg/ha + Ca	0,61	0,16	0,85	4763	106	135	5	102	9
6	N-200, P ₂ O ₅ -280, K ₂ O-130 kg/ha + Ca	0,75	0,07	0,78	2920	122	122	5	122	8
7	N-300, P ₂ O ₅ -280, K ₂ O-130 kg/ha + Ca	0,53	0,1	0,91	2932	105	125	6	61	5
8	N-100, P ₂ O ₅ -90, K ₂ O-100 kg/ha + Ca	1,09	0,09	0,58	4668	121	121	7	84	6
9	N-200, P ₂ O ₅ -280, K ₂ O-100 kg/ha bez Ca	0,78	0,12	0,57	631	91	91	14	124	9
	Średnia	0,84	0,10	0,86	3199	133	133	11	84	7

Tabela 8. Pobranie i bilans składników mineralnych. Bulwy ziemniaków

Wariant nawozowy	Wnieśienie (kg/ha)				Pobranie (kg/ha)				Bilans (kg/ha)			
	N	P	K	razem	N	P	K	razem	N	P	K	razem
1	0,0	0,0	0,0	0,0	74,5	5,8	70,3	150,6	-74,5	-5,8	-70,3	-150,6
2	100,0	27,3	166,6	293,9	128,5	2,7	90,8	222,0	-28,5	24,6	75,8	71,9
3	240,0	27,3	166,6	433,9	316,0	11,3	208,8	536,1	-76,0	16,0	-42,2	-102,2
4	360,0	27,3	166,6	553,9	313,0	7,4	146,8	467,2	47,0	19,9	19,8	86,7
5	160,0	181,8	266,6	608,4	384,2	24,3	251,9	660,4	-224,2	157,5	14,7	-52,0
6	320,0	181,8	266,6	768,4	390,3	16,5	303,8	710,6	-70,3	165,3	-37,2	57,8
7	480,0	181,8	266,6	928,4	637,4	12,4	504,9	1154,7	-157,4	169,4	-238,3	-226,3
8	100,0	31,8	100,0	231,8	390,7	14,2	197,9	602,8	-290,7	17,6	-97,9	-371,0

Tabela 9. Pobranie i bilans składników mineralnych. Rzepak ozimy

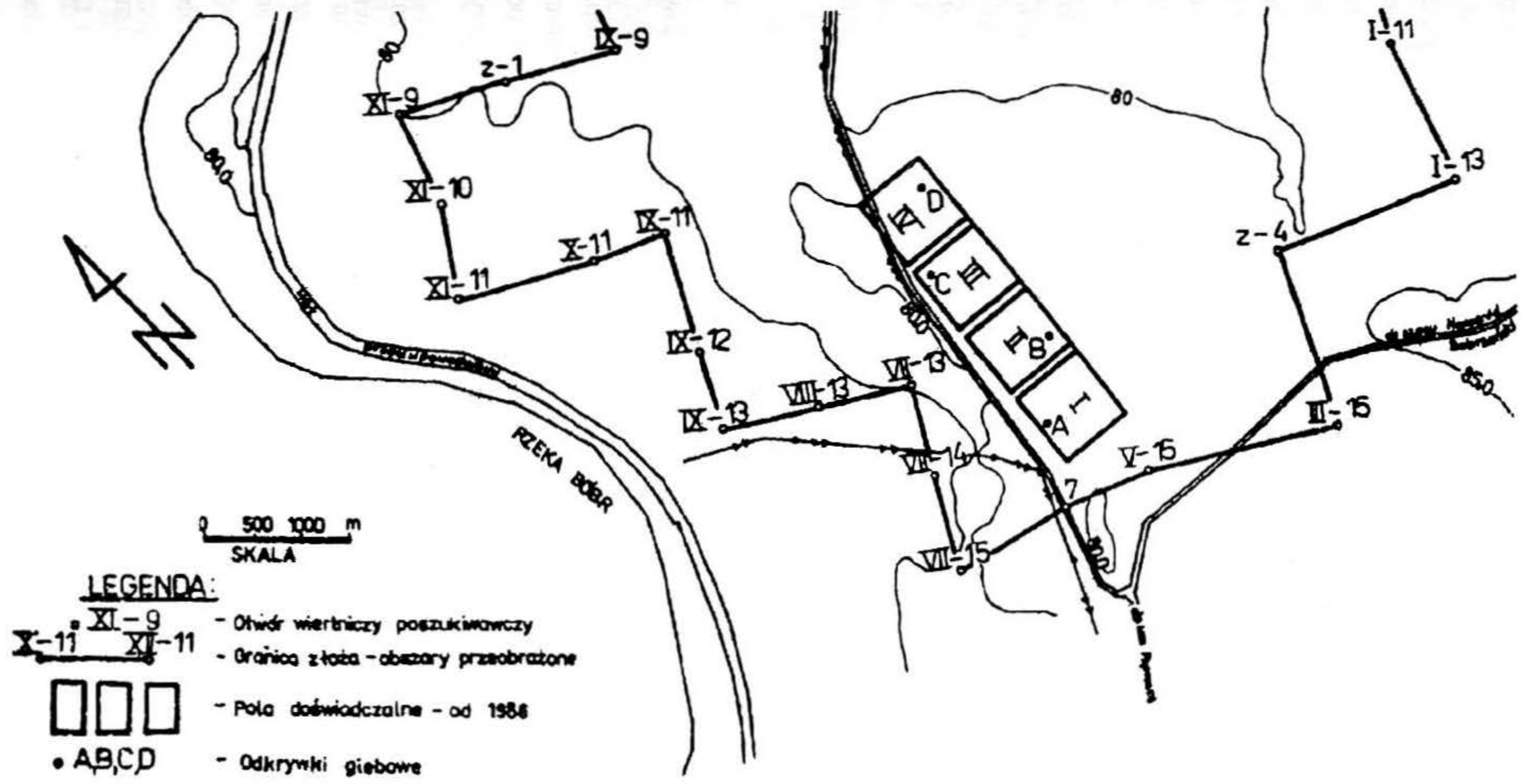
Wariant nawozowy	Wnieśenie (kg/ha)				Pobranie (kg/ha)				Bilans (kg/ha)			
	N	P	K	razem	N	P	K	razem	N	P	K	razem
1	0,0	0,0	0,0	0,0	20,3	4,0	11,5	35,8	-20,3	-4,0	-11,5	-35,8
2	100,0	22,7	50,0	172,7	39,1	7,8	28,8	75,7	60,9	14,9	21,2	97,0
3	200,0	22,7	50,0	272,7	30,6	5,0	18,8	54,4	169,4	17,7	31,2	218,3
4	300,0	22,7	83,3	406,0	56,8	9,9	33,6	100,3	243,2	12,8	49,7	305,7
5	140,0	136,4	83,3	359,7	62,3	10,2	35,8	108,3	77,7	126,2	47,5	251,4
6	280,0	136,4	83,3	499,7	112,9	20,9	52,8	186,6	167,1	115,5	30,5	313,1
7	420,0	136,4	83,3	639,7	66,3	19,2	29,8	115,3	353,7	117,2	53,5	524,4
8	100,0	40,9	83,3	224,2	74,1	14,0	28,6	116,7	25,9	26,9	54,7	107,5
9	280,0	136,4	83,3	499,7	70,5	12,2	41,4	124,1	209,5	124,2	41,9	375,6

Tabela 10. Pobranie i bilans składników mineralnych. Żyto ozime

Wariant nawozowy	Wniesienie (kg/ha)				Pobranie (kg/ha)				Bilans (kg/ha)			
	N	P	K	razem	N	P	K	razem	N	P	K	razem
1	0,0	0,0	0,0	0,0	22,6	4,4	20,6	47,6	-22,6	-4,4	-20,6	-47,6
2	100,0	20,5	66,6	187,1	67,9	16,7	68,6	153,2	32,1	3,8	-2,0	33,9
3	200,0	20,5	66,6	287,1	85,4	19,0	98,9	203,3	114,6	1,5	-32,3	83,8
4	300,0	20,5	66,6	387,1	51,0	10,2	57,9	119,1	249,0	10,3	8,7	268,0
5	100,0	127,3	108,3	335,6	38,1	10,3	39,2	87,6	61,9	117,0	69,1	248,0
6	200,0	127,3	108,3	435,6	113,1	29,3	106,2	248,6	86,9	98,0	2,1	187,0
7	300,0	127,3	108,3	535,6	103,4	22,9	101,6	227,9	196,6	104,4	6,7	307,7
8	100,0	40,9	100,0	240,9	71,9	18,4	75,2	165,5	28,1	22,5	24,8	75,4
9	200,0	127,3	108,3	435,6	87,4	15,6	67,1	170,1	112,6	111,7	41,2	265,5

Tabela 11. Pobranie i bilans składników mineralnych. Jęczmień ozimy

Wariant nawozowy	Wnieście (kg/ha)				Pobranie (kg/ha)				Bilans (kg/ha)			
	N	P	K	razem	N	P	K	razem	N	P	K	razem
1	0,0	0,0	0,0	0,0	9,9	2,0	6,8	18,7	-9,9	-2,0	-6,8	-18,7
2	100,0	20,4	66,6	187,0	21,4	3,6	11,2	36,2	78,6	16,8	55,4	150,8
3	200,0	20,4	66,6	287,0	12,1	1,7	15,8	29,6	187,9	18,7	50,8	257,4
4	300,0	20,4	66,6	387,0	18,6	2,9	8,7	30,2	281,4	17,5	57,9	356,8
5	100,0	127,2	108,3	335,5	14,4	3,2	8,6	26,2	85,6	124,0	99,7	309,3
6	200,0	127,2	108,3	435,5	10,7	1,8	5,9	18,4	189,3	125,4	102,4	417,1
7	300,0	127,2	108,3	535,5	7,5	1,6	5,2	14,3	292,5	125,6	103,1	521,2
8	100,0	40,9	83,3	224,2	5,1	0,8	1,9	7,8	94,9	40,1	81,4	216,4
9	200,0	107,2	108,3	415,5	2,7	0,6	1,5	4,8	197,3	106,6	106,8	410,7



Rysunek 1. Mapa sytuacyjno-wysokościowa fragmentu złoża kruszywa naturalnego Dobroszów Wielki, gm. Nowogród Bobrzański, z usytuowaniem poletek doświadczalnych